

Arantza Vitoria Moraiz

Desarrollo y evaluación de dos  
nuevas técnicas en cirugía  
laparoscópica equina: vasectomía  
y cierre parcial del canal inguinal

Departamento  
Patología Animal

Director/es  
Vázquez Bringas, Francisco José

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>

© Universidad de Zaragoza  
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Tesis Doctoral

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE  
DOS NUEVAS TÉCNICAS EN CIRUGÍA  
LAPAROSCÓPICA EQUINA:  
VASECTOMÍA Y CIERRE PARCIAL  
DEL CANAL INGUINAL**

Autor

Arantza Vitoria Moraiz

Director/es

Vázquez Bringas, Francisco José

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
Patología Animal

2016



## Tesis Doctoral

# DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE DOS NUEVAS TÉCNICAS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA EQUINA: VASECTOMÍA Y CIERRE PARCIAL DEL CANAL INGUINAL

Autora

Arantza Vitoria Moraiz

Director

Francisco José Vázquez Bringas

FACULTAD DE VETERINARIA  
Departamento de Patología Animal  
2015



# Tesis Doctoral

## Desarrollo y evaluación de dos nuevas técnicas en cirugía laparoscópica equina: vasectomía y cierre parcial del anillo inguinal.

---

Zaragoza, 2015



Arantza Vitoria Moraiz

Director,

Francisco José Vázquez Bringas









*A mis padres, Manuel y Marie Neige,  
por vuestro amor y sacrificio. Gracias  
por inculcarme que la perseverancia  
es la clave del éxito*





**Universidad**  
Zaragoza

Facultad de Veterinaria  
Departamento de Patología Animal  
Hospital Veterinario

## Tesis Doctoral

# **DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE DOS NUEVAS TÉCNICAS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA EQUINA: VASECTOMÍA Y CIERRE PARCIAL DEL CANAL INGUINAL**

Memoria presentada por  
Arantza Vitoria Moraiz para optar  
al Grado de Doctor  
Zaragoza, 2015





# Universidad Zaragoza

Facultad de Veterinaria  
Departamento de Patología Animal  
Hospital Veterinario

DIRECTOR DE TESIS:

Prof. Francisco José Vázquez Bringas





DR. FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ BRINGAS, Profesor Asociado del Departamento de Patología Animal de la Universidad de Zaragoza, como Director,

INFORMA:

Que Dña. ARANTZA VITORIA MORAIZ ha realizado bajo nuestra dirección los trabajos correspondientes a su Tesis Doctoral titulada “DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE DOS NUEVAS TÉCNICAS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA EQUINA: VASECTOMÍA Y CIERRE PARCIAL DEL CANAL INGUINAL” que se ajusta al Proyecto de Tesis presentado y cumple las condiciones exigidas para optar al Grado de Doctor de la Universidad de Zaragoza, por lo que autoriza su presentación para que pueda ser juzgada por el Tribunal correspondiente.

Y para que conste firma el presente certificado.

Zaragoza, 6 de noviembre de 2015.

Dr. Francisco José Vázquez Bringas







## AGRADECIMIENTOS

Todos los que me conocéis, sabéis que los refranes no se me dan muy bien, por eso voy a empezar este apartado con un refrán muy oportuno que dice; “es de bien nacido ser agradecido”.

Quiero empezar mis agradecimientos con mi familia. Gracias a mis hermanos, Amaia y Julen, y a mis padres, Manuel y Marie Neige. Sabéis que sin vuestro cariño y entrega constante, no hubiera podido alcanzar muchos de mis objetivos. Y por supuesto gracias a mi querida abuela o segunda madre, *Chu*.

Hace dos meses que te vi y me emocioné pensando que fuiste la primera persona en mi vida que me puso en contacto con ellos, los caballos. Por todo lo que me enseñaste y por generar en mí, con tan solo tres o cuatro años la vocación de “vitirinaria”, a ti, *Titos*, tengo mucho que agradecerte.

Paco y Antonio, aunque no me habéis parido... tengo que agradecerlos, igual que a mis padres, TODO. Hace diez años que estoy con vosotros, sois mis compañeros, amigos y mentores. Gracias a vosotros he logrado mi gran meta, ser veterinaria de caballos. Desde hace cinco años formo parte de vuestro equipo, algo que me enorgullece profundamente. Antonio, mi confidente y amigo, tu apoyo incondicional y tus sabios consejos me han ayudado a luchar no solo en mi trabajo de clínica de campo, sino también en mi vida personal. Aunque oficialmente no seas codirector de mi Tesis Doctoral, yo te siento como si lo fueses. ¡Podías haberte dado más prisa! Paco, gracias por tu dedicación y por tu paciencia. Los años me han permitido verte crecer en muchos ámbitos de la vida, concretamente en el de la laparoscopia. Tuve el honor de presenciar cómo realizaste junto con José Antonio Fatás, la primera *herniorrafia parcial inguinal laparoscópica* en un potro en nuestro hospital. Hace unos años despertaste en mí el “gusanillo” por la laparoscopia, la investigación y la docencia universitaria, fruto de ello es esta tesis doctoral. Además de ser mi “maestro de la cirugía”, eres mi amigo y he compartido contigo muy buenos momentos. No tengo palabras para expresaros cuánto os agradezco todo lo que ambos habéis hecho por mí.

Hemos estado rodeados de montañitas de artículos y libros sobre los que dormía Pepa. Gracias por aguantarme, por apoyarme y animarme siempre en los malos momentos. Juntos hemos escalado la montaña, ahora tras ese esfuerzo y sacrificio, nos toca ver el paraíso. Gracias Víctor.

Otra persona muy especial a la que tengo que agradecer, entre otras cosas, la puesta a punto del protocolo de sedación de los caballos intervenidos en mi proyecto, es mi amiga Neka. Gracias “hermana”.

Tengo que agradecer los sabios consejos de mi “familia maña”, Txaro, Clemen, José Antonio, Paco y Antonio. Es un gran placer compartir mesa con todos vosotros cada día en el Medina. María Jesús, aunque tú no vengas a comer, también te incluyo en este grupo. Todos en cierta manera habéis aportado un granito de arena en esta Tesis. Gracias por estar ahí todos los días, por hacerme reír, enseñarme y sobre todo, por apoyarme.

Asimismo, quiero agradecer a todas las personas del Área de Grandes Animales del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza, las cuales han colaborado en esta

Tesis Doctoral. Gracias a los alumnos internos, a Ysabel Sanz, a Joaquín Zalaya, a Laura Barrachina y en especial a Sara Fuente por ayudarme con todo. Gracias también a ti, Américo, al grupo “GITMI” y a la Unidad de Cirugía del Departamento de Patología Animal, por brindarnos la oportunidad de adentrarnos en el mundo de la cirugía mínimamente invasiva.

También tengo que agradecer la estrecha colaboración de Lydia Gil y Nacho de Blas: gracias Lydia y Maite por haber colaborado con las valoraciones de las características seminales, por haber supervisado el apartado correspondiente de la Tesis. Nacho, gracias por tus consejos y por ayudarme con ese gran temido, el análisis estadístico.

Deseo expresar mi agradecimiento al Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza por permitirme realizar parte de la experimentación de esta Tesis en sus instalaciones.

Por último, quiero dar las gracias a la empresa DIMA S.L, puesto que con su gran apoyo y estrecha colaboración en el diseño y fabricación del dispositivo ha sido posible la realización del estudio descrito en el capítulo cuatro de esta Tesis Doctoral.





## LISTADO DE ABREVIATURAS

**AAEP:** American Association of Equine Practitioners.

**CD:** conducto deferente.

**CDU:** *Color Doppler Ultrasonography.*

**cm:** centímetros.

**CMI:** cirugía mínimamente invasiva.

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono (Infusión a Ritmo Constante).

**CVP:** coeficiente de variación de Pearson.

**DC:** después de Cristo.

**DS:** Desviación estándar.

**EDV:** End Diastolic Velocity.

**EndoTip:** *Endoscopic Threaded Imaging Port* (Puerto endoscópico roscado).

**FSH:** Hormona Foliculoestimulante.

**g:** gramos.

**h:** horas.

**HOST:** hipoosmotic seminal test.

**HVUZ:** Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Zaragoza.

**IA:** Inseminación artificial.

**ICC:** Coeficiente de correlación Intraclass.

**IPOM:** intraperitoneal Onlay Mesh.

**mg:** miligramos.

**min:** minutos.

**Mín:** mínimo.

**ml:** mililitro.

**mm Hg:** milímetros de mercurio.

**mm:** milímetros.

**Máx:** máximo.

**mOsm:** miliosmoles.

**N:** Newton.

**NOTES:** Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery.

**OHT:** ovariohisterectomía.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**PE:** poliéster.

**PEEK:** polieteter eterketone.

**PD:** Power Doppler.

**PGA:** ácido poliglicólico.

**PI:** Pulsatility Index.

**PLA:** ácido poliláctico

**PP:** polipropileno.

**PSV:** Peak Systolic Velocity.

**PRÁ:** Pura Raza Árabe.

**PRE:** Pura Raza Español.

**PTFE:** politetrafluoroetileno.

**PVDF:** polifluoruro de vinilideno.

**RI:** resistive index o Índice de Resistencia.

**RTE:** recuento total de espermatozoides.

**TAPP:** transabdominal preperitoneal approach.

**TEP:** preperitoneal approach.

**SAA:** síndrome abdominal agudo.

**SILS:** *Single Incision Laparoscopic Surgery.*

**VA:** vagina artificial.

**Vmax:** velocidad máxima.

**Vmin:** velocidad mínima.

**Vm:** velocidad media.



**ÍNDICE**

<b>RESUMEN/SUMMARY .....</b>	<b>7</b>
RESUMEN .....	9
SUMMARY .....	10
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>11</b>
MOTIVACIÓN .....	13
HIPOTESIS Y OBJETIVOS .....	16
<b>CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 LAPAROSCOPIA.....	21
2.1.1 LAPAROSCOPIA EN MEDICINA HUMANA: BREVE RESEÑA HISTÓRICA. ....	21
2.1.2 LAPAROSCOPIA EN MEDICINA VETERINARIA: HISTORIA Y DESARROLLO .....	27
2.1.3 LAPAROSCOPIA EN LA ESPECIE EQUINA.....	29
2.1.3.1 INDICACIONES.....	30
2.1.3.1.1 Laparoscopia exploratoria y diagnóstica .....	30
2.1.3.1.2 Laparoscopia quirúrgica .....	32
2.1.3.2 TÉCNICA LAPAROSCÓPICA CON EL CABALLO EN ESTACIÓN.....	44
2.1.3.2.1 Preparación pre-operatoria del paciente. ....	49
2.1.3.2.2 Método de contención para la realización de la laparoscopia con el caballo en estación.....	49
2.1.3.2.3 Analgesia y sedación durante el procedimiento quirúrgico. ....	50
2.1.3.2.4 Métodos de acceso .....	53
2.1.3.2.4.1 Accesos de primera generación .....	55
2.1.3.2.4.2 Accesos de segunda generación .....	56
2.1.3.3 COMPLICACIONES DE LA LAPAROSCOPIA EQUINA .....	59
2.1.3.3.1 Complicaciones relacionadas con la laparoscopia.....	59
2.1.3.3.2 Complicaciones relacionadas con la técnica laparoscópica.....	63
2.2 VASECTOMÍA.....	65
2.2.1 BREVE RESEÑA DE VASECTOMÍA EN MEDICINA HUMANA.....	65
2.2.2 TÉCNICAS QUIRÚRGICAS EN MEDICINA HUMANA .....	68
2.2.2.1 AISLAMIENTO Y DISECCIÓN DEL CONDUCTO DEFERENTE. ....	68
2.2.2.2 OCLUSIÓN Y DIVISIÓN DEL CONDUCTO DEFERENTE.....	68

2.2.3 BREVE RESEÑA DE VASECTOMÍA EN MEDICINA VETERINARIA .....	72
2.2.3.1 VASECTOMÍA EN ANIMALES DOMÉSTICOS.....	72
2.2.3.1.1 Perros y gatos .....	72
2.2.3.1.2 Toros .....	74
2.2.3.1.2.1 Procedimientos que evitan la penetración del pene:.....	75
2.2.3.1.2.2 Procedimientos que impiden el paso de espermatozoides al conducto deferente .....	75
2.2.3.1.3 Moruecos y machos cabríos .....	75
2.2.3.1.4 Llamas, alpacas y camellos .....	77
2.2.3.1.5 Équidos .....	78
2.2.3.2 VASECTOMÍA EN ANIMALES SALVAJES .....	78
2.2.4 COMPLICACIONES DE LA VASECTOMÍA.....	81
2.3 HERNIA INGUINAL.....	83
2.3.1 PRINCIPALES TIPOS DE HERNIA EN ÉQUIDOS .....	83
2.3.1.1 HERNIAS UMBILICALES.....	84
2.3.1.2 HERNIAS DE LA PARED ABDOMINAL.....	85
2.3.1.3 HERNIAS INCISIONALES .....	87
2.3.1.4 HERNIA DIAFRAGMÁTICA.....	87
2.3.2 HERNIA INGUINAL.....	89
2.3.2.1 HERNIA INGUINAL EN MEDICINA HUMANA.....	89
2.3.2.1.1 Tratamiento quirúrgico convencional .....	90
2.3.2.1.2 Tratamiento quirúrgico laparoscópico .....	90
2.3.2.2 HERNIA INGUINAL EN ÉQUIDOS.....	92
2.3.2.2.1 Breve reseña anatomía del canal inguinal del caballo .....	92
2.3.2.2.2 Epidemiología y clasificación.....	93
2.3.2.2.3 Signos clínicos.....	96
2.3.2.2.4 Diagnóstico .....	96
2.3.2.2.5 Tratamiento .....	98
2.3.2.2.5.1 Tratamiento quirúrgico convencional .....	98
2.3.2.2.5.2 Herniorrafia inguinal laparoscópica.....	99
2.3.2.2.5.2.1 Herniorrafia inguinal sin preservación de testículos .....	99
2.3.2.2.5.2.2 Herniorrafia inguinal con preservación de testículos .....	100

2.3.2.2.6 Complicaciones de la herniorrafia inguinal laparoscópica .....	102
<b>2.4 ECOGRAFÍA TESTICULAR .....</b>	<b>106</b>
<b>2.4.1 BREVE RECUERDO ANATÓMICO DEL TESTÍCULO Y DEL CORDÓN ESPERMÁTICO.....</b>	<b>106</b>
2.4.1.1 EL TESTÍCULO .....	106
2.4.1.2 EL CORDÓN ESPERMÁTICO.....	109
2.4.1.2.1 La arteria testicular .....	109
2.4.1.2.2 La vena testicular .....	109
2.4.1.2.3 El conducto deferente.....	110
2.4.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ECOGRAFÍA.....	112
2.4.3 ECOGRAFÍA DE LA PERFUSIÓN TESTICULAR EN MEDICINA HUMANA .....	115
2.4.4 ECOGRAFÍA DE LA PERFUSIÓN TESTICULAR EN ÉQUIDOS .....	117
<b>2.5. RECOLECCIÓN Y VALORACIÓN DEL SEMEN.....</b>	<b>120</b>
2.5.1 METODOS DE RECOGIDA DE SEMEN EN EL CABALLO .....	121
2.5.1.1 VAGINA ARTIFICIAL .....	122
2.5.1.2 PRESERVATIVO.....	124
2.5.1.3 ESTIMULACIÓN MANUAL.....	124
2.5.1.4 EXTRACCIÓN DE ESPERMATOZOIDES DEL CONDUCTO EPIDIDIMARIO.	125
2.5.1.5 EYACULACIÓN FARMACOLÓGICA .....	126
2.5.1.6 COLECTOR CERVICAL.....	126
2.5.1.7 ELECTRO-EYACULACIÓN. .....	127
2.5.2 VALORACIÓN DEL SEMEN.....	128
2.5.2.1 VOLUMEN DE EYACULADO Y CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS ....	129
2.5.2.2 CONCENTRACIÓN ESPERMÁTICA.....	130
2.5.2.3 pH SEMINAL .....	131
2.5.2.4 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS.....	131
2.5.2.4.1 Motilidad espermática .....	131
2.5.2.4.2 Morfología espermática.....	132
2.5.2.4.3 Viabilidad espermática.....	133
2.5.2.4.3.1 Relación de espermatozoides vivos/muertos .....	133
2.5.2.4.3.2 Acrosomas .....	133
2.5.2.4.3.3 Prueba de Endosmosis .....	134

<b>2.6. BREVE RESEÑA SOBRE BIOMATERIALES E IMPLANTES DE USO QUIRÚRGICO</b> ...	<b>135</b>
2.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOMATERIALES .....	137
2.6.1.1 BIOMATERIALES SINTÉTICOS.....	137
2.6.1.1.1 Implantes metálicos y aleaciones metálicas .....	137
2.6.1.1.2 Cerámicas .....	137
2.6.1.1.3 Polímeros sintéticos .....	137
2.6.1.2 BIOMATERIALES NATURALES .....	141
2.6.2 PRINCIPALES USOS DE LOS POLÍMERO S SINTÉTICOS .....	142
2.6.2.1 SUTURAS.....	142
2.6.2.2 TRANSPORTE Y LIBERACIÓN DE FÁRMACOS.....	142
2.6.2.3 MEMBRANAS DE DIÁLISIS. ....	142
2.6.2.4 SISTEMAS DE OXIGENACIÓN SANGUÍNEA. ....	143
2.6.2.5 HERNIOPLASTIAS: .....	143
2.6.2.6 MATRICES EXTRACELULARES DE SOPORTE EN INGENIERÍA TISULAR ....	143
2.6.2.7 PRÓTESIS O IMPLANTES ORTOPÉDICOS.....	144
<b>CAPÍTULO 3: VASECTOMÍA LAPAROSCÓPICA CON EL CABALLO EN ESTACIÓN.....</b>	<b>145</b>
3.1 RESUMEN .....	147
3.2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	149
3.3 MATERIAL Y MÉTODOS .....	151
3.3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO .....	151
3.3.2 ANIMALES.....	151
3.3.3 METODOLOGÍA.....	152
3.3.3.1 Técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación.....	152
3.3.3.1.1 Equipamiento e instrumental laparoscópico.....	152
3.3.3.1.2 Manejo peri-operatorio y neuroleptoanalgesia .....	153
3.3.3.1.3 Técnica laparoscópica .....	156
3.3.3.2 Exploración testicular .....	160
3.3.3.3 Valoración del efecto de la técnica en el comportamiento sexual....	160
3.3.3.4 Valoración del eyaculado antes y después de la vasectomía. ....	162
3.3.3.5 Reevaluación laparoscópica .....	163
3.3.3.6 Análisis estadístico.....	164
3.4 RESULTADOS .....	165

3.4.1 Técnica quirúrgica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación .....	165
3.4.2 Exploración testicular .....	165
3.4.3 Comportamiento sexual .....	166
3.4.4 Valoración del eyaculado antes y después de la vasectomía laparoscópica .....	166
3.4.5 Reevaluación laparoscópica.....	166
3.5 DISCUSIÓN .....	168
3.6 CONCLUSIÓN Y RELEVANCIA CLÍNICA .....	171
<b>CAPÍTULO 4: NUEVA TÉCNICA DE CIERRE PARCIAL LAPAROSCÓPICO DEL CANAL INGUINAL CON EL CABALLO EN ESTACIÓN.....</b>	<b>173</b>
4.2 RESUMEN.....	175
4.3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	180
4.3.1 ESTUDIO PILOTO .....	180
4.3.1.1 Diseño del estudio piloto .....	180
4.3.1.2 Animales.....	180
4.3.1.3 Metodología y materiales del estudio piloto.....	181
4.3.1.3.1 Diseño del prototipo A .....	181
4.3.1.3.2 Técnica laparoscópica con el prototipo A. ....	181
4.3.1.3.3 Diseño del prototipo B .....	182
4.3.1.3.4 Técnica laparoscópica con el prototipo B. ....	183
4.3.1.3.5 Reevaluación laparoscópica. ....	186
4.3.2 ESTUDIO PROSPECTIVO .....	188
4.3.2.1 Diseño del estudio.....	188
4.3.2.2 Animales.....	189
4.3.2.3 Metodología.....	189
4.3.2.3.1 Técnica quirúrgica .....	189
4.3.2.3.2 Examen clínico de cojera.....	190
4.3.2.3.3 Exploración testicular .....	190
4.3.2.3.4 Valoración de la perfusión testicular .....	191
4.3.2.3.5 Laparoscopia control .....	192
4.3.2.3.6 Orquidectomía bilateral. ....	192
4.3.2.3.7 Valoración seminal .....	194

4.3.2.3.8 Análisis estadístico .....	195
<b>4.4 RESULTADOS .....</b>	<b>198</b>
4.4.1 ESTUDIO PROSPECTIVO.....	198
4.4.1.2 Técnica quirúrgica.....	198
4.4.1.3 Examen de cojera .....	200
4.4.1.4 Exploración testicular .....	200
4.4.1.5 Valoración de la perfusión testicular.....	200
4.4.1.6 Reevaluación laparoscópica .....	207
4.4.1.7 Orquidectomía bilateral .....	207
4.4.1.8 Valoración de las características espermáticas .....	207
4.5 DISCUSIÓN.....	214
4.6 CONCLUSIONES Y RELEVANCIA CLÍNICA .....	221
<b>CONCLUSIONES GENERALES/GENERAL CONCLUSIONS.....</b>	<b>223</b>
CONCLUSIONES GENERALES.....	225
GENERAL CONCLUSIONS .....	226
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>279</b>
ANEXO 1: LISTADO DE FIGURAS.....	281
ANEXO 2: LISTADO DE TABLAS.....	289
ANEXO 3: LISTADO DE VÍDEOS (INSERTADOS COMO CÓDIGOS QR) .....	293
ANEXO 4: INFORMES DE APROBACIÓN DE LA COMISIÓN ÉTICA ASESORA PARA LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA .....	295
ANEXO 5: LISTADO DE COMUNICACIONES A CONGRESOS.....	297
ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DEL ARPON TIPO UPLIFT EN EL QUE SE BASÓ EL PROTOTIPO A DEL CAPÍTULO 4 .....	303
ANEXO 7: FICHA TÉCNICA DEL ARPON UTILIZADO EN EL PROTOTIPO B DEL CAPÍTULO 4 .....	304

## RESUMEN/SUMMARY





## RESUMEN

En esta Tesis Doctoral se desarrollan dos estudios distintos sobre dos nuevas técnicas laparoscópicas en cirugía equina, las cuales se presentan en esta Memoria como capítulos separados:

*Vasectomía laparoscópica con el caballo en estación.*

El objetivo del primer estudio de esta Tesis Doctoral es desarrollar y evaluar una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación que evite el abordaje convencional y las complicaciones que puede conllevar.

Se incluyeron cuatro caballos enteros, que se sometieron a una vasectomía laparoscópica. La técnica requirió la colocación de tres portales laparoscópicos para llevar a cabo la disección, oclusión y escisión del conducto deferente. A todos los animales se les realizó una recogida de semen antes de la intervención con el fin de valorar el comportamiento sexual así como las características seminales de cada animal. Tras la laparoscopia, se efectuaron dos recogidas de semen adicionales a los 15 y 60 días. A los 60 días se efectuó también una reevaluación laparoscópica para valorar la zona intervenida.

La vasectomía pudo realizarse en todos los animales de forma sencilla y rápida. A los 60 días todos los eyaculados recogidos fueron azoospérmicos. En ninguno de los cuatro casos se evidenció ninguna alteración del comportamiento sexual ni a los 15 ni a los 60 días de la vasectomía. En la reevaluación laparoscópica tampoco se observó la presencia de ninguna de las complicaciones relacionadas con el abordaje convencional.

*Nueva técnica de cierre parcial laparoscópico del canal inguinal con el caballo en estación.*

El objetivo de este segundo estudio es desarrollar y evaluar una técnica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal con el caballo en estación utilizando un nuevo dispositivo basado en sistemas de anclaje quirúrgico, sin necesidad de disección peritoneal ni nudos intracorpóreos.

Se emplearon 8 sementales sanos, a los que se les realizó un cierre parcial unilateral del canal inguinal vía laparoscópica, dejando el canal y el testículo contralateral como control. Durante el postoperatorio se efectuaron controles ecográficos seriados para valorar la perfusión de ambos testículos. Tras 28 días se sometieron a laparoscopia control, tras la cual fueron castrados para extraer el semen epididimario y comparar las características seminales.

El cierre parcial del canal inguinal vía laparoscópica se pudo realizar de forma rápida y sencilla en todos los casos.

En la laparoscopia exploratoria se evidenció que en dos de los casos el anillo intervenido seguía presentado una abertura igual a la mostrada antes de la intervención y que el anillo persistía adecuadamente cerrado en el 75% de los casos, así como la ausencia de complicaciones en los 8 animales. No se observaron diferencias significativas ni en la perfusión testicular ni en las características del semen epididimario.

La sencillez y rapidez con las que se implanta el dispositivo y la ausencia de complicaciones, tanto quirúrgicas como sobre la espermatogénesis, hacen de este nuevo sistema un candidato prometedor para su uso en la herniorrafia parcial laparoscópica, si bien, sería necesario comprobar el comportamiento del dispositivo en casos clínicos.

## SUMMARY

This PhD thesis describes two new laparoscopic techniques for equine surgery. In this report, both techniques are developed in separate chapters:

### *Laparoscopic vasectomy in the standing horse*

The aim of the first study is to develop and evaluate a technique for laparoscopic vasectomy in the standing horse, in order to avoid the open approach complications.

Laparoscopic vasectomy was carried out in four stallions. The procedure involved three portals, with the horse in standing position. Dissection, occlusion and excision were performed in both ductus deferens. Semen collections were performed in each horse before the surgical procedure. During the collection, sexual behaviour was evaluated and seminal characteristics were registered. Additional collections were performed 15 and 60 days after the laparoscopic vasectomy. Sixty days after the vasectomy, a laparoscopic examination of the surgical site was performed

Laparoscopic vasectomy could be carried out easily and quickly in the four horses.

After 60 days, all the ejaculates collected were azoospermic. No change in sexual behaviour was registered in the 4 horses. In the laparoscopic re-examination, no complication related to the conventional approach was observed.

### *New technique for the standing laparoscopic partial closure of the inguinal canal in the horse.*

The aim of the second study is to develop and evaluate a laparoscopic technique for partial closure of the inguinal canal in the standing horse using a new device based on surgical anchoring systems without peritoneal dissection and intracorporeal knots.

Standing laparoscopic partial closure of the inguinal canal was performed unilaterally in 8 stallions without evidence of inguinal hernia, using the contralateral canal and testicle as controls. Serial postoperatively ultrasound scans to assess the perfusion of both testicles were made. After 28 days laparoscopic examination was performed in all the horses. After that, they were castrated and an epididymal sperm extraction was performed to compare the seminal characteristics between both testicles.

Standing laparoscopic partial closure of the inguinal canal could be performed quickly and easily in all cases.

In the laparoscopic examination, 2 horses had the inguinal canal as open as initially. The partial closure of the inguinal canal persisted in 75% of the cases and no complications were registered. In the testicular perfusion and epididymal sperm characteristics, no significant differences were found.

The absence of complications and the simplicity to implant the device makes this new system a promising candidate for the laparoscopic hernia repair. However, it would be necessary to check the behaviour of the device in clinical cases.

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL**





## MOTIVACIÓN

La laparoscopia debuta en el escenario quirúrgico a finales del pasado siglo, siendo el resultado del trabajo perseverante de determinados cirujanos cuyo afán era poder ofrecer una solución quirúrgica, sin causar el daño involuntario que se produce al abrir la pared abdominal. Es una herramienta de cirugía mínimamente invasiva (CMI) muy atractiva, ofertada hoy en día por numerosos hospitales veterinarios. En las últimas décadas, el carácter mínimamente invasivo de la cirugía laparoscópica ha convencido de tal manera a los cirujanos, que ha generado una abundante actividad investigadora en este campo.

Esta técnica ha despertado concretamente un gran interés entre los cirujanos equinos, puesto que, entre las ventajas reportadas se incluyen un menor trauma quirúrgico, un período de convalecencia más corto así como la realización de procedimientos que no son posibles con cirugía abierta. Además, en los équidos, se suma la gran ventaja de que ciertos procedimientos laparoscópicos son realizables con el caballo en estación, evitando así la anestesia general. Así mismo, la práctica de la laparoscopia, reduce la gravedad y la incidencia de ciertas morbilidades quirúrgicas en comparación con la cirugía abierta (Hancock *et al.*, 2005).

Durante su período de formación en el Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza (HVUZ), la doctoranda ha sido testigo de algunos avances que ha permitido la laparoscopia e la cirugía equina. En el año 2006, la doctoranda asiste al primer cierre parcial del anillo inguinal, realizado vía laparoscópica, en el HVUZ. El procedimiento se realiza en un potro Pura Raza Español de capa isabela, bajo anestesia general y, en posición de Trendelenburg. El cierre parcial del anillo se lleva a cabo con nudos intracorpóreos y endograpas. Las finalidades de esta técnica son por un lado, prevenir la recidiva de la hernia y por otro, preservar el testículo para asegurar el futuro reproductivo del potro.

Con el tiempo, la destreza adquirida por el Servicio Cirugía y Medicina Equina del HVUZ, ha permitido que se oferten diversas intervenciones laparoscópicas. La doctoranda, como miembro del citado Servicio, tiene el privilegio de utilizar las aplicaciones de la laparoscopia en los equinos realizadas en el Centro. Entre ellas se incluyen cirugías programadas (ovariectomía, criotorquidectomía, herniorrafia parcial del anillo inguinal en sementales, cierre del espacio nefroesplénico) así como tratamientos de urgencia como hemorragias post-castración. Todas las técnicas mencionadas anteriormente se suelen llevar a cabo con el caballo/yegua en estación.

A pesar de los avances realizados en la laparoscopia equina, siguen existiendo numerosos aspectos y aplicaciones por estudiar y caracterizar. La evolución de la laparoscopia no solo se basa en la creación de nuevos instrumentos o dispositivos sino que, también se basa en el diseño de nuevas técnicas, que sean más sencillas, más rápidas y más seguras. La cirugía laparoscópica constituye un área nueva de experiencia en la práctica clínica en donde los pacientes son los primeros beneficiados.

Por todo ello, se plantea esta Tesis Doctoral en la que se pretende desarrollar dos técnicas laparoscópicas para realizar algunas aportaciones al campo de la cirugía laparoscópica equina: la vasectomía y un nuevo método para el cierre parcial del canal inguinal.

### Diseño de una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en la estación.

La vasectomía es una técnica de esterilización ampliamente utilizada en la especie humana (Drake *et al.*, 1999). En medicina veterinaria se emplea en menor medida para controlar poblaciones de animales salvajes o en extinción, albergados en zoológicos o reservas naturales (Bush *et al.*, 1978; Kumar y Raj, 2011; Higgins y Hendrickson, 2013; Marais *et al.*, 2013; Silber *et al.*, 2013; Egbetade *et al.*, 2014). En el caso del caballo, es una técnica poco demandada, ya que, en la mayoría de los casos la finalidad no es evitar la reproducción sino, fundamentalmente, anular el comportamiento propio del semental, para facilitar el manejo y evitar las posibles interferencias en la equitación (Stout y Colenbrander, 2004).

Sin embargo, en determinadas circunstancias se puede demandar la vasectomía, bien sea en el caso de poblaciones salvajes controladas o por parte de propietarios que desean manejar a sus animales de la manera más natural posible, permitiendo a los animales enteros convivir en manada, conservando su comportamiento sexual, pero evitando la posibilidad de que dejen yeguas preñadas.

La vasectomía es una técnica quirúrgica sencilla que consiste en la oclusión de los conductos deferentes para evitar que los espermatozoides pasen de los testículos a la uretra, es decir su objetivo es producir una azoospermia. En la actualidad no es fácil encontrar una publicación que describa la técnica convencional de vasectomía en el caballo, habiéndose encontrado tan solo una publicación que la describe (Santisteban y Ávila, 1983).

Dada su sencillez y su vía de acceso, este procedimiento quirúrgico podría realizarse con el caballo en la estación mediante laparoscopia. La laparoscopia nos permitiría minimizar los riesgos que supone someter al animal a una anestesia general, evitaría realizar un abordaje quirúrgico a través del escroto y sus posibles complicaciones y, por otro lado, acortaría el período de recuperación post-quirúrgico. En nuestro conocimiento, no existe ningún trabajo publicado sobre la vasectomía laparoscópica en la especie equina.

### Diseño de una técnica laparoscópica de cierre parcial del anillo inguinal con el caballo en la estación mediante el uso de un nuevo dispositivo.

La hernia inguinal es una patología frecuente en la clínica equina que mayoritariamente afecta a caballos adultos enteros (Van Der Velden y Van Der Harst, 2004; Schumacher, 2012). En la mayoría de las situaciones es el intestino delgado el que protruye a través del anillo inguinal (hernia inguinal indirecta), generalmente yeyuno o íleon (Fischer, 2012).

En el caballo adulto, las hernias inguinales adquiridas suelen producir un cuadro de síndrome abdominal agudo, conocido también con el nombre de cólico equino. Las hernias inguinales indirectas de los adultos suelen llevar implícita la obstrucción y estrangulación del intestino herniado, lo que produce dolores cólicos graves. A medida que en el intestino delgado obstruido se produce edema y tumefacción, los vasos intestinales y mesentéricos se ocluyen provocando una lesión isquémica en el segmento intestinal herniado (Mair *et al.*, 2003). Por ello, estas hernias, requieren una

resolución quirúrgica de urgencia (Schumacher, 2012), que además suele requerir la castración del testículo afectado.

Todo ello justifica las medidas de prevención en sementales adultos, sobre todo después de haber sufrido ya un episodio de hernia inguinal. La manera más extendida de prevenir la hernia inguinal es mediante el cierre parcial del anillo inguinal interno. La laparoscopia es de gran ayuda en estas ocasiones, ya que permite la adecuada visualización de la zona y el cierre parcial preservando el testículo (Fischer *et al.*, 1995; Klohnen y Wilson, 1996; Fischer, 2002b). Se han descrito numerosas técnicas laparoscópicas para llevar a cabo este tipo de herniorrafias (Gracia-Calvo *et al.*, 2014) Algunas de estas técnicas requieren el uso de nudos intracorpóreos y habilidades laparoscópicas avanzadas.

Desde hace un tiempo se dispone en el mercado de suministros médicos de arpones quirúrgicos y dispositivos de anclaje usados mayoritariamente en medicina humana para tratamientos en traumatología y urología. Son sistemas de fácil colocación que proporcionan un anclaje sólido y ajustable, lo que supone un acortamiento del tiempo de cirugía ya que sustituyen a los puntos de sutura intracorpóreos.

Con algunas modificaciones, estos arpones quirúrgicos podrían usarse en la cirugía laparoscópica equina para efectuar el cierre parcial del canal inguinal de una manera, además de eficaz y segura, sencilla y fácil de llevar a cabo sin necesidad de un entrenamiento quirúrgico exigente. La estrecha colaboración con una empresa de desarrollo e investigación médica, especializada en la creación y fabricación de mallas y dispositivos de anclaje, ha facilitado el desarrollo del segundo estudio de esta Tesis Doctoral. El trabajo del binomio empresa-cirujano en este caso ha sido crucial, para diseñar un nuevo dispositivo que permita realizar un cierre parcial del anillo inguinal.

En la bibliografía consultada, no hay ninguna técnica descrita que emplee estos sistemas de anclaje para cerrar parcialmente el anillo, por lo que se trataría de una técnica novedosa, que podría realizarse con el caballo en estación.

## HIPOTESIS Y OBJETIVOS

Esta Tesis Doctoral plantea las siguientes hipótesis:

- La vasectomía laparoscópica con el caballo en estación es una técnica quirúrgica sencilla, segura, rápida y eficaz.
- El cierre parcial del canal inguinal vía laparoscópica mediante el uso de un nuevo dispositivo de anclaje es sencillo, seguro, rápido y eficaz.

Para verificar las hipótesis de esta Tesis Doctoral, se plantean los siguientes objetivos generales:

1. Desarrollo y evaluación de una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en la estación.
2. Desarrollo y evaluación de una técnica quirúrgica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal con el caballo en la estación mediante el uso de un nuevo dispositivo.

Con el fin de alcanzar los objetivos generales mencionados anteriormente, se fijan los siguientes objetivos específicos.

1. Desarrollo y evaluación de una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en la estación.
  - 1.1 Desarrollar una técnica de vasectomía vía laparoscópica con el caballo en estación.
  - 1.2 Evaluar la viabilidad de la técnica quirúrgica comprobando que el conducto deferente pueda ser localizado, sellado y retirado, registrando el tiempo quirúrgico de los procedimientos.
  - 1.3 Evaluar la seguridad de la técnica quirúrgica registrando las posibles complicaciones relacionadas.
  - 1.4 Evaluar el efecto de la técnica sobre la libido del semental.
  - 1.5 Evaluar el efecto de la técnica sobre las características del eyaculado.
2. Desarrollo y evaluación de una técnica quirúrgica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal con el caballo en estación mediante el uso de un nuevo dispositivo.
  - 2.1 Concepción y diseño de un dispositivo de cierre del canal inguinal a partir de un arpón quirúrgico.

- 2.2 Desarrollar una técnica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal mediante el uso del nuevo dispositivo con el caballo en estación.
- 2.3 Evaluar la viabilidad de la técnica quirúrgica comprobando que el canal inguinal puede ser convenientemente cerrado.
- 2.4 Valorar la eficacia de la técnica comprobando la permanencia del dispositivo y la persistencia de una oclusión parcial adecuada del canal inguinal.
- 2.5 Comprobar las posibles complicaciones derivadas de la colocación del dispositivo de anclaje.
- 2.6 Evaluar el efecto de la técnica sobre la vascularización del testículo.
- 2.7 Estudiar el efecto de la técnica sobre la espermatogénesis testicular.



## **CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**





## 2.1 LAPAROSCOPIA

### 2.1.1 LAPAROSCOPIA EN MEDICINA HUMANA: BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

El término laparoscopia deriva de las raíces griegas *lapara* (abdomen) y *skopein* (examinar). Es una modalidad de la endoscopia, en realidad la laparoscopia debe gran parte de su historia al desarrollo de la endoscopia y por ello, sus orígenes son comunes. Los albores de la endoscopia datan desde los tiempos del griego Hipócrates de Kos (460 AC-375 AC). Respondiendo a la necesidad de observar el cuerpo humano desde su interior, fue el primero en llevar a cabo procedimientos tanto diagnósticos como terapéuticos a través de la endoscopia. Se dice que utilizó un espéculo (la palabra espéculo proviene del vocablo latino *speculum* que significa “espejo” y del verbo *specere* que significa “mirar a”) para explorar en el interior de la boca y el ano; incluso habría llegado a tratar obstrucciones intestinales, a través de la insuflación de aire con esos instrumentos (Ricci *et al.*, 2008).

En la antigüedad el Talmud babilónico (Tratado Niddah, Folio 656, citado en (Semm, 2001)) describió un *siphopherot* (sifón) de plomo que se guiaba hacia el interior de la vagina, para exponer el interior del órgano y reconocer una hemorragia proveniente de él. Si bien las obras de autores antiguos de la medicina nos proveen revelaciones insuficientes, existe evidencia histórica de que la civilización romana modificó y mejoró el diseño de los espéculos, para lograr una visión a través de la vagina y el ano. En las ruinas de Pompeya (79 DC) se encontraron tres ejemplares diferentes: uno rectal y dos vaginales, uno de tres valvas y otro cuatrivalvo (Figura 2.1), muy similares a los que se utilizan actualmente (Hervás y Escalera, 2006). El primer escrito donde aparece la palabra “espéculo” data del siglo VII donde Paolo di Egina habla de él como de un instrumento clásico, de uso corriente (Manex, 2012).

**Figura 2.1.** Espéculos vaginales romanos. Izquierda: trivalvo. Derecha: cuatrivalvo.



Tomadas de <http://tomascabacas.com/especulos-romanos-de-pompeya/>

La laparoscopia es un procedimiento quirúrgico que permite examinar de forma directa las vísceras abdominales realizando una pequeña incisión en la piel, a través de la cual se introduce un instrumento llamado laparoscopio, después de distender la cavidad peritoneal de gas (neumoperitoneo).

La primera exploración de una cavidad interna se atribuye al médico cirujano árabe Albukassim (Abuñ Qasim al-Abbasal-Zahravi 912-1013 DC). Empleaba el reflejo de luz emitido por un espejo de vidrio dirigido hacia la vulva para poder examinar el cuello uterino (Spaner y Warnock, 1997; Hendrickson, 2012). En 1587, el italiano Giulio Cesare Aranzi desarrolla el primer endoscopio de luz, usando el principio de Panuce, un monje benedictino que diseñó la “cámara oscura” en la cual los rayos solares entraban por un agujero de la caja y se concentraban en un recipiente con trozos de mármol y que proyectaban la luz a las narinas del paciente (Milsom *et al.*, 2006).

En 1805, el médico alemán Philip Bozzini, realiza un gran adelanto en la historia de la endoscopia desarrollando un tubo conocido como *Lichtleiter*. Es un conductor de luz que utiliza como fuente una vela común que refleja el rayo luminoso en un espejo, este invento es considerado por algunos autores como el precursor del endoscopio moderno (Semm, 1996; Galloso y Frías, 2010; Hendrickson, 2012; Manex, 2012). Gracias a este adelanto Bozzini logró visualizar el recto, la faringe, la uretra, la vejiga y hallazgos como cálculos y neoplasias en el aparato urinario (Figura 2.2). Sin embargo, otros autores retrasan el inicio de la era de la endoscopia moderna hasta 1853, año en el que Antoine Jean Desormeaux presenta el primer uretroscopio portátil; desarrollando un artílugo en el que una llama, alimentada por alcohol y trementina, iluminaba un tubo abierto para endoscopia (Hendrickson, 2012) (Figura 2.2). En 1865 acuña el término endoscopio en la obra “De la Endoscopia y sus Aplicaciones” en la cual sintetiza sus investigaciones. Unos años más tarde es el mismo Desormeaux quien mejora el modelo anteriormente diseñado sustituyendo la vela por una lámpara de queroseno y aumentando el número de espejos para optimizar la visualización. No obstante, a pesar de los avances logrados en el diseño estos endoscopios, la principal complicación era la abrasión de los tejidos por el calor emitido por la luz (Hervás y Escalera, 2006).

**Figura 2.2.** Izquierda: iluminador de Bozzini (1805). Derecha: iluminador de Desormeaux (1853)

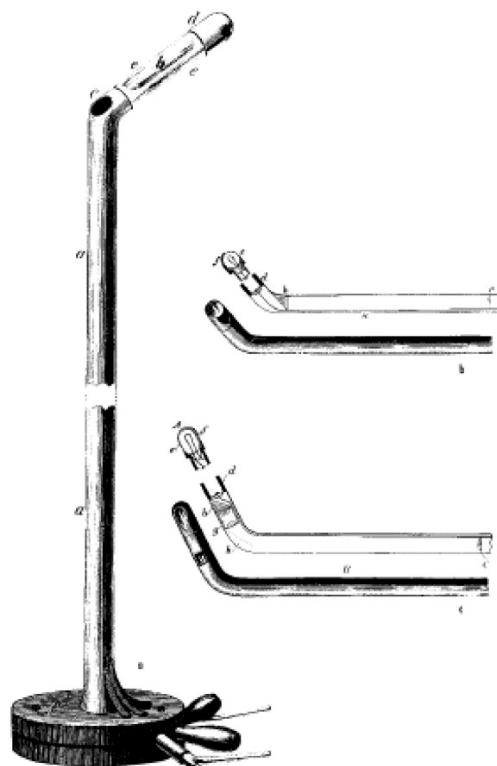


Tomadas de [www.hicido.uv.es](http://www.hicido.uv.es)

Adolph Kussmaul realizó en 1868, ante la sección médica de la Sociedad de Naturalistas en Freiburg (Alemania), una demostración en la que introdujo a un profesional de circo especializado en tragarse sables, una guía flexible en el esófago para posteriormente pasar a su través un tubo metálico rígido alineando el cardias con la arcada dentaria, permitiendo así a la fuente luminosa de Desormeaux alcanzar el estómago. Este acontecimiento ha sido marcado como el inicio de la endoscopia rígida del tracto digestivo (Spaner y Warnock, 1997; Klohnen, 2002a).

En 1879 Maximilian Carl Friedrich Nitze diseña el primer uretro-recto-cistoscopio (Figura 2.3). El instrumento posee dos particularidades especiales: por un lado la fuente de luz se encuentra en la punta del dispositivo y por otro lado el instrumento está dotado con lentes, un prisma y una óptica que permiten el aumento de la superficie explorada. Así mismo, Nitze incorpora en el dispositivo un canal de trabajo que permite la toma de biopsias y tratamientos endoscópicos rudimentarios (Semm, 2001; Hervás y Escalera, 2006; Galloso y Frías, 2010). Con este instrumento se sentaron las bases fundamentales de la endoscopia clínica moderna. Los principios básicos de esta técnica diagnóstica y terapéutica se han conservado hasta la actualidad (Reuter y Reuter, 1998) El alemán George Kelling describe y practica en 1901 una técnica endoscópica para visualizar los órganos genitales internos de la pelvis menor que el mismo denomina "celioscopia" (Reddick, 2001) y un año después, examinó las vísceras abdominales de un perro anestesiado, al que también le realizó una esofagoscopia y una gastroscopia después de la primera insuflación de aire (Kelling, 1902).

**Figura 2.3.** Cistoscopio concebido por Max Nitze.



Tomado de (Herr, 2006)

Hans Christian Jacobeus, sin conocer los trabajos anteriores, publica en 1910 una monografía en la que documenta 45 exploraciones de la cavidad abdominal en seres humanos bajo el nombre de “laparoscopia”. Posteriormente este autor reconoció que la técnica que él utiliza es prácticamente igual a la que había descrito Kelling varios años antes (Reddick, 2001; Galloso y Frías, 2010).

Este año marca el comienzo de una era marcada por importantes avances relacionados con la endoscopia, al concebirse nuevos instrumentos y modificarse las técnicas endoscópicas. El estadounidense Orndoff en 1920, publica una gran serie de exploraciones de la cavidad abdominal donde utilizaba por primera vez el oxígeno para lograr el neumoperitoneo. Él mismo denomina a esas exploraciones “peritoneoscopias” (Semm, 1996; Pérez, 2005; Galloso y Frías, 2010).

El sueco Richard Zollikofer descubre en 1924 el beneficio de utilizar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en lugar de aire filtrado atmosférico o nitrógeno. En 1929, el alemán Heinz Kalk aboga por un trocar para el tubo de laparoscopia y otro para punciones u otras pequeñas operaciones (Hendrickson, 2012). Entre 1929 y 1959, Kalk publicó más de 21 artículos sobre laparoscopia. Fue considerado por muchos como el padre de la laparoscopia moderna (Spaner y Warnock, 1997).

Las primeras publicaciones describiendo intervenciones laparoscópicas vieron la luz en los años 30. Fervers describe en 1933 la primera lisis de adherencias intraabdominales (adhesiolisis) laparoscópica (Hendrickson, 2000). En 1936 Boesch realiza la primera esterilización tubárica por laparoscopia, sellando las trompas de Falopio con unas pinzas especiales (Semm, 1996; Pérez, 2005; Galloso y Frías, 2010). En 1939, el húngaro Veress diseña una aguja de insuflación auto-protégida, que es muy similar a la que se usa actualmente para crear el neumoperitoneo y que lleva su nombre (McKernan y Champion, 1995).

Durante la Segunda Guerra Mundial se realizan avances importantes en cuestión de presión intraabdominal, óptica y fuente de luz y por otro lado, Guillermo González Camarena crea la televisión en color. Así, en 1944, Raoul Palmer describe exploraciones ginecológicas en posición de Trendelenburg y reafirma la importancia del control de la presión intraabdominal (no debería exceder de 25 mmHg) (Galloso y Frías, 2010).

En 1952, Fourestier, Gladu y Vulmière presentan la iluminación mediante fibra óptica de luz fría con la que obtienen una iluminación intensa a baja temperatura (Hendrickson, 2000; Zamora-Meraz, 2012). El británico Harold W. Hopkins, introduce en 1953 un sistema de barras de vidrio en el endoscopio rígido que actúan de lentes, este sistema proporciona imágenes de mayor claridad, brillo y color (Zamora-Meraz, 2012).

El médico alemán, además de ingeniero, Kurt Semm comenzó a practicar la cirugía laparoscópica en los años 60. Siendo especialista en fertilidad, desarrolla, ayudado por su padre y hermano (quienes eran dueños de la compañía de instrumental médico Wisap) instrumentos que facilitan la práctica de la cirugía mínimamente invasiva. También desarrolló un aparato de neumoinsuflación automático con monitor de presión, un sistema de irrigación, un aplicador de nudos prefabricados similar al que se utiliza actualmente y que se conoce como *Endoloop®*, un triturador de tejidos, las tijeras de gancho y el famoso entrenador pélvico (*Pelvic Trainer*) (Zamora-Meraz, 2012) (Figura 2.4). Estas aportaciones permitieron el desarrollo de técnicas de salpingoclásia,

salpingostomía, biopsias, disección de tumores, apendicectomías, etc. (Semm, 1996). Se considera que con la ayuda de la compañía Wisap, Semm desarrolló unos mil instrumentos laparoscópicos (Zamora-Meraz, 2012).

En 1971 Jordan M. Philipp funda la *American Association of Gynecological Laparoscopist* y Alexander Gaylor describe en 1973 protocolos de anestesia seguros para procedimientos laparoscópicos. Berci desarrolla en 1977 un sistema de enseñanza llamado “*Teaching Attachment*”, consistente en un artilugio muy voluminoso que permitía al ayudante ver lo que el cirujano hacía (Moncada-Ángel *et al.*, 1983). Actualmente, en medicina humana, los cirujanos disponen de una gran variedad de dispositivos de entrenamiento laparoscópico (Sackier *et al.*, 1991; Stoianovici, 2001; Chung *et al.*, 2005; Stolzenburg *et al.*, 2007).

Durante las décadas de los 70 y de los 80, la visualización laparoscópica estaba restringida exclusivamente al cirujano, lo que hacía más complicados los procedimientos. El mayor avance en aquel momento fue el invento de la videocámara en 1985, que permite a los ayudantes y a los asistentes observar las cirugías y ayudar más eficientemente. Este avance también aporta comodidad al cirujano ya que le permite tener las manos libres, para manejar los instrumentos insertados a través de varios puertos (St. John y Palmer, 1998; Zamora-Meraz, 2012). Kurt Semm reporta en 1983 la primera apendicetomía laparoscópica (Moncada-Ángel *et al.*, 1983; Semm, 1983).

**Figura 2.4.** El Doctor Kurt Semm mostrando las aplicaciones del *Pelvic Trainer*.



Tomado de [http://www.medizin350.uni-kiel.de/images/semm\\_pelvitrainer.jpg](http://www.medizin350.uni-kiel.de/images/semm_pelvitrainer.jpg)

Con el diseño de la primera videocámara computarizada, Phillip Mouret, en Lyon, realiza la primera colecistectomía laparoscópica en 1987, el procedimiento quirúrgico fue seguido a distancia por Dubois en París, McKernan y Saye en Georgia (USA), Reddick y Olsen en Tennessee, Cuschieri y Nathanson en Escocia, Perrisat en Burdeos

etc. (Pérez, 2005). En nuestro país, fue Enrique Laporte quien aplicó por primera vez el abordaje laparoscópico para la realización de la colecistectomía en diciembre de 1989 (Noguera *et al.*, 2012).

La aceptación de la cirugía laparoscópica en las últimas décadas por parte de la población se ha establecido de manera diligente. De hecho, algunos autores, tal vez demasiado entusiastas, se han atrevido a afirmar que se ha cambiado el campo de la cirugía general más drástica y más rápidamente que cualquier otro hito quirúrgico, incluyendo la introducción de la anestesia y la posterior introducción de los antibióticos (Spaner y Warnock, 1997; Klohnen, 2002a).

Actualmente, se han producido vertiginosos avances en cirugía laparoscópica humana (Rosen y Ponsky, 2001). Esta evolución viene marcada por las mejoras en el equipamiento óptico (Eskef *et al.*, 2011) así como en los sistemas de coagulación y sellado, en el desarrollo de la mini laparoscopia (O'Donovan y McGurgan, 1999), en el empleo de sistemas de acceso y trabajo a partir de un único puerto (SILS: *Single Incision Laparoscopic Surgery*) (Canes *et al.*, 2008; St. Peter y Ostlie, 2011), en el uso de métodos de acceso a través de orificios naturales (NOTES: *Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery*) (Whiteford y Swanstrom, 2007). El último enfoque mínimamente invasivo surge con la incorporación de la robótica en la cirugía en general (Patel y Pareek, 2009). En la laparoscopia en particular, el sistema Da Vinci Si HD surge en el año 2000 en Estados Unidos (Boggi *et al.*, 2012). Permite operar a través de una única y mínima incisión (SILS), el cirujano puede observar de forma tridimensional el área quirúrgica, opera con precisión y exactitud gracias a un instrumental que gira dentro del cuerpo como si lo hiciera con su propia muñeca, con la diferencia de que, al ser de menor tamaño, le permite acceder a lugares imposibles para una mano (Abbou *et al.*, 2000). Hasta el presente, este sistema es el último escalón en la cirugía mínimamente invasiva y en la cirugía robótica (Figura 2.5).

**Figura 2.5.** Realización de una laparoscopia humana con el sistema Da Vinci.



Tomado de [www.tuexperto.com](http://www.tuexperto.com)

## 2.1.2 LAPAROSCOPIA EN MEDICINA VETERINARIA: HISTORIA Y DESARROLLO

La laparoscopia en medicina veterinaria comenzó al igual que en medicina humana: su uso inicial se centraba en el campo de la ginecología (Hendrickson, 2012). Como hemos mencionado anteriormente, el médico George Kelling fue el primero en realizar una exploración de la cavidad abdominal en un perro en 1901 (Reddick, 2001). En medicina veterinaria, los primeros usos descritos se remontan a los años 70 y consistían en laparoscopias exclusivamente exploratorias, para el sexaje de aves y la visualización interna (casi siempre con fines reproductivos) de diferentes especies de zoo y domésticas (Witherspoon y Talbot, 1970a y b; Witherspoon *et al.*, 1972; Fujimoto *et al.*, 1974; Schneider y Otto, 1974; Wildt *et al.*, 1977; Bush *et al.*, 1978; Burr *et al.*, 1981; Greenwood *et al.*, 1983; Greenwood, 1983; Asher y Smith, 1987; Goodrowe *et al.*, 1989; Miller *et al.*, 1990; Klohnen, 2002a). En 1970, Lettow reporta la primera biopsia hepática vía laparoscópica en un perro (Lettow y Saar, 1970). En 1980 Witherspoon publica la primera revisión de laparoscopia en animales (Witherspoon *et al.*, 1980).

La mayoría de las técnicas quirúrgicas laparoscópicas que se practican diariamente en medicina humana se han puesto a punto en ensayos experimentales, realizados en especies animales que se emplean como biomodelos. No obstante, a parte de la cirugía experimental, la laparoscopia tiene numerosas aplicaciones en animales, de hecho, la clínica veterinaria también se ha beneficiado de las ventajas de la laparoscopia. En los últimos treinta años se ha pasado de la simple exploración a la cirugía mínimamente invasiva.

En las especies animales destinadas a sistemas de producción ganadera la laparoscopia ha abierto un nuevo frente en la reproducción asistida. La finalidad de esta técnica mínimamente invasiva en estas especies es mayoritariamente la inseminación artificial, aunque también se han descrito otras aplicaciones. Así podemos encontrar artículos publicados en cerdos (Wildt *et al.*, 1975; Srinivasan *et al.*, 1999; Hazeleger y Kemp, 2001; Gil *et al.*, 2013; Del Olmo *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014). Esta especie es utilizada frecuentemente como biomodelo, o bien para medicina veterinaria o bien para medicina humana (Falavolti *et al.*, 2014; Birck *et al.*, 2015; Holak *et al.*, 2015). También podemos encontrar artículos publicados en ganado vacuno (Seeger, 1977; Rioux *et al.*, 1980; Bernard *et al.*, 1984; Sirard y Lambert, 1986; Schellander *et al.*, 1989; Reichenbach *et al.*, 1994), ovejas (Evans, 1988; Gourley y Riese, 1990; Kaulfuss *et al.*, 1995; Galli *et al.*, 2001; Ehling *et al.*, 2003; Ewoldt *et al.*, 2004; Fair *et al.*, 2005; Anel *et al.*, 2006; Franz *et al.*, 2008; Falavolti *et al.*, 2014) cabras (Dukelow *et al.*, 1971; Meinecke y Meinecke-Tillmann, 1986; Cameron *et al.*, 1988; Schikora *et al.*, 1992; Baldassarre *et al.*, 2002 y 2003; Baldassarre y Karatzas, 2004; Anakkul *et al.*, 2014), llamas y alpacas (Pugh y Montes, 1994; King *et al.*, 1998; Carpenter *et al.*, 2000; Parker y Semevolos, 2002; Parker y Semevolos, 2002).

En el ganado vacuno Wilson describe también en 1984 el uso de la laparoscopia como herramienta de diagnóstico para reticuloperitonitis traumáticas (Wilson y Ferguson, 1984). Además, se suman otras aplicaciones quirúrgicas como la abomasopexia para el desplazamiento de abomaso a la izquierda (Janowitz, 1998; van Leeuwen *et al.*, 2000; Newman *et al.*, 2005; Mulon *et al.*, 2006; Seeger *et al.*, 2006; Newman *et al.*, 2008; Roy *et al.*, 2008) y la cistorrafia en terneros (Bouré *et al.*, 2001; Bouré *et al.*, 2005; Wittek *et al.*, 2009).

También hay descritos procedimientos laparoscópicos en otras especies, por ejemplo, podemos encontrar aplicaciones en aves (Rich, 1991; Divers, 2010b y c), roedores (Divers, 2010a; Baran *et al.*, 2011); y peces (Stetter, 2010; Falahatkar *et al.*, 2011; Watanabe *et al.*, 2012).

En pequeños animales la laparoscopia tiene numerosas aplicaciones (Jones *et al.*, 1990; Richter, 2001; Monnet y Twedt, 2003; Fransson y Ragle, 2011; Fiorbianco *et al.*, 2012; Koenraadt *et al.*, 2014; Robertson *et al.*, 2014; Van Nimwegen y Kirpensteijn, 2014; Milovancev y Townsend, 2015). Se usa para toma de biopsias de hígado y riñón (Rawlings y Howerth, 2004; Vaden, 2005; Rothuizen y Twedt, 2009; Lees *et al.*, 2011; Day y Washabau, 2012; Radhakrishnan y Mayhew, 2013); esplenectomías, nefrectomías (Kim *et al.*, 2013), gastropexias (Rawlings *et al.*, 2001; Rawlings, 2002; Mayhew y Brown, 2009; Runge *et al.*, 2009; Rivier *et al.*, 2011; Spah *et al.*, 2013), así como ovariectomías (Manassero *et al.*, 2012; Runge *et al.*, 2012 y 2014), ovariohisterectomías (OHT) (Kim *et al.*, 2012), pericardiectomías (Tapia-Araya *et al.*, 2015), piómetras (Adamovich-Rippe *et al.*, 2013), gastrectomías y otras cirugías gastrointestinales (Bakhtiari *et al.*, 2012)

En el caso de animales salvajes o exóticos la laparoscopia es una herramienta quirúrgica muy útil para el control de sus poblaciones. Se han descrito diversas técnicas de ovariectomía y ovariohisterectomía en tigresas (Kolata, 2002; Steel *et al.*, 2012; Emerson *et al.*, 2013; Hartman *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2014). En el elefante africano la localización intraabdominal de sus testículos hace que la laparoscopia, al ser menos invasiva, sea la técnica de elección para vasectomizar los machos (Marais *et al.*, 2013; Rubio-Martínez *et al.*, 2014a). La laparoscopia en estos animales también se utiliza también con fines investigadores o diagnósticos (Wildt *et al.*, 1978; Fauquier *et al.*, 2003; Portas *et al.*, 2006; Pizzi *et al.*, 2010; Sweet *et al.*, 2014). Otras especies que se han sumado al campo de la laparoscopia son los rinocerontes (Zuba *et al.*, 2003) las focas, determinados cetáceos y otros mamíferos marinos (Watanabe *et al.*, 2012; Crespo *et al.*, 2013; Higgins y Hendrickson, 2013; Matsche, 2013).

### 2.1.3 LAPAROSCOPIA EN LA ESPECIE EQUINA

Aunque en los últimos años el avance de la laparoscopia en pequeños animales está experimentando un fuerte avance, sin lugar a dudas, la especie animal en la que más se ha desarrollado la cirugía laparoscópica hasta el momento son los équidos (Klohn, 2002a). En 1970, Witherspoon y Talbot utilizan el laparoscopio para documentar las localizaciones en las que se produce la ovulación en la yegua (Witherspoon y Talbot, 1970b). En 1972, Heinze publica un trabajo sobre la exploración laparoscópica para describir el aparato genital de la especie equina (Heinze *et al.*, 1972). Tres años más tarde, el mismo autor redacta un artículo en el que resalta el potencial de la laparoscopia como técnica diagnóstica y como herramienta auxiliar para la enseñanza (Heinze, 1975).

La especie equina pasa a ponerse en el punto de mira de la producción científica sobre laparoscopia veterinaria en los años 80, aunque su uso era todavía fundamentalmente exploratorio y diagnóstico (Fischer *et al.*, 1986; Fischer, 1989). Wilson en 1983 publica en una revista de pequeños animales un trabajo sobre exploración laparoscópica de la yegua (Hendrickson, 2000). A esta publicación se le suman otra media docena de artículos (Moncada-Ángel *et al.*, 1983; Kirker-Head *et al.*, 1985; Mackey y Wheat, 1985; Fischer *et al.*, 1986; Traub-Dargatz y McKinnon, 1988; Fischer, 1989).

En la década de los 90 se produce una auténtica explosión de indicaciones quirúrgicas, tanto con el caballo anestesiado (Fischer y Vachon, 1992; Walmsley, 1999), como en estación (Fischer, 1991; Palmer, 1993). Una encuesta realizada entre diplomados y residentes del *American College of Veterinary Surgeons* manifiesta que la laparoscopia tiene un mayor peso entre la práctica diaria de los cirujanos de grandes animales que entre la de los cirujanos de pequeños animales (Bleedorn *et al.*, 2013).

Si realizamos una búsqueda sobre trabajos de laparoscopia equina publicados desde los años 70, podemos observar que ha habido un claro avance en lo que concierne a las aplicaciones terapéuticas de esta técnica así como en el equipamiento requerido por la técnica (Vázquez, 2015). En la primera década del siglo XXI se publica el primer libro que recoge el estado del arte de la laparoscopia diagnóstica y quirúrgica equina (Fischer, 2002b) y recientemente se ha editado otra obra que recoge los últimos avances en este campo (Ragle, 2012). A pesar de que existe algún otro texto disponible on-line (Wilson, 2001), los dos libros anteriormente citados son considerados por los cirujanos equinos como las obras de referencia en este campo.

El aumento de la popularidad de la laparoscopia equina ha conllevado el desarrollo paralelo de instrumentos laparoscópicos específicos para caballos. La mayoría de los instrumentos utilizados para realizar laparoscopias en humanos se quedan cortos (longitud: 33cm) para realizar determinados procedimientos quirúrgicos en équidos. Con el paso del tiempo, determinadas empresas se han interesado en fabricar instrumentos de 54 cm de longitud para realizar laparoscopias en grandes animales. Hoy en día, una amplia gama de los instrumentos que se han diseñado para la cirugía abierta están actualmente disponibles para la cirugía laparoscópica (Hendrickson, 2012; Easley y Hendrickson, 2014).

Las ventajas que ofrece la laparoscopia frente a la cirugía convencional han hecho que esta técnica mínimamente invasiva adquiera un gran protagonismo en el campo de la

cirugía en medicina humana (Zhao *et al.*, 2014) y en cirugía equina (Fischer, 2002b). Si bien hay muchos beneficios, debemos mencionar que la laparoscopia plantea también algún que otro desafío al cirujano ya que es difícil trabajar en un entorno tridimensional cuando el monitor tan solo muestra una imagen bidimensional (la percepción de la profundidad se ve alterada). Por otro lado, tanto el cirujano como el asistente deben realizar el movimiento contrario al deseado con las manos cuando manipulan el laparoscopio. Por lo tanto, es una técnica que requiere una gran destreza y una larga curva de aprendizaje por parte del cirujano para poder realizar movimientos de gran precisión dentro del abdomen (Hendrickson, 2012).

### **2.1.3.1 INDICACIONES**

En la clínica equina, los abordajes laparoscópicos se han puesto de moda en los últimos años ya que son mínimamente invasivos, ofrecen una mejor visualización del campo quirúrgico y, cuando se realiza con el caballo en estación, evitan someter al animal a una anestesia general y los riesgos que conlleva (Hendrickson, 2012). A estas ventajas se suman otras como menor dolor postoperatorio y menor tiempo de convalecencia y hospitalización (Soper *et al.*, 1994; Hendrickson y Wilson, 1996), un aspecto muy importante cuando se tratan de caballos de alta competición.

#### **2.1.3.1.1 Laparoscopia exploratoria y diagnóstica**

Al igual que en medicina humana, es el primer uso otorgado a la laparoscopia equina (Fischer *et al.*, 1986). Hoy en día sigue siendo una herramienta de diagnóstico muy útil en determinadas ocasiones (Embertson y Bramlage, 1993; Wilson, 2001). Es recomendable que el caballo permanezca en ayunas de 24 a 36 horas antes, con ello se logra disminuir la cantidad de alimento en el tracto digestivo, con lo cual se optimiza la visualización de las vísceras abdominales (Fischer y Vachon, 1992; Galuppo *et al.*, 1995; Trostle, 2000).

El tracto gastrointestinal puede ser evaluado fácilmente en potros en decúbito supino (Bouré *et al.*, 1997b; Bouré *et al.*, 2002; Hendrickson, 2012) y con más dificultad en caballos adultos, tanto de pie como en decúbito (Schambourg y Marcoux, 2006; Hendrickson, 2012). Sin embargo, la laparoscopia permite la visualización de determinadas estructuras que por laparotomía exploratoria no se pueden valorar como el duodeno y el foramen epiploico (Smith *et al.*, 2005). Por otro lado, proporciona información que antes sólo se podía obtener mediante laparotomía exploratoria y, ha mostrado una sensibilidad del 75% y una especificidad del 18% en la exploración del cólico (Walmsley, 1999). Dos estudios retrospectivos sobre el tratamiento quirúrgico del cólico en caballos miniatura muestran la utilidad de la laparoscopia en el diagnóstico de adherencias (Hughes *et al.*, 2003; Haupt *et al.*, 2008).

En el caso del cólico equino la laparoscopia es de gran ayuda fundamentalmente cuando son casos de cólico crónico o recurrente (Fischer, 1997; Verwilghen *et al.*, 2013). También se ha utilizado en casos de cólico agudo (Ragle *et al.*, 1997; Sucher y MacFadyen, 2002), sin embargo, en situaciones de crisis abdominal aguda, la distensión de las vísceras dificulta la visualización de la cavidad abdominal; es más, el riesgo de perforar un asa intestinal aumenta significativamente cuando está distendida (Smith *et al.*, 2005). Esto, unido a la imposibilidad de resolver mediante laparoscopia la gran mayoría de los cólicos quirúrgicos, hace que la laparoscopia no se emplee de

manera rutinaria en el protocolo diagnóstico del cólico, reservándose a situaciones muy concretas en las que el propietario no autoriza la laparotomía exploratoria, etc. (Fischer, 2002a). Recientemente se ha descrito una técnica para la exploración abdominal en casos de cólico quirúrgico, en la que se combina el uso de un portal específico para laparoscopia con ayuda de la mano (HAL: *Hand Assisted Laparoscopy*) y la posibilidad de utilizar un endoscopio flexible (Tnibar y Lofstrom, 2012).

En el caso de las neoplasias abdominales, la laparoscopia ha permitido explorar y confirmar sospechas diagnósticas de: adenocarcinoma (Fulton *et al.*, 1990), carcinoma gástrico de células escamosas (Fischer, 2002a), melanoma (De Blaauw *et al.*, 2003; Nannarone *et al.*, 2014), teratoma ovárico (Catone *et al.*, 2004), mesotelioma (Vázquez *et al.*, 2008)...

Diversos autores han descrito, aunque en menor medida, alguna que otra aplicación más de la laparoscopia exploratoria para realizar o confirmar el diagnóstico de: hematomas esplénicos (Mehl *et al.*, 1998; Ayala *et al.*, 2004), abscesos abdominales (Fischer *et al.*, 1986; Mair y Sherlock, 2011), exploración de la funcionalidad oviductal (Kollmann *et al.*, 2011; Arnold y Love, 2013), fistula enteroovárica (Rötting, 2010), quiste intraabdominal (Scheffer *et al.*, 2004), laceraciones uterinas (Hassel y Ragle, 1994; Trachsel *et al.*, 2010), enfermedad intestinal inflamatoria crónica (Trachsel *et al.*, 2010). Otros han descrito la utilidad de la laparoscopia para valorar el abdomen de caballos que han sido sometidos a una laparotomía convencional (Bleyaert *et al.*, 1997; Bouré *et al.*, 1998; Trostle, 2000).

En muchas de estas ocasiones, es de gran ayuda diagnóstica la realización de biopsias. La laparoscopia permite la visualización directa del lugar a biopsiar, bien sea utilizando *True-Cuts* percutáneos o instrumentos para biopsia laparoscópica (Fischer, 2002). Las ventajas de estas técnicas es que se puede tomar una muestra del lugar concreto que, por su aspecto macroscópico, escoja el clínico y además se pueden evitar algunas complicaciones relacionadas con la hemorragia en el lugar de biopsia (Fischer, 2002).

Entre las estructuras en las que hay especial interés en poder ser biopsiadas por laparoscopia destacan las asas intestinales. La toma de biopsia de intestino delgado ha supuesto un importante cambio en el diagnóstico de muchos procesos patológicos por malabsorción y enteropatías crónicas del caballo. En los últimos años se han desarrollado diferentes técnicas para tomar biopsias seriadas de espesor completo del tracto gastrointestinal (Schambourg y Marcoux, 2006; Bracamonte *et al.*, 2008; O'Meara *et al.*, 2010). El mejor acceso laparoscópico para obtener una biopsia de yeyuno o de la porción más aboral de íleon es el flanco derecho, una vez localizado y explorado, se exterioriza una porción intestinal, se realiza la toma de biopsia de todo el grosor de la pared intestinal y se sutura el defecto (Schambourg y Marcoux, 2006). Para el duodeno y resto de íleon se han descrito otras técnicas laparoscópicas, estas implican que la reparación del defecto se realice intraabdominal ya que tanto el duodeno como la mayoría de íleon no puede exteriorizarse a través de una incisión en el flanco (Wilderjans, 2011). Una de las técnicas incluye también la base del ciego (Schambourg y Marcoux, 2006). Bracamonte describe una técnica realizar tomas de biopsias seriadas, reparando los defectos producidos en la pared intestinal de duodeno o yeyuno con una endograpadora lineal de 45 mm (Bracamonte *et al.*, 2008).

Otros órganos biopsiados por laparoscopia son:

- el hígado (Pearce *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2008)
- el riñón (Fischer, 2002)
- el bazo (Fischer, 2002)
- pulmón (Relave *et al.*, 2008)
- linfonodos (Fischer, 2002; Silva *et al.*, 2008)
- masas intraabdominales (Silva *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2008)

La laparoscopia exploratoria también se está utilizando con fines docentes, bien sea para ayudar a comprender la anatomía intraabdominal o para la visualización de las estructuras que se están palpando durante la exploración rectal (Hendrickson, 2002; Shettko y Hendrickson, 2008) (Figura 2.6).

**Figura 2.6.** Laparoscopia docente en el HVUZ: alumna realizando una palpación transrectal mientras visualiza las estructuras anatómicas que palpa.



Otro de los campos en los que los avances tecnológicos pueden permitir que el uso diagnóstico de la laparoscopia se extienda, es la posibilidad de utilizar sondas de ecografía laparoscópicas, que posibiliten no solo ver la imagen macroscópica externa de las vísceras, sino su aspecto ultrasonográfico, colocando la sonda directamente sobre su superficie (Gerlach y Ferguson, 2003).

#### **2.1.3.1.2 Laparoscopia quirúrgica**

Actualmente, la mayoría de los hospitales veterinarios universitarios así como muchas clínicas privadas cuentan con el equipo necesario para realizar procedimientos laparoscópicos. Gracias a ello, se han descrito numerosas aplicaciones de esta técnica quirúrgica mínimamente invasiva (Smith *et al.*, 2005). El objetivo de este apartado es introducir y revisar las principales indicaciones de la laparoscopia en caballos, profundizando en las técnicas laparoscópicas más frecuentemente realizadas.

Las dos técnicas laparoscópicas desarrolladas en esta tesis doctoral, se realizan con el caballo en estación, por lo que haremos un especial hincapié en los procedimientos empleados con el animal de pie.

La laparoscopia es una técnica quirúrgica en la que el “quirófano” es el interior de la cavidad abdominal del paciente (Perrin, 2005). El cirujano accede a su interior realizando pequeñas incisiones por las que se introduce, a través de unas cánulas o portales laparoscópicos, una óptica (laparoscopio) y diferentes instrumentos o dispositivos laparoscópicos (Fischer, 2002b). La manipulación de estos instrumentos se basa en el principio de la triangulación (Fischer *et al.*, 1986; Caron, 2012a; Hendrickson, 2012) (Figura 2.7), esto significa que las manos izquierda y derecha del cirujano deben estar a cada lado de la cámara, formando un ángulo lo más cercano posible a 90° con la misma (Figura 2.8). Esta tecnología requiere equipamientos y materiales sofisticados y costosos y unas habilidades avanzadas por parte del cirujano y su equipo, necesitando de un largo proceso de aprendizaje y entrenamiento (Hendrickson, 2000; Fischer, 2002b).

**Figura 2.7.** Ilustraciones del Principio de la triangulación en laparoscopia. Izquierda: triangulación en una laparoscopia realizada en posición de Trendelenburg. Derecha: triangulación en una intervención laparoscópica realizada con el caballo en estación.

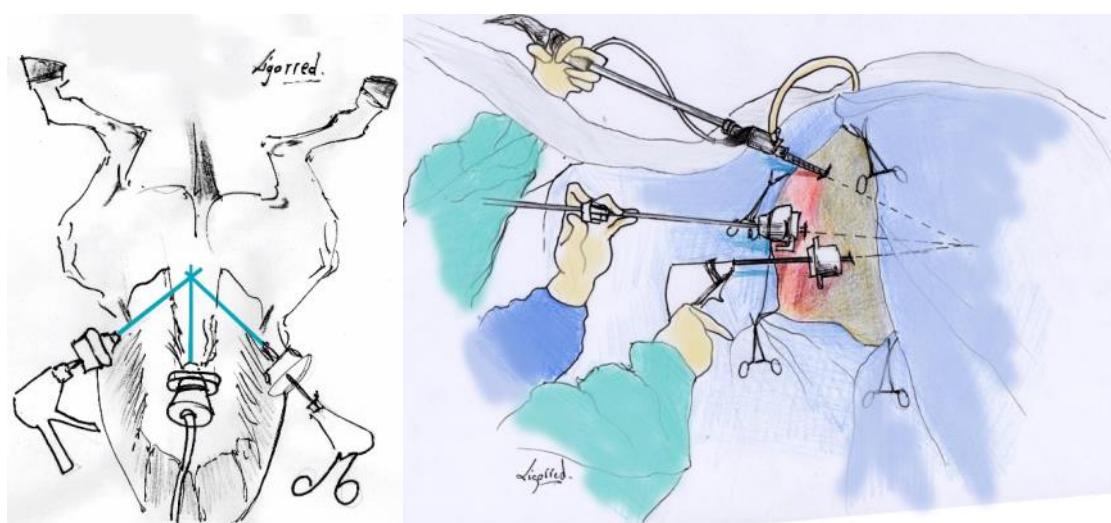


Ilustración: Víctor Ligorred

La oferta y la demanda de la cirugía laparoscópica en équidos ha aumentado notablemente en las últimas décadas, gracias a las ventajas que presenta respecto a la cirugía convencional: 1) menos invasiva ya que las incisiones son más pequeñas, reducción del tiempo de hospitalización, 2) respuesta inflamatoria menor, 3) campo de visión directo, más amplio y magnificado, 4) posibilidad de intervenir al caballo en estación, evitando la anestesia general, 5) recuperación más rápida y vuelta temprana al trabajo (Fischer *et al.*, 1986; Fischer, 2002b; Argüelles *et al.*, 2010; Augestad y Delaney, 2010; Caron, 2012a). Todo ello, ha animado a desarrollar las siguientes técnicas laparoscópicas:

### - Ovariectomía laparoscópica

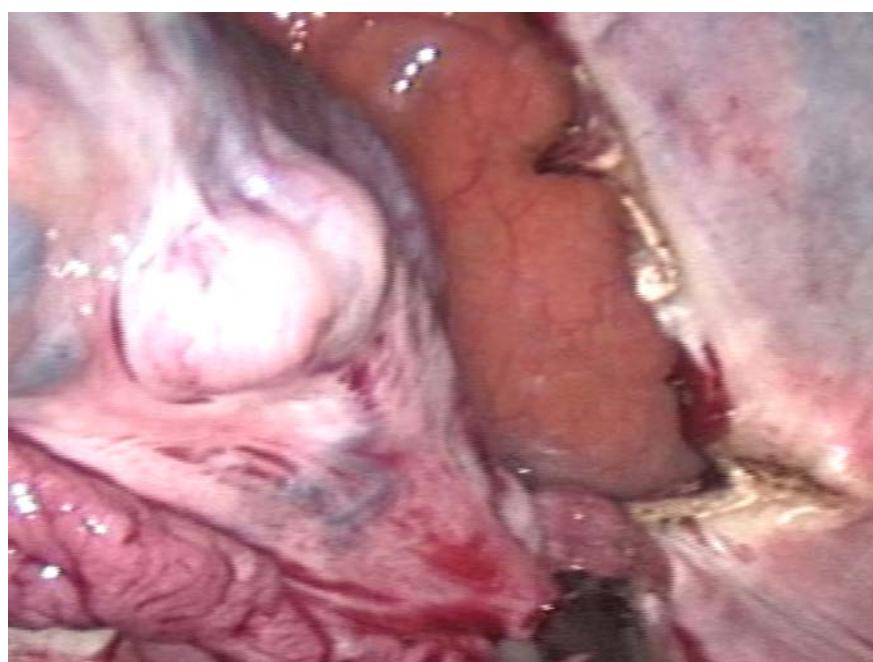
La ovariectomía es una técnica laparoscópica realizada fundamentalmente en yeguas, y también en burras (Aziz *et al.*, 2008). Además del tratamiento de neoplasias ováricas, otras finalidades del procedimiento pueden ser preparar la yegua para realizar extracciones de semen, eliminar dolores cólicos asociados con el estro o bien, eliminar comportamientos indeseables que aparecen con el celo en yeguas de deporte, ya que pueden interferir con la equitación (Shoemaker *et al.*, 2004; Lee y Hendrickson, 2008).

La ovariectomía laparoscópica se describe primero con la yegua en decúbito dorsal (Ragle y Schneider, 1995) pero actualmente suele realizarse con el animal en estación y por el flanco (Dechant y Hendrickson, 2000).

Al conjunto de ventajas que ofrece la cirugía laparoscópica y, más en concreto, las que ofrece la posición del animal durante el procedimiento quirúrgico, hay que añadir que es mucho más fácil anestesiar, ligar y cortar el pedículo ovárico con la yegua en estación (Palmer, 1993 y 2002; Bouré *et al.*, 1997a; Gottschalk y van den Berg, 1997; Hanson y Galuppo, 1999; Goodin *et al.*, 2011; Pader *et al.*, 2011; Bertin *et al.*, 2013).

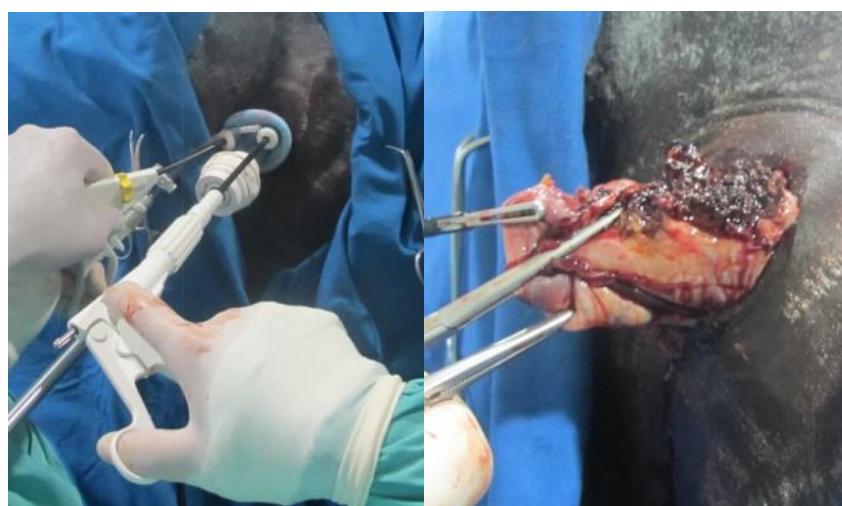
La técnica requiere la colocación de tres portales laparoscópicos. Una vez localizado el ovario, se procede con la anestesia local del mesovario, tras la cual, se realiza la amputación del ovario. Existen numerosos métodos descritos para realizar la hemostasia del pedículo ovárico: suturas pre-acondicionadas *Endoloop*® (Bouré *et al.*, 1997a; Lee y Hendrickson, 2008), electrocoagulación y dispositivos selladores (Rodgerson *et al.*, 2001; Hand *et al.*, 2002; Dusterdieck *et al.*, 2003; Alldredge y Hendrickson, 2004; Aziz *et al.*, 2008; Smith y Mair, 2008; Dunay *et al.*, 2012), láser (Palmer, 1993), bisturí harmónico (Dusterdieck *et al.*, 2003), abrazaderas de poliamida (Cokelaere *et al.*, 2005) y *EndoGIA*™ (Van Hoogmoed y Galuppo, 2005) (Figura 2.8).

**Figura 2.8** Ovariectomía laparoscópica realizada en el HVUZ. Imagen de la realización de la hemostasia del mesovario mediante el uso de un sellador bipolar inteligente.



Se ha documentado la posibilidad de llevar a cabo la ovariectomía laparoscópica con la yegua de pie, utilizando un sistema comercial de acceso laparoscópico a través de una única incisión (SILS™). Los resultados de este estudio muestran que, aunque el empleo de SILS™ no cambia significativamente el tiempo de cirugía, la longitud de las incisiones y la cantidad empleada de lidocaína, es menor cuando se emplea este sistema de acceso único (Kambayashi *et al.*, 2014) (Figura 2.9).

**Figura 2.9.** Ovariectomía laparoscópica empleando el sistema SILS™ en el HVUZ. Izquierda: imagen del dispositivo SILS™ en el flanco izquierdo. Derecha: extrayendo el ovario izquierdo a través de la incisión única empleada para colocar el dispositivo.



Algunos trabajos proponen como alternativa a la ovariectomía la sección laparoscópica del pedículo ovárico en potras prepúberes sin la extracción de los ovarios (Shoemaker *et al.*, 2004).

Una nueva técnica descrita de ovariectomía laparoscópica recurre a la antigua técnica de colpotomía. La diferencia es que la colocación y utilización del *ecrasseur* se realiza bajo control laparoscópico, de esta forma se pueden evitar hemorragias, traumas mesentéricos e intestinales, adherencias y peritonitis, y complicaciones derivadas de la técnica tradicional de colpotomía que se lleva a cabo “a ciegas” (Lee y Hendrickson, 2008; Tate *et al.*, 2012; Smith y Devine, 2013).

#### - Ovariectomía laparoscópica de Tumor de Células de la Granulosa

La principal indicación de la ovariectomía laparoscópica es el tratamiento de las yeguas con ovario/s afectado/s por Tumor de las Células de la Granulosa (Rodgerson y Murray, 2001). En muchas ocasiones el gran tamaño de los mismos requiere algunas modificaciones en la técnica. Una posibilidad es aspirar previamente el contenido de los folículos ováricos y ampliar la incisión realizada en el flanco (Ragle *et al.*, 1996). Se pueden utilizar dispositivos para laparoscopia con ayuda de la mano (Rodgerson *et al.*, 2002) y dispositivos especiales para el sellado de los vasos (Hubert *et al.*, 2006). Otra alternativa es realizar la disección interna del tumor dentro de unas bolsas de recogida (De Bont *et al.*, 2010), bien sea con el uso morceladores mecánicos (Kummer *et al.*,

2010; Lund *et al.*, 2014) o de forma manual y con cánula de succión (De Bont *et al.*, 2010) (Figura 2.10).

- Criptorquidectomía laparoscópica

La resolución de la criptorquidia vía laparoscópica es una de las aplicaciones de la laparoscopia más frecuentemente utilizada en équidos (Fischer y Vachon, 1992 y 1998; Hendrickson, 2006; Hartman *et al.*, 2015) (Figura 2.10). Permite localizar y visualizar directamente el testículo abdominal así como comprobar que la hemostasia del cordón testicular se ha realizado de forma correcta (Hanrath y Rodgerson, 2002; Rodgerson, 2012). Se han descrito numerosas técnicas de criptorquidectomía laparoscópica aunque las principales diferencias entre ellas son la posición de animal y el método utilizado para la hemostasia del mesorquio (Hanrath y Rodgerson, 2002). Al igual que en el caso de la ovariectomía laparoscópica, las primeras intervenciones se realizaron con el caballo anestesiado (Ragle *et al.*, 1998a), pero actualmente suelen realizarse con el animal de pie (Davis, 1997; Hendrickson y Wilson, 1997).

**Figura 2.10:** Uso de una bolsa de recogida en una ovariectomía laparoscópica realizada en el HVUZ



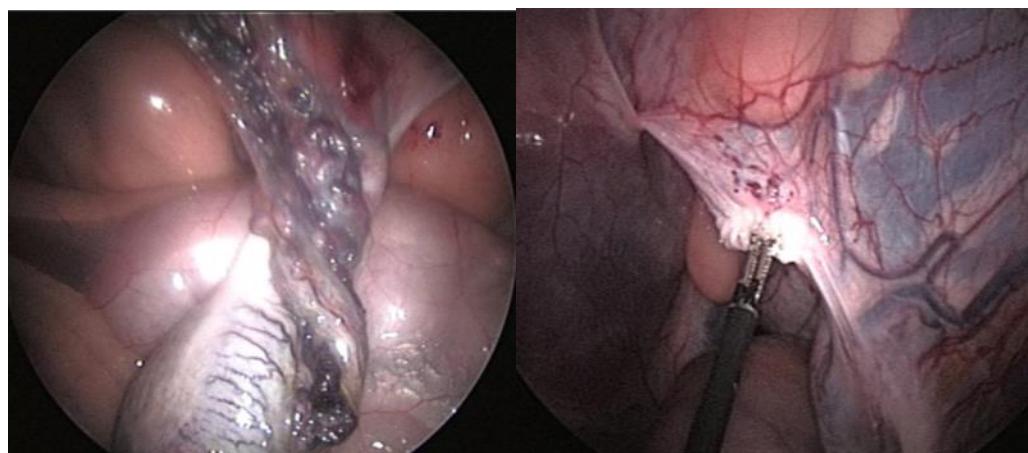
Esta técnica de cirugía mínimamente invasiva es especialmente interesante en los casos de criptorquidia abdominal. No obstante, en los criptórquidos inguinales, se ha descrito la posibilidad de traccionar del mesorquio para reintroducir el testículo dentro del abdomen (Trumble y Hendrickson, 2000), aunque esa tracción puede resultar dolorosa e incómoda para el animal por lo que no se recomienda cuando se realiza con el caballo en estación (Hanrath y Rodgerson, 2002). Otra posibilidad, es seccionar la túnica vaginal proximal hasta que el testículo entra en el abdomen a través del anillo inguinal interno para, posteriormente, extraer el testículo desde el abdomen (Fischer y Vachon, 1992; Joyce, 2008). Algunos autores prefieren no correr el riesgo de aumentar el orificio inguinal, para evitar una posible herniación de intestino delgado, y sugieren la posibilidad de no retirar el testículo inguinal tras la ligadura del cordón. Sin embargo, últimamente esta técnica está siendo ampliamente debatida, ya que existen evidencias de que un porcentaje de esos testículos puede revascularizarse (Voermans *et al.*, 2006).

Para la realización de la técnica se necesitan tres portales laparoscópicos, el primer paso es la anestesia local del cordón testicular. La hemostasia del cordón testicular es el siguiente paso: los métodos más frecuentemente utilizados son la electrocirugía (Hanrath y Rodgerson, 2002) y dispositivos selladores (Dunay *et al.*, 2012) como

*Ligasure™* que combina presión y energía para obliterar los vasos (Gracia *et al.*, 2010) (Figura 2.11).

Cribb y Bouré reportan casos de testículos abdominales aumentados de tamaño al estar invadidos por un teratoma testicular que han sido exitosamente retirados mediante laparoscopia con el caballo en estación (Cribb y Bouré, 2010).

**Figura 2.11.** Realización de la hemostasia del cordón testicular mediante el uso de un sellador bipolar inteligente en una criptorquidectomía realizada en el HVUZ.



- *Adhesiolisis laparoscópica*

La formación de adherencias es una complicación, cuyas consecuencias pueden ser fatales, que se da con relativa frecuencia tras la cirugía abdominal (Smith *et al.*, 2005; Auer y Stick, 2012). La laparoscopia ofrece la posibilidad tanto de diagnosticar las posibles adherencias (Hendrickson, 2012) como de llevar a cabo la adhesiolisis sin la necesidad de una nueva laparotomía (Bleyaert *et al.*, 1997; Bouré *et al.*, 1998 y 2002). Los caballos sometidos a cirugías de intestino delgado son más susceptibles de padecerlas (Mc Donald *et al.*, 1990; Kuebelbeck *et al.*, 1998; Smith *et al.*, 2005) tanto es así que muchos cirujanos, en ocasiones, tras las intervenciones en las que se realiza anastomosis de intestino delgado, practican posteriormente una laparoscopia para valorar el sitio quirúrgico y poder eliminar las posibles adherencias (Argüelles *et al.*, 2010).

- *Castración laparoscópica*.

Se ha descrito y documentado la posibilidad de castración de testículos normales descendidos en su bolsa escrotal mediante laparoscopia (Wilson *et al.*, 1996; Van Der Velden, 2005). La técnica consiste en ligar y seccionar el cordón testicular pero dejando el testículo *in situ*, el cual, sin su aporte vascular se atrofia en algunas semanas hasta que sólo se aprecia un leve engrosamiento en el interior de la bolsa escrotal que se va retrayendo paulatinamente (Wilson *et al.*, 1996; Van Der Velden, 2005; Fourmestraux *et al.*, 2014). La técnica se ha utilizado tanto en caballos como en burros (Pepe *et al.*, 2005). Sin embargo existen evidencias de que el 5% de los testículos que se tratan de esta forma (descendidos o criptorquidos) se revascularizan a partir del cremáster, las arterias pudendas y la compleja vascularización del epidídimo (Bergeron

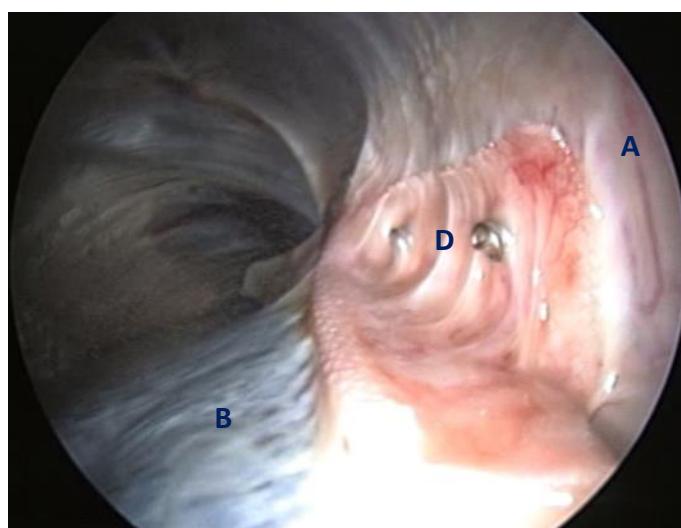
*et al.*, 1998; Voermans y van der Velden, 2006; Voermans *et al.*, 2006), por lo que este método de castración está siendo cuestionado (Fischer, 2014).

- Cierre del espacio nefroesplénico

El desplazamiento dorsal izquierdo del colon mayor o atrapamiento nefroesplénico es una causa frecuente de cólico que puede presentar recidivas (Martín Cuervo *et al.*, 2011). Existen diferentes trabajos que proponen el cierre del espacio nefroesplénico en caballos en los que el cuadro ha recidivado (Albanese y Caldwell, 2014). Este cierre puede conseguirse mediante sutura laparoscópica, empleando unas cánulas de gran calibre que permiten utilizar agujas de suficiente tamaño para suturar la lengüeta dorsal del bazo al tejido perirrenal (Mariën, 2001; Mariën *et al.*, 2001; Farstvedt y Hendrickson, 2005b; Rocken *et al.*, 2005; Epstein y Parente, 2006). Hay que destacar que ya se ha comunicado algún caso de recidiva del atrapamiento nefroesplénico pese al cierre laparoscópico del espacio (Barrell *et al.*, 2011).

También se han descrito (Epstein y Parente, 2006) casos en los que se utiliza una malla de polipropileno que cierra el espacio nefroesplénico sujetándose con grapas entre el bazo dorsal y la fascia perirrenal (Figura 2.12).

**Figura 2.12.** Imagen de una laparoscopia control de una obliteración del espacio nefroesplénico realizada en el HVUZ. A: riñón izquierdo, B: bazo, C: malla sintética, D: endograpas.



Otra técnica descrita con el caballo en estación, realiza la sutura el espacio nefroesplénico combinando el uso de la propia mano (laparoscopia con ayuda de la mano) introducida a través de una laparotomía en el ijar, con el empleo una cánula laparoscópica de fabricación propia que permite la utilización de agujas de gran diámetro (Muñoz y Bussy, 2013).

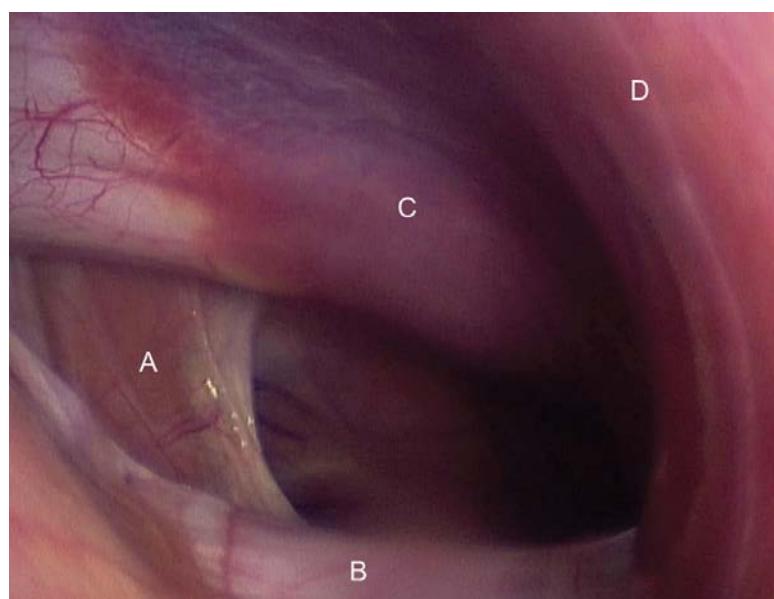
Bussy describe en 2014 el último procedimiento para realizar el cierre del espacio nefroesplénico. Se trata de una técnica novedosa en la que el cirujano realiza la intervención a través de una sola incisión. Con el caballo en estación, la intervención requiere el uso de una única cánula con trocar ovoide de grandes dimensiones

reutilizable (*Trocár GR*). La cánula lleva incorporado un anillo de LED en su extremo que proporciona una iluminación óptima. Además el tamaño de la cánula permite realizar la intervención mediante visualización directa, sin la necesidad de crear un neumoperitoneo previo ni la colocación de portales auxiliares. Por lo tanto, aunque en este procedimiento se realiza una incisión más grande (6-8 cm) que la requerida para un portal laparoscópico (1 cm), es una intervención que supone un menor coste económico que las técnicas laparoscópicas (Bussy, 2014).

- Obliteración del foramen epiploico.

Munsterman describe en 2014 una técnica de cierre del foramen epiploico con el caballo en estación utilizando tres portales laparoscópicos. El procedimiento consiste en fijar el aspecto craneal del pliegue gastropancreático y el lóbulo derecho del páncreas al lóbulo caudado del hígado. La fijación se realiza mediante un dispositivo que utiliza espirales de titanio como método de anclaje (Munsterman *et al.*, 2014) (Figura 2.13).

**Figura 2.13.** Vista laparoscópica de la entrada del foramen epiploico. Los límites incluyen el pliegue gastropancreático y el lóbulo derecho del páncreas (A), la vena porta (B), la vena cava caudal (C), y el lóbulo caudado del hígado (D).



Tomado de (Munsterman *et al.*, 2014)

Recientemente se ha descrito una técnica en la que utilizan dos mallas de polipropileno. Enrollan y apositionan las mallas formando una especie de "diálogo" (van Bergen *et al.*, 2015) (Figura 2.14) Se realiza con el caballo en estación y requiere solo la colocación de dos portales laparoscópicos. Mediante el uso de un aplicador especialmente diseñado introducen el diálogo en el foramen epiploico dejando 1 cm del implante en la cavidad abdominal y el resto en el vestíbulo omental entre la vena porta, el lóbulo caudal hepático, el ligamento hepatoduodenal y el resto de estructuras que rodean el foramen epiploico.

- Ovariohisterectomía (OHT) e histerectomía parcial.

En la clínica de pequeños animales la OHT es el procedimiento quirúrgico más comúnmente realizado, sin embargo, en clínica equina las indicaciones de la OHT son mucho menos frecuentes limitándose a los escasos casos de piómetra crónica y a la eliminación de tumores y anomalías congénitas (Gablehouse *et al.*, 2009). La técnica quirúrgica convencional de OHT en la yegua es una cirugía compleja, altamente invasiva y con altas tasas de morbilidad (Delling *et al.*, 2004). Se ha descrito la técnica de OHT mediante laparoscopia con ayuda de la mano (HAL), tanto en yeguas experimentales (Delling *et al.*, 2004) como en casos clínicos con leiomioma (Janicek *et al.*, 2004). La técnica laparoscópica es compleja y aún necesita ser mejorada (Santschi, 2014), por lo que se ha descrito una técnica de OHT en la yegua asistida por laparoscopia, que se emplea en las fases iniciales de la cirugía, que termina con una laparotomía convencional (Ragle, 2012), ofreciendo una visión excelente de la zona, evitando la tensión excesiva en el manejo y disección de los tejidos y en la aplicación de la hemostasia y permitiendo incisiones más pequeñas que con el abordaje abierto convencional. Algunos clínicos también han efectuado histerectomía parcial por neoplasia en yeguas en las que se quería continuar con la vida reproductiva (Janicek *et al.*, 2004).

**Figura 2.14.** Esquema del montaje de las mallas para la construcción del diábolo utilizado para la técnica de cierre del foramen epiploico descrita por van Bergen en 2015. 1: extensión de la malla, 2: se coloca una pinza en el centro de la malla, 3: la malla se enrolla alrededor de la pinza para crear un rulo, 4: el rulo de malla se dobla por la mitad, 5: una vez doblada la malla, se pasa un hilo de sutura por el centro, 6: el procedimiento se realiza de la misma forma con otra malla para luego poder unirlas con el hilo de sutura, adoptando ambas la forma de un diábolo.

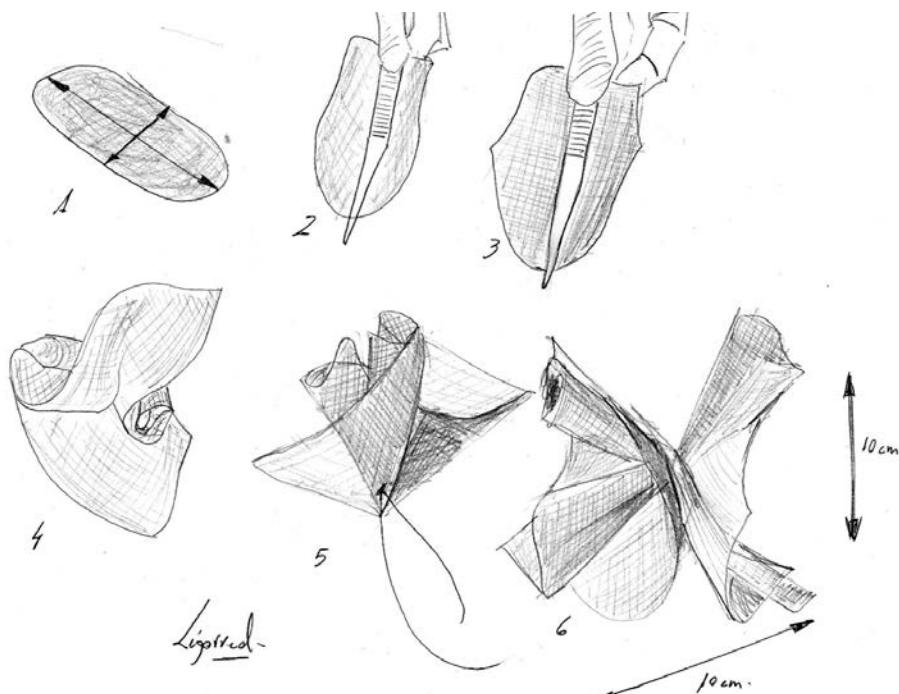


Ilustración: Víctor Ligorred

- Herniorrafia inguinal: (ver apartado 2.3.2.2.5.2).

- Nefrectomía:

Se han descrito diferentes procedimientos sin (Mariën, 2002) o con ayuda de la mano (Keoughan *et al.*, 2003; Cokelaere *et al.*, 2007; Rocken *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2010) para tratar diferentes patologías renales unilaterales, incluyendo las neoplasias como el nefroblastoma (Romero *et al.*, 2010), la hidronefrosis, pielonefritis, abscesos... La técnica laparoscópica ofrece importantes ventajas frente al abordaje convencional ya que evita tener que realizar una costotomía, y por otro lado, permite visualizar al cirujano de forma precisa la anatomía regional de tal manera que la ligadura de los vasos renales y uréteres se puede realizar de manera segura y bajo observación directa (Wilderjans, 2011).

- Uteropexia.

En determinadas yeguas multíparas, el peso del feto en el útero hace que el útero vaya adoptando progresivamente una posición ventral en el abdomen con respecto al cérvix. Esta conformación hace que estas yeguas sean susceptibles de padecer endometritis crónicas ya que su capacidad para eliminar detritus de espermatozoides o bacterias se ve limitada. Con la uteropexia se pretende elevar el útero a una posición horizontal mediante una técnica laparoscópica de imbricación del mesometrio, se suturan el cuerpo uterino y ambos cuernos al mesometrio con un patrón de sutura continuo. En el único estudio publicado, 3 de las 5 yeguas operadas consiguieron quedarse preñadas en la misma temporada reproductiva (Brink *et al.*, 2010; Brink *et al.*, 2012) (Figura 2.15).

**Figura 2.15.** Imbricación útero-mesometrial vía laparoscópica.



Tomado de Brink *et al.* 2012

- Cirugía laparoscópica de la vejiga y de los remanentes umbilicales:

Las indicaciones más frecuentes de la laparoscopia en potros neonatos son la cistorrafia tras ruptura de vejiga (Edwards *et al.*, 1995; Walesby *et al.*, 2002; Bouré *et al.*, 2005; Tuohy *et al.*, 2009) así como la exploración y resección de remanentes umbilicales infectados (Fischer, 1999).

La cistotomía laparoscópica para retirar urolitos vesicales en machos adultos también se ha descrito (Rocken *et al.*, 2006; Roecken, 2012; Vitte *et al.*, 2013). La técnica evita realizar tracciones excesivas sobre la vejiga para exteriorizarla y no suele tener complicaciones (Wilderjans, 2011). La última técnica descrita se realiza bajo anestesia general. Utiliza el canal inguinal como portal laparoscópico, introduciendo el trocar bajo control laparoscópico, primero a través de la túnica vaginal y luego a través del canal inguinal (Vitte *et al.*, 2013).

- Esplenectomía:

Pese a que es un procedimiento poco habitual en clínica equina, se utiliza para fines experimentales o para tratar la esplenomegalia, neoplasias, traumatismos, roturas o abscesos (Gracia-Calvo *et al.*, 2015). En 2008 se describe la primera técnica asistida por laparoscopia para poder extirpar el bazo, esta se puede realizar bajo anestesia general o con el caballo en estación y, al igual que en el abordaje convencional, requiere la resección de la décimo-séptima costilla (Ortved *et al.*, 2008). Tres años más tarde, se publica otro caso de esplenectomía laparoscópica en el que se describe la sección de los ligamentos frenicoesplénico y gastroesplénico (Peroni, 2011).

Recientemente se ha descrito la última técnica de esplenectomía laparoscópica, que se realiza con el caballo en estación y requiere sólo la colocación de tres portales laparoscópicos (Gracia-Calvo *et al.*, 2015). La principal ventaja de este nuevo procedimiento es que evita la costotomía.

- Colopexia:

Fue descrita por primera vez en 1998 (Trostle *et al.*, 1998) y cinco años después se utilizó en un caso clínico (Butt y Wilson, 2003); la técnica evita la incisión de la línea media y posibilita una recuperación más rápida (Wilson, 2012). Se utiliza para prevenir las torsiones de colon.

La técnica se realiza bajo anestesia general, una vez insuflado el abdomen, se localiza la tenia lateral del colon ventral izquierdo que posteriormente se fija a la superficie peritoneal mediante un patrón de sutura continuo (Wilderjans, 2011).

- Reparación de defectos en el mesenterio de intestino delgado:

Cuando se localiza un defecto mesentérico durante una cirugía de cólico, es necesario cerrar completamente el orificio para evitar una estrangulación intestinal. En determinadas ocasiones, los defectos mesentéricos no pueden exteriorizarse del todo en una laparotomía, por lo que el defecto mesentérico no se puede lograr el cierre completo. La laparoscopia puede permitir la posterior reparación de esos segmentos inaccesibles en la laparotomía (Sutter y Hardy, 2004; Hendrickson, 2012; Witte *et al.*, 2013).

- Herniorrafia abdominal post-incisional con malla colocada intraperitonealmente:

La hernioplastia se realiza bajo anestesia general. Bajo control laparoscópico se coloca una malla de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE) sobre el defecto y queda en contacto directo con las asas intestinales, con el tiempo se genera un tejido fibrótico que cubre la malla. Según el autor, esta técnica permite por un lado una buena recuperación funcional y estética, y por otro lado evita las complicaciones de un abordaje convencional como el seroma, recidivas o infecciones (Caron y Mehler, 2009; Caron, 2012b).

- Herniorrafia diafragmática con el caballo en estación mediante toracoscopia:

El tratamiento quirúrgico convencional de las hernias diafragmáticas es complicado y tiene una tasa de supervivencia del 23% (Romero y Rodgerson, 2010). Por un lado, con el caballo en decúbito lateral, el acceso al diafragma del caballo es difícil y la visión del campo quirúrgico es limitada, por otro lado, el riesgo asociado a la anestesia se ve significativamente aumentado en estos casos (Rocken *et al.*, 2013).

Se han descrito varias técnicas, con la ayuda de la mano (Malone *et al.*, 2001) y sin ella (Rocken *et al.*, 2013). Ambos procedimientos evitan la anestesia general. La técnica laparoscópica asistida por la mano requiere realizar una costotomía para poder cerrar el defecto herniario. Sin embargo, el segundo trabajo publicado realiza la herniorrafia aplicando una técnica de sutura intratorácica, dejando una distancia de 1,5 cm entre cada punto. La fijación de la sutura se lleva a cabo mediante nudos extracorpóreos (Rocken *et al.*, 2013).

- Control de la hemorragia postcastración:

La hemorragia del cordón espermático es una de las complicaciones más frecuentes de la castración. Se produce por un fallo en la hemostasia tras castraciones por técnicas convencionales. La laparoscopia permite, sin necesidad de anestesia general, localizar el vaso sangrante que, en muchas ocasiones se retrae al interior del abdomen o del canal inguinal (Figura 2.16). Es una técnica sencilla que requiere la colocación de tres portales laparoscópicos (Trumble *et al.*, 2000; Waguespack *et al.*, 2001).

**Figura 2.16.** Resolución de una hemorragia post-castración vía laparoscópica en el HVUZ.



- *Reparaciones de laceraciones rectales y colónicas.*

Representan una complicación fatal de las palpaciones transrectales. La técnica descrita se realiza bajo anestesia general con el caballo en decúbito esternal, requiere la colocación de tres portales laparoscópicos. (Brugmans y Deegen, 2001).

- *Otros usos de la laparoscopia en caballos*

Salvo el drenaje de abscesos intraabdominales (Fischer *et al.*, 1986; Mair y Sherlock, 2011; Wilderjans, 2011), el resto de las aplicaciones laparoscópicas se centran en el aparato reproductor de la yegua:

- *Control de la hemorragia postparto de las arterias uterinas:* la técnica laparoscópica permite, sin necesidad de anestesia general, localizar el vaso sangrante y realizar hemostasia adecuada (Scrive, 2011).
- *Ligadura unilateral de trompas uterinas:* para obtener yeguas receptoras en la transferencia intrafallopiana de oocitos. La técnica se realiza con la yegua en estación y requiere la colocación de tres portales laparoscópicos (McCue *et al.*, 2000).
- *Reparaciones de laceraciones uterinas* (Hassel y Ragle, 1994).
- *Drenaje de abscesos intraabdominales* (Fischer *et al.*, 1986; Mair y Sherlock, 2011; Wilderjans, 2011).
- *Transferencia quirúrgica de embriones* (Böening, 2002) y *de ovocitos* (Carnevale *et al.*, 2001).
- *Anestesia local del ovario en yeguas de deporte* para evitar transitoriamente las molestias relacionadas con el celo (Perrin, 2005) utilizando minilaparoscopios.
- *Esterilización de ejemplares con fenotipo intersexo* (Bannasch *et al.*, 2007; Shettko y Hendrickson, 2012).
- *Explorar la funcionalidad del oviducto* (Arnold y Love, 2013) y para la aplicación de PGE2 para modular el transporte oviductal (Robinson *et al.*, 2000; Allen *et al.*, 2006).
- *Reparación de laceración recto-vaginal grado IV*, en la porción intraperitoneal de la cavidad vaginal (Stewart *et al.*, 2014).

### **2.1.3.2 TÉCNICA LAPAROSCÓPICA CON EL CABALLO EN ESTACIÓN.**

Las dos técnicas quirúrgicas desarrolladas en esta Tesis Doctoral se realizan con el caballo de pie. Por ello, se realiza a continuación, un análisis en profundidad del protocolo de manejo de un caballo que, bajo neuroleptoanalgesia, va a ser sometido a una cirugía laparoscópica.

Para realizar una laparoscopia, ya sea en medicina humana o en medicina veterinaria, es necesario el disponer de un equipamiento básico que consiste en (Hendrickson, 2012):

- Un laparoscopio: por lo general en laparoscopia equina se utilizan endoscopios rígidos, con una dirección visual de 0° o de 30°. El tamaño del dispositivo puede ser de 33, 54 y 57cm. Se recomienda utilizar laparoscopios largos cuando el cirujano pretende acceder al hemiabdomen contralateral, a través del mismo portal laparoscópico.

- Una cámara y un monitor que transmite la imagen capturada por la cámara.
- Una fuente de luz: el cirujano necesita luz para poder observar cuando el laparoscopio está introducido en la cavidad abdominal del caballo. La fuente de luz ideal para la laparoscopia equina es de Xenon, de 300 W de potencia. En el caso de que la fuente no aporte suficiente luz, con el fin de mejorar la visualización, se puede aproximar el laparoscopio a la zona interesada.
- Insuflador: se han descrito diferentes métodos para crear el neumoperitoneo, incluyendo el simple uso de bombonas presurizadas de CO<sub>2</sub> así como dispositivos más sofisticados como los insufladores comerciales o personalizados. El uso de insufladores electrónicos facilita el mantenimiento de una presión intraabdominal constante durante la cirugía, de tal manera que evita las complicaciones asociadas a presiones altas y, en el caso de que el procedimiento se realice con el caballo en estación, minimiza los movimientos del caballo cuando se realizan cambios de presión. Tanto en humanos como en animales, se recomienda que la presión intraabdominal no exceda los 10-15 mmHg. Esto se debe a que trabajar con presiones prolongadas intraabdominales de 20 mmHg puede producir efectos adversos en el sistema cardiorespiratorio, generando una disminución de la perfusión de la serosa del tracto gastrointestinal (Ishizaki *et al.*, 1993).
  - Trocares para establecer los portales laparoscópicos (ver apartado 2.1.3.1.2).
  - Instrumental laparoscópico general o específico de cada técnica (ver apartado 2.1.3.2.4).

Muchas de las técnicas laparoscópicas reportadas, han podido desarrollarse gracias a la incorporación de utensilios, especialmente adaptados para las dimensiones del caballo (Hendrickson y Wilson, 1996; Hendrickson, 2000 y 2006; Fischer, 2002b; Caron, 2012a), pero sobre todo a la utilización de dispositivos laparoscópicos que permiten utilizar la electrocirugía convencional (Rodgerson *et al.*, 2001; Hanrath y Rodgerson, 2002; Hendrickson, 2006; Lloyd *et al.*, 2007; Smith y Mair, 2008), bien sea en uso monopolar o bipolar, que permiten el corte y sellado de vasos de hasta 3 mm (Hendrickson, 2012).

Más recientemente los cirujanos especializados en laparoscopia en equinos disponen de dispositivos hemostáticos avanzados que permiten el sellado de vasos de gran calibre (de hasta 7 mm) mediante el uso de “generadores bipolares inteligentes” que se conocen como “dispositivos selladores de vasos” (Hand *et al.*, 2002; Hubert *et al.*, 2006; Aziz *et al.*, 2008; Gracia *et al.*, 2010; Dunay *et al.*, 2012). Son capaces de detectar la impedancia generada por el tejido para controlar la cantidad precisa de energía que producen para provocar, en vez de un coágulo, un sellado electrotérmico de los vasos mediante desnaturización de las proteínas, utilizando bajo voltaje de corriente continua o pulsada (Caron, 2012; Hendrickson, 2012) (Figura 2.17).

Algunos dispositivos, conocidos como electromecánicos o harmónicos, emplean los ultrasonidos generados por la corriente eléctrica para conseguir la disección, hemostasia y corte de vasos menores de 3mm (Dusterdieck *et al.*, 2003; Alldredge y Hendrickson, 2004; Caron, 2012; Hendrickson, 2012). Recientemente está disponible un dispositivo de la casa Olympus denominado *Thunderbeat* que combina la tecnología de sellado avanzado bipolar y electromecánica (Caron, 2013). También pueden

utilizarse dispositivos mecánicos (clips, grapas, lazos de ligadura comerciales, abrazaderas de poliamida) (Chamness, 2002; Freeman y Gallagher, 2002; Shettko *et al.*, 2004; Cokelaere *et al.*, 2005; Pepe *et al.*, 2005; Van Hoogmoed y Galuppo, 2005; Carpenter *et al.*, 2006) pero suelen utilizarse menos, en algunos por su coste elevado y en otros por sus dimensiones o seguridad (Caron, 2012 y 2012a; Hendrickson, 2012). La energía del láser de diodo puede transmitirse por fibras de cristal, lo cual permite su empleo en cirugía laparoscópica (Hendrickson, 2006 y 2012), sin embargo su uso está poco extendido y son escasos los trabajos que documentan su uso en cirugía laparoscópica equina (Rocken *et al.*, 2011), utilizándolos siempre en conjunción con otras alternativas hemostáticas ya que parece que el láser solo proporciona seguridad en vasos de menos de 3 mm (Hendrickson, 2012).

**Figura 2.17.** Dispositivos selladores inteligentes empleados en el HVUZ. Arriba: *Gyrus Plasmakinetic®*. Abajo: *LigaSure™*



La exploración completa del abdomen del caballo requiere realizar dos intervenciones quirúrgicas. Una laparoscopia con el caballo en estación, a través de ambos flancos, para ver la parte dorsal del abdomen (Galuppo *et al.*, 1995) y una laparoscopia bajo anestesia general. Para realizar la exploración laparoscópica de la parte ventral del abdomen, es necesario colocar al caballo en posición Trendelenburg (con la cabeza más baja que la pelvis), en posición horizontal y en posición anti-Trendelenburg (Galuppo *et al.*, 1996; Fischer, 2002b) (Tablas 2.1 y 2.2). Debemos tener en cuenta que

la exploración completa del abdomen dorsal ha de realizarse con el caballo en estación y requiere la exploración ipsilateral desde el lado izquierdo y desde el hemiabdomen derecho. Esto se debe a que el abdomen del caballo se encuentra dividido en dos mitades por el estómago en la porción craneal y el mesenterio del colon menor en la parte caudal (Galuppo, 2002).

Tanto bajo anestesia general como con el caballo en estación, los procedimientos laparoscópicos deben respetar los siguientes principios básicos de la cirugía laparoscópica (Fischer, 2002b):

- a) Mantener una disposición confortable de los elementos del quirófano.
- b) Las pantallas y monitores de video deben estar en línea recta con el campo quirúrgico, las manos y la mirada del cirujano, sin necesidad de girarse.
- c) El asistente debe tener una visión adecuada de los monitores de manera similar al cirujano principal (utilizar varios monitores puede ser de ayuda) (Figura 2.18).
- d) La distancia entre los equipos y el diseño del potro deben permitir la conexión entre los dispositivos (fuente de luz, video-cámara, insuflador de CO<sub>2</sub>, material de electrotomía y aspiración...) y el instrumental laparoscópico en el campo quirúrgico.

**Tabla 2.1.** Principales estructuras anatómicas observadas durante la exploración laparoscópica de la porción dorsal del abdomen en un caballo en estación.

	HEMIABDOMEN IZQUIERDO	HEMIABDOMEN DERECHO
PORCIÓN CRANEO-MEDIAL DEL ABDOMEN	Bazo, estómago, yeyuno, riñón izquierdo, ligamento gastroesplénico, ligamento nefroesplénico, hígado, diafragma	Estómago, píloro, Duodeno, yeyuno, íleon, Ciego, riñón derecho, hígado, foramen epiploico
PORCIÓN CRANEO-LATERAL DEL ABDOMEN	Bazo, hígado, colon ascendente dorsal y ventral	Ciego, colon ascendente y transverso
PORCIÓN CAUDAL DEL ABDOMEN	Colon descendente, colon transverso, mesocolon del colon descendente, intestino delgado, anillo inguinal izquierdo, ovario izquierdo, cuerno uterino izquierdo, mesorquio, conducto deferente y vejiga	Ciego, colon descendente, anillo inguinal derecho, mesorquio, conducto deferente, vejiga, ovario derecho, cuerno uterino derecho

**Tabla 2.2.** Principales estructuras anatómicas observadas durante la exploración laparoscópica de la porción ventral del abdomen en un caballo en posición Trendelenburg y anti-Trendelenburg.

	TRENDELENBURG	ANTI- TRENDELENBURG
VÍSCERAS	Yeyuno, Base del Ciego, Colon ascendente (dorsal y ventral), colon descendente, recto, bazo, hígado, anillo inguinal izquierdo y derecho y sus respectivos cordones testiculares.	Estómago, Yeyuno, Íleon, base del Ciego, Colon ascendente (dorsal y ventral), bazo, ligamento gastroesplénico, hígado.

**Figura 2.18.** Utilización de dos monitores durante una laparoscopia bajo anestesia general realizada en el HVUZ.



Durante los últimos treinta años, se han publicado numerosos trabajos, textos y revisiones que describen las diferentes técnicas básicas, los principales materiales y equipamientos, así como los procedimientos laparoscópicos generales, tanto con el caballo anestesiado o en estación (Fischer *et al.*, 1986; Fischer, 2002b; Caron, 2012b; Hendrickson, 2012; Ragle, 2012).

Debemos tener en cuenta que no todas las técnicas laparoscópicas pueden realizarse con el caballo en estación ya que la laparoscopia tiene el acceso restringido a la porción ventral del abdomen (Galuppo *et al.*, 1995 y 1996). Otro factor limitante es que se limita su uso a aquellos animales adultos, fáciles de manejar y controlar, que puedan tolerar una neuroleptoanalgesia y cuyo carácter y estado de salud no supongan un riesgo para el propio paciente, el personal o el equipamiento (Shettko, 2000).

### 2.1.3.2.1 Preparación pre-operatoria del paciente.

Cuando se trata de una cirugía programada, el caballo debe permanecer en ayuno de dieta sólida, entre 18 y 72 h antes de la laparoscopia. El animal debe tener acceso al agua hasta poco antes de la cirugía. Con el ayuno se pretende por un lado, disminuir la cantidad de ingesta y gas en el tracto gastrointestinal, facilitando así la visualización de la cavidad abdominal (Fischer *et al.*, 1986; Fischer, 2002b; Ragle, 2012). Por otro lado, el ayuno evita la formación de gas, lo que ayuda a prevenir la fatídica punción de una víscera abdominal (Zebeli *et al.*, 2015).

Es preciso tener en cuenta que periodos de ayuno superiores a 48-72 h pueden asociarse con episodios de colitis aguda grave (Fischer, 2002b; Peroni y Rondenay, 2002; Zebeli *et al.*, 2015), por lo que en la mayoría de las laparoscopias los períodos de ayuno no superan las 18-24 h (Fischer *et al.*, 1986; Fischer, 2002a y b; Ragle, 2012). Diversos autores han reportado menores tiempos de ayuno (12h) (Desmaizières *et al.*, 2003; Teixeira *et al.*, 2013). Sin embargo, otros recomiendan períodos más largos (48-72 h), pero sin que el ayuno sea completo, ya que permiten el acceso a dietas con bajo residuo fibroso, como los alimentos completos en *pellets*, suplementadas con aceites vegetales (Ragle, 2012; Zebeli *et al.*, 2015).

Los caballos suelen recibir una cobertura antibiótica perioperatoria de rutina. La elección de los fármacos depende de las preferencias del cirujano. Se puede administrar una combinación de Penicilina-Gentamicina (cobertura de amplio espectro) desde antes de la cirugía hasta 24-48 h después. Los animales también deben recibir una profilaxis antitetánica, así como medicación antiinflamatoria que se suele mantener, en función de la técnica realizada y del protocolo instaurado por el cirujano, de 2 a 4 días tras la laparoscopia (Fischer, 2002b; Ragle, 2012).

La analgesia del animal que va a ser sometido a un procedimiento laparoscópico se instaura ya en la medicación perioperatoria. Se ha descrito que antiinflamatorios no esteroideos como el Flunixin Meglumina, que a dosis de 1,1 mg/kg cada 12 h, proporciona una buena analgesia visceral (Peroni y Rondenay, 2002).

### 2.1.3.2.2 Método de contención para la realización de la laparoscopia con el caballo en estación

Los potros de exploración son la herramienta de elección para estos procedimientos. El potro de exploración ideal debe realizar una buena contención de caballos de diferentes tamaños y, permitir el acceso a la zona de los ijares así como la manipulación de la óptica y los diferentes instrumentos laparoscópicos que, en ocasiones, son de dimensiones considerables. Otro aspecto a tener en cuenta es la ubicación del potro de contención, ya que debe permitir que alrededor del caballo puedan colocarse de manera segura los diferentes componentes del equipamiento quirúrgico y el personal (Duke, 2001; Peroni y Rondenay, 2002) (Figura 2.19).

La sedación induce la bajada de la cabeza en el caballo, por lo que es esencial asegurar que las partes del potro de contención no interfieran con la base del cuello, dificultando la respiración así como el flujo de sangre en yugulares y carótidas (Duke, 2001). Para ello, puede ser necesario dejar las puertas delanteras abiertas, utilizar barras más bajas o atar la cabezada de tal manera que la cabeza quede suspendida desde lo alto (Peroni y Rondenay, 2002).

**Figura 2.19.** Potro de contención del HVUZ, especialmente diseñado para cirugía laparoscópica en estación.



#### 2.1.3.2.3 Analgesia y sedación durante el procedimiento quirúrgico.

La anestesia general en caballos produce cambios en la actividad cardiopulmonar, estas variaciones pueden agravarse con la posición en la que permanece el caballo durante la laparoscopia (decúbito-supino, Trendelenburg), con la insuflación de CO<sub>2</sub> en la cavidad abdominal. La combinación de la anestesia, la posición y el capnoperitoneo puede inducir en el animal una hipercapnia, una disminución de la presión de oxígeno en sangre arterial, acidosis y/o en un aumento del gasto cardíaco. Las variaciones hemodinámicas y cardiorrespiratorias generadas por una sedación son mucho menos acusadas que las que puede producir una anestesia general. La realización de la laparoscopia con el caballo en estación, puede evitar someter al caballo a una anestesia general, evitando los riesgos que entraña, así como el coste económico que genera (Cruz *et al.*, 2004). La administración de medicación perioperatoria y de los fármacos necesarios para la sedación durante el procedimiento, se realiza a través de un catéter en la vena yugular, que se ha colocado previamente de manera estéril. En determinadas ocasiones, cuando el carácter de caballo lo requiere, es recomendable tranquilizar el caballo previamente con Acepromacina (0,05 mg/kg) 20 min antes de ser introducidos en el potro de contención. Algunos caballos de tiro y de razas pesadas son muy sensibles a los efectos de esta droga, por lo que es aconsejable reducir la dosis a la mitad (Duke, 2001).

Durante los procedimientos laparoscópicos en estación, como en todas las cirugías con el caballo de pie, es necesario recordar que el caballo está sedado pero no inconsciente. Se debe actuar de manera que no se proporcionen estímulos repentinos, bruscos e innecesarios que pueden perturbar al animal; para minimizar esos estímulos se han recomendado sencillas maniobras como tapar los ojos del caballo y taponar con gasas los oídos, así como mantener un ambiente tranquilo (Desbrosse, 2005)

El éxito de la sedación radica en conseguir una buena contención farmacológica, evitando los movimientos generados por la ataxia o las caídas, ya que ambas situaciones pueden dificultar o interrumpir el procedimiento laparoscópico. Para ello,

se han descrito numerosas combinaciones neuroleptoanalgésicas que podemos resumir a continuación (Duke, 2001):

**a) Bolos de agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos con o sin opioides**

Los agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos se utilizan exitosamente en la sedación de caballos sometidos a cirugías en estación más indicados. Producen hipertensión transitoria y bradicardia, seguida de hipotensión leve y los efectos sobre el sistema respiratorio son leves (Duke, 2001). Los más populares son la Xilacina (0,5-1 mg/kg), la Detomidina (0,01-0,02 mg/kg) o la Romifidina (0,05-0,08 mg/kg) (Peroni y Rondenay, 2002), existiendo entre ellos ciertas variaciones:

- El efecto de duración es menor en la Xilacina (30-60 min) que en la Detomidina (60-150 min) (Peroni y Rondenay, 2002).
- El efecto analgésico sobre el dolor visceral es más potente que el de los AINE y opiáceos pero en el caso de la Detomidina dura aproximadamente la mitad que el efecto sedante, mientras que con la Romifidina dura más tiempo.
- Los agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos producen mayor relajación muscular que la Acepromacina. Los animales sedados con estos fármacos tienden a mostrar ataxia (Duke, 2001).

Efectos conocidos de este grupo de fármacos incluyen la disminución de la motilidad intestinal así como el aumento de la producción de orina por efecto hiperglicémico, por lo que es recomendable mantener al caballo con la vejiga sondada durante el procedimiento laparoscópico (Peroni y Rondenay, 2002).

Mediante la combinación de los agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos con opioides se puede optimizar el efecto de la sedación (menor ataxia, mejor analgesia y sedación) (Duke, 2001; Peroni y Rondenay, 2002). Los opioides tienen fundamentalmente un efecto analgésico aunque también potencian el efecto sedante cuando se combinan con agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos o con Acepromacina (Duke, 2001). Existen dos grupos de opiáceos: los agonistas parciales (como el Butorfanol y la Pentazocina) y los agonistas puros (como la Morfina, la Metadona y la Meperidina) (Duke, 2001). El Butorfanol (0,02 mg/kg) es el opiáceo más usado en la laparoscopia del caballo en estación, siempre en combinación con otros fármacos sedantes o tranquilizantes (Peroni y Rondenay, 2002). Cuando el procedimiento laparoscópico es de larga duración se pueden utilizar agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos de acción prolongada (Detomidina o Romifidina) en combinación con un opiáceo de larga acción (Morfina o Butorfanol) (Duke, 2001).

Se recomienda comenzar la sedación con bolos que incluyan una dosis menor de la establecida, e ir aumentándola paulatinamente si es necesario. Esto se debe a que hay que tener en cuenta que existen una gran variabilidad individual en la respuesta de los caballos a los agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos (Vázquez, 2015)

**b) Infusión continua (CRI) de  $\alpha_2$  adrenérgicos con o sin opioides (Figura 2.20)**

Los efectos secundarios de los agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos pueden ser la depresión cardiopulmonar, la relajación del paladar y laríngea con estridor posterior, la depresión respiratoria y la disminución de la motilidad intestinal. Estos efectos adversos pueden convertirse en problemáticos cuando se requiere la administración de bolos

adicionales para procedimientos de larga duración como la laparoscopia en estación. Cada administración adicional de estos fármacos aumenta el grado de ataxia, y las marcadas fluctuaciones de sedación pueden entorpecer la realización de las cirugías (Goodrich *et al.*, 2004).

La infusión continua de  $\alpha_2$  adrenérgicos con o sin opioides es un método que permite superar los efectos negativos de su administración durante la cirugía de pie (Desbrosse, 2005). Se ha descrito la utilización de diferentes protocolos de CRI para laparoscopias con el caballo en estación: Detomidina (Peroni y Rondenay, 2002; Cruz *et al.*, 2004), Detomidina y Butorfanol (Goodrich *et al.*, 2004), Detomidina y Bupremorfina (Van Dijk *et al.*, 2003), y Medetomidina y Morfina (Solano *et al.*, 2009).

Como hemos mencionado anteriormente, el objetivo de estas técnicas es alcanzar una concentración plasmática de fármacos suficiente que proporcione un plano constante de sedación y analgesia. Para ello se suele utilizar un primer bolo de fármacos seguidos por una infusión constante (de manera manual o con sistemas automáticos) de una mezcla de fármacos diluidos en soluciones isotónicas (Peroni y Rondenay, 2002).

**Figura 2.20.** Administración de una Infusión continua (CRI) de  $\alpha_2$  adrenérgicos y opioide, durante una cirugía laparoscópica en HVUZ



En los procedimientos laparoscópicos es necesario, además de la sedación y analgesia sistémica, proporcionar anestesia en los lugares de introducción de portales laparoscópicos. Según el procedimiento, también se debe recurrir a la anestesia local en las zonas en las que se haya de realizar incisiones o técnicas dolorosas (criptorquidectomías, ovariectomías...) (Bertone, 2011).

Existen diferentes técnicas para obtener anestesia local en laparoscopia en la estación. La anestesia local en los puntos de accesos de los trocares laparoscópicos se puede conseguir infiltrando en el punto una cantidad de 10 a 20 ml de Lidocaína al 2% (Peroni y Rondenay, 2002). Otra posibilidad descrita es realizar un bloqueo en línea en el subcutáneo de la fosa paralumbar (Peroni y Rondenay, 2002) o en L invertida en el ijar (Wilson *et al.*, 1996). En el caso de las ovariectomías o criptorquidectomías laparoscópicas, es necesaria la infiltración de Lidocaína en el pedículo ovárico o en el cordón testicular (Fischer, 2002b; Farstvedt y Hendrickson, 2005a).

Otra posibilidad es realizar una anestesia paravertebral, un bloqueo adecuado de la cadena simpática produce una banda de vasodilatación, calidez cutánea y sudoración, además de pérdida de sensibilidad cutánea (Bardell, 2008).

La anestesia epidural proporciona analgesia de los órganos abdominales caudales y pélvicos, aunque en ocasiones la piel de los flancos está parcialmente anestesiada, por lo que hay que utilizar anestésico local subcutáneo (Peroni y Rondenay, 2002). Habitualmente, el punto de inyección se localiza a nivel del primer espacio intercocígeo. La elección del producto a inyectar y el volumen depende del procedimiento: anestésicos locales (Bardell, 2008), agonistas  $\alpha_2$  adrenérgicos (Virgin *et al.*, 2010), opioides (Van Hoogmoed y Galuppo, 2005) o Ketamina (Gómez de Segura *et al.*, 1998).

Para laparoscopias en estación se ha recomendado la combinación de 0,17 mg/kg de Xilacina y 0,2 mg/kg de Lidocaína que proporciona un rápido inicio de acción (10 min) y una larga duración (más de 4 h) con una ataxia mínima (Peroni y Rondenay, 2002). Sin embargo, algunos autores consideran que la anestesia epidural con Xilacina no suprime totalmente las sensaciones dolorosas en los ovarios o en los testículos criptórquidos y que si se utilizan las dosis recomendadas de Detomidina epidural se produce una marcada ataxia que puede dificultar la intervención laparoscópica (Hendrickson, 2012).

#### 2.1.3.2.4 Métodos de acceso

Una vez que el caballo está convenientemente colocado en el potro de contención y sedado, se procede a con la preparación aséptica de uno u ambos ijares para la cirugía. Los siguientes pasos son por un lado la sujeción de la cola para evitar la contaminación del campo quirúrgico y, por otro lado, la colocación de los paños estériles que cubran el caballo y las zonas del potro de contención que pudieran estar próximas al campo quirúrgico (Bardell, 2008).

La colocación del primer portal laparoscópico es un momento crítico de la cirugía debido a las complicaciones que puede entrañar (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008; Ternamian, 2009; Ragle, 2012). La colocación de los portales laparoscópicos se realiza mediante la utilización de cánulas huecas que pueden albergar en su interior trocares (punzones que sirve para introducir las cánulas) o instrumentos laparoscópicos.

Los dispositivos de acceso laparoscópico necesitan ser seguros, fáciles de insertar y de limpiar y, deben evitar las fugas de gas mientras se manipulan los instrumentos laparoscópicos en su interior (Easley y Hendrickson, 2014). Las cánulas utilizadas más frecuentemente en cirugía laparoscópica equina son de 5 a 12 mm de diámetro y al menos 15cm de longitud. Generalmente, llevan incluidas una llave de paso para el gas así como una válvula que permite introducir los instrumentos laparoscópicos sin perder CO<sub>2</sub> (Caron, 2012a; Huhn, 2012; Easley y Hendrickson, 2014).

No son demasiadas las casas comerciales que han invertido en la fabricación de instrumentos adaptados y específicos para la cirugía laparoscópica equina, por ello, en determinadas ocasiones el cirujano equino debe recurrir al uso de instrumental laparoscópico utilizado en medicina humana (Easley y Hendrickson, 2014). Aun así, el mercado actual de la laparoscopia equina ofrece una gran variedad de cánulas de diferentes dimensiones con trocares: reutilizables y desechables, con punta roma o

aguda, con punta central o excéntrica, con aguda protegida o sin proteger, con mecanismos de fijación a la pared abdominal o no.

Todos los métodos de acceso laparoscópico llevan implícita dos etapas: la colocación de la cánula y la creación del neumoperitoneo. El orden en el que se realizan estos dos procesos, es uno de los factores que diferencian las diversas técnicas de acceso reportadas. (Fischer, 2002a; Desmaizières *et al.*, 2003; Vilos *et al.*, 2007; Caron, 2012a; Hendrickson, 2012).

En los procedimientos laparoscópicos realizados con el caballo en estación, la región anatómica más frecuentemente utilizada para crear el capnoperitoneo, o en su defecto, para realizar la inserción del primer trocar, es un punto en el ijar izquierdo entre la última costilla y el tubérculo coxal, por encima del relieve del músculo oblicuo interno del abdomen (Fischer, 1991; Caron, 2012b; Hendrickson, 2012; Ragle, 2012) (Figura 2.21). El abdomen del caballo se distiende con CO<sub>2</sub>, mediante el uso insufladores electrónicos en los cuales se puede realizar la programación del caudal máximo de entrada, la presión máxima a alcanzar (no debe sobrepasar los 15 mmHg), así como registrar el volumen total de gas utilizado (Fischer, 2002b).

Debido a la presencia del ciego en el lado derecho, la mayoría de los autores recomienda iniciar el acceso laparoscópico con el caballo de pie por el lado izquierdo (Caron, 2012b). La ventaja de acceder primero por el lado izquierdo es que la entrada al lado derecho se puede realizar bajo control laparoscópico, de tal manera que se evita la punción del ciego (Palmer, 2002). Sin embargo, se ha reportado la entrada primaria por el flanco derecho mediante el uso de la cánula óptica helicoidal. Este tipo de cánula permite el acceso con bajo control endoscópico directo y, además, su borde romo evita la perforación del ciego, siempre y cuando la laparoscopia se realice previo ayuno del animal (Vázquez, 2015).

**Figura 2.21.** Punto de acceso laparoscópico por el flanco izquierdo.

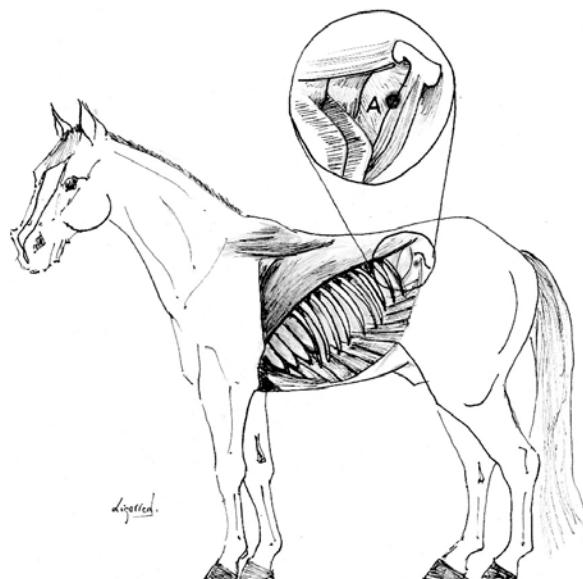


Ilustración: Víctor Ligorred

Los diferentes métodos de acceso laparoscópico se pueden dividir en dos grupos (Ternamian, 2001):

#### 2.1.3.2.4.1 Accesos de primera generación

##### a) *Acceso cerrado*

La realización previa del capnoperitoneo, permite una inserción del trocar más sencilla y segura (Hendrickson y Wilson, 1997). Sin embargo, presenta la gran desventaja de que tanto la introducción de la cánula o aguja como la insuflación de CO<sub>2</sub>, se realizan a ciegas. Con lo cual, se puede producir una punción de una víscera intestinal o, en su defecto, una insuflación retroperitoneal (Ternamian, 2001 y 2009; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008; Gorzala *et al.*, 2009).

Para evitar la primera complicación se recomienda emplear agujas y trocares romos o con punta protegida (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008). La aguja de Veress es un dispositivo diseñado específicamente para la laparoscopia, al que recurren un gran número de cirujanos tanto en medicina humana como en medicina veterinaria (Vilos *et al.*, 2007; Caron, 2012b; Merdan, 2013). Tiene la peculiaridad de albergar un émbolo protector en su interior, que se dispara cuando la aguja deja de encontrar la resistencia de la piel o de la pared abdominal, de esta manera, evita la punción de los órganos abdominales (Caron, 2012b; Jiang *et al.*, 2012).

Un aspecto a tener en cuenta es que el peritoneo en esta zona, es más resistente y se separa de la grasa retroperitoneal con mayor facilidad que en la parte ventral del abdomen o en la porción torácica caudal. Por eso, a menudo puede surgir la complicación del llamado efecto de “tienda de campaña”, que se debe a que el trocar empuja el peritoneo, pero sin llegar a perforarlo, con lo cual este permanece en el espacio retroperitoneal (Hendrickson, 2008; Caron, 2012b).

Con el fin de eludir una insuflación retroperitoneal, se han reportado diferentes métodos para comprobar que las agujas o los trocares están dentro de la cavidad peritoneal antes de comenzar a insuflar el gas (Caron, 2012b): oír cómo se aspira aire hacia el interior del abdomen cuando se abre la llave de tres vías de la aguja (Palmer, 2002), verificar que el insuflador automático indica una presión negativa al conectar la aguja al sistema de insuflación (Palmer, 2002); depositar una gota de suero salino fisiológico (SSF) estéril en el conector de la aguja, si se absorbe cuando abrimos la llave, es que la aguja está dentro de la cavidad abdominal (Fischer, 2002b).

En medicina humana se ha descrito una técnica denominada microlaparoscopia con aguja de Veress modificada. Este procedimiento se utiliza en pacientes de riesgo, que han sido sometidos previamente a laparotomías por la línea media ventral. En estos casos el primer portal no se puede colocar en la región umbilical. La modificación del diseño de aguja de Veress, permitiendo que esta albergue en su interior un minilaparoscopio, permite realizar un neumoperitoneo previo de forma segura y permite realizar la colocación de los portales laparoscópicos bajo control visual (Ternamian, 2001).

##### b) *Acceso abierto o técnica de Hasson.*

La técnica consiste en realizar una incisión en la piel (4-5 cm). Posteriormente, se disecan los diferentes planos musculares hasta llegar al peritoneo. A través de la mini-laparotomía, se introduce directamente la cánula de 11-12 mm de diámetro,

generalmente con trocar romo y se comienza la insuflación de la cavidad abdominal (Vilos *et al.*, 2007). El orificio interno no ha de ser mayor de 1 cm para evitar la excesiva fuga de gas durante el procedimiento. Si el orificio interno permite que escape demasiado CO<sub>2</sub>, se puede fijar la fascia al trocar mediante suturas para sellar la pared y evitar las fugas de gas (Merdan, 2013).

No es una técnica de elección en la cirugía laparoscópica equina con el caballo en la estación. Esto se debe a que el grosor de la pared muscular en el flanco del caballo obliga a realizar grandes incisiones o a utilizar técnicas abiertas modificadas (Caron, 2012b). En este grupo se pueden incluir los sistemas *SILS™* de acceso laparoscópico a través de una única incisión (Canes *et al.*, 2008) los cuales suelen constar de un dispositivo conformable que se adapta a la incisión, con tres orificios para tres cánulas con trocar romo, así como las técnicas laparoscopia con ayuda de la mano (HAL) con o sin puerto específico (Tnibar y Lofstrom, 2012; Muñoz y Bussy, 2013).

#### 2.1.3.2.4.2 Accesos de segunda generación

##### *a) Acceso directo sin visualización endoscópica (sin insuflación previa)*

En este grupo se incluyen las técnicas en las que primero se inserta la cánula con trocar sin insuflación previa del abdomen. Una vez colocada la cánula, se introduce a través de esta el laparoscopio.

Es una técnica en la que la incisión es mucho menor (10-15 mm) que en la técnica de Hasson, a través de ella se introduce la cánula con el trocar dirigiéndose ligeramente ventral y caudalmente, empujando firmemente con la palma de la mano y con los dedos estirados, para hacer tope (Fischer, 2002b; Caron, 2012b; Hendrickson, 2012). Es recomendable avanzar suavemente el trocar durante el acceso y detenerse varias veces para comprobar su localización introduciendo la óptica en la cánula (Caron, 2012b).

El mercado de la cirugía laparoscópica ofrece un amplio abanico de cánulas con trocar para realizar este tipo de acceso. Existen ligeras variaciones en lo que se refiere a la punta del trocar, a las dimensiones de los dispositivos y a los mecanismos de seguridad incluidos. Para la realización de laparoscopias con el caballo en estación, se recomienda utilizar cánulas con trocar de 15 mm de longitud (Caron, 2012b; Chamness, 2012; Huhn, 2012). Las cánulas tienen un diámetro ligeramente mayor que los instrumentos laparoscópicos que se pueden albergar en su interior. Esto permite que pase gas mediante una conexión *Luer lock, incorporada* en la cara lateral de la cánula que a su vez, se conecta al tubo que viene desde un insuflador de CO<sub>2</sub>. Las cánulas cuentan están dotadas con una válvula unidireccional, la cual permite la entrada del gas pero evita que salga. La válvula es de gran ayuda a la hora de realizar el intercambio de instrumentos laparoscópicos ya que evita la pérdida de neumoperitoneo y disminuye el consumo de CO<sub>2</sub> (Vázquez, 2015).

##### *b) Acceso directo bajo control endoscópico (sin insuflación previa)*

En el intento de guiar al cirujano durante el momento crítico de colocar el primer portal laparoscópico, se diseñan cánulas específicas para realizar accesos laparoscópicos bajo control endoscópico (Ternamian, 2001), conocidas como “cánulas ópticas”.

Dentro del grupo de cánulas ópticas, podemos encontrar dispositivos comerciales como *Visiport™* (Figura 2.18), de Covidien (Dublín, Irlanda) y *Endopath Optiview™*, de Ethicon Endo-Surgery (USA). *Visiport™* es un sistema de acceso cortante desechable

diseñado para laparoscopia humana (Melzer *et al.*, 1995; Pelosi y Pelosi, 1996), pero que también se ha empleado en accesos por el ijar en caballos (Desmaizières *et al.*, 2003) y jirafas (Pizzi *et al.*, 2010): es una cánula de 11 mm de diámetro y 10 cm de longitud por cuyo interior pasa un dispositivo que dispone de una cuchilla en la punta que se acciona con un gatillo en un mango de pistola (Figura 2.22).

Los disparos de la cuchilla hacen que vaya cortando las fibras musculares; la presión que se ejerce durante la inserción y los cortes de la cuchilla permiten la separación del tejido y la entrada hasta la cavidad peritoneal (la piel se incide previamente con un bisturí). La pistola del dispositivo tiene la punta transparente y el interior es hueco, de tal manera que el acceso se puede realizar bajo control endoscópico (Ternamian, 2001).

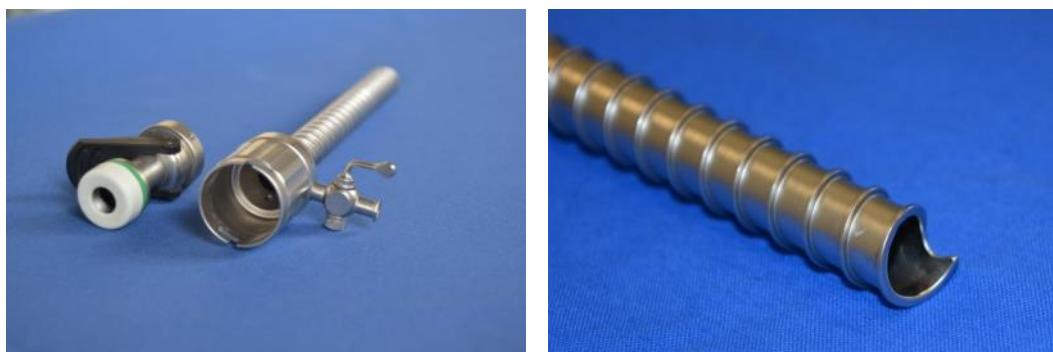
Con el fin de realizar una disección poco traumática, se recomienda girar la cánula, para que el corte de la cuchilla coincida con la dirección de las fibras musculares. Una vez alcanzada la cavidad abdominal, se retira la pistola dejando la cánula insertada y se vuelve a introducir el laparoscopio, para comprobar la ubicación correcta y comenzar con la insuflación de CO<sub>2</sub>.

**Figura 2.22.** Pistola del sistema de acceso laparoscópico Visiport™.



En 1998, Ternamian describe el uso de un dispositivo reutilizable, seguro y sencillo que puede utilizarse antes o después de crear el neumoperitoneo (Ternamian, 1998). Se trata de la cánula *Endoscopic Threaded Imaging Port* (*EndoTip*), conocida también como *Trocarless Visual Access Cannula* (TRAC) o cánula de Ternamian, fabricado por la casa comercial Karl Storz (Tuttlingen, Alemania). El dispositivo consta de una válvula proximal y una cánula distal de acero inoxidable hueca (Figura 2.23). De esta forma, permite albergar el laparoscopio mientras se inserta en la pared abdominal. No requiere la colocación de un trocar en su interior para ser insertada. Esto se debe a que realiza una disección menos traumática con la punta roma, y se introduce en los tejidos simulando el trayecto de un sacacorchos cuando se introduce en el corcho. (Figura 2.24). La técnica consiste en realizar una pequeña incisión (1cm) en la piel a través de la cual se introduce la cánula, asegurando que al girar la espiral no se agarra a la piel (en cuyo caso se debe agrandar la incisión). Al girar presionando el dispositivo, el relieve de la punta se clava y la forma helicoidal hace que se introduzca en los tejidos, separándolos sin cortarlos, hasta llegar a la cavidad abdominal (Easley y Hendrickson, 2014). Estos dispositivos también se han denominado como *Trocarless Visual Access Cannula* (TRAC) o cánula de Ternamian, ya que fue el primer autor en describir su uso en medicina humana (Ternamian, 1997).

**Figura 2.23.** Cánula de Ternamian. Izquierda: válvula proximal y cánula desmontadas. Derecha: punta roma de la cánula, tal y como podemos observar en la imagen, la cánula es hueca y permite albergar el laparoscopio.



**Figura 2.24:** Colocación del primer portal laparoscópico sin insuflación previa del abdomen y bajo control laparoscópico utilizando la cánula de Ternamian.



La cánula Ternamian presenta grandes ventajas, ya que gracias a su diseño (Ternamian, 2001; Easley y Hendrickson, 2014):

- se puede observar de forma constante la entrada de la cánula en la pared abdominal
- permite realizar una disección limpia, sin hemorragias masivas
- evita la punción de vísceras abdominales
- la capacidad de fijación a la pared abdominal sin suturas más estable que la de otros dispositivos
- es un dispositivo más seguro que el resto en los casos en los que el caballo no ha permanecido en ayunas y sus asas intestinales pueden estar distendidas
- se recomienda su uso en cirugías laparoscópicas que requieran un intercambio frecuente de instrumentos a través de los portales laparoscópicos

### **2.1.3.3 COMPLICACIONES DE LA LAPAROSCOPIA EQUINA**

En medicina humana la primera publicación sobre las complicaciones de la laparoscopia data de 1974 (Hendrickson, 2008). En 2003, un estudio (Philosophe, 2003) relaciona las complicaciones de la cirugía laparoscópica con:

- - la destreza del cirujano
- - la selección del paciente
- - el tipo de procedimiento realizado
- - la anestesia y el mantenimiento del neumoperitoneo,
- - el mal funcionamiento de los equipos
- - la inserción de los trocares
- - la manipulación de los órganos y la toma de biopsias.

El autor menciona que la monitorización anestésica, la posición del paciente, la descompresión de la vejiga, la colocación de los trocares, el empleo de la electrocirugía y la vigilancia postoperatoria son factores a tener en cuenta para evitar las complicaciones en estos procedimientos.

Walmsley realiza en 1999 un estudio retrospectivo de 158 laparoscopias equinas (Walmsley, 1999), encontrando que menos del 5% de los caballos mostraron malestar postoperatorio y sólo el 1,26% necesitaron procedimientos adicionales. Las principales complicaciones registradas en este trabajo fueron:

- insuflación retroperitoneal (sobre todo en caballos obesos)
- punción de la arteria circunfleja iliaca o de los vasos epigástricos caudales
- punción del bazo (2,52%, siempre con trocares no protegidos) y sólo
- punción intestinal (0,63%).

Las complicaciones de los procedimientos laparoscópicos pueden dividirse en dos grupos, en el primero se incluyen las relacionadas con la laparoscopia, es decir, aquellas complicaciones que pueden surgir durante la realización de cualquier procedimiento laparoscópico. Sin embargo, el segundo grupo hace referencia a las complicaciones relacionadas específicamente con la técnica laparoscópica (Shettko, 2000).

#### **2.1.3.3.1 Complicaciones relacionadas con la laparoscopia.**

*Relacionadas con la selección, sedación, contención del paciente y experiencia del cirujano.*

La selección del paciente es primordial ya que no todos los caballos son buenos candidatos para la laparoscopia en estación. El paciente debe ser un animal tranquilo que pueda tolerar bien el procedimiento. Autores con dilatada experiencia comentan que los momentos más probables para que un caballo trate de saltar del potro de contención son la inyección epidural, la colocación de los portales de entrada y la

manipulación de ovarios y testículos criptórquidos sin bloqueo anestésico previo (Hendrickson, 2008).

Una mala dosificación de los fármacos sedantes y anestésicos locales, tanto por vía sistémica (Hanson y Galuppo, 1999) como epidural (Wittern *et al.*, 1998), puede generar un alto grado de inestabilidad en el caballo y movimientos continuos en el potro de contención. En casos extremos el animal puede caerse, lo cual puede acarrear serias complicaciones para el caballo, el personal y el equipamiento (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008) (Figura 2.25).

**Figura 2.25.** Caída de una yegua mientras se prepara para un procedimiento laparoscópico en estación en el HVUZ.



Se ha descrito que los caballos son más sensibles que otras especies a los efectos tóxicos de la Lidocaína sobre el sistema nervioso central, por lo que se ha recomendado que la cantidad máxima empleada de este fármaco en los bloqueos anestésicos para la laparoscopia de pie no supere los 6 g para un caballo adulto (Malone *et al.*, 2006).

Es preciso recordar que aunque la incidencia de priapismo tras la administración de Acepromacina es menor de 1/10.000 (Taylor y Bolt, 2011), su utilización debe ser cautelosa cuando se trata de sementales.

En cuanto a los métodos de contención, es necesario evitar la compresión que ejerce la puerta sobre la porción ventral del cuello cuando el caballo está adecuadamente sedado. El acolchado de la cabezada es importante, de esta manera se evita la compresión de esta sobre los nervios periféricos. Es una forma de prevenir la aparición de neuropatías periféricas, para lo que suele ser suficiente almohadillar con gasas, algodón o paños de campo las zonas de contacto con la inervación facial (Peroni y Rondenay, 2002).

La colocación de los paños de campo estériles también ha sido incluida en el grupo de las complicaciones de la laparoscopia en estación. Por un lado, hay que tener

precaución al colocar las pinzas de paños, ya que el caballo está sedado pero no inconsciente y puede reaccionar violentamente. Algunos autores han propuesto infiltrar anestésico local o utilizar grapas quirúrgicas. Por otro lado, si no se ha realizado una buena sujeción de los paños, estos pueden desplazarse con los movimientos del caballo sedado, perdiendo la asepsia (Hendrickson, 2008).

Otro factor que se debe tener en cuenta es que la mayoría de las complicaciones en laparoscopia se producen durante el periodo de aprendizaje del cirujano (Shettko, 2000). Así lo ponen de manifiesto diversos estudios publicados en medicina humana (See *et al.*, 1993; Tekkis *et al.*, 2005).

#### Relacionadas con la anestesia general y posicionamiento.

Además de las complicaciones habituales de la anestesia general equina, existen problemas anestésicos relacionados exclusivamente con los procedimientos laparoscópicos, o especialmente exacerbados por estos. Los cambios generados por el capnoperitoneo son fácilmente reversibles en pacientes sanos, pero pueden suponer graves alteraciones en animales con afecciones respiratorias previas, que vienen a sumarse a la hipoxemia e hipercapnia habitual de toda anestesia general en decúbito supino (Hendrickson, 2008).

Se recomienda mantener las presiones intraabdominales por debajo de 15 mmHg y poner a los caballos en ayuno para reducir al máximo la cantidad de ingesta en el tracto gastrointestinal, estas dos medidas protocolarias pueden ayudar a minimizar los efectos del neumoperitoneo y la anestesia sobre el sistema cardiopulmonar (Shettko, 2000).

La posición de Trendelenburg puede, si cabe, agravar aún más estas complicaciones. El peso de las vísceras abdominales sobre el diafragma compromete la ventilación pulmonar, produciendo una hipoventilación y consiguiente hipoxemia. En las cirugías laparoscópicas realizadas bajo anestesia general, se recomienda recurrir a la ventilación mecánica durante la intervención y realizar una monitorización exhaustiva de los gases sanguíneos (Ragle y Schneider, 1995; Duke, 2001; Peroni y Rondenay, 2002; Hendrickson, 2008). El edema facial y nasal es frecuente en esta posición. Es recomendable garantizar la permeabilidad de las vías aéreas durante la recuperación anestésica, manteniendo el traqueotubo, colocando tubos nasofaríngeos o nasotraqueales o incluso administrando Fenilefrina en la mucosa nasal (Peroni y Rondenay, 2002).

En lo que se refiere a los sistemas de sujeción del caballo, en la posición de Trendelenburg es importante realizar una buena sujeción del caballo a la mesa para evitar que resbale cuando se inclina la cama (Peroni y Rondenay, 2002).

#### Relacionadas con la colocación de cánulas y acceso laparoscópico

El acceso laparoscópico a la cavidad abdominal, consiste en la creación del neumoperitoneo y la colocación del primer portal laparoscópico. Es uno de los puntos más críticos de las cirugías laparoscópica tanto en medicina humana (Compeau *et al.*, 2011) como en medicina veterinaria (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008).

Las complicaciones que se han registrado durante estas maniobras en caballos son:

- *Insuflación retroperitoneal* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Hendrickson, 2008): es una complicación frecuente cuando se usan agujas de Veress o cánulas demasiado

cortas. El espesor de la pared abdominal del caballo en la región del flanco es mayor que en el abdomen ventral. Por otro lado, el llamado efecto de “tienda de campaña” es el principal responsable de esta complicación. En esta zona, el peritoneo es más resistente y se separa de la grasa retroperitoneal con mayor facilidad que en la parte ventral del abdomen o en la región torácica caudal (Hendrickson, 2008; Caron, 2012b).

- *Punción esplénica* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008): por norma general suelen ser hemorragias auto-limitantes cuya mayor complicación es el oscurecimiento del campo de visión. Con el fin de evitar esta complicación, se recomienda emplear agujas y trocares romos o con punta protegida, o bien utilizar sistemas de control visual (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008). La aguja de Veress es un dispositivo al que recurren muchos cirujanos dada la seguridad que confiere con su émbolo protector. Sin embargo, no está exenta de complicaciones, ya que se han reportado casos de punción de vísceras abdominales con esta aguja (Vilos *et al.*, 2007), insuflación intestinal e incluso embolismo arterial por el CO<sub>2</sub> (Merdan, 2013).

- *Punción de asas intestinales* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008): Es indudablemente la complicación más grave y temida por los cirujanos equinos, ya que frecuentemente requieren una laparotomía media ventral para solucionar el problema. Las recomendaciones propuestas en la punción del bazo son extrapolables en estos casos. Además, hay que sumar el ayuno para disminuir la cantidad de ingesta y de gas en el interior de las vísceras (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008).

- *Punción de órganos genitourinarios* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008): Se ha teorizado la posible punción del riñón cuando el acceso laparoscópico a través del flanco es demasiado dorsal (Shettko, 2000).

- *Lesión de vasos de la pared abdominal* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008): En el acceso por el flanco en el caballo en estación los vasos iliacos circunflejos son los más comúnmente afectados (Shettko, 2000), que están cercanos al borde dorsal del músculo oblicuo interno del abdomen (Hendrickson, 2008). La hemorragia suele controlarse sin problemas mediante ligadura, electrocauterización o aplicando presión desde la cánula, y las repercusiones suelen limitarse a un mayor tiempo de cirugía, al oscurecimiento del campo quirúrgico por la presencia de sangre y, en ocasiones, hematoma subcutáneo, hematoma de la vaina del músculo recto abdominal o hemoperitoneo (Shettko, 2000; Hendrickson, 2008). En las intervenciones laparoscópicas que se realizan bajo anestesia general, los vasos lacerados con mayor frecuencia son la arteria y la vena epigástricas caudales (en el abordaje ventral) así como la arteria y la vena ilíacas circunflejas (en el abordaje lateral) (Crist y Gadacz, 1993; Ragle *et al.*, 1996; Shettko, 2000; Hendrickson, 2008).

- *Pérdida de gas y/o enfisema subcutáneo* (Ragle *et al.*, 1998b; Shettko, 2000; Desmaizières *et al.*, 2003; Hendrickson, 2008): Es una complicación de presentación discreta y resolución rápida. Se ha descrito algún caso extremo en el que el enfisema ha provocado la dehiscencia de la sutura del portal laparoscópico (Desmaizières *et al.*, 2003).

### Relacionadas con el capnoperitoneo

En lo que se refiere a las complicaciones generadas por la insuflación de CO<sub>2</sub> en la cavidad abdominal, diversos estudios concluyen que el neumoperitoneo en caballos en estación no induce cambios cardiovasculares, respiratorios o hemodinámicos significativos en caballos sanos sometidos a insuflación abdominal de CO<sub>2</sub> durante 60 min a 15 mmHg (Latimer *et al.*, 2003; Cruz *et al.*, 2004; Canola *et al.*, 2011).

La principal desventaja del uso de CO<sub>2</sub> es la irritación peritoneal que provoca (Latimer *et al.*, 2003; Brokelman *et al.*, 2011) y el dolor postoperatorio que puede inducir (Shettko, 2000). Un trabajo reciente ha mostrado que la reacción peritoneal aséptica que produce la laparoscopia y el capnoperitoneo, aunque no muestra signos clínicos, puede perdurar durante más de 4 semanas (Vázquez, 2015). A pesar de que el dolor postoperatorio es mínimo, con el fin de evitarlo, se propone realizar una descompresión activa del abdomen mediante presión de la pared abdominal (Fischer *et al.*, 1986) o incluso mediante aspiración (Shettko, 2000).

#### **2.1.3.3.2 Complicaciones relacionadas con la técnica laparoscópica.**

En este subapartado se describen las complicaciones específicas de las técnicas laparoscópicas más habituales en la clínica equina. En lo que concierne a los dos procedimientos desarrollados en esta tesis doctoral, las complicaciones se describen en sus correspondientes apartados.

##### *Criptorquidectomía:*

La hemorragia del mesorquio es la complicación más frecuente de esta técnica, se asocia con una inadecuada cauterización o ligadura del cordón testicular (Hendrickson, 2008).

El caballo puede realizar movimientos bruscos, como respuesta dolorosa debido a una anestesia incompleta del cordón testicular. Por otro lado, puede darse la situación de que el testículo se suelte de la pinza de agarre y se pierda en el interior del abdomen tras su la amputación (Hendrickson, 2008). En estos casos, la mayoría de los cirujanos buscan y retiran el testículo para evitar la formación de adherencias y una necrosis aséptica (Voermans *et al.*, 2006). Sin embargo, en 2004 se ha publicado un trabajo con potras jóvenes, en el que el autor deja los ovarios en el interior del abdomen tras la sección vía laparoscópica; en la necropsia posterior, ningún animal mostró signos de revascularización o adherencias con vísceras gastrointestinales (Shoemaker *et al.*, 2004).

Cuando la criptorquidia es bilateral, una posibilidad, es retirar ambos testículos a través de una sola incisión. Una de las técnicas precisa realizar una pequeña incisión en el mesocolon para poder acceder al testículo contralateral y así poder extraerlo. La incisión en el mesocolon debe ser reparada mediante suturas o grapas, con el fin de evitar una incarceración intestinal a través del defecto generado (Shettko, 2000).

##### *Ovariectomía:*

La complicación más habitual es la hemorragia del pedículo ovárico por una hemostasia inadecuada (Hendrickson, 2008). Se ha descrito un caso de hemorragia tras migración de la ligadura (Rodgerson y Hanson, 2000). Se recomienda disecar cuidadosamente el pedículo ovárico y combinar diferentes técnicas como ligaduras, electrocirugía y clips vasculares para realizar una correcta hemostasia (Rodgerson y Hanson, 2000; Alldredge y Hendrickson, 2004).

Al igual que en el macho, una anestesia incompleta del pedículo produce una respuesta dolorosa, que se puede traducir en movimientos bruscos que entorpezcan el procedimiento. La infiltración con anestésico local del pedículo tras la hemostasia y la administración de AINE perioperatorios pueden ayudar a evitarlo (Shettko, 2000). Otros autores han descrito también dolor en las primeras 24h del postoperatorio (Ragle y Schneider, 1995; Hanson y Galuppo, 1999).

El ovario también puede soltarse de la pinza mientras se extrae, con mayor posibilidad si cabe que los testículos intraabdominales, por lo que se recomienda fijarlos con pinzas de agarre agudas (Hendrickson, 2008). Sin embargo, como hemos mencionado anteriormente, Shoemaker no atribuye ninguna complicación a la permanencia del ovario en el interior del abdomen (Shoemaker *et al.*, 2004).

#### **Cirugía urinaria.**

La contaminación de la cavidad peritoneal es la principal complicación, que puede surgir cuando se retiran urolitos de la vejiga mediante laparoscopia. Se recomienda realizar un lavado prequirúrgico de la vejiga mediante sondaje vesical, además de instaurar una medicación antibiótica preoperatoria y respetar una técnica aséptica (Hendrickson, 2008).

En un caso descrito en 1995, el autor menciona que el uso de grapas, para realizar una cistorrafia laparoscópica en un potro, podría haber contribuido a la aparición postoperatoria de cálculos vesicales (Edwards *et al.*, 1995).

## 2.2 VASECTOMÍA

### 2.2.1 BREVE RESEÑA DE VASECTOMÍA EN MEDICINA HUMANA.

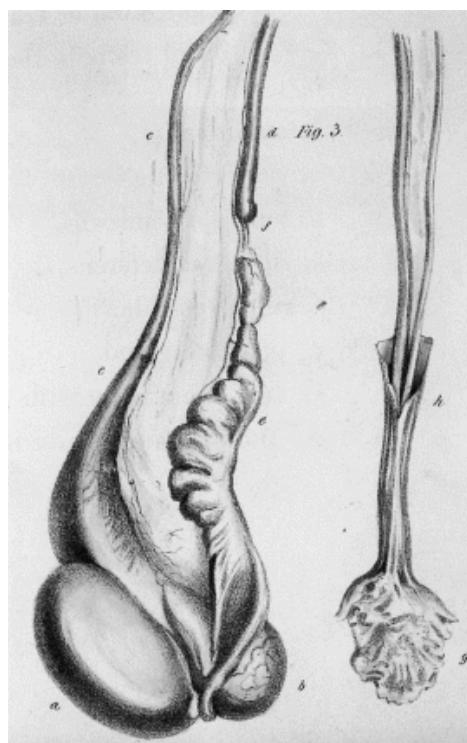
La vasectomía es una técnica de esterilización ampliamente utilizada en la especie humana. Es una técnica quirúrgica sencilla que consiste en la oclusión y escisión de una porción de los conductos deferentes para evitar que los espermatozoides lleguen desde los testículos a la uretra, es decir su objetivo es producir una azoospermia (Sokal *et al.*, 2004).

Herófilo de Calcedonia (354 aC – 280 aC) describe por primera vez los testículos, el epidídimo, el conducto deferente, las vesículas seminales, la arteria y la vena testicular (Sheynkin, 2009). En 1316 el médico italiano Mundinus, publica el libro *De Anatome*. Concretamente en el capítulo *De anothomia vasorum spermaticorum et testiculorum* y describe unos vasos que llevan semen hacia los testículos a los que denomina *vasa spermatica praeparantia*, y otros vasos que sacan el semen de los testículos, los *vasa spermatica deferentia* (Sheynkin, 2009). Otros anatomistas que han descrito el conducto deferente han sido Berengario de carpi (1535), (Drake *et al.*, 1999) y Regnier de Graaf (Sheynkin, 2009).

John Hunter, cirujano inglés, realiza en 1775 la primera oclusión del conducto deferente (Kinson, 1977). En 1823, Sir Astley Cooper realiza el primer trabajo experimental de vasectomía en perros, comparando una oclusión unilateral del conducto deferente con la oclusión de la vascularización testicular en el testículo contralateral (Cruz, 1998). En el caso de la vasectomía observa una ligera epididimitis así como en el testículo contralateral observa una necrosis severa del testículo (Figura 2.26). Guyon realiza en 1833 simultáneamente algunas cirugías de próstata con vasectomías, debido a que observa que la incidencia de epidídimo-orquitis postoperatoria se reduce (Kinson, 1977). En 1899, el Dr. Sharp vasectomiza un enfermo mental y en los diez años posteriores realiza 456 vasectomías en usuarios sanos, con el propósito de esterilización (Kinson, 1977).

A partir de 1900, durante un movimiento histórico infame conocido como la “esterilización eugenésica”, se produce la propagación de la vasectomía en toda Europa. Los políticos y los miembros influyentes de la sociedad hacen campaña para esterilizar las personas socialmente indeseables en Alemania, Suiza y otros países. Estos líderes consideran la vasectomía una opción adecuada para evitar la procreación de determinados grupos étnicos, de los enfermos mentales y criminales dementes. Alrededor de 65.000 hombres son esterilizados en los Estados Unidos durante este movimiento de “vasectomanía” (Drake *et al.*, 1999). En 1948, O’Conor establece las indicaciones de la vasectomía de la siguiente manera: evitar la descendencia de los locos, criminales o perversos; porque la salud de la mujer es demasiado precaria para arriesgarse a tener hijos, o porque no puede tener hijos, o se niega a someterse a la ligadura de trompas; un acuerdo entre marido y mujer para prevenir el embarazo; para prevenir la aparición de epididimitis, un procedimiento de rutina en muchas clínicas en el tratamiento de prostatismo; para el rejuvenecimiento (procedimiento Steinarch) y la esterilización masiva con el objeto de limitación o de exterminio racial (Drake *et al.*, 1999).

**Figura 2.26.** Demostración de Cooper sobre los efectos sobre el testículo de la ligadura de los conductos deferentes (ilustración izquierda) por un lado y de los vasos espermáticos en el otro (ilustración derecha).



Tomado de (Drake *et al.*, 1999)

En los años 70 surgen las campañas de planificación familiar para el control de la natalidad. En aquellas culturas donde las mujeres se niegan a ser tratadas por médicos varones, la vasectomía se convierte en una opción obvia como técnica de control de la natalidad de bajo coste económico. En las partes más ricas del mundo, la vasectomía se generalizó debido a la publicidad adversa sobre la píldora anticonceptiva oral y una campaña para promover una mayor responsabilidad de los hombres en materia sexual (Drake *et al.*, 1999).

Actualmente las indicaciones más frecuentes de la vasectomía son: la planificación familiar voluntaria (86%), enfermedades médicas de la mujer que contraindican la gestación (9%), consejo genético (4,33%), y problemas socio-sanitarios (0,66%) (Romero-Pérez *et al.*, 2004).

La vasectomía es la intervención urológica más practicada en España; estimándose en unos 100.000 los varones que se someten voluntariamente cada año a esta intervención, 30.000 de los cuales son intervenidos por especialistas diferentes de los urólogos, en centros de planificación familiar, gabinetes ginecológicos o consultas privadas; y en habitáculos que muchas veces no son el quirófano, sino salas de curas, consultorios, etc., con el consiguiente riesgo para el paciente (Romero-Pérez *et al.*, 2004).

El éxito quirúrgico radica en la ausencia total de espermatozoides en el eyaculado. Diferentes estudios describen los tiempos o número de eyaculados necesarios para alcanzar la azoospermia. Por ejemplo, en un estudio prospectivo de Barone se describe

la obtención de eyaculados azoospérmicos desde las 2 semanas post-vasectomía hasta los seis meses (Barone *et al.*, 2003). Otros autores consideran que un eyaculado oligozoospérmico que contengan menos de 10.000 espermatozoides no mótiles por mililitro también implica que la vasectomía ha sido exitosa (Coward *et al.*, 2014; Wespes, 2014). Algunos cirujanos han propuesto la irrigación del conducto deferente distal con agua estéril o una solución espermicida en el momento de la vasectomía para acelerar la eliminación de los espermatozoides persistentes (Frenette *et al.*, 1986; Cook *et al.*, 2006).

El fracaso de la vasectomía suele ser muy poco frecuente y suele deberse a recanalizaciones (Labrecque *et al.*, 2004). Diversos trabajos describen los límites de tiempo para obtener una muestra de semen azoospérmica u oligozoospérmica (Sokal *et al.*, 2004). Un estudio describe el fracaso temprano de la vasectomía como la presencia de más de cinco millones de espermatozoides móviles por mililitro a las 14 semanas o posteriormente. El fracaso tardío se define como más de 100 000 espermatozoides/ml con cualquier movilidad (Sokal *et al.*, 2004). Otros autores consideran el fracaso de la vasectomía cuando hay espermatozoides móviles en el eyaculado a los 4 meses (Schwingl y Guess, 2000), 6 meses (Sharlip *et al.*, 2012).

## 2.2.2 TÉCNICAS QUIRÚRGICAS EN MEDICINA HUMANA

La vasectomía requiere únicamente el uso de anestesia local aunque determinados pacientes pueden solicitar ser sometidos también a una sedación (Shih *et al.*, 2010). En la bibliografía consultada se describen diversos métodos para realizar la anestesia local, utilizando diferentes dispositivos inoculadores, diferentes calibres de agujas y diferentes compuestos anestésicos (Thomas *et al.*, 2008; Aggarwal *et al.*, 2009; Shih *et al.*, 2010; Sánchez y Riley, 2014).

El procedimiento quirúrgico de la vasectomía se realiza en dos pasos: el primero es el aislamiento y disección del conducto deferente y el segundo, consiste en la oclusión y división del mismo (Rogers y Kolettis, 2013). La elección de la técnica es importante ya que, en numerosas ocasiones, los pacientes demandan la reversión de la vasectomía (Ramada Benlloch *et al.*, 2004).

### **2.2.2.1 AISLAMIENTO Y DISECCIÓN DEL CONDUCTO DEFERENTE.**

Las técnicas convencionales implican la realización de una o dos incisiones de tamaño considerable y una disección amplia de la zona para aislar el vaso. La amplitud de la disección así como la magnitud de la incisión hace que, el abordaje convencional presente una tasa más alta de complicaciones que el resto de las técnicas, tales como hemorragias, hematomas, infecciones y dolor post-operatorio (Labrecque *et al.*, 2004).

En 1974, Li describe por primera vez en China la técnica de “vasectomía sin bisturi”. Esta técnica de cirugía mínimamente invasiva presenta importantes ventajas frente al abordaje convencional ya que el tiempo de cirugía y la tasa de incidencia de hematomas, infecciones y dolor durante el procedimiento (Rogers y Kolettis, 2013). Consiste en fijar transcutáneamente a nivel del rafe medio, con una pinza de agarre, el conducto deferente. Una vez fijado, se realiza a través de una pequeña incisión cutánea, una disección mínima alrededor del conducto utilizando instrumentos quirúrgicos diseñados específicamente para este procedimiento (Rogers y Kolettis, 2013) (Figura 2.27).

La técnica de vasectomía percutánea o técnica de vasectomía sin bisturí simplificada es similar a la anteriormente descrita salvo que, la fijación del conducto deferente, antes de realizar la incisión cutánea, se lleva a cabo con la mano. El autor concluye que esta técnica evita la curva de aprendizaje que requiere la técnica de Li (Jones, 2003), y por otro lado reduce el tiempo de cirugía (Chen *et al.*, 2005).

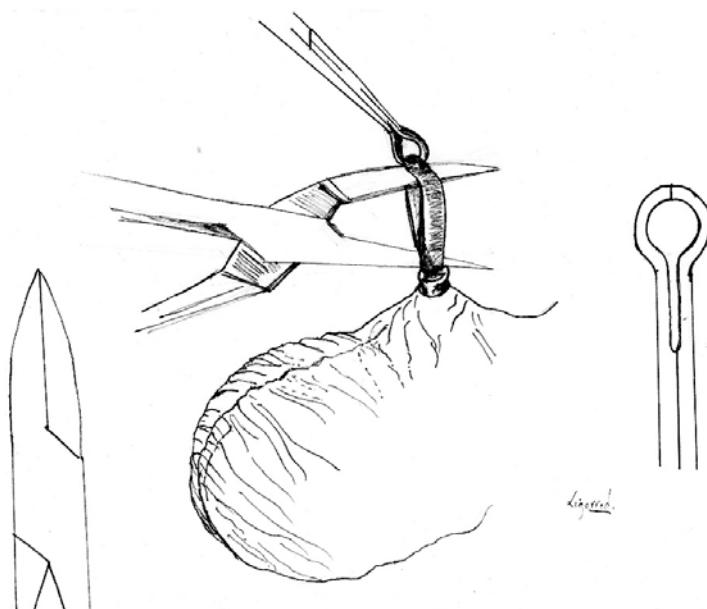
Otra técnica empleada para disecar, aislar y sellar el vaso deferente es la electrocauterización. Un estudio prospectivo que compara este procedimiento con la técnica de vasectomía con bisturí, concluye que es una técnica más sencilla, en la que el sangrado al realizar la incisión es menor y, que disminuye el dolor post-operatorio en comparación con la vasectomía con bisturí (Black y Francome, 2003).

### **2.2.2.2 OCLUSIÓN Y DIVISIÓN DEL CONDUCTO DEFERENTE.**

Los objetivos de la oclusión del conducto son impedir la recanalización, facilitar la reversión y evitar efectos colaterales asociados con el aumento de la presión en el extremo testicular del vaso intervenido (Schwingl y Guess, 2000). La oclusión del vaso puede realizarse de las siguientes maneras:

- a) Ligadura y escisión: por el bajo coste económico que supone, es el método más utilizado en todo el mundo. Sin embargo, su tasa de éxito es más baja que la del resto de las técnicas descritas (Barone *et al.*, 2003) (Figura 2.28).
- b) Clips quirúrgicos de tantalio: se colocan dos o cuatro clips para ocluir el conducto. No requiere realizar el corte transversal del conducto (Cook *et al.*, 2006) (Figura 2.29).
- c) Termocauterización (Whyte *et al.*, 1998).
- d) Electrocauterización.
- e) Oclusión química: combinando Cianocrilato y fenoles (Schwingl y Guess, 2000).

**Figura 2.27.** Pinza hemostática disectora y pinza de agarre utilizadas en la vasectomía sin bisturí.



Adaptado a partir de Roger y Kolettis (2013) por Víctor Ligorred

Todos estos métodos de oclusión pueden combinarse después con la interposición fascial. Consiste en suturar una capa de la vaina del conducto deferente a uno de los dos extremos seccionados dejándolo comunicado con el exterior de la vaina, de tal manera que se disminuye la riesgo de recanalización (Rogers y Kolettis, 2013) (Figura 2.30).

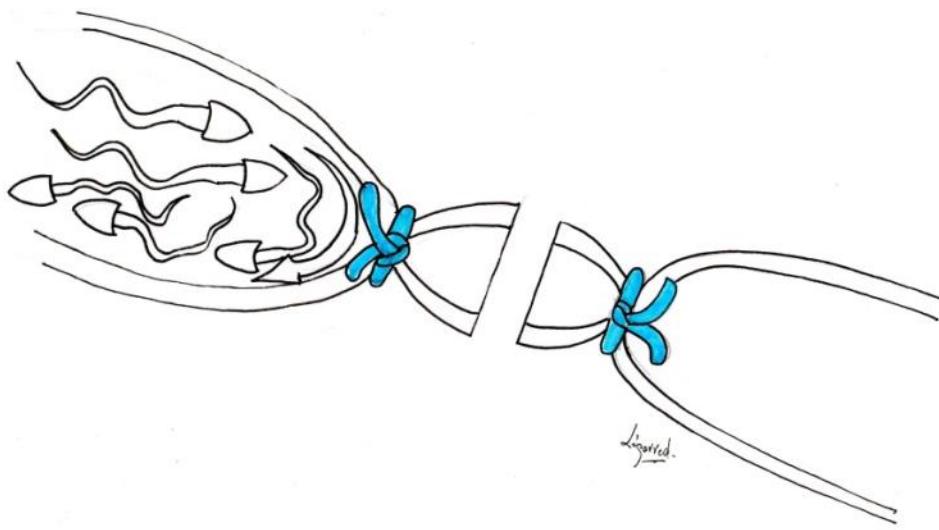
Una práctica que ha generado bastante controversia consiste en dejar el extremo testicular del conducto deferente sin sellar para permitir que el esperma fluya fuera del conducto y así disminuir la presión y el daño al epidídimo (Whyte *et al.*, 2000; Cook *et al.*, 2006). Trabajos en ratas no han mostrado alteraciones con esta técnica en el testículo (Whyte *et al.*, 2002). Sin embargo, también se ha descrito la formación de granulomas espermáticos con esta técnica (Wespes, 2014).

La vasectomía laparoscópica también se ha descrito como técnica de vasectomía en medicina humana pero, en todos los casos reportados se utilizó esta técnica porque el paciente debía someterse concomitantemente a reparaciones laparoscópicas de

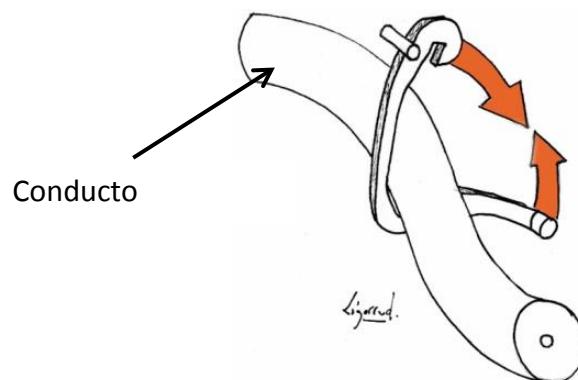
patologías abdominales (hernias inguinales, dolor abdominal...) (Childers y Hicks, 1992; Mosquera y Urban, 1994; Kakitelashvili *et al.*, 2002). El trayecto anatómico intraabdominal del conducto deferente en el ser humano es diferente al del equino. En el hombre, el conducto deferente pasa por delante de los vasos epigástricos para introducirse en la porción lateral del anillo inguinal (Patterson *et al.*, 1996). Sin embargo, en el caballo, el conducto deferente se introduce medialmente en el anillo inguinal. La técnica de vasectomía laparoscópica humana requiere la colocación de tres portales laparoscópicos. Una vez localizado el conducto deferente, se diseña una porción del conducto en la región medial del anillo inguinal. Tras el aislamiento de la porción de conducto, este se corta y cauteriza en ambos extremos. El defecto producido en el peritoneo no requiere reparación alguna (Patterson *et al.*, 1996) (Figura 2.31).

Esta técnica, a pesar de ser mínimamente invasiva hace que, según determinados autores, la reversión de la técnica sea prácticamente imposible. Además, supone un alto coste económico ya requiere un quirófano, un equipamiento específico y un cirujano con cierto grado de destreza. Todos los hechos mencionados anteriormente hacen que, la laparoscopia no sea la técnica de elección para realizar la vasectomía en medicina humana. Su uso, en el caso de la vasectomía, se ve limitado a las situaciones mencionadas anteriormente (Mosquera y Urban, 1994; Patterson *et al.*, 1996; Kasirajan *et al.*, 1999; Kakitelashvili *et al.*, 2002). Sin embargo, la destreza de ciertos cirujanos altamente especializados, ha permitido que se realice de forma exitosa una vaso-vasostomía vía laparoscópica, en un paciente cuyo conducto deferente permanecía obstruido por una reparación de una hernia inguinal con malla sintética (Kim *et al.*, 2004).

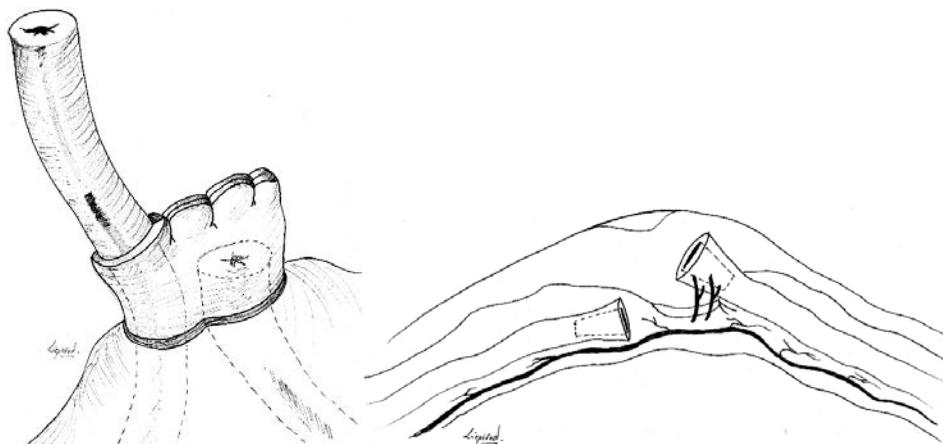
**Figura 2.28.** Ligadura y escisión del conducto deferente.



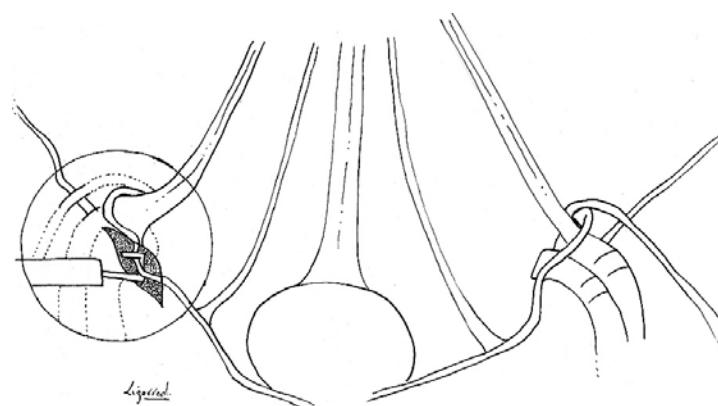
Adaptado por Víctor Ligorred a partir de:  
<http://vasectomiaperu.blogspot.com.es/p/efectividad.html>

**Figura 2.29.** Clips para vasectomía

Adaptado por Víctor Ligorred a partir de:  
[http://www.edinafamilyphysicians.com/Services/services\\_vasectomy\\_offered\\_at\\_ou.htm](http://www.edinafamilyphysicians.com/Services/services_vasectomy_offered_at_ou.htm)

**Figura 2.30:** Técnica de interposición fascial.

Adaptado por Víctor Ligorred a partir de Brian *et al.* (2013) (izquierda)  
y de Roger y Kolettis (2013) (derecha)

**Figura 2.31.** Localización de lugar de abordaje, aislamiento y sección del conducto deferente en la vasectomía laparoscópica descrita en medicina humana.

Adaptado de Patterson (1996) por Víctor Ligorred

## 2.2.3 BREVE RESEÑA DE VASECTOMÍA EN MEDICINA VETERINARIA

Realizando una búsqueda en la base de datos *Pubmed* sobre trabajos de vasectomía veterinaria, podemos concluir que en medicina veterinaria, la vasectomía se emplea claramente en menor medida que en medicina humana y que su uso, se centra principalmente en programas de reproducción asistida y control de poblaciones salvajes o albergadas en zoológicos o reservas naturales. En la Tabla 2.3 están recogidas las diferentes publicaciones localizadas desde 1962 sobre vasectomía en medicina veterinaria:

### **2.2.3.1 VASECTOMÍA EN ANIMALES DOMÉSTICOS**

#### **2.2.3.1.1 Perros y gatos**

En pequeños animales, la vasectomía se demanda mayoritariamente en situaciones en las que el propietario no quiere tener descendencia del perro, pero desea preservar el comportamiento del animal (perros guardianes o protectores) (Novo, 2013). Es un método de esterilización que actualmente se utiliza en el control de poblaciones de perros y gatos (Tataje, 2014). La vasectomía en el perro ya fue descrita de forma experimental por Sir Astley Cooper en 1830. Sin embargo, no aparece ningún trabajo publicado hasta 1972, en el que se describen la técnica de vasectomía en perros y gatos (Clinton *et al.*, 1972; Herron y Herron, 1972).

Para esta intervención quirúrgica se realiza un rasurado meticoloso del escroto y de la región adyacente, así como la aplicación de productos antisépticos para preparar adecuadamente el campo quirúrgico. Es necesaria la anestesia general del paciente. Aunque se han descrito diversas formas de abordar los conductos deferentes, es recomendable realizar una incisión independiente para cada conducto (Elías, 1996). En la parte cráneo-lateral del escroto, se realiza una incisión de 1 a 2 cm en el escroto, mientras se fija el cordón testicular entre los dedos pulgar e índice. Tras este paso, se incide la túnica vaginal y se aísla con disección romana unos 2 cm de conducto deferente del cordón testicular. Este destaca por su coloración blanca-nacarada y su consistencia. Es necesario abrir la fascia espermática con la precaución de no incidir sobre el plexo pampiniforme de la arteria testicular. Es crucial mantener los vasos sanguíneos intactos, si cabe la posibilidad de que el propietario del animal demande una recanalización en el futuro (Tataje, 2014).

Al igual que en medicina humana, una vez aislado el conducto deferente se procede a ligar ambos extremos y se secciona el conducto, extirmando o no una porción de conducto (0,5 cm) (Tataje, 2014). Tras la sección, ambos extremos se reintroducen junto al cordón testicular y, si la incisión ha sido pequeña, basta con aplicar puntos en el escroto, sin la necesidad de cerrar la túnica vaginal. Cuando con esta técnica no se extirpa una porción del conducto, existe la posibilidad de que se produzca una recanalización del mismo. Otro factor importante a tener en cuenta es que en la porción distal del conducto deferente quedan espermatozoides residuales, por lo que existe un periodo de tiempo después de la vasectomía en que el paciente sigue siendo fértil (Tataje, 2014).

**Tabla 2.3.** Trabajos recogidos de la base de datos *Pubmed* sobre vasectomía veterinaria desde 1962 hasta la actualidad.

Especie	Nº publicaciones	Objetivos de los trabajos	Uso laparoscopia
<b>Perro</b>	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción técnica convencional</li> <li>- Control reproductivo</li> <li>- Descripción de complicaciones</li> <li>- Estudio influencia de la técnica en el testículo y estructuras adyacentes</li> <li>- Descripción técnica laparoscópica</li> </ul>	<b>SI</b> (en 5 publicaciones)
<b>Toro</b>	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisiología</li> <li>- Programas de reproducción</li> <li>- Descripción de la técnica</li> </ul>	NO
	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de reproducción</li> </ul>	NO
<b>Carnero</b>	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de las complicaciones</li> <li>- Estudio sobre la influencia de la técnica sobre el testículo</li> </ul>	<b>SI</b> (en una publicación)
<b>Animales salvajes</b>	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de superpoblaciones en parque nacionales o en zoológicos</li> </ul>	<b>SI</b> (en leones y elefantes)
<b>Gato</b>	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de poblaciones</li> <li>- Descripción de la técnica</li> </ul>	NO
<b>Verraco</b>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de la técnica</li> </ul>	NO
<b>Aves</b>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de la técnica</li> </ul>	NO
<b>Ratas</b>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de los efectos de la vasectomía</li> </ul>	NO
<b>Llamas y alpacas</b>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración de la técnica laparoscópica</li> <li>- Efectos de la técnica sobre el plasma seminal</li> </ul>	<b>SI</b>
<b>Conejos</b>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de los efectos de varias técnicas de vasectomía</li> </ul>	NO
<b>Caballos</b>	0		

Los espermatozoides pueden llegar a persistir en el eyaculado canino durante tres semanas (Pineda y Dooley, 1984).

La vasectomía vía laparoscópica también se ha descrito en el perro (Widlt *et al.*, 1981; Silva *et al.*, 1993; Maiti *et al.*, 2007; Novo, 2013; Mahalingam *et al.*, 2014). La técnica se realiza bajo anestesia general con el animal en posición de Trendelenburg y requiere la colocación de dos o tres portales laparoscópicos, pudiéndose emplear también el sistema laparoscópico de acceso único (SILS™) (Kennedy y Fransson, 2015). El acceso laparoscópico proporciona una visualización óptima del conducto deferente entrando en el anillo inguinal. Una vez localizado, se disecciona y aísla el de conducto del cordón espermático. Para la oclusión y escisión se pueden utilizar clips o selladores de vasos bipolares. Es recomendable llevarse una porción de conducto (1 a 2cm), el fragmento puede exteriorizarse sin problemas a través de uno de los portales laparoscópicos (Novo, 2013).

Además de las ventajas que supone la cirugía mínimamente invasiva frente a los abordajes convencionales, en el caso del perro, la vasectomía laparoscópica permite reducir el dolor y el estrés postoperatorio que puede suponer una castración. La búsqueda por parte de los clínicos de pequeños animales, de métodos de esterilización menos cruentos y dolorosos, hace que la vasectomía laparoscópica sea una técnica de elección para programas de control de poblaciones (Widlt *et al.*, 1981; Mahalingam *et al.*, 2014)

Una alternativa de la vasectomía quirúrgica en pequeños animales es la “vasectomía química”. Este método involucra la inyección bilateral de agentes esclerosantes en los testículos, en las colas de los epidídimos o bien en ambos conductos deferentes (Immegart y Threlfall, 2000). Si el agente esclerosante se inyecta en el epidídimo o en el conducto deferente, se genera una fibrosis que impide el transporte de los espermatozoides. Sin embargo, cuando dichos agentes se inyectan en el testículo, producen una atrofia testicular y una disminución de la espermatogénesis con una disminución marcada de la concentración de andrógenos (Bloomberg, 1996). Una complicación de las inyecciones intratesticulares es el depósito del agente esclerosante en la bolsa escrotal, pudiéndose formar adherencias entre el escroto y la cola del epidídimo, pudiendo desarrollar úlceras escrotales o áreas necróticas (Pérez *et al.*, 1994; Tataje, 2014).

### 2.2.3.1.2 Toros

Ron describe por primera vez la vasectomía en el toro en 1969. Realiza el procedimiento a 48 toros de entre una semana y 10 meses de edad, y, tras la cirugía, permanecen en libertad junto con vacas adultas hasta los 14-20 meses de edad. Tras este período, ninguna vaca quedó gestante (Moller, 1971).

La detección del estro es un componente esencial dentro del manejo reproductivo de cualquier explotación bovina, principalmente cuando se utiliza la IA (inseminación artificial). La meta de un buen programa de detección de celos es identificar el estro acertadamente en todos los animales. Uno de los principales problemas que presentan las explotaciones bovinas es la inadecuada detección de celos, lo que representa un aspecto limitante para el uso de la IA. Con el fin de mejorar la tasa de fertilidad de las explotaciones de vacuno, se realizan técnicas de acondicionamiento quirúrgico en machos descartados de generar descendencia (Rae, 2001). Estos machos reciben el

nombre de “receladores” y, son de gran ayuda a la hora de detectar celos breves o silenciosos (Saldivia *et al.*, 1992; Zicarelli *et al.*, 1997).

Las técnicas de preparación de receladores se pueden dividir en dos grupos (Grissett, 2014):

#### 2.2.3.1.2.1 Procedimientos que evitan la penetración del pene:

- La desviación de pene: Esta operación se basa en la desviación del pene en un ángulo de 45 o 50° de su posición natural. Estos toros conservan todas las características sexuales y seminales y solamente quedan imposibilitados para introducir el pene.

- La fijación de pene a la pared abdominal. Para la realización de esta operación es necesario primero realizar una incisión por la parte caudal de la cavidad prepucial, se penetra en el tejido subcutáneo y se aísla el cuerpo del pene en un segmento de 10 a 12 cm (hasta la túnica albugínea), después de separar el pene, se erosiona, al igual que la superficie de la pared abdominal, y se procede a fijar en esta pared el pene utilizando para ello una sutura de seda doble. Con esta operación se evita que el pene se extienda al ponerse erecto e impide que se realice la cópula.

#### 2.2.3.1.2.2 Procedimientos que impiden el paso de espermatozoides al conducto deferente

- La vasectomía: extirmando una porción del conducto deferente, se interrumpe el paso de los espermatozoides hacia la uretra con lo que se evita su presencia en el eyaculado. El toro vasectomizado se mantiene activo y copula normalmente, pero no puede gestar a las vacas.

- La epididimectomía: es una cirugía similar a la vasectomía solo que consiste en la sección de cola del epidídimo y en ligar el extremo eferente del epidídimo.

Determinados autores recomiendan combinar las dos primeras técnicas siempre con la vasectomía o la epididimectomía, ya que es preferible que el toro no introduzca el pene y que sea estéril. De esta forma se evitan las transmisiones de enfermedades venéreas y las preñeces no deseadas (Saldivia *et al.*, 1992). Otro método descrito para detectar los celos de las vacas es el uso de vacas androgenizadas que, tras el tratamiento hormonal, adquieren el comportamiento de macho (Rae, 2001).

La técnica de la vasectomía en el toro consiste en fijar manualmente el cordón espermático, realizar una incisión (6-10 cm) paralela al rafe escrotal, sobre la parte medial de cordón espermático. Se realiza otra pequeña incisión en la túnica dartos, para posteriormente poder localizar la túnica vaginal rodeando el cordón espermático. Mediante una disección roma, se aísla el cordón espermático y, se exterioriza a través de la incisión (que, en caso de ser necesario puede ser agrandada) (Walker, 1990).

Una vez fijado el cordón, se procede a realizar una disección cautelosa de una porción de cordón umbilical de aproximadamente 4-5 cm que se secciona con o sin ligaduras de los extremos. Posteriormente se reintroduce el cordón espermático, se sutura la túnica vaginal y la piel (Moller, 1971; Walker, 1990).

#### **2.2.3.1.3 Moruecos y machos cabríos**

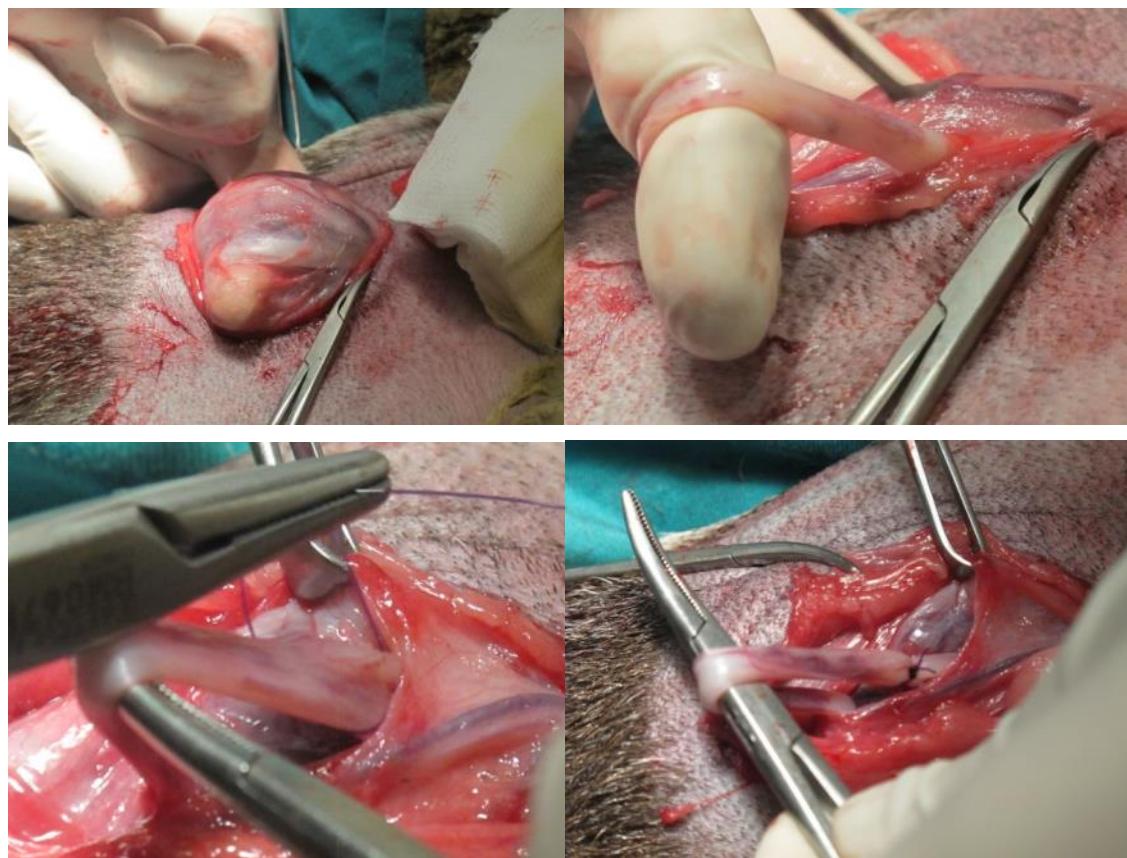
Al igual que en el caso anterior, en las explotaciones ovinas o caprinas que siguen programas de IA, se recurre al uso de carneros vasectomizados para que actúen de

receladores, con el fin de mejorar la tasa de preñez en el rebaño (Batista *et al.*, 2002b; Gouletsou *et al.*, 2008).

La técnica se realiza bajo anestesia general, con el animal fijado en una camilla en decúbito dorsal, en posición anti-Trendelenburg. Tras el afeitado, la limpieza y desinfección de región escrotal, de forma aséptica, se realiza una incisión longitudinal en el cuello del escroto. Mediante una disección roma, se exterioriza el cordón espermático través de la incisión. En este paso, debe tenerse especial precaución de no dañar ningún vaso sanguíneo (Boundy y Cox, 1996).

Una vez se identifica el conducto deferente, se incide la túnica vaginal sobre él. Posteriormente, se procede con la disección, exteriorización y resección de una porción de unos 4 cm de conducto. Ambos extremos del conducto deferente pueden ocluirse mediante la colocación de ligaduras (Boundy y Cox, 1996) (Figura 2.32). Una posibilidad es simular la técnica de interposición fascial de medicina humana, dejando el extremo proximal del conducto fijado a la grasa periférica, fuera de la túnica vaginal (Gouletsou *et al.*, 2008).

**Figura 2.32.** Imágenes de la técnica de vasectomía en carneros realizada en el HVUZ. A: exteriorización del cordón espermático. B: Disección del conducto deferente. C y D: ligadura del conducto deferente.



En cuanto a la persistencia de los espermatozoides en el eyaculado, un estudio sobre la valoración del semen en carneros vasectomizados describe que, a los 14 días de la vasectomía, no se observa ningún espermatozoide móvil en el eyaculado. Sin embargo,

la oligospermia persiste al menos hasta los 5 meses en los eyaculados recogidos semanalmente (Janett *et al.*, 2001). En el macho cabrío, Batista describe que en los eyaculados recogidos una semana después de haber realizado la vasectomía, el porcentaje de espermatozoides vivos y no mótiles es menor del 5%. En el mismo estudio, se realizan mediciones de la concentración de testosterona plasmática antes y después de la vasectomía. El autor concluye que la vasectomía no influye sobre la síntesis de testosterona a nivel testicular (Batista *et al.*, 2002a).

Dado el tamaño testicular, el carnero es un macho que se ha utilizado como modelo animal para investigar sobre la fisiología y patofisiología del testículo las estructuras adyacentes. Dos estudios describen los hallazgos clínicos, ecográficos, e histopatológicos en testículos de carneros (Gouletsou *et al.*, 2008) y machos cabríos vasectomizados (Batista *et al.*, 2002b). Ambos trabajos concluyen que, a pesar de ciertas alteraciones epididimarias observadas como el granuloma espermático o la leve degeneración de los túbulos seminíferos, la vasectomía no altera la espermatogénesis (Batista *et al.*, 2002b; Gouletsou *et al.*, 2008).

#### 2.2.3.1.4 Llamas, alpacas y camellos

En los camellos también se practica la vasectomía, con el fin de obtener receladores. Además, determinados propietarios pueden solicitar la vasectomía por los efectos estéticos que entraña la orquidectomía. El abordaje de la vasectomía convencional en camellos se realiza en la porción craneal del cordón testicular, incidiendo el escroto. El cordón es exteriorizado para poder realizar una incisión en la túnica vaginal. Se realiza una oclusión mediante dos ligaduras separadas por 2 cm, finalmente se corta y extrae el fragmento de conducto. Una vez suturado el defecto generado en la túnica, se reintroduce el cordón espermático para posteriormente, cerrar la piel (Tibary y Anouassi, 2000).

La técnica de vasectomía convencional en llamas y alpacas es un procedimiento más complicado que en el resto de las especies. Esto es debido a que el escroto no es péndulo. Pearson describe recientemente una técnica con un acceso pre-escrotal. La cirugía se realiza bajo anestesia general con el animal en decúbito supino. Tras una preparación aséptica de la región inguinal se palpa y fija con la mano el cordón espermático, localizado en la parte lateral del testículo. Se realiza una incisión de 2cm sobre el cordón y una disección hasta llegar a la túnica vaginal. Esta se incide para poder localizar el conducto deferente, una vez localizado, se aísla una porción de conducto (2 cm). La oclusión se realiza colocando dos ligaduras en cada extremo de la porción de conducto disecada. Cuando se ha ligado el vaso, se procede a seccionar el cordón, retirando los 2cm de conducto aislados (Pearson *et al.*, 2012).

Según Bravo, la vasectomía vía laparoscópica en las llamas y alpacas es un procedimiento más sencillo, seguro y rápido que la técnica convencional. El animal debe ser sometido a un ayuno de comida de 24 horas. El conducto deferente se localiza cerca de la vejiga, tras la disección de 2 a 3 cm del conducto, mediante el uso de tijeras, se secciona y extrae la porción disecada. El tiempo medio de cirugía fue de 5-8 min (Bravo y Sumar, 1991).

Aunque en menor medida, también se ha descrito la vasectomía machos de otras especies domésticas como el verraco (Althouse y Evans, 1997), el conejo (Peng *et al.*, 2011) y las aves (Samour, 2010).

### **2.2.3.1.5 Équidos**

Actualmente, los programas de control de poblaciones de caballos salvajes se centran mayoritariamente en métodos no quirúrgicos que incluyen la contracepción hormonal y la inmunocontracepción (Turner y Kirkpatrick, 1986; Boyd, 2012; Guilfoyle *et al.*, 2014). La contracepción hormonal se lleva a cabo mediante la administración de progestágenos, aunque su uso puede comprometer de forma permanente la capacidad reproductiva del semental (Stout y Colenbrander, 2004). La inmunocontracepción se realiza vacunando al animal con análogos de la GnRH, que actúan suprimiendo el eje pituitario-gonadal, conduciendo a una disminución de la producción de testosterona y de LH. Sin embargo, el tiempo de acción de la vacuna es variable y se ha observado un cierto grado de resistencia por parte de los machos (Stout y Colenbrander, 2004).

En Estados Unidos ha sido necesaria la puesta en marcha de protocolos de contracepción, para el control de poblaciones de caballos y burros salvajes (Boyd, 2012). A pesar de que algunos autores mencionan la vasectomía como método de contracepción (Turner y Kirkpatrick, 1986; Collins *et al.*, 2011; Guilfoyle *et al.*, 2014), no es fácil encontrar una publicación que describa la técnica convencional de vasectomía en el caballo. En la bibliografía consultada, solo hay un artículo que describe la técnica propiamente dicha (Santisteban y Ávila, 1983) y una notificación sobre la reversión de esta técnica en un caballo de raza Przewalski a los ocho años de ser vasectomizado, pero no se describe la técnica de vasectomía utilizada (Smithsonian, 2008).

El único estudio encontrado se publica en España en 1983. El autor vasectomiza sementales del Depósito de Sementales de Córdoba, desechados por distintas causas. Dado que posteriormente iban a ser expuestos a subasta pública, con el fin de evitar su uso reproductivo, los animales fueron vasectomizados, en lugar de ser castrados (Santisteban y Ávila, 1983). Según el autor, el conducto deferente del caballo mide unos 15-20 cm de longitud y su diámetro es de unos 6 mm. Está cubierto de peritoneo exceptuando sus últimos centímetros. La capa muscular está formada por fibras longitudinales y circulares y el epitelio de la mucosa está formado por células cilíndricas y cortas (Santisteban y Ávila, 1983).

La técnica descrita comienza con un abordaje en la región posteromedial del escroto, cerca del rafe medio. Tras la realización de una incisión de 5 mm, se diseña la túnica dartos y las fascias que rodean al músculo cremáster. Una vez localizada la túnica vaginal, esta se incide (3 mm) para acceder al cordón espermático; el conducto deferente se encuentra caudalmente y se aísla con cierta facilidad. Los autores realizan la oclusión mediante la aplicación de una doble ligadura, extirmando un segmento de un cm de conducto (Santisteban y Ávila, 1983).

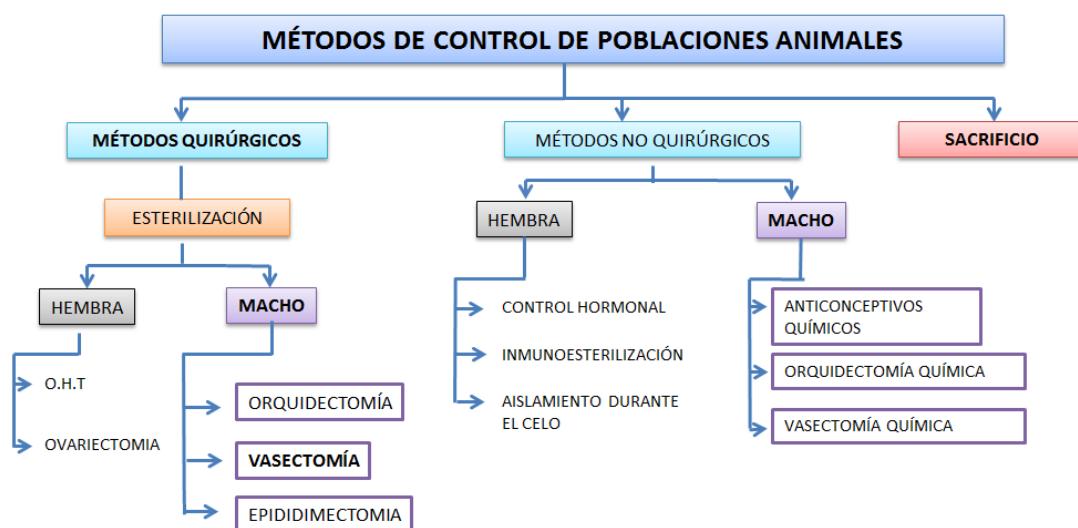
### **2.2.3.2 VASECTOMÍA EN ANIMALES SALVAJES**

El tamaño y la distribución de las poblaciones humanas han aumentado considerablemente, lo que ha resultado en una reducción de la superficie de hábitats y una limitación de los recursos naturales para muchas especies animales. En el sur de África, las superpoblaciones de ciertas especies animales, como por ejemplo el elefante africano (*Loxodonta africana*) suponen un grave problema. El crecimiento

devastador del número de elefantes salvajes ha dado lugar por un lado, a ataques a seres humanos así como a sus propiedades y, por otro lado, a la destrucción de hábitat natural en el que viven (Bokhout *et al.*, 2005). Otra especie puesta en el punto de mira de las reservas naturales y las explotaciones comerciales es el león africano (*Panthera leo*) (Hartman *et al.*, 2013). El aumento del número de leones ha propiciado la extinción de determinadas presas, y una mayor incidencia de ataques mortales a guepardos y perros salvajes (Slotow y Hunter, 2009).

Entre los métodos de control de poblaciones de animales se incluyen el traslado de los machos a otras regiones, la caza, el sacrificio y la esterilización tanto de machos o hembras, bien sea de forma quirúrgica o no (Slotow y Hunter, 2009) (Figura 2.33).

**Figura 2.33.** Esquema representativo de las diferentes alternativas de control de poblaciones de animales salvajes.



La vasectomía es el método de esterilización de elección al que recurren muchos zoológicos, parques o reservas naturales para el control de todo tipo de poblaciones animales, incluidos los reptiles (Zwart *et al.*, 1979). Esto se debe a que esta técnica no interfiere ni sobre el comportamiento ni sobre la libido del macho. Este factor es muy importante en animales salvajes ya que, un macho que no lucha por sus hembras ni interacciona con ellas, muestra un carácter más débil, lo que, por norma general, hace que sea rechazado por el resto de la manada (Hartman *et al.*, 2013).

Concretamente en el elefante africano, la localización anatómica intraabdominal de sus testículos hace sea necesario recurrir a una laparotomía para poder realizar la orquidectomía o bien, la vasectomía. El reto planteado a los cirujanos veterinarios hace que se desarrolle la técnica de vasectomía vía laparoscópica en el elefante africano (Rubio-Martínez *et al.*, 2014b). Este procedimiento se puede llevar a cabo gracias a la modificación en las dimensiones de los instrumentos laparoscópicos, por ejemplo la longitud del laparoscopio es de 98 cm y requiere el uso de dos fuentes de luz de 300W. Una diferencia significativa con respecto a las especies animales domésticas y al ser humano, es que la presión intraabdominal alcanzada en el

neumoperitoneo puede ser de 155,7 mmHg. La sincronización de un equipo de cirujanos permite que la intervención se realice casi de forma simultánea en ambos lados con el fin de evitar someter al animal a períodos prolongados de anestesia general (Rubio-Martínez *et al.*, 2014b) (Figura 2.34).

**Figura 2.34.** Vasectomía vía laparoscópica en el elefante africano. Tomado de: <http://www.elepmp.org/what-we-do/programs-initiatives.html>



La técnica se realiza bajo anestesia general, colocando al elefante en estación con la ayuda de una grúa. Los cirujanos utilizan tan solo dos portales laparoscópicos, debido a que el laparoscopio contiene un canal de trabajo central. El acceso laparoscópico se realiza en la fosa paralumbar, a través de una incisión de 10 cm. Tras la disección de los diferentes planos musculares, se incide el peritoneo, el cual se exterioriza y fija a los bordes de la incisión cutánea. El siguiente paso es la inserción de la cánula laparoscópica. La cánula se asegura con una sutura en bolsa de tabaco. Una vez asegurada la cánula, se procede a insuflar aire ambiental filtrado en la cavidad abdominal (Rubio-Martínez *et al.*, 2014b).

Una vez explorado el abdomen, se localiza el conducto deferente y se fija con la ayuda de unos fórceps que se introducen a través del canal de trabajo del laparoscopio. El siguiente paso es introducir unas tijeras laparoscópicas por el portal laparoscópico accesorio para seccionar una porción de 4 a 8 cm de conducto. Con el fin de evitar hemorragias masivas, el cirujano recomienda supervisar unos minutos los extremos seccionados. La porción de conducto seccionada se exterioriza a través de la cánula más grande (Rubio-Martínez *et al.*, 2014b).

## 2.2.4 COMPLICACIONES DE LA VASECTOMÍA

A pesar de ser una técnica rápida y sencilla, la vasectomía no está exenta de complicaciones (Adams y Wald, 2009). Las complicaciones más frecuentes en medicina humana son:

- *Hematoma*: es una de las complicaciones más frecuentes de la vasectomía. Su incidencia aumenta cuando la técnica de aislamiento y disección del conducto utilizada es la convencional, o cuando la experiencia del cirujano es limitada (Awsare *et al.*, 2005).
- *Epididimitis congestiva*: La mayoría de los episodios de epididimitis dolorosos se resuelven con un tratamiento conservador, pero, en determinadas ocasiones (<1 %) requiere la reversión de la vasectomía, o bien la extirpación del epidídimos y conducto deferente obstruidos (Awsare *et al.*, 2005).
- *Granuloma espermático*: Una vez realizada la vasectomía, la espermatogénesis sigue produciéndose. En algunas ocasiones, se produce una ligera extravasación de espermatozoides que genera una respuesta inmunomediada, formando nódulos que aparecen en el extremo testicular del conducto. La gran mayoría de las veces son asintomáticos y pueden ser confundidos con granulomas desarrollados por la sutura. Estos nódulos están implicados en la recanalización del conducto y el retorno a la fertilidad (Awsare *et al.*, 2005).
- *Formación de anticuerpos frente a los espermatozoides*: se cree que se forman en el epidídimos. Se trata de un fenómeno inmunomediado que se produce casi en el 80% de los pacientes que se someten a esta técnica de contracepción. En los pacientes vasectomizados, los anticuerpos pueden detectarse única y exclusivamente en el suero del paciente. Sin embargo, cuando se demanda la reversión de la vasectomía y esta es exitosa, los anticuerpos se localizan también en el eyaculado produciendo, en determinadas ocasiones, aglutinación, necrospermia e interferencias con el transporte del moco cervical (Chávez-Badiola *et al.*, 2008).
- *Fibrosis intersticial*: la vasectomía produce a lo largo del tiempo cambios histológicos en el testículo. El que más destaca es la fibrosis intersticial. Se piensa que la etiología de la fibrosis testicular está relacionada con el estrés oxidativo. Tras la vasectomía, el tejido testicular sufre un estrés oxidativo que estimula la síntesis de colágeno por parte de los fibroblastos. Esta fibrosis puede influir en el éxito de la reversión de la vasectomía (Sharlip *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2014).
- *Fístula vaso-cutánea*: probablemente formadas por granulomas espermáticos que se adhieren a la piel (Awsare *et al.*, 2005; Gaden y Kasraie, 2009).
- *Recanalización del conducto deferente*: como consecuencia de la formación de un granuloma o bien porque se ha dejado un extremo obturado incorrectamente, o porque no se ha detectado algún vaso accesorio del conducto durante la cirugía (Awsare *et al.*, 2005; Wespes, 2014).
- *Orquialgia crónica*: el dolor puede persistir debido a una epididimitis congestiva o a un granuloma espermático (Awsare *et al.*, 2005).

En medicina veterinaria , aunque en menor medida, también se han descrito complicaciones de la vasectomía como el granuloma espermático en el perro

(Mayenco *et al.*, 1996; Pérez-Marín *et al.*, 2006). En el carnero se han descrito como complicaciones de la vasectomía la formación de adherencias entre la túnica vaginal parietal y visceral, así como la formación de granulomas espermáticos (Gouletsou *et al.*, 2008). La experiencia en el HVUZ en la realización de vasectomías mediante cirugía convencional en moruecos, también ha mostrado la relativa frecuencia de esta morbilidad perioperatoria (Vázquez, 2014).

Santisteban realiza la vasectomía a 12 caballos de diferentes razas y edades; reportando la ausencia de complicaciones intraoperatorias (Santisteban y Ávila, 1983). Sin embargo, en los caballos que han padecido algún episodio de orquitis o que han sufrido traumatismos en la región testicular, el aislamiento del conducto deferente puede resultar un reto. Esto se debe a que en estos casos, se forman numerosas adherencias entre las túnicas testiculares y el cordón espermático (Santisteban y Ávila, 1983).

## 2.3 HERNIA INGUINAL

La hernia inguinal es un tipo de cólico obstructivo estrangulado que puede comprometer la vida del caballo. La técnica quirúrgica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal descrita en esta tesis doctoral tiene por objetivo prevenir este tipo de hernias, por lo que realizaremos una breve introducción de la hernia en caballos para luego describir más profundamente el caso que nos interesa, la hernia inguinal.

### 2.3.1 PRINCIPALES TIPOS DE HERNIA EN ÉQUIDOS

La palabra hernia proviene del latín *hernia*, que significa la salida de un órgano o parte de él fuera de la cavidad corporal que lo contiene. La hernia consta de tres partes: el anillo, el saco, y el contenido herniario. La mayoría de las veces, implican la protrusión de contenido intestinal a través de un orificio natural (anillo inguinal) o bien, a través de un defecto en la pared abdominal o en el diafragma (Auer y Stick, 2012). La clasificación de las hernias en medicina humana es compleja, se realiza en función de la localización del defecto (directa, indirecta o femoral), del contenido de la hernia (hernia deslizada, de Richter o de Littre), de la etiología (congénita o adquirida) y del estado del contenido (reducible, incarcerada o estrangulada) (Carbonell-Tatay, 2002; Matthews y Neumayer, 2008). A estos esquemas de caracterización se suman las clasificaciones específicas para cada tipo de hernia con nombres propios (Carbonell-Tatay, 2002).

En medicina veterinaria, también se usan varios esquemas de clasificación para caracterizar las hernias. La localización de la hernia nos permite clasificarlas como internas o externas. Una hernia interna es el resultado del desplazamiento de determinadas vísceras a través de una abertura fisiológica (por ejemplo el foramen epiploico o el anillo inguinal) o patológica (por ejemplo defectos congénitos o adquiridos en el mesenterio, omento, ligamento gastroesplénico, diafragma) dentro de la cavidad abdominal. Cuando la hernia es externa, el contenido abdominal protruye al exterior de la cavidad abdominal como por ejemplo una hernia umbilical, abdominal ventral, diafragmática o inguinal (Wayne y Simon, 1987)

En función del momento de aparición podemos clasificar las hernias como congénitas o adquiridas. En una hernia congénita, el defecto ya está presente cuando el potro nace. Cuando es adquirida, la hernia se produce tras el nacimiento; las causas más frecuentes son los traumatismos, incisiones quirúrgicas en línea media ventral, degeneración (rotura del tendón prepúblico en yeguas en el último tercio de la gestación) o el aumento de tamaño de orificios naturales como por ejemplo, los anillos inguinales (Auer y Stick, 2012).

Otra clasificación define las hernias en función del tipo de orificio o defecto. Así, en las hernias verdaderas, la protrusión se realiza a través de una apertura natural en el abdomen, y el contenido está envuelto en su totalidad por un saco peritoneal. Este tipo de hernias se conocen también como hernias indirectas. Las falsas hernias no contienen un saco peritoneal y el defecto se produce por un traumatismo abdominal o bien por un fallo en la cicatrización de una incisión quirúrgica (hernia incisional)

(Moorman y Jann, 2009). Este tipo de hernias se denominan también hernias directas (Auer y Stick, 2012).

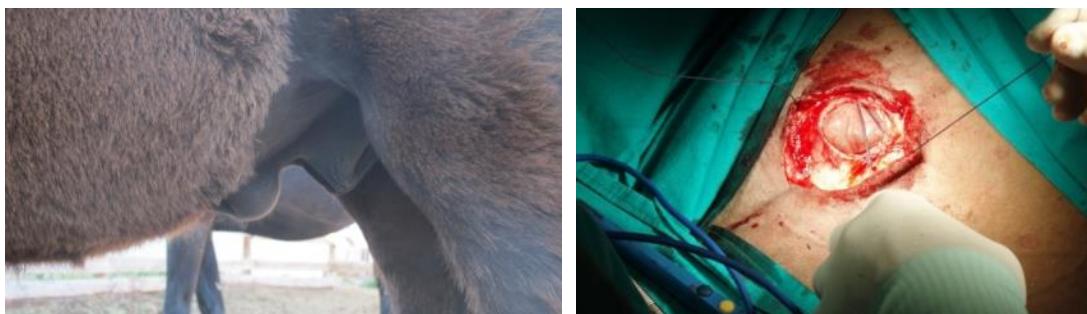
Por último, las hernias pueden clasificarse como reducibles, no reducibles o estranguladas. En las hernias reducibles, el contenido herniario puede moverse y desplazarse al interior de la cavidad abdominal con una manipulación manual así como en las no reducibles el saco herniario no puede desplazarse. La ausencia de movimiento en estas hernias puede deberse a la formación de adherencias entre los tejidos anexos a la hernia. En las hernias estranguladas se produce una obstrucción del lumen intestinal debido a la incarceración. Esta estrangulación lleva implícita la obstrucción del aporte sanguíneo mesentérico al segmento intestinal herniado. Esta isquemia puede conducir a una necrosis de esa porción intestinal, siendo este el tipo más grave de las hernias (Auer y Stick, 2012).

A continuación describiremos brevemente las hernias más frecuentes en la clínica equina, exceptuando la hernia inguinal, en la que profundizaremos más adelante.

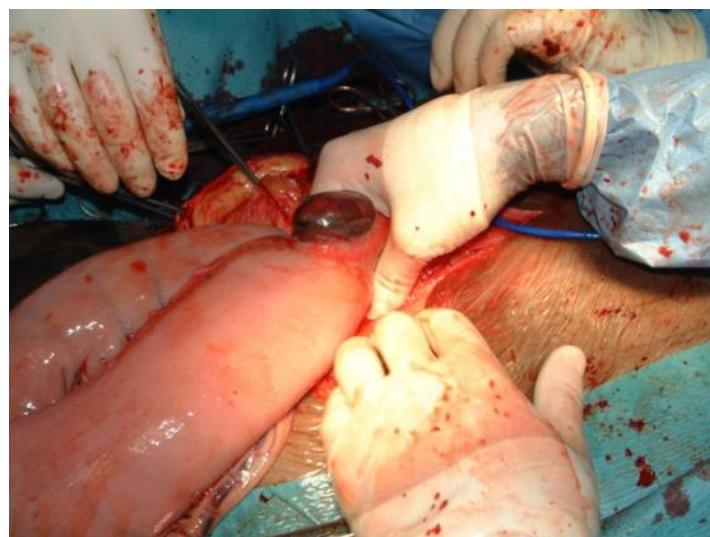
### **2.3.1.1 HERNIAS UMBILICALES.**

Es la hernia más frecuente en potros, suele ser congénita y puede tener un componente hereditario (Freeman y Spencer, 1991; Enzerink *et al.*, 2000). Consiste en la protrusión de grasa retroperitoneal, omento o intestino delgado mayoritariamente, ya que también se ha documentado la herniación de colon mayor a través de un defecto en la pared abdominal en la región del ombligo (Markel *et al.*, 1987) (Figura 2.35). Por lo general, el tratamiento es conservador y la reducción es sencilla ya que rara vez se incarceran (Rijkenhuizen *et al.*, 1997). Incluso en aquellos potros en los que el diámetro de la hernia no es mayor de 2-4 cm, la resolución se puede producir de forma espontánea (Riley *et al.*, 1996; Auer y Stick, 2012). Se han descrito casos en los que la hernia afecta solamente a una parte de la pared intestinal, situación denominada hernia de Richter (Reed *et al.*, 2004) (Figura 2.36). Un método alternativo a la cirugía para reducir las hernias umbilicales es la colocación de una pinza, o de una cinta elástica alrededor del saco herniario. Es un método que puede tener graves complicaciones ya que el intestino delgado puede verse afectado (Riley *et al.*, 1996) o producirse necrosis de la piel. El tratamiento quirúrgico se aplica cuando la hernia no se reduce espontáneamente, o cuando la hernia es demasiado grande (más de 10 cm), con el fin de evitar la estrangulación intestinal. El procedimiento quirúrgico se realiza bajo anestesia general con el potro en decúbito supino. Existen dos técnicas: abierta y cerrada que implican o no la abertura del saco herniario. En la técnica abierta se abre el saco herniario para valorar el estado de las asas intestinales herniadas y la presencia/ausencia de adherencias. Tras la disección de los extremos del anillo herniario se sutura el defecto con un patrón simple continuo con material monofilamento absorbible (Figura 2.35). Es recomendable colocar un vendaje de soporte para reducir el espacio muerto (Auer y Stick, 2012).

**Figura 2.35.** Izquierda: hernia umbilical en un potro de 7 meses remitido al HVUZ. Derecha: reducción de una hernia umbilical en un potrillo utilizando un patrón de sutura continúo en el HVUZ.



**Figura 2.36.** Tratamiento quirúrgico de una hernia de Richter en íleon realizado en el HVUZ.



### **2.3.1.2 HERNIAS DE LA PARED ABDOMINAL.**

Las hernias de la pared abdominal pueden tener diferentes etiologías. Una hernia lateral (Figura 2.37) puede producirse como consecuencia de un traumatismo romo lo suficientemente fuerte como para producir un defecto en la pared por ejemplo, una coz de otro caballo. Otra causa puede ser la gestación avanzada en la yegua por rotura del tendón prepúblico o bien por un defecto grande en la pared abdominal (Hanson y Todhunter, 1986; Perkins y Frazer, 1994).

En medicina humana, otro factor añadido es la pérdida de resistencia tensil de la pared abdominal debido a una disminución del índice de colágeno I/III (Colágeno tipo I: maduro con alta resistencia tensil, Colágeno tipo III: inmaduro y con escasa resistencia tensil) (Schumpelick *et al.*, 2002). Estas hernias, si el traumatismo no ha llegado a perforar la pared abdominal, requieren inicialmente un tratamiento conservador consistente en un vendaje abdominal de refuerzo. A los dos meses es necesario aplicar un tratamiento quirúrgico para reducir completamente el defecto parietal, si los defectos son pequeños, basta con aposicionar los bordes con un patrón de sutura

continuo (Auer y Stick, 2012). En el caso de los grandes defectos de la pared abdominal el uso de mallas protésicas permite restablecer la continuidad de los planos músculo-aponeuróticos y mejorar la función de la pared abdominal. Permiten realizar una reparación sin tensión, ya que refuerza la pared abdominal y disminuye la tensión soportada por los bordes del defecto. Las mallas hacen una barrera que impide el desarrollo de recidivas a través de su estructura. Si se produce una reherniación, suele ser consecuencia de un fallo en la colocación de la malla y, generalmente, las eventraciones aparecen en el borde donde se ha anclado la malla a los tejidos adyacentes (Acevedo, 2008). Existen diferentes tipos de malla siendo las más utilizadas las de polipropileno (PP) y, en menor medida las de poliéster (PE). Las primeras son mallas de monofilamento trenzado, de alta densidad con poros de 0,4 - 0,5 mm, que inducen una fuerte respuesta cicatricial en el huésped, lo que permite la fijación de la malla a los tejidos (Amid *et al.*, 1994). Las mallas de PE están formadas por multifilamentos y tienen un tamaño de poro variable, lo que les confiere una mayor elasticidad. Por el hecho de ser multifilamentosas, estas mallas son más propensas a desencadenar una infección (Acevedo, 2008). Se ha establecido que el peso, el tamaño de los poros y la superficie de las mallas son las condiciones responsables de la respuesta inflamatoria inicial y cicatricial en la etapa avanzada (Klinge *et al.*, 2001; Cobb *et al.*, 2005). En los últimos años se han desarrollado mallas de baja densidad, la disminución de la densidad del material (junto con el mayor tamaño del poro) provoca una menor reacción a cuerpo extraño, con la consiguiente menor reacción fibrosa crónica, favoreciendo así la integración de la malla, con la ventaja de mantener la elasticidad del tejido receptor y mejorando los resultados clínicos de confort postoperatorio (Reguera *et al.*, 2013). No obstante los trabajos publicados indican una mayor tasa de recidivas con estas mallas (Klinge *et al.*, 2001). Existen diferentes dos técnicas quirúrgicas en cuanto a la colocación de las mallas en las hernias abdominales: colocación retroperitoneal o colocación subcutánea. Es decir, la posición varía en que una coloca la malla entre el defecto y el peritoneo y la otra coloca la malla entre el defecto y la piel. Al igual que en las hernias umbilicales, es recomendable colocar un vendaje de soporte durante un tiempo prolongado (Scott, 1979; van der Velden y Klein, 1994; Kelmer y Schumacher, 2008) (Figura 2.38).

**Figura 2.37.** Resultado de la reparación quirúrgica de una hernia abdominal lateral en una yegua intervenida en el HVUZ.



**Figura 2.38.** Colocación retroperitoneal de la malla en un caso de hernia abdominal lateral intervenida el HVUZ.



#### **2.3.1.3 HERNIAS INCISIONALES.**

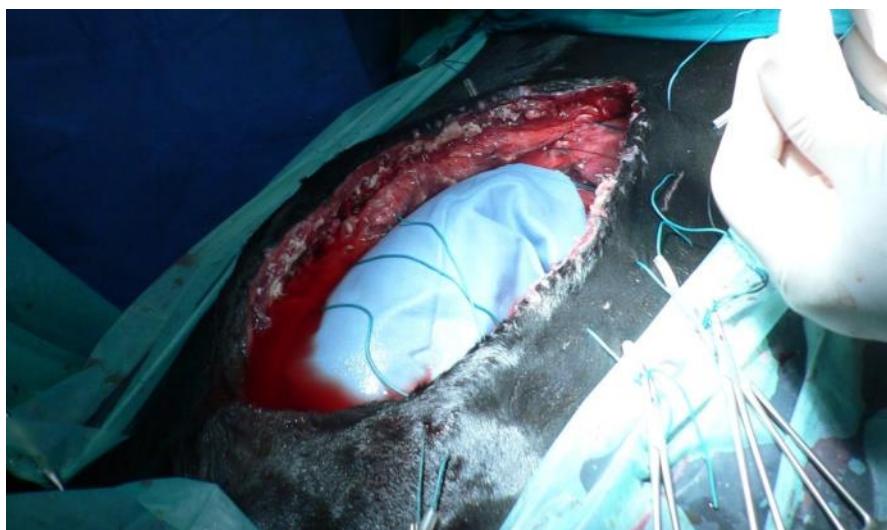
Las hernias incisionales se producen en incisiones quirúrgicas realizadas previamente. La región más común es la línea media ventral debido a las laparotomías exploratorias realizadas en los cólicos o debido a herniorrafias umbilicales fallidas, aunque cualquier región intervenida en el abdomen es susceptible de padecer una herniación. Los factores que pueden predisponer la aparición de una hernia incisional son la realización de una incisión previa, el drenaje incisional, la formación de seromas y una leucopenia postoperatoria (Wilson *et al.*, 1995). Por otro lado, además de la infección de la incisión, la distensión abdominal postquirúrgica, los dolores cólicos incontrolables así como una recuperación anestésica traumática pueden ser otros factores desencadenantes de una hernia incisional (Auer y Stick, 2012). Cuando previamente se ha realizado una incisión para realizar una laparotomía exploratoria, las hernias suelen aparecer en la porción craneal de la incisión ya que la línea alba es más gruesa en la porción adyacente a la región umbilical (Gibson *et al.*, 1989; Auer y Stick, 2012). Si la hernia aparece en la primera semana de postoperatorio, el animal debe ser intervenido de urgencia para evitar una eventración. En la intervención se deben desbridar los bordes de la incisión y suturar con materiales específicos para reducir la tensión lo máximo posible (Auer y Stick, 2012) (Figura 2.39).

#### **2.3.1.4 HERNIA DIAFRAGMÁTICA.**

Es un tipo de hernia congénita (Tapio *et al.*, 2012) o adquirida que produce síntomas de dolor abdominal y que puede conllevar o no a un compromiso respiratorio en el animal. Las hernias adquiridas aparecen como consecuencia de un trauma, una caída brusca, compresión abdominal excesiva durante el parto, o tras un ejercicio extenuante (McMaster *et al.*, 2014). El tratamiento conservador no es recomendable ya que es frecuente que se produzca una incarceración del intestino delgado dentro del tórax. Trabajos publicados describen el tratamiento conservador de hernias diafragmáticas resultando en la eutanasia del animal, no debido al compromiso respiratorio sino a los episodios de dolor cólico que manifiestan los animales (Roelvink *et al.*, 1993; Kelmer y Schumacher, 2008). La reparación quirúrgica es el tratamiento de

elección, se han descrito diferentes abordajes quirúrgicos: incisión craneal en la línea media ventral, toracotomía lateral con resección de una costilla, abordaje por el flanco y toracoscopia (Malone *et al.*, 2001; Kelmer *et al.*, 2008; Rubio-Martínez, 2015). El acceso por la línea media ventral permite una correcta visualización del diafragma en potrillos, sin embargo en el caballo adulto, el acceso a desgarros producidos en la porción dorsal se ve limitado (McMaster *et al.*, 2014). Existen diversos patrones de sutura descritos con diferentes materiales, absorbibles y no absorbibles, para realizar la reparación de la hernia (McMaster *et al.*, 2014). En las hernias diafragmáticas agudas, se recomienda, si es posible, retrasar la reparación del defecto (Hardy, 2012). Con el tiempo, se genera una fibrosis en los márgenes del defecto, lo cual permite que las suturas empleadas en la reparación soporten la tensión. Una opción, en el caso de que la localización del defecto sea dorsal, es realizar el tratamiento quirúrgico en dos fases, la primera consiste en la realización de una laparotomía por la línea media ventral para poder extraer las asas intestinales incarceradas en el tórax. En la segunda fase se procede a reparación del defecto herniario mediante laparoscopia con el animal en estación. El riesgo de esta alternativa es la reincarceración de asas intestinales, esto puede evitarse recurriendo al uso de las mallas sintéticas que deben fijarse sobre los bordes friables del diafragma (McMaster *et al.*, 2014).

**Figura 2.39.** Reparación de una hernia incisional en la línea media ventral intervenida en el HVUZ.



## 2.3.2 HERNIA INGUINAL

### 2.3.2.1 HERNIA INGUINAL EN MEDICINA HUMANA.

La hernia inguinal es la protrusión del contenido de la cavidad abdominal, generalmente intestino, por un punto débil del conducto inguinal. Es una de las patologías que más frecuentemente se realiza en los procedimientos quirúrgicos en medicina humana; se estima entre un 10-15% de todos las intervenciones quirúrgicas (Rutkow, 2003; Adelsdorfer *et al.*, 2007). Se reconoce que la prevalencia de la hernioplastia, tratamiento quirúrgico de la hernia, es del orden de 280/100.000 habitantes en Estados Unidos, siendo un 70% de ellas inguinales (Rutkow, 1998). La más antigua referencia sobre hernia inguinal aparece en el papiro de Ebers, descubierto en el año 1873, en él se describe su tratamiento mediante la colocación de un vendaje (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2003). A la momia del faraón Meneptah del año 1.215 a. C. se le descubre una cicatriz transversal en el periné; tenía el pene normal, pero había sufrido castración bilateral, usada en aquellos tiempos para curar la hernia inguinal, lo que representa el primer ejemplo de tratamiento quirúrgico de esta patología (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2003).

Existen numerosas clasificaciones específicas para la hernia inguinal. Por ejemplo podemos encontrar la clasificación de Corbellini, se basa en conceptos anatómicos y denomina las hernias indirectas como intrainguinales y a las hernias directas retroinguinales. En 1991, Nyhus describe una nueva categorización sustentada por sus conocimientos del acceso posterior y apoyándose en criterios anatómicos que comprenden, tanto el calibre del orificio inguinal interno como la consistencia de la pared posterior. La clasificación de Stoppa para las hernias inguinales está fundamentada en algunos conceptos de la clasificación de Nyhus, pero hace hincapié en los factores agravantes que pudieran influir en los resultados tras la herniorrafia, tanto desde el punto de vista de los relacionados directamente con el tipo de hernia: su tamaño, si además es deslizada, si es recidivada, etc., como los dependientes del estado general y de la constitución física del enfermo que va a ser intervenido: edad, obesidad y enfermedades de base cardiopulmonares. Otras clasificaciones de la hernia inguinal son las de Casten, Mc Vay, Gilbert, Bendavid y Aachen (Carbonell-Tatay, 2002). En medicina humana, a diferencia de lo que ocurre en la clínica equina, las hernias inguinales directas prevalecen sobre las hernias inguinales indirectas (Wantz *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2001; Rodríguez, 2005).

A pesar de ser una cirugía muy común, la elección de la técnica quirúrgica sigue generando múltiples controversias. La razón de tanto debate radica en que no existe una evidencia científica, basada en estudios *randomizados* a gran escala, que determinen la eficacia de las distintas técnicas disponibles. Esto se debe a que dependen del tipo de reparación practicada, de la especialización del cirujano en patología herniaria y, fundamentalmente, del tiempo y forma de seguimiento realizado. Por tanto, aunque grupos punteros publican resultados muy brillantes, la realidad es que la hernia sigue siendo un problema no suficientemente resuelto en la actualidad, sin que exista un tratamiento consensuado como idea.

### 2.3.2.1.1 Tratamiento quirúrgico convencional.

A finales del siglo XVIII, y principios del siglo XIX, la anatomía de la región inguinal es descrita y definida con precisión (Minian, 2005). En 1888, Erichsen propone la resección con anastomosis primaria en el tratamiento de la hernia estrangulada. Esta proposición es apoyada por Francks en 1893 y en poco tiempo llegó a ser la operación de elección para esta complicación (Lau, 2002).

La historia de la cirugía de la hernia inguinal comienza a finales del siglo XIX con Bassini, Halsted, Marcy, Mcvay, Andrews y Shouldice (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2003; Matthews y Neumayer, 2008). Estos cirujanos describen diversas técnicas para la realización plastias con tejidos propios, lo que da un vuelco intenso a esta patología ya que, en un buen porcentaje de los casos, la hernia pudo ser resuelta de forma definitiva (60%), con una mortalidad de 7-10% (Minian, 2005). El éxito de la hernioplastia depende, en gran medida, de la comprensión de la anatomía funcional de la pared abdominal y la región inguinal (Awad y Fagan, 2004).

La introducción de las mallas protésicas, para realizar reparaciones libres de tensión, adopta un cierto grado de protagonismo en el último cuarto de siglo. El material de la malla debe ser inerte para no ser rechazado por una respuesta inmune. Pero, por otro lado, tiene que generar una respuesta que estimule suficientemente la cicatrización y facilite la incorporación de la malla en los tejidos adyacentes (Stoppa, 2003). Se han descrito dos tipos de abordajes: uno anterior y otro preperitoneal (Matthews y Neumayer, 2008). Lichtenstein describe en 1986 un abordaje anterior en el que utiliza una malla para realizar una reparación libre de tensión (Lichtenstein y Shulman, 1986), es una modalidad revolucionaria de la reparación de las hernias inguinales a la que recurren actualmente un gran número de cirujanos (Minian, 2005). La técnica descrita se basa en su propia y simple teoría: cualquier reparación anatómica genera una determinada tensión sobre los tejidos involucrados, impidiendo así que estos últimos se recuperen de forma adecuada, resultando en una recidiva de la hernia (Lichtenstein *et al.*, 1989). Para reducir la tensión lo máximo posible, el fondo del canal inguinal se refuerza colocando la malla, esta a su vez, se convierte en una barrera sólida que evita la recidiva de la hernia (Matthews y Neumayer, 2008).

El resto de las técnicas quirúrgicas convencionales describen un acceso preperitoneal y diferentes colocaciones o tipos de malla para cubrir el orificio de Fruchaud (Minian, 2005). La técnica más utilizada recientemente es la técnica preperitoneal con colocación de parche de Kugel (Minian, 2005).

### 2.3.2.1.2 Tratamiento quirúrgico laparoscópico.

La evolución de la cirugía hacia técnicas mínimamente invasivas culmina con la aparición de la laparoscopia en los años 80. En el tratamiento de la patología herniaria, esta modalidad mínimamente invasiva presenta diversas ventajas sobre el abordaje convencional anterior, en especial en las expectativas del paciente que hasta entonces eran poco valoradas, al reducir el dolor postoperatorio y el periodo de recuperación.

El acceso laparoscópico pretende minimizar las desventajas de la herniorrafia abierta y ofrecer un abordaje mejor a la pared posterior inguinal, permitiendo una clara visualización del defecto herniario en ambos lados, lo que posibilita la posterior

colocación de una malla protésica sin estar condicionado por el tamaño de la incisión (Daes, 2011).

Una patología tan frecuente como la hernia inguinal no iba a ser la excepción de los tratamientos laparoscópicos y, estando sentadas las bases del abordaje preperitoneal, el uso de mallas y de la reparación sin tensión, su utilización tenía que ser inminente.

En el año de 1982 se encuentran reportes de este método, utilizado por Ger, el cual únicamente utiliza clips para cerrar el orificio inguinal interno (Ger, 1982; Ger *et al.*, 1990). Posteriormente en el año de 1989 Bogjavalenski, ocluye el saco indirecto con una malla de polipropileno (López-Castañeda, 2003; Rodríguez-Ortega *et al.*, 2003). En el año de 1992 Arregui propone abrir longitudinalmente el peritoneo y liberar el saco, tras disecar ampliamente los colgajos peritoneales se colocaba una malla, de grandes dimensiones, sujetada con grapas para cubrir los orificios interno, directo y femoral. Una vez finalizada la sujeción de la malla, ésta queda cubierta cerrando el peritoneo (Arregui *et al.*, 1992).

Existen diversos dispositivos de anclaje para las mallas como las grapas, las tachuelas y los adhesivos tisulares sintéticos. Un estudio *randomizado* concluye que los adhesivos tisulares reducen el riesgo de dolor crónico post-quirúrgico (Sajid *et al.*, 2013).

Las complicaciones descritas a corto plazo son: enfisema preperitoneal o del mesenterio, daño a estructuras vasculares y viscerales, infección de malla, trombosis de la vena femoral, y por último, la recurrencia de la hernia (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2003).

Los procedimientos laparoscópicos más aplicados actualmente en medina humana son las técnicas denominados TAPP (*transabdominal preperitoneal*) y TEP (*total extraperitoneal*). Permiten ser efectuadas con sencillez, con una curva de aprendizaje relativamente corta y con un costo-efectividad estudiado. Estas técnicas tienen resultados de más del 99% de efectividad, en varias series publicadas, con recidivas menores al 1% (Minian, 2005).

La técnica TAPP se basa en la colocación de una malla protésica en una posición preperitoneal desde un acceso transabdominal. Consiste en realizar una incisión y disección ovalada en el peritoneo por encima del anillo inguinal profundo en dirección a la espina ilíaca. Se realiza una disección del ligamento de Cooper, de los vasos epigástricos así como del cordón espermático. Tras la reducción del saco herniario, se coloca la malla, cubriendo el orificio miopectíneo en su totalidad y se fija al ligamento de Cooper, al músculo Recto y al aspecto lateral del tracto iliopúbico. Posteriormente, se cubre con el peritoneo disecionado y se sutura el defecto peritoneal. De esta manera, se minimizan los riesgos de formación de adherencias, fistulas y obstrucciones intestinales; complicaciones frecuentemente halladas en otras técnicas previamente descrita, las cuales dejaban la malla en contacto directo con las asas intestinales (Dion y Morin, 1992; Corbitt, 1993).

El procedimiento laparoscópico TEP se utiliza el abordaje preperitoneal, de esta manera el peritoneo permanece intacto. Se realiza una incisión infraumbilical hasta la fascia anterior del músculo recto, para colocar el primer portal, a través del cual, se introduce un balón disector en el espacio preperitoneal. Una vez insuflado el espacio preperitoneal se colocan otros dos trocares siguiendo el principio de la triangulación. A

continuación se procede con la disección del orificio miopectíneo, la grasa preperitoneal así como del cordón espermático. Tras la reducción del saco herniario, se coloca una malla para cubrir el orificio miopectíneo totalmente, parietalizando los elementos del cordón espermático; la fijación puede realizarse con grapas, tachuelas o adhesivo tisular. Este paso debe realizarse con cautela ya que cualquier pequeño defecto producido en el peritoneo puede resultar en el fracaso de la técnica (McKernan y Laws, 1993; Davis y Arregui, 2003).

En los últimos años, numerosos meta-análisis comparan la recurrencia de las hernias inguinales en los accesos abiertos con los accesos laparoscópicos, en las técnicas abiertas entre sí y en los procedimientos laparoscópicos entre sí (McCormack *et al.*, 2003 y 2005; Neumayer *et al.*, 2004; Schmedt *et al.*, 2005; Wake *et al.*, 2005; Bittner *et al.*, 2011). Un estudio publicado en 2006 concluye que con toda la información recogida de todos los estudios *randomizados*, los accesos abiertos y los laparoscópicos tienen el mismo índice de recidiva (Fitzgibbons y Puri, 2006). Varios estudios reportan una desaparición del dolor y una recuperación post-quirúrgica más breve en los casos tratados con laparoscopia frente a los casos sometidos a un abordaje abierto, lo que implica un menor coste socio-económico ya que el retorno al trabajo se produce en una media de 7 días (Liem *et al.*, 1997; McCormack *et al.*, 2003; Schmedt *et al.*, 2005).

### **2.3.2.2 HERNIA INGUINAL EN ÉQUIDOS.**

#### **2.3.2.2.1 Breve reseña anatomía del canal inguinal del caballo**

El proceso vaginal forma, como continuación de la fascia transversa y del peritoneo, una cavidad hueca denominada cavidad vaginal. La entrada a esta cavidad del peritoneo se produce a través del anillo vaginal, el cual tapiza directamente el anillo inguinal interno, comienzo del canal inguinal (König y Liebich, 2005). Podríamos comparar esta zona anatómica con una “botella con un embudo”, en la que el embudo es el proceso vaginal con su anillo vaginal, la boca de la botella es el anillo inguinal interno, el cuello de la botella es el canal inguinal y el cuerpo de la botella es la cavidad vaginal con el testículo en su interior.

El canal inguinal y sus dos anillos forman un conducto a través de la pared abdominal, el cual ya está presente durante el desarrollo embrionario. Es una abertura oblicua a través de la cual pasan el proceso vaginal así como el cordón espermático y el músculo cremáster (Nickel *et al.*, 1985). La pared del canal está formada por peritoneo, el cual da lugar a la túnica vaginal. La longitud del canal inguinal en un caballo de tamaño medio es de aproximadamente 15 cm (Auer y Stick, 2012). El canal inguinal está delimitado lateralmente por el ligamento pélvico y medialmente por el músculo oblicuo interno. Sin embargo, no hay descrita ninguna limitación craneal o caudal (Nickel *et al.*, 1985).

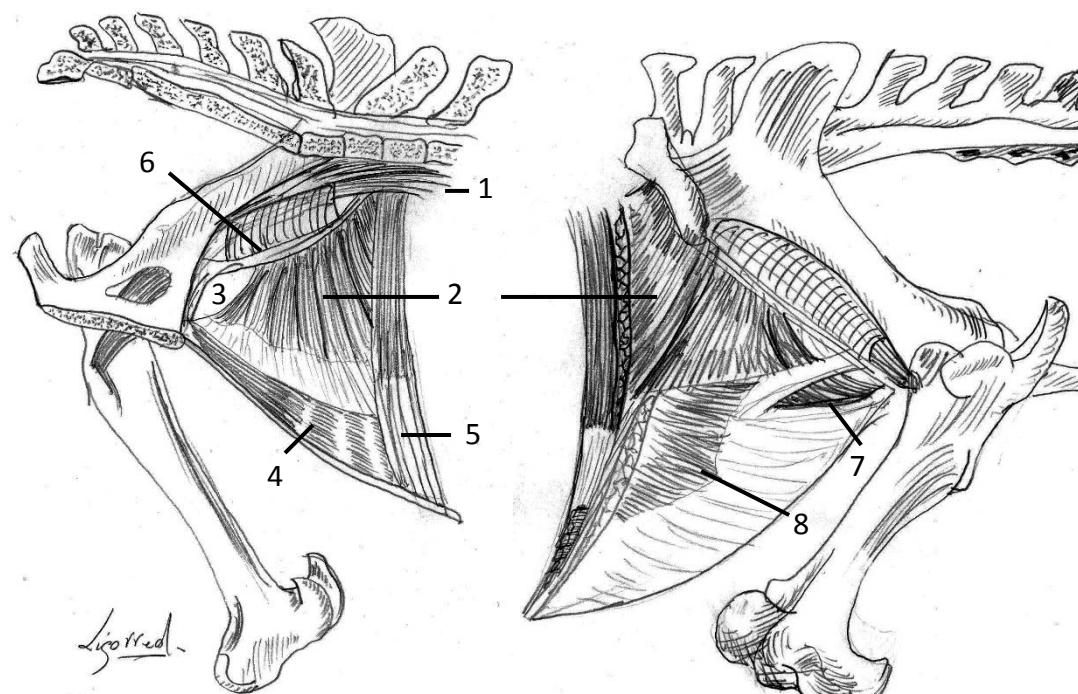
El anillo inguinal interno está rodeado cranealmente por el borde caudal del músculo oblicuo interno, ventromedialmente por el músculo recto abdominal y el tendón prepúblico, caudalmente por el ligamento inguinal (Auer y Stick, 2012; Schumacher, 2012) (Figura 2.40). El canal cuenta con otra abertura, el anillo inguinal externo, que se localiza en la pared del músculo oblicuo abdominal externo (Nickel *et al.*, 1985).

El borde medial del anillo inguinal externo se localiza bajo el borde medial del anillo interno. Además, el anillo externo adquiere una orientación craneolateral así como el

anillo interno se dirige dorsolateralmente. Esto genera un alto grado de divergencia entre los bordes laterales de ambos anillos (Auer y Stick, 2012).

A través del canal inguinal pasa el cordón espermático que está formado por la arteria y la vena testiculares, vasos linfáticos, nervios, musculatura lisa y por el conducto deferente, el cual está rodeado de una serosa independiente (Nickel *et al.*, 1985).

**Figura 2.40.** Ilustración anatómica de la región inguinal y de la porción pélvica de la pared abdominal en el caballo. Izquierda: aspectos internos de la pared abdominal. Derecha: aspectos externos de la pared abdominal. 1: músculo psoas mayor, 2: músculo oblicuo interno abdominal, 3: anillo inguinal interno, 4: músculo recto abdominal, 5: músculo transverso abdominal, 7: anillo inguinal externo, 8: músculo oblicuo externo abdominal.



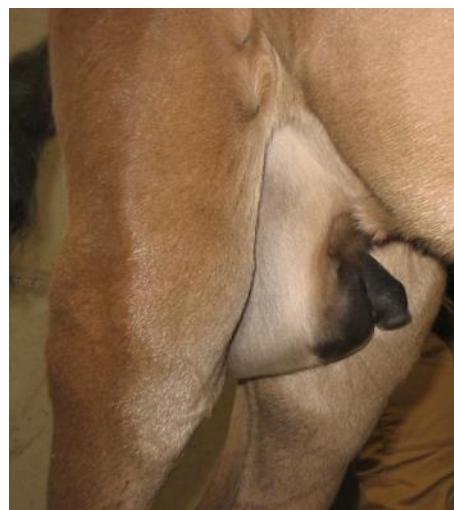
Víctor Ligorred

### 2.3.2.2 Epidemiología y clasificación.

La hernia inguinal es una patología usual en la clínica equina que mayoritariamente afecta a caballos adultos enteros (Van Der Velden y Van Der Harst, 2004; Schumacher, 2012) y, en menor medida, también se puede presentar en potros (Umstead *et al.*, 1986; Moorman y Jann, 2009; Gracia-Calvo *et al.*, 2014). De hecho, es el segundo tipo de hernia más frecuente en la clínica equina (Alves *et al.*, 2000). La presencia en caballos castrados (Bickers *et al.*, 1998), incluso en yeguas es anecdótica (Umstead *et al.*, 1986). En los potros las hernias inguinales suelen ser de origen congénito y la mayoría de las veces hereditarias (Beard, 2011; Gracia-Calvo *et al.*, 2014) y suelen asociarse con el momento del nacimiento, debido a la compresión que sufren en el canal del parto (Figura 2.41). En el caballo adulto las hernias inguinales son adquiridas y, suelen manifestarse tras un entrenamiento o tras una cubrición, situaciones que

implican una alteración de la anatomía del canal inguinal debido a un aumento en la presión abdominal (Schumacher, 2012).

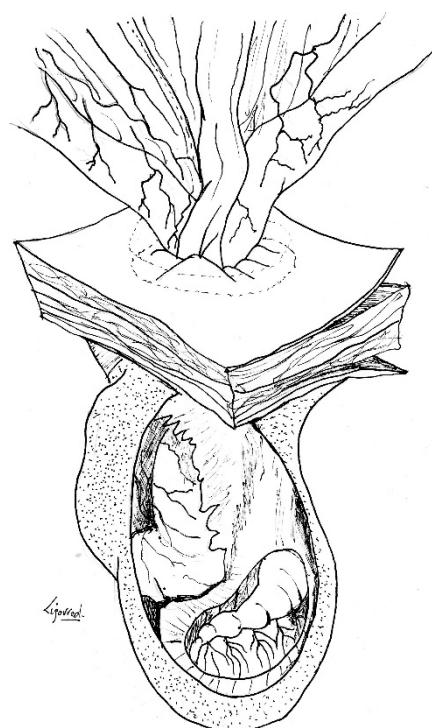
**Figura 2.41.** Hernia inguinal congénita en un potrillo Pura Raza Español intervenido en el HVUZ.



Las hernias inguinales en los caballos pueden clasificarse como directas o indirectas; reducibles o no reducibles, estranguladas o no estranguladas (Freeman, 2012). Las hernias inguinales directas son aquellas en las que las asas de intestino delgado atraviesan un defecto en la pared abdominal (Figura 2.42). En el caso de las hernias indirectas, el intestino delgado atraviesa el anillo inguinal y puede descender a través del canal inguinal hasta envolver al testículo (Spurlock y Robertson, 1988; Cousty *et al.*, 2010). En los équidos, a diferencia de lo que ocurre en humana, la mayoría de las hernias son indirectas, a través del anillo inguinal (Mendoza *et al.*, 2010) (Figura 2.43). Un trabajo publicado en 1972 reveló que el canal inguinal izquierdo se ve afectado con mayor frecuencia que el derecho (Hutchins y Rawlinson, 1972).

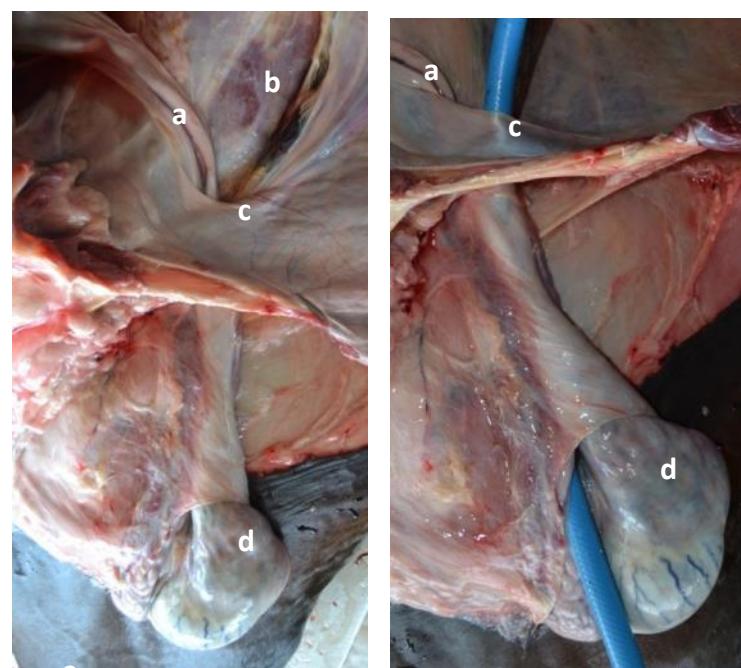
Un estudio retrospectivo realizado en España revela que la prevalencia de las hernias inguinales en nuestro país es mayor en el caballo Pura Raza Español y, que la incidencia de las hernias inguinales aumenta en verano (Muñoz *et al.*, 2008). Otras razas predisponentes son los caballos de tiro, los Tennessee Walking, los Trotines y los caballos de sangre caliente (Muñoz *et al.*, 2008; Wilderjans *et al.*, 2012). La predisposición racial puede deberse a que los anillos inguinales en estos animales son más grandes o más laxos (Schneider *et al.*, 1982; Rossignol *et al.*, 2007; Wilderjans *et al.*, 2012). En la mayoría de las situaciones es el intestino delgado el que protruye a través del anillo inguinal, generalmente yeyuno o íleon (Fischer, 2012), aunque también se ha descrito una hernia inguinal de colon descendente en un potro de seis meses y en un caballo castrado (Ivens *et al.*, 2009; Robinson y Carmalt, 2009). El índice de mortalidad por casos en los caballos sometidos a cirugía por hernias inguinales puede llegar hasta el 25% (Radostits *et al.*, 2002).

**Figura 2.42.** Hernia inguinal directa.



Adaptado a partir de Auer (2012) por Víctor Ligorred

**Figura 2.43.** Simulación de una hernia inguinal indirecta. a: conducto deferente, b: cordón espermático, c: anillo inguinal, d: canal inguinal formado por túnica vaginal, e: testículo. El tubo de plástico azul simularía la herniación del intestino a través del anillo inguinal hasta el espacio escrotal.



### 2.3.2.2.3 Signos clínicos

Los signos clínicos varían en función del tipo de hernia (estrangulada o no estrangulada, reducible o no reducible) y de la edad del animal (potro/caballo adulto) (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Podemos encontrar la clásica aparición de una protuberancia o bien síntomas asociados con obstrucción intestinal (Auer y Stick, 2012).

En los potros, una hernia indirecta no estrangulada que se puede reducir, implica simplemente la aparición de unos abultamientos en la zona escrotal o inguinal (Richardson, 1985; Robertson y Embertson, 1988). Esta suele ser la situación más habitual, sin embargo, si se trata de una hernia estrangulada no reducible, el potro suele manifestar dolores cólicos intermitentes y un cierto estado de depresión (Van Der Velden y Van Der Harst, 2004; Freeman, 2012). Un alto porcentaje de las hernias que afectan a los potros son autolimitantes, fácilmente reducibles y, en ocasiones, pueden resolverse con la simple colocación de un vendaje compresivo en ocho sobre la zona inguinal (Mueller y Fischer, 1998). Recurrir a la cirugía es necesario cuando el tratamiento conservador falla. La técnica quirúrgica convencional consiste en realizar un abordaje inguinal, a través del cual se castra el testículo ipsilateral y posteriormente se cierra la túnica vaginal, con o sin cierre del anillo inguinal externo (van der Velden, 1988; Wilderjans *et al.*, 2008; Freeman, 2012; Schumacher, 2012).

En el caballo adulto, las hernias inguinales adquiridas producen un cuadro de síndrome abdominal agudo (SAA), conocido también con el nombre de cólico equino, debido a que casi siempre suelen llevar implícita la obstrucción y estrangulación del intestino herniado, lo que produce dolores cólicos severos. A medida que los vasos intestinales y mesentéricos se ocluyen y el intestino delgado obstruido se edematiza, se produce una lesión isquémica en el segmento intestinal herniado (Mair *et al.*, 2003). En la hernia inguinal, el testículo afectado suele estar edematizado, frío y firme a la palpación. Sin embargo, el edema escrotal puede no presentarse, si el intestino se encuentra dentro del canal inguinal y no en el escroto. La compresión ejercida por el intestino delgado sobre el cordón espermático sumada al cambio de temperatura en el testículo, son dos factores que ponen en compromiso la viabilidad testicular. Por todo ello, estos casos requieren una resolución quirúrgica de urgencia (Schumacher, 2012).

Los caballos que manifiestan un cólico obstructivo de intestino delgado muestran signos de dolor abdominal de moderado a grave y responden de forma intermitente a los analgésicos. A medida que el intestino afectado se necrosa, durante los estadíos finales de la enfermedad, los animales evidencian un importante grado de depresión más que de dolor. Muestran signos progresivos de endotoxemia, incluyendo membranas mucosas congestivas, prolongación del tiempo de llenado capilar y aumento de la frecuencia cardiaca ( $> 60$  latidos por minuto) (Lohmann y Barton, 2004).

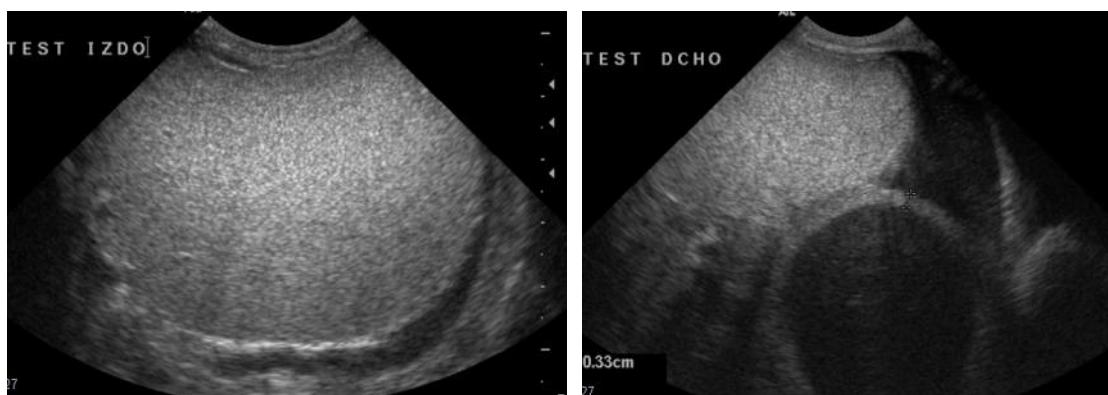
### 2.3.2.2.4 Diagnóstico

Pueden emplearse varias técnicas de diagnóstico, dependiendo de la experiencia del clínico, de los recursos técnicos disponibles y del desarrollo del proceso patológico. El hematocrito, el leucograma, las proteínas totales y la abdominocentesis son pruebas que prestan una gran ayuda cuando se evalúa un caballo con abdomen agudo (Velázquez, 2004). El sondaje nasogástrico es un procedimiento de valor diagnóstico y terapéutico obligado en cualquier caballo con SAA. En los casos de hernia inguinal estrangulada se pueden recuperar del estómago, cantidades de reflujo superiores a 3

litros, de color amarillo-rojo a café oscuro y, en ocasiones, con olor fétido. Sin embargo, estos hallazgos varían dependiendo de la duración y la localización de la obstrucción (Blikslager y Jones, 2004).

Sin embargo, en los caballos adultos con hernia inguinal hay hallazgos clínicos locales muy significativos, que facilitan enormemente el diagnóstico. La hernia inguinal se presenta como una retención obvia de intestino con o sin distensión del escroto. La palpación de los testículos es indispensable en las exploraciones de caballos con SAA. El testículo afectado está más frío, edematizado y firme que el contralateral. La ecografía de la región escrotal es una herramienta de diagnóstico por imagen muy útil en estos casos (Figura 2.44). La detección de asas intestinales en la bolsa del testículo alterado, es una evidencia de que el animal padece una hernia inguinal (Mair *et al.*, 2003). Además, en todos los sementales, el anillo inguinal debe ser palpado vía transrectal para detectar si hay asas de intestino delgado incarceradas en el anillo (Fischer, 2012).

**Figura 2.44.** Ecografía testicular bilateral realizada en un diagnóstico de hernia inguinal en el HVUZ. Izquierda: testículo izquierdo normal. Derecha: testículo derecho rodeado de asas de intestino delgado.



El análisis del líquido peritoneal en un cólico obstructivo de intestino delgado muestra un aumento de las proteínas totales ( $>2,5$  mg/dl) así como de las células blancas ( $>10,000$  células/ $\mu\text{l}$ ) (Blikslager y Jones, 2004; Velázquez, 2004). La obstrucción por estrangulación del intestino ocluye el flujo venoso, dando como resultado un edema grave y congestión capilar. Esto provoca una movilización de los eritrocitos y de la hemoglobina libre hacia la cavidad abdominal, lo que a su vez aporta un color rosáceo al líquido. La obtención de un fluido serohemorrágico durante la abdominocentesis indica la necesidad de una intervención quirúrgica (Mair, 2003). Sin embargo en las hernias inguinales, dado que la estrangulación de intestino delgado se produce fuera de la cavidad abdominal, no suele haber cambios en los hallazgos de líquido peritoneal, ya que el tramo isquémico queda confinado en el canal inguinal y/o escroto (Withers y Mair, 2008).

### 2.3.2.2.5 Tratamiento

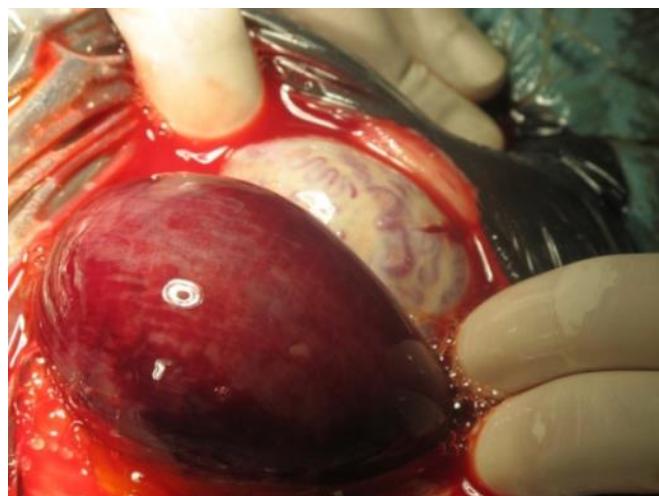
#### 2.3.2.2.5.1 Tratamiento quirúrgico convencional

Algunas hernias inguinales muy incipientes pueden llegar a reducirse espontáneamente cuando se coloca el animal en decúbito supino, otra posibilidad que han descrito algunos autores es intentar reducirlas por palpación transrectal, traccionando cuidadosamente del intestino herniado (Fischer, 2012). No obstante, la reducción espontánea o la reducción por tracción no eluden las complicaciones que implica una necrosis intestinal progresiva (van der Velden, 1988). La laparoscopia, en estas ocasiones, puede permitir al cirujano valorar la viabilidad del intestino herniado reducido (Huskamp y Kopf, 1997). Tras la hernia, el anillo inguinal suele quedar aumentado de tamaño por lo que las recidivas suelen ser frecuentes (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Como método de prevención, es recomendable realizar una semana después del episodio, una herniorrafia inguinal vía laparoscópica (Fischer, 2012).

El tratamiento quirúrgico convencional de una hernia inguinal no reducible requiere dos accesos (Schumacher y Perkins, 2010; Freeman, 2012; Wilderjans *et al.*, 2012). La primera incisión se realiza en la sobre el anillo inguinal externo del lado afectado y se aísla el saco herniario. Tras realizar una incisión sobre la túnica vaginal para exponer el intestino delgado y, si es viable, se reintroduce en el abdomen siendo en ocasiones necesario agrandar el anillo inguinal externo (Figura). Cuando la porción intestinal ha sufrido un daño vascular irreversible, la resección y anastomosis debe realizarse a través de una laparotomía por la línea media ventral (segunda incisión). La tracción de la víscera desde el interior del abdomen puede ayudar a reducir la víscera incarcerada, sobre todo si es íleon (Fischer, 2012).

En las hernias inguinales no reducibles, la presión ejercida por el intestino sobre la vascularización testicular, hace que la resolución quirúrgica de este tipo de hernias implique también la orquidectomía del testículo afectado por sufrir daños irreversibles (Metcalf, 2007; Schumacher, 2012) (Figura 2.45). Por otro lado, para evitar una reherniación, se debe cerrar la túnica vaginal lo más proximalmente posible (Schumacher, 2012; Salciccia *et al.*, 2014). Para conferir una mayor seguridad, se puede cerrar también el anillo inguinal superficial (Schumacher, 2012), por lo que estas técnicas exigen la exéresis del testículo. En determinadas ocasiones, si los anillos inguinales del caballo son muy grandes, se recomienda castrar y cerrar el anillo del lado contralateral. El gran inconveniente en estos casos es la reducción o supresión de la capacidad reproductiva del semental y por lo tanto, de su valor económico (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Para preservar el testículo, se han descrito varias técnicas convencionales que incluyen la herniplastia del anillo inguinal externo (Vaughan, 1980) así como la imbricación de la túnica vaginal (Mueller y Fischer, 1998). Sin embargo, estas técnicas no son eficaces a la hora de evitar una recidiva y pueden llegar a comprometer la vascularización testicular por lo que no son muy recomendables (Schumacher, 2012).

**Figura 2.45.** Tratamiento quirúrgico de una hernia inguinal estrangulada intervenida en el HVUZ: Incisión en escroto y túnica vaginal a través de la cual se observa el testículo y una porción de intestino delgado isquémica.



#### 2.3.2.2.5.2 Herniorrafia inguinal laparoscópica

La laparoscopia ofrece muchas ventajas frente al tratamiento quirúrgico convencional para la prevención de las hernias inguinales. En los casos en los que la hernia se ha podido reducir sin la necesidad de un abordaje quirúrgico, la herniorrafia inguinal vía laparoscópica es una de las posibilidades si se requiere la eliminación del testículo (Klohnen, 2002b; Caron y Brakenhoff, 2008) y, en el caso de que el propietario quiera preservar los testículos, otra alternativa es realizar un cierre parcial del anillo inguinal interno (Fischer *et al.*, 1995; Klohnen y Wilson, 1996; Fischer, 2002c).

En los potros, el cierre completo del anillo inguinal sin conservar el testículo se puede realizar sencillamente mediante el uso de endograpas (Klohnen y Wilson, 1996) y/o suturas intracorpóreas (Caron y Brakenhoff, 2008), mientras que en los adultos suele ser necesario reforzar el cierre mediante diferentes métodos que se describirán a continuación.

##### *2.3.2.2.5.2.1 Herniorrafia inguinal sin preservación de testículos*

Las técnicas de herniorrafia laparoscópica descritas son las siguientes:

- Uso de grapas:

Klohnen describe por primera vez la reparación laparoscópica de la hernia escrotal en dos potros (Klohnen y Wilson, 1996). La cirugía se realiza bajo anestesia general en posición de Trendelenburg y requiere la colocación de cuatro portales laparoscópicos. Tras la reducción de la hernia, los testículos se reintroducen en el abdomen. Una vez realizada la orquidectomía bilateral, los anillos inguinales se cierran mediante el uso de una endograpadora (Klohnen y Wilson, 1996; Gracia-Calvo *et al.*, 2014).

- Uso de suturas intracorpóreas:

Se ha descrito en caballos adultos, al igual que en los potros, el patrón de sutura es discontinuo y utiliza un material sintético absorbible que abarca el músculo oblicuo interno, el anillo vaginal, el músculo cremáster externo, la fascia y el peritoneo (Caron

y Brakenhoff, 2008). La sutura intracorpórea supone un menor coste económico que las endograpas y ofrece un mayor rango de seguridad por la cantidad de tejido involucrado en cada punto (Caron y Brakenhoff, 2008). La técnica descrita se realiza bajo anestesia general en posición de Trendelenburg y requiere la colocación de tres a cinco portales laparoscópicos en potros así como en adultos es suficiente con tres portales (Gracia-Calvo *et al.*, 2014).

**- Uso de suturas barbeadas:**

La técnica se realiza con el caballo en estación y aplica un patrón de sutura continua. La sutura barbeada unidireccional permite el cierre del anillo inguinal anudando solo en uno de los extremos del anillo, ya que este tipo de material cuenta con pequeñas púas en el espesor del filamento de sutura lo que hace que, cuando hay tracción en la dirección opuesta a como se introduce la sutura en el tejido, hagan un efecto de ancla, que proporciona estabilidad a la sutura sin ningún tipo de nudo adicional al final de la sutura (Ragle *et al.*, 2013). En el caso descrito la sutura de púa o barbeada contribuyó al cierre seguro del anillo inguinal interno derecho en un caballo castrado de 4 años con hernia inguinal no estrangulada, con la doble ventaja de no requerir más que un nudo para asegurar el principio de la línea de sutura y la posibilidad de realizar la técnica con solo dos portales laparoscópicos (Ragle *et al.*, 2013).

***2.3.2.2.5.2.2 Herniorrafia inguinal con preservación de testículos***

El cierre parcial del anillo inguinal permite preservar el testículo ipsilateral, o, en su defecto, prevenir cualquier recidiva en el lado contralateral sin la necesidad de realizar una orquidectomía. Las diferentes técnicas descritas de cierre parcial del anillo inguinal vía laparoscópica incluyen las mencionadas anteriormente para el cierre completo con sus respectivas adaptaciones y las siguientes:

**- Colocación de malla retroperitoneal:**

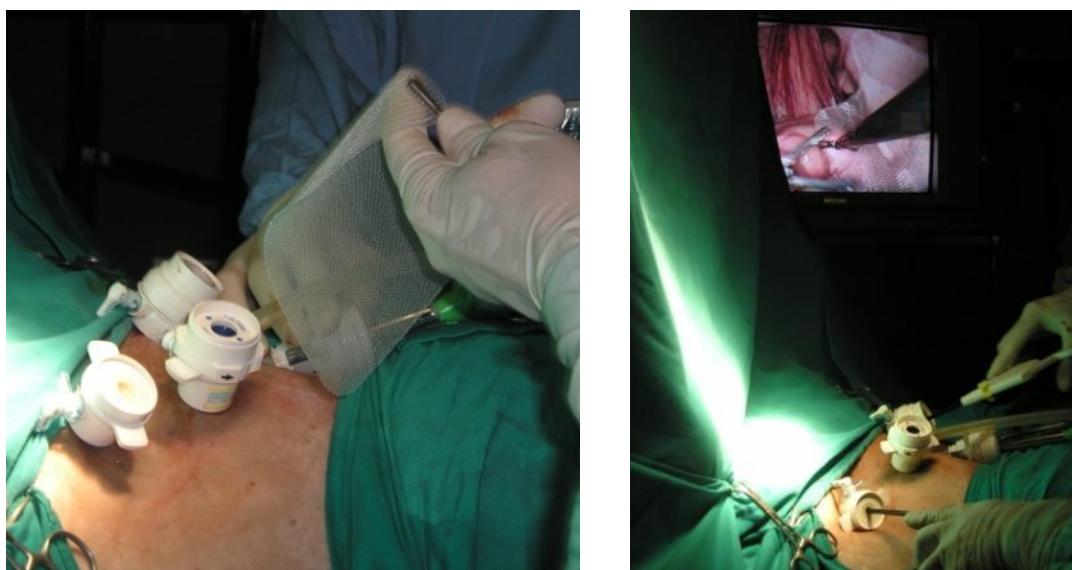
Se describe en 1995 (Fischer *et al.*, 1995), es una técnica similar al abordaje laparoscópico transabdominal preperitoneal (TAPP) utilizado en medicina humana (Weber *et al.*, 1998; Kapiris *et al.*, 2001). Se realiza bajo anestesia general con el caballo en posición de Trendelenburg. Requiere la colocación de dos o tres portales (Figura 2.46). Consiste en incidir y disecar una porción de peritoneo de la región ventral al anillo, en esa zona se coloca y fija una malla de polipropileno rodeando el cordón espermático. Sobre ella se coloca el colgajo de peritoneo disecado que posteriormente se fija a la pared abdominal con grapas o suturas (Fischer *et al.*, 1995; Gracia-Calvo *et al.*, 2014).

**- Cilindro de malla de polipropileno:**

La técnica se realiza con el caballo en estación bajo neuroleptoanalgesia previa y requiere la colocación de tres portales laparoscópicos (Mariën, 2001). El objetivo es introducir la malla en forma de cono dentro del canal inguinal para producir una respuesta inflamatoria controlada que ocluya parcialmente el canal inguinal. Una vez colocada la malla, esta se puede fijar mediante el uso de endograpas al lado parietal del canal inguinal (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Algunos cirujanos que hemos utilizado este procedimiento hemos podido comprobar que siguiendo la técnica descrita el cilindro puede llegar a salirse parcialmente del canal inguinal. El mismo autor

comunicó en 2005 una modificación de la técnica original en la que, además de fijar el cilindro con grapas, se recubría con un colgajo peritoneal (Mariën, 2005) (Figura 2.47).

**Figura 2.46.** Cierre parcial del anillo inguinal vía laparoscópica con malla retroperitoneal realizado en el HVUZ.



**Figura 2.47.** Colocación de un cilindro de malla en el interior del canal inguinal en el HVUZ. La fijación de la malla se realizó posteriormente mediante el uso de endograpas helicoidales.



#### - Colgajo peritoneal:

Rossignol describe esta técnica en 2007. Utiliza única y exclusivamente el colgajo de peritoneo para realizar la hernioplastia sin la colocación de malla protésica (Rossignol *et al.*, 2007). La cirugía se realiza bajo anestesia general con el caballo en posición de Trendelenburg y requiere la colocación de tres portales laparoscópicos. La técnica consiste primero en disecar de la zona ventrolateral al anillo una porción de peritoneo de forma rectangular. En segundo lugar, el colgajo de peritoneo se desplaza dorso-medialmente sobre el anillo para ocluirlo parcialmente. La fijación del colgajo se puede

realizar mediante suturas intracorpóreas o endograpas helicoidales (Rossignol *et al.*, 2007). En 2012 Wilderjans modifica la técnica de Rossignol, realizándose esta con el caballo en estación y con los portales localizados en la fosa paralumbar (Wilderjans *et al.*, 2012). En este caso, el colgajo de peritoneo se diseña de la porción dorsolateral del anillo inguinal y se aposiciona sobre todo el anillo (desde el borde caudomedial hasta el aspecto craneolateral) incluyendo el mesorquio así como el conducto deferente. El colgajo se fija al peritoneo con el uso de una endograpadora articulada y rotatoria. Esta técnica se ha empleado de manera preventiva y, como tratamiento tras la reducción cerrada de hernia inguinal de intestino delgado para evitar una posible recurrencia en sementales (Wilderjans *et al.*, 2012).

#### - Sutura intracorpórea y/o endograpas:

Es una técnica muy similar a la descrita por Klohnen y Wilson para el cierre completo del anillo inguinal (Klohnen y Wilson, 1996), es una técnica útil para corregir hernias congénitas en potros de uno a cuatro meses de edad (Mariën *et al.*, 2001). Es una técnica que se realiza bajo anestesia general con el animal en posición de Trendelenburg y que solo requiere la colocación de tres portales laparoscópicos. Una vez reducida la hernia, se procede a cerrar parcialmente el anillo usando de 2 a 8 endograpas de titanio, en función del tamaño del anillo (Mariën *et al.*, 2001).

#### - Uso de Cianocrilato:

En el último libro publicado sobre laparoscopia equina, Rossignol describe detalladamente una nueva técnica de herniorrafia inguinal laparoscópica utilizando el adhesivo Cianocrilato (Rossignol *et al.*, 2012). El Cianocrilato es un adhesivo de fraguado rápido incluido en el grupo de los “super cementos”. En medicina humana se emplea en los cierres de arteriotomías (Ersoy *et al.*, 2009), hemostasia en órganos sólidos (Fotiadis *et al.*, 2005), cirugía intestinal (Ladurner *et al.*, 2011). Se realiza con el caballo en estación bajo sedación previa. El Cianocrilato se deposita directamente en la porción lateral del anillo inguinal y en los márgenes de su abertura a la vez que se tracciona del cordón testicular en dirección caudomedial. El margen lateral del anillo se comprime hasta que la capa parietal y la capa visceral se adhieren. Con el fin de evitar migraciones ventrales de parte del adhesivo, el autor recomienda colocar tres o cuatro grapas helicoidales en la parte ventral de la abertura del anillo (Rossignol *et al.*, 2014).

#### **2.3.2.2.6 Complicaciones de la herniorrafia inguinal laparoscópica**

Las complicaciones de la herniorrafia laparoscópica con o sin preservación de testículos, al igual que el resto de las técnicas, pueden dividirse en dos grupos: las relacionadas con la laparoscopia y las específicas del procedimiento laparoscópico (Shettko, 2000) (Tabla 2.4).

Las diferentes técnicas descritas para realizar la herniorrafia inguinal son procedimientos seguros que presentan una tasa muy baja de complicaciones, tanto en los potros como en el caballo adulto (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Las complicaciones intraoperatorias incluyen la dilatación escrotal debida al capnoperitoneo (Mariën *et al.*, 2001), la localización inadecuada de los portales laparoscópicos (Rossignol *et al.*, 2007; Ragle *et al.*, 2013), el desplazamiento del Cianocrilato hacia el escroto, a través del canal inguinal (Rossignol *et al.*, 2014). Por otro lado, también se ha descrito como complicación la anestesia del nervio femoral, la hemorragia excesiva durante la

disección del colgajo peritoneal así como el desgarro de este durante su manipulación (Wilderjans *et al.*, 2012).

Las complicaciones postoperatorias son la inflamación o el edema en las zonas donde se han colocado los portales laparoscópicos (Klohnen y Wilson, 1996), la acumulación de líquido peritoneal en el saco escrotal en un potrillo con una hernia directa (Mariën *et al.*, 2001). Otras complicaciones relacionadas con la técnica son el enfisema (Mariën, 2001; Wilderjans *et al.*, 2012), que el colgajo de peritoneo no llegue a cubrir suficientemente el anillo (Rossignol *et al.*, 2007 y 2014; Wilderjans *et al.*, 2012), diarrea auto-limitante (Wilderjans *et al.*, 2012), fiebre (Ragle *et al.*, 2013), la paresia de la extremidad posterior ipsilateral sin motivo aparente (Caron y Brakenhoff, 2008), y, por supuesto, la recidiva de la hernia (Rossignol *et al.*, 2007). En lo que se refiere al aparato reproductor, las complicaciones que le conciernen son la inflamación y el edema escrotal (Mariën, 2001), la hemospermia, y la atrofia testicular (Rossignol *et al.*, 2007) (Tabla 2.4).

La mayoría de las complicaciones descritas no son graves y se han relacionado directamente con la cirugía laparoscópica (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Sin embargo, la reherniación y la atrofia testicular se han descrito en la técnica de colgajo peritoneal con el caballo en estación, y están directamente relacionadas con la técnica de herniplastia practicada (Rossignol *et al.*, 2007). La reherniación es una de las complicaciones a largo plazo más frecuentes en medicina humana (Hidalgo *et al.*, 2001). Tanto en medicina humana como en medicina veterinaria, la reherniación es una complicación que tiene lugar exclusivamente en pacientes previamente intervenidos, en los que la técnica quirúrgica aplicada para resolver la hernia primaria no ha sido eficaz (Felix *et al.*, 1998; Hidalgo *et al.*, 2001; Wilderjans *et al.*, 2012; Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Es decir, esta complicación se puede valorar única y exclusivamente en caballos que han manifestado un episodio previo de hernia inguinal. Sin embargo en cualquier desarrollo de una técnica novedosa, es necesario realizar ensayos piloto con animales experimentales sanos para luego poder aplicar la técnica en casos clínicos, por lo que muchos autores incluyen en sus trabajos estudios preliminares en los que solo utilizan animales de experimentación (Mariën, 2001; Rossignol *et al.*, 2007 y 2012).

En el artículo de Rossignol, se atribuye la recidiva de la hernia a un fallo en la técnica quirúrgica. De los once caballos intervenidos en el estudio, 4 mostraron una reherniación por el borde caudomedial del anillo inguinal, por lo que el autor decide modificar el procedimiento incluyendo también el cierre de la región caudomedial del anillo. Tras esa modificación, el índice de recidiva se reduce drásticamente (Rossignol *et al.*, 2007). El mismo autor observa que cuando utiliza el rollo de malla de polipropileno para cerrar el anillo en sementales, el índice de recidiva es del 25% en un período de dos años tras la cirugía (Rossignol *et al.*, 2007).

La atrofia testicular es otra de las graves complicaciones en el mismo estudio. Dos caballos de 29 la manifiestan de forma bilateral. La causa de esta atrofia es desconocida aunque se cree que probablemente esté relacionada con la técnica (Rossignol *et al.*, 2007). Cualquier alteración de la vascularización testicular puede repercutir directamente sobre la espermatogénesis y la producción de semen.

**Tabla 2.4.** Principales complicaciones de la herniorrafia laparoscópica.

TÉCNICA DE CIERRE	COMPLICACIONES INTRA-OPERATORIAS	COMPLICACIONES POST-OPERATORIAS
SIN PRESERVACIÓN DE TESTÍCULOS	Grapas	Ninguna  Edema en las localizaciones de los portales
	Sutura	Enfisema subcutáneo moderado  Orquitis, seroma escrotal, paresia de la extremidad posterior.
	Sutura barbeada	Ninguna  Fiebre durante 48 h
CON PRESERVACIÓN DE TESTÍCULOS	TAPP	Ninguna  Ninguna
	Grapas	Distensión escrotal por el CO <sub>2</sub>  Acúmulo de líquido peritoneal en la región escrotal
	Cilindro de malla	Ninguna  Edema escrotal
	Colgajo peritoneal bajo anestesia general	Ninguna  El colgajo no llega a cubrir bien el anillo inguinal.
	Colgajo peritoneal con el caballo en estación	Exceso de sangrado en la disección del colgajo.  Desgarro parcial del colgajo.  Anestesia del nervio Femoral.  Enfisema abdominal. Diarrea auto-limitante.  Recurrencia de la hernia antes de que anillo se cierre  Hemospermia y atrofia testicular
	Cianocrilato	Fuga del adhesivo fuera del anillo, y hacia la zona escrotal  Adhesivo seco alrededor del cordón espermático

TAPP: abordaje Transabdominal Preperitoneal

Debemos tener en cuenta que las herniplastias, debido a al trayecto anatómico del cordón espermático, tienen un alto riesgo de producir una compresión sobre la vascularización testicular (Celik *et al.*, 2009; Gracia-Calvo *et al.*, 2015). La influencia de las diversas técnicas de herniplastias inguinales sobre la perfusión testicular y la espermatogénesis ha sido estudiada y descrita ampliamente en medicina humana (Zieren *et al.*, 2001; Aydede *et al.*, 2003; Beddy *et al.*, 2006; Moore y Hasenboehler, 2007; Schier *et al.*, 2008; Celik *et al.*, 2009) y, en menor medida en medicina veterinaria (Uzzo *et al.*, 1999; Gracia-Calvo *et al.*, 2014 y 2015).

Por un lado, la valoración de los eyaculados post-quirúrgicos ha permitido realizar un seguimiento de la influencia de la técnica sobre la espermatogénesis y por otro lado, el uso de la ecografía ha permitido valorar la perfusión testicular mediante el uso del modo CDU (*Color Doppler Ultrasanography*) y Doppler pulsado. (Pozor y McDonnell, 2004). En medicina humana, los diversos trabajos publicados concluyen que las técnicas de herniplastia laparoscópica del anillo inguinal no tienen repercusión alguna sobre la vascularización testicular (Zieren *et al.*, 2001; Celik *et al.*, 2009). En équidos dos trabajos estudian la influencia de la técnica de colgajo peritoneal con el caballo en estación, uno describe el seguimiento ecográfico de la perfusión testicular (Gracia-Calvo *et al.*, 2015) y el otro la producción y motilidad espermática (Gracia-Calvo *et al.*, 2014), los resultados obtenidos en ambos estudios indican que no hay una diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos antes y después de la herniplastia.

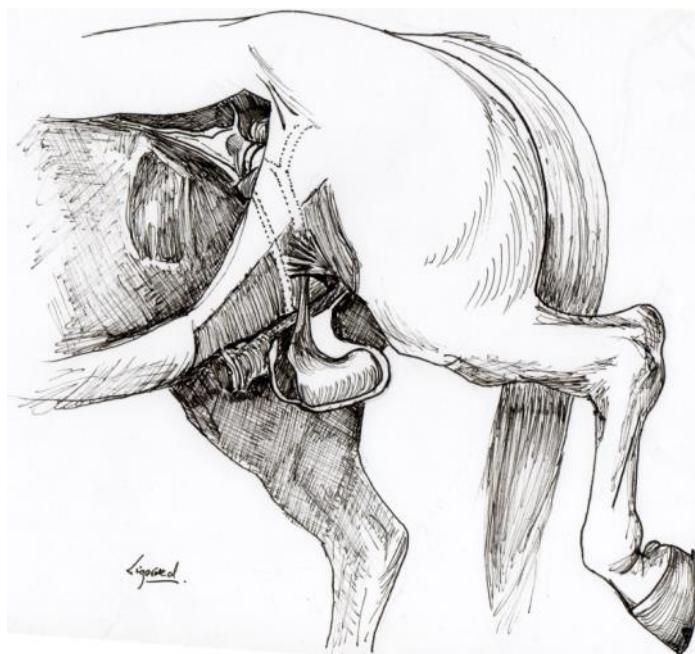
## 2.4 ECOGRAFÍA TESTICULAR

### 2.4.1 BREVE RECUERDO ANATÓMICO DEL TESTÍCULO Y DEL CORDÓN ESPERMÁTICO

#### 2.4.1.1 EL TESTÍCULO

El testículo es el órgano encargado de producir las células germinales, y el primer lugar de producción de hormonas androgénicas, por todo ello, juega un papel importante en la función reproductora del semental. Los testículos están rodeados por la bolsa escrotal, fuera de la cavidad abdominal y suspendidos desde el abdomen por el cordón espermático y los músculos cremáster. En el caballo, el escroto es relativamente corto y menos péndulo que en otras especies. Al igual que en otras especies, los testículos permanecen fuera del abdomen para mantener la temperatura del testículo por debajo de la corporal ( $35-36^{\circ}\text{C}$ ), condición indispensable para una producción de espermatozoides óptima. Esta temperatura se mantiene gracias a los músculos cremáster y al plexo pampiniforme de la arteria y vena testicular (Davies, 2008) (Figura.2.48).

**Figura 2.48.** Ilustración sobre la localización de los testículos en la especie equina.



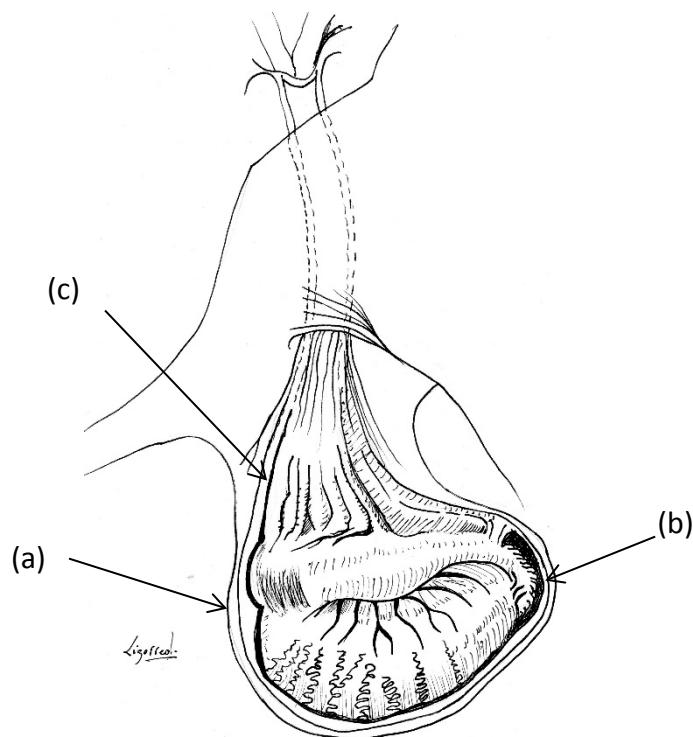
Adaptado a partir de Auer (2012) por Víctor Ligorred

En el descenso embrionario, los testículos parten desde una posición ventral al riñón para luego, pasar a la bolsa escrotal cruzando el anillo inguinal. En el caballo, la posición adoptada por los testículos respecto al cuerpo es horizontal, su tamaño varía a lo largo de los cinco primeros años de vida (Thompson, 1992). Los testículos de un potrillo recién nacido pesan alrededor de 5-10 g, a los 18 meses, con el comienzo de la espermatogénesis, el testículo crece considerablemente hasta llegar a los 300-350 g

por testículo. En un gran número de sementales, el testículo izquierdo es más pequeño que el derecho, la razón de esta diferencia permanece desconocida (Davies, 2008).

Tal y como hemos mencionado anteriormente el testículo está protegido por el escroto, bajo la piel se encuentra la túnica dartos, una capa de tejido conectivo y muscular que ayuda a los músculos cremáster a retraer el testículo. La siguiente cubierta del testículo es la túnica vaginal, que a su vez se divide en dos, la porción vaginal parietal, y la porción vaginal visceral (Figura 2.49). A menudo, se pueden producir adherencias entre estas dos capas de la túnica vaginal, como consecuencia de traumatismo o de la edad. Las adherencias restringen el movimiento de los testículos en el interior de la bolsa escrotal, por lo que los mecanismos de regulación de temperatura pueden ver alterados (Davies, 2008).

**Figura 2.49.** Ilustración de las fascias que recubren al testículo. (a): escroto, (b): túnica dartos, (c): túnica vaginal.



Adaptado a partir de Auer (2012) por Víctor Ligorred

La túnica albugínea es la siguiente estructura que encontramos y tras ella, se encuentra el parénquima testicular. El parénquima testicular está dividido en lóbulos, por láminas de tejido conectivo que se originan en la túnica albugínea. El lecho testicular se divide en dos compartimentos funcionales: los túbulos seminíferos y el tejido intersticial (Setchell, 1991).

La pared de los túbulos seminíferos está formada por fibroblastos, laminina y células mioides (células de músculo liso que proporcionan contracciones rítmicas). En su interior reside una capa de células germinales en diferentes estadios de desarrollo junto con células somáticas de Sertoli. Las células de Sertoli desempeñan un papel

importante en la protección de las células germinales frente a su rechazo. Esto se debe a que no dejan de ser “cuerpos extraños” en el cuerpo del semental, por lo que las células de Sertoli forman una barrera hematológica, controlando el de paso de moléculas desde la sangre. Además segregan lactato, fuente de energía esencial para las espermátidas. Las células germinales liberadas en la luz del túbulo, es decir, las espermátidas, avanzan gracias a las contracciones rítmicas de las paredes, hasta llegar a la *rete testis*, la cual, perfora la túnica albugínea y se comunica con el epidídimo (Davies, 2008).

El tejido intersticial de los testículos está formado mayoritariamente por células de Leydig (21-57% dependiendo de la edad del caballo), además de vasos sanguíneos, linfáticos, nervios y tejido conectivo. Las células de Leydig están involucradas en la producción de hormonas esteroideas, como la testosterona. Existen dos tipos de células de Leydig, las postpubertales, que gradualmente se sustituyen por las adultas, cuya producción de testosterona es mayor (Davies, 2008).

El epidídimo yace en el aspecto dorsal del testículo. La cola del epidídimo (porción que se une al conducto deferente) se localiza en el borde caudal del testículo y la cabeza (unida a la *rete testis*) en el borde craneal. Está formado por un conjunto de túbulos largos muy convolucionados que pueden llegar a medir 45 m de largo y, en caballos maduros, cada uno puede pesar 25 g. Estos túbulos se originan en la *rete testis*, recorren el trayecto del epidídimo para converger todos en un vaso común: el conducto deferente (Davies, 1999) (Figura 2.50).

**Figura 2.50.** Ilustración anatómica del testículo, del epidídimo y del cordón espermático.

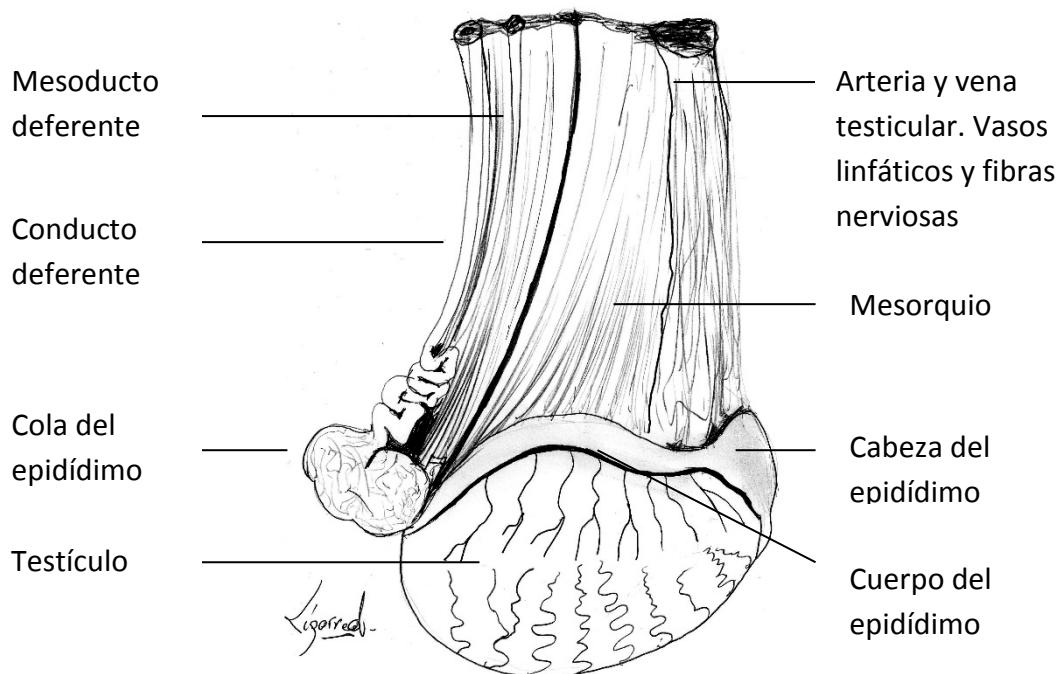


Ilustración: Víctor Ligorred

En función de las características de las células epiteliales, podemos dividir el epidídimo en tres partes (Merkies y Buhr, 1998):

- *La cabeza*: es la parte encargada de la reabsorción de fluidos y solutos que se han generado previamente en los túbulos seminíferos.
- *El cuerpo*: es el responsable de la maduración de los espermatozoides ya que es el lugar en el que se liberan factores de maduración de proteínas andrógeno-dependientes, que permiten que el espermatozoide se capacite en el tracto reproductivo de la yegua (Merkies y Buhr, 1998). Se ha descrito que es el lugar en el que los espermatozoides comienzan a mostrar cierta motilidad (Setchell, 1991).
- *La cola*: es donde se produce el mayor almacenamiento de espermatozoides (hasta el 62% de las reservas gonadales). Pueden permanecer allí desde dos días hasta incluso varias semanas. La cola puede albergar unos  $10 \times 10^9$  espermatozoides, así como el cuerpo unos  $17 \times 10^6$  y la cola  $12 \times 10^6$  (Davies, 1999)

Para que un espermatozoide llegue a la maduración, debe permanecer por lo menos 7 días en el epidídimo. Los espermatozoides que no han llegado a eyacularse se reabsorben, asegurando un aporte continuo de espermatozoides nuevos (Davies, 1999).

#### **2.4.1.2 EL CORDÓN ESPERMÁTICO**

La importancia en la fisiología y cirugía testicular del cordón espermático ha hecho que se estudie profundamente su anatomía (Dilek, 2014). El cordón espermático está formado principalmente por la arteria testicular, el plexo pampiniforme de la vena testicular, el conducto deferente, los músculos cremáster y dartos, nervios, y un vestigio de la túnica vaginal (More *et al.*, 2007) (Figura 2.51). Cada una de estas estructuras anatómicas juega un papel importante en la vascularización testicular (Dilek, 2014).

##### **2.4.1.2.1 La arteria testicular**

La arteria testicular es una rama de la aorta abdominal que atraviesa el anillo para formar el cordón espermático, región en la que la arteria se vuelve tortuosa y realiza múltiples giros (Turner, 2007).

Es un vaso cuyo trayecto caudal se dirige hacia la cola del epidídimo, justo antes, se divide en dos ramas (arterias arcuadas), que penetran la túnica albugínea. Estas ramas tienen un diámetro más grande en la superficie caudal de los testículos y pueden ser visualizadas por ecografía (Samper *et al.*, 2007). Pozor realiza un trabajo en el que se evaluó la morfología de la arteria testicular en testículos de matadero. La mayoría de testículos disecados estaban perfundidos con una sola arteria testicular sin embargo, en ciertos casos el autor encuentra ejemplares con dos e incluso tres arterias testiculares, que discurren por la cara lateral del testículo. La arteria adquiere una forma tortuosa en el cordón espermático, esta porción, junto con la zona marginal de la arteria (porción más distal), son localizaciones empleadas en la valoración ecográfica de la perfusión testicular (Pozor y Kolonko, 2000).

##### **2.4.1.2.2 La vena testicular**

La vena testicular central discurre por el centro del parénquima testicular. En el borde más craneal del testículo la vena adquiere una forma tortuosa, donde emerge para

encontrarse con el plexo pampiniforme. A su vez, el plexo forma un entramado alrededor de la arteria testicular con dos objetivos:

**Figura 2.51.** Corte transversal del cordón espermático. (a): músculo cremáster, (b): túnica vaginal parietal, (c): túnica vaginal visceral, (d): venas testiculares que forman el plexo pampiniforme, (e): arteria testicular, (f): conducto deferente.

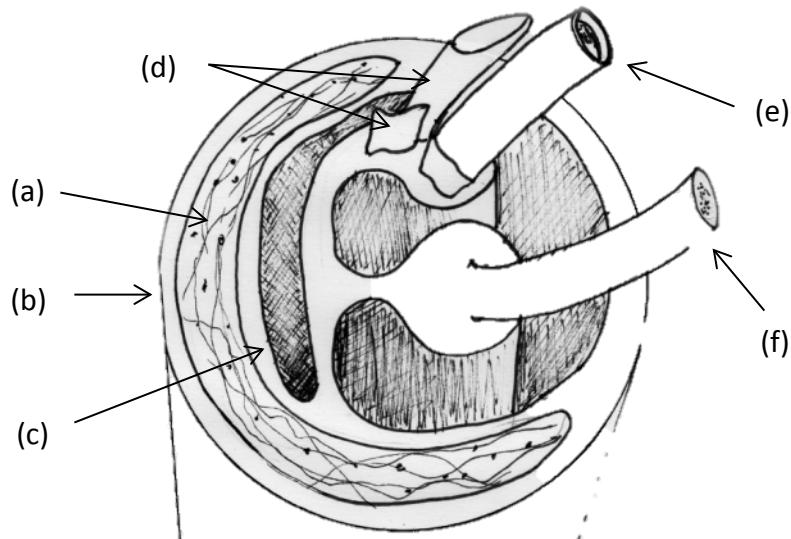


Ilustración: Víctor Ligorred

- Regular la temperatura testicular: permite el intercambio de calor, de forma que la sangre arterial que entra al testículo se refresca, y la venosa que vuelve al cuerpo se calienta.
- Mantener una alta concentración de testosterona en el testículo, puesto que la que saldría con la sangre venosa, pasaría de nuevo a la arterial y regresaría al testículo. El plexo pampiniforme acaba formando una sola vena que desemboca en la vena cava caudal (Davies, 2008).

#### 2.4.1.2.3 El conducto deferente

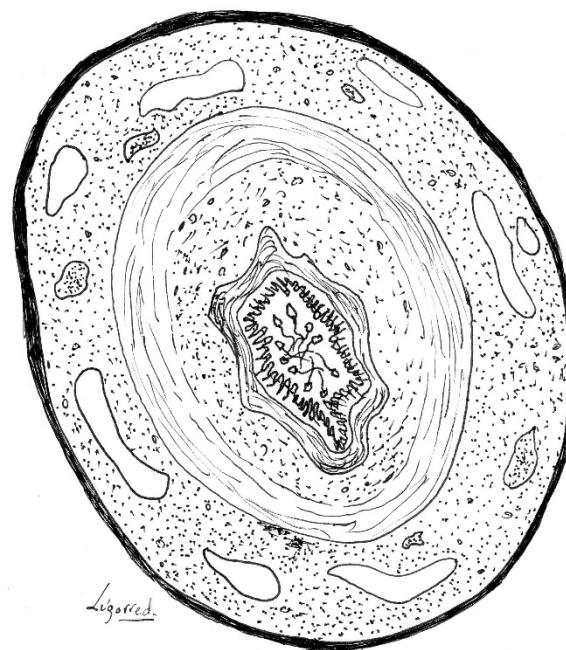
El conducto deferente parte del epidídimo para unirse a la uretra en la región pélvica del semental. Mide unos 25-30 cm de longitud y 4-5 cm de diámetro (excepto cuando se ensancha para formar las ampollas, cerca de su unión a la uretra). Está dotado de una pared muy gruesa compuesta por tres capas de musculatura lisa, la capa más interna tiene una disposición oblicua de las fibras musculares, la capa media es circular y la más externa longitudinal (Davies, 2008) (Figura 2.52).

La pared muscular es la responsable de la generación de contracciones peristálticas que propulsan activamente los espermatozoides desde el testículo hasta la uretra. La luz del conducto está revestida de unos pliegues que se hacen especialmente evidentes cuando sale del epidídimo. Los pliegues aumentan su área de superficie para el almacenamiento de espermatozoides (Davies, 2008).

El conducto deferente entra en la cavidad abdominal del semental desde el testículo, a través del anillo inguinal. El trayecto a través del canal inguinal, lo realiza junto con el

paquete vásculonervioso testicular, manteniendo una estrecha asociación con el músculo cremáster (Setchell, 1991). El músculo cremáster, se divide en dos: el músculo cremáster interno, y el músculo cremáster externo. La porción interna recorre la longitud del canal entre los elementos del cordón espermático: los vasos y nervios testiculares así como el conducto deferente. La porción externa es la más larga y permanece en la pared lateral del canal inguinal. Ambos músculos son los responsables de acercar los testículos al abdomen como respuesta a golpes de frío, calor o situaciones de shock (Davies, 2008).

**Figura 2.52.** Corte transversal del conducto deferente en el que se pueden observar la presencia de espermatozoides en la luz y las distintas capas que conforman la pared del conducto.



Adaptado a partir de Davies (2008) por Víctor Ligorred

## 2.4.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ECOGRAFÍA

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen ampliamente utilizada tanto en medicina humana como en medicina veterinaria que viene usándose y actualizándose desde hace muchos años. En 1917 Langevin y Chilowsky producen el primer generador piezoeléctrico de ultrasonidos. En 1951 se obtienen imágenes unidimensionales con el nacimiento del ultrasonido compuesto. Poco después, en 1957, surgen dispositivos retransmisores de imágenes bidimensionales estáticas. En la década de los 70 se comercializan ecógrafos que transmiten la imagen bidimensional en tiempo real. El modo Doppler a color se desarrolla en 1982 y un año más tarde se comercializan ya equipos que incluyen esta modalidad (Rodríguez *et al.*, 2007). En la década de los noventa se introdujo principalmente en el campo de la ginecología y obstetricia humana la ecografía tridimensional y, más recientemente, la ecografía "en cuatro dimensiones", técnicas que mejoran la potencialidad diagnóstica de la herramienta en el ámbito de las malformaciones fetales (Mazaira *et al.*, 2005).

Su principio físico se basa en la emisión de ondas de ultrasonido (energía mecánica), obtenidas por medio de la vibración de cristales piezoeléctricos (cuarzo, turmalina, circonita de plomo) sometidos a una corriente eléctrica (Pineda *et al.*, 2009). Estos cristales están contenidos en dispositivos llamados transductores o sondas ecográficas conectadas a un monitor. Los transductores permiten transformar una forma de energía en otra, así como concentrar la emisión de ultrasonidos hacia determinados tejidos o líquidos (Villaseñor *et al.*, 2012).

Cuando las ondas chocan contra los tejidos, retornan en forma de eco a los cristales. La energía mecánica producida por el eco se transforma dentro del transductor en energía eléctrica. Finalmente, esta se representa como un punto, de mayor o menor brillo en el monitor, según la intensidad con la que una estructura rebota el eco del ultrasonido (ecogenicidad), la cual depende a su vez del tipo de tejido o del contenido del líquido (Santoro y Di Falco, 2004).

Existen diferentes modalidades para presentar las imágenes ecográficas en función del haz ultrasónico generado por los cristales. Si la emisión del haz es discontinua podemos utilizar los siguientes modos:

*Modo A o de amplitud:* Utiliza un solo haz de ultrasonidos y la información obtenida se recoge en una gráfica. El eje vertical representa la distancia y el eje horizontal la amplitud del eco. Se empleó inicialmente para poder diferenciar estructuras quísticas y sólidas. Actualmente su uso es excepcional (Villaseñor *et al.*, 2012).

*Modo M:* permite valorar las estructuras en movimiento y realizar representaciones gráficas de la amplitud, el tiempo y profundidad de la señal (Villaseñor *et al.*, 2012).

*Modo B ó modo Escala de grises:* es la representación pictórica de los ecos y es la modalidad empleada en todos los equipos de ecografía en tiempo real (Pineda *et al.*, 2009). Las estructuras con mayor intensidad de reflejo aparecen más brillantes que las estructuras con menos reflejo. Se trata de una imagen bidimensional en blanco y negro que puede aportar información sobre la densidad, estructura, textura del tejido explorado (Samper *et al.*, 2007). El modo B se representa en una imagen estática, no obstante, existe también el modo B dinámico o en tiempo real se obtiene en varias imágenes por segundo. Reduce notablemente el tiempo de exploración y aporta

información adicional como el movimiento del corazón, la pulsatilidad de las arterias o los movimientos intestinales. Es el modo ultrasonográfico más utilizado en medicina (Villaseñor *et al.*, 2012).

Cuando la emisión del haz ultrasónico por parte de los cristales es continua hablamos del modo Doppler. Tiene el gran potencial de ofrecer información relacionada con la función de un órgano en lugar de su morfología. Cuando un haz ultrasónico incide en una superficie inmóvil, la onda reflejada (eco) tiene la misma frecuencia que la onda que fue transmitida. En cambio, si la superficie está en movimiento, la onda reflejada tendrá una frecuencia diferente de la transmitida. Esta diferencia recibe el nombre de efecto Doppler (Rodríguez *et al.*, 2007).

*El modo Doppler* permite obtener valores y representar gráficamente el flujo sanguíneo ya que tiene la capacidad de detectar el efecto Doppler de los ultrasonidos al reflejarse sobre los eritrocitos circulantes. Dentro de los vasos sanguíneos, los hematíes se alejan o se acercan al transductor a una determinada velocidad y cuando chocan con la onda sónica ésta es reflejada con una frecuencia y amplitud diferentes a la que fue emitida. Cuando el movimiento de estas células se aleja del transductor, la frecuencia del rebote es menor que la del ultrasonido emitido. Sin embargo, cuando los glóbulos rojos se desplazan hacia el transductor, el eco del ultrasonido tiene una mayor frecuencia que cuando se emite (Castro *et al.*, 2007).

El efecto Doppler depende de la velocidad a la que se mueven los hematíes y del coseno del ángulo entre el haz ultrasónico y la dirección del flujo. Así, conociendo este conjunto de variables de variables, podemos averiguar la velocidad del flujo sanguíneo. La señal Doppler (espectro Doppler) obtenida podemos representarla de 3 modos: como una señal de audio, como una señal de color (con el Doppler color) y como una representación gráfica (con el Doppler pulsado). En la representación gráfica se muestra el espectro de frecuencias detectadas en función del tiempo y la velocidad (de los hematíes) (Rantanen y Mckinnon, 1998).

*Doppler pulsado:* en el Doppler pulsado, se emite un ultrasonido, y no se envía uno nuevo hasta que no regresa el eco del anterior (Rantanen y Mckinnon, 1998).

*El Color-flow Doppler Ultrasonography (CDU) y el Energía Doppler o Power Doppler (PD)* son dos modalidades del Doppler color. El modo CDU permite valorar la distribución de vasos sanguíneos y la velocidad del flujo en vasos específicos en las distintas etapas del ciclo cardiaco. El modo PD constituye una técnica Doppler adicional, que presenta unas particularidades propias, ya que analiza el cambio en la amplitud de los ecos, en lugar del cambio de frecuencia. Se relaciona por ello con la densidad de los hematíes en la muestra, no con su velocidad. Suele ser más sensible para detectar flujos lentos y débiles. Valora mejor los contornos de la luz del vaso y la vascularización tisular, pero con él se pierde información de la velocidad del flujo, ya que no hay escala de colores (Isarria, 2004; Singer *et al.*, 2006) (Figura 2.53).

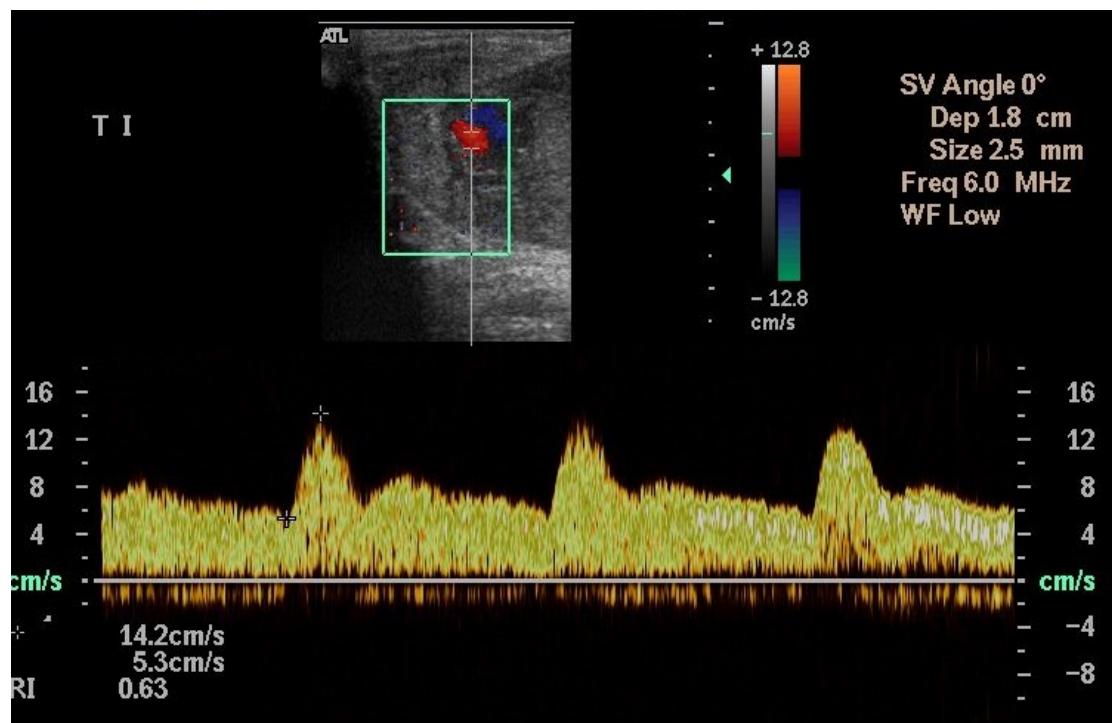
Entre las múltiples aplicaciones clínicas de la ecografía Doppler podemos destacar las siguientes:

- Caracterización de vasos sanguíneos. Distingue una arteria de una vena por el tipo de flujo característico. Diferencia también tipos de arterias según su flujo arterial:

de alta resistencia (propio de las arterias musculares) y flujo de baja resistencia (propio de las arterias que irrigan parénquimas).

- Cuantificación de velocidades de flujo, así como detección y medición del grado de estenosis en un vaso. Las estenosis causan un aumento en la velocidad sistólica proporcional a la reducción de la luz.
- Estudio de alteraciones del flujo en órganos, como en la isquemia por torsión testicular (Isarria, 2004). Con el modo CDU, el flujo sanguíneo se representa en rojo y azul, según si se acerca o aleja del transductor, respectivamente. Estos colores aparecen en distintos tonos que reflejan las distintas velocidades del flujo de forma gráfica, además de obtenerse los valores numéricos a partir de los cuales pueden calcularse diversos índices que ayudan a la valoración de la perfusión del testículo (Reef, 1998).

**Figura 2.53.** Ecografía testicular en modo CDU (Color Doppler Ultrasound) y PD (Power Doppler) combinados. En la parte superior se refleja el modo CDU, a través del cual, en la imagen ecográfica se selecciona el vaso que se desea valorar (en este caso la porción marginal de la arteria testicular). La parte inferior de la imagen muestra el modo PD, que registra las variaciones de la amplitud de los ecos determinando, determinando la velocidad del flujo del vaso seleccionado en el modo CDU, a lo largo de cada ciclo cardíaco.



### 2.4.3 ECOGRAFÍA DE LA PERFUSIÓN TESTICULAR EN MEDICINA HUMANA

Revisando la base de datos de *Pubmed*, podemos ver que los primeros estudios publicados en medicina humana sobre ecografía testicular datan de los años 70, en ellos se describe la ecografía en modo escala de grises como un método fiable para torsiones testiculares (Miskin y Bain, 1974). La primera referencia del uso de la ecografía Doppler para diagnosticar patologías escrotales, torsiones testiculares así como testículos no descendidos data de 1975 (Thompson *et al.*, 1975). En las décadas de los años 80 y 90 diversos artículos resaltan la utilidad de la ecografía Doppler en el estudio de la función testicular (Middleton *et al.*, 1989; Almufti *et al.*, 1995; Atilla *et al.*, 1997; Foresta *et al.*, 1998). Con el fin de valorar la perfusión testicular, los autores miden los siguientes parámetros utilizando el modo CDU:

- Peak Systolic Velocity (PSV)*: Es la velocidad a la que circula la sangre por la arteria durante la sístole cardiaca.
- End Diastolic Velocity (EDV)*: Es la velocidad a la que circula la sangre por la arteria durante la diástole cardiaca.
- Resistive Index o Índice de Resistencia (RI) y Pulsatility Index o Índice de Pulsatilidad (PI)*: Se trata de índices calculados a partir de PSV y EDV y que dan información sobre la resistencia y plasticidad tanto de vasos como de tejidos circundantes. Los parámetros RI y PI se calculan con las siguientes fórmulas:

$$\text{RI} = (\text{PSV} - \text{EDV}) / \text{PSV}$$

$$\text{PI} = (\text{Vmax} - \text{Vmin}) / \text{Vm}$$

A pesar de no ser los únicos índices existentes, son los que se usan más frecuentemente por la facilidad de su cálculo y su representatividad.

En la bibliografía consultada, diversos artículos mencionan la utilidad de la ecografía Doppler y la importancia de los índices RI y PI en la detección de patologías testiculares en el hombre tales como la torsión testicular, orquitis, epididimitis, isquemia, azoospermia o neoplasias (Horstman *et al.*, 1992; Jee *et al.*, 1997; Lefort *et al.*, 2001; Dogra *et al.*, 2004).

El testículo requiere de un aporte sanguíneo constante y estable para su correcta función y maduración. Una reducción en el flujo de sangre a través del testículo conduce a la isquemia y daños irreversibles (Pinggera *et al.*, 2008). Un estudio experimental monitoriza el efecto de la oclusión parcial de la arteria testicular sobre el crecimiento, tamaño y la histología de los testículos en los toros. El autor observa que en los testículos con el flujo sanguíneo restringido, la espermatogénesis es o bien totalmente ausente o presente en solamente una pequeña proporción de los túbulos seminíferos (Kay *et al.*, 1992).

En 2002, un trabajo publicado constata que los índices RI y PSV están íntimamente relacionados con la espermatogénesis. Concluye que ambos parámetros pueden ser unos indicadores más fiables de la producción de semen que la concentración de Hormona Folículoestimulante (FSH) y el volumen testicular. Describe que las variaciones obtenidas son de individuos infériles, en los que el patrón anatómico de las arterias testiculares tiene una luz más estrecha debido a la presencia de células

endoteliales agrandadas, una capa subendotelial engrosada y una adventicia rica en fibras de tejido conectivo y sustancia fundamental. El autor establece una estrecha relación entre el patrón anatómico arterial y la producción de espermatozoides y, por lo tanto justifica el uso de la ecografía Doppler en el diagnóstico de distintas causas de dispermia (Biagiotti *et al.*, 2002).

Otra de las aplicaciones atribuidas al índice RI es la valoración de la integridad testicular tras diversos procedimientos quirúrgicos. A pesar de ser una de las cirugías más frecuentes, el efecto de la reparación de la hernia inguinal sobre la vascularización testicular ha generado controversia. Esto se debe a que si se realiza una oclusión excesiva del anillo inguinal interno o externo, se pueden obstruir la arteria o venas testiculares produciendo una orquitis isquémica y consecuentemente una atrofia testicular (Hidalgo *et al.*, 2001). Por otro lado, ciertas técnicas de herniplastia utilizan mallas que crean reacciones inflamatorias de cuerpo extraño en tejidos adyacentes, por lo que, dada su proximidad con el cordón espermático, podría afectar a la vascularización del testículo y por lo tanto a la función del mismo (Peiper *et al.*, 2006). Varios autores han valorado la integridad testicular en diversas técnicas quirúrgicas de herniplastias inguinales, mediante el uso del modo CDU. Junge realiza un estudio experimental sobre la técnica de reparación de Lichtenstein y el procedimiento TAPP. El autor señala que las técnicas de herniplastia y el material de las mallas empleadas en ellas alteran la integridad del cordón espermático, lo que repercute directamente sobre la función del testículo (Junge *et al.*, 2011). Sin embargo, existen numerosos artículos publicados en medicina humana que coinciden en que las herniplastias libres de tensión estudiadas (reparación laparoscópica en niños mediante sutura, técnica TEP, técnica de Lichtenstein) no repercuten sobre la perfusión testicular (Zieren *et al.*, 2001; Aydede *et al.*, 2003; Dilek *et al.*, 2005; Beddy *et al.*, 2006; Celik *et al.*, 2009; Koksal *et al.*, 2010; Mijaljica *et al.*, 2011; Parelkar *et al.*, 2011; Bulus *et al.*, 2013; Dilek, 2014).

#### 2.4.4 ECOGRAFÍA DE LA PERFUSIÓN TESTICULAR EN ÉQUIDOS

La ecografía no empezó a utilizarse en medicina veterinaria hasta mediados de los años setenta. Su uso se ve fuertemente incrementado a partir de los noventa gracias a la mejora de sus prestaciones y a un precio más asequible (Reef, 1998). En el campo de la reproducción equina la ecografía adquiere un papel importante, y, aunque se emplea mayoritariamente en las yeguas, también puede ser una herramienta muy útil para realizar una valoración del tracto reproductivo del semental, sobre todo en casos de problemas de fertilidad (Pozor, 2005; Ortega-Ferrusola *et al.*, 2014).

La exploración ecográfica del escroto, del testículo, del epidídimo y cordón espermático del caballo se describe por primera vez en 1992, el autor emplea el modo escala de grises para poder describir la anatomía ecográfica fisiológica del testículo y estructuras adyacentes (Love, 1992; Love y Varner, 1998). Las glándulas accesorias sexuales así como la uretra se detallan ecográficamente en otros artículos (Pozor y McDonnell, 2002).

Pozor resalta la utilidad del modo B para diagnosticar patologías del escroto o de los genitales internos (Pozor, 2005). Las mediciones del flujo sanguíneo testicular de sementales obtenidas mediante ecografía Doppler se describen por primera vez en 2004 (Pozor y McDonnell, 2004). En el estudio, seleccionan los mismos índices utilizados en medicina humana para representar la perfusión del testículo además de otros órganos. Concretamente toman las medidas en tres localizaciones diferentes de la arteria testicular (Figura 2.54).

**Figura 2.54.** Localizaciones de la sonda para tomar las mediciones del flujo sanguíneo de la arteria testicular: a) cordón espermático, parte convolucionada, b) eje epididimario, aspecto marginal, c) polo caudal del testículo, aspecto marginal.

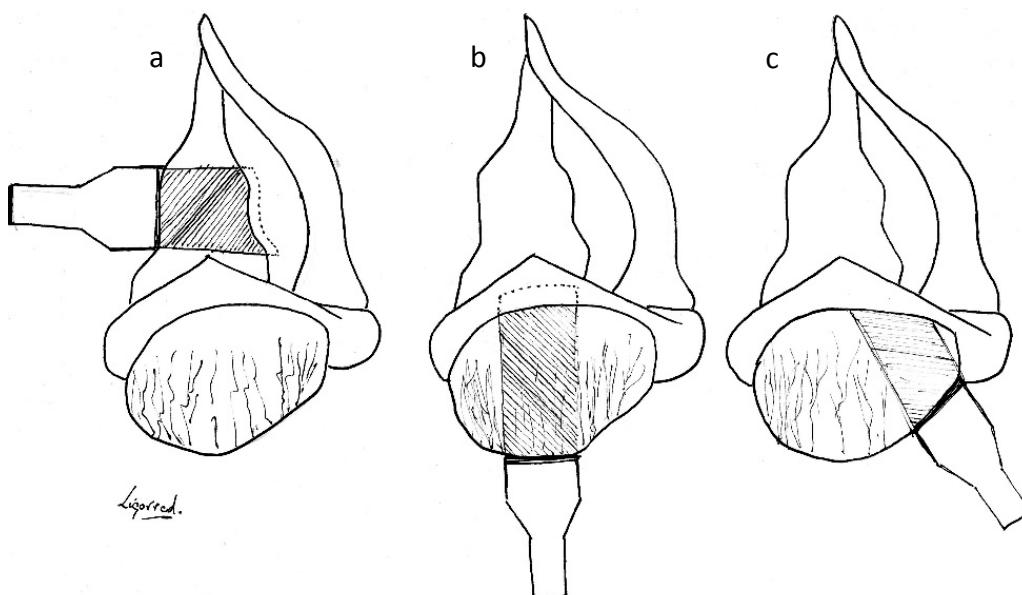
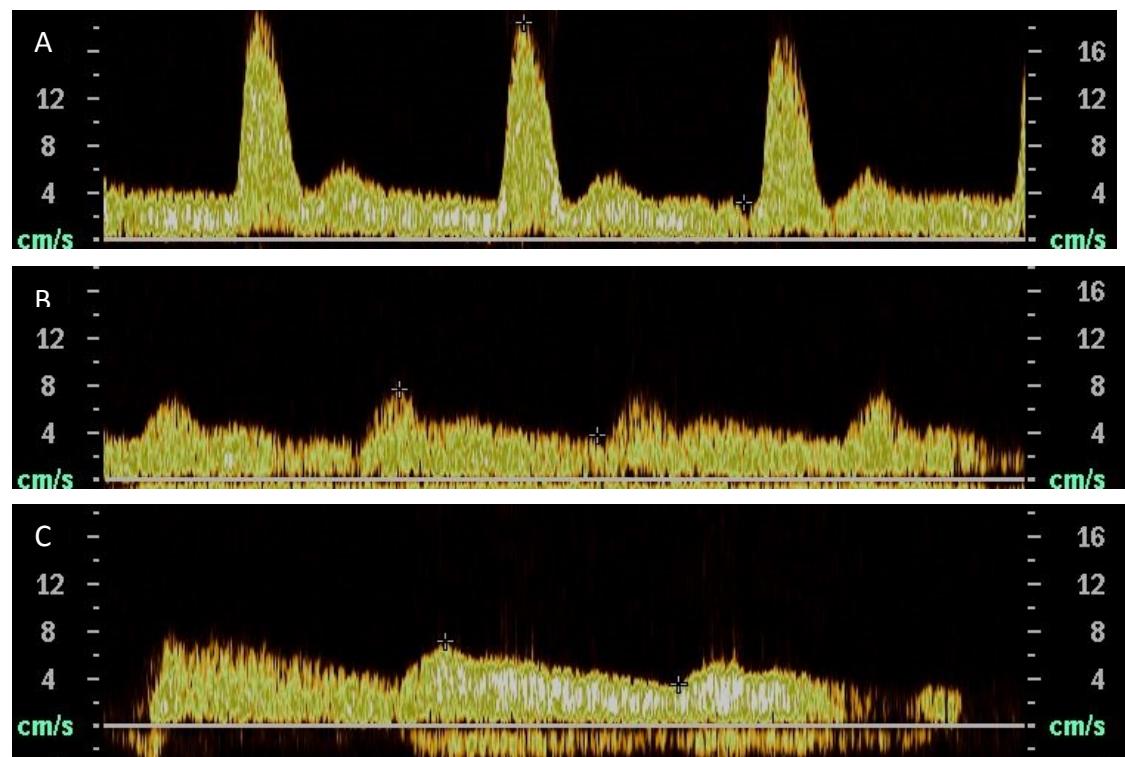


Ilustración: Víctor Ligorred

El autor reporta gracias al estudio los rangos de valores y los valores medios para cuatro parámetros representativos del flujo sanguíneo (PSV, EDV, RI y PI) en dos regiones de la arteria testicular (cordón testicular y parte marginal). Las variaciones obtenidas en el estudio en lo que se refiere a los valores medidos y los patrones de ondas, se corresponden con caballos afectados de alguna patología testicular (atrofia, tumores, torsión del cordón testicular, hidrocele).

El trabajo analiza además la forma de las ondas del flujo sanguíneo, caracterizándose dos patrones principales: resistente y no-resistente. El patrón resistente se caracteriza por una onda de forma bifásica, implica una gran diferencia entre la velocidad sistólica (PSV) y la velocidad diastólica (EDV) del flujo sanguíneo, por lo que el RI es alto. Este patrón bifásico es típico de la porción de la arteria testicular más cercana al cordón testicular. En el patrón no-resistente, las ondas del flujo son monofásicas (sólo se visualiza el pico correspondiente a la sístole), en este caso la diferencia entre PSV y EDV es menor, por lo que el RI es más bajo (Figura 2.55). Este patrón se corresponde principalmente con la región marginal de la arteria testicular. El hallazgo de ambos patrones de flujo arterial en un mismo individuo difiere de la especie humana y canina dónde el patrón predominante es el no resistente monofásico. Pozor baraja la posibilidad de que el carácter “resistente” de la onda en la zona del cordón testicular se deba a que el testículo de caballo permanece en posición horizontal, a que el cordón testicular es demasiado corto y a que la arteria es muy tortuosa (Pozor y McDonnell, 2004).

**Figura 2.55.** Ecografía modo Doppler pulsado. A: onda bifásica resistente. B: onda bifásica no resistente. C: onda monofásica no resistente.



De los cuatro índices estudiados, PSV y EDV presentan una mayor variabilidad individual que los parámetros RI y PI, ya que éstos son medidas indirectas y son indicadores más sensibles que PSV y EDV, por otro lado, son dos índices que aportan más información además de la velocidad sanguínea (resistencia y plasticidad de vasos y tejidos circundantes). El parámetro RI es el más útil en la clínica, ya que es más sensible que PI y se ve alterado en procesos inflamatorios, por efecto de la edad y por procesos degenerativos (Pozor y McDonnell, 2004).

Middleton describe en 1989, las ondas de flujo de las arterias testiculares en hombres sanos y establece los rangos de referencia del flujo sanguíneo testicular (Middleton *et al.*, 1989). Al igual que Pozor, el autor reporta que la velocidad de las ondas de la arteria supratesticular es variable en comparación con las arterias intratesticulares. El RI de las arterias intratesticulares humanas es más bajo que en la arteria supratesticular (Middleton *et al.*, 1989), así como en caballos, Pozor tan solo describe los valores de RI en el aspecto marginal de la arteria son ligeramente más bajos que en la Proción convolucionada. Debido a las limitaciones de sus equipos de ultrasonografía, no pueden medir el flujo sanguíneo de las arterias intratesticulares (Pozor y McDonnell, 2004).

Las arterias intratesticulares pueden ser una fuente de elección para tomar las mediciones de flujo sanguíneo con el modo CDU. Según Pinggera, cuanto más integrado está un vaso en un tejido, mejor representa su verdadera perfusión (Pinggera *et al.*, 2008). El flujo de la arteria en su porción convolucionada es muy similar al de la aorta abdominal, de tal manera que a esa altura, no refleja con tanta exactitud el estado del testículo (Gómez-Ochoa, 2013).

La influencia de la herniorrafia laparoscópica con preservación de testículos también se ha estudiado en la especie equina en un estudio. Sin embargo, hace referencia solamente a la técnica laparoscópica de colgajo peritoneal con el caballo en estación. Los resultados obtenidos indican una alteración del patrón vascular de los caballos intervenidos en el estudio. Los autores atribuyen los cambios vasculares a un probable proceso hiperémico, ya sea fisiológico (época reproductiva) o patológico (estenosis parcial de la arteria testicular o proceso inflamatorio) (Ortega-Ferrusola *et al.*, 2014; Gracia-Calvo *et al.*, 2015).

## 2.5. RECOLECCIÓN Y VALORACIÓN DEL SEMEN

La recolección de semen es un factor crucial en los programas de inseminación artificial (IA) de la yegua (Brinsko *et al.*, 2011b). Otra utilidad de la recogida es la valoración del semen para evaluar la capacidad reproductiva de los sementales. (Anon.2014). La IA en la yegua, en contra de lo que puede parecer, es una técnica muy antigua. Un libro árabe publicado en el siglo XIV narra una leyenda sobre la inseminación artificial realizada por los beduinos árabes alrededor del año 1200. El semen de los mejores caballos era recogido mediante esponjas que se colocaban en el fondo de la vagina de una yegua antes de ser cubierta. Posteriormente esta esponja era exprimida en el fondo de la vagina de yeguas en celo para así obtener gestaciones. La misma leyenda relata que este pudo ser el origen de la raza árabe (Aurich, 2012). En 1897, el sacerdote y científico italiano Lazarro Spallanzani realiza la primera recogida de semen y posterior IA, exitosas ambas dos, en perros. En 1888, el veterinario francés Repiquet sugiere que la IA puede ser una herramienta excelente para aumentar el número de yeguas preñadas por caballo o toro, para obtener híbridos como las mulas, o para aumentar la tasa de preñez en el caso de machos subfértilles. Antes de la Primera Guerra Mundial, Sand recolecta semen con condones elaborados a base de vejiga de cerdo y obtiene 4 potros de 8 yeguas inseminadas artificialmente (Aurich, 2012). Más tarde, el veterinario ruso Iwanoff realiza recolecciones de semen con esponjas de seda, implantadas en yeguas antes de ser cubiertas por el semental, para posteriormente inseminar transcervicálmente otras yeguas. En 1912, el mismo Iwanoff demuestra con fotografías que los productos obtenidos de la IA son igual de excelentes que los obtenidos por monta natural. Es entonces, cuando los veterinarios rusos descubren que la principal ventaja de la IA es la obtención de una descendencia mucho mayor de sementales de élite, que por monta natural (Guttmacher, 1943).

Tras la Primera Guerra Mundial, el desarrollo imparable de la IA se enfoca principalmente en el ganado ovino y vacuno. Esto se debe a que el valor económico del caballo disminuye notablemente en esa época, y a que los trabajos experimentales se llevan a cabo más fácilmente en estas dos especies que en équidos. Los espermatozoides del toro y del carnero son más resistentes que los del caballo y por otro lado, el ciclo estral de la yegua es bastante más complejo que el de la vaca o el de la oveja (Aurich, 2012). McKenzie en 1939 y Berlín en 1942 realizan estudios sobre la recogida de semen, su tratamiento y la IA en el caballo y el gato (Foote, 2002). A raíz de dichos estudios experimentales, se empiezan a diseñar los dispositivos de recolección seminal tales como la vagina artificial o el maniquí conocido también como *phantom* o *dummy*, evitando este último el contacto entre el caballo y la yegua para realizar la recogida. Los primeros *phantoms* diseñados intentaban simular a la perfección la silueta de una yegua. A partir de este momento la IA se convierte en una herramienta que combate la transmisión de las enfermedades venéreas (Aurich, 2012).

No obstante, si bien la inseminación artificial adquirió en otras especies un notable desarrollo durante el siglo XX, en los équidos no ha empezado a extenderse hasta los últimos 20-25 años. A diferencia de otras especies, la IA en yeguas no ha sido una técnica ampliamente recurrida debido a las dificultades y riesgos para el operario que entraña la extracción del semen. A este hándicap hay que añadir que los espermatozoides del semental pierden su capacidad fertilizante a las seis horas de la recogida, si se conservan a temperatura ambiente (Aurich, 2012).

### 2.5.1 METODOS DE RECOGIDA DE SEMEN EN EL CABALLO

Existen diferentes protocolos estandarizados y dispositivos para la recogida de semen, con el caballo montado sobre una yegua o un maniquí (*phantom*). Cuando la extracción se realiza con una yegua, es recomendable que la hembra esté en celo (de manera natural o inducida hormonalmente) o bien ovariectomizada para que consienta la monta del caballo. Además es necesario realizar una buena selección de yegua teniendo en cuenta que debe ser proporcional al tamaño del caballo y ser lo suficientemente fuerte como para soportar el peso del semental (Brinsko *et al.*, 2011b). Esta selección tiene un carácter importante ya que la sensación de falta de estabilidad puede inhibir la eyaculación en el caballo (Dalmau, 2012).

Cuando se emplea un maniquí, basta con la presencia de la yegua cerca del caballo, sin embargo, esta técnica requiere un entrenamiento previo del semental. El uso de un maniquí en lugar de la yegua, proporciona una monta más estable y reduce el riesgo de accidentes para los animales y los operadores (Dalmau, 2012). A finales de la década de los 90, se diseñan *phantoms* con la vagina artificial (VA) incorporada, capaces de fraccionar el semen en diferentes recipientes. En un estudio se compara la calidad del obtenido con modelo de *phantom* (*Equidame®*) con la extracción manual utilizando la VA (modelo Missouri) viéndose que el eyaculado obtenido con el maniquí tiene una menor carga bacteriana que el obtenido con la VA. Sin embargo, la motilidad espermática es similar en ambos métodos de recogida de semen (Lindeberg *et al.*, 1999). En casos aislados, la extracción se puede realizar con el caballo en estación o mediante estimulación farmacológica (Aurich, 2012) (Figura 2.56).

**Figura 2.56.** Modelo de *phantom* utilizado para la extracción de semen en el Centro Militar de Cría Caballar de Zaragoza. La yegua se introduce en el potro de contención, que está colocado justo al lado del maniquí.



### **2.5.1.1 VAGINA ARTIFICIAL**

Se trata de un dispositivo que simula las condiciones naturales de la vagina de la yegua cuya finalidad es estimular al semental, de tal manera que la eyaculación se produce en su interior. Una de sus ventajas es que permite reducir la contaminación bacteriana de los eyaculados (Davies, 1999; Anon.2014).

La técnica consiste en que cuando el semental monta a la yegua, el operario desvía el pene hacia un lado y lo dirige hacia la vagina artificial. Generalmente, la vagina artificial debe mantenerse inmóvil, con su extremo distal elevado y apoyada contra la yegua o el maniquí, en algunos casos puede requerirse un estímulo adicional que puede aplicarse comprimiendo el glande, masajeando la base del pene o empujando la vagina hacia el caballo. Durante la recolección, el operario puede colocar su mano en la base ventral del pene para detectar las pulsaciones uretrales de la eyaculación. El contacto del semen con el látex y la vagina caliente puede alterar la calidad de los espermatozoides. Por eso, en el momento de la eyaculación, el operario debe bajar el extremo distal de la VA, con el fin permitir que el semen pase lo antes posible al recipiente de recolección (Brinsko *et al.*, 2011b; Dalmau, 2012).

La aceptación de la VA por parte del macho depende de tres factores: temperatura, presión y lubrificación de la vagina. Con ligeras variaciones, todos los modelos constan de un cilindro rígido o flexible, una cubierta interior de igual o distinto material (normalmente látex) que crea una cámara, dentro de la cual se introduce agua caliente para lograr las condiciones idóneas de temperatura y presión para cada semental. La lubrificación se consigue colocando un lubricante no espermicida únicamente en el primer tercio para evitar que contamine el semen. La temperatura interior de la vagina debe estar entre los 40 y 47° C. La VA está conectada a un recipiente de recogida, los más utilizados son recipientes de plástico comercializados con este fin o biberones. Este recipiente de recogida debe de estar protegido de la luz solar y a una temperatura de entre 36 y 38° C. Es aconsejable evitar someter al semen a la luz solar o a cambios bruscos de temperatura, debido a que ambos son letales para los espermatozoides (Brinsko *et al.*, 2011b; Dalmau, 2012; Anon.2014).

Actualmente, los diferentes modelos de VA disponibles en el mercado son los siguientes:

a) *Modelo Missouri.*

Se trata de un modelo ligero y eficaz que consta de una doble cámara de látex termosellada. Lleva incorporada una válvula para poder llenar de agua caliente el espacio que queda entre las dos cámaras (Davies, 1999; Dalmau, 2012). Es un modelo ligero y económicamente asequible, que presenta la ventaja adicional de que el glande del pene del semental se hincha pasada la cámara que contiene el agua caliente, por lo que el eyaculado no se ve afectado por la temperatura del agua (Anon.2014). Esta es una ventaja muy útil en el caso de los sementales que prefieran altas temperaturas (Brinsko *et al.*, 2011b) (Figura 2.57 y 2.58).

**Figura 2.57.** VA modelo Missouri con sus fundas protectoras, el recipiente de recogida y el filtro que se incorpora en su interior.



**Figura 2.58.** Extracción de semen con el modelo de VA Missouri.



b) *Modelo Colorado.*

Este modelo consta por un lado de un armazón de plástico duro y por otro lado de dos fundas de látex independientes. Es una VA pesada debido a que contiene un gran volumen de agua para que la retención del calor sea máxima. Sin embargo, es muy larga, por lo que el semen eyaculado puede verse afectado por el calor del agua (Brinsko *et al.*, 2011b; Anon.2014).

c) *Modelo japonés o Nishikawa.*

Está formado por una coraza de aluminio y un forro de látex al que se le incorpora un anillo de espuma plástica en la parte anterior con el fin de estimular el glande. Es una VA ligera y fácil de manejar cuya principal ventaja es que el semen se deposita directamente en el receptáculo sin entrar en contacto con el látex. Sin embargo, el riesgo de que el agua entre el interior de la VA es alto (Brinsko *et al.*, 2011b; Anon.2014).

d) *Modelo polaco o Krakow.*

Es una versión más corta de las VA Colorado o Missouri. Su porción terminal permanece abierta, lo que permite realizar una recogida selectiva de la fracción rica en espermatozoides. Este método de extracción permite aumentar la concentración espermática y reducir la concentración de plasma seminal en el eyaculado. Los tres primeros pulsos del eyaculado contienen del 60 al 80% de los espermatozoides (Anon.2014). Sin embargo, es un método que requiere varios operarios para realizar la extracción (Dalmau, 2012).

En el mercado están disponibles además de los anteriores, otros modelos de VA tales como el CSU (modificación del modelo Colorado), el INRA (Francés) y el Roanoke (Brinsko *et al.*, 2011b). Existen camisas desechables para la mayoría de estos modelos, lo que permite una recogida más higiénica pero, así como el látex es casi siempre bien tolerado, muchos caballos rechazan el tacto del plástico (Davies, 1999; Dalmau, 2012).

### **2.5.1.2 PRESERVATIVO**

El preservativo es una alternativa de la VA, su uso se limita al igual que colector cervical a sementales que no aceptan la VA o en situaciones en la que no se dispone de ella. Los sementales más reacios a la VA son aquellos que han cubierto siempre por monta natural, o aquellos que nunca han cubierto. La calidad del eyaculado recogido en el preservativo es peor que el extraído con VA, esto es debido a que el eyaculado en el primero permanece en contacto con el pene, por lo que es susceptible de contaminarse. Es una técnica engorrosa ya que el preservativo se coloca sobre el pene en erección y debe recuperarse inmediatamente después de la cubrición evitando que caiga al suelo (Brinsko *et al.*, 2011b). El semen debe ser filtrado para eliminar los detritus del exterior del pene y evitar así una gran contaminación bacteriana (Dalmau, 2012) (Figura 2.59).

### **2.5.1.3 ESTIMULACIÓN MANUAL**

La masturbación es una técnica indicada en casos de sementales con problemas del aparato locomotor que les impidan o dificulten la monta o con problemas como ataxia o incoordinación. Sin embargo, este tipo de recolección lleva consigo una labor ardua durante el periodo de entrenamiento. Aun así, suele ser un método bien aceptado por los animales y es muy práctico y eficaz una vez que el semental está acostumbrado (Crump y Crump, 1994).

La masturbación consiste en colocar al semental en un potro de contención. La excitación se consigue mostrándole una yegua en celo. Cuando el pene entra en

erección, se coloca una bolsa sobre el glande y unas compresas atemperadas a 45 °C, una en el glande y otra en la base del pene. El operario debe masajear el pene hasta que se produce la eyaculación (Davies, 1999). El semen se recoge en una bolsa de plástico estéril. Otras variaciones de la masturbación emplean la vagina artificial para estimular el pene o permiten la monta del animal sobre una yegua o un maniquí tomando entonces el pene y masajeándolo (Dalmau, 2012).

Se ha descrito que el semen recogido mediante estimulación manual tiene unas características similares al recogido mediante VA (Davies, 1999).

**Figura 2.59.** Modelo comercial de preservativo para caballos (*Pro-Safe®*).



Tomada de [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

#### **2.5.1.4 EXTRACCIÓN DE ESPERMATOZOIDES DEL CONDUCTO EPIDIDIMARIO**

La extracción de espermatozoides epididimarios es una técnica muy útil para preservar reservas genéticas de animales valiosos que han sufrido una muerte súbita (Maradás *et al.*, 2006). Barker describe por primera vez en 1957, el nacimiento de un potro fruto de una IA con semen congelado. El autor reporta la utilización espermatozoides congelados extraídos previamente del epidídimo (Dalmau, 2012).

El epidídimo tiene diversas funciones, una de ellas es la absorción de fluidos generados en los túbulos seminíferos (función que se realiza en la cabeza), promoviendo la concentración de los espermatozoides; otra es la destrucción de espermatozoides defectuosos, y por último la maduración (en el cuerpo del epidídimo) y el almacenamiento de los espermatozoides (cola del epidídimo) (Maradás *et al.*, 2006). La capacidad de almacenamiento epididimario es suficiente como para generar 10 eyaculaciones seguidas, independientemente de la edad, tamaño o actividad reproductiva del animal (Bedford, 1994; Maradás *et al.*, 2006).

Se ha descrito que tras la muerte o castración de un semental, los espermatozoides epididimarios permanecen viables durante 24h (Maradás *et al.*, 2006).

La técnica consiste en diseccionar el epidídimo y coloca una cánula en el conducto deferente. Posteriormente, se secciona el epidídimo en la zona de unión entre el cuerpo y la cola del epidídimo y se realiza un lavado retrógrado de la cola del epidídimo con un diluyente adecuado (Dalmau, 2012) (Figura 2.60).

Las principales desventajas de esta técnica incluyen por un lado, que los espermatozoides obtenidos del epidídimos pueden presentar un cierto grado de inmadurez. Estos espermatozoides se caracterizan por la presencia de un gran número de gotas citoplasmáticas y una baja motilidad (Dalmau, 2012). Por otro lado, en los casos de recolección *postmortem* el estado de las células suele ser muy deficiente, esto se debe a que los espermatozoides son muy sensibles a condiciones de hipoxia, a la acción de los fármacos y a la endotoxemia. Por ello la obtención de semen en animales muertos por cólico o enfermedades que han precisado tratamientos farmacológicos puede no obtener buenos resultados (Braun *et al.*, 1994; Crump y Crump, 1994; Maradás *et al.*, 2006).

### **2.5.1.5 EYACULACIÓN FARMACOLÓGICA**

En este procedimiento, el veterinario recurre al uso de fármacos con la finalidad de inducir la eyaculación en los sementales. Esta técnica puede ser una alternativa en el caso de sementales que manifiestan una falta de libido o problemas de erección, monta o eyaculación (Davies, 1999).

A pesar de las grandes líneas de investigación instauradas sobre este tema, aún se desconocen las vías nerviosas así como los receptores que desencadenan la eyaculación (Dalmau, 2012). Diversos autores proponen que la eyaculación está mediada por receptores  $\alpha_2$  adrenérgicos. Esta teoría surge a raíz de que los fármacos  $\alpha_2$  adrenérgicos tienen un efecto sobre el sistema nervioso central, incluyendo los sistemas de norepinefrina, dopamina y serotonina, los cuales a su vez juegan un papel importante en la libido, en la erección y eyaculación del macho (Davies, 1999).

La técnica consiste en administrar el fármaco al semental y permanecer cerca de él con un recipiente de recogida estéril. La eyaculación se produce independientemente a la protrusión o erección del pene del caballo, entre los diez minutos y media hora después de la aplicación del fármaco (Dalmau, 2012).

En la bibliografía podemos encontrar descrito el uso de varios fármacos a fin de provocar la eyaculación *excopula* en équidos: Xilacina (Mc Donnell, 1993), Hidroclorato de Clomipramina, en combinación con Xilacina (Dalmau, 2012), Imipramina en bajas dosis (Mc Donnell, 1993), Imipramina en combinación con Xilacina (Mc Donnell, 1993; Card *et al.*, 1997; Johnston y DeLuca, 1998), Detomidina (Rowley *et al.*, 1999), Romifidina y prostaglandinas (Dalmau, 2012).

### **2.5.1.6 COLECTOR CERVICAL**

Es un método que se ha venido usando en ocasiones puntuales desde hace bastante años con dispositivos fabricados artesanalmente, aunque la distribución comercial del colector no ha comenzado hasta hace cuatro o cinco años (Vázquez, 2012).

El uso del colector cervical como método de recogida de semen en caballos reduce el número de operarios, el tiempo y el coste económico. Es un método útil para caballos que no aceptan la vagina artificial o el preservativo; debido a que el semental no detecta ninguna diferencia respecto a la monta natural.

El colector cervical es un recipiente de cristal, realizado mediante la técnica de soplado de cristal. En el dispositivo se aprecian tres partes diferenciadas: la boca, la ampolla, el cuerpo del colector (Figura 2.60). La técnica consiste en introducir el colector a través

de la vagina y colocarlo en el cérvix de la yegua en celo. Una vez introducido el cuerpo del colector en el cérvix, se realiza una presión moderada sobre la ampolla hasta que, dilatando el cérvix, esta se introduce también. Es importante que la ampolla entre el cérvix para obturar completamente la entrada de semen en el útero. Por último, el operario debe cubrir la boca del colector con los labios del cérvix para impedir que el semental detecte la presencia de este durante la cubrición (Dalmau, 2012).

Este método presenta la gran desventaja de que no elude la transmisión de enfermedades venéreas, por lo que no es un método de elección para la extracción rutinaria de semen (Dalmau, 2012).

**Figura 2.60.** Colector cervical.



#### **2.5.1.7 ELECTRO-EYACULACIÓN.**

Es un método de extracción utilizado en la vacuno y ovino, sin embargo, en el caballo, es una práctica raramente utilizada. Se basa en la estimulación eléctrica de la musculatura que rodea el conducto deferente, la uretra, las glándulas accesorias y la base del pene. La necesidad de aplicar altos voltajes a través del recto produce reacciones indeseables por parte del caballo, por lo que se recomienda realizar bajo anestesia general. El eyaculado obtenido es de peor calidad que con otros métodos de extracción, resultando en una concentración espermática menor (Davies, 1999).

## 2.5.2 VALORACIÓN DEL SEMEN

El término semen se aplica al conjunto del plasma seminal con espermatozoides (Figura 2.61) y, en el caballo es un fluido gelatinoso de color lechoso (Davies, 2008). La evaluación del semen en équidos persigue dos objetivos principales (Magistrini, 2000):

- Predecir la capacidad fertilizante de los sementales.
- Determinar si las muestras son aptas o no para ser conservadas mediante refrigeración o congelación.

**Figura 2.61.** Espermatozoide típico de la especie equina.

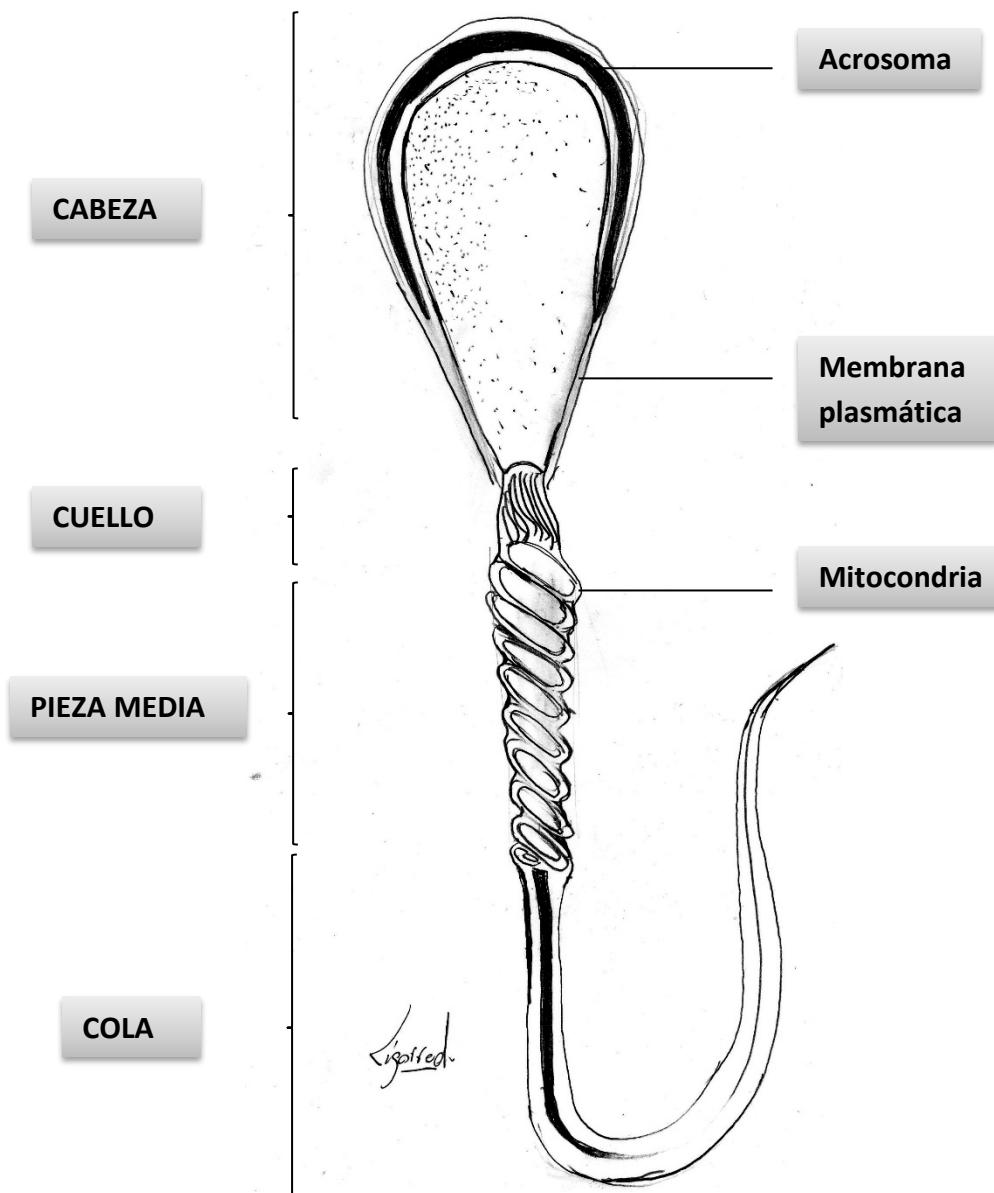


Ilustración: Víctor Ligorred

Con el fin de comprobar si el semen recogido es de buena calidad y puede ser capaz de dejar preñada a una yegua, se debe realizar de manera rutinaria una valoración según su apariencia, volumen, concentración de células espermáticas y la motilidad de estas (Ruckebusch y Phaneuf, 1994).

En 1678, Van Leeuwenhoek es el primero en poder observar los espermatozoides mediante el uso de lentes perfeccionadas. En el siglo XX, se estudia la dilución del eyaculado con medios adecuados, ya que, por un lado contrarresta los efectos perjudiciales de la fracción de gel y, por otro lado, permite realizar una profunda valoración del eyaculado (Aurich, 2012). El empleo de medios para la conservación del semen o *extenders* permite mantener los espermatozoides vivos, durante un determinado número de horas, así, el semen puede ser transportado de forma refrigerada o puede congelarse para ser almacenado durante años, para ser utilizado en programas de Inseminación artificial (IA). Por otro lado la suplementación de estos diluyentes con antibióticos evita la proliferación bacteriana en la muestra. El mercado de la reproducción ofrece hoy en día un amplio abanico de diluyentes comerciales (Brinsko *et al.*, 2011b).

Una vez realizada la recogida, en el caso de que el laboratorio esté a una distancia considerable, se procede a diluir (dilución 1:1 ó 1:2) el semen con un *extender* para optimizar su conservación. Si no se diluye, manteniéndose a temperatura ambiente o corporal, los espermatozoides pierden su motilidad y mueren rápidamente. Por ello se recomienda diluir el semen, ya que se conserva fértil durante 24-72 horas a temperatura ambiente y más tiempo si se enfriá gradualmente y se mantiene a bajas temperaturas. El semen debe proteger de la luz y de cambios bruscos de temperatura hasta llevarlo al laboratorio (Brinsko *et al.*, 2011b). Todos los materiales del laboratorio empleados en la valoración deben ser atemperados (38 °C) antes de tocar el semen (Davies, 1999).

Una vez en el laboratorio, los parámetros valorados son los siguientes:

### **2.5.2.1 VOLUMEN DE EYACULADO Y CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS**

Si no se ha realizado previamente, el primer paso es el filtrado del eyaculado para eliminar posibles detritus y la porción de gel. Se observa el color, densidad y volumen de la porción libre de gel y el volumen de la porción gelatinosa. El volumen no está correlacionado con la fertilidad, pero es necesario conocerlo para calcular el número total de espermatozoides (Brinsko *et al.*, 2011a).

Generalmente, el volumen de eyaculado en el caballo puede oscilar en un rango de 30 a 250 ml. El promedio de los sementales es de 100 ml totales, de los cuales, 20-40 ml son gel (fracción no deseada) y el resto, porción libre de gel (deseada) (Davies, 1999).

En cuanto a las características macroscópicas, el examen del color permite diagnosticar determinadas patologías como la urospermia (color amarillento), o la hemospermia (color rosado), o la piospermia (presencia de material purulento). Esta parte del examen es importante ya que, la presencia de cualquiera de estas patologías en el semental hace que la viabilidad del eyaculado se vea gravemente comprometida (Davies, 1999).

### **2.5.2.2 CONCENTRACIÓN ESPERMÁTICA**

La concentración espermática es uno de los valores más usados para estimar por un lado la fertilidad del semental y, por otro lado, el número de yeguas que pueden inseminarse con un solo eyaculado. Sin embargo, este parámetro está sujeto a diversos factores de variación, tales como la estación del año, la frecuencia de montas, la edad y el tamaño testicular. La concentración de espermatozoides en un eyaculado puede calcularse por hemocitometría utilizando una cámara de Neubauer (Mahmoud *et al.*, 1997; Love, 2012). Se trata de un porta-objetos grueso; que lleva grabada una cuadrícula de dimensiones conocidas, en el fondo de dos zonas ligeramente deprimidas. Además, esta cámara de recuento celular está adaptada para microscopios de campo claro o de contraste de fases (Davies, 1999). Es el único método directo en el que el clínico puede diferenciar las células espermáticas de células no espermáticas o detritus (Love, 2012).

Otro dispositivo utilizado para medir la concentración espermática es el espectrofotómetro, con el cual, la medición se realiza más rápidamente y la cantidad de eyaculado requerido es mínima (Figura 2.62). Sus mediciones suelen ser precisas aunque pueden dar lugar a valores erróneos cuando las muestras están muy poco concentradas o bien cuando están contaminadas con sangre, detritus, células germinales inmaduras o material purulento o han sido previamente diluidas con *extenders*. Esto se debe a que son dispositivos que miden únicamente la densidad óptica (Brinsko *et al.*, 2011a).

**Figura 2.62.** Espectrofotómetro modelo *Spermacue®* (Mini Tube, Tarragona, España).



La concentración espermática en el semental oscila de 100 a  $200 \times 10^6/\text{ml}$ . Valores obtenidos entre este rango indican que el eyaculado puede utilizarse en programas de IA (Davies, 1999).

El número total de espermatozoides se obtiene multiplicando la concentración espermática por el volumen de la porción libre de gel del eyaculado. Es una de las mediciones más importantes en la estimación de la fertilidad del semental. El promedio del número total de espermatozoides en el eyaculado en caballos maduros oscila los 4-12 billones, aunque pueden exceder los 20 billones (Brinsko *et al.*, 2011a).

### **2.5.2.3 pH SEMINAL**

El pH del eyaculado debe medirse preferiblemente una hora después de la extracción. Es recomendable medidores precisos de pH ya que las tiras de papel resultan bastante inciertas. El pH del semen es ligeramente básico (6,9-7,7). Diversos autores sugieren que rangos de pH entre 7,35 y 7,7 son más apropiados. Cuando las mediciones reflejan pH elevados (7,8), indican la presencia de detritus, pus o células ajenas (Davies, 1999).

### **2.5.2.4 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS**

#### **2.5.2.4.1 Motilidad espermática**

El porcentaje de espermatozoides motiles, y, en particular aquellos que muestran una motilidad progresiva, es un indicador fiable viabilidad espermática (Davies, 1999).

Por lo general se realiza la estimación visual de la motilidad, aunque, actualmente, la mayoría de los laboratorios están dotados de programas informáticos, que, conectando el ordenador al microscopio, permiten realizar una valoración más objetiva de la motilidad (Brinsko *et al.*, 2011a).

La técnica visual consiste en la colocación una gota de semen diluido entre un porta y un cubre-objetos o en una cámara hemocitométrica. El porta o la cámara hemocitométrica deben colocarse sobre una placa térmica a 37° C, integrada en el microscopio óptico. La valoración debe realizarse en al menos cinco campos visuales. Los movimientos observados de los espermatozoides pueden ser progresivos con un buen batido de la cola (movimiento deseado), rotatorios, hacia atrás, intermitentes o batidas de la cola sin movimiento que las acompañe. Aunque la estimación es bastante subjetiva, el personal experimentado puede realizar un análisis muy aceptable de la movilidad progresiva. Es interesante comparar y registrar el porcentaje de movilidad progresiva de la muestra sin diluir y luego del agregado de diluyente. La motilidad se puede catalogar en una escala del 1 al 5 (Davies, 1999) (Tabla 2.5). En 1999, la OMS (Organización Mundial de la Salud) también establece en medicina humana una clasificación de la motilidad espermática, incluyendo cuatro grupos: espermatozoides progresivos rápidos, espermatozoides progresivos lentos, espermatozoides no progresivos y espermatozoides estáticos (World Health Organization, 1999).

Se considera que un eyaculado puede ser utilizado en programas de IA cuando muestra una motilidad progresiva del 60% o superior (Davies, 1999).

En el intento de reducir los inconvenientes de la valoración visual, especialmente la subjetividad, los laboratorios recurren al uso de la ayuda automatizada. Estos sistemas requieren un equipamiento específico y con un coste económico elevado, por lo que su uso se ve limitado a centros de reproducción especializados o a laboratorios con fines investigadores. Proporcionan información adicional, como la captura de vídeos y la recolección de datos, entre los que se incluyen: el número total de espermatozoides, la concentración espermática, el porcentaje de motilidad, el porcentaje de espermatozoides móviles progresivos, la velocidad lineal, desplazamientos laterales de las cabezas, tamaño de la cabeza... Esta cantidad de parámetros es imposible de obtener mediante valoración visual (Burns y Reasner, 1995; Moses *et al.*, 1995).

Uno de los mayores inconvenientes de estos sistemas es que no diferencian los espermatozoides de detritus. Los dispositivos de última generación llevan incorporado

un sistema de diferenciación que utiliza fluoresceína. También se han diseñado citómetros de flujo que proporcionan información sobre la integridad de los acrosomas y de la cromatina (Davies, 1999).

**Tabla 2.5.** Clasificación de la motilidad espermática con la técnica visual.

GRADO	DESCRIPCIÓN
<b>0</b>	Estático
<b>1</b>	Estacionario con leves movimientos rotatorios
<b>2</b>	Movimientos hacia atrás y hacia delante, siendo menos del 50% progresivos
<b>3</b>	Movimientos progresivos rápidos en el 50-80% de los espermatozoides
<b>4</b>	Movimientos progresivos con ondas rápidas en el 90% de los espermatozoides
<b>5</b>	Movimientos vigorosos rápidos en el 100% de los espermatozoides

#### 2.5.2.4.2 Morfología espermática

Es otro parámetro que guarda una estrecha correlación con la motilidad espermática. Para la valoración de la morfología espermática se realizan extendidos y tinciones sobre un porta objetos y se dejan secar al aire. Existen diferentes protocolos y tinciones para realizar: Casarett, Wright's, May Grunwald-Giemsa, Hematoxilina-Eosina, Eosina-Nigrosina, Diff-Quick, etc. Permiten visualizar no sólo células espermáticas sino también células germinales inmaduras y somáticas. La tinción más frecuentemente utilizada es la Eosina-Nigrosina (Davies, 1999).

Otra opción es tomar una alícuota de la muestra y fijarla en solución salina formolada tamponada (BSF) o solución tamponada de glutaraldehido. Esta técnica permite transportar la muestra y preservarla durante un tiempo prolongado. Una vez fijadas las muestras, se deben observar con la ayuda de un microscopio de contraste de fase o de contraste diferencial-interferencial (Aurich, 2012).

Las anomalías espermáticas pueden clasificarse según el origen de cada una de ellas en (Davies, 1999):

- a) *primarias*: originadas o bien durante el proceso de espermatogénesis, es decir son de origen testicular; o bien durante el proceso de maduración epididimario. En este caso se observan gotas citoplasmáticas o proximales, signo de inmadurez celular.

b) *secundarias*: originadas durante el transporte a través del conducto deferente y de la uretra. Las anomalías morfológicas observadas en estos casos son, dobles cabezas, colas sueltas, gotas protoplasmáticas.

c) *terciarias*: originadas por un defecto en la manipulación del semen tras la extracción. Los hallazgos en este caso serán la pérdida de acrosomas, estallido o desprendimiento de las cabezas, estrechamiento de la porción media (Figura 5.8).

Generalmente, un semental aparentemente normal no muestra más de un 10-15% de las anomalías mencionadas anteriormente. El número total de espermatozoides morfológicamente normales en un eyaculado puede proporcionar más información y correlación respecto de la fertilidad de un semental que el porcentaje o el número absoluto de espermatozoides morfológicamente anormales. Las anomalías morfológicas detectables incluyen cabezas sueltas, cabezas con formas inusuales, cabezas dobles, ausencia de la porción central del espermatozoide, colas enrolladas, gotas citoplasmáticas... (Davies, 1999).

#### 2.5.2.4.3 Viabilidad espermática

##### 2.5.2.4.3.1 Relación de espermatozoides vivos/muertos

Un parámetro indicador de los espermatozoides vivos es la motilidad. Sin embargo, existe un método cuantitativo más preciso que consiste en diferenciar los espermatozoides realizando una tinción. Uno de los métodos descritos es la tinción de Eosina-Nigrosina. En este caso, el espermatozoide muerto capta a través de su membrana la eosina y se tiñe de color rosa (Davies, 2008).

El estudio de la proporción de espermatozoides vivos y muertos aporta una información precisa de la viabilidad espermática. En los sementales que realizan una determinada actividad reproductiva se esperan eyaculados con un cociente de más del 50% (Rossdale y Ricketts, 1980), considerándose eyaculados satisfactorios aquellos eyaculados que igualen o superen el 60% de espermatozoides vivos (Ricketts, 1993; Davies, 2008).

##### 2.5.2.4.3.2 Acrosomas

El acrosoma es un depósito que se sitúa en el extremo apical de la cabeza del espermatozoide. Mediante la reacción acrosómica, permite que el espermatozoide penetre en el óvulo (Gadella *et al.*, 2001). Diversos autores recomiendan incluir la medición del porcentaje de acrosomas modificados en la valoración seminal, ya que juegan un papel importante en la fecundación. Saacke llega a la conclusión en 1972 de que existe una mayor correlación entre los acrosomas y la fertilidad que entre la motilidad y la fertilidad (Davies, 2008). Esto se debe a que solo los espermatozoides que presenten un acrosoma íntegro pueden realizar la reacción acrosomal de forma sincronizada con la fase de penetración del oocito y, fusionarse con éste para dar lugar a la fecundación (Januskauskas *et al.*, 2000).

Para llevar a cabo la evaluación de la integridad acrosómica se puede realizar una fijación con Glutaraldehido (Pursel y Johnson, 1974; Olaciregui *et al.*, 2014) de las células espermáticas que posteriormente se observan con un microscopio de contraste de fases (Söderquist *et al.*, 1997), con extensiones teñidas bajo microscopio de campo claro (Brum *et al.*, 2006) o con microscopía de interferencia y fluorescencia (Casey *et al.*, 1993).

#### 2.5.2.4.3.3 Prueba de Endosmosis

El test de endosmosis es una prueba funcional que permite evaluar la integridad de la membrana plasmática, comprobando el comportamiento del espermatozoide cuando se enfrenta a medios hiposmóticos (Lagares, 1995). Este test se diseñó para completar las valoraciones seminales en medicina humana, sin embargo, se ha adaptado a diferentes especies animales (Rivolta *et al.*, 1995; Madrid *et al.*, 2002) entre las que se incluyen los équidos (Neild *et al.*, 2003; Olaciregui *et al.*, 2014).

La célula espermática posee la capacidad de captar o liberar agua según la osmolaridad del medio extracelular (Quintero-Moreno *et al.*, 2003). Con esta prueba laboratorial, podemos valorar la funcionalidad de la membrana plasmática del espermatozoide (Vázquez *et al.*, 1997; Pérez-Llano *et al.*, 1998; Vázquez *et al.*, 1998). Este parámetro ha sido también correlacionado con la fertilidad del macho (Rubio-Guillén *et al.*, 2009).

## 2.6. BREVE RESEÑA SOBRE BIOMATERIALES E IMPLANTES DE USO QUIRÚRGICO

El dispositivo diseñado en el segundo estudio de esta Tesis Doctoral para la técnica de cierre parcial del anillo inguinal consta de tres componentes, dos de los cuales están formados por un polímero llamado Poliéster Éter Cetona (PEEK). Por otro lado, la pieza clave del dispositivo es un arpón de PEEK, sistema de anclaje ampliamente utilizados en medicina humana.

Se denomina biomaterial a los productos de origen sintético o biológico, empleados para reproducir la función de tejidos vivos de forma segura, mecánicamente funcional y fisiológicamente aceptable. Estos biomateriales pueden ser implantados de forma temporal o permanente en el cuerpo, tratan de restaurar el defecto existente y, en algún caso, conseguir la regeneración tisular (Williams, 1999).

Los antecedentes históricos sobre el uso de materiales en medicina, con el fin de restaurar las funciones de tejidos dañados, se remontan a la utilización de ciertos metales y otros productos naturales en el antiguo Egipto. Existen documentos que reportan que en el siglo XVI se utiliza el oro o la plata, para realizar reparaciones dentales, así como el hierro para la inmovilización de fracturas óseas. A lo largo del siglo XIX se desarrollan diversas aleaciones con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión. El desarrollo de los polímeros se desencadena a principios del siglo XX, con el descubrimiento de materiales capaces de ser degradados y absorbidos por el organismo. La investigación sistemática sobre los materiales tolerados por el organismo para la fabricación de prótesis e implantes se impulsa después de la segunda Guerra Mundial, dada la necesidad de rehabilitar a los heridos de guerra. En la década de los 60 se publica el primer estudio sobre la reacción del organismo ante la presencia de un implante, introduciéndose el término *biocompatibilidad* (Lizarbe, 2007). En 1969, Hench demuestra la capacidad de ciertos vidrios para formar una capa biológicamente activa al ponerse en contacto con fluidos biológicos, es decir, que presentan propiedades bioactivas (Aguiar *et al.*, 2011).

El descubrimiento de los biomateriales ha revolucionado la medicina moderna. La creación de nuevos y modernos implantes ha provocado un considerable salto cualitativo y cuantitativo en la cirugía reconstructiva. Este avance se refleja en el aumento de la calidad de vida y, al mismo tiempo, en el desencadenamiento de una actividad científica creciente, especializada en la investigación, desarrollo y evaluación de biomateriales (González Santos, 1994). De hecho, otros campos científicos emergentes que han desarrollado el uso de los biomateriales son la biología molecular y la ingeniería tisular (Ratner *et al.*, 2004).

Las características más importantes que deben cumplir los biomateriales, en las numerosas áreas de aplicación, son la biofuncionalidad y la biocompatibilidad (Elvira *et al.*, 1999). Cuando se introduce un cuerpo extraño en el organismo, el sistema inmunológico tiende a rechazarlo o inclusive a atacarlo, generando una serie de síntomas como inflamaciones, malformaciones, dolores, fiebre, etc. que pueden obligar a retirar la prótesis colocada. Durante la década de los 60 se publicaron los primeros estudios sobre las lesiones provocadas por la presencia de un implante y se introduce el término biocompatibilidad, que define el grado de tolerancia del biomaterial por parte del organismo. Concretamente, la biocompatibilidad de un

material implantado es un proceso dinámico con dos vertientes, que comprenden los efectos que provoca el organismo receptor en el material implantado y los efectos producidos por el material implantado o de sus productos de degradación, en el organismo receptor(San Román, 1990; Gallardo *et al.*, 1999). Para poder ser implantado, durante el tiempo que permanezca en el organismo, el biomaterial debe cumplir los requisitos que se engloban dentro del concepto de biocompatibilidad (Lizarbe, 2007):

- la tolerancia por parte del organismo de dicho material,
- la bioestabilidad a corto y a largo plazo,
- el mantenimiento de sus propiedades y estructura químico-física en el entorno biológico.

Además, para poder ser utilizados en aplicaciones médicas, los polímeros deben garantizar un alto grado de resistencia mecánica y una baja toxicidad (Neira-Carrillo *et al.*, 2013). Los materiales biocompatibles pueden ser bioinertes, es decir que tienen una interacción nula o muy pequeña con los tejidos vivos que los rodean; o pueden ser bioactivos, lo que implica que pueden enlazarse a los tejidos vivos (Ratner *et al.*, 2004).

## 2.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOMATERIALES

### 2.6.1.1 BIOMATERIALES SINTÉTICOS

En términos generales, podemos dividir los biomateriales sintéticos según su procedencia en cuatro grupos: metálicos, aleaciones metálicas, cerámicas, polímeros sintéticos/artificiales. Algunos implantes pueden combinar biomateriales de diferentes grupos, como por ejemplo el Titanio recubierto de hidroxiapatita (Boyan *et al.*, 1996) (Tabla 2.6).

#### 2.6.1.1.1 Implantes metálicos y aleaciones metálicas

Las primeras placas óseas hechas de metal con la finalidad de reparar fracturas datan de 1900, durante los siguientes años las aleaciones metálicas constituyen la única forma de biomateriales en uso. Sus aplicaciones se extienden desde reparaciones óseas hasta sistemas de liberación de medicamentos (Gallardo *et al.*, 1999; Collet, 2004).

Estos implantes se usan cuando es imprescindible soportar una carga, como ocurre en las prótesis de cadera, para las que se utilizan aleaciones de cobalto con cromo o de titanio con aluminio y vanadio (Ratner *et al.*, 2004). Son resistentes al desgaste, duros, generalmente tienen un precio elevado, son buenos conductores, pero son propensos a la corrosión. Este tipo de materiales se utiliza en traumatología, ortopedia y odontología. El Titanio concretamente, dada su biocompatibilidad, favorece la osteointegración y la osteogénesis, por ello es el material metálico más frecuentemente utilizado en las prótesis de cadera (Cordero y Escobar, 2012).

#### 2.6.1.1.2 Cerámicas

Las cerámicas se emplean en la fabricación de implantes que no deban soportar cargas, como es el caso de la cirugía del oído medio, en el relleno de defectos óseos tanto en cirugía bucal como en cirugía ortopédica y en el recubrimiento de implantes dentales y articulaciones metálicas (Ratner *et al.*, 2004). La cerámica más usado para la reconstrucción ósea es la hidroxiapatita (fosfato de calcio cristalino). Este material es el componente principal de los huesos en los mamíferos, esto permite permiten que el tejido óseo interaccione con el implante, realizando un proceso de osificación del material (Velasco y Garzón, 2010).

Las cerámicas tienen excelentes propiedades osteoinductivas, son resistentes al desgaste y a la compresión; sin embargo, no son buenos conductores y presentan una baja resistencia al impacto. Por ello, con el fin de mejorar los implantes, las cerámicas pueden combinarse con metales, polímeros o bien con biomateriales naturales, como por ejemplo el colágeno, dando lugar al grupo de las biocerámicas (Velasco y Garzón, 2010).

#### 2.6.1.1.3 Polímeros sintéticos

Son materiales constituidos por grandes moléculas (macromoléculas) formadas por la unión entre sí de moléculas pequeñas llamadas monómeros. La unión de los monómeros puede dar lugar a cadenas lineales, a cadenas ramificadas o a redes. La forma de asociación de los monómeros participa en la determinación de las propiedades del polímero y, por lo tanto, en su utilidad para diversas aplicaciones (Williams, 1999).

**Tabla 2.6.** Clasificación de los biomateriales en función de su composición y sus aplicaciones en medicina humana y veterinaria.

CLASIFICACIÓN	MATERIAL	APLICACIÓN
<b>Metales y aleaciones</b>	Acero	Reparación de fracturas y sustitución de huesos
	Titanio	Reemplazos dentales y marcapasos
	Aleaciones de oro	Implantes dentales
	Plata	Antibacterianos
<b>Cerámicas y vidrios</b>	Fosfato cálcico	Regeneración ósea
	Vidrio bioactivo	Sustitución de huesos
	Porcelana	Dentaduras
<b>Polímeros</b>	Polietileno	Sustitución de articulaciones
	Polipropileno	Suturas quirúrgicas
	Politetrafluoroetileno	Injertos vasculares
	Poliéster	Injertos vasculares y sutura quirúrgicas
	Poliétercetonas	Componentes estructurales y ortopedia
	Poli (vinil alcohol)	Sistema de liberación de medicamentos
	Poliacrilamida	Diagnósticos
	Polisulfona	Membranas de diálisis
	Poliuretanos	Sistemas de contacto sanguíneo
	Polimetilmetacrilato	Lentes de contacto
	Silicona	Ingeniería tisular y oftalmología
	Ácido Poliglicólico	Suturas quirúrgicas y cementos óseos

La inclusión de los polímeros sintéticos en el campo de los biomateriales se remonta a la Segunda Guerra Mundial, se observó que los pilotos no sufrían alteraciones en la funcionalidad del ojo, cuando se les incrustaban astillas del material de las ventanas de los aviones, fabricadas en polimetimetacrilato (PMMA). Ello condujo al desarrollo de lentes intraoculares basadas en este material; dicho polímero también se utiliza en odontología y en cirugía ortopédica como cemento para la fijación de prótesis (Frazer *et al.*, 2005). Posteriormente se fueron incorporando otros polímeros, como el acetato de celulosa, componente de los tubos de diálisis desde 1940, el dacron para injertos vasculares, y el poliruretano, empleado en prótesis cardíacas (Lizarbe, 2007).

Los polímeros no solamente reemplazan otros biomateriales, sino que abren el campo a nuevas aplicaciones, antes difícilmente asequibles como la fabricación del primer corazón artificial en 1950. Actualmente, el área de los polímeros sigue manifestando un crecimiento exponencial. Sus aplicaciones son cada vez mayores dentro del campo de la medicina, mejorando las propiedades de los materiales ya existentes y desarrollando nuevos polímeros destinados a aplicaciones específicas (San Román, 1990).

Una gran variedad de polímeros pueden ser utilizados como biomateriales. En este grupo, los materiales más frecuentemente utilizados son el polimetacrilato de metilo, poliestireno, polipropileno, poliésteres, acetato de celulosa, los hidrogeles, polimetilsiloxano conocido como silicona (Cordero y Escobar, 2012).

Según el origen, los polímeros pueden ser naturales, semisintéticos o sintéticos. Los polímeros naturales pueden ser obtenidos del reino vegetal y animal, por ejemplo la celulosa, el caucho natural o las resinas. Los semisintéticos se obtienen con la transformación química de los polímeros naturales, sin que se destruya de manera apreciable su naturaleza macromolecular, un ejemplo es la seda artificial que a su vez se obtiene de la celulosa. Por último, los polímeros sintéticos son aquellos que se obtienen por vía puramente sintética, a partir de sustancias de bajo peso molecular (Elvira *et al.*, 1999; Gallardo *et al.*, 1999).

Se pueden establecer dos grandes grupos dentro de los polímeros, los elastómeros y los plásticos. Los elastómeros pueden ser sometidos a grandes deformaciones, siendo capaces de volver a adquirir su dimensión y forma original. Los polímeros plásticos, se introducen en el campo de la cirugía en los años 50, son materiales cuya estructura es más rígida y pueden subdividirse en función de cuál sea su comportamiento térmico. Por ejemplo, los polímeros termoplásticos pueden ser sometidos a tratamiento térmico, de modo que una vez fundidos es posible conferirles una forma determinada para su posterior aplicación. Otro tipo de polímeros sintéticos son los hidrogeles, cuyo nombre deriva de su gran afinidad por el agua y de la incorporación de la misma en su estructura, y que pueden ser tanto elastómeros como plásticos.

Teniendo en cuenta el tiempo que deben mantener su funcionalidad cuando se aplican como implantes quirúrgicos, los biomateriales poliméricos se pueden clasificar en (Villamil *et al.*, 2002):

- Polímeros bioestables: son aquellos que mantienen sus funciones y características de forma permanente, muestran una gran resistencia mecánica y química. En este grupo se incluyen los sistemas o dispositivos utilizados para sustituir parcial o totalmente a tejidos u órganos destruidos como consecuencia de una enfermedad o de un trauma.

- Polímeros biodegradables: conservan sus funciones y características durante un tiempo limitado, tras el cual se degradan y son reabsorvidos por el organismo receptor. Estos materiales deben ser inocuos desde su implantación hasta finalizar su función y, los productos generados durante la degradación no deben ser tóxicos para el organismo. Los polímeros biodegradables se emplean también en el campo de la ingeniería de tejidos como andamiajes temporales en los que las células pueden crecer y formar nuevos tejidos.

La caracterización de los parámetros físico-químicos del polímero es necesaria para poder evaluar la respuesta tisular al implante y el tipo de interfase creada. Las principales características que se deben evaluar son la hidrofobicidad y la carga iónica de la superficie del implante. El peso molecular es otro parámetro que influye sobre la respuesta tisular frente a los diferentes implantes poliméricos. Por norma general, cuanto menor es la masa de un polímero, menos tóxico es para los tejidos. La presencia de monómeros libres puede ser la principal causa de toxicidad de estos implantes. Esto puede ser debido a una polimerización incompleta, degradación del polímero o polimerización *in situ* (Lizarbe, 2007).

A la hora de diseñar o elegir un polímero para fines biomédicos, debemos tener en cuenta que (Elvira *et al.*, 1999):

- Conserve sus propiedades mecánicas hasta que el tejido esté cicatrizado.
- No provoque ningún proceso inflamatorio o tóxico.
- Sea metabolizado en el organismo tras cumplir su función, en el caso de los polímeros biodegradables.
- Sea fácilmente procesable.
- Muestre una durabilidad aceptable.
- Sea fácil de esterilizar.

El PEEK es uno de los polímeros orgánicos más utilizados actualmente en medicina humana que pertenece a la familia de las poliariletercetonas (PAEK). Aparece en la década de los años 90 como principal sustituto de los implantes de Titanio. Es un material al que se le pueden otorgar una amplia gama de propiedades físicas y mecánicas en función de la región anatómica donde se va a implantar (Sarot *et al.*, 2010). Se trata de un material termoplástico de alto peso molecular con alta resistencia a la degradación. Se usa en dispositivos médicos implantables *in vivo* gracias a su biocompatibilidad ya que mantiene su integridad física y química después de implantarlo (Williams *et al.*, 1987). La combinación de fuerza, rigidez, dureza y su capacidad de ser esterilizado sin degradar las propiedades mecánicas lo hace apropiado para aplicaciones en dispositivos médicos. El uso de PEEK en implantes a largo plazo, muestra beneficios sobre materiales tradicionales como polietilenos, aleaciones metálicas y cerámicas (Sarot *et al.*, 2010).

Las aplicaciones clínicas del PEEK y sus compuestos incluyen, además de los componentes para la cirugía espinal, placas de osteosíntesis, tornillos, clavos intramedulares o fijadores externos, revestimiento de prótesis para reemplazo total de

la articulación de hombro o de la cadera (Kurtz y Devine, 2007; Pokorny *et al.*, 2010). Los implantes aloplásticos con diseño digital se utilizan de manera eficaz en el tratamiento de los defectos maxilofaciales, reduciendo la necesidad de la manipulación en el período intraoperatorio y disminuyendo el tiempo de la cirugía. El PEEK es un candidato potencial en estos casos, ya que es un polímero semicristalino poliaromático lineal que combina resistencia, rigidez, durabilidad y biocompatibilidad (Kim *et al.*, 2009; Camarini *et al.*, 2011; El-Tantawy, 2015). En el ámbito de la cardiología, el PEEK se usa en prótesis endovasculares, en cuyo caso el objetivo es evitar la adhesión de las plaquetas y la activación de la cascada de la coagulación (Sullivan *et al.*, 2003). En el campo de la ingeniería tisular, se utiliza el PEEK para el diseño de andamios o *scaffolds* ya que soportan la proliferación celular y la proliferación de matriz extracelular (Tan *et al.*, 2003).

In vivo, cada material tiene la capacidad de inducir una respuesta biológica única, tanto a nivel local como sistémico, lo que determinará la naturaleza del tejido que se forme en última instancia (Boyan *et al.*, 1996). Un estudio publicado en 2015 describe las respuestas celulares frente a diferentes tipos de implantes llegando a la conclusión que el PEEK promueve una fibrosis así como las aleaciones metálicas de titanio, aluminio y vanadio promueven factores osteogénicos (Olivares-Navarrete *et al.*, 2015). Por otro lado, se ha demostrado que este tipo de polímero produce una respuesta citotóxica e inflamatoria mínima (Kulkarni *et al.*, 2007; Dávila y De Lara, 2012).

### **2.6.1.2 BIOMATERIALES NATURALES**

Son biomateriales que proceden del reino vegetal y animal, dentro de los biomateriales de origen natural están los biocorales, la celulosa, las fibras proteicas (seda, lana), el colágeno purificado. Otros pueden ser tejidos del propio organismo (autólogos) o de otros (heterólogos) como pueden ser venas, arterias y piel, utilizadas para la restauración de ligamentos y músculos (Cordero y Escobar, 2012).

En la última década, con el desarrollo de la ingeniería tisular, los polímeros naturales adquieren un alto grado de importancia en el área biomédica. Ejemplos de biopolímeros son el quitosano, que es un principio activo se ha encontrado en los caparazones de los crustáceos tales como langostas, cangrejos y gambas, y el alginato, localizado en las paredes celulares de las algas marinas pardas. Se ha descrito el uso de ambos polímeros en el encapsulamiento de diversos fármacos para su posterior liberación en el organismo (Neira-Carrillo *et al.*, 2013).

## 2.6.2 PRINCIPALES USOS DE LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS

Las aplicaciones biomédicas de los polímeros se pueden clasificar atendiendo a la función que desempeña el polímero en cuestión (Commandeur *et al.*, 2006).

### 2.6.2.1 SUTURAS.

La evolución de las suturas ha llegado a tal punto de refinamiento que existen suturas específicamente diseñadas para cada tipo de tejido. Actualmente, las suturas representan el campo de mayor éxito dentro de los materiales quirúrgicos implantables (Chu, 1985). Entre los diferentes tipos de polímeros utilizados para este fin cabe destacar: el nylon, el polipropileno, el dacron, los poliésteres y el ácido poliglicólico. Una alternativa a las suturas es la utilización de adhesivos tisulares, que promueven la unión de los tejidos: se han utilizado diferentes tipos de cianoacrilatos, debido a su capacidad de polimerizar en contacto con los tejidos (Lizarbe, 2007).

### 2.6.2.2 TRANSPORTE Y LIBERACIÓN DE FÁRMACOS.

Actualmente, el interés en la investigación sobre sistemas de transporte y liberación de medicamentos es claramente creciente. Los motivos de este interés son por un lado la necesidad de desarrollar sistemas para liberar nuevos fármacos genéticamente manipulados y por otro la necesidad de conducir y liberar medicamentos anticancerígenos sobre tumores específicos (San Román *et al.*, 2011).

Son capaces de incorporar grandes cantidades de fármacos y liberarlos lentamente. La elaboración de dispositivos que incorporan fármacos en una matriz de naturaleza bioabsorbible, la liberación y consiguiente disponibilidad de dicho fármaco está determinada por la velocidad con que se degrada el polímero que la contiene (San Román *et al.*, 2011).

Los sistemas de transporte y liberación de fármacos se pueden dividir en varias categorías (Collet, 2004; San Román *et al.*, 2011) :

- Sistemas de difusión controlada: el medicamento se libera mediante la difusión de la solución a través de una membrana polimérica.
- Sistemas de erosión controlada: la liberación del fármaco se realiza mediante la disolución, desintegración o biodegradación del polímero utilizado.
- Sistemas controlados por vía osmótica: el contenido se libera en función de la velocidad de absorción osmótica del agua del medio.

### 2.6.2.3 MEMBRANAS DE DIÁLISIS.

Estas membranas deben ser capaces de realizar la función de un riñón normal; están constituidas por membranas semipermeables elaboradas con diferentes tipos de polímeros (celulosa, celofanes y polietilenglicol-metacrilato). Presentan unos requerimientos muy estrictos ya que estos sistemas artificiales de filtración deben ser capaces de eliminar urea a una velocidad similar a la fisiológica del riñón normal (Lizarbe, 2007).

#### **2.6.2.4 SISTEMAS DE OXIGENACIÓN SANGUÍNEA.**

El politetrafluoroetileno y la silicona, no sólo tienen una alta permeabilidad y velocidad de difusión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, sino que, además, son materiales que presentan muy buena compatibilidad sanguínea, por lo que han sido ampliamente utilizados para este fin. Numerosos trabajos de investigación van dirigidos a la búsqueda de polímeros modificando su superficie, y por ejemplo, si el polímero está en contacto con la sangre, incrementar su biocompatibilidad y reducir procesos no deseados, como la hemólisis o formación de trombos, debida a la formación de depósitos en la superficie del dispositivo (Courtney *et al.*, 1994).

#### **2.6.2.5 HERNIOPLASTIAS:**

La colocación de un biomaterial de sustitución y/o refuerzo es aconsejable para evitar las recidivas de las hernias. En estos procesos de reparación se utilizan polímeros, preparados bajo la forma de mallas multifilamento. Actualmente se colocan aproximadamente un millón de mallas al año a nivel mundial (Brown y Finch, 2010).

La finalidad de la colocación de la malla es reforzar la pared abdominal con la formación de tejido cicatricial. Las mallas pueden variar en el componente polimérico principal (polipropileno, poliéster, polivinilo...), el peso molecular, la fuerza tensil y el tamaño de los poros. Así, en el mercado hay disponibles mallas de alto peso molecular con poros pequeños y mallas de bajo peso molecular con poros grandes. Numerosos estudios publicados señalan que las mallas de bajo peso molecular producen una reacción inflamatoria menor y que la elasticidad de la pared abdominal tras la cicatrización es mayor (Klinge, 2008; Brown y Finch, 2010).

En cuanto a las mallas colocadas intraperitonealmente, otro factor importante a tener en cuenta es la formación de adherencias entre la malla y las asas intestinales. Las adherencias son el resultado de los exudados de fibrina que se producen tras cualquier tipo de trauma. El sistema fibrinolítico, encargado de la absorción de las adherencias, puede verse alterado en situaciones de isquemia, inflamación o presencia de un cuerpo extraño (como por ejemplo las mallas). En estos casos, las adherencias pueden persistir en el tiempo (Brown y Finch, 2010). Hoy en día hay una gran variedad de sustancias disponibles incluidas en las mallas, para prevenir la formación de adherencias como el fluoruro de polivinidileno (PVDF), la celulosa, los ácidos omega 3..., pero su acción se ve limitada a los 30 días (Junge *et al.*, 2009).

#### **2.6.2.6 MATRICES EXTRACELULARES DE SOPORTE EN INGENIERÍA TISULAR**

La ingeniería de tisular es un área orientada hacia el desarrollo de sustitutos biológicos que permitan restablecer o mantener la función normal de un órgano o tejido.

Esta modalidad emergente se basa en los principios que rigen la medicina regenerativa, las ciencias aplicadas así como la ingeniería. Por ejemplo, se encarga del diseño de matrices de soporte extracelulares artificiales, que reemplacen a la natural y provean un espacio tridimensional, para que las células puedan formar el nuevo tejido. La matriz debe proveer unas condiciones óptimas para que pueda tener lugar la adhesión, migración, proliferación y diferenciación de las células. Pueden ser naturales, como colágeno o alginato; polímeros sintéticos, como el ácido poliglicólico (PGA) y el ácido poliláctico (PLA) o una mezcla de ambos (PGLA) (Fabres, 2010).

En este área destaca también el uso de polímeros en el desarrollo de piel artificial híbrida. En este caso, se combinan polímeros sintéticos y cultivos celulares para formar un *composite* sintético-biológico (Lizarbe, 2007).

### **2.6.2.7 PRÓTESIS O IMPLANTES ORTOPÉDICOS**

Es la principal aplicación de los polímeros estables o permanentes, en este grupo se incluyen también los elementos de fijación o anclaje como cementos óseos o arpones quirúrgicos (Villamil *et al.*, 2002). En medicina humana, la creación de los arpones poliméricos como sistema de anclaje, ha revolucionado los sistemas de fijación. Concomitantemente se han desarrollado técnicas artroscópicas específicas en el campo de la traumatología (Dávila y De Lara, 2012).

Los polímeros han sustituido a los metales o a las aleaciones metálicas en los dispositivos de fijación ósea, esto es debido a que el hueso y el acero presentan propiedades mecánicas muy diferentes. Esta diferencia provoca un cierto nivel de fragilidad en el hueso lo que sumado a la posible corrosión metálica, hace que en muchos casos sea necesaria una reintervención quirúrgica para extraer la prótesis (Villamil *et al.*, 2002; Collet, 2004).

Desde hace un tiempo se dispone en el mercado de suministros médicos de arpones quirúrgicos y dispositivos de anclaje usados mayoritariamente en medicina humana para tratamientos en traumatología (reparación del manguito rotador, tenodesis, reparaciones musculares, inestabilidades articulares, desplazamientos capsulares, fusiones cervicales...) y uroginecología (fijación del ligamento sacroespinal, anclaje de mallas en casos de prolapo de la cúpula vaginal...) (Papay y Byerman, 2003; Kulkarni *et al.*, 2007; Anding *et al.*, 2013). Son sistemas de fácil colocación que proporcionan un anclaje sólido y ajustable, lo que supone un acortamiento del tiempo de cirugía ya que sustituyen a los puntos de sutura intracorpóreos.

Dentro de esta amplia gama de opciones que ofrece la industria, encontramos anclajes absorbibles, no absorbibles, con nudos, sin nudos, roscados, que a su vez van acompañados de suturas trenzadas, no trenzadas, absorbibles, no absorbibles. Las múltiples opciones no han estado exentas de tener complicaciones tales como desinserción, migración, introducción intraarticular, lesión condral... La interferencia de los anclajes metálicos con las herramientas de diagnóstico por imagen, tales como el TAC o la resonancia magnética ha promovido su sustitución por anclajes bioabsorbibles (Silver y Daigneault, 2000).

Sin embargo, la predicción del tiempo de reabsorción de implante nunca ha sido certera. Se ha descrito la permanencia prácticamente sin degradarse o al contrario, la degradación del arpón antes de que la cicatrización ocurra, la mayoría de las veces en el ojal por el que se une a la sutura (Demirhan *et al.*, 2000; De Carli *et al.*, 2005). Con el fin de eludir las complicaciones generadas por los implantes metálicos y bioabsorbibles se desarrollan los llamados “anclajes blandos”, constituidos por polímeros, que son materiales biodegradables, biocompatibles, resistentes, y duros (Dávila y De Lara, 2012).

## CAPÍTULO 3: VASECTOMÍA LAPAROSCÓPICA CON EL CABALLO EN ESTACIÓN





### 3.1 RESUMEN

#### Introducción y objetivos

La vasectomía es una técnica de esterilización poco utilizada en clínica equina. Sin embargo, en determinadas circunstancias se puede demandar la vasectomía, bien sea en el caso de poblaciones salvajes controladas o por parte de propietarios que desean manejar a sus animales de la manera más natural posible, permitiendo a los animales enteros convivir en manada, conservando su comportamiento sexual, pero evitando la posibilidad de que dejen yeguas preñadas.

La bibliografía sobre la técnica convencional de vasectomía en el caballo es escasa. En la bibliografía consultada, solo se ha encontrado un trabajo que la describe y una notificación sobre la reversión de esta técnica en un caballo de raza Przewalski.

Dada su sencillez y su vía de acceso, este procedimiento quirúrgico podría realizarse con el caballo en estación mediante laparoscopia. La laparoscopia con el caballo en estación permitiría minimizar los riesgos que supone someter al animal a una anestesia general, evitar realizar un abordaje quirúrgico a través del escroto y sus posibles complicaciones y, por otro lado, acortar el período de recuperación post-quirúrgico.

La técnica de vasectomía laparoscópica está descrita en varias especies animales pero, en nuestro conocimiento, no existe ninguna referencia sobre esta técnica en el caballo.

El objetivo principal de este trabajo es el desarrollo y evaluación de una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación.

#### Material y métodos

Se realizó un estudio prospectivo en el que se emplearon cuatro caballos enteros para ser sometidos a una vasectomía laparoscópica en estación. En todos los casos, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Dos recogidas de semen con vagina artificial (VA) previas a la laparoscopia. Durante la extracción se valoró el comportamiento sexual del caballo y en el eyaculado obtenido, se registraron los siguientes parámetros: volumen, concentración espermática, características macro y microscópicas.
- Exploración testicular: antes y después de la intervención laparoscópica se llevó a cabo una inspección externa de ambos testículos con el fin de valorar el tamaño, la temperatura y la presencia de anomalías.
- Realización de la técnica de vasectomía laparoscópica bilateral con el caballo en estación, registrando las posibles complicaciones así como el tiempo requerido para realizar la técnica.
- Extracción de semen con VA a los 15 y 60 días de la intervención, para valorar por un lado la libido del caballo y por otro lado las principales características del eyaculado.
- Realización de laparoscopia exploratoria en estación a los dos meses de la vasectomía laparoscópica, con la finalidad de comprobar si se han producido complicaciones en la zona intervenida (recanalización, adherencias, granuloma espermático).

La vasectomía laparoscópica se realizó bajo sedación y con el animal colocado en un potro de contención. Tras la infiltración de anestésico local, el acceso laparoscópico se realizó sin insuflación previa del abdomen con una cánula óptica helicoidal y, bajo control endoscópico. El primer abordaje se efectuó por el flanco izquierdo. Se utilizaron tres portales laparoscópicos: el primero se localizó en un punto equidistante entre la parte ventral de la tuberosidad coxal y la última costilla. Una vez inducido el capnoperitoneo, se procedió a colocar bajo control laparoscópico los otros dos portales necesarios para introducir el instrumental laparoscópico.

Con la ayuda del instrumental laparoscópico, se diseccionó una porción amplia del conducto deferente (unos 3-4 cm). La oclusión de los conductos deferentes se realizó con electrocoagulación, empleando un sellador bipolar inteligente que permite el sellado del vaso y la posterior sección del mismo, mediante una cuchilla que actúa entre las dos ramas selladoras. Tras la sección de los dos extremos cauterizados se retiró la porción del conducto deferente a través de una cánula de 11 mm.

Para acceder al lado derecho, la colocación del primer portal se llevó a cabo bajo control laparoscópico desde el lado izquierdo, avanzando el laparoscopio por encima de la vejiga y bajo el recto, para visualizar la pared abdominal derecha, evitando así la posible punción de la cabeza del ciego. Una vez asegurada la colocación del primer portal del lado derecho, se procedió con la técnica de la misma forma que en el lado izquierdo.

### **Resultados y discusión**

En todos los caballos la técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación permitió que el conducto deferente fuese localizado, disecado, sellado y seccionado de manera rápida (media de 25,5 minutos por conducto) y sencilla.

A diferencia de lo documentado con la técnica convencional en otras especies, en nuestro estudio no se observaron complicaciones ni durante la intervención ni en el post-operatorio.

La técnica desarrollada en el estudio no presentó ninguna repercusión sobre el comportamiento sexual de los animales.

En todos los casos, los eyaculados obtenidos a los 60 días de la intervención eran azoospérmicos.

Dada la localización del conducto deferente en su paso por el anillo inguinal interno, tal y como hemos podido comprobar en algunos de los animales intervenidos en este trabajo, sería razonable plantearse la posibilidad de realizar la vasectomía laparoscópica de ambos conductos deferentes desde un solo flanco

### **Conclusión y relevancia clínica**

La vasectomía laparoscópica con el caballo en estación es una técnica fácil de realizar, exenta de muchas de las complicaciones esperables con el abordaje convencional y que permite eliminar la capacidad fecundante del seminal en un corto periodo de tiempo, que puede ser ofertada a los propietarios que deseen o necesiten vasectomizar a sus caballos enteros.

### 3.2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La vasectomía es una técnica de esterilización ampliamente utilizada en la especie humana. En medicina veterinaria se emplea en menor medida para controlar poblaciones de animales salvajes o en extinción albergados en zoológicos o reservas naturales (Silber *et al.*, 2013), así como en programas de reproducción asistida con el fin de obtener machos “receladores” que ayuden al ganadero a detectar el celo de las hembras sin generar descendencia (Boundy y Cox, 1996; Morgan y Dawson, 2008; Grissett, 2014).

En el caso del caballo, es una técnica poco demandada, ya que, en la mayoría de los casos lo que buscan los propietarios no es evitar la reproducción sino, fundamentalmente, anular el comportamiento propio del semental, para facilitar el manejo y evitar las posibles interferencias en la equitación (Stout y Colenbrander, 2004). Sin embargo, en determinadas circunstancias se puede demandar la vasectomía, bien sea en el caso de poblaciones de caballos salvajes controladas (Turner y Kirkpatrick, 1986; Garrott *et al.*, 1992; Kirkpatrick *et al.*, 1993; Guilfoyle *et al.*, 2014) o por parte de propietarios que desean manejar a sus animales de la manera más natural posible, permitiendo a los animales enteros convivir en manada, conservando su comportamiento sexual, pero evitando la posibilidad de que dejen yeguas preñadas.

La vasectomía convencional una técnica quirúrgica sencilla que consiste en la oclusión y escisión de una porción de los conductos deferentes para evitar que los espermatozoides lleguen desde los testículos a la uretra, es decir su objetivo es producir una azoospermia (Sokal *et al.*, 2004). En medicina humana se han descrito varias técnicas de vasectomía, como la ligadura y posterior resección de los conductos deferentes o bien la cauterización de los mismos (Labrecque *et al.*, 2004). El fracaso de la vasectomía suele ser muy poco frecuente (Labrecque *et al.*, 2004) aunque se han reportado varias complicaciones postoperatorias en el sitio quirúrgico (Adams y Wald, 2009).

En la especie equina, la vasectomía se ha descrito única y exclusivamente como método de control de poblaciones salvajes (Collins *et al.*, 2011; Guilfoyle *et al.*, 2014). Los trabajos que describen la técnica quirúrgica convencional en esta especie son escasos (Santisteban *et al.*, 1983), aunque recientemente, se ha realizado la notificación de la reversión de la vasectomía en un macho de raza Przewalski (Smithsonian, 2008), si bien no se describe la técnica quirúrgica que se utilizó para efectuar la vasectomía.

El uso de la laparoscopia para realizar este método de esterilización se ha descrito en medicina humana (Childers y Hicks, 1992; Smith y Polglase, 1993; Mosquera y Urban, 1994; Kakitelashvili *et al.*, 2002) así como en medicina veterinaria, concretamente en especies tales como el perro (Maiti *et al.*, 2007; Novo, 2013; Mahalingam *et al.*, 2014), las llamas o alpacas (Bravo y Sumar, 1991) y el elefante (Marais *et al.*, 2013; Rubio-Martínez *et al.*, 2014b). En esas especies, esta técnica de cirugía mínimamente invasiva hace que el procedimiento sea más sencillo, seguro y rápido que la técnica convencional (Bravo y Sumar, 1991) evitando alguna de las complicaciones que se describen con la técnica abierta.

En nuestro conocimiento, no existe actualmente ningún trabajo que describa o utilice la vasectomía laparoscópica en équidos.

La hipótesis de trabajo planteada en este estudio es que la vasectomía, realizada vía laparoscópica y con el caballo en estación es una técnica quirúrgica sencilla, rápida y eficaz.

Con el fin de verificar la hipótesis de trabajo se plantea como objetivo general el desarrollo y la evaluación de una técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación y, para lograr este propósito, se fijan los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar una técnica de vasectomía vía laparoscópica con el caballo en estación.
2. Evaluar la viabilidad de la técnica quirúrgica comprobando que el conducto deferente pueda ser localizado, sellado y retirado, registrando el tiempo quirúrgico de los procedimientos.
3. Evaluar la seguridad de la técnica quirúrgica registrando las posibles complicaciones relacionadas.
4. Evaluar el efecto de la técnica sobre la libido del semental.
5. Evaluar el efecto de la técnica sobre las características del eyaculado.

### 3.3 MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio prospectivo *in vivo* con caballos enteros, exentos de patologías concomitantes que se sometieron a los siguientes procedimientos:

- Dos recogidas de semen con vagina artificial (VA) previas al procedimiento laparoscópico. Durante la extracción se valoró el comportamiento sexual del caballo y en el eyaculado obtenido, se registraron los siguientes parámetros: volumen, concentración espermática, características macro y microscópicas.
- Exploración testicular: antes y después de la intervención laparoscópica se llevó a cabo una inspección externa de ambos testículos con el fin de valorar el tamaño, la temperatura y la presencia de anomalías.
- Realización de la técnica vasectomía laparoscópica bilateral con el caballo en estación, registrando las posibles complicaciones así como el tiempo requerido para realizar la técnica.
- Extracción de semen con VA antes y a los 15 y 60 días de la intervención, para valorar por un lado la libido del caballo y por otro lado las principales características del eyaculado.
- Realización de laparoscopia exploratoria en estación a los dos meses de la vasectomía laparoscópica, con la finalidad de comprobar si se han producido complicaciones en la zona intervenida (recanalización, adherencias, granuloma espermático).

#### 3.3.2 ANIMALES

El estudio se llevó a cabo con cuatro caballos enteros. Las dos primeras intervenciones se efectuaron en dos animales de experimentación de 15 (PRE, Pura Raza Español) y 24 años (cruzado), las restantes en dos casos clínicos, un semental PRà (Pura Raza Árabe) de 8 años y un PSL (Pura Sangre Lusitano) de 12 años de edad. Los propietarios demandaban la vasectomía para poder manejar a sus animales de la manera más natural posible, permitiendo a los animales enteros convivir en manada, conservando su comportamiento sexual, pero evitando la posibilidad de que dejaren a las yeguas preñadas.

Todos los procedimientos realizados en este estudio fueron aprobados por la Comisión Ética Asesora para Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza con el número de procedimiento PI59/14. El cuidado y usos de los animales se ha llevado a cabo respetando la legislación española sobre Protección Animal vigente en el momento de realización de los procedimientos (RD 1201/05) la cual cumple la Directiva 86/609 de la Unión Europea sobre protección de los animales usados en experimentación y con otras finalidades científicas (Consejo de la Comunidad Económica Europea, 1986). En los casos clínicos se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios para realizar las pruebas incluidas en este diseño experimental tras la vasectomía laparoscópica.

La edad y el peso de los animales que se emplearon en el estudio se detallan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.7.** Distribución por edad y peso de los animales incluidos en el estudio (n=4).  
 DS: Desviación Estándar, CVP: Coeficiente de Variación de Pearson, Mín: Valor Mínimo, Máx: Valor Máximo.

	Media	DE	CV	Mín	Máx
Edad (años)	14,75	6.80	0.461	8	24
Peso (kg)	431,25	52,40	0,121	440	400

### **3.3.3 METODOLOGÍA**

#### **3.3.3.1 Técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación**

##### **3.3.3.1.1 Equipamiento e instrumental laparoscópico**

Para la realización de la técnica de vasectomía laparoscópica se utilizó el siguiente equipamiento laparoscópico general (Figura 3.1):

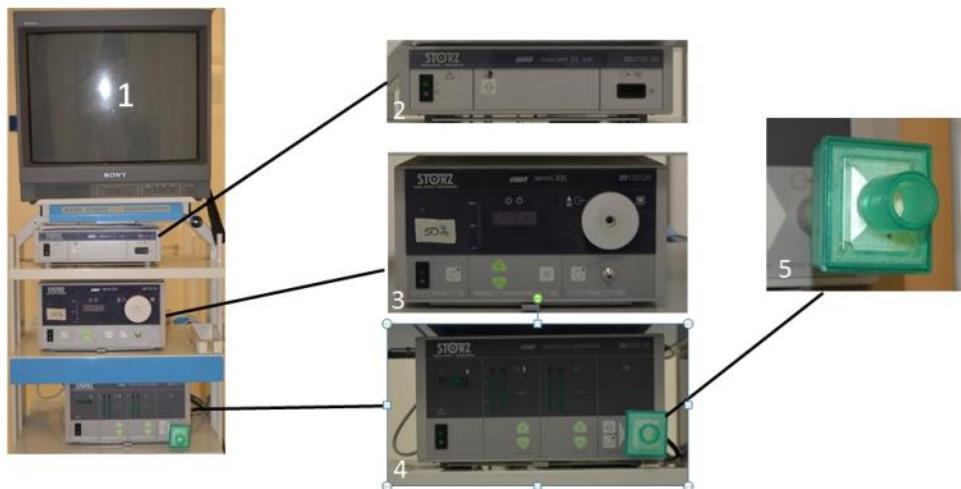
- Laparoscopio de 57 cm, 0º y 11 mm (*Hopkins 62032AP*, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Insuflador laparoscópico, capaz de proporcionar hasta 20 l/min de CO<sub>2</sub> (*SCB Electronic Endoflator 264305 20*, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Filtro de gas desechable con conexión ISO para equipos de insuflación con flujo de gas de hasta 30 l/min, con tubo de insuflación (Ref. 031222, MTP Medical Technical Promotion GMBH, Neuhausen ob Eck, Alemania).
- Fuente de luz fría de Xenon de 300 W (*SCB Xenon 300 201331 20*, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania) y cable transmisor de luz (Ref. 495NCS, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Unidad de control de cámara (*SCB telecam SL pal 202120 20*, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Cabezal de videocámara adaptable al ocular del laparoscopio (*Telecam 202120 30 PAL*, Ref. SN CH040300-H, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Monitor de alta definición (*PVM-20N5E*, Sony Corporation).
- Disco Duro Grabador (*i-Recorder 3700 MKV*, Investrónica, S.A, Madrid, España)

El instrumental laparoscópico utilizado durante la realización de las vasectomías fue el siguiente (Figura 3.2):

- Cánula óptica helicoidal reutilizable de 12mm de diámetro y 15cm de largo (*Ternamian EndoTIP*, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Alemania).
- Cánulas laparoscópicas desechables de 5 y 12 mm de diámetro (*Versaport™ Long Sleeve*, Covidien AG, Mansfield, MA, EEUU), con válvula para utilizar instrumental entre 5 y 12 mm de diámetro con trocar romo (*VersaStep™*, Covidien AG, Mansfield, MA, EEUU).

- Disector laparoscópico desechable de 5 mm de diámetro y 31 cm de largo (*Endo Dissect™*, Covidien AG, Mansfield, MA, EEUU, ref 176645)
- Fórceps atraumáticos laparoscópicos desechables de 5mm de diámetro y 31 cm de largo (*Endo Clinch™ II*, Covidien AG, Mansfield, MA, EEUU, ref 174317)
- Tijeras laparoscópicas desechables de 5mm de diámetro y 31 cm de largo (*Endoshears™*, Covidien AG, Mansfield, MA, EEUU, ref 176643)
- Dispositivo sellador inteligente (*Plasmakinetic*, Gyrus ACMI, generador W/744010, Massachusetts, EEUU ref 729044) y pinza tripolar de 5 mm de diámetro y 33 cm de largo (*PKS™ Cutting Forceps Gyrus ACMI*, Massachusetts, EEUU, ref 3005 PK).

**Figura 3.1.** Equipamiento laparoscópico general. 1: monitor de alta definición, 2: unidad de control de cámara, 3: fuente de luz fría de Xenon, 4: insuflador laparoscópico, 5: filtro de aire.



### 3.3.3.1.2 Manejo peri-operatorio y neuroleptoanalgesia

Tras un ayuno de dieta sólida durante 18 horas y 3 horas de líquidos, cada animal recibió una premedicación con Acepromacina (0,04 mg/kg). Una vez tranquilizado y cateterizado en la vena yugular (catéter *Braunüle MT® Luer Lock*, Braun, Melsungen, Alemania), se colocó al animal en un potro de contención y se indujo la sedación comenzando con un bolo inicial de Detomidina (13 µg/kg) y Butorfanol (0,02 mg/kg). La sedación se mantuvo durante el proceso quirúrgico con una infusión continua de Detomidina (6 µg/kg/h) y bolos espaciados de Butorfanol durante la intervención quirúrgica.

En todos los animales se realizó un sondaje uretral para facilitar por un lado, la evacuación de orina durante el proceso sin contaminar el campo quirúrgico o a los cirujanos, y por otro lado, para evitar que el caballo manifestase molestias durante el procedimiento quirúrgico. En determinados casos, según el temperamento del animal, se aplicaron medidas adicionales como cubrir con un paño los ojos, colocar tapones de

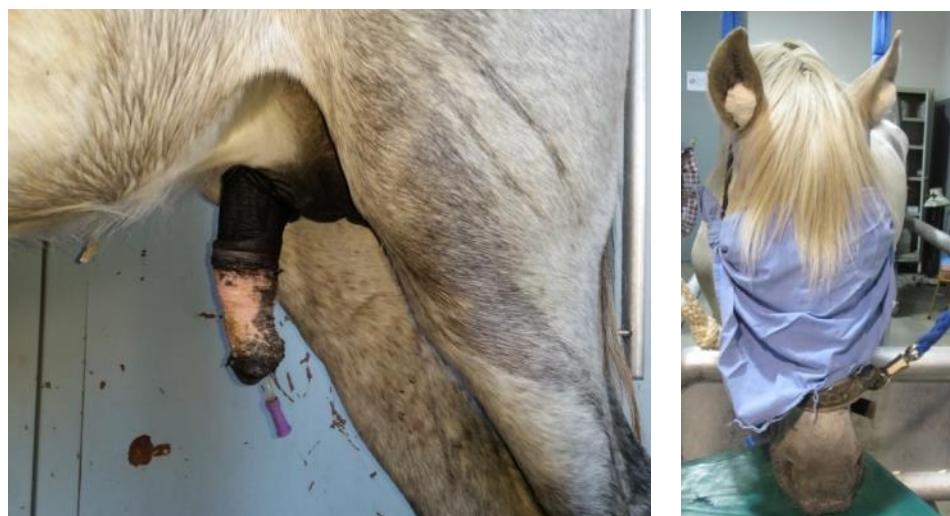
gasa en las orejas. Estas medidas se instauraron con el fin de disminuir los estímulos externos y favorecer el efecto de la sedación (Figura 3.3).

Las zonas de intervención (ambos ijares) se prepararon de manera aséptica para la cirugía: se rasuró una zona amplia desde la porción dorsal de la tuberosidad coxal hasta el pliegue de la babilla, y desde la 13<sup>a</sup> costilla aproximadamente y el límite caudal de la tuberosidad coxal. Se limpiaron y desinfectaron con soluciones jabonosas de Povidona Yodada o Clorhexidina; después, se aclararon con agua de lavado estéril o alcohol (Figura 3.4).

**Figura 3.2.** Instrumentos laparoscópicos utilizados en la técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación. Izquierda arriba: disector, tijeras y fórceps atraumáticos. Derecha arriba: dispositivo sellador inteligente. Abajo: cánulas y trocares.



**Figura 3.3.** Izquierda: realización de sondaje uretral previo a la intervención. Derecha: Colocación de paño sobre los ojos y de tapones de gasa en las orejas.



**Figura 3.4.** Preparación aséptica de ambos flancos: rasurado (imagen izquierda y central) y limpieza y desinfección con Clorhexidina (abajo).



Una vez preparada la zona de intervención, se colocaron unos paños quirúrgicos de grandes dimensiones que cubrían el caballo así como las barras laterales del potro. Primero se colocó una sábana quirúrgica que cubría ambos lados del caballo, desde la mitad del flanco hacia craneal, hasta la parte proximal del cuello y luego, otra desde la

mitad de flanco hacia caudal, cubriendo ampliamente la grupa y la cola para evitar que en algún movimiento de la misma se contaminase el campo quirúrgico. Los paños se sujetaron entre sí en las partes distales en la zona dorsal del caballo con pinzas de campo de Backhouse, evitando pellizcar la piel del caballo, y en las partes distales de las sábanas. Para tener acceso al campo quirúrgico, se frunció las sábanas anterior y posterior sobre sí mismas y se mantuvieron plegadas con pinzas de campo, de tal manera que se creó una ventana sobre el flanco del caballo (Figura 3.5). Todos los procedimientos se realizaron de manera estéril, respetando las medidas de asepsia.

**Figura 3.5.** Imagen que muestra la colocación de los paños así como la preparación del campo quirúrgico.



Para la colocación de los puertos laparoscópicos, se infiltró la piel y la pared abdominal con lidocaína (20ml).

Los animales recibieron una cobertura antiinflamatoria (Flunixin Meglumina ,1,1 mg/kg, IV, BID, 2 días) y antibiótica (Sulfadoxina Trimetoprim, 30mg/kg, IM, SID, 3 días).

### 3.3.3.1.3 Técnica laparoscópica

El primer abordaje se realizó por el flanco izquierdo. El procedimiento requirió la colocación de tres portales laparoscópicos. El primer puerto laparoscópico se localizó en un punto equidistante entre la parte ventral de la tuberosidad coxal y la última costilla. Para su colocación, se realizó una pequeña incisión en la piel (1,5 cm aproximadamente) (Figura 3.6). Con la ayuda de una cánula óptica helicoidal reutilizable de 12 mm de diámetro y 15 cm de largo (cánula de Ternamian) y sin insuflación previa del abdomen, se llevó a cabo el acceso a la cavidad abdominal bajo control endoscópico, ya que estas cánulas huecas permiten el control visual de la maniobra, alojando un laparoscopio en su interior de 57 cm, 11 mm y 0° (Figura 3.7).

Una vez colocado el primer portal se indujo el capnoperitoneo insuflando el abdomen con CO<sub>2</sub> hasta llegar a una presión abdominal de 12 a 15 mmHg. Se realizó una exploración inicial del hemiabdomen izquierdo localizando el anillo inguinal izquierdo, el cordón testicular y el conducto deferente (Figura 3.8). Tras esta inspección inicial se procedió a colocar bajo control laparoscópico los otros dos portales necesarios para introducir el instrumental laparoscópico (Figura 3.9). El segundo portal se colocó unos 10 cm ventral al primer portal y el tercero unos 10 cm en sentido caudal al segundo portal

para poder triangular de una manera adecuada. Para estos puertos se emplearon cánulas laparoscópicas desechables con trocar romo de 5 y 12 mm (Figura 3.10).

**Figura 3.6.** Imagen que ilustra el tamaño de la incisión realizada para la colocación de la cánula de Ternamian.



**Figura 3.7.** Acceso laparoscópico sin insuflación previa mediante el uso de la cánula óptica helicoidal.



Con la ayuda de material laparoscópico de 31 cm (fórceps atraumáticos, disectores y tijeras) se diseccionó una porción amplia del conducto deferente (unos 3-4cm). Para conseguir la oclusión de los conductos se recurrió a la electrocoagulación empleando un sellador bipolar inteligente (Gyrus-Plasmakinetic) en los extremos de la porción diseccionada del conducto deferente. Este instrumento permitió sellar el conducto y la posterior sección del mismo, mediante una cuchilla que actúa entre las dos ramas selladoras, o utilizando una tijera laparoscópica (Vídeo 1).

Tras la sección de los dos extremos cauterizados se retiró la porción del conducto deferente a través de la cánula de 12 mm.

La vasectomía del lado derecho se realizó de la misma manera. La colocación del primer portal de este lado se efectuó bajo control laparoscópico, avanzando el laparoscopio desde el lado izquierdo, por encima de la vejiga y bajo el recto, para visualizar la pared abdominal derecha, evitando así la posible punción de la cabeza del ciego (Figura 3.11).

Las incisiones se suturaron con material monofilamento absorbible para músculo y tejido subcutáneo, para el cierre de la piel se utilizaron grapas quirúrgicas.

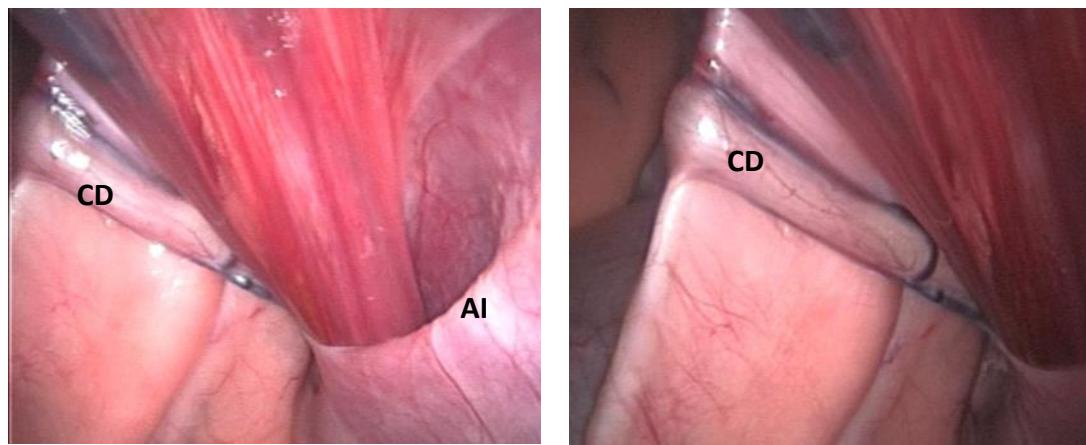
En todas las laparoscopias se registró el tiempo de cirugía, activando el cronómetro cuando el cirujano comenzaba a infiltrar la piel con anestésico local para colocar el primer puerto laparoscópico. En cuanto la porción de conducto deferente se exteriorizaba por el segundo portal, el cronómetro se detenía.

**Video 1:** Secuencia de videos mostrando la técnica laparoscópica de vasectomía. (Duración 2' y 19"; el video se reproduce dos veces).

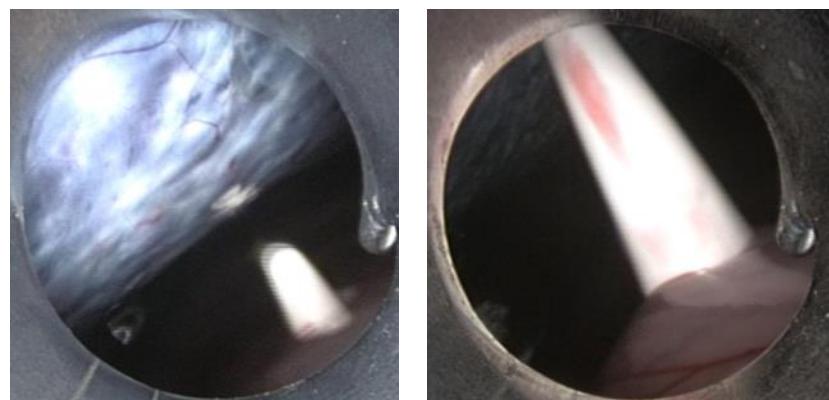


(Para reproducir los videos de esta Memoria, insertados con códigos QR, capturar la imagen con un *smartphone* o tableta con cámara y conexión a internet. Más instrucciones en Anexo 3)

**Figura 3.8.** Localización con el laparoscopio del anillo inguinal (AI) y del conducto deferente (CD).



**Figura 3.9.** Colocación del segundo portal bajo control laparoscópico.



**Figura 3.10.** Esquema de los lugares de colocación de los 3 portales laparoscópicos:  
Rojo: primer portal. Morado: segundo portal. Amarillo: tercer puerto laparoscópico.

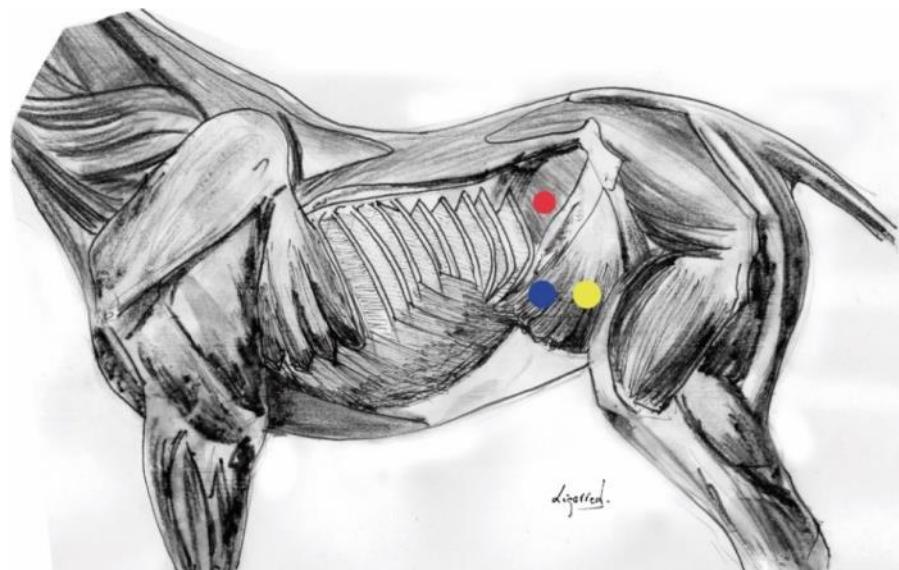


Ilustración arriba: Víctor Ligorred.

**Figura 3.11.** Izquierda: realización del acceso laparoscópico por el flanco derecho, bajo control laparoscópico desde el lado izquierdo. Derecha: visión laparoscópica desde el lado izquierdo, momento en el que la cánula está a punto de perforar el peritoneo.



### 3.3.3.2 Exploración testicular

En todos los animales se llevó a cabo una inspección externa de ambos testículos en los días -7, -5 (ambos antes de la intervención), 7, 15 y 60 (post-cirugía).

La exploración se llevó a cabo en el box del animal, con precaución se palparon ambos testículos para valorar el tamaño, la temperatura así como la presencia de anomalías tales como heridas, cicatrices, edema escrotal, hidrocele, orquitis y torsión testicular.

### 3.3.3.3 Valoración del efecto de la técnica en el comportamiento sexual

En cada caballo se realizaron cuatro valoraciones del comportamiento sexual, coincidiendo con las extracciones de semen: 5 y 7 días antes de la intervención y a los 15 y 60 días tras la vasectomía.

El protocolo de recogida de semen, se realizó utilizando una yegua en celo para la monta. Bajo sedación previa, con el fin de evitar que esta dañe al caballo, se contuvieron las extremidades posteriores colocando unos trabones y una platalonga que desde estos hasta alrededor de la base del cuello de la yegua.

Para valorar el comportamiento sexual de cada animal, se realizó una rúbrica en la que se tuvo en cuenta:

- La libido: interés por la hembra, reflejo de Flehmen, lameteo y mordisqueo de los miembros posteriores y de la cruz (Figura 3.12).
- El tiempo de reacción, es decir el tiempo en segundos que tarda el macho hasta que realiza su primera cubrición.
- El número de saltos necesarios para que el caballo eyacule.

Una vez finalizada la monta, se registró el grado de comportamiento sexual de cada animal siguiendo los criterios tenidos en cuenta en la rúbrica (Tabla 3.2).

**Tabla 3.8.** Rúbrica empleada para valorar el comportamiento sexual de cada animal incluido en el estudio.

	0	1	2	3
Libido	Nula	Baja	Normal	Elevada
Tiempo de reacción (segundos)	No contacta	>120"	60-119"	<60"
Número de saltos	No salta	>2	2	1

**Figura 3.12.** Aspectos a valorar en la libido de un semental. Arriba izquierda: el caballo mira y se acerca a la yegua en celo. Arriba derecha: reflejo de Flehmen. Abajo izquierda: mordisquea a la yegua. Abajo derecha: lame las extremidades posteriores y entra en erección.



### 3.3.3.4 Valoración del eyaculado antes y después de la vasectomía.

Durante el transcurso del estudio se realizaron extracciones de semen seriadas 5 y 7 días antes de la intervención y a los 15 y 60 días tras la vasectomía. El salto del día 7 antes de la laparoscopia fue tenido en cuenta para valorar la libido, pero no se realizó ninguna valoración seminal con ese eyaculado, debido al posible exceso de reposo sexual antes de esta extracción.

La recogida de semen se realizó con una VA modelo Missouri (IMV, L'Aigle, Francia) que se había lubrificado previamente con gel estéril no espermicida (*Sterile Lubricating Jelly Priority Care*, First Priority, Inc, Illinois, EEUU). La preparación de la vagina se realizó llenando la doble cámara con agua caliente (50-60° para que el interior de la vagina estuviera entre 40-47°), hasta una presión determinada (varía en función del individuo). La VA llevaba acoplado un recipiente de recogida que contenía un filtro adaptado (Filtro de celulosa 150 x 60 mm, MiniTube, Tarragona, España), de tal manera que se retuvieran los detritus que podían desprenderse del pene. Una vez acoplado el recipiente, se cubrió la vagina con dos fundas protectoras de cuero. La primera funda llevaba incorporada un asa que facilitaba su manejo y se colocaba cubriendo la parte central y proximal de la VA. La segunda funda se colocó en la zona distal cubriendo principalmente el recipiente de recogida, con el fin de evitar cambios bruscos de temperatura y que la luz incidiese sobre el recipiente. Posteriormente, se lubricó la VA con gel lubricante no espermicida y se procedió a realizar la recogida de semen.

Cuando el caballo realizaba el salto adecuadamente, se desviaba el pene hacia un lado y se introducía en la VA. La eyaculación se valoró observando por un lado el aleteo del maslo y por otro lado colocando la mano en la base del pene para detectar las pulsaciones uretrales generadas en el momento de la eyaculación. Una vez finalizada la eyaculación, se bajó la parte distal de la VA con el fin de evitar el contacto prolongado del eyaculado con el material de la VA, ya que el contacto del semen con el látex y la alta temperatura a la que se encuentra la VA podían alterar la calidad de los espermatozoides (Figura 3.13).

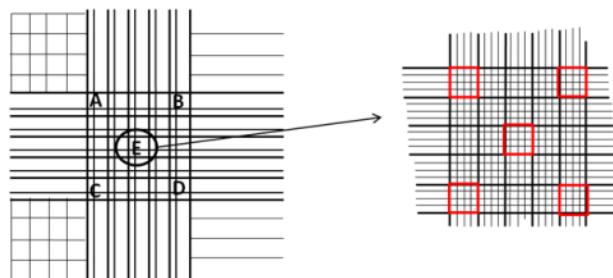
**Figura 3.13.** Izquierda: extracción de semen con vagina artificial tipo Missouri. Derecha: se puede observar el momento en el que se baja el extremo distal de la VA.



Una vez recogida la muestra, tras comprobar que el semen tiene unas características macroscópicas normales (ausencia de hemospermia o de orina), se volvió a filtrar el eyaculado, con el fin de eliminar los restos de gel y esmegma o detritus. Tras ello, se midió el volumen de eyaculado libre de gel y posteriormente, se procedió con la valoración microscópica. El primer parámetro valorado fue la concentración espermática. Esta se midió con una cámara hemocitométrica de Neubauer que se colocó previamente sobre una placa térmica integrada en el microscopio de contraste de fases a 37º C (Nikon Eclipse E400, Melville, EEUU).

La cámara de recuento de Neubauer consta de dos zonas ligeramente deprimidas que llevan grabada en el fondo una cuadrícula, con 5 cuadrados grandes: A, B, C, D y E. El cuadrado central (E), se subdivide en 25 cuadrados pequeños que a su vez, se dividen en 16. De cada cuadrado principal, se cuentan los espermatozoides presentes en los cuadrados pequeños de las esquinas y el central (Figura 3.14).

**Figura 3.0-14.** Representación de la rejilla grabada sobre la cámara de Neubauer. Los cuadrados pequeños resaltados en rojo son los que suelen seleccionar más frecuentemente para el conteo de los espermatozoides.



El cuadrado E mide 1 mm de largo por 1 mm de ancho, por otro lado, el espesor del líquido que se posa sobre las hendiduras de la cámara hemocitométrica es de 0,1cm. Por lo tanto el factor de multiplicación del cuadrado E es de  $10^4$ , si se cuentan los espermatozoides de los cinco cuadrados pequeños, el factor de multiplicación será de  $5 \times 10^4$ . Así, para obtener el número de espermatozoides por mililitro (ml), se debe multiplicar el número de espermatozoides por el factor de multiplicación de la superficie contada y por el factor de dilución espermática (50, 100, 200...).

La motilidad espermática fue el segundo parámetro valorado, para ello, en la misma cámara hemocitométrica se observaron 100 espermatozoides a un aumento de 200x, cuyo movimiento se categorizó atendiendo a la clasificación de la OMS (*World Health Organization, 1999*) (Figura 3.15).

### 3.3.3.5 Reevaluación laparoscópica

A los 60 días de la intervención se realizó de nuevo una exploración laparoscópica con el caballo en estación y bajo sedación. Al igual que en la técnica descrita anteriormente, el procedimiento se realizó en condiciones de asepsia. Esta vez, se preparó una zona quirúrgica mucho menos extensa que para la realización de la vasectomía. Esto se debe a que la laparoscopia exploratoria solo requiere la colocación

de un portal laparoscópico (Figura 3.16), el cual se colocó en un punto más o menos equidistante entre la porción ventral de la tuberosidad coxal y la última costilla, evitando incidir sobre la cicatriz de la incisión realizada en la cirugía anterior. El acceso se realizó sin insuflación previa del abdomen y se llevó a cabo con la cánula de Ternamian.

Una vez colocada correctamente la cánula, se indujo el capnoperitoneo hasta llegar a una presión intraabdominal de 12-15mmHg. A continuación se realizó una exploración ambas zonas intervenidas con el fin de valorar: la posibilidad de que el conducto deferente se hubiese recanalizado, la formación de un granuloma espermático en el extremo testicular o bien la formación de adherencias (Figura 3.16).

**Figura 3.15.** Ilustración de los tipos de movimientos de los espermatozoides y categorías según la OMS (*World Health Organization, 1999*). 1: progresivo rápido, 2: progresivo lento, 3: no progresivo, 4: estático.

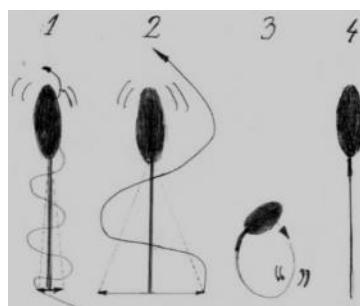


Ilustración: Víctor Ligorred

**Figura 3.16.** Izquierda: zona quirúrgica para la inserción del portal laparoscópico. Derecha: realización de la laparoscopia exploratoria para reevaluar la zona intervenida.



### 3.3.3.6 Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se describieron en función de su media aritmética, desviación estándar (DS), coeficiente de variación de Pearson (CV), mediana y rango (mínimo y máximo) de la DS. Para caracterizar las variables cualitativas se utilizaron frecuencias relativas. Algunas variables cuantitativas se analizaron con el test *One Way ANOVA* para muestras paramétricas tras comprobar la distribución normal de los datos.

### 3.4 RESULTADOS

#### **3.4.1 Técnica quirúrgica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación**

La técnica de vasectomía laparoscópica descrita en el estudio permitió localizar, disecar, sellar y retirar una porción de conducto deferente de manera adecuada y sencilla.

Salvo una pequeña hemorragia que pudo resolverse inmediatamente con el sellador bipolar inteligente, durante la intervención no se registró ninguna otra complicación. Todas las incisiones de los portales laparoscópicos cicatrizaron sin complicaciones destacables.

En cuanto al registro de los tiempos de cirugía, los resultados se reflejan en la Tabla 3.3. La media fue de 25 minutos y medio por conducto, incluyendo el tiempo requerido para colocar los portales laparoscópicos de ambos lados. La numeración identificativa de los caballos se corresponde con el orden cronológico en el que se intervinieron. En la Tabla 3.3 se refleja la evolución cronológica de los tiempos de cirugía de las vasectomías laparoscópicas realizadas. La media de los dos anillos del primer caso (31,5 min) fue superior a la del último caballo (18 min).

**Tabla 3.9:** Registro de los tiempos de las vasectomía en cada uno de los conductos deferentes de los cuatro caballos intervenidos, expresado en minutos. CD: conducto deferente.

CABALLO	CD IZQUIERDO	CD DERECHO
1	29	34
2	30	33
3	20	22
4	17	19
<b>Media</b>	<b>24</b>	<b>27</b>
<b>DS</b>	<b>6,5</b>	<b>7,6</b>
<b>CVP</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>Mín</b>	<b>17</b>	<b>19</b>
<b>Máx</b>	<b>30</b>	<b>34</b>

#### **3.4.2 Exploración testicular**

Las inspecciones testiculares externas realizadas los días -7 y -5 (antes de la cirugía) fueron normales. Las exploraciones, llevadas a cabo los días 7, 15, y 60 post-intervención, no revelaron ningún tipo de alteración, ni diferencia alguna con las realizadas antes de la vasectomía laparoscópica.

### **3.4.3 Comportamiento sexual**

En lo que se refiere al comportamiento sexual, siguiendo los criterios de la rúbrica planteada en el apartado 3.3.3.3 de este mismo capítulo, los resultados obtenidos revelan que todos los animales incluidos en el estudio mostraron el mismo grado de comportamiento sexual antes y después de la vasectomía laparoscópica (Tabla 3.4).

**Tabla 3.10:** grados de comportamiento sexual asignados a los animales en cada extracción de semen realizada durante el estudio, según la rúbrica del apartado 3.3.3.3.

LIBIDO	Caballo 1	Caballo 2	Caballo 3	Caballo 4
<b>ANTES</b>	7 días	3	2	2
	5 días	3	2	3
<b>DESPUÉS</b>	15 días	3	2	3
	60 días	3	2	3

### **3.4.4 Valoración del eyaculado antes y después de la vasectomía laparoscópica**

La valoración macroscópica reveló la ausencia de hemospermia o urospermia en todos los eyaculados, siendo en todos los casos la valoración macroscópica normal, tanto antes como después de la vasectomía laparoscópica.

En todos los caballos el volumen de eyaculado recogido fue menor tras la intervención laparoscópica: media de 54,5 ml antes de la vasectomía, frente a 37,25 ml de media en los dos eyaculados tras la intervención. La prueba de ANOVA mostró que estas diferencias fueron estadísticamente significativas (Tabla 3.5).

En los caballos 1, 3 y 4, a los 15 días del procedimiento, los eyaculados obtenidos eran ya azoospérmicos. Sin embargo, en el caballo 2, el eyaculado recogido a los 15 días aún mostraba una concentración muy baja de espermatozoides estáticos (0,4 millones de espermatozoides/ml), aunque el 100% de los mismos eran estáticos. En todos los animales, los eyaculados obtenidos a los 60 días de la intervención laparoscópica eran azoospérmicos. Estos resultados se muestran en las Tabla 3.6.

### **3.4.5 Reevaluación laparoscópica.**

En la laparoscopia realizada a los 60 días de la vasectomía, en ningún animal se encontraron complicaciones tales como el granuloma espermático, la recanalización del conducto o la formación de adherencias.

**Tabla 3.11.** Test ANOVA para los volúmenes de eyaculado libre de gel obtenidos los días -5, 15 y 60.

Día	Caballo 1	Caballo 2	Caballo 3	Caballo 4
-5	52	35	64	67
15	40	20	58	40
60	45	20	45	30
<b>p = 0,0348</b>				

**Tabla 3.12.** Resultados de la valoración seminal macro y microscópica en los 4 caballos durante los diferentes días de extracción.

(n=4)	Media	DS	CVP	Mín	Máx
Día -5	<b>VELG</b>	54,5	14,5	0,3	35
	<b>CE</b>	276,3	123,6	0,4	98
	<b>EPR</b>	65,4	11,3	0,2	55,4
	<b>EPL</b>	17,6	10,5	0,6	6,5
	<b>ENP</b>	9,6	3,3	0,3	5,2
	<b>EE</b>	7,4	2,4	0,3	4,2
Día 15	<b>VELG</b>	39,5	15,5	0,4	20
	<b>CE</b>	0,1	0,2	2	0
	<b>EPR</b>	0	0	0	0
	<b>EPL</b>	0	0	0	0
	<b>ENP</b>	0	0	0	0
	<b>EE</b>	25	50	2	0
Día 60	<b>VELG</b>	35	12,2	0,3	20
	<b>CE</b>	0	0	0	0
	<b>EPR</b>	0	0	0	0
	<b>EPL</b>	0	0	0	0
	<b>ENP</b>	0	0	0	0
	<b>EE</b>	0	0	0	0

VELG: volumen de eyaculado libre de gel (expresado en ml), CE: concentración espermática (expresada en millones de espermatozoides/ml), EPR: porcentaje de espermatozoides progresivos rápidos, EPL: porcentaje de espermatozoides progresivos lentos, ENP: porcentaje de espermatozoides no progresivos, EE: porcentaje de espermatozoides estáticos.

### 3.5 DISCUSIÓN

Pese a que en los équidos la vasectomía es una técnica poco demanda, en determinadas circunstancias puede ser solicitada, bien sea para el control de poblaciones salvajes (Guilfoyle *et al.*, 2014) o bien por parte de propietarios que tienen interés en mantener a sus animales enteros en condiciones de manejo lo más naturales posibles, viviendo en manda con yeguas, pero sin dejarla preñadas.

Para esas situaciones no es fácil encontrar publicaciones que describan la técnica de vasectomía en caballo (Santisteban y Ávila, 1983) ni las posibles complicaciones esperables. Sin embargo, extrapolando lo descrito en otras especies domésticas (Wildt *et al.*, 1981; Bravo y Sumar, 1991; Silva *et al.*, 1993; Oliveira *et al.*, 2003) y sobre todo en medicina humana (Mosquera y Urban, 1994; Patterson *et al.*, 1996; Kasirajan *et al.*, 1999; Kakitelashvili *et al.*, 2002), el abordaje laparoscópico para realizar la resección del conducto deferente en caballos, puede ser una solución que evitase algunas de esas complicaciones descritas en otros mamíferos: hematoma (Labrecque *et al.*, 2004; Sepúlveda *et al.*, 2014), granuloma espermático (Janett *et al.*, 2001), recanalización (Lara-Ricalde *et al.*, 2010), epididimitis (Sepúlveda *et al.*, 2014), orquiepididimitis (Romero-Pérez *et al.*, 2004), orquialgia crónica (Ahmed *et al.*, 1997; Romero-Pérez *et al.*, 2004), infección en el sitio quirúrgico (Labrecque *et al.*, 2002), hidrocele (Romero-Pérez *et al.*, 2004). En nuestro estudio, al igual que en otro trabajo de vasectomía laparoscópica efectuado en perros (Silva *et al.*, 1993) no se registraron complicaciones post-intervención tales como granulomas espermáticos, recanalizaciones de los conductos deferentes. Tampoco se observó ninguna alteración destacable sobre el tamaño testicular después de la vasectomía, coincidiendo con lo mostrado en roedores por otros autores (McGlynn y Erpino, 1974). Sin embargo, otros estudios sobre la influencia de la vasectomía convencional en la morfología testicular realizados también ratas, señalan una disminución del peso testicular a los 5-6 meses de la vasectomía (Contuk *et al.*, 2012).

La vasectomía laparoscópica en el caballo, además de evitar esas complicaciones relacionadas con un abordaje abierto en la porción proximal de la bolsa escrotal, puede ser una alternativa a la vasectomía convencional cuando el semental padece o ha padecido un episodio de orquitis o traumatismos testiculares, ya que en estas ocasiones el aislamiento del conducto deferente puede resultar difícil (Santisteban y Ávila, 1983). Además, el abordaje laparoscópico ofrece un acceso excelente al conducto deferente que no solo elude la incisión en el escroto, sino que también evita la disección de tejidos cercanos al cordón espermático (Kakitelashvili *et al.*, 2002). Aunque no es la técnica más habitual, en medicina humana también se ha descrito la técnica de vasectomía laparoscópica, que suele efectuarse cuando el paciente ha de someterse a alguna cirugía laparoscópica programada y quiere ser vasectomizado (Mosquera y Urban, 1994; Patterson *et al.*, 1996; Kasirajan *et al.*, 1999; Kakitelashvili *et al.*, 2002). Los resultados de la vasectomía laparoscópica humana muestran menores complicaciones que otras técnicas convencionales (Patterson *et al.*, 1996).

La mayoría de las técnicas laparoscópicas requieren una gran destreza y una curva larga de aprendizaje (Hendrickson, 2012). En nuestra experiencia, la vasectomía laparoscópica en el caballo es una técnica sencilla que no genera grandes retos al cirujano laparoscópico, debiendo de realizarse tan sólo una disección del conducto

deferente y su sellado. El empleo de dispositivos inteligentes de sellado de vasos facilita enormemente este procedimiento, al igual que muchos otros en cirugía laparoscópica (Rodgerson *et al.*, 2001; Hanrath y Rodgerson, 2002; Goethem *et al.*, 2003; Shoemaker *et al.*, 2004; Gower y Mayhew, 2008; Holmes *et al.*, 2013). Además los resultados mostrados en algunas publicaciones de medicina humana, documentan menos complicaciones y mayor seguridad de la técnica de vasectomía convencional cuando se utiliza este sistema de sellado de los extremos del conducto deferente (Labrecque *et al.*, 2004). En nuestro trabajo esto se ha visto reflejado por unos tiempos quirúrgicos moderados, y que además con tan solo cuatro casos de entrenamiento, se han visto marcadamente acortados.

Es importante destacar también que esta técnica laparoscópica puede efectuarse con el caballo en estación, sin necesidad de anestesia general. No obstante, esta circunstancia se ve limitada a animales adultos, fáciles de manejar y controlar, que puedan tolerar una neuroleptoanalgesia y, cuyo carácter y estado de salud no supongan un riesgo para el propio paciente, el personal o el equipamiento (Shettko, 2000), reservándose en general sólo para sementales domesticados. Esto obligaría a que si se utiliza para el control de poblaciones salvajes, deba realizarse bajo anestesia general en posición de Trendelenburg, la cual proporciona un excelente acceso a la región anatómica a intervenir (Galuppo *et al.*, 1996; Fischer, 2002b).

En cualquier caso, el factor esencial de cualquier técnica de vasectomía es conseguir una azoospermia que anule la capacidad fecundante del animal, o al menos una oligospermia suficiente que lo impida (Rajmil *et al.*, 2007; Schexnider *et al.*, 2007). En nuestro estudio 3 de 4 animales fueron azoospérmicos a los 15 días y ningún eyaculado contenía espermatozoides a los 60 días. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en otros estudios con vasectomías percutáneas en perros que mostraron azoospermia ya desde el día uno y que se mantuvo también el día 7 (Schiff *et al.*, 2003), el día 15 (De Souza *et al.*, 2006) y el día 21 (Silva *et al.*, 1993). En otro trabajo desarrollado en moruecos vasectomizados con la técnica convencional (Janett *et al.*, 2001) la producción de espermatozoides se mantuvo en algunos animales hasta cinco meses después de la cirugía, aunque desde el día 15 los espermatozoides producidos no eran ni viables ni motiles. Este es un detalle importante ya que hay autores que subrayan que, al menos en medicina humana, no es necesaria la azoospermia para obtener la infertilidad y que bastaría con una oligospermia con espermatozoides inviables (Rajmil *et al.*, 2007). Como consecuencia de ello, en medicina humana los datos también son muy variables, determinados autores señalan que se obtienen en el 80% de los pacientes eyaculados azoospérmicos o no fecundantes entre 45 y 60 días post-vasectomía (Romero-Pérez *et al.*, 2004). La escasa bibliografía sobre vasectomía en caballos no permite conocer los tiempos de eyaculados azoospérmicos y no fecundantes en esta especie. En el único trabajo que hemos podido localizar que describe la técnica de vasectomía en équidos no se realizan controles posteriores para obtener esta información (Santisteban y Ávila, 1983). Una de las limitaciones de nuestro estudio es el escaso número de caballos intervenidos, que aunque puede ser suficiente para conocer la viabilidad de la técnica quirúrgica en sí misma, es demasiado escaso para obtener conclusiones sobre la producción espermática en el caballo tras la vasectomía. Por ello, sería interesante poder continuar este estudio con nuevos casos clínicos de caballos en los que realizar controles espermáticos tras la vasectomía. De

hecho, una consecuencia de todo o anterior, es que es altamente recomendable proponer a los propietarios que tras la vasectomía de un caballo se efectúen valoraciones del eyaculado que aseguren la azoospermia o la inviabilidad de los espermatozoides antes de que puedan volver a cubrir yeguas.

Al igual que en otros estudios publicados en otras especies (Janett *et al.*, 2001), el volumen de eyaculado obtenido tras la vasectomía en los caballos de nuestro estudio fue significativamente menor que antes de la intervención. Algunos autores consideran en medicina humana que se puede producir una reducción del 10 al 15% en el volumen de eyaculado de los pacientes vasectomizados (Cháfer *et al.*, 2007). Sin embargo, esto no concuerda con otros resultados obtenidos en medicina humana (Kolettis *et al.*, 1999) y en otras especies animales (Pineda *et al.*, 1976; Pineda y Dooley, 1984).

La realización de la vasectomía laparoscópica hace que, en el caso de sea demandada, la reversión de la técnica suponga un reto para el cirujano (Mosquera y Urban, 1994). Sin embargo, en medicina humana se ha descrito la posibilidad de revertir la técnica en estos casos con microcirugía (Kramer y Meacham, 2006; Barazani *et al.*, 2014). No obstante la dificultad que entrañaría dicha intervención hace que sea oportuno avisar a los propietarios de que con esta técnica laparoscópica, la reversión en caballos es prácticamente inviable. Existe un trabajo que documenta la reversión de la vasectomía en un caballo de Przewalski, pero la vasectomía no se realizó con laparoscopia, sino de manera percutánea (Smithsonian, 2008).

Una posible ventaja adicional de la técnica de vasectomía laparoscópica en caballos es que, durante la intervención se puede comprobar el tamaño de los anillos inguinales y, en el caso de que fueran mayores de lo normal, en la misma cirugía se podría efectuar una herniorrafia parcial preventiva de una posible hernia inguinal.

Muchos de los avances realizados en laparoscopia humana y veterinaria han consistido en las simplificaciones de las técnicas así como en la reducción del número de portales laparoscópicos (Hartman *et al.*, 2013). El conducto deferente está localizado en la región caudomedial del cordón espermático (Nickel *et al.*, 1985), por lo que, tal y como hemos podido comprobar en algunos de los animales intervenidos en este trabajo (Figura 3.17), sería razonable plantearse la posibilidad de realizar la vasectomía laparoscópica de ambos conductos deferentes desde un solo flanco.

**Figura 3.17.** Visión laparoscópica del conducto deferente derecho desde el flanco izquierdo.



### 3.6 CONCLUSIÓN Y RELEVANCIA CLÍNICA

En las condiciones de nuestro estudio y en base a los resultados obtenidos, podemos establecer la siguiente **conclusión**:

La vasectomía laparoscópica con el caballo en estación es una técnica fácil de realizar, exenta de muchas de las complicaciones esperables con el abordaje convencional y que permite eliminar la capacidad fecundante del seminal en un corto periodo de tiempo, que puede ser ofertada a los propietarios que deseen o necesiten vasectomizar a sus caballos enteros.



## CAPÍTULO 4: NUEVA TÉCNICA DE CIERRE PARCIAL LAPAROSCÓPICO DEL CANAL INGUINAL CON EL CABALLO EN ESTACIÓN.





## 4.2 RESUMEN

### Introducción y objetivos:

La hernia inguinal indirecta es una patología frecuente en la clínica equina que mayoritariamente afecta a caballos adultos enteros. Este tipo de hernia suele llevar implícita la obstrucción y estrangulación del intestino herniado, lo que produce dolores cólicos severos. Por ello, estas hernias, requieren una resolución quirúrgica de urgencia, que además suele requerir la castración del testículo afectado.

La manera más extendida de prevenir la hernia inguinal preservando el testículo del semental, supone realizar el cierre parcial del anillo inguinal interno. La laparoscopia es de gran ayuda en estas ocasiones, ya que permite la adecuada visualización de la zona y el cierre parcial preservando el testículo. Se han descrito numerosas técnicas laparoscópicas para llevar a cabo este tipo de herniplastias, que pueden requerir el uso de nudos intracorpóreos así como habilidades laparoscópicas avanzadas por parte del cirujano.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo y evaluación de una nueva técnica quirúrgica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal con el caballo en la estación mediante el uso de un nuevo dispositivo diseñado a partir del arpón quirúrgico *Uplift*.

### Material y métodos

Este trabajo consta de:

- - Un estudio piloto con dos caballos enteros sanos, para la puesta a punto del dispositivo y de la técnica quirúrgica.
- - Un estudio prospectivo con ocho 8 caballos enteros de experimentación, que fueron sometidos a un cierre parcial unilateral de uno de sus canales inguinales, mediante el uso del dispositivo diseñado y la técnica desarrollada en el estudio piloto. El canal inguinal contralateral se empleó como control.

En todos los casos del estudio prospectivo, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Examen clínico de cojera antes y después de la implantación del arpón.
- Exploración testicular antes y después de la intervención, mediante palpación y ecografía en modo escala de grises.
- Procedimiento quirúrgico, durante el que se valoraron: el tamaño inicial del canal inguinal, la correcta colocación del dispositivo, la resistencia a la tracción, la eficacia en la oclusión parcial del canal inguinal, la duración del procedimiento quirúrgico, la presencia de incidencias y complicaciones, y se registraron los tiempos quirúrgicos.
- Índices de perfusión testicular (ecografía en modo B, modo CDU y Doppler Pulsado) antes y después de la intervención (24, 48 y 72 horas y 7, 21 y 28 días).
- Control laparoscópico, a los 28 días, valorando la reacción peri-tisular generada, la persistencia del dispositivo en el lugar de anclaje inicial y la de la oclusión parcial del canal inguinal, así como la presencia de adherencias.
- Valoración de las características seminales de ambos testículos, a partir de semen epididimario obtenido a los 28 días, tras orquidectomía bilateral.

Además en los dos animales del estudio piloto se realizó necropsia para observar: la zona de implantación del dispositivo, su lugar de colocación, el grado de reacción peri-tisular generada por la implantación del dispositivo así como la cantidad de tejido involucrado en el cierre.

El estudio piloto se realizó a partir de modificaciones en un arpón de PEEK, utilizado en medicina humana para realizar sacrocolpopexias (*Uplift*), del que se acabó generando un prototipo final que consta de tres partes:

- Arpón de PEEK que ofrece un mecanismo de anclaje que asegura la fijación del dispositivo.
- Sutura: filamento de polifluoruro de vinilideno (PVDF) enhebrado al arpón que permite unir y asegurar el arpón y el botón.
- Botón: estructura de PEEK rectangular con dos orificios en el centro por los que se introducen los extremos de la sutura, cuya función es asegurar el cierre parcial del canal inguinal.

Los procedimientos laparoscópicos se realizaron con el caballo en estación. El anclaje del arpón a través de la solapa axial del anillo inguinal se realiza mediante un aplicador diseñado específicamente. Tras la correcta colocación del arpón, se enhebran los extremos del hilo de sutura a través de los dos orificios que contiene el botón. Una vez fijado el botón con un empuja-nudos, se realizan nudos extracorpóreos sobre el botón para asegurar el cierre del canal inguinal.

### **Resultados y discusión**

En todos los animales el cierre parcial del canal inguinal originado fue satisfactorio y se pudo realizar de manera rápida y sencilla, de tal manera que puede llevarse a cabo incluso sin adiestramiento laparoscópico avanzado. En todos los casos los arpones resistieron una fuerza de tracción de la menos 10 N.

En la reevaluación indican se vio que en todos los casos los sistemas de anclaje diseñados permanecían implantados, aunque en dos animales la sensación de obliteración era menor que la apreciada tras la colocación del dispositivo, 28 días antes, lo que pudo deberse o a que cedieron los tejidos en los que se fija el prototipo o bien a una pérdida de tensión de la sutura. No se observaron adherencias ni reacciones peritoneales exuberantes.

El dispositivo utilizado y la técnica propuesta han estado exentos de complicaciones destacables, sin presentar ninguna de las documentadas en otros procedimientos de herniorrafia laparoscópica. Ninguno de los animales presentó cojera después de la intervención.

Tras la herniorrafia parcial, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ni en la vascularización testicular ni en la espermatogénesis.

Una de las principales limitaciones de nuestro estudio, es que se ha realizado con animales sanos, con anillos inguinales de tamaño normal y sin historial previo de hernia inguinal. Sería deseable poder ampliar este trabajo con casos clínicos, valorando el comportamiento del dispositivo en un plazo de tiempo más largo.

### **Conclusión y relevancia clínica**

La sencillez y rapidez con las que se implanta el dispositivo y la ausencia de complicaciones, tanto quirúrgicas como sobre la perfusión testicular y espermatogénesis, hacen de este nuevo sistema una alternativa prometedora para su uso en la herniorrafia parcial laparoscópica con el caballo en estación con preservación del testículo y de la funcionalidad reproductiva, si bien, sería recomendable comprobar el comportamiento del dispositivo en casos clínicos y con un seguimiento a más largo plazo.

## 4.2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La hernia inguinal es la protrusión de contenido de la cavidad abdominal hacia el canal inguinal o el espacio escrotal. Este tipo de hernia puede clasificarse como directa o indirecta; reducible o no reducible, estrangulada o no estrangulada (Freeman, 2012). Las hernias inguinales directas son aquellas en las que las asas de intestino delgado atraviesan un defecto en la pared abdominal. En el caso de las hernias indirectas, el intestino atraviesa el anillo inguinal y puede descender a través del canal inguinal hasta envolver al testículo (Spurlock y Robertson, 1988; Cousty *et al.*, 2010).

En el caballo adulto, las hernias inguinales adquiridas suelen provocar un cuadro de síndrome abdominal agudo (SAA), conocido también con el nombre de cólico equino, ya que las hernias inguinales indirectas, las más frecuentes en sementales, pueden llevar implícita la obstrucción y estrangulación del intestino herniado, lo que produce dolores cólicos severos. Los vasos intestinales y mesentéricos que acompañan al tramo intestinal incarcerado se ocluyen, provocando así, una lesión isquémica en el segmento intestinal herniado (Mair, 2003). En la hernia inguinal, el testículo afectado suele estar edematizado, frío y firme a la palpación. Sin embargo, el edema escrotal puede no presentarse, si el intestino se encuentra dentro del canal inguinal y no en el escroto. La compresión ejercida por el intestino delgado sobre el cordón espermático sumada al cambio de temperatura en el testículo, son dos factores que ponen en compromiso la viabilidad testicular. Por todo ello, estos casos requieren una resolución quirúrgica de urgencia que en muchos casos, además necesitan la castración del testículo afectado (Schumacher, 2012).

Tras un episodio de hernia inguinal es aconsejable realizar una herniorrafia parcial laparoscópica con preservación del testículo, de ambos anillos (si durante el episodio de hernia se pudo salvar el testículo) o del anillo contralateral (si fu necesaria la castración del testículo afectado). Esta técnica pretende asegurar la continuidad de la actividad reproductora, previniendo la posibilidad de una reherniación (Fischer *et al.*, 1995).

Se han descrito diferentes técnicas para realizar la herniorrafia del anillo inguinal con preservación de testículos, vía laparoscópica. Entre ellas se incluyen la colocación de una malla retroperitoneal (Fischer *et al.*, 1995), la colocación de un cilindro de malla en el interior del anillo (Mariën, 2001 y 2005), la técnica de colgajo peritoneal (Rossignol *et al.*, 2007; Wilderjans *et al.*, 2012), uso de suturas intracorpóreas y/o endograpas (Mariën *et al.*, 2001) así como el uso de Cianocrilato (Rossignol *et al.*, 2012).

El hecho de que coexisten diferentes técnicas laparoscópicas para un mismo objetivo, indica que, probablemente, ninguna de ellas destaca especialmente sobre las demás y que haya lugar para tratar de desarrollar nuevos enfoques quirúrgicos, que manteniendo las ventajas que ofrecen algunas de las técnicas ya existentes, minimicen sus inconvenientes. A nuestro entender, una de las desventajas que presentan la mayoría de las técnicas existentes es que se necesita una destreza laparoscópica avanzada (disección de peritoneo, suturas intracorpóreas...) que en muchas ocasiones puede ser difícil de adquirir y mantener para cirujanos que ejercen en centros con casuística laparoscópica limitada. Esto puede parecer un enfoque muy poco profesional y se nos podría acusar de empeñarnos en buscar soluciones sencillas antes de hacer hincapié en la necesidad de que los laparoscopistas equinos realicen una adecuada curva de aprendizaje. Sin embargo, es un hecho, que incluso en laparoscopia

humana, los cirujanos más experimentados, continúan demandando técnicas y dispositivos cada vez más sencillos, que sin perder la efectividad de la técnica, faciliten las maniobras quirúrgicas y acorten los tiempos de intervención. El sector de los suministros médicos para laparoscopia, consciente de esta demanda, no cesa de ofrecer múltiples nuevas soluciones que faciliten la tarea de los cirujanos. Los ejemplos son numerosos, pero podemos citar, entre otros: el uso de retractores intestinales para intervenciones laparoscópicas sobre la aorta (Cau *et al.*, 2005), dispositivos de radio-frecuencia bipolar para las anastomosis intestinales (Smulders *et al.*, 2007)...

El uso extendido de los biomateriales en cirugía y con ellos, la creación de nuevos y modernos implantes, ha provocado un considerable salto cualitativo y cuantitativo en la cirugía reconstructiva.

El mercado de suministros médicos ofrece hoy en día una amplia gama de arpones quirúrgicos y dispositivos de anclaje poliméricos, usados mayoritariamente en medicina humana para tratamientos en traumatología y urogecología. Son sistemas de fácil colocación que no requieren una gran destreza por parte del cirujano. Proporcionan un anclaje sólido y ajustable, lo que supone un acortamiento del tiempo de cirugía ya que sustituyen a los puntos de sutura intracorpóreos. Con algunas modificaciones, estos arpones quirúrgicos pueden tener aplicaciones en la laparoscopia equina, como por ejemplo, efectuar el cierre parcial del canal inguinal.

La posible utilidad de estos sistemas se basa en la anatomía del anillo y canal inguinal en los caballos. Tal y como se ilustra en la Figura 4.1, el anillo y canal inguinal del caballo podría equiparse con un "embudo" por cuyo interior pasa hacia la bolsa escrotal el cordón testicular. Para evitar una posible hernia indirecta podría ser suficiente con estrechar el cono de ese embudo (canal inguinal), sin que fuese necesario el cierre de su entrada o abertura (anillo inguinal interno). Esta suposición se ve reforzada por el hecho de que entre las técnicas descritas en herniorrafia laparoscópica equina con preservación del testículo, algunas sí que persiguen cerrar la "entrada del embudo" (TAPP, colgajo, puntos) pero otras actúan por debajo de esa "entrada", tratando de estrechar lo que hemos descrito como "cono del embudo" (cilindro de malla, Cianocrilato).

Siguiendo este razonamiento, el empleo de un dispositivo de anclaje que permitiese un estrechamiento adecuado de esa primera porción del canal inguinal podría ser una alternativa eficaz y sencilla para efectuar la herniorrafia parcial laparoscópica en caballos.

Por lo tanto, en este estudio, la **hipótesis** de trabajo planteada es que el cierre parcial del canal inguinal puede realizarse de manera rápida, sencilla y segura empleando la técnica laparoscópica desarrollada y el dispositivo de anclaje diseñado.

Para poder verificar la hipótesis planteada, el **objetivo general** fijado en el trabajo es el desarrollo y la evaluación de una técnica quirúrgica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal con el caballo en la estación mediante el uso de un nuevo dispositivo de anclaje.

Para poder alcanzar ese objetivo general, se planta un diseño experimental que consta de una fase previa o estudio piloto y de un estudio prospectivo, cada uno de ellos con los siguientes **objetivos específicos**:

### Estudio piloto:

- Concepción, diseño y caracterización de un dispositivo de cierre parcial del canal inguinal a partir de un arpón quirúrgico, así como de los instrumentos laparoscópicos específicos para su aplicación.
- Desarrollar una técnica laparoscópica de cierre parcial del canal inguinal mediante el uso del nuevo dispositivo con el caballo en estación.

### Estudio prospectivo:

- Evaluar la viabilidad de la técnica quirúrgica comprobando que el canal inguinal puede ser convenientemente cerrado.
- Valorar la eficacia de la técnica comprobando la permanencia del dispositivo y la persistencia de una oclusión parcial adecuada del canal inguinal.
- Comprobar las posibles complicaciones derivadas de la colocación del dispositivo de anclaje.
- Evaluar el efecto de la técnica sobre la vascularización del testículo.
- Estudiar el efecto de la técnica sobre la espermatogénesis testicular.

**Figura 4.1.** Esquema sobre las alternativas de prevención de hernia inguinal. En la imagen se equipara el canal inguinal con un embudo. A: cierre de la entrada del “embudo” (anillo inguinal interno). B: cierre por debajo de la entrada del “embudo” (estrechamiento del canal inguinal). El rectángulo alargado que desciende a través del “embudo” representa el cordón espermático.

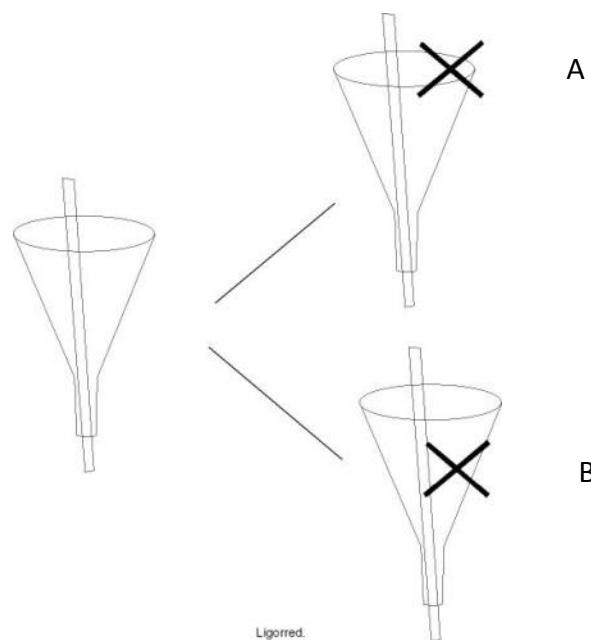


Ilustración: Víctor Ligorred

## 4.3 MATERIAL Y MÉTODOS

Tal y como se ha descrito en objetivos, el estudio constó en dos fases: una primera de diseño y validación del prototipo a utilizar (estudio piloto) y una segunda, en la que se evaluó el prototipo definitivo (estudio prospectivo).

Puesto que para llevar a cabo la segunda fase es necesario haber completado los resultados del estudio piloto, la metodología y resultados obtenidos en esa primera fase se describirán cronológicamente en el siguiente apartado de la Memoria. En posteriores apartados se detallará la segunda fase (estudio prospectivo) siguiendo el orden habitual: diseño del estudio, metodología, resultados...

### 4.3.1 ESTUDIO PILOTO

#### 4.3.1.1 Diseño del estudio piloto

A lo largo de la fase previa se diseñó el dispositivo de anclaje que se emplearía en el estudio prospectivo posterior. Para conocer las modificaciones y mejoras necesarias a implementar en el prototipo de partida, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos en un animal de experimentación:

- Diseño y desarrollo del prototipo inicial (prototipo A) y planificación de la técnica laparoscópica para su implantación en el canal inguinal, en colaboración con la empresa DIMA (Desarrollo e Investigación Médica Aragonesa, SL, Calatayud, Zaragoza).
- Realización del cierre parcial de uno de sus canales inguinales vía laparoscópica con el prototipo diseñado.

Con estos resultados se incorporarían las modificaciones necesarias para el diseño del prototipo modificado (prototipo B), el cual sería reevaluado de nuevo en el anillo contralateral del animal anterior y en los dos anillos inguinales de un segundo animal de experimentación.

A los 28 días se efectuó una reevaluación consistente en una laparoscopia control de ambos animales y la necropsia para estudio macroscópico de la zona intervenida en ambos caballos.

#### 4.3.1.2 Animales

Se emplearon dos caballos de experimentación enteros de 15 y 24 años de edad, que no manifestaban ningún síntoma compatible con trastornos genitales o abdominales.

Todos los procedimientos realizados en este estudio fueron aprobados por la Comisión Ética Asesora para Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza con el número de procedimiento PI59/14. El cuidado y usos de los animales se ha llevado a cabo respetando la legislación española vigente en el momento de realización del estudio sobre Protección Animal (RD 1201/05) la cual traspone la Directiva 86/609 de la Unión Europea sobre protección de los animales usados en experimentación y con otras finalidades científicas (Consejo de la Comunidad Económica Europea, 1986).

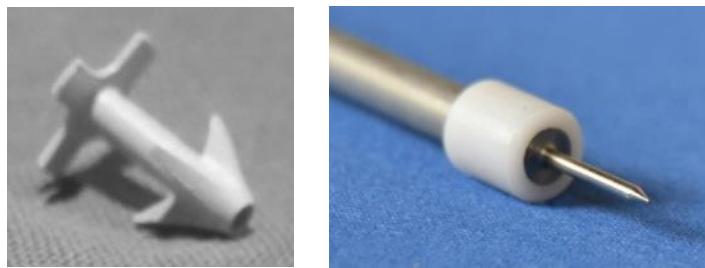
#### 4.3.1.3 Metodología y materiales del estudio piloto

##### 4.3.1.3.1 Diseño del prototipo A

El prototipo inicial (A) se basó en un arpón de PEEK, comercializado para su uso en medicina humana para las sacrocolpopexias laparoscópicas (*Uplift*, Neomedic International, Calatayud, España). Las características y dimensiones de ese dispositivo comercial se especifican en el Anexo 6. Para poder emplear el arpón en el canal inguinal del caballo, la empresa fabricante implementó un prototipo de mayores dimensiones (Figura 4.2) y se diseñó específicamente un aplicador que consistía en:

- Un cilindro hueco que se introducía en el abdomen a través de una cánula laparoscópica y que protege la punta del arpón hasta que llega al anillo inguinal (longitud de 44,5 cm).
- Un empujador del arpón, sobre el que se montaba el arpón (longitud 51,5 cm) (Figura 4.2).

**Figura 4.2.** Imagen izquierda: prototipo A en la que se observa, la punta, el cuerpo y el tope en forma de cruz. Imagen derecha: aplicador.



##### 4.3.1.3.2 Técnica laparoscópica con el prototipo A.

Para la realización de este procedimiento laparoscópico se utilizó el equipamiento e instrumental laparoscópico general descrito en el apartado 3.3.2.1.2.1 de esta memoria. La intervención se efectuó con el caballo en estación, siguiendo el manejo perioperatorio, el protocolo de neuroleptoanalgesia y la preparación del campo quirúrgico descritos en el apartado 3.3.2.1.2.

La técnica laparoscópica realizada con el prototipo A se planificó empleando solamente dos puertos laparoscópicos. El primer portal laparoscópico se colocó según lo descrito en el apartado 3.3.3.1.3 del capítulo 3 de esta memoria. Bajo control laparoscópico, se colocó el segundo portal unos 15 cm ventral y unos 3 cm caudal al primer portal. Para este puerto se utilizó una cánula con trocar romo de 12 mm a través de la cual se introdujo el aplicador con el arpón montado. Para implantar el arpón, se presionó el aplicador contra el labio axial del anillo, introduciéndolo hasta traspasarlo y llegar a la pared abdominal, con el objetivo de que las dimensiones del prototipo A fueran suficientes para que atravesase el labio axial, la punta se anclara en la pared abdominal y el tope en forma de cruz quedase fuera de la solapa axial. Sin embargo, tras la aplicación del arpón se comprobó que ni el tope ni la longitud del cuerpo eran de tamaño suficiente como para realizar su función, ya que el prototipo se hundió por completo en la pared abdominal, sin cerrar el canal inguinal (Figura 4.3).

Además se observó que los instrumentos auxiliares no eran suficientemente largos ya que no permitían llegar con comodidad al anillo inguinal.

**Figura 4.3.** Esquema de un corte transversal de la zona intervenida que refleja cómo quedó finalmente implantado el prototipo A. 1: solapa axial del anillo inguinal. 2: músculo oblicuo interno abdominal y cremáster. 3: arpón totalmente incluido en los músculos, pero incapaz de abarcar todo el espesor de tejido.

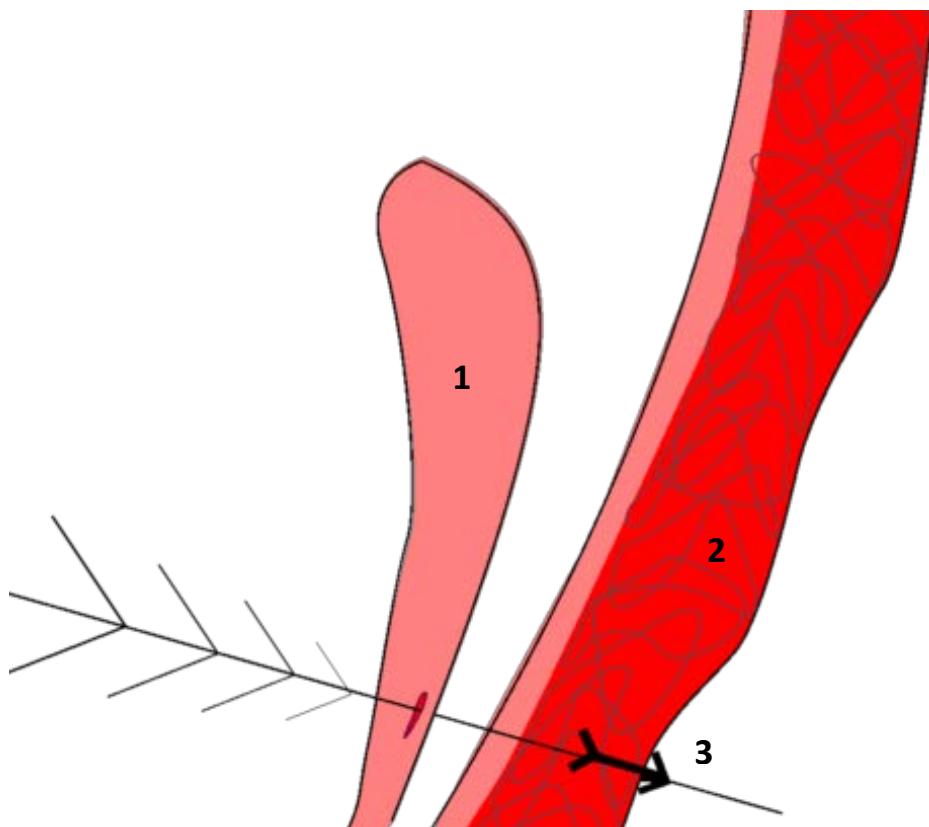


Ilustración: Víctor Ligorred

#### 4.3.1.3.3 Diseño del prototipo B

En base a estos resultados, se planteó realizar varias modificaciones en el sistema de anclaje, con el fin de mejorar el mecanismo de cierre, adaptando tanto el prototipo, como el sistema de tope, así como los instrumentos laparoscópicos auxiliares, diseñando así el prototipo B que constó de tres partes (Figura 4.4):

- Arpón de anclaje, dotado de un orificio en uno de sus extremos, para enhebrar la sutura (Ver Anexo 7).
- Sutura no absorbible de PVDF, 2 USP y 148 cm de longitud.
- Botón rectangular de PEEK (20 mm x 9,9 mm x 1,4 mm) con dos orificios de 1,5 mm de diámetro.

El modo de acción de este nuevo prototipo se esquematiza en las Figuras 4.8 y 4.10 y básicamente consiste en que el arpón atravesie la solapa axial y se ancle en la pared abdominal, la sutura enhebrada cierre el canal y que el sistema sea fijado con el botón

(por cuyos dos orificios se pasarán los extremos de la sutura) asegurándolo en el labio axial del anillo, mediante nudos extracorpóreos.

En lo que se refiere a los instrumentos laparoscópicos específicos, se aumentó su longitud (aplicador: 49 cm, cilindro protector: 58,5 cm), se modificó el extremo del aplicador para alojar el nuevo arpón (Figura 4.5) y se incorporó al conjunto un empuja-nudos fabricado en acero inoxidable y de 80 cm de longitud (Figura 4.4).

**Figura 4.4.** Prototipo B. Izquierda: botón con dos orificios por los que se enhebran los extremos de la sutura y arpón con orificio para enhebrar la sutura. Centro: arpón con sutura enhebrada. Derecha: extremo del empuja-nudos metálico.



**Figura 4.5.** Extremo del empujador con las muescas y un pestillo asegurador para fijar los hilos de sutura.



#### 4.3.1.3.4 Técnica laparoscópica con el prototipo B.

Una vez desarrollado el prototipo B, se evaluó su eficacia en una segunda cirugía en la que se decidió replantear la técnica laparoscópica para aplicar el nuevo prototipo, ya que para su implantación podría ser útil disponer de un tercer portal laparoscópico, el cual se localizó unos 10 cm ventral al primer portal y unos 5 cm en sentido caudal al segundo (Figura 4.6).

**Figura 4.6.** Colocación de los portales laparoscópicos para la colocación del Prototipo B. Punto azul: primer portal, punto morado: segundo portal, punto verde: tercer portal.

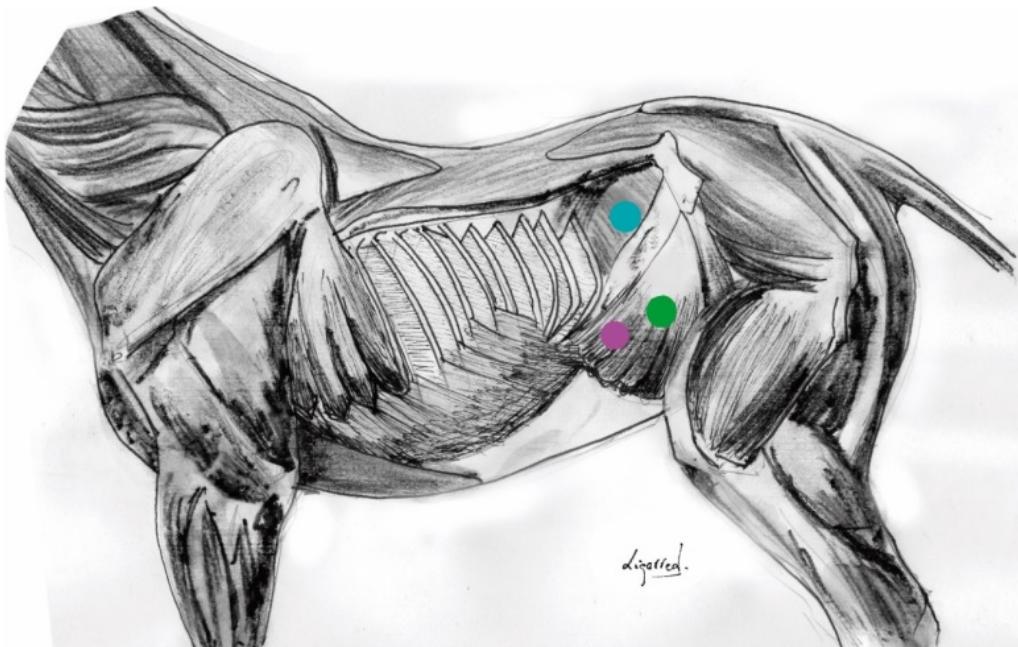


Ilustración: Víctor Ligorred

Una vez enhebrada la sutura en el arpón, ambas estructuras se fijaron en el nuevo aplicador, que a su vez se introdujo en el cilindro protector (Figura 4.7). El aplicador con el arpón y la sutura incorporados, fueron introducidos a través del segundo portal laparoscópico. Para anclar el arpón, se presionó el aplicador contra la pared abdominal hasta que el empujador hizo tope con el cilindro protector. Una vez anclado el arpón correctamente, se introdujo el botón a través del mismo portal, con los dos hilos de sutura enhebrados a través de ambos orificios. Con la ayuda del empuja-nudos, se fijó el botón contra la pared del anillo, lo más cercano posible al cordón testicular. Posteriormente, se realizaron cuatro nudos simples extracorpóreos sobre el botón, tensados lo máximo posible con el empuja-nudos para cerrar parcialmente el canal inguinal (Figuras 4.8 y 4.9).

**Figura 4.7.** Izquierda: arpón montado con la sutura en el empujador. Derecha: empujador recubierto del cilindro protector.



**Figura 4.8.** Descripción esquemática de la técnica planteada con el segundo prototipo del dispositivo.

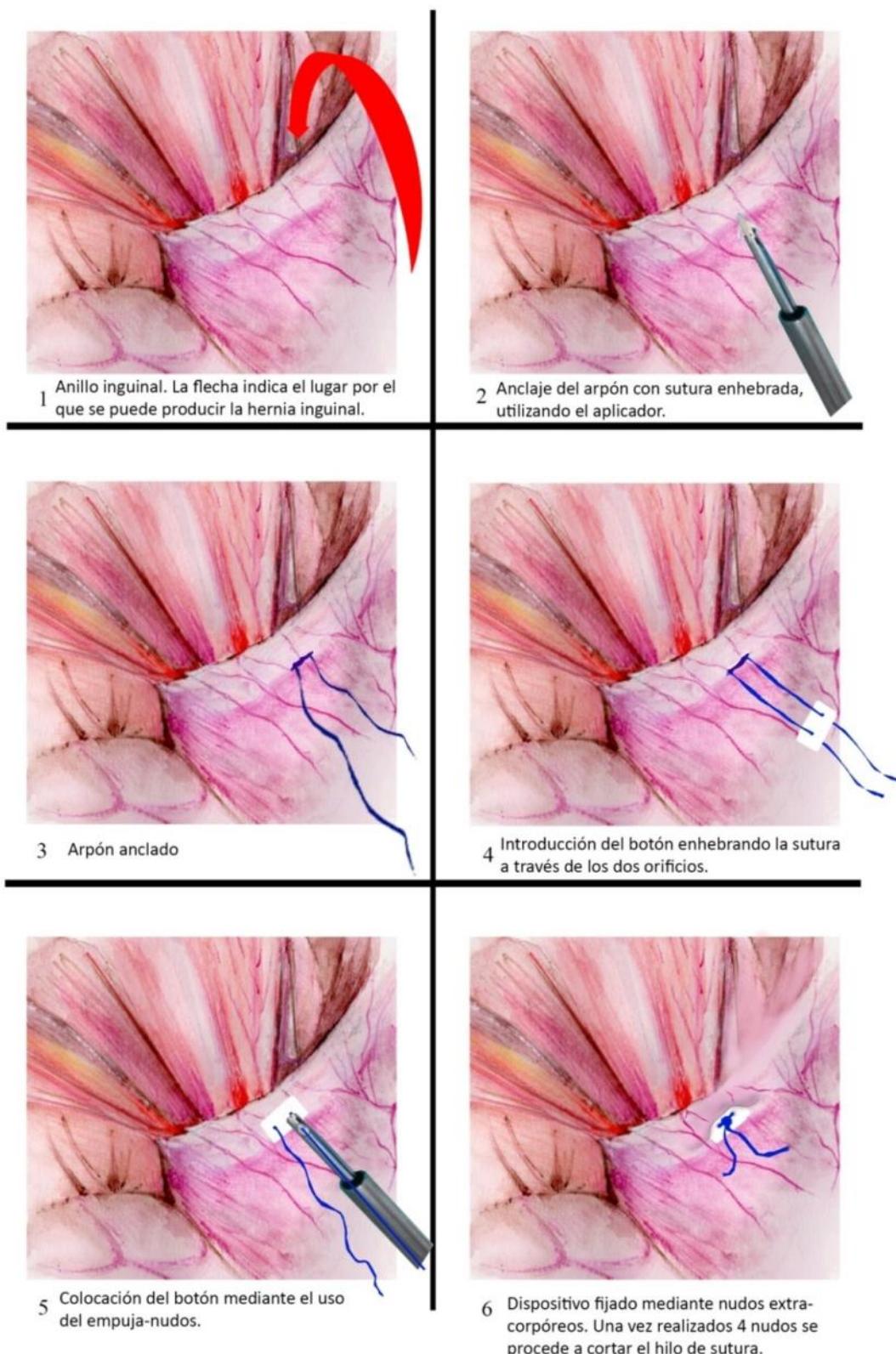
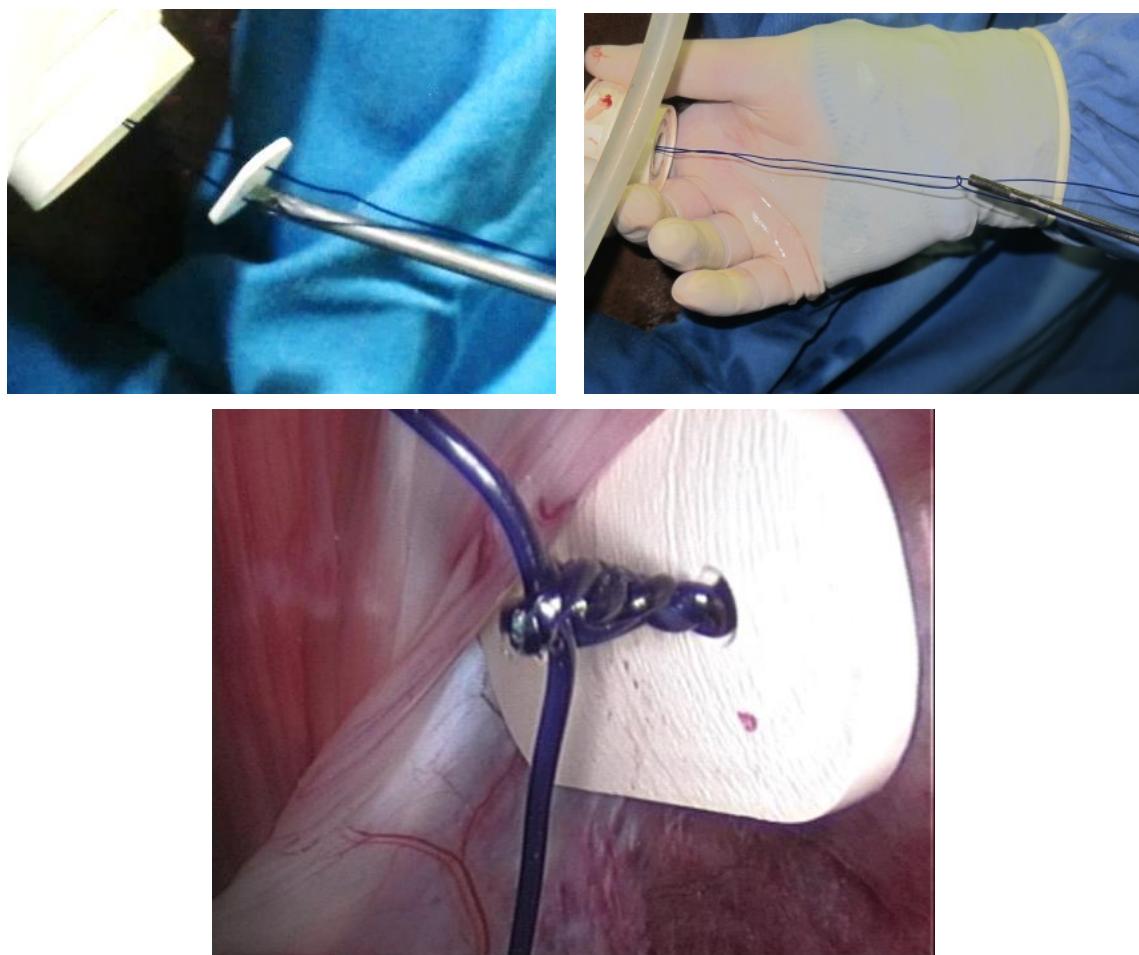


Ilustración: Víctor Ligorred

**Figura 4.9.** Arriba izquierda: Introducción del botón con la sutura enhebrada,a través de la cánula de 12 mm con la ayuda del empuja-nudos. Arriba derecha: realización de nudo extracorpóreo simple e introducción con el empuja-nudos. Abajo: botón fijado con nudos extracorpóreos.



Con este nuevo prototipo (B) el cierre parcial del canal inguinal se realizó exitosamente (Figura 4.10) en tres anillos inguinales (el contralateral del animal en el que se empleó el prototipo A y los dos del segundo caballo utilizado en esta fase del experimento).

#### 4.3.1.3.5 Reevaluación laparoscópica.

A los 28 días de la intervención, se realizó una laparoscopia exploratoria en ambos animales con el fin de observar, constatando que en los tres anillos intervenidos con el prototipo B: permanecía anclado el dispositivo, la persistencia de una oclusión parcial adecuada del canal inguinal, una moderada reacción tisular en la zona de anclaje y la ausencia de adherencias u otras complicaciones.

Tras la valoración laparoscópica, los animales fueron eutanasiados con Embutramida (0,8-1,2 gr/50 kg de peso vivo, IV). Posteriormente, se realizó una necropsia para poder valorar con mayor precisión la zona intervenida. En la necropsia se comprobó la reducción adecuada del canal inguinal verificando que tan solo era posible introducir la punta del dedo índice, tal y como sugieren algunos autores (Mariën, 2001) (Figura 4.11).

**Figura 4.10.** Esquema de un corte transversal de la zona intervenida que refleja cómo quedó finalmente implantado el prototipo B. 1: solapa axial del anillo inguinal. 2: músculo oblicuo interno abdominal y cremáster. 3: arpón anclado en la musculatura. 4: la sutura y el botón de este prototipo permiten que el sistema englobe todo el tejido que es necesario abarcar para oblitarar la entrada del canal inguinal.

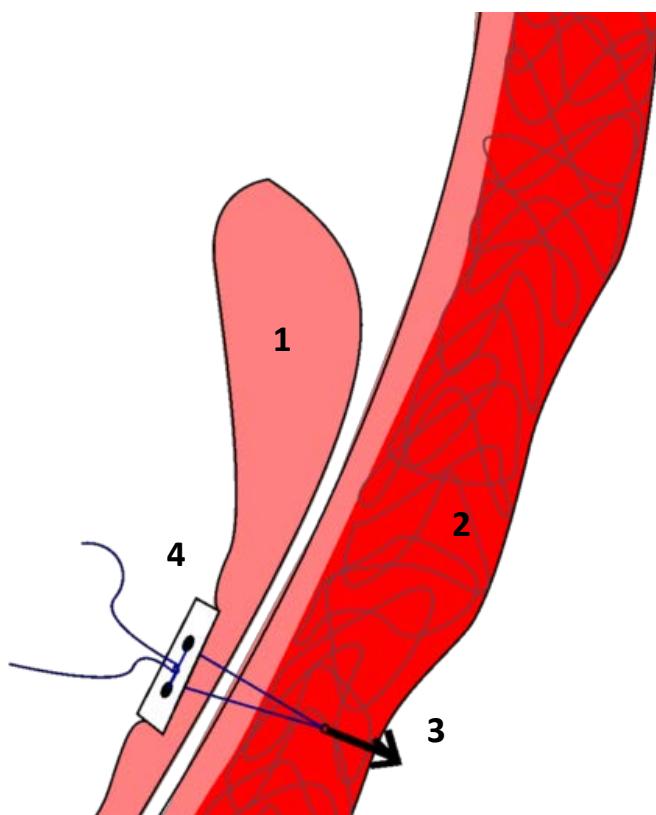


Ilustración: Víctor Ligorred

**Figura 4.11.** Comprobación digital en la necropsia del grado de obturación del canal inguinal.



También se valoró la integridad del cordón espermático confirmando que no había sufrido ninguna perforación o lesión por la colocación del dispositivo. Por último, se diseccionó la zona de implantación del arpón, alojado en el músculo oblicuo interno de la pared abdominal así como en el músculo cremáster (Figura 4.12).

**Figura 4.12.** Izquierda: disección de la zona de implantación del dispositivo. Derecha: el arpón queda implantado en el músculo oblicuo interno abdominal y en el cremáster.



### **4.3.2 ESTUDIO PROSPECTIVO**

#### **4.3.2.1 Diseño del estudio**

Estudio prospectivo con caballos de experimentación enteros. A cada uno de ellos se le realizó el cierre parcial de uno de sus dos canales inguinales, dejando el contralateral como control. La elección del canal inguinal fue de forma aleatoria.

En todos los animales se realizaron los siguientes procedimientos:

- Cierre parcial del canal inguinal vía laparoscópica, con el caballo en estación mediante el uso del dispositivo de anclaje (prototipo B).
- Comprobación de la resistencia a la fuerza de tracción del anclaje.
- Reevaluación mediante laparoscopia exploratoria a los 28 días.
- Valoración de la posible interferencia de la implantación del dispositivo de anclaje sobre la locomoción, la vascularización testicular y la espermatogénesis:
  - Examen clínico de cojera en los días 0 (antes de la intervención) y 27.
  - Inspección y palpación de ambos testículos los días 0, 1, 2, 3, 7, 21 y 28.
  - Ecografías seriadas para evaluar la perfusión de ambos testículos, los días 0, 1, 2, 3, 7, 21, 28.
  - Castración, lavado del contenido epididimario y comparación de la producción y características espermáticas de ambos testículos a los 28 días de la intervención.
- Análisis estadístico de los parámetros registrados

#### 4.3.2.2 Animales

Se emplearon ocho caballos enteros de 2 a 20 años que no manifestaban ningún tipo de patología. Cinco de los animales eran de raza Pura Raza Español (PRE) y los otros tres eran animales cruzados. El peso corporal individual oscilaba en un rango de entre 358-440 kg (Tabla 1).

Todos los procedimientos realizados en este estudio fueron aprobados por la Comisión Ética Asesora para Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza con el número de procedimiento PI59/14. El cuidado y usos de los animales se ha llevado a cabo respetando la legislación española vigente en el momento de la realización del estudio sobre Protección Animal (RD 1201/05) la cual traspone la Directiva 86/609 de la Unión Europea sobre protección de los animales usados en experimentación y con otras finalidades científicas (Consejo de la Comunidad Económica Europea, 1986).

**Tabla 4.13.** Distribución por edad y peso de los animales utilizados en el estudio (n=8).

Variable	Media	DS	CVP	Mediana	Mín	Máx
Edad (años)	6,50	5,78	0,889	2	20	5
Peso (kg)	384	52,40	0,136	290	440	400

DS: Desviación estándar, CVP: Coeficiente de Variación de Pearson, Mín: Mínimo, Máx: Máximo

#### 4.3.2.3 Metodología

##### 4.3.2.3.1 Técnica quirúrgica

En todos los animales, el cierre parcial del canal inguinal solo se realizó en uno de los anillos inguinales. La elección del lado a intervenir se llevó a cabo de forma aleatoria.

Las intervenciones se realizaron siguiendo el manejo peri-operatorio, el protocolo de neuroleptoanalgesia, la preparación del campo quirúrgico descritos en el apartado 3.3.2.1.2 y la técnica laparoscópica detallada en el apartado 4.3.1.3.4.

En todos los procedimientos laparoscópicos se registró el tiempo de cirugía. El cronómetro se activaba cuando se procedía a infiltrar la piel con anestésico local para realizar el acceso a la cavidad abdominal y, se detenía cuando se realizaba el corte de los extremos de la sutura de PVDF.

Para esta fase del estudio prospectivo, la empresa DIMA proporcionó el arpón del prototipo ya con la sutura previamente enhebrada, con el fin de acortar el tiempo de cirugía.

En los cuatro primeros animales intervenidos, antes de implantar el arpón, se decidió efectuar una leve tracción de la solapa axial del anillo, con el fin de poder asegurar al máximo posible la entrada del canal. Para ello se realizó una anestesia previa con 20 ml de Lidocaína al 2% de la porción craneolateral del anillo inguinal. Los fórceps laparoscópicos atraumáticos utilizados se introdujeron a través de la cánula de 5 mm

para realizar la tracción de la solapa axial mientras se anclaba el arpón con el aplicador y el cilindro protector. En los otros cuatro animales, puesto que no detectó ninguna ventaja adicional, no se realizó este procedimiento.

Una vez anclado el arpón (con la sutura enhebrada), se comprobó la resistencia a la fuerza de tracción del anclaje, midiendo con un dinamómetro la fuerza que era capaz de soportar, traccionando hasta un máximo de 10 N (Figura 4.13).

**Figura 4.13.** Ejerciendo tracción sobre la sutura enhebrada en el arpón hasta ejercer una tensión de 10 N con un dinamómetro.



El corte de los cabos de la sutura de PVDF se realizó con las tijeras laparoscópicas, dejando los extremos largos.

#### 4.3.2.3.2 Examen clínico de cojera

Se realizaron dos exámenes de cojera, uno 24 h antes de la intervención y otro a los 27 días. En esta fase, se valoró el grado de cojera en un examen dinámico, trotando el caballo en línea recta y en círculos a ambas manos. El grado de cojera se calificó subjetivamente del 0 al 5 siguiendo los criterios de la AAEP (*American Association of Equine Practitioners*) (AAEP, 1991) (Tabla 4.2).

#### 4.3.2.3.3 Exploración testicular

En todos los animales se llevó a cabo una inspección externa e interna de ambos testículos 24 h antes de la intervención laparoscópica así como a las 24, 48 y 72 h y, a los 7, 21 y 28 días.

Para realizar este procedimiento, los animales se fueron introducidos en un potro de contención. La inspección externa se realizó mediante palpación, con el fin de valorar el tamaño así como la presencia de anomalías tales como heridas, cicatrices, edema escrotal, hidrocele, orquitis y torsión testicular.

**Tabla 4.14.** Clasificación de las cojeras siguiendo los criterios establecidos por la AAEP (AAEP, 1991)

GRADO	CRITERIOS
<b>1</b>	Cojera poco perceptible, no consistentemente aparente en determinadas circunstancias (con el jinete encima, en círculos, en suelos inclinados...).
<b>2</b>	Cojera difícilmente perceptible al paso o al trote en línea recta pero que se exacerba en determinadas circunstancias (círculos, suelos inclinados, con el jinete encima...).
<b>3</b>	Cojera perceptible al trote en todas las circunstancias.
<b>4</b>	La cojera es evidente al paso.
<b>5</b>	Falta de apoyo total sobre la extremidad en movimiento y/o descanso.

Tras la palpación, se procedió con la inspección interna realizando una ecografía de ambos testículos en modo escala de grises. Este procedimiento se empleó para detectar posibles alteraciones en el patrón ecográfico del parénquima testicular y anomalías tales como fibrosis testicular, hidrocele y orquitis. Además fue el punto de partida para la valoración de la perfusión testicular que se describe en el siguiente apartado 4.3.2.3.4.

El ecógrafo utilizado fue el modelo *HDI-3500* (ATL Philips, Eindhoven, Holanda). La sonda empleada para realizar la ecografía era de proyección lineal con una frecuencia de 5 a 12 MHz (*L12-5 38 mm*, ATL Philips, Eindhoven, Holanda).

Una vez realizada la palpación testicular, se aplicó una capa de gel de ultrasonidos en la región escrotal. En esta fase del estudio, el testículo ipsilateral al anillo no intervenido, actuaba de control.

El clínico se colocaba en la región caudal del caballo, protegiéndose con la puerta trasera del potro de contención. A continuación, se procedió con un barrido ecográfico en modo escala de grises para valorar de forma generalizada la arquitectura y la integridad testicular, empezando en el polo caudal del testículo, avanzando por el borde ventral hasta llegar al polo craneal, para luego acceder a la cara lateral del escroto.

#### 4.3.2.3.4 Valoración de la perfusión testicular

En todos los animales, tras la finalización de cada exploración testicular, se valoró también la perfusión en ambos testículos, utilizando el testículo ipsilateral al canal inguinal no intervenido como control. La finalidad de esta fase del estudio era poder la posible influencia de la técnica desarrollada en el estudio sobre la vascularización testicular. Las valoraciones se efectuaron sin ningún tipo de tranquilización o sedación previa.

Tras la valoración con el modo escala de grises, se localizó la arteria testicular en su porción marginal (polo caudal-ventral del testículo) con el modo CDU. Una vez localizada, se seleccionó el modo Doppler pulsado y se desplazó el cursor de la pantalla del ecógrafo hasta ponerlo sobre la arteria para poder realizar las mediciones de flujo sanguíneo. Además, en la porción ventral del testículo, se realizaron también mediciones sobre tres arterias intratesticulares (Figura 4.14).

**Figura 4.14.** Realización del barrido ecográfico testicular. Imagen izquierda: localización del aspecto marginal de la arteria testicular. Imagen derecha: localización de las arterias intratesticulares.



De cada vaso examinado, se tomaron tres mediciones sobre la onda de flujo captada por el ecógrafo. En cada medición se registraron los valores de PSV y EDV para calcular los índices de RI y PI. Es decir, por cada arteria se tomaron tres valores de cada medida, esto hace que por cada testículo se registraron tres valores de PSV, EDV, RI y PI para la arteria testicular y nueve para arterias intratesticulares. De esta forma se obtuvieron por caballo 24 registros de cada uno de los parámetros (Figura 4.15).

#### 4.3.2.3.5 Laparoscopia control

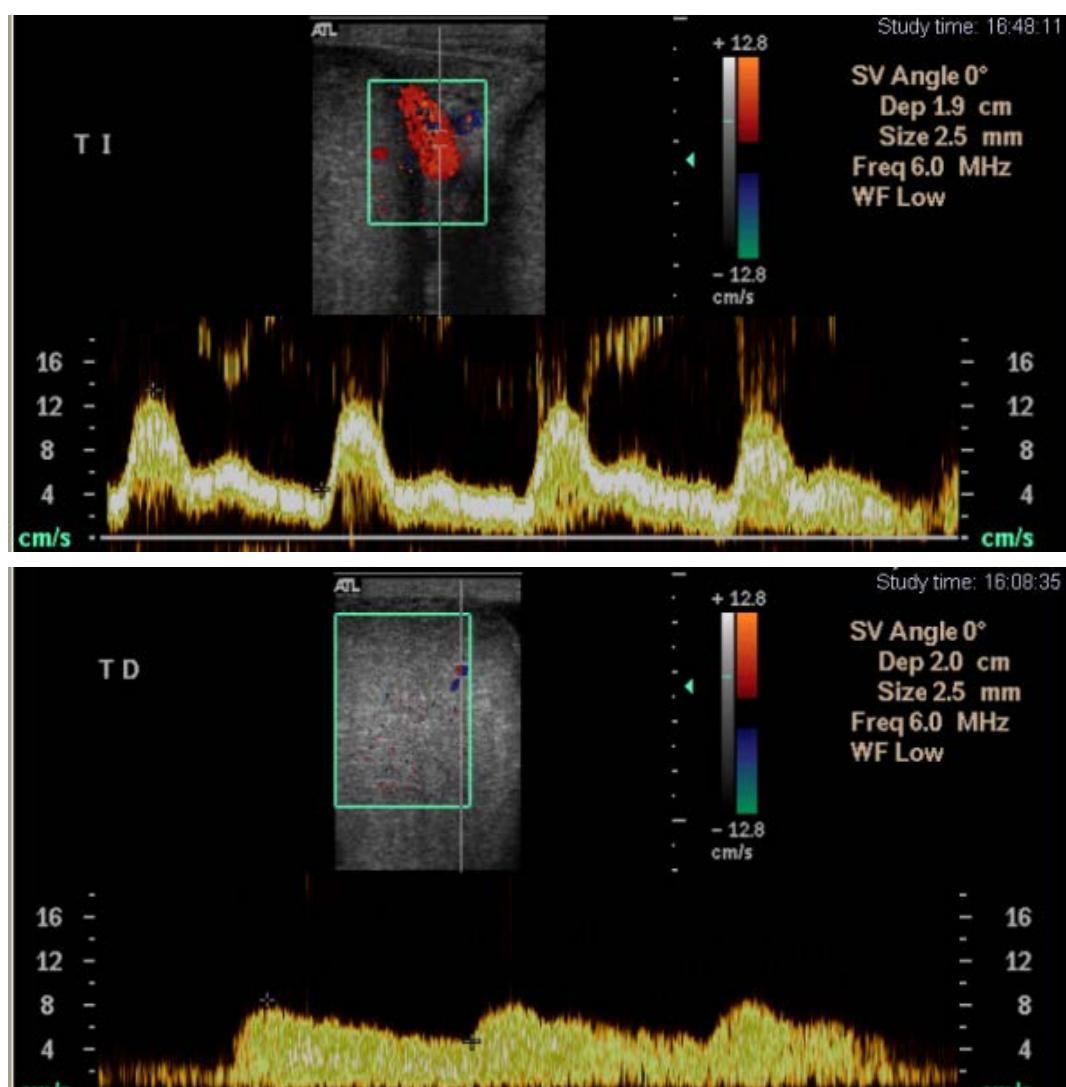
La laparoscopia control se realizó a los 28 días del cierre parcial del anillo inguinal. Al igual que en el estudio piloto, con esta exploración se pretendía valorar si el dispositivo se había desprendido de la zona de anclaje incial y si el canal permanecía parcialmente ocluido. Además, con la laparoscopia exploratoria permitió valorar la presencia o ausencia de complicaciones post-operatorias, tales como la formación de adherencias, así como el grado de reacción tisular alrededor del dispositivo.

#### 4.3.2.3.6 Orquidectomía bilateral.

Con el fin de valorar la influencia de la técnica laparoscópica y del dispositivo sobre la espermatogénesis, se realizó una orquidectomía bilateral. La técnica llevó a cabo con el caballo es estación y bajo neuroleptoanalgésia. La castración se realizó con la técnica quirúrgica convencional abierta. Tras la sedación e infiltración de anestésico local en el cordón espermático y en el tejido subcutáneo de la porción media ventral del testículo, se procedió a realizar una incisión paralela al rafe medio testicular. Se exteriorizó el testículo envuelto por la túnica vaginal, y tras incidirla se accedió al testículo (Figura 4.16). Se optó por realizar una doble emasculación por lo que, mediante

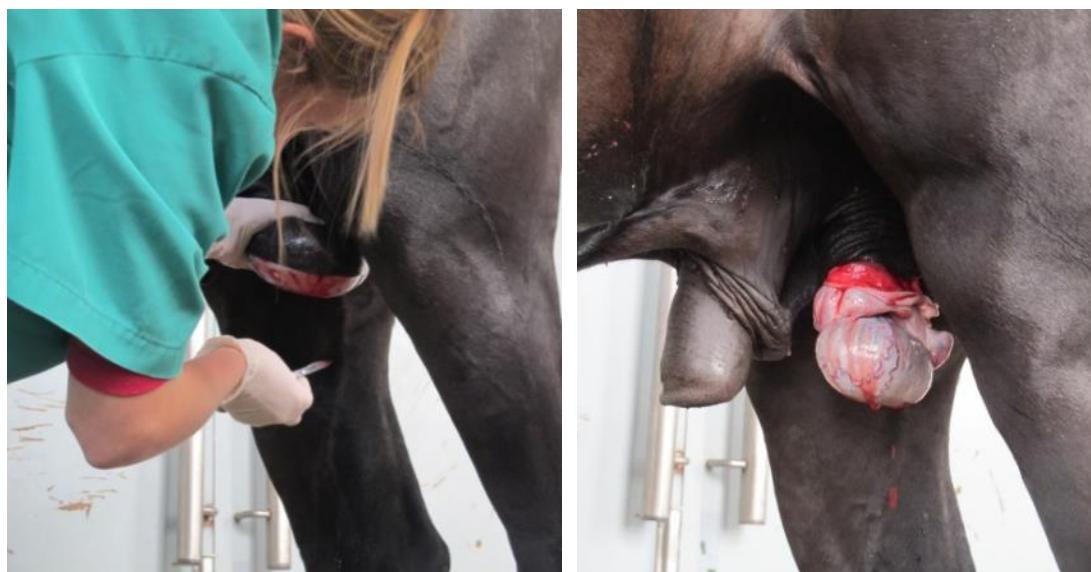
disección se separa el paquete vascular del conducto deferente y tejidos adyacentes (parte de túnica vaginal y músculo cremáster). Una vez colocados los emasculadores se seccionaron tanto el paquete vascular como el conducto deferente. La emasculación se mantuvo durante aproximadamente 7-8 min, tiempo tras el cual se retiraron los emasculadores y se dejaron la incisión escrotal y de la túnica vaginal abiertas. No se utilizó ninguna sutura transfixiante en el paquete vascular.

**Figura 4.15.** Arriba: onda de flujo bifásica registrada por el modo Doppler pulsado, característica de la arteria testicular. Abajo: onda de flujo monofásica característica de las arterias intratesticulares.



Tras la orquidectomía todos los animales recibieron una cobertura antiinflamatoria (Flunixin Meglumina, 1,1 mg/kg, IV, BID, 2 días) y antibiótica (Sulfadoxina Trimetoprim, 30 mg/kg, IM, SID, 3 días).

**Figura 4.16.** Realización de la técnica abierta de orquidectomía, con el caballo en la estación.



#### 4.3.2.3.7 Valoración seminal

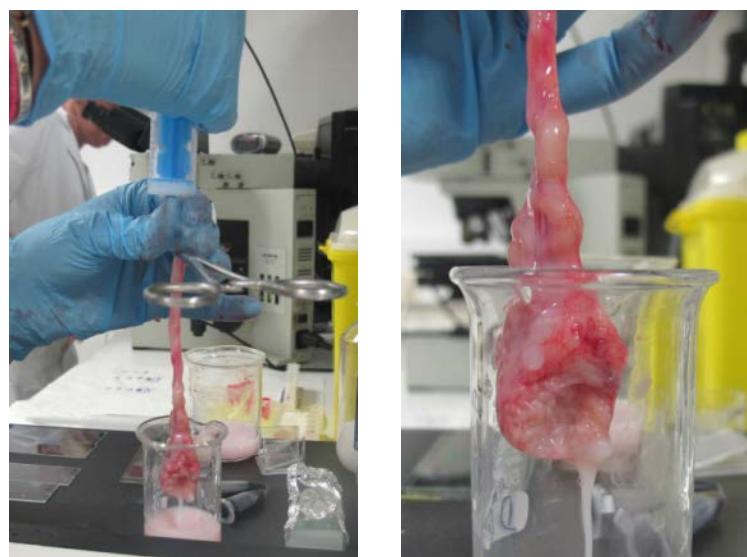
Tras la orquidectomía, se colocó un clamp en el conducto deferente con el fin de evitar pérdidas espermáticas durante el transporte al laboratorio.

La valoración seminal se llevó a cabo en la Unidad de Reproducción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza. En el laboratorio se realizó inmediatamente después de la orquidectomía, la extracción de contenido epididimario sigueiendo el protocolo por Olaciregui y colaboradores (Olaciregui *et al.*, 2014), diseccionando el epidídimo y colocando una cánula en el conducto deferente. Posteriormente, se seccionó el epidídimo en la zona de unión entre el cuerpo y la cola del epidídimo y se procedió con un lavado retrógrado de la cola del epidídimo, empleando en todos los casos 20 ml de un diluyente comercial (INRA 96®, IMV Technologies, L'Aigle, Francia) (Figura 4.17).

Tras la obtención de los espermatozoides, se valoró la dilución obtenida con el sistema de análisis computarizado CASA, destinado a la cuantificación del movimiento y a la valoración morfométrica de los espermatozoides. Mediante este método de análisis objetivo se pudieron obtener parámetros clásicos como el porcentaje de espermatozoides móviles (clasificándolos en estáticos, lentos, medios y rápidos), así como calcular de forma automática parámetros cinéticos como la velocidad y otros parámetros imposibles de medir con una evaluación microscópica subjetiva. En este estudio prospectivo se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros analizados por el CASA (Figuras 4.18 y 4.19):

- La concentración espermática
- El porcentaje de espermatozoides vivos y muertos
- El porcentaje de espermatozoides móviles progresivos y no progresivos
- El porcentaje de espermatozoides rápidos, medios, lentos y estáticos

**Figura 4.17.** Realización de la extracción de contenido epididimario en el laboratorio de la Unidad de Reproducción de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza.



La prueba de endosmosis o Test Hipoosmótico Seminal (HOST, de sus siglas en Inglés: *Hypoosmotic Seminal Test*) se realizó siguiendo el protocolo descrito por Neild (Neild *et al.*, 2003). La técnica consistió en incubar 10 µl de la muestra obtenida en 90 µl de solución de lactosa hipoosmótica (100 mOsm) a 37°C durante 30 min. Una vez realizada la incubación, se procedió a fijar las muestras en una solución tamponada de Glutaraldehido al 8%. La valoración de las muestras se realizó. La proporción de espermatozoides con colas hinchadas o espiralizadas se consideró como HOST-positivo (Figura 4.19).

El porcentaje normal de acrosomas normales se evaluó utilizando la técnica descrita por Pursel (Pursel y Johnson, 1974). Las muestras se fijaron en una solución tamponada de glutaraldehido al 8%. Posteriormente se valoraron con el microscopio de contraste de fases utilizando el objetivo de 100 x.

La valoración seminal se realizó en ambos testículos, tomando el testículo ipsilateral al lado no intervenido como control.

#### 4.3.2.3.8 Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se describieron en función de su media aritmética, desviación estándar (DS), coeficiente de variación de Pearson (CV), mediana y rango (mínimo y máximo). En algunos análisis comparativos de las medias de los datos obtenidos se muestra el error estándar (ES) en lugar de la DS. Para caracterizar las variables cualitativas se utilizaron frecuencias relativas.

En el caso de medidas múltiples, como en la valoración de la perfusión testicular, se evaluó en primer lugar la repetibilidad de la medición calculando el coeficiente de correlación intraclase (CCI), de forma que los valores más próximos a 1 indican la máxima correlación entre las medidas realizadas (Dohoo *et al.*, 2003).

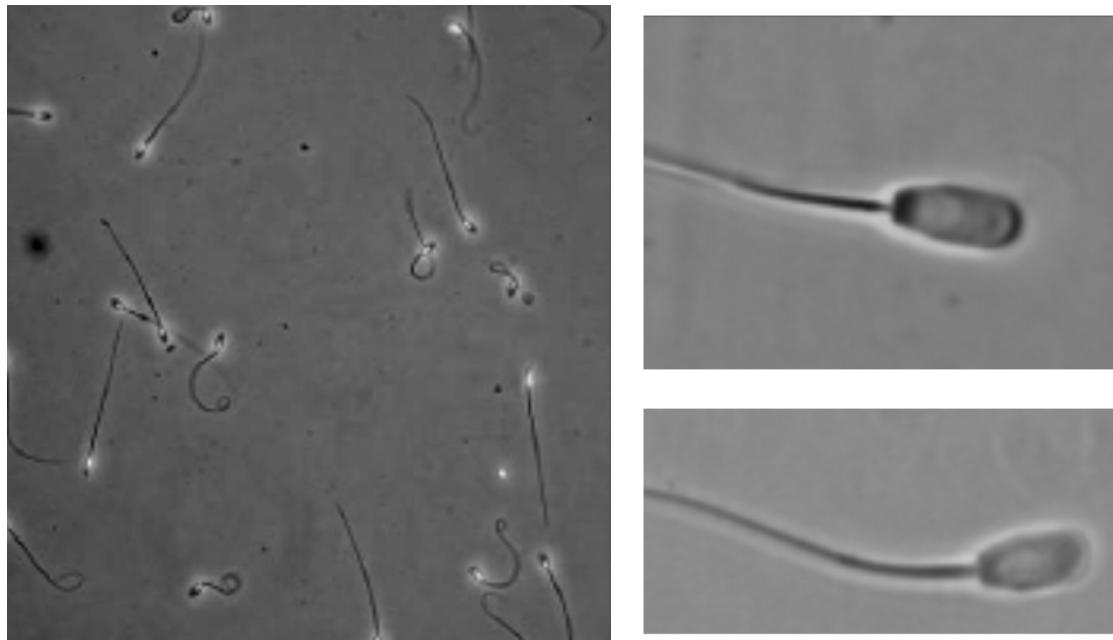
Posteriormente y teniendo en cuenta la consistencia de las mediciones realizadas, se procedió a evaluar si dichas mediciones dependían de otra variable (tipo de

intervención realizada, punto de acceso ecográfico, día post-intervención), estratificando por el momento estudiado dependiendo del análisis planteado. Para ello se aplicó un modelo lineal general de medidas repetidas estratificando por tiempo. Complementariamente al cálculo de la significación estadística del modelo y los factores estudiados se calculó la potencia estadística ( $1-\beta$ ). Como en nuestro análisis deseamos demostrar que no existen diferencias entre tratamientos, deberemos obtener valores de significación estadística del nivel de confianza superior al error  $\alpha$  establecido (preferiblemente valores cercanos a 1) y valores para la potencia inferiores al error  $\beta$  fijado (preferiblemente valores cercanos a 0) (Daniel y Cross, 2012).

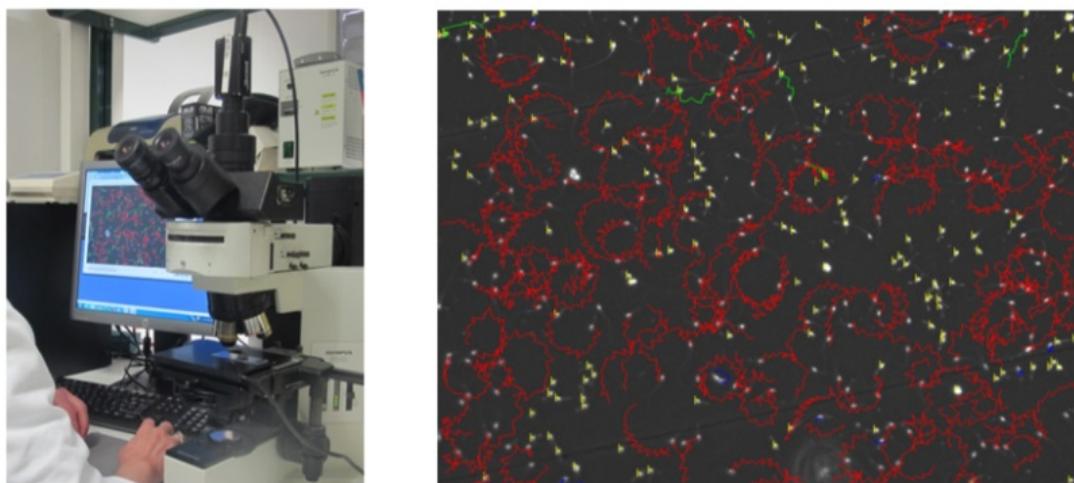
En cuanto al análisis estadístico de la valoración de las características espermáticas, la normalidad de las variables cuantitativas se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Cuando se trataba de datos pareados se compararon las medias utilizando la prueba t de Student para muestras dependientes o con su alternativa no paramétrica, la prueba de Wilcoxon (Daniel y Cross, 2012).

Los datos fueron recogidos en Microsoft Excel 2007, y se analizaron con SPSS 19.0 para Windows. El nivel de significación se estableció en 95% (error  $\alpha = 0,05$ ) y la potencia estadística en 80% (error  $\beta = 0,20$ ).

**Figura 4.18.** Pruebas de valoración espermática. Izquierda: prueba de endosmosis: los espermatozoides con colas enrolladas (flechas rojas) son positivos al test (espermatozoides normales). Derecha arriba: acrosoma normal. Derecha abajo: acrosoma alterado.



**Figura 4.19.** Izquierda: Realización de la valoración seminal mediante el sistema computarizado de análisis seminal CASA. Derecha: Imagen capturada con el CASA que ilustra la trayectoria del movimiento de los espermatozoides.



## 4.4 RESULTADOS

### 4.4.1 ESTUDIO PROSPECTIVO

#### 4.4.1.2 Técnica quirúrgica

En dos caballos la intervención se llevó a cabo sobre el canal inguinal derecho y en los otros seis sobre el izquierdo (Tabla 4.3).

En todos los animales el cierre parcial del canal inguinal se pudo realizar de manera sencilla y durante la intervención ofreció una sensación subjetiva de estar convenientemente obliterado (Vídeo 2). No obstante hubo algunas incidencias en dos casos: en un animal, debido a que el dispositivo fue colocado demasiado separado del cordón testicular, se consideró necesaria la implantación de un segundo anclaje adicional para asegurar el cierre parcial del canal inguinal. En el otro caso, un movimiento inesperado hizo que el arpón se anclase únicamente en el peritoneo, por lo que hubo que extraerlo y se produjo un ligero desgarro. En este animal, tras retirar ese arpón se colocó uno nuevo sin complicaciones (Tabla 4.3).

**Vídeo 2:** Secuencia de videos mostrando la técnica laparoscópica de obliteración del canal inguinal con el prototipo diseñado. (Duración 2' y 26"; el video se reproduce dos veces).



En esos dos casos se produjeron ligeros desgarros peritoneales al anclar. En el primero de ellos, el desgarro se produjo al presionar el cilindro protector sobre la pared abdominal y en el otro, el motivo del desgarro peritoneal fue el movimiento inesperado del animal justo antes del anclaje. En ninguno de los dos casos se decidió proceder con la resolución de los desgarros peritoneales dada su levedad. No se registró ninguna complicación adicional durante el procedimiento laparoscópico.

En todos los caballos, los sistemas de anclaje resistieron una fuerza de tracción de al menos 10 N.

En cuanto a los registros de tiempos de cirugía, tal y como se puede observar en la Tabla 4.3 la media por canal inguinal fue de 38 min para el total de animales, incluyendo el tiempo dedicado a comprobar la fuerza de tracción que soportaba el implante. Si excluimos los animales con incidencias intraoperatorias y los cuatro casos en los que se traccionó de la solapa axial antes de anclar el arpón, el tiempo medio por anillo desciende a 30 min.

**Tabla 4.15:** Registros de los tiempos de cirugía de cada caballo, el canal inguinal intervenido, así como de la realización o no de la retracción de peritoneo. Min: minutos, DS: desviación estándar, CVP: coeficiente de variación de Pearson, Mín: mínimo, Máx: máximo.

Caballo	Canal intervenido	Tiempo cirugía (min)	Se efectuó retracción peritoneal	Incidencias	Arpones empleados	Arpones que se dejaron implantados
1	Izquierdo	56	Sí	Necesidad de arpón adicional	2	2
2	Izquierdo	42	Sí	NO	1	1
3	Izquierdo	35	Sí	NO	1	1
4	Izquierdo	35	Sí	NO	1	1
5	Derecho	48	NO	NO	1	1
6	Izquierdo	46	NO	Se retiró primer arpón mal colocado	2	1
7	Derecho	22	NO	NO	1	1
8	Izquierdo	20	NO	NO	1	1
<b>Media</b>		38				
<b>DS</b>		12,85				
<b>CVP</b>		0,34				
<b>Mediana</b>		38,5				
<b>Mín</b>		20				
<b>Máx</b>		56				

#### 4.4.1.3 Examen de cojera

En ninguno de los ocho caballos incluidos en el estudio se detectó cojera alguna, ni antes ni a los 27 días del cierre parcial del canal inguinal.

#### 4.4.1.4 Exploración testicular

No se observaron alteraciones durante la inspección y palpación de los testículos durante los 28 días posteriores a la intervención.

En la valoración ecográfica en modo Escala de Grises, tampoco se observaron alteraciones durante los 28 días posteriores al procedimiento laparoscópico. En un caballo se detectó un ligero grado de hidrocele 24 h antes de la intervención, el cual desapareció espontáneamente a las 48 h (24 h después de la laparoscopia).

#### 4.4.1.5 Valoración de la perfusión testicular

Tal y como se comentó en el apartado de Material y métodos, todos los parámetros registrados y calculados (PSV, EDV, RI, PI) se determinaron tanto en la porción marginal de la arteria testicular, como en diferentes arterias intratesticulares:

##### - Porción marginal de la arteria testicular:

En cada testículo se realizaron tres mediciones para cada uno de los parámetros evaluados. Se realizó una evaluación de la repetibilidad de dichas mediciones ecográficas mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), para cada una de las variables evaluadas. La media de las tres mediciones de cada arteria se muestra en la Tabla 4.4, en la que también se puede observar, que la repetibilidad de las diferentes determinaciones fue significativamente muy elevada (superior al 95% en todos los casos).

**Tabla 4.16.** Evaluación de la repetibilidad de las mediciones ecográficas para el aspecto marginal de la arteria testicular, mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass antes de la intervención laparoscópica. CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass, IC: Intervalo de confianza, p: significación estadística.

Variable	CCI	IC 95%	p
PSV	0,985	0,979	0,989 <0,001
EDV	0,958	0,942	0,970 <0,001
RI	0,963	0,949	0,973 <0,001
PI	0,952	0,935	0,966 <0,001

Antes de la intervención no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los parámetros entre ambos testículos y la media de esos valores se mantuvo dentro de los márgenes de referencia aportados por otros autores (Pozor y McDonnell, 2004) (Tabla 4.5). Estos resultados nos permitieron realizar, además de la comparación entre los valores del testículo intervenido y su control tras la

laparoscopia, una comparativa entre los diferentes días de evaluación y el tiempo 0 (preintervención).

La media de los diferentes parámetros estudiados no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el testículo con canal intervenido y su control en ninguno de los días de evaluación y en todo momento se mantuvieron dentro de los márgenes de referencia citados por otros autores (Pozor y McDonnell, 2004). Además, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los distintos días de valoración y el tiempo 0 de cada testículo (Tablas 4.6 a 4.9).

**Tabla 4.17.** Comparación de la media de PSV (*Peak Systolic Velocity*), EDV (*End Diastolic Velocity*), RI (*Resistive Index*) y PI (*Pulsatility Index*) en la porción marginal de la arteria testicular entre ambos testículos antes de la intervención (día 0). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

<b>Variable</b>	<b>No intervenido</b>		<b>Intervenido</b>		<b>p</b>	<b>1-β</b>
	<b>Media</b>	<b>EE</b>	<b>Media</b>	<b>EE</b>		
PSV	13,358	1,455	11,317	1,455	0,338	0,152
EDV	4,762	0,543	4,596	0,543	0,831	0,055
RI	0,616	0,052	0,584	0,052	0,675	0,068
PI	0,920	0,095	0,855	0,095	0,634	0,074

**Tabla 4.18.** Diferencias en la evolución temporal del PSV en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

<b>Día</b>	<b>No intervenido</b>		<b>Intervenido</b>		<b>p</b>	<b>1-β</b>
	<b>Media</b>	<b>EE</b>	<b>Media</b>	<b>EE</b>		
0	13,358	1,455	11,317	1,455	0,338	0,152
1	11,988	1,346	11,521	1,346	0,810	0,056
2	10,175	1,284	11,400	1,284	0,511	0,096
3	10,163	1,425	12,033	1,425	0,369	0,139
7	11,096	1,055	9,029	1,055	0,188	0,253
21	11,058	1,333	13,458	1,333	0,224	0,221
28	11,508	1,220	11,308	1,220	0,909	0,051
<b>p</b>	0,750		0,255			
<b>1-β</b>	0,208		0,477			

**Tabla 4.19:** Diferencias en la evolución temporal del EDV en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	4,762	0,543	4,596	0,543	0,831	0,055
1	4,700	0,461	4,071	0,461	0,351	0,147
2	3,579	0,505	3,958	0,505	0,603	0,079
3	3,379	0,537	3,987	0,537	0,437	0,116
7	3,842	0,405	3,145	0,405	0,244	0,205
21	3,550	0,582	4,554	0,582	0,242	0,206
28	3,512	0,407	3,629	0,407	0,842	0,054
p	0,234		0,418			
1-β	0,494		0,366			

**Tabla 4.20.** Diferencias en la evolución temporal del RI en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	0,616	0,052	0,584	0,052	0,675	0,068
1	0,623	0,047	0,614	0,047	0,893	0,052
2	0,635	0,042	0,642	0,042	0,902	0,052
3	0,654	0,050	0,648	0,050	0,931	0,051
7	0,629	0,044	0,649	0,044	0,746	0,061
21	0,633	0,052	0,662	0,052	0,697	0,066
28	0,679	0,042	0,670	0,042	0,879	0,052
p	0,975		0,869			
1-β	0,097		0,156			

**Tabla 4.21.** Diferencias en la evolución temporal del PI en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido			1-β
	Media	EE	Media	EE	p	
0	0,920	0,095	0,855	0,095	0,634	0,074
1	0,874	0,096	0,914	0,096	0,777	0,058
2	0,951	0,083	0,966	0,083	0,901	0,052
3	0,997	0,108	0,988	0,108	0,951	0,050
7	0,939	0,091	0,982	0,091	0,749	0,061
21	0,999	0,104	1,023	0,104	0,871	0,053
28	1,048	0,086	1,029	0,086	0,879	0,052
p	0,885		0,870			
1-β	0,148		0,156			

#### - Arterias intratesticulares:

Tal y como se especificó en material y métodos, los diferentes parámetros valorados (PSV, EDV, RI y PI) se determinaron, en cada testículo, en tres arterias intratesticulares diferentes y, en cada una de ellas, se obtuvieron tres mediciones; es decir se realizaron un total de nueve valoraciones intratesticulares para cada una de las cuatro variables de cada testículo.

Se realizó una evaluación de la repetibilidad de dichas mediciones ecográficas mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), para cada una de las variables evaluadas. Las medias de las tres mediciones de cada arteria se muestran en la Tabla 4.10, en la que también se puede observar, que no hubo diferencias significativas entre las diferentes mediciones y que por lo tanto la repetibilidad de esta determinación es elevada. Por ello, en este apartado no se ofrecerán los resultados de cada una de las tres arterias intratesticulares estudiadas, sino que se proporcionará la media de las nueve mediciones realizadas (tres mediciones en tres arterias).

Al igual que lo observado en la porción marginal de la arteria testicular, en las arterias intratesticulares, antes de la intervención, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los parámetros entre ambos testículos (Tabla XX). Estos resultados nos permitieron realizar, además de la comparación entre los valores del testículo intervenido y su control tras la laparoscopia, una comparativa entre los diferentes días de evaluación y el tiempo 0 (preintervención).

**Tabla 4.22.** Evaluación de la repetibilidad de la media de tres medidas ecográficas en tres arterias intratesticulares diferentes mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), para cada una de las variables evaluadas: PSV (*Peak Systolic Velocity*), EDV (*End Diastolic Velocity*), RI (*Resistive Index*), PI (*Pulsatility Index*).

Variable	Punto	CCI	IC95%	p
PSV	1	0,907	0,873	0,933 <0,001
	2	0,841	0,782	0,886 <0,001
	3	0,883	0,840	0,916 <0,001
EDV	1	0,868	0,819	0,905 <0,001
	2	0,760	0,672	0,828 <0,001
	3	0,858	0,805	0,898 <0,001
RI	1	0,783	0,703	0,845 <0,001
	2	0,713	0,607	0,794 <0,001
	3	0,715	0,609	0,795 <0,001
PI	1	0,757	0,667	0,826 <0,001
	2	0,659	0,532	0,755 <0,001
	3	0,708	0,600	0,791 <0,001

**Tabla 4.23.** Comparación de la media de PSV (*Peak Systolic Velocity*), EDV (*End Diastolic Velocity*), RI (*Resistive Index*), PI (*Pulsatility Index*).en las arterias intratesticulares entre ambos testículos antes de la intervención (día 0). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Variable	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
PSV	7,974	0,456	8,104	0,615	0,894	0,052
EDV	4,249	0,264	4,408	0,305	0,709	0,065
RI	0,616	0,052	0,584	0,052	0,839	0,054
PI	0,920	0,095	0,855	0,095	0,798	0,057

La media de los diferentes parámetros estudiados no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el testículo con canal intervenido y su control en ninguno de los días de evaluación. Además, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los distintos días de valoración y el tiempo 0 de cada testículo (Tablas 4.24 a 4.27).

**Tabla 4.24.** Diferencias en la evolución temporal del PSV en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	7,974	0,456	8,104	0,615	0,894	0,052
1	6,972	0,456	6,767	0,615	0,836	0,054
2	6,683	0,456	6,972	0,615	0,699	0,066
3	7,718	0,456	7,492	0,615	0,733	0,062
7	6,667	0,456	6,054	0,615	0,243	0,206
21	6,803	0,456	6,829	0,615	0,956	0,050
28	7,117	0,456	7,033	0,615	0,900	0,052
p	0,449		0,393			
1-β	0,349		0,381			

**Tabla 4.25.** Diferencias en la evolución temporal del EDV en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	4,249	0,264	4,408	0,305	0,709	0,065
1	4,003	0,264	3,633	0,305	0,893	0,052
2	3,617	0,264	3,721	0,305	0,902	0,052
3	3,750	0,264	3,932	0,305	0,931	0,051
7	3,515	0,264	3,264	0,305	0,746	0,061
21	3,878	0,264	3,786	0,305	0,697	0,066
28	3,924	0,264	4,035	0,305	0,879	0,052
p	0,522		0,249			
1-β	0,311		0,481			

**Tabla 4.26.** Diferencias en la evolución temporal del RI en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	0,616	0,052	0,584	0,052	0,839	0,054
1	0,623	0,047	0,614	0,047	0,436	0,116
2	0,635	0,042	0,642	0,042	0,654	0,071
3	0,654	0,050	0,648	0,050	0,925	0,051
7	0,629	0,044	0,649	0,044	0,694	0,066
21	0,633	0,052	0,662	0,052	0,842	0,054
28	0,679	0,042	0,670	0,042	0,725	0,063
p	0,683		0,723			
1-β	0,237		0,220			

**Tabla 4.27.** Diferencias en la evolución temporal del PI en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.

Día	No intervenido		Intervenido		p	1-β
	Media	EE	Media	EE		
0	0,920	0,095	0,855	0,095	0,798	0,057
1	0,623	0,047	0,614	0,047	0,433	0,117
2	0,635	0,042	0,642	0,042	0,750	0,061
3	0,654	0,050	0,648	0,050	0,906	0,051
7	0,629	0,044	0,649	0,044	0,702	0,065
21	0,633	0,052	0,662	0,052	0,745	0,061
28	0,679	0,042	0,670	0,042	0,673	0,069
p	0,616		0,738			
1-β	0,267		0,213			

En definitiva, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la valoración ecográfica de la perfusión testicular, ni entre el testículo tratado y el control, ni entre los diferentes días post-tratamiento y el basal (día 0).

#### 4.4.1.6 Reevaluación laparoscópica

En la laparoscopia exploratoria se observó que a los 28 días ninguno de los dispositivos se había desprendido.

En seis de los ocho caballos, la apariencia del tamaño del anillo inguinal y de la obliteración parcial del canal inguinal permanecía similar a la que presentaban tras la colocación del arpón, 28 días antes (Figura 4.20). Sin embargo, en los otros dos caballos, en esta reevaluación laparoscópica se apreció un grado de obliteración del canal inguinal menor que el apreciado tras la colocación del sistema de anclaje, e incluso en uno de ellos el tamaño del anillo inguinal parecía igual que antes de implantar el arpón (Figura 4.21).

En los dos casos en los que se produjeron ligeros desgarros peritoneales no se observó una reacción peritoneal superior al resto de los animales, pese a que no se tomó ninguna medida adicional tras su detección (Figura 4.22).

En todos los casos se pudo observar una discreta reacción peritoneal localizada que cubría en mayor o menor medida el botón del anclaje, pero en ninguno de los casos se observó la aparición de adherencias (Figura 4.23).

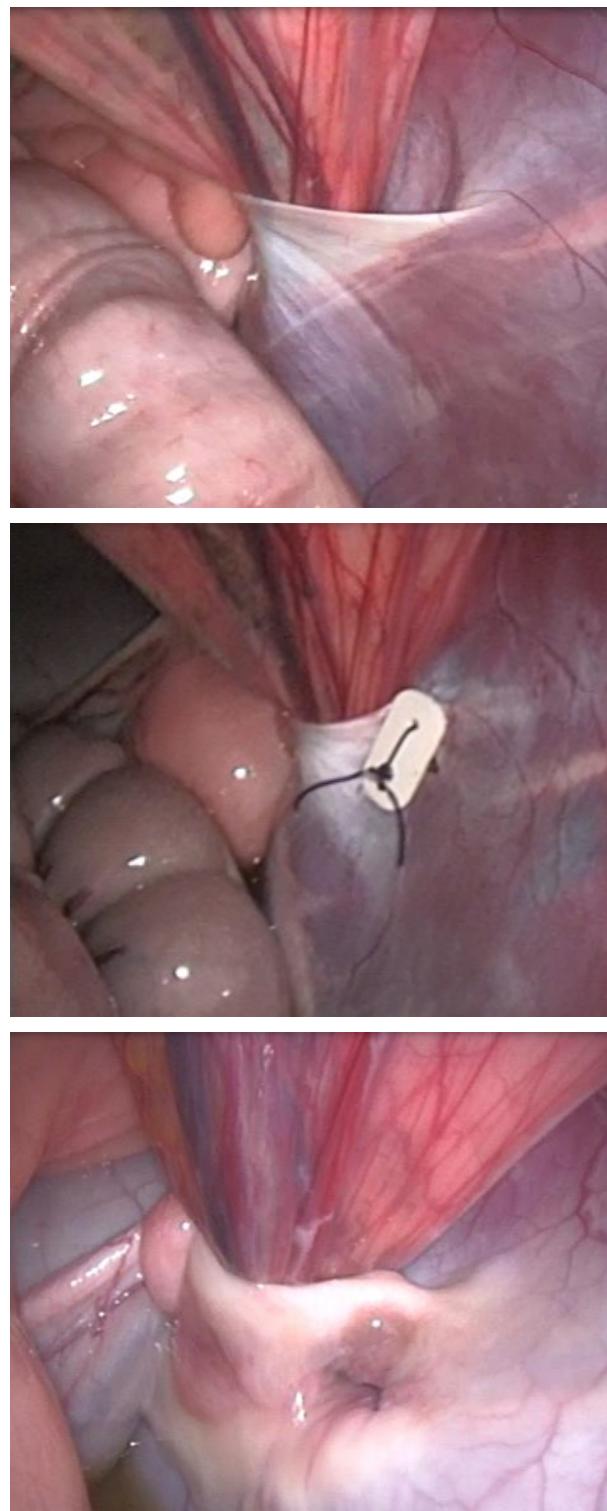
#### 4.4.1.7 Orquidectomía bilateral

Todos los caballos se castraron en estación bajo neuroleptoanalgésia sin apreciarse diferencias durante la intervención entre ambos testículos y sin registrarse complicaciones destacables ni durante la cirugía ni durante el postoperatorio.

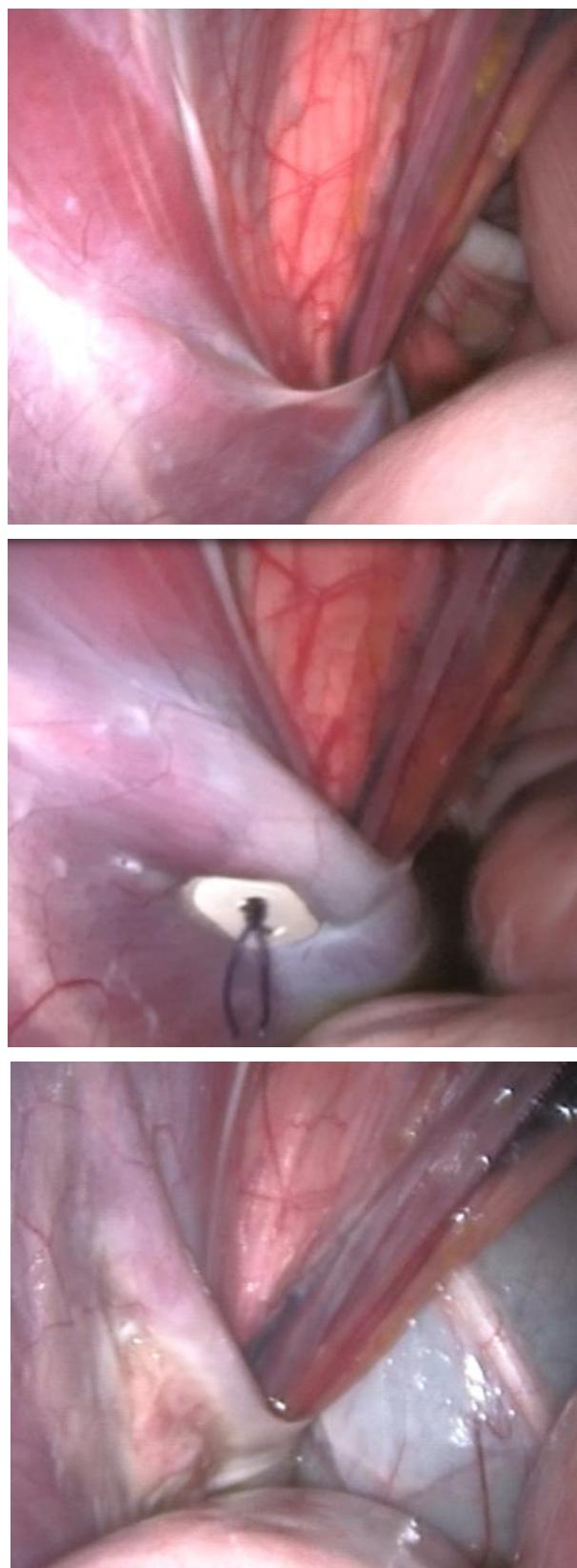
#### 4.4.1.8 Valoración de las características espermáticas

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la muestra obtenida tras el lavado epididimario de ambos testículos, ni en el recuento total de espermatozoides (Tabla 4.28), ni en la valoración de la motilidad espermática (Tabla 4.29), ni en la prueba de endosmosis seminal (Tabla 4.30), ni en el porcentaje de acrosomas normales (Tabla 4.31), ni en el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos (Tabla 4.32).

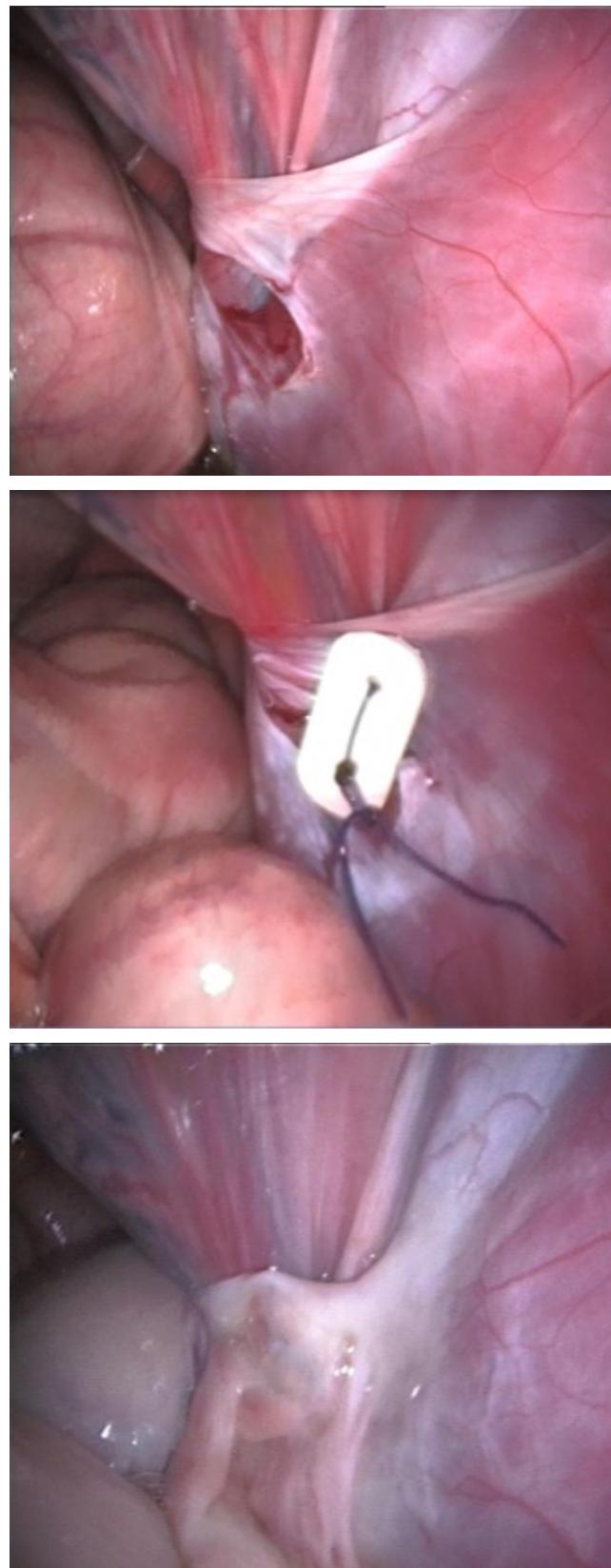
**Figura 4.20.** Cierre parcial del canal inguinal vía laparoscópica de uno de los casos en los que el grado de obliteración del canal era similar al que presentaban tras la colocación del dispositivo. Arriba izquierda: canal inguinal antes de la obliteración. Arriba derecha: canal inguinal tras la colocación del dispositivo. Abajo: canal inguinal en la reevaluación laparoscópica. Las imágenes corresponden al caso del Video 2.



**Figura 4.21.** Estado de los anillos inguinales de uno de los casos en los que se apreció que el grado de obliteración del canal inguinal era menor. Arriba izquierda: canal inguinal antes de la obliteración. Arriba derecha: canal inguinal tras la colocación del dispositivo. Abajo: canal inguinal en la reevaluación laparoscópica.



**Figura 4.22.** Leve desgarro peritoneal producido en el caso en el que fue necesario extraer el arpón por mala implantación y volverlo a recolocar. Arriba: desgarro peritoneal. Centro: dispositivo ya colocado. Abajo: aspecto de la zona en la reevaluación laparoscópica (28 días después de la cirugía laparoscópica).



**Figura 4.23.** Reevaluación laparoscópica en la que se puede observar la ligera reacción peritoneal generada en la zona.



**Tabla 4.28.** Comparación del recuento total de espermatozoides (R.T.E) ( $10^9/\text{ml}$ ) entre testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). CE: concentración espermática, DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo.

R.T.E ( $\times 10^9$ )	Media	D.S.	C.V.P.	Mediana	Mín	Máx
Intervenido	26,70	37,44	1,4	11,46	4,14	11,47
No intervenido	1502,29	2415,92	1,608	541,18	220,03	7300,00

Significación estadística según la prueba de Wilcoxon, p= 0,674

**Tabla 4.29.** Parámetros de motilidad testicular en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8) expresados en porcentaje. EE: espermatozoides estáticos, EMPN: espermatozoides motiles no progresivos, EMPT: espermatozoides motiles progresivos totales, dentro de los cuales se incluyen: EMPL: espermatozoides motiles progresivos lentos, EMPM: espermatozoides motiles progresivos medios, EMPR: espermatozoides motiles progresivos rápidos. DS: desviación estándar, CVP: coeficiente de variación de Pearson, Mín: mínimo, Máx: máximo.

	Canal inguinal	Media	DS	CVP	Mediana	Mín	Máx	p
EE	Intervenido	15,63	8,56	0,547	15,40	2,90	25,90	0,589
	Control	13,37	8,10	0,605	9,90	3,50	24,80	
EMNP	Intervenido					42,0		0,931
		55,81	9,11	0,163	56,65	0	67,60	
EMPT:	Control					19,1		0,577
		55,34	19,80	0,357	58,55	0	76,90	
EMPL	Intervenido					12,3		0,383
		28,55	9,12	0,319	29,35	0	42,60	
EMPM	Control					15,4		0,688
		31,28	15,96	0,510	26,45	0	59,60	
EMPR	Intervenido					24,70		0,650
		16,65	5,77	0,346	12,65	7,30		
EMPR	Control					42,70		0,650
		17,74	13,99	0,788	13,40	3,20		
EMPM	Intervenido					32,00		0,688
		12,35	9,11	0,737	9,70	3,50		
EMPR	Control					23,60		0,688
		14,18	7,74	0,545	14,40	0,00		
Intervenido						29,7		0,650
		58,60	15,96	0,272	60,60	0	81,50	
Control						29,1		0,650
		54,72	18,99	0,347	52,60	0	83,40	

**Tabla 4.30.** Prueba de endosmosis, mostrando el porcentaje de espermatozoides normales en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo.

Endosmosis	Media	D.S.	C.V.P.	Mediana	Mín	Máx
Intervenido	81,00	10,81	0,133	81,50	58	95
No intervenido	77,13	9,41	0,122	78	63	90

Significación estadística según la prueba t de Student para muestras dependientes, p=0,900

**Tabla 4.31.** Porcentaje de acrosomas intactos en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo.

Acrosomas	Media	D.S.	C.V.P.	Mediana	Mín	Máx
Intervenido	73,13	7,35	0,100	75	60	82
No intervenido	74	4,81	0,065	72	70	83

Significación estadística según la prueba t de Student para muestras dependientes, p=0,577

**Tabla 4.32.** Porcentaje de espermatozoides vivos en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8).

V/M	Media	D.S.	C.V.P.	Mediana	Mín	Máx
Intervenido	82,50	9,00	0,109	81	69	95
No intervenido	79,88	9,96	0,124	80	65	90

Significación estadística según la prueba t de Student para muestras dependientes, p=0,371

## 4.5 DISCUSIÓN

La herniorrafia o herniplastia inguinal laparoscópica es el tratamiento quirúrgico más indicado en sementales, con historial previo de hernia inguinal indirecta, para prevenir la reherniación y para preservar la función testicular (Rossignol *et al.*, 2012; Schumacher, 2012). Esto es especialmente importante en nuestro país, ya que una de las razas en las que la incidencia de hernia inguinal es más alta, es el Pura Raza Español (Muñoz *et al.*, 2008; Wilderjans *et al.*, 2012).

Se han descrito diferentes tratamientos preventivos preservando el testículo, entre los cuales se incluyen el cierre parcial del anillo inguinal externo alrededor del cordón espermático y el cierre parcial del anillo inguinal vaginal vía laparoscópica (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Determinados autores consideran que el cierre del anillo externo es una técnica que genera un mayor malestar en el semental, en la que la probabilidad de producir un compromiso vascular del testículo es alta (Fischer *et al.*, 1995). Además, puede no ser suficiente para evitar una reherniación, por lo que el acceso laparoscópico para realizar la herniorrafia o herniplastia inguinal preservando el testículo es más seguro y eficaz que el acceso convencional parainguinal (Fischer, 2012; Schumacher, 2012). Además, las técnicas de herniorrafia laparoscópica permiten visualizar adecuadamente la región inguinal interna, tanto en posición de Trendelenburg como con el caballo en estación (Mariën, 2001). El acceso laparoscópico reduce la probabilidad de alterar la perfusión o inervación testicular, ya que permite identificar perfectamente el cordón espermático (Fischer *et al.*, 1995). Por otro lado, la mayoría de las técnicas laparoscópicas de herniorrafia o herniplastia inguinal descritas pueden realizarse con el caballo en estación (Mariën, 2001; Rossignol *et al.*, 2012 y 2014; Wilderjans *et al.*, 2012; Gracia-Calvo *et al.*, 2014), lo que evita los riesgos que puede entrañar el someter al animal a una anestesia general (Cruz *et al.*, 1999).

Varias de las técnicas laparoscópicas actuales de herniorrafia o herniplastia inguinal con preservación del testículo requieren un alto grado de entrenamiento laparoscópico por parte del cirujano. Entre esas técnicas, destacan aquellas que requieren suturas intracorpóreas o disecciones complejas. Esta complejidad se ve aumentada si se efectúa con el caballo en estación (Rossignol *et al.*, 2007; Caron y Brakenhoff, 2008; Wilderjans *et al.*, 2012), puesto que la triangulación laparoscópica con el caballo de pie es más difícil e incómoda que en decúbito supino debido a la postura en la que se debe trabajar por la disposición de los portales (Caron y Brakenhoff, 2008). Todo ello hace que cualquier modificación en la técnica que permita realizar la herniorrafia parcial laparoscópica de manera más sencilla, sin necesidad de realizar disección y nudos intracorpóreos, pueda resultar muy útil, especialmente para aquellos cirujanos que desarrollan su actividad en centros con casuística laparoscópica limitada y que no tienen la posibilidad de mantener un adiestramiento laparoscópico continuado. Precisamente esa ha sido la principal motivación para desarrollar el dispositivo y la técnica descritos en este capítulo de la Memoria.

Incluso en este entorno de “técnica con maniobras laparoscópicas sencillas”, el lugar de colocación de los diferentes portales es un aspecto clave en el diseño de cualquier nuevo procedimiento laparoscópico (Fischer, 2002b), para permitir llegar hasta la zona

a intervenir con el instrumental laparoscópico convencional, triangular y maniobrar adecuadamente y, en nuestro caso, dirigir el instrumento de anclaje del arpón en una dirección bien perpendicular a la solapa axial del anillo inguinal interno. La disposición de las cánulas descrita en nuestra técnica ha permitido respetar esos principios, tratando además de mantener una postura lo más cómoda posible para el cirujano y su ayudante. Para ello, es importante destacar que nuestro segundo portal (el que se utiliza para introducir el aplicador del arpón) se coloca en una posición algo más ventral que en otras técnicas de herniorrafia laparoscópica (Mariën, 2001; Wilderjans *et al.*, 2012; Rossignol *et al.*, 2014). Pese a que esta ubicación puede acarrear ligeras dificultades relacionadas con la presencia de vísceras intestinales en esa zona tan ventral a la hora de colocar la cánula, así como posibles interferencias con las barras laterales del potro de contención, esta localización es necesaria para permitir una dirección óptima del sistema de anclaje. Esas pequeñas dificultades son fácilmente salvables gracias a la colocación del segundo portal bajo control laparoscópico y utilizando potros de contención que permitan colocar las barras laterales a diferentes alturas. Otro aspecto subrayable es que, pese a que el sistema descrito podría emplearse con sólo dos portales laparoscópicos (uno para la óptica y otro para el aplicador del arpón), la colocación de un tercer portal es recomendable para facilitar el trabajo del cirujano y acometer algunas posibles incidencias durante la laparoscopia.

Diferentes trabajos publicados sobre herniorrafias o herniplastias inguinales laparoscópicas en caballos muestran el registro de los tiempos quirúrgicos (Rossignol *et al.*, 2007 y 2014; Caron y Brakenhoff, 2008). La media de tiempo necesario para obliterar el canal inguinal con nuestra técnica es equiparable al tiempo invertido para hacerlo en esos trabajos. Además, en nuestro estudio, se ha podido observar como el breve entrenamiento quirúrgico con la técnica ha permitido que en los últimos casos el tiempo se redujese notablemente (56 min en la primera laparoscopia y 20 min en la última).

Es evidente que una técnica quirúrgica, además de sencilla ha de ser eficaz. La eficacia de una herniplastia inguinal laparoscópica reside en parte en la cantidad de tejido involucrado en el cierre. Así, algunos autores destacan que el sistema elegido debe incluir el anillo vaginal, el músculo oblicuo interno y el músculo cremáster con su fascia, ya que la implicación de un volumen generoso de tejido en el cierre confiere una mayor seguridad que el empleo de grapas quirúrgicas con unas dimensiones ya preestablecidas que no permiten abarcar tanto material (Caron y Brakenhoff, 2008). El dispositivo diseñado en nuestro estudio permite seguir esas directrices, ya que, tal y como se ha descrito en los resultados de la necropsia realizada a los caballos del estudio piloto, el dispositivo, una vez colocado, incluía los tejidos mencionados previamente. Todo esto está directamente relacionado con la resistencia que puede tolerar el método de cierre empleado en la herniorrafia. En la opinión de algunos autores, cuando el animal intervenido es un caballo adulto entero, no deberíamos aplicar cualquiera de las técnicas de herniorrafia parcial inguinal laparoscópica basadas en el uso único de suturas o grapas, ya que no son capaces de resistir ni las fuerzas musculares asociadas con el movimiento ni las altas presiones intraabdominales (Rossignol *et al.*, 2007). En nuestro estudio, todos los dispositivos fueron capaces de resistir una fuerza de tracción mínima de 10 N.

Otro aspecto importante que se debe tener cuenta a la hora de valorar la eficacia de estas técnicas es que el cordón espermático quede firmemente confinado contra el

borde caudomedial del canal inguinal. Esto se debe a que en las hernias inguinales indirectas, el intestino delgado suele herniarse por el borde caudal del anillo vaginal (Wilderjans *et al.*, 2012). De hecho en los primeros casos en los que este autor empleó la técnica de colgajo peritoneal cerrando la parte craneolateral del anillo (empleando la técnica previamente descrita por Rossignol en 2007), registro un 25% de reherniaciones, mientras que en los caballos sucesivos en los que también cerró el borde caudomedial no se produjo ninguna recidiva. Pese a que en la técnica descrita en esta Tesis Doctoral el sistema de anclaje se colocó en el borde cráneo-lateral del anillo, la firme fijación del arpón en una zona muy adyacente al cordón espermático lo mantiene confinado contra el borde caudomedial, evitando la posible herniación por esa zona. En cualquier caso, si esta técnica se utilizara en casos clínicos con un anillo inguinal muy dilatado y laxo y con antecedentes de hernia inguinal, sería recomendable traccionar del cordón espermático caudomedialmente antes de anclar el arpón, empleando para ello un fórceps atraumático colocado en el tercer portal.

Los resultados obtenidos en la reevaluación laparoscópica de los animales intervenidos indican que en todos los casos los sistemas de anclaje diseñados permanecían implantados, sin registrarse ningún arpón que se hubiese desanchado o botones desprendidos por fallos en la sutura o el nudo. En seis de los ocho caballos, se pudo comprobar en la reevaluación laparoscópica (28 días después) que la obliteración parcial del canal inguinal persistía. Sin embargo, los dos casos en los que el sensación de obliteración era menor que la apreciada tras la colocación del dispositivo (28 días antes), pudieron deberse o a que cedieron los tejidos en los que se fija el prototipo o bien a que perdió tensión la sutura, aunque en ningún caso se observó dehiscencia de esta ni desprendimiento del botón o del arpón. Para tratar de paliar este fenómeno, se podría recurrir en futuras aplicaciones de esta técnica a nudos extracorpóreos que proporcionasen más firmeza que los puntos simples utilizados en este trabajo. El nudo de Roeder (Lo *et al.*, 2004) podría ser un buen candidato, pero sería necesario emplearlo con una sutura más dúctil que la empleada en este trabajo (por ejemplo un multifilamento no absorbible), ya que en la estudio piloto del experimento, se intentó utilizar este nudo, pero las características de la sutura monofilamento empleada lo hacían inmanejable.

En algunas de las técnicas de herniplastia parcial laparoscópica descritas por otros autores también se han documentado fallos en el sistema de cierre. En la técnica de colgajo peritoneal descrita por Wilderjans en 2012 se documentó que en uno de los casos en los que hubo desgarros y dehiscencia del colgajo peritoneal (Wilderjans *et al.*, 2012). También en la técnica de rollo de malla colocado en el canal (Mariën, 2001; Mariën, 2005) el propio autor introdujo posteriormente modificaciones que incluían diferentes procedimientos de sujeción de la malla (grapas o suturas) para evitar la migración de la prótesis colocada (Mariën, 2001 y 2005).

No obstante, en lo referente a la eficacia de la técnica, una de las principales limitaciones de nuestro estudio, al igual que en otros trabajos publicados es que se ha realizado con animales sanos, con anillos inguinales de tamaño normal y sin historial previo de hernia inguinal. Es decir, en nuestro estudio no se ha podido valorar la reherniación que es una de las posibles complicaciones de las herniorrafias y herniplastias del anillo inguinal (Wilderjans *et al.*, 2012). Esto hace que, a pesar de que se pueda tener la impresión subjetiva de que con esta técnica se ha alcanzado un

cierre eficaz, capaz de prevenir una posible herniación, no se pueda tener la seguridad completa de que será realmente eficaz en caballos con anillos inguinales grandes. Esta desventaja también la han presentado otros diseños experimentales en los que, antes de hacer un uso clínico la técnica, se testó en animales de experimentación sanos (Mariën, 2001; Rossignol *et al.*, 2007 y 2012), aunque posteriormente sí que se evaluaron con animales con historial de hernia inguinal. En un trabajo realizado en animales experimentales, se empleó como método para comprobar el grado de obliteración del canal inguinal la posibilidad de introducir unos fórceps atraumáticos (Rossignol *et al.*, 2012). Por todo ello, dada la asociación del tamaño del anillo inguinal con la incidencia de la hernia (Mariën, 2001; Rossignol *et al.*, 2007) sería deseable continuar este trabajo con la utilización de este dispositivo y esta técnica en casos clínicos con historial previa de hernia inguinal, pero parece prudente que antes de utilizar este enfoque tan novedoso en pacientes de este tipo, se haya llevado a cabo un estudio preliminar como el realizado, valorando si estos resultados permiten afrontar con unas mínimas garantías su aplicación en casos clínicos.

Además de la sencillez, rapidez y eficacia, la seguridad y ausencia de complicaciones es otro aspecto esencial de cualquier técnica quirúrgica. El material empleado para la fabricación del arpón y botón del dispositivo evaluado (PEEK) es un polímero con buenas características de biocompatibilidad, tal y como ya se ha descrito en numerosas publicaciones (Morrison *et al.*, 1995; Rivard *et al.*, 2002). Nuestros resultados en la reevaluación laparoscópica indican que el dispositivo implantado ha generado una respuesta inflamatoria y cicatricial muy moderada y satisfactoria, exenta en todos los casos de la formación de adherencias o reacciones granulomatosas exuberantes.

Hay que destacar también que en dos casos se produjeron leves desgarros peritoneales durante las intervenciones laparoscópicas. En ambos animales los ligeros desgarros se produjeron en intervenciones en las que se llevó a cabo tracción sobre la solapa axial del anillo inguinal mientras se colocaba el arpón (maniobra efectuada en los primeros cuatro casos). Pese a que en la reevaluación laparoscópica posterior esos ligeros desgarros habían cicatrizado sin complicaciones y con una reacción peritoneal comparable a la del resto de animales, consideramos que esa maniobra de tracción no aporta ninguna ventaja a la hora de colocar adecuadamente el dispositivo y puesto que puede provocar esos ligeros desgarros, descartamos seguir realizándolo en el resto de los animales.

En lo referente a la seguridad quirúrgica de la técnica, este fue el único hallazgo destacable en nuestro estudio y, teniendo en cuenta que esos ligeros desgarros cicatrizaron sin complicaciones y sin tratamiento adicional alguno, podríamos considerarlos más como “incidencias” que como “complicaciones” propiamente dichas, lo cual nos permite destacar que el dispositivo utilizado y la técnica propuesta han estado exentos de complicaciones destacables, sin presentar ninguna de las complicaciones documentadas en otros procedimientos de herniorrafia laparoscópica: edema o enfisema en el lugar de colocación de los portales laparoscópicos (Fischer *et al.*, 1995; Mariën, 2001), sangrado excesivo durante la disección del colgajo peritoneal (Wilderjans *et al.*, 2012), desgarro y dehiscencia del colgajo peritoneal (Wilderjans *et al.*, 2012), adherencias intraperitoneales, adherencias del colgajo al cordón

espermático (Rossignol *et al.*, 2007) y fugas de Cianocrilato a la cavidad abdominal o escrotal (Rossignol *et al.*, 2014).

La técnica laparoscópica en la que se centra este capítulo implica la implantación de un arpón de PEEK en la parte caudal de la pared abdominal. Dada la relativa proximidad de determinadas estructuras anatómicas, musculares y nerviosas (músculos psoas mayor y cremáster, nervio femoral), consideramos que era importante valorar la posible interferencia del arpón en esa localización sobre la locomoción del animal, sin que se observara alteración alguna en los exámenes dinámicos de cojera realizados después de la intervención.

Puesto que la herniorrafia parcial laparoscópica con preservación del testículo es una técnica terapéutica o preventiva especialmente indicada en sementales con actividad reproductiva, es esencial valorar, al igual que en medicina humana (Hidalgo *et al.*, 2001; Beddy *et al.*, 2006; Schier *et al.*, 2008), y aunque en mucha menor medida también en el caballo, la influencia de las herniplastias o herniorrafias parciales sobre la función testicular (Mariën, 2001; Gracia-Calvo *et al.*, 2014 y 2015). Al contrario de lo mostrado por otros autores que empleando otras técnicas registraron algunos casos de edema escrotal (Fischer *et al.*, 1995) y hemospermia transitoria (Wilderjans *et al.*, 2012), en los animales de nuestro estudio no se ha observado ninguna de esas alteraciones. Puesto que en nuestro estudio los animales terminaron siendo castrados, hubiera sido interesante el haber realizado histología de los testículos para poder comprobar más precisamente el efecto de la técnica sobre los mismos, tal y como sí han efectuado otros autores (Mariën, 2001).

Sobre este aspecto de la repercusión de la herniorrafia inguinal sobre la funcionalidad reproductiva, el efecto sobre la vascularización testicular es uno de los parámetros más destacables. Esto se debe a que si se realiza una oclusión excesiva del anillo inguinal interno o externo, se pueden obstruir la arteria o venas testiculares produciendo una orquitis isquémica y consecuentemente una atrofia testicular (Hidalgo *et al.*, 2001). Por otro lado, ciertas técnicas de herniplastia utilizan mallas que crean reacciones inflamatorias de cuerpo extraño en tejidos adyacentes, por lo que, dada su proximidad con el cordón espermático, podría afectar a la vascularización del testículo y por lo tanto a la espermatogénesis (Peiper *et al.*, 2006). En équidos, la influencia de la técnica sobre la vascularización testicular sólo se ha estudiado para la técnica de colgajo peritoneal (Gracia-Calvo *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos en el estudio mostraron que la técnica produce a largo plazo alteraciones en algunos parámetros de la perfusión testicular. La PSV de la arteria testicular en el cordón espermático, se vio incrementada a los 12 meses. Sin embargo, en ese tiempo, PI y RI en la porción marginal de la arteria testicular estaban disminuidos ( $p < 0.05$ ). Los autores relacionan este patrón de flujo sanguíneo testicular con un proceso de hiperemia testicular, ya que la técnica del colgajo peritoneal que ellos evalúan, podría haber comprimido el cordón espermático, causando una leve obstrucción de la arteria testicular y provocando una hiperemia compensatoria para contrarrestar el déficit del flujo de sangre que abastece a los testículos.

En nuestro estudio no se han incluido mediciones de la arteria testicular a nivel del cordón espermático y sólo se ha estudiado el efecto de nuestra técnica durante 28 días postintervención en la porción marginal de la arteria testicular y en las arterias intratesticulares, no observado diferencias estadísticamente significativas en las

determinaciones efectuadas en ninguna de esas localizaciones, ni con respecto al testículo control, ni con el mismo testículo antes de la intervención. Tal y como se comentó anteriormente sería muy interesante poder continuar este trabajo con su uso en casos clínicos, lo que nos permitiría extender estos controles ecográficos de la posible influencia de la técnica en la perfusión testicular en un plazo más dilatado de tiempo. En este apartado de nuestro trabajo se ha incluido, además de la clásica valoración de la porción marginal de la arteria testicular, la valoración en arterias intratesticulares, ya que, pese a que en nuestro conocimiento todavía no existen datos para la perfusión testicular del caballo a ese nivel, la determinación de PSV, EDV, PI y RI a ese nivel puede proporcionarnos una información más veraz sobre la perfusión del parénquima testicular que si se realiza en el borde epididimario de la arteria (Middleton *et al.*, 1989). La repetibilidad mostrada entre las diferentes mediciones realizadas en este trabajo en cada una de las tres arterias intratesticulares distintas de cada testículo, refuerza también la indicación de seguir estudiando la posibilidad de incluir esta localización en los estudios de valoración de la perfusión testicular del caballo u otras especies.

Al margen de las posibles variaciones inducidas por las técnicas de herniorrafia en la perfusión testicular es sumamente importante conocer el posible efecto de las mismas en la producción espermática de los sementales. Pese a ello los trabajos que evalúan esta circunstancia en caballos con herniorrafia laparoscópica son escasos y algunos se limitan a constatar que los animales tratados siguieron teniendo descendencia, sin evaluar sus características seminales (Wilderjans *et al.*, 2012; Rossignol *et al.*, 2014). Los mismos autores que evaluaron la perfusión testicular tras la técnica del colgajo peritoneal, evaluaron también en otro estudio la influencia de la técnica sobre las características seminales y la producción espermática (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Pese a las alteraciones que sí encontraron en la perfusión testicular (Gracia-Calvo *et al.*, 2015), sus resultados mostraron que la técnica no repercutía sobre la espermatogénesis ni sobre las características seminales durante el año de seguimiento (Gracia-Calvo *et al.*, 2014). Nuestros resultados en las valoraciones de las características del semen epididimario tras 28 días, también indican que tanto las características seminales como la producción espermática no se han visto alteradas por la intervención y el dispositivo empleado. Sobre este asunto hay que destacar que, debido al diseño de nuestro experimento, para poder enfrentar los resultados de un testículo con canal inguinal intervenido frente al control, ambos en el mismo animal, se estudió el semen epididimario de ambos por separado y no un eyaculado conjunto. Esto debe ser tenido en cuenta a la hora de analizar algunas variables estudiadas como la motilidad de los espermatozoides, ya que los resultados obtenidos estarían por debajo de lo normal para el eyaculado de un buen semental, pero entran dentro de los rangos de referencia de muestras de semen epididimario (Dalmau, 2012).

Tras la finalización de la fase experimental de este estudio se han podido identificar determinados aspectos que podrían mejorar el diseño del material específico para la implantación del dispositivo propuesto, mejorando así la facilidad de la técnica y la experiencia de uso de los cirujanos. Entre esos aspectos se incluyen algunos ya comentado como la utilización de un material de sutura no absorbible multifilamento que permitiese realizar otros tipos de nudos extracorpóreos, y otros como:

- Redondear, suavizar o proteger el extremo del cilindro protector del aplicador, para evitar posibles desgarros si contacta con el peritoneo.
- Valorar la conveniencia de incluir algún tipo de válvula en el cilindro protector que evite la fuga de CO<sub>2</sub> durante la aplicación, fabricada en un material que se adapte tanto a las dimensiones del aplicador interno, como a las del cilindro sin nada en su interior.
- Mantener la longitud del empujanudos en material metálico, para que tenga la rigidez necesaria con esa longitud, pero sustituir la punta metálica en la que se enhebra el extremo de la sutura desde el que se empuja el nudo, por un material plástico, menos agresivo con el material de sutura, evitando así que el empujanudos lo dañe.

En definitiva, el dispositivo y la técnica laparoscópica descritos en este capítulo muestran unos resultados alentadores, ya que se trata de un procedimiento mínimamente invasivo que puede ser utilizado sin necesidad de anestesia general para el cierre parcial con preservación del testículo del canal inguinal interno, es sencillo y no requiere un adiestramiento quirúrgico prolongado, se ha mostrado seguro y exento de complicaciones, así como eficaz para obliterar la entrada del anillo inguinal interno. En cualquier caso, sería deseable continuar la evaluación del sistema con su utilización en casos clínicos con historial previo de hernia inguinal, en los que poder evaluar a largo plazo las posibles recidivas de la hernia y otros aspectos relacionados con la perfusión testicular y la producción espermática.

## 4.6 CONCLUSIONES Y RELEVANCIA CLÍNICA

En las condiciones de nuestro estudio y en base a los resultados obtenidos podemos establecer las siguientes **conclusiones**:

- PRIMERA:** El nuevo dispositivo, diseñado a partir de modificaciones en las dimensiones y sistema de fijación del arpón quirúrgico *Uplift* (DIMA, SL), puede ser utilizado en la oclusión parcial laparoscópica del canal inguinal del caballo, incluyendo en el cierre cantidad de tejido suficiente como para permitir una obliteración con resistencia adecuada a la dehiscencia o fallo del implante.
- SEGUNDA:** La técnica laparoscópica desarrollada permite la implantación del nuevo dispositivo en el canal inguinal interno con el caballo en estación, de una manera rápida y sencilla.
- TERCERA:** El nuevo sistema de cierre diseñado, implantado mediante la técnica laparoscópica propuesta, es eficaz para conseguir una oclusión parcial adecuada del canal inguinal interno del caballo.
- CUARTA:** La técnica de anclaje del dispositivo y la presencia del implante en sí mismo son seguras para el paciente estando exentas de complicaciones destacables o repercusiones sobre la locomoción del animal, los testículos o la formación de adherencias en la zona intervenida.
- QUINTA:** La técnica propuesta de herniplastia laparoscópica del canal inguinal interno con preservación del testículo no produce alteraciones ni en la perfusión testicular ni en la producción espermática, sin alterar por tanto la funcionalidad reproductiva de los animales tratados.

### RELEVANCIA CLÍNICA:

La sencillez y rapidez con las que se implanta el dispositivo y la ausencia de complicaciones, tanto quirúrgicas como sobre la perfusión testicular y espermatogénesis, hacen de este nuevo sistema una alternativa prometedora para su uso en la herniorrafia parcial laparoscópica con el caballo en estación con preservación del testículo y de la funcionalidad reproductiva, si bien, sería recomendable comprobar el comportamiento del dispositivo en casos clínicos y con un seguimiento a más largo plazo.



## **CONCLUSIONES GENERALES/GENERAL CONCLUSIONS**





## CONCLUSIONES GENERALES

En las condiciones de nuestro estudio y en base a los resultados obtenidos, podemos establecer las siguientes **conclusiones generales**:

La vasectomía laparoscópica con el caballo en estación es una técnica fácil de realizar, exenta de muchas de las complicaciones esperables con el abordaje convencional y que permite eliminar la capacidad fecundante del semental en un corto periodo de tiempo, que puede ser ofertada a los propietarios que deseen o necesiten vasectomizar a sus caballos enteros.

El dispositivo diseñado y la técnica laparoscópica desarrollada permiten llevar a cabo el cierre parcial del canal inguinal preservando el testículo y con el caballo en estación de manera sencilla, rápida, segura, eficaz y sin repercusiones sobre la perfusión testicular y espermatogénesis, por lo que puede ser empleada como método de prevención de la hernia inguinal en sementales en los que se quiere mantener su funcionalidad reproductiva.

## GENERAL CONCLUSIONS

Under the conditions of our study and based on the results, the following general conclusions can be established:

Laparoscopic vasectomy in the standing horse is a surgical technique easy to perform, free of most the expected complications related to the conventional approach that eliminates the fertilizing capacity stallion in a short period of time. This laparoscopic surgery can be offered to owners who want or need to vasectomize their stallions.

The anchoring device and the laparoscopic technique developed in this study, allows carrying out in the standing horse the partial closure of the inguinal canal, preserving the testicle (testis-sparing technique). The technique is simple, fast, safe and effective. In addition, the surgery has no impact on testicular perfusion and spermatogenesis. Thus, the new technique can be performed in breeding stallions, in which testicular preservation after inguinal herniation is important for subsequent fertility.

## REFERENCIAS





**REFERENCIAS**

- 1.- Acosta, M. Inseminación Artificial En Equinos. (2014) <http://uaaan.dspace.escire.net>  
Fecha de acceso: 16/10/2014 .
- 2.- AAEP. (1991). Definition and classification of lameness. *En Guide for Veterinary Service and Judging of Equestrian Events.* (4<sup>a</sup> edición). American Association of Equine Practitioners. editores. Lexington, EEUU.
- 3.- Abbou CC, Hoznek A, Salomon L, Lobontiu A, Saint F, Cicco A, Antiphon P, Chopin D. (2000). Remote laparoscopic radical prostatectomy carried out with a robot. report of a case. *Progrès en Urologie : Journal De l'Association Française d'Urologie et de la Société Française d'Urologie.* 10 (4), 520-523.
- 4.- Acevedo A. (2008). Mallas sintéticas irreabsorbibles: Su desarrollo en la cirugía de las hernias abdominales. *Revista Chilena De Cirugía.* 60 (5), 457-464.
- 5.- Adamovich-Rippe KN, Mayhew PD, Runge JJ, Culp WT, Steffey MA, Mayhew KN, Hunt GB. (2013). Evaluation of Laparoscopic-Assisted ovariohysterectomy for treatment of canine pyometra. *Veterinary Surgery.* 42 (5), 572-578.
- 6.- Adams CE, Wald M. (2009). Risks and complications of vasectomy. *Urologic Clinics of North America.* 36 (3), 331-336.
- 7.- Adelsdorfer C, Slako M, Klinger J, Bergh C, Benavides C. (2007). Complicaciones postoperatorias de la serie prospectiva de pacientes con hernioplastia inguinal, en protocolo de hospitalización acortada del Hospital Dr. Gustavo Fricke de Viña del Mar. *Revista Chilena de Cirugía.* 59 (6), 436-442.
- 8.- Aggarwal H, Chiou RK, Siref LE, Sloan SE. (2009). Comparative analysis of pain during anesthesia and no-scalpel vasectomy procedure among three different local anesthetic techniques. *Urology.* 74 (1), 77-81.
- 9.- Aguiar H, Serra J, González P. (2011) Los vidrios bioactivos en el mundo de los biomateriales. *Anales de Química.* 107(3), 237–242.
- 10.- Ahmed I, Rasheed S, White C, Shaikh NA. (1997). The incidence of post-vasectomy chronic testicular pain and the role of nerve stripping (denervation) of the spermatic cord in its management. *British Journal of Urology.* 79 (2), 269-270.
- 11.- Albanese V, Caldwell F. (2014). Left dorsal displacement of the large colon in the horse. *Equine Veterinary Education.* 26 (2), 107-111.
- 12.- Alldredge JG, Hendrickson DA. (2004). Use of high-power ultrasonic shears for laparoscopic ovariectomy in mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 225 (10), 1578-80, 1548.
- 13.- Allen WR, Wilsher S, Morris L, Crowhurst JS, Hillyer MH, Neal HN. (2006). Laparoscopic application of PGE2 to re-establish oviducal patency and fertility in infertile mares: A preliminary study. *Equine Veterinary Journal.* 38 (5), 454-459.
- 14.- Almufti R, Ogedegbe A, Lafferty K. (1995). The use of doppler ultrasound in the clinical management of acute testicular pain. *British Journal of Urology.* 76 (5), 625-627.

- 15.- Althouse GC, Evans LE. (1997). A novel surgical technique for vasectomizing boars. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 210 (5), 675-677.
- 16.- Alves G, Santos R, Henry M, Ribeiro A, Rothschild C. (2000). Acquired bilateral inguinal hernia in a stallion. *Equine Veterinary Education*. 12 (5), 256-259.
- 17.- Amid P, Shulman A, Lichtenstein I, Hakakha M. (1994). Biomaterials for abdominal wall hernia surgery and principles of their applications. *Langenbecks Archiv Für Chirurgie*. 379 (3), 168-171.
- 18.- Anakkul N, Suwimonteerabutr J, Tharasananit T, Khunmanee S, Diloksumpan P, Berg DK, Techakumphu M. (2014). Sperm distribution and fertilization after unilateral and bilateral laparoscopic artificial insemination with frozen-thawed goat semen. *Theriogenology*. 82 (8), 1137-1144.
- 19.- Anding R, Tabaza R, Staat M, Trenz E, Lohmann P, Klinge U, Kirschner-Hermanns R. (2013). Introducing a method of in vitro testing of different anchoring systems used for female incontinence and prolapse surgery. *BioMed Research International*. 2013. ID Artículo 401417.
- 20.- Anel L, Alvarez M, Martínez-Pastor F, Garcia-Macias V, Anel E, de Paz P. (2006). Improvement strategies in ovine artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*. 41 Suppl 2 30-42.
- 21.- Argüelles D, Velloso A, Gracia LA, Bracamonte JL. (2010). Laparoscopia en el caballo: Indicaciones más frecuentes. *Equinus*. 28 (3<sup>er</sup> trimestre), pp 29-35.
- 22.- Arnold CE, Love CC. (2013). Laparoscopic evaluation of oviductal patency in the standing mare. *Theriogenology*. 79 (6), 905-910.
- 23.- Arregui ME, Davis CJ, Yucel O, Nagan RF. (1992). Laparoscopic mesh repair of inguinal hernia usir preperitoneal approach: A preliminary report. *Surgical Laparoscopy Endoscopy & Percutaneous Techniques*. 2 (1), 53-58.
- 24.- Asher GW, Smith JF. (1987). Induction of oestrus and ovulation in farmed fallow deer (*dama dama*) by using progesterone and PMSG treatment. *Journal of Reproduction and Fertility*. 81 (1), 113-118.
- 25.- Atilla M, Sargin H, Yilmaz Y, Odabas O, Keskin A, Aydin S. (1997). Undescended testes in adults: Clinical significance of resistive index values of the testicular artery measured by doppler ultrasound as a predictor of testicular histology. *The Journal of Urology*. 158 (3), 841-843.
- 26.- Auer JA, Stick JA. (2012). *Equine Surgery*. (4<sup>a</sup> edición) Elsevier Saunders. Missouri, EEUU.
- 27.- Augestad KM, Delaney CP. (2010). Postoperative ileus: Impact of pharmacological treatment, laparoscopic surgery and enhanced recovery pathways. *World Journal of Gastroenterology : WJG*. 16 (17), 2067-2074.
- 28.- Aurich JE. (2012). Artificial insemination in horses—more than a century of practice and research. *Journal of Equine Veterinary Science*. 32 (8), 458-463.
- 29.- Awad SS, Fagan SP. (2004). Current approaches to inguinal hernia repair. *American Journal of Surgery*. 188 (6A Suppl), 9S-16S.

- 30.- Awsare NS, Krishnan J, Boustead GB, Hanbury DC, McNicholas TA. (2005). Complications of vasectomy. *Annals of the Royal College of Surgeons of England.* 87 (6), 406-410.
- 31.- Ayala I, Rodriguez MJ, Martos N, Zilberschtein J, Ruiz I. (2004). Nonfatal splenic haematoma and pancytopenia in an ass. *Australian Veterinary Journal.* 82 (8), 479-480.
- 32.- Aydede H, Erhan Y, Sakarya A, Kara E, Ilkgul O, Can M. (2003). Effect of mesh and its localisation on testicular flow and spermatogenesis in patients with groin hernia. *Acta Chirurgica Belgica.* 103 (6), 607-610.
- 33.- Aziz DM, Al-Badrany MS, Taha MB. (2008). Laparoscopic ovariectomy in standing donkeys by using a new instrument. *Animal Reproduction Science.* 107 (1-2), 107-114.
- 34.- Bakhtiari J, Abdi M, Khalaj AR, Asadi F, Niasari-Naslaji A. (2012). Comparative evaluation of two reconstructive methods following laparoscopic assisted subtotal gastrectomy in dogs. *BMC Research Notes.* 5 679-0500-5-679.
- 35.- Baldassarre H, Wang B, Kafidi N, Keefer C, Lazaris A, Karatzas CN. (2002). Advances in the production and propagation of transgenic goats using laparoscopic ovum pick-up and in vitro embryo production technologies. *Theriogenology.* 57 (1), 275-284.
- 36.- Baldassarre H, Wang B, Kafidi N, Gauthier M, Neveu N, Lapointe J, Sneek L, Leduc M, Duguay F, Zhou JF, Lazaris A, Karatzas CN. (2003). Production of transgenic goats by pronuclear microinjection of in vitro produced zygotes derived from oocytes recovered by laparoscopy. *Theriogenology.* 59 (3-4), 831-839.
- 37.- Baldassarre H, Karatzas CN. (2004). Advanced assisted reproduction technologies (ART) in goats. *Animal Reproduction Science.* 82-83 255-266.
- 38.- Bannasch D, Rinaldo C, Millon L, Latson K, Spangler T, Hubberty S, Galuppo L, Lowenstein L. (2007). SRY negative 64,XX intersex phenotype in an american saddlebred horse. *The Veterinary Journal.* 173 (2), 437-439.
- 39.- Baran SW, Perret-Gentil MI, Johnson EJ, Miedel EL, Kehler J. (2011). Rodent laparoscopy: Refinement for rodent drug studies and model development, and monitoring of neoplastic, inflammatory and metabolic diseases. *Laboratory Animals.* 45 (4), 231-239.
- 40.- Barazani Y, Kaouk J, Sabanegh ES. (2014). Robotic intra-abdominal vasectomy reversal: A new approach to a difficult problem. *Canadian Urological Association Journal.* 8 (5-6), E439.
- 41.- Bardell D. (2008) Epidural and paravertebral anaesthesia. *Proceedings of the 47th BEVA Congress pp. 173-174.* Liverpool, Reino Unido.
- 42.- Barone MA, Nazerali H, Cortes M, Chen-Mok M, Pollack AE, Sokal D. (2003). A prospective study of time and number of ejaculations to azoospermia after vasectomy by ligation and excision. *The Journal of Urology.* 170 (3), 892-896.
- 43.- Barrell EA, Kamm JL, Hendrickson DA. (2011). Recurrence of renosplenic entrapment after renosplenic space ablation in a seven-year-old stallion. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 239 (4), 504-507.

- 44.- Batista M, Prats N, Calero P, Gonzalez F, Cabrera F, Medrano A, Gracia A. (2002a). Semen characteristics and plasma levels of testosterone after bilateral vasectomy in bucks. *Reproduction in Domestic Animals.* 37 (6), 375-378.
- 45.- Batista M, Calero P, Rodriguez F, Gonzalez F, Cabrera F, Gracia A. (2002b). Structural changes in the testes and epididymides of bucks 16 weeks after bilateral vasectomy. *The Veterinary Record.* 151 (24), 740-741.
- 46.- Beard W. (2011). Abnormalities of the testes. *En Equine reproduction.* (2<sup>a</sup> edición). Mckinnon AO, Squires EL, Vaala WE and Varner DD. editores. Wiley-Blackwell. Chichester, Reino Unido.
- 47.- Beddy P, Ridgway PF, Geoghegan T, Peirce C, Govender P, Keane F, Torreggiani W, Conlon K. (2006). Inguinal hernia repair protects testicular function: A prospective study of open and laparoscopic herniorraphy. *Journal of the American College of Surgeons.* 203 (1), 17-23.
- 48.- Bedford JM. (1994). The status and the state of the human epididymis. *Human Reproduction.* 9 (11), 2187-2199.
- 49.- Bergeron JA, Hendrickson DA, McCue PM. (1998). Viability of an inguinal testis after laparoscopic cauterization and transection of its blood supply. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 213 (9), 1303-4, 1280.
- 50.- Bernard C, Valet JP, Beland R, Lambert RD. (1984). Ovulation prediction in cattle by rapid measurement of plasma LH and by laparoscopic observation. *Canadian Journal of Comparative Medicine. Revue Canadienne De Medecine Comparée.* 48 (1), 97-101.
- 51.- Bertin FR, Pader KS, Lescun TB, Sojka-Kritchevsky JE. (2013). Short-term effect of ovariectomy on measures of insulin sensitivity and response to dexamethasone administration in horses. *American Journal of Veterinary Research.* 74 (12), 1506-1513.
- 52.- Bertone A. (2011) Standing surgery an use of local anesthesia techniques. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Italian Association of Equine Veterinarians Congress.* pp. 5-9.
- 53.- Biagiotti G, Cavallini G, Modenini F, Vitali G, Gianaroli L. (2002). Spermatogenesis and spectral echo-colour doppler traces from the main testicular artery. *BJU International.* 90 (9), 903-908.
- 54.- Bickers R, Lewis R, Hays T, Noble J. (1998). Acquired inguinal hernia in a gelding. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice.* 20: 20-28.
- 55.- Birck MM, Vegge A, Moesgaard SG, Eriksen T. (2015). Single port laparoscopic long-term tube gastrostomy in gottingen minipigs. *Laboratory Animals.* 49 (3), 220-227.
- 56.- Bittner R, Arregui M, Bisgaard T, Dudai M, Ferzli G, Fitzgibbons R, Fortelny R, Klinge U, Kockerling F, Kuhry E. (2011). Guidelines for laparoscopic (TAPP) and endoscopic (TEP) treatment of inguinal hernia [international endohernia society (IEHS)]. *Surgical Endoscopy.* 25 (9), 2773-2843.
- 57.- Black T, Francome C. (2003). Comparison of marie stopes scalpel and electrocautery no-scalpel vasectomy techniques. *The Journal of Family Planning and Reproductive Health Care.* 29 (2), 32-34.

- 58.- Bleedorn JA, Dykema JL, Hardie RJ. (2013). Minimally invasive surgery in veterinary practice: A 2010 survey of diplomates and residents of the american college of veterinary surgeons. *Veterinary Surgery*. 42 (6), 635-642.
- 59.- Bleyaert HF, Brown MP, Bonenclark G, Bailey JE. (1997). Laparoscopic adhesiolysis in a horse. *Veterinary Surgery*. 26 (6), 492-496.
- 60.- Blikslager A, Jones S. (2004). Ischemic disorders of the intestinal tract. *En Medicina Interna Equina*. (2<sup>a</sup> edición). Reed S, Bayly W and Sellon D. editores. Intermédica. Missouri, EEUU.
- 61.- Bloomberg MS. (1996). Surgical neutering and nonsurgical alternatives. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 208 (4), 517-519.
- 62.- Böening KJ. (2002). Laparoscopic embryo transfer. *En Fischer, A.T (Ed). Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 63.- Boggi U, Signori S, Vistoli F, D'Imporzano S, Amorese G, Consani G, Guerracino F, Marchetti P, Focosi D, Mosca F. (2012). Laparoscopic robot-assisted pancreas transplantation: First world experience. *Transplantation*. 93 (2), 201-206.
- 64.- Bokhout B, Nabuurs M, De Jong M. (2005). Vasectomy of older bulls to manage elephant overpopulation in africa: A proposal. *Pachyderm*. 39 97-103.
- 65.- Boundy T, Cox J. (1996). Vasectomy in the ram. *In Practice*. 18 (7), 330-334.
- 66.- Bouré L, Marcoux M, Laverty S. (1997a). Paralumbar fossa laparoscopic ovariectomy in horses with use of endoloop ligatures. *Veterinary Surgery*. 26 (6), 478-483.
- 67.- Bouré L, Marcoux M, Laverty S. (1997b). Laparoscopic abdominal anatomy of foals positioned in dorsal recumbency. *Veterinary Surgery*. 26 (1), 1-6.
- 68.- Bouré L, Marcoux M, Lavoie JP, Laverty S. (1998). Use of laparoscopic equipment to divide abdominal adhesions in a filly. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 212 (6), 845-847.
- 69.- Bouré L, Foster RA, Palmer M, Hathway A. (2001). Use of an endoscopic suturing device for laparoscopic resection of the apex of the bladder and umbilical structures in normal neonatal calves. *Veterinary Surgery*. 30 (4), 319-326.
- 70.- Bouré LP, Pearce SG, Kerr CL, Lansdowne JL, Martin CA, Hathway AL, Caswell JL. (2002). Evaluation of laparoscopic adhesiolysis for the treatment of experimentally induced adhesions in pony foals. *American Journal of Veterinary Research*. 63 (2), 289-294.
- 71.- Bouré LP, Kerr CL, Pearce SG, John Runciman R, Lansdowne JL, Caswell JL. (2005). Comparison of two laparoscopic suture patterns for repair of experimentally ruptured urinary bladders in normal neonatal calves. *Veterinary Surgery*. 34 (1), 47-54.
- 72.- Boyan BD, Hummert TW, Dean DD, Schwartz Z. (1996). Role of material surfaces in regulating bone and cartilage cell response. *Biomaterials*. 17 (2), 137-146.
- 73.- Boyd M. (2012) Bureau of land management wild horse and burro program: Welfare on the range. *Proceedings of the AAEP Annual Convention*. Anaheim, EEUU.
- 74.- Bracamonte JL, Bouré LP, Geor RJ, Runciman JR, Nykamp SG, Cruz AM, Teeter MG, Waterfall HL. (2008). Evaluation of a laparoscopic technique for collection of serial full-

- thickness small intestinal biopsy specimens in standing sedated horses. *American Journal of Veterinary Research.* 69 (3), 431-439.
- 75.- Braun J, Sakai M, Hoshi S, Oguri N. (1994). Preservation of ejaculated and epididymal stallion spermatozoa by cooling and freezing. *Theriogenology.* 41 (4), 809-818.
- 76.- Bravo PW, Sumar J. (1991). Evaluation of intra-abdominal vasectomy in llamas and alpacas. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 199 (9), 1164-1166.
- 77.- Brink P, Schumacher J, Schumacher J. (2010). Elevating the uterus (uteropexy) of five mares by laparoscopically imbricating the mesometrium. *Equine Veterinary Journal.* 42 (8), 675-679.
- 78.- Brink P, Schumacher J, Schumacher J. (2012). Imbrication of the mesometrium to restore normal, horizontal orientation of the uterus in the mare. *Advances in Equine Laparoscopy.* 203-210.
- 79.- Brinsko SP, Blanchard TL, Varner DD, Schumacher J, Love CC. (2011a). *Manual of equine reproduction.* (3<sup>a</sup> edición) Elsevier Health Sciences. Missouri, EEUU.
- 80.- Brinsko SP, Blanchard T, Varner DD, Schumacher J, Love C, Hinrichs K, Hartman D. (2011b). Semen collection and artificial insemination with fresh semen. En *Manual of Equine Reproduction.* (3<sup>a</sup> edición). Mosby Elsevier. Missouri, EEUU.
- 81.- Brokelman W, Lensvelt M, Rinkes IB, Klinkenbijl J, Reijnen M. (2011). Peritoneal changes due to laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy.* 25 (1), 1-9.
- 82.- Brown C, Finch J. (2010). Which mesh for hernia repair? *Annals of the Royal College of Surgeons of England.* 92 (4), 272-278.
- 83.- Brugmans F, Deegen E. (2001). Laparoscopic surgical technique for repair of rectal and colonic tears in horses: An experimental study. *Veterinary Surgery.* 30 (5), 409-416.
- 84.- Brum A, Thomas A, Sabeur K, Ball B. (2006). Evaluation of coomassie blue staining of the acrosome of equine and canine spermatozoa. *American Journal of Veterinary Research.* 67 (2), 358-362.
- 85.- Bulus H, Dogan M, Tas A, Agladioglu K. (2013). The effects of lichtenstein tension-free mesh hernia repair on testicular arterial perfusion and sexual functions. *Wiener Klinische Wochenschrift.* 125 (3-4), 96-99.
- 86.- Burns P, Reasner D. (1995). Computerized analysis of sperm motion: Effects of glycerol concentration on the cryopreservation of equine spermatozoa. *Journal of Equine Veterinary Science.* 15 (9), 377-380.
- 87.- Burr EW, Huchzermeyer FW, Riley AE. (1981). Laparoscopic examination to determine sex in monomorphic avian species. *Journal of the South African Veterinary Association.* 52 (1), 45-47.
- 88.- Bush M, Wildt DE, Kennedy S, Seager SW. (1978). Laparoscopy in zoological medicine. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 173 (9), 1081-1087.
- 89.- Bussy C. (2014) The “GR” trocar : An alternative to laparoscopy for the closure of the nephrosplenic space in the standing horse. *Proceedings of the European College of Veterinary Surgeons Annual Scientific Meeting.* Copenhague, Dinamarca.

- 90.- Butt TD, Wilson DG. (2003). Laparoscopic colopexy in a horse. *The Canadian Veterinary Journal*. 44 (7), 586-588.
- 91.- Camarini ET, Tomeh JK, Dias RR, da Silva EJ. (2011). Reconstruction of frontal bone using specific implant polyether-ether-ketone. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 22 (6), 2205-2207.
- 92.- Cameron AW, Battye KM, Trounson AO. (1988). Time of ovulation in goats (*capra hircus*) induced to superovulate with PMSG. *Journal of Reproduction and Fertility*. 83 (2), 747-752.
- 93.- Canes D, Desai MM, Aron M, Haber GP, Goel RK, Stein RJ, Kaouk JH, Gill IS. (2008). Transumbilical single-port surgery: Evolution and current status. *European Urology*. 54 (5), 1020-1029.
- 94.- Canola P, Perotta J, Laskoski L, Escobar A, Melo e Silva C, Canola J, Johnson P, Valadão C. (2011). Effect of passive pneumoperitoneum on oesophageal pressure, cardiovascular parameters and blood gas analysis in horses. *Equine Veterinary Journal*. 43 (4), 446-450.
- 95.- Carbonell-Tatay F. (2002). Hernia inguinal: Conceptos, siglas, modas y sentido común. *Cirugía Española*. 71 (4), 171-172.
- 96.- Card CE, Manning ST, Bowman P, Leibel T. (1997). Pregnancies from imipramine and xylazine-induced ex copula ejaculation in a disabled stallion. *The Canadian Veterinary Journal*. 38 (3), 171-174.
- 97.- Carnevale E, Squires E, MacLellan L, Alvarenga M, Scott T. (2001). Use of oocyte transfer in a commercial breeding program for mares with reproductive abnormalities. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 218 (1), 87-91.
- 98.- Caron JP. (2012a). Foundations of laparoscopy. En *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). Ragle CA. editores. John Wiley & Sons. Hoboken, NJ, EEUU.
- 99.- Caron JP. (2012b). Mesh incisional hernioplasty. En *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). Ragle CA. editores. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 100.- Caron JP, Mehler SJ. (2009). Laparoscopic mesh incisional hernioplasty in five horses. *Veterinary Surgery*. 38 (3), 318-325.
- 101.- Caron JP. (2012). Equine laparoscopy: Hemostasis. *Compendium*. 34 (12),.
- 102.- Caron JP, Brakenhoff J. (2008). Intracorporeal suture closure of the internal inguinal and vaginal rings in foals and horses. *Veterinary Surgery*. 37 (2), 126-131.
- 103.- Caron JP. (2012a). Equine laparoscopy: Equipment and basic principles. *Compendium (Yardley, PA)*. 34 (3), E1-7.
- 104.- Caron JP. (2012b). Equine laparoscopy: Abdominal access techniques. *Compendium (Yardley, PA)*. 34 (11), E2.
- 105.- Caron JP. (2013). Equine laparoscopy: Gonadectomy. *Compendium (Yardley, PA)*. 35 (2), E4.

- 106.- Carpenter EM, Hendrickson DA, Anderson DE. (2000). Laparoscopic ovarioectomy and ovariohysterectomy in llamas and alpacas. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 16 (2), 363-75, vii.
- 107.- Carpenter EM, Hendrickson DA, James S, Franke C, Frisbie D, Trostle S, Wilson D. (2006). A mechanical study of ligature security of commercially available pre-tied ligatures versus hand tied ligatures for use in equine laparoscopy. *Veterinary Surgery.* 35 (1), 55-59.
- 108.- Casey P, Hillman R, Robertson K, Yudin A, Liu I, Drobnis E. (1993). Validation of an acrosomal stain for equine sperm that differentiates between living and dead sperm. *Journal of Andrology.* 14 (4), 289-297.
- 109.- Castro NM, Álvarez ÓM, Huerta MG, Andrade ÉH. (2007). Principios físicos, metodología, consistencia y seguridad del ultrasonido doppler en la evaluación fetoplacentaria. *Ginecol Obstet Mex.* 75 (10), 621-629.
- 110.- Catone G, Marino G, Mancuso R, Zanghi A. (2004). Clinicopathological features of an equine ovarian teratoma. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene.* 39 (2), 65-69.
- 111.- Cau J, Ricco J, Deelchand A, Berard X, Cau B, Costecalde M, Chaufour X, Barret F, Barret A, Bossavy J. (2005). Totally laparoscopic aortic repair: A new device for direct transperitoneal approach. *Journal of Vascular Surgery.* 41 (5), 902-906.
- 112.- Celik AS, Memmi N, Celebi F, Guzey D, Celik A, Kaplan R, Oncu M. (2009). Impact of slit and nonslit mesh technique on testicular perfusion and volume in the early and late postoperative period of the totally extraperitoneal preperitoneal technique in patients with inguinal hernia. *The American Journal of Surgery.* 198 (2), 287-291.
- 113.- Cháfer M, Navarro L, Belilty M, Andrés C, Quintanilla M. (2007). Influencia del proceso analítico en la aparición y desaparición de los espermatozoides del semen tras la vasectomía. *Actas Urológicas Españolas.* 31 (3), 270-275.
- 114.- Chamness CJ. (2012). Reusable equipment. En *Ragle, C.A (Ed). Advances in equine laparoscopy.* (1<sup>a</sup> edición). Reusable equipment. John Wiley & Sons. Hoboken, NY, EE.UU.
- 115.- Chamness CJ. (2002). Nondisposable instrumentation for equine laparoscopy. En *Fischer, A.T. (Ed). Diagnostic and surgical laparoscopy.* (1<sup>a</sup> edición). Nondisposable instrumentation for equine laparoscopy. WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EE.UU.
- 116.- Chávez-Badiola A, Drakeley AJ, Finney V, Sajjad Y, Lewis-Jones DI. (2008). Necrospermia, antisperm antibodies, and vasectomy. *Fertility and Sterility.* 89 (3), 723.
- 117.- Chen K, Peng C, Hsieh H, Chiang H. (2005). Simply modified no-scalpel vasectomy (percutaneous vasectomy) a comparative study against the standard no-scalpel vasectomy. *Contraception.* 71 (2), 153-156.
- 118.- Childers JM, Hicks TH. (1992). Laparoscopic orchietomy and contralateral vasectomy in a patient with an abdominal testicle: A case report. *The Journal of Urology.* 147 (5), 1373-1375.
- 119.- Chu CC. (1985). The degradation and biocompatibility of suture materials. *CRC Critical Reviews in Biocompatibility.* 1 (3), 261-322.

- 120.- Chung SY, Landsittel D, Chon CH, Ng CS, Fuchs GJ. (2005). Laparoscopic skills training using a webcam trainer. *The Journal of Urology*. 173 (1), 180-183.
- 121.- Clinton RL, Stump FJ, Wiggers KL. (1972). Canine vasectomy: A modern solution to an age-old problem. (A photographic essay). *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician : VM, SAC*. 67 (10), 1097-1099.
- 122.- Cobb WS, Kercher KW, Heniford BT. (2005). The argument for lightweight polypropylene mesh in hernia repair. *Surgical Innovation*. 12 (1), 63-69.
- 123.- Cokelaere SM, Martens AM, Wiemer P. (2005). Laparoscopic ovarioectomy in mares using a polyamide tie-rap. *Veterinary Surgery*. 34 (6), 651-656.
- 124.- Cokelaere SM, Martens A, Vanschandevijl K, Wilderjans H, Steenhaut M. (2007). Hand-assisted laparoscopic nephrectomy after initial ureterocystostomy in a shire filly with left ureteral ectopia. *The Veterinary Record*. 161 (12), 424-427.
- 125.- Collet A. (2004). Polímeros biodegradables con aplicaciones en suturas quirúrgicas. *Nuevas poliésteramidas biodegradables derivadas de ácido glicólico y aminoácidos con aplicación en biomedicina*. Anexo C.  
<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3093/34111-4.pdf?sequence=4>.
- 126.- Collins CW, Boyd LE, Houpt KA, McKinnon A, Squires E, Vaala W, Varner D. (2011). Asian wild horse reproduction: Equus ferus przewalskii. *Equine Reproduction, Volume 2*. (Ed. 2), 2846-2850.
- 127.- Commandeur S, Van Beusekom H, Van Der Giessen WJ. (2006). Polymers, drug release, and drug-eluting stents. *Journal of Interventional Cardiology*. 19 (6), 500-506.
- 128.- Compeau C, Mc Leod NT, Ternamian A. (2011). Laparoscopic entry: A review of canadian general surgical practice. *Canadian Journal of Surgery*. 54 (5), 315-320.
- 129.- Contuk G, Orun O, Demiralp E, Ercan F. (2012). Morphological alterations and distribution of occludin in rat testes after bilateral vasectomy. *Acta Histochemica*. 114 (3), 244-251.
- 130.- Cook LA, Van Vliet H, Lopez LM, Pun A, Gallo MF. (2006). Técnicas de oclusión por vasectomía para la esterilización masculina. *Base De Datos De Revisiones Sistemáticas*. (4),.
- 131.- Corbitt JD,Jr. (1993). Laparoscopic herniorrhaphy. A preperitoneal tension-free approach. *Surgical Endoscopy*. 7 (6), 550-555.
- 132.- Cordero MI, Escobar AP. (2012). Materiales de implante y su uso. *Revista De Actualización Clínica Investiga*. 16: p. 755.
- 133.- Courtney J, Lamba N, Sundaram S, Forbes C. (1994). Biomaterials for blood-contacting applications. *Biomaterials*. 15 (10), 737-744.
- 134.- Cousty M, Tricaud C, Picandet V, Geffroy O. (2010). Inguinal rupture with herniation of the urinary bladder through the scrotal fascia in a shetland pony foal. *Equine Veterinary Education*. 22 (1), 3-6.
- 135.- Coward RM, Badhiwala NG, Kovac JR, Smith RP, Lamb DJ, Lipshultz LI. (2014). Impact of the 2012 american urological association vasectomy guidelines on post-vasectomy outcomes. *The Journal of Urology*. 191 (1), 169-174.

- 136.- Crespo JL, García-Párraga D, Giménez I, Rubio-Guerri C, Melero M, Sánchez-Vizcaino JM, Marco A, Cuesta JA, Muñoz MJ. (2013). Two cases of pseudohermaphroditism in loggerhead sea turtles caretta caretta. *Diseases of Aquatic Organisms*. 105 p. 183-191.
- 137.- Cribb NC, Bouré LP. (2010). Laparoscopic removal of a large abdominal testicular teratoma in a standing horse. *Veterinary Surgery*. 39 (1), 131-135.
- 138.- Crist DW, Gadacz TR. (1993). Complications of laparoscopic surgery. *The Surgical Clinics of North America*. 73 (2), 265-289.
- 139.- Crump JP,Jr, Crump JW. (1994). Manual semen collection from a grevy's zebra stallion (*equus grevyi*), onset of sperm production, semen characteristics, and cryopreservation of semen, with a comparison to the sperm production from a grant's zebra stallion (*equus burchelli boehmi*). *Theriogenology*. 41 (5), 1011-1021.
- 140.- Cruz AM, Duke T, Cruz JI. (1999) Cardiopulmonary and hemodynamic changes during CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum in the anaesthetised horse: Effect of Trendelenburg position. *9<sup>th</sup> Annual ACVS Veterinary Symposium*. San Francisco, EEUU.
- 141.- Cruz AM, Kerr CL, Bouré LP, Sears WC. (2004). Cardiovascular effects of insufflation of the abdomen with carbon dioxide in standing horses sedated with detomidine. *American Journal of Veterinary Research*. 65 (3), 357-362.
- 142.- Cruz H. Efecto De La Vasectomia En La Actividad Sexual De La Pareja. (1998) <http://148.226.12.104/bitstream/123456789/31529/1/cruzmorales.pdf> Fecha de acceso: 12/01/2015 Veracruz, Méjico.
- 143.- Daes J. (2011). La técnica totalmente extraperitoneal de vista extendida (e-TEP) para la reparación de la hernia inguinal. *Asociación Mexicana De Cirugía Endoscópica*. 12 (3), 118-122.
- 144.- Dalmau CS. (2012). Métodos tradicionales y alternativos de extracción de semen. *Revista Complutense De Ciencias Veterinarias*. 6 (2), 125-134.
- 145.- Davies MCG. (1999). *Equine artificial insemination*. (1<sup>a</sup> edición). CABI. Oxfordshire, Reino Unido.
- 146.- Davies MCG. (2008). *Equine reproductive physiology, breeding and stud management*. (3<sup>a</sup> edición). CABI. Oxfordshire, Reino Unido.
- 147.- Dávila B, De Lara E. (2012). Reparación artroscópica del labrum glenoideo con anclajes blandos. *Artroscopia*. 19 (3), p. 153-156.
- 148.- Davis CJ, Arregui ME. (2003). Laparoscopic repair for groin hernias. *Surgical Clinics of North America*. 83 (5), 1141-1161.
- 149.- Davis EW. (1997). Laparoscopic cryptorchidectomy in standing horses. *Veterinary Surgery*. 26 (4), 326-331.
- 150.- Day RJ, Washabau MJ. (2012). Chapter 28 . laparoscopy. *En Washabau, M.J; Day, R.J. (Ed) Canine and Feline Gastroenterology*. (1<sup>a</sup> edición). Elsevier Health Sciences. Saint Louis, EEUU.

- 151.- De Blaauw JA, Rijkenhuizen AB, Van Nieuwstadt RA, Grinwis GC, Back W. (2003). Malignant melanoma of the pelvis as a possible cause of pelvic limb lameness in two gray mares. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde*. 128 (17), 512-518.
- 152.- De Bont MP, Wilderjans H, Simon O. (2010). Standing laparoscopic ovarioectomy technique with intraabdominal dissection for removal of large pathologic ovaries in mares. *Veterinary Surgery*. 39 (6), 737-741.
- 153.- De Carli A, Vadala A, Monaco E, Labianca L, Zanzotto E, Ferretti A. (2005). Effect of cyclic loading on new polyblend suture coupled with different anchors. *The American Journal of Sports Medicine*. 33 (2), 214-219.
- 154.- De Souza FF, Martins MI, Lopes MD. (2006). Vasectomy effect on canine seminal plasma biochemical components and their correlation with seminal parameters. *Theriogenology*. 66 (6-7), 1621-1625.
- 155.- Dechant JE, Hendrickson DA. (2000). Standing female equine urogenital endoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 16 (2), 301-15, vi.
- 156.- Del Olmo D, Parrilla I, Sánchez -Osorio J, Gomis J, Ángel MA, Tarantini T, Gil MA, Cuello C, Vázquez JL, Roca J, Vaquez JM, Martínez EA. (2014). Successful laparoscopic insemination with a very low number of flow cytometrically sorted boar sperm in field conditions. *Theriogenology*. 81 (2), 315-320.
- 157.- Delling U, Howard RD, Pleasant RS, Lanz OI. (2004). Hand-assisted laparoscopic ovariohysterectomy in the mare. *Veterinary Surgery*. 33 (5), 487-494.
- 158.- Demirhan M, Kilicoglu O, Akpinar S, Akman S, Atalar AC, Göksan MA. (2000). Time-dependent reduction in load to failure of wedge-type polyglyconate suture anchors. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 16 (4), 383-390.
- 159.- Desbrosse F. (2005) Chirurgie avec le cheval debout ou coché: Critères décisionnels. *Journées De l'AVEF 2005*. Angers, Francia.
- 160.- Desmaizières L, Martinot S, Lepage OM, Bareiss E, Cadoré J. (2003). Complications associated with cannula insertion techniques used for laparoscopy in standing horses. *Veterinary Surgery*. 32 (6), 501-506.
- 161.- Dilek ON, Yucel A, Akbulut G, Degirmenci B. (2005). Are there adverse effects of herniorrhaphy techniques on testicular perfusion? evaluation by color doppler ultrasonography. *Urologia Internationalis*. 75 (2), 167-169.
- 162.- Dilek ON. (2014). Hernioplasty and testicular perfusion. *SpringerPlus*. 3 107-1801-3-107.
- 163.- Dion YM, Morin J. (1992). Laparoscopic inguinal herniorrhaphy. *Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien de Chirurgie*. 35 (2), 209-212.
- 164.- Divers SJ. (2010a). Exotic mammal diagnostic endoscopy and endosurgery. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. 13 (2), 255-272.
- 165.- Divers SJ. (2010b). Avian endosurgery. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. 13 (2), 203-216.

- 166.- Divers SJ. (2010c). Endoscopy equipment and instrumentation for use in exotic animal medicine. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. 13 (2), 171-185.
- 167.- Dogra VS, Rubens DJ, Gottlieb RH, Bhatt S. (2004). Torsion and beyond: New twists in spectral doppler evaluation of the scrotum. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 23 (8), 1077-1085.
- 168.- Dohoo IR, Martin W, Stryhn HE. (2003). *Veterinary epidemiologic research*. AVC Inc. Charlottetown, Prince Edward Island. Prince Edward Island, Canadá.
- 169.- Drake M, Mills I, Cranston D. (1999). On the chequered history of vasectomy. *BJU International*. 84 475-481.
- 170.- Duke T. (2001). Anaesthesia and restraint of the horse during laparoscopy and thoracoscopy. *Recent Advances in Laparoscopy and Thoracoscopy*. DG Wilson (Ed). Ithaca, International Veterinary Information Service. www.ivis.org. New York, EEUU.
- 171.- Dukelow WR, Jarosz SJ, Jewett DA, Harrison RM. (1971). Laparoscopic examination of the ovaries in goats and primates. *Laboratory Animal Science*. 21 (4), 594-597.
- 172.- Dunay MP, Németh T, Makra Z, Izing S, Bodó G. (2012). Laparoscopic cryptorchidectomy and ovarioectomy in standing horses using the EnSeal® tissue-sealing device. *Acta Veterinaria Hungarica*. 60 (1), 41-53.
- 173.- Dusterdieck KF, Pleasant RS, Lanz OI, Saunders G, Howard RD. (2003). Evaluation of the harmonic scalpel for laparoscopic bilateral ovarioectomy in standing horses. *Veterinary Surgery*. 32 (3), 242-250.
- 174.- Easley JT, Hendrickson BA. (2014). Advances in laparoscopic techniques and instrumentation in standing equine surgery. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*. 30 (1), 19.
- 175.- Edwards RB,3rd, Ducharme NG, Hackett RP. (1995). Laparoscopic repair of a bladder rupture in a foal. *Veterinary Surgery*. 24 (1), 60-63.
- 176.- Egbetade A, Gadsby E, Idoiaga A, Jenkins P. (2014). Vasectomy in drill monkeys (*mandrillus leucophaeus*)-A population management tool. *World Journal of Zoology*. 9 (2), 107-110.
- 177.- Ehling C, Wirth P, Schindler L, Hadeler KG, Dopke HH, Lemme E, Herrmann D, Niemann H. (2003). Laparoscopical intrauterine insemination with different doses of fresh, conserved, and frozen semen for the production of ovine zygotes. *Theriogenology*. 60 (4), 777-787.
- 178.- Elías LM. Evaluación De La Técnica Modificada De Vasectomía Por Ligadura y Extirpación Del Conducto Deferente En Caninos Domésticos. (1996) <http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3389> Fecha de acceso: 15/12/2014 .
- 179.- El-Tantawy A. (2015). Is it possible to eliminate the plate-related problems and still achieve satisfactory outcome after multilevel anterior cervical discectomy? *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 1-11.

- 180.- Elvira C, Gallardo A, San Román J, López A. (1999). Polímeros biodegradables en medicina: Diseño estructural y desarrollo de materiales. *Revista De Plásticos Modernos*. 77 (511), 49-59.
- 181.- Embertson R, Bramlage L. (1993) Clinical uses of the laparoscope in general equine practice. *Proceedings of the annual convention of the American Association of Equine Practitioners (USA)*.
- 182.- Emerson JA, Case JB, Brock AP, Vigani A, Graham DR, Isaza R. (2013). Single-incision, multicannulated, laparoscopic ovariohysterectomy in two tigers (*panthera tigris*). *The Veterinary Quarterly*. 33 (2), 108-111.
- 183.- Enzerink E, van Weeren PR, van der Velden MA. (2000). Closure of the abdominal wall at the umbilicus and the development of umbilical hernias in a group of foals from birth to 11 months of age. *The Veterinary Record*. 147 (2), 37-39.
- 184.- Epstein KL, Parente EJ. (2006). Laparoscopic obliteration of the nephrosplenic space using polypropylene mesh in five horses. *Veterinary Surgery*. 35 (5), 431-437.
- 185.- Ersoy OF, Kayaoğlu HA, Celik A, Ozkan N, Lortlar N, Omeroğlu S. (2009). Comparison of cyanoacrylate-assisted arteriotomy closure with conventional closure technique. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 15 (6), 535-540.
- 186.- Eskef K, Oehmke F, Tchartchian G, Muenstedt K, Tinneberg HR, Hackethal A. (2011). A new variable-view rigid endoscope evaluated in advanced gynecologic laparoscopy: A pilot study. *Surgical Endoscopy*. 25 (10), 3260-3265.
- 187.- Evans G. (1988). Current topics in artificial insemination of sheep. *Australian Journal of Biological Sciences*. 41 (1), 103-116.
- 188.- Ewoldt JM, Anderson DE, Hardy J, Weisbrode SE. (2004). Evaluation of a sheep laparoscopic uterine trauma model and repeat laparoscopy for evaluation of adhesion formation and prevention with sodium carboxymethylcellulose. *Veterinary Surgery*. 33 (6), 668-672.
- 189.- Fabres VC. (2010). Técnicas del futuro: Ingeniería de tejidos y uso de células madre en medicina reproductiva. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 21 (3), 488-493.
- 190.- Fair S, Hanrahan JP, O'Meara CM, Duffy P, Rizos D, Wade M, Donovan A, Boland MP, Lonergan P, Evans AC. (2005). Differences between belclare and suffolk ewes in fertilization rate, embryo quality and accessory sperm number after cervical or laparoscopic artificial insemination. *Theriogenology*. 63 (7), 1995-2005.
- 191.- Falahatkar B, Tolouei M, Falahatkar S, Abbasalizadeh A. (2011). Laparoscopy, a minimally-invasive technique for sex identification in cultured great sturgeon. *Aquaculture*. 321 (3), 273-279.
- 192.- Falavolti C, Gidaro S, Ruiz E, Altobelli E, Stark M, Ravasio G, Ravasio G, Lazzaretti SS, Buscarini M. (2014). Experimental nephrectomies using a novel telesurgical system: (the telelap ALF-X)-A pilot study. *Surgical Technology International*. 25 37-41.
- 193.- Farstvedt EG, Hendrickson DA. (2005a). Intraoperative pain responses following intraovarian versus mesovarian injection of lidocaine in mares undergoing laparoscopic ovariohysterectomy. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 227 (4), 593-596.

- 194.- Farstvedt E, Hendrickson D. (2005b). Laparoscopic closure of the nephrosplenic space for prevention of recurrent nephrosplenic entrapment of the ascending colon. *Veterinary Surgery*. 34 (6), 642-645.
- 195.- Fauquier D, Gulland F, Haulena M, Spraker T. (2003). Biliary adenocarcinoma in a stranded northern elephant seal (*mirounga angustirostris*). *Journal of Wildlife Diseases*. 39 (3), 723-726.
- 196.- Felix E, Scott S, Crafton B, Geis P, Duncan T, Sewell R, McKernan B. (1998). Causes of recurrence after laparoscopic hernioplasty. *Surgical Endoscopy*. 12 (3), 226-231.
- 197.- Fiorbianco V, Skalicky M, Doerner J, Findik M, Dupré G. (2012). Right intercostal insertion of a veress needle for laparoscopy in dogs. *Veterinary Surgery*. 41 (3), 367-373.
- 198.- Fischer AT,. (2002). Laparoscopic biopsy techniques. En *Fischer, A.T (Ed)*. En *Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 199.- Fischer AT, Jr. (2012). Colic: Diagnosis, preoperative management, and surgical approaches. En *Auer, J.A., Stick, J.A. (Ed)*. *Equine Surgery*. (4<sup>a</sup> edición). Elsevier Saunders. Missouri, EEUU.
- 200.- Fischer AT,Jr. (2002a). Laparoscopic evaluation of horses with acute or chronic colic. En *Fischer, A.T. (Ed)*. *Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 201.- Fischer AT. (2002b). *Equine Diagnostic and Surgical Laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición) W.B.Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 202.- Fischer AT,Jr. (2002c). Laparoscopic inguinal herniorraphy. En *Fischer, A.T. (Ed)*. *Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 203.- Fischer A. (2014). Laparoscopic castration of the normal horse: Is it indicated? *Equine Veterinary Education*. 26 (1), 40-40.
- 204.- Fischer AT, Vachon AM. (1998). Laparoscopic intra-abdominal ligation and removal of cryptorchid testes in horses. *Equine Veterinary Journal*. 30 (2), 105-108.
- 205.- Fischer AT,Jr, Lloyd KC, Carlson GP, Madigan JE. (1986). Diagnostic laparoscopy in the horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 189 (3), 289-292.
- 206.- Fischer AT,Jr. (1989). Diagnostic and prognostic procedures for equine colic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 5 (2), 335-350.
- 207.- Fischer AT,Jr. (1991). Standing laparoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 7 (3), 641-647.
- 208.- Fischer AT,Jr, Vachon AM. (1992). Laparoscopic cryptorchidectomy in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 201 (11), 1705-1708.
- 209.- Fischer AT,Jr, Vachon AM, Klein SR. (1995). Laparoscopic inguinal herniorraphy in two stallions. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 207 (12), 1599-1601.
- 210.- Fischer AT,Jr. (1997). Advances in diagnostic techniques for horses with colic. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 13 (2), 203-219.

- 211.- Fischer AT,Jr. (1999). Laparoscopically assisted resection of umbilical structures in foals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 214 (12), 1813-6, 1791-2.
- 212.- Fitzgibbons RJ, Puri V. (2006). Laparoscopic inguinal hernia repair. *The American Surgeon*. 72 (3), 197-206.
- 213.- Foote R. (2002). The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of Animal Science*. 80 (2), 1-10.
- 214.- Foresta C, Garolla A, Bettella A, Ferlin A, Rossato M, Candiani F. (1998). Doppler ultrasound of the testis in azoospermic subjects as a parameter of testicular function. *Human Reproduction*. 13 (11), 3090-3093.
- 215.- Fotiadis C, Leventis I, Adamis S, Gorgoulis V, Domeyer P, Zografos G, Sechas M, Skalkeas G. (2005). The use of isobutylcyanoacrylate as a tissue adhesive in abdominal surgery. *Acta Chirurgica Belgica*. 105 (4), 392-396.
- 216.- Fourmestraux C, Geffroy O, Siliart B, Albaric O, Tessier C. (2014). Evaluation of success rate of laparoscopic castration without orchidectomy in 32 mature horses. *Equine Veterinary Education*. 26 (1), 34-39.
- 217.- Fransson BA, Ragle CA. (2011). Lift laparoscopy in dogs and cats: 12 cases (2008-2009). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 239 (12), 1574-1579.
- 218.- Franz S, Dadak AM, Schoffmann G, Coppens P, Khol JL, Baumgartner W, Dupre G. (2008). Laparoscopic-assisted implantation of a urinary catheter in male sheep. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 232 (12), 1857-1862.
- 219.- Frazer RQ, Byron RT, Osborne PB, West KP. (2005). PMMA: An essential material in medicine and dentistry. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 15 (6),.
- 220.- Freeman DE. (2012). Small intestine. En Auer, J.A., Stick, J.A. (Ed). *Equine surgery*. (4th edición). Small intestine. Elsevier Saunders. Missouri, EEUU.
- 221.- Freeman L, Gallagher LA. (2002). Disposable endoscopic instrumentation. En Fischer, A.T. (Ed). *Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 222.- Freeman DE, Spencer PA. (1991). Evaluation of age, breed, and gender as risk factors for umbilical hernia in horses of a hospital population. *American Journal of Veterinary Research*. 52 (4), 637-639.
- 223.- Frenette MD, Dooley MP, Pineda MH. (1986). Effect of flushing the vasa deferentia at the time of vasectomy on the rate of clearance of spermatozoa from the ejaculates of dogs and cats. *American Journal of Veterinary Research*. 47 (2), 463-470.
- 224.- Fujimoto S, Rawson JM, Dukelow WR. (1974). Hormonal influences on the time of ovulation in the rabbit as determined by laparoscopy. *Journal of Reproduction and Fertility*. 38 (1), 97-103.
- 225.- Fulton IC, Brown CM, Yamini B. (1990). Adenocarcinoma of intestinal origin in a horse: Diagnosis by abdominocentesis and laparoscopy. *Equine Veterinary Journal*. 22 (6), 447-448.
- 226.- Gablehouse K, Cary J, Farnsworth K, Ragle C. (2009). Standing laparoscopic-assisted vaginal ovariohysterectomy in a mare. *Equine Veterinary Education*. 21 (6), 303-306.

- 227.- Gadella BM, Rathi R, Brouwers JF, Stout TA, Colenbrander B. (2001). Capacitation and the acrosome reaction in equine sperm. *Animal Reproduction Science*. 68 (3), 249-265.
- 228.- Gaden S, Kasraie J. (2009). Development of a scrotal vasocutaneous fistula producing viable spermatozoa 9 years after vasectomy. *Fertility and Sterility*. 91 (3), 929.
- 229.- Gallardo A, Elvira C, San Román J, López A. (1999). Polímeros biodegradables en medicina: Aplicaciones biomédicas y aportaciones en procesos de regeneración tisular avanzados. *Revista De Plásticos Modernos*. 77 (511), 60-70.
- 230.- Galli C, Crotti G, Notari C, Turini P, Duchi R, Lazzari G. (2001). Embryo production by ovum pick up from live donors. *Theriogenology*. 55 (6), 1341-1357.
- 231.- Galoso GL, Frías RA. (2010). Consideraciones sobre la evolución histórica de la cirugía laparoscópica: Colecistectomia. *Revista Médica Electrónica*. 32 0-0.
- 232.- Galuppo LD. (2002). Laparoscopic anatomy. En *Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 233.- Galuppo LD, Snyder JR, Pascoe JR. (1995). Laparoscopic anatomy of the equine abdomen. *American Journal of Veterinary Research*. 56 (4), 518-531.
- 234.- Galuppo LD, Snyder JR, Pascoe JR, Stover SM, Morgan R. (1996). Laparoscopic anatomy of the abdomen in dorsally recumbent horses. *American Journal of Veterinary Research*. 57 (6), 923-931.
- 235.- Garrott RA, Siniff DB, Tester JR, Plotka ED. (1992). Contraception as a tool for managing feral horse populations in the Western United States. En *Mc Cullough, R. (Ed). Wildlife 2001: Populations*. Springer. Holanda.
- 236.- Ger R, Monroe K, Duvivier R, Mishrick A. (1990). Management of indirect inguinal hernias by laparoscopic closure of the neck of the sac. *The American Journal of Surgery*. 159 (4), 370-373.
- 237.- Ger R. (1982). The management of certain abdominal herniae by intra-abdominal closure of the neck of the sac. preliminary communication. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 64 (5), 342-344.
- 238.- Gerlach K, Ferguson JG. (2003). Laparoscopic ultrasound in the evaluation of abdominal structures in the horse. En *Wilson, D.G. (Ed). Recent Advances in Laparoscopy and Thoracoscopy*. International Veterinary Information Service. www.ivis.org. Ithaca, New York, EEUU.
- 239.- Gibson KT, Curtis CR, Turner AS, McIlwraith CW, Aanes WA, Stashak TS. (1989). Incisional hernias in the horse: incidence and predisposing factors. *Veterinary Surgery*. 18 (5), 360-366.
- 240.- Gil MA, Gomis J, Ángel MA, Sánchez -Osorio J, Maside C, Cuello C, Parrilla I, Roca J, Vázquez JM, Martínez EA. (2013). The in vitro and in vivo developmental capacity of selected porcine monospermic zygotes. *Theriogenology*. 79 (2), 392-398.
- 241.- Goethem B, Rosenveldt K, Kirpensteijn J. (2003). Monopolar versus bipolar electrocoagulation in canine laparoscopic ovariectomy: A nonrandomized, prospective, clinical trial. *Veterinary Surgery*. 32 (5), 464-470.

- 242.- Gómez de Segura IA, De Rossi R, Santos M, López San Roman J, Tendillo FJ. (1998). Epidural injection of ketamine for perineal analgesia in the horse. *Veterinary Surgery*. 27 (4), 384-391.
- 243.- Gómez-Ochoa P. (2013). Comunicación Personal. Universidad de Zaragoza.
- 244.- González Santos R. (1994). Biomateriales: Una ciencia moderna que exige una adecuada educación y formación profesional. *Rev.Cuba.Invest.Bioméd.* 13 (1/2), 26-36.
- 245.- Goodin JT, Rodgerson DH, Gomez JH. (2011). Standing hand-assisted laparoscopic ovarioectomy in 65 mares. *Veterinary Surgery*. 40 (1), 90-92.
- 246.- Goodrich L, Clark-Price S, Ludders J. (2004) How to attain effective and consistent sedation for standing procedures in the horse using constant rate infusion. *Proceedings of the 50th annual convention of the American Association of Equine Practitioners*. Denver, Colorado, EEUU.
- 247.- Goodrowe KL, Miller AM, Wildt DE. (1989). In vitro fertilization of gonadotropin-stimulated leopard cat (*felis bengalensis*) follicular oocytes. *The Journal of Experimental Zoology*. 252 (1), 89-95.
- 248.- Gorzala M, Malinowski A, Siekierski BP. (2009). Pneumoperitoneum in laparoscopic surgery--techniques of achievement and complications. *Ginekologia Polska*. 80 (4), 290-294.
- 249.- Gottschalk RD, van den Berg SS. (1997). Standing laparoscopically-aided ovarioectomy in mares. *Journal of the South African Veterinary Association*. 68 (3), 102-104.
- 250.- Gouletsou PG, Galatos AD, Fthenakis GC. (2008). Clinical, ultrasonographic and pathological features following unilateral vasectomy in rams. *Animal Reproduction Science*. 103 (1-2), 52-68.
- 251.- Gourley DD, Riese RL. (1990). Laparoscopic artificial insemination in sheep. *The Veterinary Clinics of North America.Food Animal Practice*. 6 (3), 615-633.
- 252.- Gower S, Mayhew P. (2008). Canine laparoscopic and laparoscopic-assisted ovariohysterectomy and ovarioectomy. *Compendium (Yardley, PA)*. 30 (8), 430-2, 434, 436, 438, 440.
- 253.- Gracia LA, Martín-Cuervo M, Jiménez J, Vieitez V, Santos A, Ezquerro LJ. (2010) Security of he vessel sealer ligasure Atlas™ in orchietomies: Clinical study. . *Proc Ann Mtg ECVS*. pp 118-120.
- 254.- Gracia-Calvo LA, Duque J, Balao Da Silva C, Ezquerro J, Ortega-Ferrusola C. (2015). Testicular perfusion after standing laparoscopic peritoneal flap hernioplasty in stallions. *Theriogenology*. 84 (5), 797-804.
- 255.- Gracia-Calvo L, Ezquerro L, Martín-Cuervo M, Durán M, Tapió H, Gallardo J, Peña F, Ortega-Ferrusola C. (2014). Standing laparoscopic peritoneal flap hernioplasty of the vaginal rings does not modify the sperm production and motility characteristics in intact male horses. *Reproduction in Domestic Animals*. 49 (6), 1043-1048.
- 256.- Gracia-Calvo L, Martín-Cuervo M, Jiménez J, Vieítez V, Argüelles D, Durán M, Ezquerro J. (2015). Development of a technique for standing hand-assisted laparoscopic splenectomy in five horses. *Australian Veterinary Journal*. 93 (6), 183-188.

- 257.- Gracia-Calvo LA, Ortega C, Ezquerra J. (2014). Laparoscopic closure of the inguinal rings in horses: Literature review. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (10), 1149-1155.
- 258.- Greenwood AG. (1983). Avian sex determination by laparoscopy. *The Veterinary Record*. 112 (5), 105.
- 259.- Greenwood AG, Taylor DC, Furley CW. (1983). Avian laparoscopy and dosing exotic species. *The Veterinary Record*. 112 (13), 309.
- 260.- Grissett G. (2014). Preparation of teaser bulls. *Bovine Reproduction*. Publicado Online: 22 AUG 2014. DOI: 10.1002/9781118833971.ch20.
- 261.- Guilfoyle J, Kane A, Warr G, Ackley F. (2014) Managing and training mustangs in the bureau of land management wild horse and burro program. *Proceedings of the 60<sup>TH</sup> Annual Convention of the AAEP*. Salt Lake City, Utah, EEUU.
- 262.- Guttmacher AF. (1943). The role of artificial insemination in the treatment of human sterility. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 19 (8), 573-591.
- 263.- Hancock RB, Lanz OI, Waldron DR, Duncan RB, Broadstone RV, Hendrix PK. (2005). Comparison of postoperative pain after ovariohysterectomy by harmonic scalpel-assisted laparoscopy compared with median celiotomy and ligation in dogs. *Veterinary Surgery*. 34 (3), 273-282.
- 264.- Hand R, Rakestraw P, Taylor T. (2002). Evaluation of a vessel-sealing device for use in laparoscopic ovariectomy in mares. *Veterinary Surgery*. 31 (3), 240-244.
- 265.- Hanrath M, Rodgerson DH. (2002). Laparoscopic cryptorchidectomy using electrosurgical instrumentation in standing horses. *Veterinary Surgery*. 31 (2), 117-124.
- 266.- Hanson CA, Galuppo LD. (1999). Bilateral laparoscopic ovariectomy in standing mares: 22 cases. *Veterinary Surgery*. 28 (2), 106-112.
- 267.- Hanson RR, Todhunter RJ. (1986). Herniation of the abdominal wall in pregnant mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 189 (7), 790-793.
- 268.- Hardy J. (2012). Postoperative care and complications associated with abdominal surgery. En Auer JA, Stick JA (Ed). *Equine surgery*. (4<sup>a</sup> edición). Elsevier Saunders. Missouri, EEUU.
- 269.- Hartman R, Hawkins JF, Adams SB, Moore GE, Fessler JF. (2015). Cryptorchidectomy in equids: 604 cases (1977–2010). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 246 (7), 777-784.
- 270.- Hartman MJ, Monnet E, Kirberger RM, Venter LJ, Bester L, Schulman ML, Serfontein T, Fourie R, Schoeman JP. (2013). Laparoscopic sterilization of the african lioness (*panthera leo*). *Veterinary Surgery*. 42 (5), 559-564.
- 271.- Hassel DM, Ragle CA. (1994). Laparoscopic diagnosis and conservative treatment of uterine tear in a mare. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 205 (11), 1531-1536.

- 272.- Haupt JL, McAndrews AG, Chaney KP, Labbe KA, Holcombe SJ. (2008). Surgical treatment of colic in the miniature horse: A retrospective study of 57 cases (1993-2006). *Equine Veterinary Journal*. 40 (4), 364-367.
- 273.- Hazeleger W, Kemp B. (2001). Recent developments in pig embryo transfer. *Theriogenology*. 56 (8), 1321-1331.
- 274.- Heinze H, Klug E, von Lepel JD. (1972). Optical demonstration of internal genitalia for diagnostics and therapy in equines. *DTW.Deutsche Tierarztliche Wochenschrift*. 79 (3), 49-51.
- 275.- Heinze H. (1975). Pelviscopy in the mare. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*. (23) (23), 319-321.
- 276.- Hendrickson DA. (2006). Electrosurgery as an adjunct to minimally invasive procedures. En Wilson, D.G.(Ed). *Recent advances in laparoscopy an thoracoscopy*. (A1114.0106 edición). International Veterinary Information Service www.ivis.org;. Ithaca, New York, EEUU.
- 277.- Hendrickson DA. (2002). Use of laparoscopy for teaching.. En Fischer, A.T. (Ed). *En Equine Diagnostic and Surgical Laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición. W.B. Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 278.- Hendrickson DA. (2012). Mesenteric rent repair. En Ragle, C.A (Ed). *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). John Wiley & Sons.
- 279.- Hendrickson DA. (2008). Complications of laparoscopic surgery. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 24 (3), 557-571.
- 280.- Hendrickson DA, Wilson DG. (1996). Instrumentation and techniques for laparoscopic and thoracoscopic surgery in the horse. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 12 (2), 235-259.
- 281.- Hendrickson DA, Wilson DG. (1997). Laparoscopic cryptorchid castration in standing horses. *Veterinary Surgery*. 26 (4), 335-339.
- 282.- Hendrickson DA. (2000). History and instrumentation of laparoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice*. 16 (2), 233-50, v.
- 283.- Hendrickson DA. (2012). A review of equine laparoscopy. *ISRN Veterinary Science*. ID: 492650 1-17.
- 284.- Herr HW. (2006). Max nitze, the cystoscope and urology. *The Journal of Urology*. 176 (4), 1313-1316.
- 285.- Herron MA, Herron MR. (1972). Vasectomy in the cat. *Modern Veterinary Practice*. 53 (6), 41-43.
- 286.- Hervás J, Escalera E. (2006). Historia de la endoscopia digestiva. *Enfermería Integral*. (73), 10-14.
- 287.- Hidalgo M, Castellón C, Figueroa J, Eymar J, González EM. (2001). Complicaciones de la cirugía de las hernias. *Cirugía Española*. 69 (3), 217-223.
- 288.- Higgins JL, Hendrickson DA. (2013). Surgical procedures in pinniped and cetacean species. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians*. 44 (4), 817-836.

- 289.- Holak P, Matyjasik H, Jalynski M, Adamiak Z, Przyborowska P. (2015). Experimental laparoscopic pyloromyotomy in pigs. *Polish Journal of Veterinary Sciences.* 18 (1), 83-89.
- 290.- Holmes JM, Nath LC, Muurlink MA. (2013). Laparoscopic cauterisation of the testicular arteries to manage haemoperitoneum in a gelding. *Equine Veterinary Education.* 25 (6), 297-300.
- 291.- Horstman WG, Melson GL, Middleton WD, Andriole GL. (1992). Testicular tumors: Findings with color doppler US. *Radiology.* 185 (3), 733-737.
- 292.- Hubert JD, Burba DJ, Moore RM. (2006). Evaluation of a vessel-sealing device for laparoscopic granulosa cell tumor removal in standing mares. *Veterinary Surgery.* 35 (4), 324-329.
- 293.- Hughes KJ, Dowling BA, Matthews SA, Dart AJ. (2003). Results of surgical treatment of colic in miniature breed horses: 11 cases. *Australian Veterinary Journal.* 81 (5), 260-264.
- 294.- Huhn JC. (2012). Disposable equipment. En *Advances in equine laparoscopy.* (1st edición). Ragle CA. editores. John Wiley & Sons.
- 295.- Huskamp B, Kopf N. (1997). Hernia inguinalis incarcerata beim pferd. *Prakt Tierarzt.* 78 217-223.
- 296.- Hutchins DR, Rawlinson RJ. (1972). Eventration as a sequel to castration of the horse. *Australian Veterinary Journal.* 48 (5), 288-291.
- 297.- Immegart HM, Threlfall WR. (2000). Evaluation of intratesticular injection of glycerol for nonsurgical sterilization of dogs. *American Journal of Veterinary Research.* 61 (5), 544-549.
- 298.- Isarria S. (2004) Ecografía Doppler: Principios físicos y técnica. *III Jornadas de Doppler en Xátiva.* Valencia. España.
- 299.- Ishizaki Y, Bandai Y, Shimomura K, Abe H, Ohtomo Y, Idezuki Y. (1993). Safe intraabdominal pressure of carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic surgery. *Surgery.* 114 (3), 549-554.
- 300.- Ivens PA, Piercy RJ, Eláshar E. (2009). Inguinal herniation of the large colon in a cob gelding four weeks after castration. *The Veterinary Record.* 165 (13), 380-381.
- 301.- Janett F, Hussy D, Lischer C, Hassig M, Thun R. (2001). Semen characteristics after vasectomy in the ram. *Theriogenology.* 56 (3), 485-491.
- 302.- Janicek JC, Rodgerson DH, Boone BL. (2004). Use of a hand-assisted laparoscopic technique for removal of a uterine leiomyoma in a standing mare. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 225 (6), 911-4, 880.
- 303.- Janowitz H. (1998). Laparoscopic reposition and fixation of the left displaced abomasum in cattle. *Tierärztliche Praxis.Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere.* 26 (6), 308-313.
- 304.- Januskauskas A, Johannsson A, Söderquist L, Rodriguez-Martínez H. (2000). Assessment of sperm characteristics post-thaw and response to calcium ionophore in relation to fertility in swedish dairy AI bulls. *Theriogenology.* 53 (4), 859-875.

- 305.- Jee W, Choe B, Byun J, Shinn K, Hwang T. (1997). Resistive index of the intrascrotal artery in scrotal inflammatory disease. *Acta Radiologica*. 38 (6), 1026-1030.
- 306.- Jiang X, Anderson C, Schnatz PF. (2012). The safety of direct trocar versus veress needle for laparoscopic entry: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*. 22 (4), 362-370.
- 307.- Johnston PF, DeLuca JL. (1998) Chemical ejaculation of stallions after the administration of oral imipramine followed by intravenous xylazine. *Proc. AAEP*.
- 308.- Jones DB, Wu JS, Soper NJ. (1990). *Laparoscopy. The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 20 (5), 1243, 1263.
- 309.- Jones JS. (2003). Percutaneous vasectomy: A simple modification eliminates the steep learning curve of no-scalpel vasectomy. *The Journal of Urology*. 169 (4), 1434-1436.
- 310.- Joyce J. (2008). A review of laparoscopic cryptorchidectomy. *Journal of Equine Veterinary Science*. 28 (2), 112-117.
- 311.- Junge K, Binnebösel M, Rosch R, Jansen M, Kämmer D, Otto J, Schumpelick V, Klinge U. (2009). Adhesion formation of a polyvinylidenefluoride/polypropylene mesh for intra-abdominal placement in a rodent animal model. *Surgical Endoscopy*. 23 (2), 327-333.
- 312.- Junge K, Binnebösel M, Kauffmann C, Rosch R, Klink C, von Trotha K, Schoth F, Schumpelick V, Klinge U. (2011). Damage to the spermatic cord by the lichtenstein and TAPP procedures in a pig model. *Surgical Endoscopy*. 25 (1), 146-152.
- 313.- Kakitelashvili V, Thompson J, Balaji KC. (2002). Laparoscopic vasectomy: Case report and review of the literature. *Journal of Endourology*. 16 (2), 105-106.
- 314.- Kambayashi Y, Tsuzuki N, Seo J, Yamaga T, Tanabe T, Uchiyama H, Sasaki N. (2014). Evaluation of single-incision laparoscopic ovarioectomy in standing mares. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (3), 446-450.
- 315.- Kapiris S, Brough W, Royston C, O'Boyle C, Sedman P. (2001). Laparoscopic transabdominal preperitoneal (TAPP) hernia repair. *Surgical Endoscopy*. 15 (9), 972-975.
- 316.- Kasirajan K, Govindrajan S, Erzurum V, Lopez J, Lopez R. (1999). Synchronous laparoscopic vasectomy and hernia repair. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*. 9 (2), 177-180.
- 317.- Kaulfuss KH, Richter A, Wolf M, Reinhold G. (1995). Gynecologic laparoscopy in sheep. 2. applications. *Tierarztliche Praxis*. 23 (2), 132-138.
- 318.- Kay GW, Grobbelaar JA, Hattingh J. (1992). Effect of surgical restriction of growth of the testicular artery on testis size and histology in bulls. *Journal of Reproduction and Fertility*. 96 (2), 549-553.
- 319.- Kelling G. (1902). Ueber oesophagoskopie, gastroskopie und koeloskopie. *Munch Med Wochenschr*. 58 21.
- 320.- Kelmer G, Kramer J, Wilson DA. (2008). Diaphragmatic hernia: Etiology, clinical presentation, and diagnosis. *Compendium on the Continuing Education of Equine Practice*. 3 (1), 28-36.

- 321.- Kelmer G, Schumacher J. (2008). Repair of abdominal wall hernias in horses using primary closure and subcutaneous implantation of mesh. *The Veterinary Record*. 163 (23), 677-679.
- 322.- Kennedy KC, Fransson BA. (2015). Cryptorchidectomy and vasectomy. En *Small Animal Laparoscopy and Thoracoscopy*. (1st edición). Fransson BA and Mayhew PD. editores. John Wiley & Sons. New Dheli, India.
- 323.- Keoughan CG, Rodgerson DH, Brown MP. (2003). Hand-Assisted laparoscopic left nephrectomy in standing horses. *Veterinary Surgery*. 32 (3), 206-212.
- 324.- Kim A, Shin D, Martin TV, Honig SC. (2004). Laparoscopic mobilization of the retroperitoneal vas deferens for microscopic inguinal vasovasostomy. *The Journal of Urology*. 172 (5), 1948-1949.
- 325.- Kim MM, Boahene KD, Byrne PJ. (2009). Use of customized polyetheretherketone (PEEK) implants in the reconstruction of complex maxillofacial defects. *Archives of Facial Plastic Surgery*. 11 (1), 53-57.
- 326.- Kim YK, Lee SS, Suh EH, Lee L, Lee HC, Lee HJ, Yeon SC. (2012). Sprayed intraperitoneal bupivacaine reduces early postoperative pain behavior and biochemical stress response after laparoscopic ovariohysterectomy in dogs. *Veterinary Journal (London, England : 1997)*. 191 (2), 188-192.
- 327.- Kim YK, Park SJ, Lee SY, Suh EH, Lee L, Lee HC, Yeon SC. (2013). Laparoscopic nephrectomy in dogs: An initial experience of 16 experimental procedures. *Veterinary Journal (London, England : 1997)*. 198 (2), 513-517.
- 328.- King MR, Hendrickson DA, Southwood LL, Trumble TN, Johnson LW. (1998). Laparoscopic ovariectomy in two standing llamas. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 213 (4), 523-525.
- 329.- Kinson GA. (1977). Possible effects of vasectomy on sexual function. En *Progress in Sexology*. Possible effects of vasectomy on sexual function. Springer.
- 330.- Kirker-Head CA, Loeffler D, Held JP. (1985). Pelvic limb lameness due to malignant melanoma in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 186 (11), 1215-1217.
- 331.- Kirkpatrick JF, Turner JW, Liu IK. (1993). Contraception of wild and feral equids. En Kreeger T.J., (Ed). *Contraception in Wildlife Management*. (1<sup>a</sup> edición). Govt Pub Office. Washington, EEUU.
- 332.- Klinge U, Klosterhalfen B, Schumpelick V. (2001). Vypro®: A new generation of polypropylene mesh. En Bendavid, R.; Abrahamson, J.; Arregui, M.E.; Flament, J.B; Phillips, E.H. *Abdominal Wall Hernias: Principles and Management*. Springer-Verlag. Nueva York, EEUU.
- 333.- Klinge U. (2008). Mesh for hernia repair. *British Journal of Surgery*. 95 (5), 539-540.
- 334.- Klohnen A. (2002a). History of laparoscopy in animals and humans. En Fischer, A.T. (Ed). *En Equine Diagnostic and Surgical Laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). W.B.Saunders. Philadelphia, Pennsylvania. EEUU.

- 335.- Klohnen A. (2002b). Laparoscopic inguinal herniorraphy (non-testicle-sparing). In Fischer, A.T. (Ed). *Equine Diagnostic and surgical laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). W.B.Saunders. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 336.- Klohnen A, Wilson DG. (1996). Laparoscopic repair of scrotal hernia in two foals. *Veterinary Surgery*. 25 (5), 414-416.
- 337.- Koenraadt A, Stegen L, Bosmans T, Van Goethem B. (2014). Laparoscopic treatment of persistent inguinal haemorrhage after prescrotal orchiectomy in a dog. *The Journal of Small Animal Practice*. 55 (8), 427-430.
- 338.- Koksal N, Altinli E, Sumer A, Celik A, Onur E, Demir K, Sumer H, Kus D. (2010). Impact of herniorraphy technique on testicular perfusion: Results of a prospective study. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*. 20 (3), 186-189.
- 339.- Kolata RJ. (2002). Laparoscopic ovariohysterectomy and hysterectomy on african lions (*panthera leo*) using the ultracision® harmonic scalpel®. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 33 (3), 280-282.
- 340.- Kolettis PN, Sharma RK, Pasqualotto FF, Nelson D, Thomas AJ, Agarwal A. (1999). Effect of seminal oxidative stress on fertility after vasectomy reversal. *Fertility and Sterility*. 71 (2), 249-255.
- 341.- Kollmann M, Rotting A, Heberling A, Sieme H. (2011). Laparoscopic techniques for investigating the equine oviduct. *Equine Veterinary Journal*. 43 (1), 106-111.
- 342.- König HE, Liebich H. (2005). *Anatomía de los animales domésticos: texto y atlas en color*. Ed. Médica Panamericana.
- 343.- Kramer WC, Meacham RB. (2006). Vasal reconstruction above the internal inguinal ring: What are the options? *Journal of Andrology*. 27 (4), 481-482.
- 344.- Kuebelbeck KL, Slone DE, May KA. (1998). Effect of omentectomy on adhesion formation in horses. *Veterinary Surgery*. 27 (2), 132-137.
- 345.- Kulkarni AG, Hee HT, Wong HK. (2007). Solis cage (PEEK) for anterior cervical fusion: Preliminary radiological results with emphasis on fusion and subsidence. *The Spine Journal*. 7 (2), 205-209.
- 346.- Kumar V, Raj A. (2011). Laparoscopic vasectomy by electrocauterization in wild boars. *International Journal of Current Research*. 3 (12), 113-115.
- 347.- Kummer M, Theiss F, Jackson M, Fürst A. (2010). Evaluation of a motorized morcellator for laparoscopic removal of Granulosa-Theca cell tumors in standing mares. *Veterinary Surgery*. 39 (5), 649-653.
- 348.- Kurtz SM, Devine JN. (2007). PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials*. 28 (32), 4845-4869.
- 349.- Labrecque M, Nazerali H, Mondor M, Fortin V, Nasution M. (2002). Effectiveness and complications associated with 2 vasectomy occlusion techniques. *The Journal of Urology*. 168 (6), 2495-2498.
- 350.- Labrecque M, Dufresne C, Barone MA, St.-Hilaire K. (2004). Vasectomy surgical techniques: A systematic review. *BMC Medicine*. 2 21.

- 351.- Ladurner R, Drosse I, Bürklein D, Plitz W, Barbaryka G, Kirchhoff C, Kirchhoff S, Mutschler W, Schieker M, Mussack T. (2011). Cyanoacrylate glue for intra-abdominal mesh fixation of polypropylene-polyvinylidene fluoride meshes in a rabbit model. *Journal of Surgical Research.* 167 (2), e157-e162.
- 352.- Lagares MA. Bestimmung Der Osmotischen Resistenz Von Hengstsamenzellen. (1995) [www.agris.fao.org](http://www.agris.fao.org) .
- 353.- Lara-Ricalde R, Velázquez-Ramírez N, Reyes-Muñoz E. (2010). Vasectomía sin bisturí: perfil del usuario y resultados. *Ginecología y Obstetricia De México.* 78 (4), 226-231.
- 354.- Latimer F, Eades S, Pettifer G, Tetens J, Hosgood G, Moore R. (2003). Cardiopulmonary, blood and peritoneal fluid alterations associated with abdominal insufflation of carbon dioxide in standing horses. *Equine Veterinary Journal.* 35 (3), 283-290.
- 355.- Lau W. (2002). History of treatment of groin hernia. *World Journal of Surgery.* 26 (6), 748-759.
- 356.- Lee M, Hendrickson DA. (2008). A review of equine standing laparoscopic ovarioectomy. *Journal of Equine Veterinary Science.* 28 (2), 105-111.
- 357.- Lee SY, Jung DH, Park SJ, Seek SH, Yang JJ, Lee JW, Lee BK, Lee HC, Yeon SC. (2014). Unilateral laparoscopic ovarioectomy in a red fox (*vulpes vulpes*) with an ovarian cyst. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians.* 45 (3), 678-681.
- 358.- Lees GE, Cianciolo RE, Clubb FJ,Jr. (2011). Renal biopsy and pathologic evaluation of glomerular disease. *Topics in Companion Animal Medicine.* 26 (3), 143-153.
- 359.- Lefort C, Thoumas D, Badachi Y, Gobet F, Pfister C, Dacher JN, Benozio M. (2001). Ischemic orchiditis: Review of 5 cases diagnosed by color doppler ultrasonography. *Journal De Radiologie.* 82 (7), 839-842.
- 360.- Lettow E, Saar C. (1970). Cytodiagnosis in liver puncture in dogs and cats with malignant system diseases. *Zentralblatt Fur Veterinarmedizin.Reihe A.* 17 (7), 612-622.
- 361.- Lichtenstein IL, Shulman AG, Amid PK, Montllor MM. (1989). The tension-free hernioplasty. *The American Journal of Surgery.* 157 (2), 188-193.
- 362.- Lichtenstein IL, Shulman AG. (1986). Ambulatory outpatient hernia surgery. including a new concept, introducing tension-free repair. *International Surgery.* 71 (1), 1-4.
- 363.- Liem M, Van Der Graaf Y, Van Steensel CJ, Boelhouwer RU, Clevers G, Meijer WS, Stassen L, P. Vente JP, Weidema WF, Schrijvers A, Van Vroonhoven T. (1997). Comparison of conventional anterior surgery and laparoscopic surgery for inguinal-hernia repair. *The New England Journal of Medicine.* (336), 1541-1547.
- 364.- Lindeberg H, Karjalainen H, Koskinen E, Katila T. (1999). Quality of stallion semen obtained by a new semen collection phantom (equidame®) versus a missouri® artificial vagina. *Theriogenology.* 51 (6), 1157-1173.
- 365.- Liu J, Rong CT, Li Y, Liu XX, Wang WT, Li N. (2014). Vasectomy induces oxidative stress and up-regulates the expression of peroxiredoxins in mouse testis in short and early periods after surgery. *The Journal of Urology.* 191 (6), 1920-1926.

- 366.- Lizarbe MA. (2007). Sustitutivos de tejidos: De los biomateriales a la ingeniería tisular. *Revista De La Real Academia De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* 101 (1), 227-249.
- 367.- Lloyd D, Walmsley J, Greet T, Payne R, Newton J, Phillips T. (2007). Electrosurgery as the sole means of haemostasis during the laparoscopic removal of pathologically enlarged ovaries in mares: A report of 55 cases. *Equine Veterinary Journal.* 39 (3), 210-214.
- 368.- Lo I, Burkhardt SS, Chan K, Athanasiou K. (2004). Arthroscopic knots: Determining the optimal balance of loop security and knot security. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 20 (5), 489-502.
- 369.- Lohmann K, Barton M. (2004). Endotoxemia. En Reed, S.; Bayly, W.; Sellon, D. (Ed). *Medicina Interna Equina.* (2<sup>a</sup> edición). Intermédica. St. Louis, Missouri, EEUU.
- 370.- López-Castañeda H. (2003). Evolución histórica del tratamiento de la hernia inguinal. *Cirugía y Cirujanos.* 71 (3), 245-251.
- 371.- Love CC. (2012). Measurement of concentration and viability in stallion sperm. *Journal of Equine Veterinary Science.* 32 (8), 464-466.
- 372.- Love C, Varner D. (1998). Ultrasonography of the scrotal contents and penis of the stallion. *Equine Diagnostic Ultrasonography.* Williams and Wilkins, Baltimore. 253-270.
- 373.- Love CC. (1992). Ultrasonographic evaluation of the testis, epididymis, and spermatic cord of the stallion. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice.* 8 (1), 167-182.
- 374.- Lund CM, Ragle CA, Lutter JD, Farnsworth KD. (2014). Use of a motorized morcellator for elective bilateral laparoscopic ovariohysterectomy in standing equids: 30 cases (2007–2013). *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 244 (10), 1191-1197.
- 375.- Mackey VS, Wheat JD. (1985). Reflections on the diagnostic approach to multicentric lymphosarcoma in an aged arabian mare. *Equine Veterinary Journal.* 17 (6), 467-469.
- 376.- Madrid N, Pérez S, Oter M, Gutierrez A, De la Fuente J. (2002). Determinación in vitro de la capacidad fecundante del semen descongelado de toros de la raza rubia gallega. *Revista Científica.* 12 (006).
- 377.- Magistrini M. (2000). Semen evaluation. En Samper, J. (Ed). *Equine Breeding Management and Artificial Insemination.* (1<sup>a</sup> edición). W.B. Saunders. Philadelphia, EEUU.
- 378.- Mahalingam A, Kumar N, Maiti SK, Sharma AK, Dimri U, Kataria M, Mathew DD, Remya V, Mohsina A. (2014). Laparoscopic vasectomy vs laparoscopic sterilization in dogs: A comparison of two techniques. *World Journal of Laparoscopic Surgery.* 7 (1).
- 379.- Mahmoud A, Depoorter B, Piens N, Comhaire F. (1997). The performance of 10 different methods for the estimation of sperm concentration. *Fertility and Sterility.* 68 (2), 340-345.
- 380.- Mair T. (2003). Abdominocentesis (abdominal paracentesis ). En Mair, T.; Divers, T.; Ducharme, N. (Ed). *Manual de Gastroenterología Equina.* (1<sup>a</sup> edición). Inter-Médica. Buenos Aires, Argentina.

- 381.- Mair T, Divers TJ, Jure AL, Ducharme N. (2003). *Manual de Gastroenterología Equina.* (2003). (1<sup>a</sup> edición) Inter-Médica. Buenos Aires, Argentina.
- 382.- Mair TS, Sherlock CE. (2011). Surgical drainage and post operative lavage of large abdominal abscesses in six mature horses. *Equine Veterinary Journal. Supplement.* (39):123-7.
- 383.- Maiti S, Kumar N, Dutta A, Ajith P, Sharma AK. (2007). The use of laparoscope for the diagnosis of intraperitoneal disorders and sterilization techniques in dogs. *Proceedings of the WSAVA Congress.* Sydney, Australia.
- 384.- Malone E, Ensink J, Turner T, Wilson J, Andrews F, Keegan K, Lumsden J. (2006). Intravenous continuous infusion of lidocaine for treatment of equine ileus. *Veterinary Surgery.* 35 (1), 60-66.
- 385.- Malone ED, Farnsworth K, Lennox T, Tomlinson J, Sage AM. (2001). Thoracoscopic-Assisted diaphragmatic hernia repair using a thoracic rib resection. *Veterinary Surgery.* 30 (2), 175-178.
- 386.- Manassero M, Leperlier D, Vallefuoco R, Viateau V. (2012). Laparoscopic ovariectomy in dogs using a single-port multiple-access device. *The Veterinary Record.* 171 (3), 69.
- 387.- Manex A. Historia Del Endoscopio. (2012)  
<http://www.laphist.com/ensayos/Historia-Del-Endoscopio/3424135>. Fecha de acceso: 03/10/2014.
- 388.- Maradás P, Weiss R, Kozicki L, Granemann L, Santos I, Pimpão C. (2006). Alguns parâmetros de viabilidade de espermatozoides equinos colhidos por vagina artificial e por lavagem da cauda do epidídimo. *Archives of Veterinary Science.* 11 (3).
- 389.- Marais HJ, Hendrickson DA, Stetter M, Zuba JR, Penning M, Siegal-Willott J, Hardy C. (2013). Laparoscopic vasectomy in african savannah elephant (*loxodonta africana*); surgical technique and results. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians.* 44 (4 Suppl), S18-20.
- 390.- Mariën T, Hoeck F, Adriaenssen A, Segers L. (2001). Laparoscopic testis-sparing herniorrhaphy: A new approach for congenital inguinal hernia repair in the foal. *Equine Veterinary Education.* 13 (1), 32-35.
- 391.- Mariën T. (2001). Standing laparoscopic herniorrhaphy in stallions using cylindrical polypropylene mesh prosthesis. *Equine Veterinary Journal.* 33 (1), 91-96.
- 392.- Mariën T. (2002). Laparoscopic nephrectomy in the standing horse. En Fischer, A.T. (Ed) *Equine Diagnostic and Surgical Laparoscopy.* (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 393.- Mariën T. (2005) Standing inguinal ring closure-laparoscopy. *Proc North American Veterinary Conference.* Orlando, Florida, EEUU.
- 394.- Markel MD, Pascoe JR, Sams AE. (1987). Strangulated umbilical hernias in horses: 13 cases (1974-1985). *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 190 (6), 692-694.
- 395.- Martín Cuervo M, Díez de Castro E, Gracia Calvo L, Ezquerra Calvo, Javier Aguilera Tejero. (2011). Corrección de desplazamientos nefroesplénicos: Utilidad clínica de la

- administración intravenosa de fenilefrina. *Equinus: Publicación De Información y Práctica Veterinaria Equina.* 11 (31), 38-46.
- 396.- Matsche MA. (2013). A portable electro-immobilization and laparoscopy system for sex determination and gonadal biopsy in largemouth bass micropterus salmoides. *Journal of Fish Biology.* 83 (5), 1391-1400.
- 397.- Matthews RD, Neumayer L. (2008). Inguinal hernia in the 21st century: An evidence-based review. *Current Problems in Surgery.* 45 (4), 261-312.
- 398.- Mayenco AM, Garcia P, Sánchez M. (1996). Sperm granuloma in the dog: Complication of vasectomy. *The Journal of Small Animal Practice.* 37 (8), 392-393.
- 399.- Mayhew PD, Brown DC. (2009). Prospective evaluation of two intracorporeally sutured prophylactic laparoscopic gastropexy techniques compared with laparoscopic-assisted gastropexy in dogs. *Veterinary Surgery.* 38 (6), 738-746.
- 400.- Mazaira J, Royo P, Zambrano JLA, Munilla IP, Manero MG. (2005). Papel de la ecografía tridimensional en obstetricia. *Revista De Medicina.* 49 (4), 17-22.
- 401.- Mc Donald MH, Pascoe JR, Stover SM, Meagher DM. (1990). Survival after small intestine resection and anastomosis in horses. *Veterinary Surgery.* 18 (6), 415-423.
- 402.- Mc Donnell SM. (1993). Pharmacologic manipulation of sexual behavior. En Mckinnon, A.O.;Voss, J.L. (Ed). *Equine Reproduction.* (1<sup>a</sup> edición). Lea and Febiger. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 403.- McCormack K, Wake B, Fraser C, Vale L, Perez J, Grant A. (2005). Transabdominal pre-peritoneal (TAPP) versus totally extraperitoneal (TEP) laparoscopic techniques for inguinal hernia repair: A systematic review. *Hernia.* 9 (2), 109-114.
- 404.- McCormack K, Scott N, Go PM, Ross SJ, Grant A. (2003). Laparoscopic techniques versus open techniques for inguinal hernia repair. *The Cochrane Library.* DOI: 10.1002/14651858.CD001785
- 405.- McCue PM, Hendrickson DA, Hess MB. (2000). Fertility of mares after unilateral laparoscopic tubal ligation. *Veterinary Surgery.* 29 (6), 543-545.
- 406.- McGlynn JM, Erpino MJ. (1974). Effects of vasectomy on the reproductive system and sexual behaviour of rats. *Journal of Reproduction and Fertility.* 40 (2), 241-247.
- 407.- McKernan JB, Laws HL. (1993). Laparoscopic repair of inguinal hernias using a totally extraperitoneal prosthetic approach. *Surgical Endoscopy.* 7 (1), 26-28.
- 408.- McKernan JB, Champion JK. (1995). Access techniques: Veress needle--initial blind trocar insertion versus open laparoscopy with the Hasson trocar. *Endoscopic Surgery and Allied Technologies.* 3 (1), 35-38.
- 409.- McMaster M, Spirito M, Munsterman A. (2014). Surgical repair of a diaphragmatic tear in a thoroughbred broodmare. *Journal of Equine Veterinary Science.* 34 (11), 1333-1337.
- 410.- Mehl ML, Ragle CA, Mealey RH, Whooten TL. (1998). Laparoscopic diagnosis of subcapsular splenic hematoma in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 213 (8), 1171-3, 1133.

- 411.- Meinecke B, Meinecke-Tillmann S. (1986). Fertilization results in superovulated ewes and goats after transmural-intrauterine insemination controlled by laparoscopy. *Tierarztliche Praxis*. 14 (1), 35-41.
- 412.- Mendoza F, Perez-Ecija A, Estepa J. (2010). Inguinal-scrotal herniation and torsion of the large colon in an adult andalusian stallion: A case report. *Veterinarni Medicina*. 55 (6), 281-284.
- 413.- Merdan I. (2013). Laparoscopic entry: A review of techniques, technologies, and complications. *Basrah Journal of Surgery*. 19 10-23.
- 414.- Merkies K, Buhr M. (1998). Epididymal maturation affects calcium regulation in equine spermatozoa exposed to heparin and glucose. *Theriogenology*. 49 (3), 683-695.
- 415.- Metcalf ES. (2007). Spermatogenic arrest (testicular degeneration). En Samper, J.C, Pycock, J.C, Mc Kinnon, O.A. (Ed). *Current therapy in equine reproduction*. (1<sup>a</sup> edición). Saunders Elsevier. St. Louis, Missouri, EEUU.
- 416.- Middleton WD, Thorne DA, Melson GL. (1989). Color doppler ultrasound of the normal testis. *AJR.American Journal of Roentgenology*. 152 (2), 293-297.
- 417.- Mijaljica G, Druzijanic N, Srzen D, Korolija D. (2011). Testicular perfusion and testicular volume after inguinal hernia repair. *The Cochrane Library*. DOI: 10.1002/14651858.CD009203.
- 418.- Miller AM, Roelke ME, Goodrowe KL, Howard JG, Wildt DE. (1990). Oocyte recovery, maturation and fertilization in vitro in the puma (*felis concolor*). *Journal of Reproduction and Fertility*. 88 (1), 249-258.
- 419.- Milovancev M, Townsend KL. (2015). Current concepts in minimally invasive surgery of the abdomen. *The Veterinary Clinics of North America.Small Animal Practice*. 45 (3), 507-522.
- 420.- Milsom JW, Böhm B, Nakajima K. (2006). *Laparoscopic colorectal surgery*. (2<sup>a</sup> edición) Springer-Verlag. New York, EEUU.
- 421.- Minian I. (2005). Actualidades en hernia inguinal. estado del arte. *Cirujano General*. 27 (2), 164-167.
- 422.- Miskin M, Bain J. (1974). B-mode ultrasonic examination of the testes. *Journal of Clinical Ultrasound*. 2 (4), 307-311.
- 423.- Moller K. (1971). Sterilization of bulls. *New Zealand Veterinary Journal*. 19 (8), 185-187.
- 424.- Moncada-Ángel AH, Klug E, Krause D. (1983). Use of a wisap CO<sub>2</sub>-pneu gas insufflator by SEMM for establishing pneumoperitoneum for pelviscopic examination in horses and cattle. *DTW.Deutsche Tierarztliche Wochenschrift*. 90 (10), 437-440.
- 425.- Monnet E, Twedt DC. (2003). Laparoscopy. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 33 (5), 1147-1163.
- 426.- Moore JB, Hasenboehler EA. (2007). Orchietomy as a result of ischemic orchitis after laparoscopic inguinal hernia repair: Case report of a rare complication. *Patient Safety in Surgery*. 1 (1), 3.

- 427.- Moorman VJ, Jann HW. (2009). Polypropylene mesh repair of a unilateral, congenital hernia in the inguinal region in a thoroughbred filly. *The Canadian Veterinary Journal/La Revue Veterinaire Canadienne*. 50 (6), 613-616.
- 428.- More K, Agur A, Dalley A. (2007). *Anatomía con orientación clínica*. (5<sup>a</sup> edición) Médica Panamericana. México, D.F, México.
- 429.- Morgan GL, Dawson LJ. (2008). Development of teaser bulls under field conditions. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 24 (3), 443-453.
- 430.- Morrison C, Macnair R, MacDonald C, Wykman A, Goldie I, Grant MH. (1995). In vitro biocompatibility testing of polymers for orthopaedic implants using cultured fibroblasts and osteoblasts. *Biomaterials*. 16 (13), 987-992.
- 431.- Moses D, Heras M, Valcarcel A, Perez L, Baldassarre H. (1995). Use of computerized motility analyzer for the evaluation of frozen-thawed ram spermatozoa. *Andrologia*. 27 (1), 25-29.
- 432.- Mosquera LF, Urban J. (1994). Laparoscopic vasectomy. *Surgical Laparoscopy Endoscopy & Percutaneous Techniques*. 4 (6), 461-462.
- 433.- Mueller E, Fischer AT. (1998). Developmental conditions of the scrotum and testis. En Wolfe, D.F., Moll, H.D. (Ed). *Large animal urogenital surgery*. (2<sup>a</sup> edición). Williams & Wilkins. Baltimore, Maryland, EEUU.
- 434.- Mulon PY, Babkine M, Desrochers A. (2006). Ventral laparoscopic abomasopexy in 18 cattle with displaced abomasum. *Veterinary Surgery*. 35 (4), 347-355.
- 435.- Muñoz H, González J, Flores D. (2001). Herniplastia inguinal libre de tensión con técnica de "mesh-plug". *Cirujano General*. 23 (1-2001), 21-24.
- 436.- Muñoz J, Bussy C. (2013). Standing Hand-Assisted laparoscopic treatment of left dorsal displacement of the large colon and closure of the nephrosplenic space. *Veterinary Surgery*. 42 (5), 595-599.
- 437.- Muñoz E, Argüelles D, Areste L, Miguel LS, Prades M. (2008). Retrospective analysis of exploratory laparotomies in 192 andalusian horses and 276 horses of other breeds. *The Veterinary Record*. 162 (10), 303-306.
- 438.- Munsterman AS, Hanson RR, Cattley RC, Barrett EJ, Albanese V. (2014). Surgical technique and Short-Term outcome for experimental laparoscopic closure of the epiploic foramen in 6 horses. *Veterinary Surgery*. 43 (2), 105-113.
- 439.- Nannarone S, Cercone M, Gialletti R, Pepe M. (2014). Horner's syndrome associated with disseminated thoracic melanoma in a lipizzaner horse. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (2), 318-323.
- 440.- Neild D, Gadella B, Chaves M, Miragaya M, Colenbrander B, Agüero A. (2003). Membrane changes during different stages of a freeze-thaw protocol for equine semen cryopreservation. *Theriogenology*. 59 (8), 1693-1705.
- 441.- Neira-Carrillo A, Muñoz DY, Zazzali PA, Marini YA, Vilches SV, Palma RE. (2013). Encapsulación de biomoléculas usando polímeros naturales: "un nuevo enfoque en la entrega de fármacos en medicina". *Avances En Ciencias Veterinarias*. 28 (2), Pág. 31-40.

- 442.- Neumayer L, Giobbie-Hurder A, Jonasson O, Fitzgibbons Jr R, Dunlop D, Gibbs J, Reda D, Henderson W. (2004). Open mesh versus laparoscopic mesh repair of inguinal hernia. *New England Journal of Medicine*. 350 (18), 1819-1827.
- 443.- Newman KD, Anderson DE, Silveira F. (2005). One-step laparoscopic abomasopexy for correction of left-sided displacement of the abomasum in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 227 (7), 1142-7, 1090.
- 444.- Newman KD, Harvey D, Roy JP. (2008). Minimally invasive field abomasopexy techniques for correction and fixation of left displacement of the abomasum in dairy cows. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 24 (2), 359-82, viii.
- 445.- Nickel *et al.* (1985). *Anatomy of the domestic animals*. (Primera edición) Springer. Nueva York, NY, EEUU.
- 446.- Noguera JF, Cuadrado Á, Olea JM, García JC, Sanfeliu G. (2012). Integración del endoscopio flexible en cirugía digestiva. *Cirugía Española*. 90 (9), 558-563.
- 447.- Novo RE. (2013) Laparoscopy for reproductive surgeries: It's kinda' like playing Wii, but different. *Proceedings of the Society for Theriogenology Annual Conference*. Louisville, Kentucky, EEUU.
- 448.- O'Donovan P, McGurgan P. (1999). Microlaparoscopy. *Surgical Innovation*. 6 (2), 51-57.
- 449.- Olaciregui M, Gil L, Monton A, Luno V, Jerez RA, Martí JL. (2014). Cryopreservation of epididymal stallion sperm. *Cryobiology*. 68 (1), 91-95.
- 450.- Olivares-Navarrete R, Hyzy SL, Slosar PJ, Schneider JM, Schwartz Z, Boyan BD. (2015). Implant materials generate different peri-implant inflammatory factors: PEEK promotes fibrosis and micro-textured titanium promotes osteogenic factors. *Spine*. 40 (6), 399.
- 451.- Oliveira L, Oliveira F, Costa V, Carreiro M, Guimarães P. (2003). Modelo experimental de vasectomia laparoscópica em ratos. *Acta Cirúrgica Brasileira*. 18 (5), 485-488.
- 452.- O'Meara B, Lischer CJ, Philbey AW, Pollock PJP. (2010) Investigation of an alternative laparoscopic full thickness intestinal biopsy technique in the horse. *Proceedings of the 49th BEVA Congress*. pp. 222. Birmingham, Reino Unido.
- 453.- Ortega-Ferrusola C, Gracia-Calvo LA, Ezquerra J, Pena FJ. (2014). Use of colour and spectral doppler ultrasonography in stallion andrology. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*. 49 Suppl 4 88-96.
- 454.- Ortved K, Witte S, Fleming K, Nash J, Woolums A, Peroni J. (2008). Laparoscopic-assisted splenectomy in a horse with splenomegaly. *Equine Veterinary Education*. 20 (7), 357-361.
- 455.- Pader K, Freeman LJ, Constable PD, Wu CC, Snyder PW, Lescun TB. (2011). Comparison of transvaginal natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES(R)) and laparoscopy for elective bilateral ovarioectomy in standing mares. *Veterinary Surgery*. 40 (8), 998-1008.

- 456.- Palmer SE. (2002). Laparoscopy ovariectomy in the standing horse. En Fischer, A.T. (Ed). *Equine Diagnostic & Surgical Laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 457.- Palmer SE. (1993). Standing laparoscopic laser technique for ovariectomy in five mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 203 (2), 279-283.
- 458.- PAPAY, F. A. and B. P. BYERMAN. 2003. *Bone Anchoring System*. 6,517,542. edn. Anon. EEUU: Google Patents.
- 459.- Parelkar SV, Oak S, Bachani MK, Sanghvi B, Prakash A, Patil R, Sahoo S, Patel J. (2011). Laparoscopic repair of pediatric inguinal hernia—is vascularity of the testis at risk? A study of 125 testes. *Journal of Pediatric Surgery*. 46 (9), 1813-1816.
- 460.- Parker JE, Semevolos SA. (2002). Use of a parainguinal approach for cryptorchidectomy in alpacas. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 220 (12), 1835-6, 1797-8.
- 461.- Patel SR, Pareek G. (2009). The history of robotics in urology. *Medicine and Health, Rhode Island*. 92 (10), 325-326.
- 462.- Patterson R, Temple CL, Mulloy RH. (1996). Laparoscopic vasectomy en passant. *Canadian Journal of Surgery.Journal Canadien De Chirurgie*. 39 (6), 513-514.
- 463.- Pearce SG, Firth EC, Grace ND, Fennessy PF. (1997). Liver biopsy techniques for adult horses and neonatal foals to assess copper status. *Australian Veterinary Journal*. 75 (3), 194-198.
- 464.- Pearson LK, Sandoval S, Tibary A. (2012) Pre-scrotal vasectomy in alpacas (vicugna pacos) - technique abd complication rate. *Proceedings of the Society for Theriogenology Annual Conference*. Baltimore, Maryland, EEUU.
- 465.- Peiper C, Junge K, Klinge U, Strehlau E, Öttinger A, Schumpelick V. (2006). Is there a risk of infertility after inguinal mesh repair? experimental studies in the pig and the rabbit. *Hernia*. 10 (1), 7-12.
- 466.- Peng B, Mao Y, Tang XF, Shang Y, Shen CY, Guo Y, Xiang Y, Yang ZW. (2011). Comparison of spermatogenic damage induced at 6 months after ligation of the vas deferens at proximal and distal locations in the rabbit. *Andrologia*. 43 (2), 129-138.
- 467.- Pepe M, Gialletti R, Moriconi F, Puccetti M, Nannarone S, Singer ER. (2005). Laparoscopic sterilization of sardinia donkeys using an endoscopic stapler. *Veterinary Surgery*. 34 (3), 260-264.
- 468.- Pérez MREG, Ramírez RMP, Lacroix CE, Méndez JV. (1994). Esterilización en el perro por inyección de metilcianoacrilato en la cola del epidídimo. *Veterinaria México*. 25 (3), 261.
- 469.- Pérez M. (2005). Historia de la cirugía laparoscópica y de la terapia mínimamente invasiva. *Clínicas Urológicas De La Complutense*. 11.
- 470.- Pérez-Llano B, García-Casado P, Lorenzo J, Sánchez -Sánchez R. (1998) Response to the boar sperm to the host test and relationship between HOST and ORT results. *Proc 15th IPVS Congress*. Birmingham, Reino Unido.

- 471.- Pérez-Marín C, López R, Domínguez J, Zafra R. (2006). Clinical and pathological findings in testis, epididymis, deferens duct and prostate following vasectomy in a dog. *Reproduction in Domestic Animals.* 41 (2), 169-174.
- 472.- Perkins NR, Frazer GS. (1994). Reproductive emergencies in the mare. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 10 (3), 643-670.
- 473.- Peroni J. (2011) Laparoscopic assisted splenectomy. *Proceedings of the ACVS Veterinary Symposium. Surgical summit.* Chicago, Illinois, EEUU.
- 474.- Peroni JF, Rondenay Y. (2002). Analgesia and anesthesia for equine laparoscopy and thoracoscopy. En Fischer, A.T. (Ed). *Diagnostic and surgical laparoscopy.* (1<sup>a</sup> edición). WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 475.- Perrin R. (2005) Chirurgie mini-invasive chez le cheval: Ce que nous savons faire en 2005 et perspectives. *Journées De l'AVEF 2005.* Angers, Francia.
- 476.- Philosophie R. (2003). Avoiding complications of laparoscopic surgery. *Sexuality, Reproduction and Menopause.* 1 (1), 30-39.
- 477.- Pineda C, Bernal A, Espinosa R, Hernández C, Marín N, Peña AH. (2009). Principios físicos básicos del ultrasonido. *Revista Chilena de Reumatología.* 25 (2), 60-66.
- 478.- Pineda MH, Reimers TJ, Faulkner LC. (1976). Disappearance of spermatoza from the ejaculates of vasectomized dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 168 (6), 502-503.
- 479.- Pineda MH, Dooley MP. (1984). Surgical and chemical vasectomy in the cat. *American Journal of Veterinary Research.* 45 (2), 291-300.
- 480.- Pinggera G, Mitterberger M, Bartsch G, Strasser H, Gradl J, Aigner F, Pallwein L, Frauscher F. (2008). Assessment of the intratesticular resistive index by colour doppler ultrasonography measurements as a predictor of spermatogenesis. *BJU International.* 101 (6), 722-726.
- 481.- Pizzi R, Cracknell J, Dalrymple L. (2010). Postmortem evaluation of left flank laparoscopic access in an adult female giraffe (*giraffa camelopardalis*). *Veterinary Medicine International.* 2010 789465.
- 482.- Pokorny D, Fulín P, Slouf M, Jahoda D, Landor I, Sosna A. (2010). Polyetheretherketone (PEEK). part II: Application in clinical practice. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca.* 77 (6), 470-478.
- 483.- Portas TJ, Hermes R, Bryant BR, Göritz F, Thorne AR, Hildebrandt TB. (2006). Anesthesia and use of a sling system to facilitate transvaginal laparoscopy in a black rhinoceros (*diceros bicornis minor*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine.* 37 (2), 202-205.
- 484.- Pozor M, Kolonko D. (2000). Morphological and clinical studies on testicular artery of the stallion. *Medycyna Wet.* 57 822-826.
- 485.- Pozor M, McDonnell S. (2002). Ultrasonographic measurements of accessory sex glands, ampullae, and urethra of normal stallions of various size types. *Theriogenology.* 58 (7), 1425-1433.
- 486.- Pozor M. (2005). Diagnostic applications of ultrasonography to stallion's reproductive tract. *Theriogenology.* 64 (3), 505-509.

- 487.- Pozor MA, McDonnell SM. (2004). Color doppler ultrasound evaluation of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology*. 61 (5), 799-810.
- 488.- Pugh DG, Montes AJ. (1994). Advanced reproductive technologies in south american camelids. *The Veterinary Clinics of North America.Food Animal Practice*. 10 (2), 281-289.
- 489.- Pursel VG, Johnson LA. (1974). Glutaraldehyde fixation of boar spermatozoa for acrosome evaluation. *Theriogenology*. 1 (2), 63-68.
- 490.- Quintero-Moreno A, Miró J, Rigau A, Rodríguez-Gil JE. (2003). Identification of sperm subpopulations with specific motility characteristics in stallion ejaculates. *Theriogenology*. 59 (9), 1973-1990.
- 491.- Radhakrishnan A, Mayhew PD. (2013). Laparoscopic splenic biopsy in dogs and cats: 15 cases (2006-2008). *Journal of the American Animal Hospital Association*. 49 (1), 41-45.
- 492.- Radostits OM, Blood DC, Gay C, Hinchcliff K. (2002). *Medicina veterinaria: tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino*. (9<sup>a</sup> edición) McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España.
- 493.- Rae DO. (2001). Bovine estrus: Tools. *En Fields, M.J;Sand, R.;Yelich, J.V. (Ed). Factors affectinf calf crop. Biotechnology of reproduction*. (1<sup>a</sup> edición). CRC Press. Boca Raton, Florida, EEUU.
- 494.- Ragle CA. (2012). *Advances in Equine Laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición) John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 495.- Ragle CA, Schneider RK, Southwood LL. (1996). Abdominal laparoscopy in horses. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*. 18 1231-1240.
- 496.- Ragle CA, Schneider RK. (1995). Ventral abdominal approach for laparoscopic ovariectomy in horses. *Veterinary Surgery*. 24 (6), 492-497.
- 497.- Ragle CA, Southwood LL, Hopper SA, Buote PL. (1996). Laparoscopic ovariectomy in two horses with granulosa cell tumors. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 209 (6), 1121-1124.
- 498.- Ragle CA, Southwood LL, Galuppo LD, Howlett MR. (1997). Laparoscopic diagnosis of ischemic necrosis of the descending colon after rectal prolapse and rupture of the mesocolon in two postpartum mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 210 (11), 1646-1648.
- 499.- Ragle CA, Southwood LL, Howlett MR. (1998a). Ventral abdominal approach for laparoscopic cryptorchidectomy in horses. *Veterinary Surgery*. 27 (2), 138-142.
- 500.- Ragle CA, Southwood LL, Schneider RK. (1998b). Injury to abdominal wall vessels during laparoscopy in three horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 212 (1), 87-89.
- 501.- Ragle CA, Yiannikouris S, Tibary AA, Fransson BA. (2013). Use of a barbed suture for laparoscopic closure of the internal inguinal rings in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 242 (2), 249-253.

- 502.- Rajmil O, Fernández M, Rojas-Cruz C, Sevilla C, Musquera M, Ruiz-Castañe E. (2007). La azoospermia no debería ofrecerse como resultado de la vasectomía. *Archivos Españoles De Urología (Ed.Impresa)*. 60 (1), 55-58.
- 503.- Ramada Benlloch FJ, de la Torre Abril L, Tramoyeres Galvan A, Canovas Ivorra JA, Sánchez Ballester F, Ordone Dominguez F, Navalón Verdejo P, Zaragoza Orts J. (2004). Our experience with simplified vasovasostomy. review of our results during the last 5 years. *Archivos Espanoles De Urologia*. 57 (1), 59-63.
- 504.- Rantanen NW, McKinnon AO. (1998). *Equine Diagnostic Ultrasonography*. (1<sup>a</sup> edición) Williams & Wilkins. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 505.- Ratner BD, Hoffman AS, Schoen FJ, Lemons JE. (2004). *Biomaterials science: an introduction to materials in medicine*. Academic press.
- 506.- Rawlings CA, Foutz TL, Mahaffey MB, Howerth EW, Bement S, Canalis C. (2001). A rapid and strong laparoscopic-assisted gastropexy in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 62 (6), 871-875.
- 507.- Rawlings CA. (2002). Laparoscopic-assisted gastropexy. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 38 (1), 15-19.
- 508.- Rawlings CA, Howerth EW. (2004). Obtaining quality biopsies of the liver and kidney. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 40 (5), 352-358.
- 509.- Reddick J. *Historia De La Laparoscopia En USA*. (2001)  
<http://www.cirugest.com/htm/revisiones/cir01-07/cap03.pdf>. Fecha de acceso:  
29/12/2014 .
- 510.- Reed SM, Bayly WM, Sellon DC. (2004). *Equine internal medicine*. (2<sup>a</sup> edición) Saunders Elsevier. Saint Louis, Missouri, EEUU.
- 511.- Reef VB. (1998). *Equine diagnostic ultrasound*. (1<sup>a</sup> edición) WB Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 512.- Reguera J, Perea E, Maya C, Docobo F. (2013). Formación en cirugía de las hernias de pared abdominal. *Monográfico Hernias de Pared Abdominal*. 24 (3 y 4), 74.
- 513.- Reichenbach HD, Wiebke NH, Modl J, Zhu J, Brem G. (1994). Laparoscopy through the vaginal fornix of cows for the repeated aspiration of follicular oocytes. *The Veterinary Record*. 135 (15), 353-356.
- 514.- Relave F, David F, Leclere M, Alexander K, Bussieres G, Lavoie JP, Marcoux M. (2008). Evaluation of a thoracoscopic technique using ligating loops to obtain large lung biopsies in standing healthy and heaves-affected horses. *Veterinary Surgery*. 37 (3), 232-240.
- 515.- Reuter MA, Reuter HJ. (1998). The development of the cystoscope. *The Journal of Urology*. 159 (3), 638-640.
- 516.- Ricci P, Lema R, Solá V, Pardo J, Guiloff E. (2008). Desarrollo de la cirugía laparoscópica: Pasado, presente y futuro: Desde hipócrates hasta la introducción de la robótica en laparoscopía ginecológica. *Revista Chilena De Obstetricia y Ginecología*. 73 (1), 63-75.

- 517.- Rich GA. (1991). Basic history taking and the avian physical examination. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice.* 21 (6), 1135-1145.
- 518.- Richardson DW. (1985). Urogenital problems in the neonatal foal. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice.* 1 (1), 179-188.
- 519.- Richter KP. (2001). Laparoscopy in dogs and cats. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice.* 31 (4), 707-27, ix.
- 520.- Ricketts SW. (1993). Evaluation of stallion semen. *Equine Veterinary Education.* 5 (5), 232-237.
- 521.- Rijkenhuizen A, Velden M, Back W. (1997). Incarcerated umbilical hernia with enterocutaneous fistulae in two foals. *Equine Veterinary Education.* 9 (1), 3-6.
- 522.- Riley CB, Cruz AM, Bailey JV, Barber SM, Fretz PB. (1996). Comparison of herniorrhaphy versus clamping of umbilical hernias in horses: A retrospective study of 93 cases (1982-1994). *The Canadian Veterinary Journal.* 37 (5), 295-298.
- 523.- Rioux JE, Lambert RD, D'Amours D, Soucy B, Brassard A. (1980). Collection of bovine ova by laparoscopy: Preliminary results. *L'Union Medicale Du Canada.* 109 (4), 535-542.
- 524.- Rivard C, Rhalmi S, Coillard C. (2002). In vivo biocompatibility testing of peek polymer for a spinal implant system: A study in rabbits. *Journal of Biomedical Materials Research.* 62 (4), 488-498.
- 525.- Rivier P, Furneaux R, Viguer E. (2011). Combined laparoscopic ovarioectomy and laparoscopic-assisted gastropexy in dogs susceptible to gastric dilatation-volvulus. *The Canadian Veterinary Journal.La Revue Veterinaire Canadienne.* 52 (1), 62-66.
- 526.- Rivolta M, Cisale H, Guidoni J, Fernández H. (1995). Uso del test de endosmosis en semen descongelado ovino y bovino. *Revista Veterinaria Argentina.* 12 (119), 602-605.
- 527.- Robertson E, Webb C, Twedt D. (2014). Diagnostic laparoscopy in the cat: 2. common procedures. *Journal of Feline Medicine and Surgery.* 16 (1), 18-26.
- 528.- Robertson JT, Embertson RM. (1988). Surgical management of congenital and perinatal abnormalities of the urogenital tract. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice.* 4 (3), 359-379.
- 529.- Robinson E, Carmalt JL. (2009). Inguinal herniation of the ascending colon in a 6-month-old standardbred colt. *Veterinary Surgery.* 38 (8), 1012-1013.
- 530.- Robinson SJ, Neal H, Allen WR. (2000). Modulation of oviductal transport in mares by local application of prostaglandin E2. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement.* (56) (56), 587-592.
- 531.- Rocken M, Schubert C, Mosel G, Litzke LF. (2005). Indications, surgical technique, and long-term experience with laparoscopic closure of the nephrosplenic space in standing horses. *Veterinary Surgery.* 34 (6), 637-641.
- 532.- Rocken M, Stehle C, Mosel G, Rass J, Litzke LF. (2006). Laparoscopic-assisted cystotomy for urolith removal in geldings. *Veterinary Surgery.* 35 (4), 394-397.

- 533.- Rocken M, Mosel G, Stehle C, Rass J, Litzke LF. (2007). Left- and right-sided laparoscopic-assisted nephrectomy in standing horses with unilateral renal disease. *Veterinary Surgery*. 36 (6), 568-572.
- 534.- Rocken M, Mosel G, Seyrek-Intas K, Seyrek-Intas D, Litzke F, Verver J, Rijkenhuizen AB. (2011). Unilateral and bilateral laparoscopic ovarioectomy in 157 mares: A retrospective multicenter study. *Veterinary Surgery*. 40 (8), 1009-1014.
- 535.- Rocken M, Mosel G, Barske K, Witte TS. (2013). Thoracoscopic diaphragmatic hernia repair in a warmblood mare. *Veterinary Surgery*. 42 (5), 591-594.
- 536.- Rodgerson DH. (2012). Cryptorchidectomy. En Ragle, C.A. (Ed). *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 537.- Rodgerson DH, Hanson RR. (2000). Ligature slippage during standing laparoscopic ovarioectomy in a mare. *The Canadian Veterinary Journal*. 41 (5), 395-397.
- 538.- Rodgerson DH, Belknap JK, Wilson DA. (2001). Laparoscopic ovarioectomy using sequential electrocoagulation and sharp transection of the equine mesovarium. *Veterinary Surgery*. 30 (6), 572-579.
- 539.- Rodgerson DH, Murray PB. (2001) Hand-assisted, laparoscopic ovarioectomy technique to remove granulosa-theca cell tumors in four mares. *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP*. San Diego, California, EEUU.
- 540.- Rodgerson DH, Brown MP, Watt BC, Keoughan CG, Hanrath M. (2002). Hand-assisted laparoscopic technique for removal of ovarian tumors in standing mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 220 (10), 1503-7, 1475.
- 541.- Rodríguez S. Plastia Inguinal Laparoscópica Vs Plastia Inguinal Abierta o Tradicional En El Manejo De La Hernia Inguinal no Escrotal Reductible. (2005) <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/36369> Veracruz, Méjico.
- 542.- Rodríguez JAM, Oyaga JV, Cantor, Susana Del Pilar Sandoval. (2007). Fundamentos teórico-prácticos del ultrasonido. *Revista Tecnura*. 10 (20), 4-18.
- 543.- Rodríguez-Ortega MF, Cárdenas-Martínez G, López-Castañeda H. (2003). Evolución histórica del tratamiento de la hernia inguinal. *Cirugía y Cirujanos*. 71 (3), 245-251.
- 544.- Roecken M. (2012). Laparoscopic-and Endoscopic-Assisted removal of cystic calculi. *Advances in Equine Laparoscopy*. 311-322.
- 545.- Roelvink M, Oldruitenborgh-Oosterbaan M, Kalsbeek H. (1993). Chronic diaphragmatic hernia in the horse. *Equine Veterinary Education*. 5 (5), 255-258.
- 546.- Rogers MD, Kolettis PN. (2013). Vasectomy. *Urologic Clinics of North America*. 40 (4), 559-568.
- 547.- Romero-Pérez P, Merenciano Cortina F, Rafie Mazketli W, Amat Cecilia M, Martínez Hernández M. (2004). La vasectomía: Estudio de 300 intervenciones. revisión de la literatura nacional y de sus complicaciones. *Actas Urológicas Españolas*. 28 (3), 175-214.
- 548.- Romero AE, Rodgerson DH. (2010). Diaphragmatic herniation in the horse: 31 cases from 2001-2006. *The Canadian Veterinary Journal*. 51 (11), 1247-1250.

- 549.- Romero A, Rodgerson DH, Fontaine GL. (2010). Hand-assisted laparoscopic removal of a nephroblastoma in a horse. *The Canadian Veterinary Journal*. 51 (6), 637-639.
- 550.- Rosen M, Ponsky J. (2001). Minimally invasive surgery. *Endoscopy*. 33 (04), 358-366.
- 551.- Rossdale PD, Ricketts SW. (1980). *Equine stud farm medicine*. (2<sup>a</sup> edición) Bailliere Tindall. Kent, Reino Unido.
- 552.- Rossignol F, Perrin R, Boening KJ. (2007). Laparoscopic hernioplasty in recumbent horses using transposition of a peritoneal flap. *Veterinary Surgery*. 36 (6), 557-562.
- 553.- Rossignol F, Mespoulhes-Rivière C, Boening J. (2012). Inguinal hernioplasty using cyanoacrylate. En Ragle, C.A.(Ed). *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 554.- Rossignol F, Mespoulhes-Riviere C, Vitte A, Lechartier A, Boening KJ. (2014). Standing laparoscopic inguinal hernioplasty using cyanoacrylate for preventing recurrence of acquired strangulated inguinal herniation in 10 stallions. *Veterinary Surgery*. (43), 6-11.
- 555.- Rothuizen J, Twedt DC. (2009). Liver biopsy techniques. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 39 (3), 469-480.
- 556.- Rötting A. (2010) Enterovarian fistula formation in a warmblood mare. *Proceedings of the Annual Meeting ECVS*. Helsinki, Finlandia.
- 557.- Rowley DD, Lock TF, Shipley CF. (1999) Fertility of detomidine HCl induced ex copula ejaculated stallion semen. *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP*. Albuquerque, Nuevo Méjico, EEUU.
- 558.- Roy JP, Harvey D, Belanger AM, Buczinski S. (2008). Comparison of 2-step laparoscopy-guided abomasopexy versus omentopexy via right flank laparotomy for the treatment of dairy cows with left displacement of the abomasum in on-farm settings. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 232 (11), 1700-1706.
- 559.- Rubio-Guillén J, Quintero-Moreno A, González D. (2009). Efecto de la criopreservación sobre la integridad de la membrana plasmática y acrosomal de espermatozoides de toro. *Revista Científica*. 19 (4), 382-389.
- 560.- Rubio-Martínez L. (2015). Diaphragmatic hernias in horses. *Equine Veterinary Education*. 27 (8), 396-397.
- 561.- Rubio-Martínez LM, Hendrickson DA, Stetter M, Zuba JR, Marais HJ. (2014a). Laparoscopic vasectomy in african elephants (*loxodonta africana*). *Veterinary Surgery*. 43 (5), 507-514.
- 562.- Rubio-Martínez LM, Hendrickson DA, Stetter M, Zuba JR, Marais HJ. (2014b). Laparoscopic vasectomy in african elephants (*loxodonta africana*). *Veterinary Surgery*. 43 (5), 507-514.
- 563.- Ruckebusch Y, Phaneuf L. (1994). *Fisiología De Pequeñas y Grandes Especies*.
- 564.- Runge JJ, Mayhew P, Rawlings CA. (2009). Laparoscopic-assisted and laparoscopic prophylactic gastropexy: Indications and techniques. *Compendium (Yardley, PA)*. 31 (2), E2.

- 565.- Runge JJ, Curcillo PG,2nd, King SA, Podolsky ER, Holt DE, Davidson J, Agnello KA. (2012). Initial application of reduced port surgery using the single port access technique for laparoscopic canine ovariohysterectomy. *Veterinary Surgery*. 41 (7), 803-806.
- 566.- Runge JJ, Boston RC, Ross SB, Brown DC. (2014). Evaluation of the learning curve for a board-certified veterinary surgeon performing laparoendoscopic single-site ovariohysterectomy in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 245 (7), 828-835.
- 567.- Rutkow I. (1998). Aspectos epidemiológicos, económicos y sociológicos de la cirugía de la hernia en estados unidos en el decenio iniciado en 1990. *Surg Clin North Am*. 6 889-900.
- 568.- Rutkow IM. (2003). Aspectos demográficos y socioeconómicos de la reparación de las hernias en estados unidos en 2003. *Clínicas Quirúrgicas De Norteamérica*. (5), 1019-1025.
- 569.- Sackier JM, Berci G, Paz-Partlow M. (1991). A new training device for laparoscopic cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*. 5 (3), 158-159.
- 570.- Sajid MS, Ladwa N, Kalra L, McFall M, Baig MK, Sains P. (2013). A meta-analysis examining the use of tacker mesh fixation versus glue mesh fixation in laparoscopic inguinal hernia repair. *The American Journal of Surgery*. 206 (1), 103-111.
- 571.- Salciccia A, de la Rebière de Pouyade,G., Ponthier J, Cerri S, Parrilla-Hernandez S, Grulke S. (2014). Use of an automatic stapling device during castration to prevent (re)occurrence of inguinal hernia in horses with large vaginal rings. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34 (1), 99-100.
- 572.- Saldivia C, Silva O, Vasquez L. (1992). Sección del ligamento dorsal del pene y epididimectomía en la preparación de toros detectores de celo. *Revista Científica*. 2 (2).
- 573.- Samour J. (2010). Vasectomy in birds: A review. *Journal of Avian Medicine and Surgery*. 24 (3), 169-173.
- 574.- Samper JC, Pycock JF, McKinnon AO. (2007). *Current therapy in equine reproduction*. (1<sup>a</sup> edición) Saunders Elsevier. Saint Louis, Missouri, EEUU.
- 575.- San Román J. (1990). Polímeros biodegradables de interés en cirugía. II. comportamiento biodegradativo y aplicaciones biomédicas. *Revista De Plásticos Modernos*. 857-877.
- 576.- San Román J, Fernández MM, Bellón JM. Polímeros Hidrófilos Como Sistemas De Liberación De Compuestos Bioactivos En Mallas De Aplicación Quirúrgica. (2011) <http://hdl.handle.net/10261/40327> digital.csic.es.
- 577.- Sánchez CK, Riley T. (2014). Vasectomy: Anesthesia and postoperative pain control. *US Pharm*. 9 17.
- 578.- Santisteban F, Ávilal. (1983). Técnica quirúrgica de la deferrectomía en el caballo. *Hygia Pecoris*.
- 579.- Santisteban F, Ávilal, Riber C. (1983). Surgical technique in horse vasectomy. *Hygia Pecoris (Spain)*.

- 580.- Santoro GA, Di Falco G. (2004). Basic principles of ultrasonography. En *Santoro, G.A.;Di Falco, G.(Ed). Atlas of Endoanal and Endorectal Ultrasonography.* (1<sup>a</sup> edición). Basic principles of ultrasonography. Springer-Verlag. Milan, Italia.
- 581.- Santschi E. (2014). Laparoscopic ovariohysterectomy in the equine; an elusive goal. *Equine Veterinary Education.* 26 (2), 79-80.
- 582.- Sarot JR, Contar CMM, da Cruz, Ariadne Cristiane Cabral, de Souza Magini R. (2010). Evaluation of the stress distribution in CFR-PEEK dental implants by the three-dimensional finite element method. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 21 (7), 2079-2085.
- 583.- Schambourg MM, Marcoux M. (2006). Laparoscopic intestinal exploration and full-thickness intestinal biopsy in standing horses: A pilot study. *Veterinary Surgery.* 35 (7), 689-696.
- 584.- Scheffer CJ, Drijfhout PN, Boerma S. (2004). Subperitoneal cyst in a friesian mare. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde.* 129 (14-15), 468-470.
- 585.- Schellander K, Fayer-Hosken RA, Keefer CL, Brown LM, Malter H, M C Bride CE, Brackett BG. (1989). In vitro fertilization of bovine follicular oocytes recovered by laparoscopy. *Theriogenology.* 31 (4), 927-934.
- 586.- Schexnider JM, Baker DG, Hasselschwert DL. (2007). Semen evaluation for verification of azoospermia after vasectomy in chimpanzees (pan troglodytes). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science : JAALAS.* 46 (5), 46-49.
- 587.- Schier F, Turial S, Hückstädt T, Klein KU, Wannik T. (2008). Laparoscopic inguinal hernia repair does not impair testicular perfusion. *Journal of Pediatric Surgery.* 43 (1), 131-135.
- 588.- Schiff JD, Li PS, Schlegel PN, Goldstein M. (2003). Rapid disappearance of spermatozoa after vasal occlusion in the dog. *Journal of Andrology.* 24 (3), 361-363.
- 589.- Schikora L, Richter A, Elze K. (1992). Use of different superovulation regimes and laparoscopic studies of ovarian function in african dwarf goats. *Beitrage Zur Tropischen Landwirtschaft Und Veterinarmedizin.* 30 (4), 463-470.
- 590.- Schmedt C, Sauerland S, Bittner R. (2005). Comparison of endoscopic procedures vs lichtenstein and other open mesh techniques for inguinal hernia repair: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques.* 19 (2), 188-199.
- 591.- Schneider F, Otto F. (1974). Laparoscopic evaluation of internal genital organs in the cow. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde.* 116 (2), 103-109.
- 592.- Schneider RK, Milne DW, Kohn CW. (1982). Acquired inguinal hernia in the horse: A review of 27 cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 180 (3), 317-320.
- 593.- Schumacher J. (2012). Testis. En Auer JA, Stick, JA.(Ed). *Equine surgery.* (4<sup>a</sup> edición). Testis. Saunders Elsevier. Saint Louis, Missouri, EEUU.
- 594.- Schumacher J, Perkins J. (2010). Inguinal herniation and rupture in horses. *Equine Veterinary Education.* 22 (1), 7-12.

- 595.- Schumpelick V, Klinge U, Klosterhalfen B. (2002). Biomaterials for trix repair of abdominal wall hernias. *En Fitzgibbons, R.J.; Greenberg, A.G.(Ed). Nyhus and Condon's Hernia.* (5<sup>a</sup> edición). Lippincott, Williams & Wilkins. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 596.- Schwingl PJ, Guess HA. (2000). Safety and effectiveness of vasectomy. *Fertility and Sterility.* 73 (5), 923-936.
- 597.- Scott EA. (1979). Repair of incisional hernias in the horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 175 (11), 1203-1207.
- 598.- Scrive T. (2011) Les hémorragies peripartum chez la jument: Étude faisabilité d'un traitement chirurgical. *Proceedings Journées AVEF 2011.* Bordeaux, Francia.
- 599.- See WA, Cooper CS, Fisher RJ. (1993). Predictors of laparoscopic complications after formal training in laparoscopic surgery. *Jama.* 270 (22), 2689-2692.
- 600.- Seeger K. (1977). Laparoscopic investigation of the bovine ovary. *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician : VM, SAC.* 72 (6), 1037-1044.
- 601.- Seeger T, Kumper H, Failing K, Doll K. (2006). Comparison of laparoscopic-guided abomasopexy versus omentopexy via right flank laparotomy for the treatment of left abomasal displacement in dairy cows. *American Journal of Veterinary Research.* 67 (3), 472-478.
- 602.- Semm K. *Antecedentes Históricos De La Laparoscopía.* (1996) <http://www.cirugest.com/htm/revisiones/cir01-07/cap01.pdf> Fecha de acceso: 08/02/2015 *Cirugía Laparoscópica Avanzada.*
- 603.- Semm K. *Antecedentes Históricos De La Laparoscopía.* (2001) <http://www.cirugest.com/htm/revisiones/cir01-07/cap01.pdf>. Fecha de acceso: 14/04/2015 *Cirugía laparoscópica avanzada.*
- 604.- Semm K. (1983). Endoscopic intraabdominal surgery in gynecology. *Wiener Klinische Wochenschrift.* 95 (11), 353-367.
- 605.- Sepúlveda F, Fleck D, Sánchez J, Mercado AR, D., Hidalgo JP, Palma C. (2014). Vasectomía sin bisturí: Resultados de una cohorte de 309 pacientes. *Revista Chilena De Cirugía.* 66 (2), 158-162.
- 606.- Setchell BP. (1991). Male reproductive organs and semen. *Reproduction in Domestic Animals.* 8 221-249.
- 607.- Sharlip ID, Belker AM, Honig S, Labrecque M, Marmor JL, Ross LS, Sandlow JI, Sokal DC. (2012). Vasectomy: AUA guideline. *The Journal of Urology.* 188 (6), 2482-2491.
- 608.- Shettko DL, Hendrickson DA. (2012). Intersex gonadectomy. *En Ragle, C.A. (Ed). En Advances in equine laparoscopy.* (1<sup>a</sup> edición). John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 609.- Shettko DL, Hendrickson DA. (2008). Education and the laparoscope: Uses of laparoscopy in teaching. *Journal of Equine Veterinary Science.* 28 (1), 51-53.
- 610.- Shettko DL. (2000). Complications in laparoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 16 (2), 377-83, vii-viii.
- 611.- Shettko DL, Frisbie DD, Hendrickson DA. (2004). A comparison of knot security of commonly used hand-tied laparoscopic slipknots. *Veterinary Surgery.* 33 (5), 521-524.

- 612.- Sheynkin YR. (2009). History of vasectomy. *Urologic Clinics of North America*. 36 (3), 285-294.
- 613.- Shih G, Njoya M, Lessard M, Labrecque M. (2010). Minimizing pain during vasectomy: The mini-needle anesthetic technique. *The Journal of Urology*. 183 (5), 1959-1963.
- 614.- Shoemaker RW, Read EK, Duke T, Wilson DG. (2004). In situ coagulation and transection of the ovarian pedicle: An alternative to laparoscopic ovariohysterectomy in juvenile horses. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 68 (1), 27-32.
- 615.- Silber SJ, Barbey N, Lenahan K, Silber DZ. (2013). Applying clinically proven human techniques for contraception and fertility to endangered species and zoo animals: A review. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians*. 44 (4 Suppl), S111-22.
- 616.- Silva LD, Onclin K, Donnay I, Verstegen JP. (1993). Laparoscopic vasectomy in the male dog. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*. 47 399-401.
- 617.- Silva LCLC, Zoppa ALV, Hendrickson DA. (2008). Equine diagnostic laparoscopy. *Journal of Equine Veterinary Science*. 28 (4), 247-254.
- 618.- Silver MD, Daigneault JP. (2000). Symptomatic interarticular migration of glenoid suture anchors. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 16 (1), 102-105.
- 619.- Singer EA, Golijanin DJ, Davis RS, Dogra V. (2006). What's new in urologic ultrasound? *The Urologic Clinics of North America*. 33 (3), 279-286.
- 620.- Sirard MA, Lambert RD. (1986). Birth of calves after in vitro fertilisation using laparoscopy and rabbit oviduct incubation of zygotes. *The Veterinary Record*. 119 (8), 167-169.
- 621.- Slotow R, Hunter L. (2009). Reintroduction decisions taken at the incorrect social scale devalue their conservation contribution: The african lion in south africa. *Reintroduction of Top-Order Predators*. 7 43.
- 622.- Smith AI, Polglase AL. (1993). Laparoscopic vasectomy. *The Medical Journal of Australia*. 158 (5), 358.
- 623.- Smith C, Dowling B, Dart A. (2005). Recent advances in equine abdominal surgery. *The Veterinary Journal*. 170 (1), 41-51.
- 624.- Smith SE, Devine DV. (2013). Hand-Assisted laparoscopic ovariohysterectomy and colpotomy in standing mares. *Veterinary Surgery*. 42 (5), 586-590.
- 625.- Smith LJ, Mair TS. (2008). Unilateral and bilateral laparoscopic ovariohysterectomy of mares by electrocautery. *The Veterinary Record*. 163 (10), 297-300.
- 626.- Smithsonian NZP. First Successful Reverse Vasectomy on Endangered Species Performed at the National Zoo. (2008)  
<http://nationalzoo.si.edu/Animals/AsiaTrail/News/PHorse.cfm> Fecha de acceso: 15/10/14 Connecticut, Washington, EEUU.
- 627.- Smulders J, De Hingh I, Stavast J, Jackimowicz J. (2007). Exploring new technologies to facilitate laparoscopic surgery: Creating intestinal anastomoses

- without sutures or staples, using a radio-frequency-energy-driven bipolar fusion device. *Surgical Endoscopy*. 21 (11), 2105-2109.
- 628.- Söderquist L, Madrid-Bury N, Rodriguez-Martínez H. (1997). Assessment of ram sperm membrane integrity following different thawing procedures. *Theriogenology*. 48 (7), 1115-1125.
- 629.- Sokal D, Irsula B, Hays M, Chen-Mok M, Barone MA, Investigator Study Group. (2004). Vasectomy by ligation and excision, with or without fascial interposition: A randomized controlled trial [ISRCTN77781689]. *BMC Medicine*. 2 6.
- 630.- Solano A, Valverde A, Desrochers A, Nykamp S, Bouré L. (2009). Behavioural and cardiorespiratory effects of a constant rate infusion of medetomidine and morphine for sedation during standing laparoscopy in horses. *Equine Veterinary Journal*. 41 (2), 153-159.
- 631.- Soper NJ, Brunt LM, Kerbl K. (1994). Laparoscopic general surgery. *The New England Journal of Medicine*. 330 (6), 409-419.
- 632.- Spah CE, Elkins A, Wehrenberg A, Jaffe MH, Baird DK, Naughton JF, Payton ME. (2013). Evaluation of two novel self-anchoring barbed sutures in a prophylactic laparoscopic gastropexy compared with intracorporeal tied knots. *Veterinary Surgery*. 42 (8), 932-942.
- 633.- Spaner SJ, Warnock GL. (1997). A brief history of endoscopy, laparoscopy, and laparoscopic surgery. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques. Part A*. 7 (6), 369-373.
- 634.- Spurlock GH, Robertson JT. (1988). Congenital inguinal hernias associated with a rent in the common vaginal tunic in five foals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 193 (9), 1087-1088.
- 635.- Srinivasan A, Trus TL, Conrad AJ, Scarbrough TJ. (1999). Common laparoscopic procedures in swine: A review. *Journal of Investigative Surgery : The Official Journal of the Academy of Surgical Research*. 12 (1), 5-14.
- 636.- St. John D, Palmer SE. (1998). Laparoscopy in the horse: Comparative keyhole surgery. *Equine Veterinary Journal*. 30 (2), 91-92.
- 637.- St. Peter SD, Ostlie DJ. (2011). The necessity for prospective evidence for single-site umbilical laparoscopic surgery. *Seminars in Pediatric Surgery*. 20 (4), 232-236.
- 638.- Steele JC, Sura PA, Ramsay EC, Reilly S, Seddighi R, Whittemore J. (2012). Laparoscopic-assisted ovariectomy of tigers (*Panthera tigris*) with the use of the LigaSure device. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians*. 43 (3), 566-572.
- 639.- Stetter MD. (2010). Minimally invasive surgical techniques in bony fish (Osteichthyes). *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice*. 13 (2), 291-299.
- 640.- Stewart SG, Johnston JK, Parente EJ. (2014). Hand-assisted laparoscopic repair of a grade IV rectal tear in a postparturient mare. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 245 (7), 816-820.

- 641.- Stoianovici D. (2001). URobotics—urology robotics at johns hopkins. *Computer Aided Surgery*. 6 (6), 360-369.
- 642.- Stolzenburg J, Truss MC, Rabenalt R, Do M, Schwalenberg T, Katsakiori PF, McNeill A, Liatsikos E. (2007). Training in laparoscopy. *Eau-Ebu Update Series*. 5 (2), 53-62.
- 643.- Stopa R. (2003). About biomaterials and how they work in groin hernia repairs. *Hernia*. 7 (2), 57-60.
- 644.- Stout TA, Colenbrander B. (2004). Suppressing reproductive activity in horses using GnRH vaccines, antagonists or agonists. *Animal Reproduction Science*. 82 633-643.
- 645.- Sucher JF, MacFadyen BV,Jr. (2002). Imaging modalities for acute abdominal pain. *Seminars in Laparoscopic Surgery*. 9 (1), 3-9.
- 646.- SULLIVAN, J., et al. 2003. Balloon Yielded Delivery System and Endovascular Graft Design for Easy Deployment. Patent and Trademark Office. Washington, EEUU: Google Patents.
- 647.- Sutter WW, Hardy J. (2004). Laparoscopic repair of a small intestinal mesenteric rent in a broodmare. *Veterinary Surgery*. 33 (1), 92-95.
- 648.- Sweet J, Hendrickson DA, Stetter M, Neiffer DL. (2014). Exploratory rigid laparoscopy in an african elephant (*loxodonta africana*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine : Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians*. 45 (4), 941-946.
- 649.- Tan K, Chua C, Leong K, Cheah C, Cheang P, Bakar MA, Cha S. (2003). Scaffold development using selective laser sintering of polyetheretherketone-hydroxyapatite biocomposite blends. *Biomaterials*. 24 (18), 3115-3123.
- 650.- Tapia-Araya AE, Martin-Portugués ID, Sánchez-Margallo FM. (2015). Veterinary laparoscopy and minimally invasive surgery. *Companion Animal*. 20 (7), 382-392.
- 651.- Tapiro H, Hewetson M, Sihvo H. (2012). An unusual cause of colic in a neonatal foal. *Equine Veterinary Education*. 24 (7), 334-339.
- 652.- Tataje TB. Evaluación En Campo De La Castración Química En Perros Usando Gluconato de Zinc. (2014) <http://cybertesis.unmsm.edu.pe> .
- 653.- Tate LP,Jr, Fogle CA, Bailey CS, Tate KB, Davis JW. (2012). Laparoscopic-assisted colpotomy for ovariectomy in the mare. *Veterinary Surgery*. 41 (5), 625-628.
- 654.- Taylor AH, Bolt DM. (2011). Persistent penile erection (priapism) after acepromazine premedication in a gelding. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 38 (5), 523-525.
- 655.- Teixeira PPM, Junior F, Luiz O, Medeiros RM, Silva MAM, Coutinho LN, Poló TS, Marques JA, Vicente WRR. (2013). Laparoscopic adhesiolysis in a mini pony. *Acta Scientiae Veterinariae*. 41 (1).
- 656.- Tekkis PP, Senagore AJ, Delaney CP, Fazio VW. (2005). Evaluation of the learning curve in laparoscopic colorectal surgery: Comparison of right-sided and left-sided resections. *Annals of Surgery*. 242 (1), 83-91.

- 657.- Ternamian AM. (1998). A trocarless, reusable, visual-access cannula for safer laparoscopy; an update. *The Journal of the American Association of Gynecologic Laparoscopists.* 5 (2), 197-201.
- 658.- Ternamian A. (2001). Recent advances in endoscopic entry techniques. *Reviews in Gynaecological Practice.* 1 (2), 60-69.
- 659.- Ternamian A. (2009). I342 laparoscopic entry complications. *International Journal of Gynecology & Obstetrics.* 107, Supplement 2 S85.
- 660.- Thomas AA, Nguyen CT, Dhar NB, Sabanegh ES, Jones JS. (2008). Topical anesthesia with EMLA does not decrease pain during vasectomy. *The Journal of Urology.* 180 (1), 271-273.
- 661.- Thompson DL. (1992). Reproductive physiology of stallion and jack. *En Evans, J.W. (Ed). Horse breeding and management.* (1<sup>a</sup> edición). Elsevier. Texas, EEUU.
- 662.- Thompson IM, Latourette H, Chadwick S, Ross G, Lichti E. (1975). Diagnosis of testicular torsion using doppler ultrasonic flowmeter. *Urology.* 6 (6), 706-707.
- 663.- Tibary A, Anouassi A. (2000). Surgery of the reproductive tract in camels. *En Recent Advances in Camelids Reproduction.* Skidmore JA and Adams GP. editores. International Veterinary Information Service www.ivis.org. Ithaca, New York, EEUU.
- 664.- Tnibar A, Lofstrom A. (2012). Use of a hand access port in hand-assisted laparoscopy in horses. *ECVS Proceedings.* 81-82.
- 665.- Trachsel DS, Grest P, Nitzl D, Wunderlin-Stahli P, Wehrli Eser M. (2010). Diagnostic workup of chronic inflammatory bowel disease in the horse. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde.* 152 (9), 418-424.
- 666.- Traub-Dargatz JL, McKinnon AO. (1988). Adjunctive methods of examination of the urogenital tract. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 4 (3), 339-358.
- 667.- Trostle S. (2000). Gastrointestinal endoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 16 (2), 329-341.
- 668.- Trostle SS, White NA, Donaldson L, Freeman LJ, Hendrickson DA. (1998). Laparoscopic colopexy in horses. *Veterinary Surgery.* 27 (1), 56-63.
- 669.- Trumble TN, Hendrickson DA. (2000). Standing male equine urogenital endoscopic surgery. *The Veterinary Clinics of North America.Equine Practice.* 16 (2), 269-84, v-vi.
- 670.- Trumble TN, Ingle-Fehr J, Hendrickson DA. (2000). Laparoscopic intra-abdominal ligation of the testicular artery following castration in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 216 (10), 1596-8, 1569.
- 671.- Tuohy J, Hendrickson D, Hendrix S, Bohanon T. (2009). Standing laparoscopic repair of a ruptured urinary bladder in a mature draught horse. *Equine Veterinary Education.* 21 (5), 257-261.
- 672.- Turner JW, Kirkpatrick JF. (1986). Fertility control as a management tool for feral horse populations. *Journal of Equine Veterinary Science.* 6 (5), 278-284.
- 673.- Turner RM. (2007). Pathogenesis, diagnosis, and management of testicular degeneration in stallions. *Clinical Techniques in Equine Practice.* 6 (4), 278-284.

- 674.- Umstead JA, Nyack B, Padmore CL. (1986). Inguinal ring herniation in a female shetland pony. *The Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian.* 8 164-167.
- 675.- Uzzo RG, LEMACK GE, MORRISSEY KP, GOLDSTEIN M. (1999). The effects of mesh bioprostheses on the spermatic cord structures: A preliminary report in a canine model. *The Journal of Urology.* 161 (4), 1344-1349.
- 676.- Vaden SL. (2005). Renal biopsy of dogs and cats. *Clinical Techniques in Small Animal Practice.* 20 (1), 11-22.
- 677.- van Bergen T, Wiemer P, Bosseler L, Ugahary F, Martens A. (2015). Development of a new laparoscopic foramen epiploicum mesh closure (FEMC) technique in 6 horses. *Equine Veterinary Journal.* DOI: 10.1111/evj.12427.
- 678.- van der Velden MA. (1988). Surgical treatment of acquired inguinal hernia in the horse: A review of 51 cases. *Equine Veterinary Journal.* 20 (3), 173-177.
- 679.- van der Velden MA, Klein WR. (1994). A modified technique for implantation of polypropylene mesh for the repair of external abdominal hernias in horses: A review of 21 cases. *The Veterinary Quarterly.* 16 Suppl 2 S108-10.
- 680.- Van Der Velden MA, Van Der Harst MR. (2004). Inguinal herniation in foals. literature review and a case report. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde.* 129 (9), 286-292.
- 681.- Van Der Velden MA. (2005). The castration of a stallion; past, present and future. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde.* 130 (10), 312-317.
- 682.- Van Dijk P, Lankveld D, Rijkenhuizen A, Jonker F. (2003). Hormonal, metabolic and physiological effects of laparoscopic surgery using a detomidine–buprenorphine combination in standing horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia.* 30 (2), 71-79.
- 683.- Van Hoogmoed LM, Galuppo LD. (2005). Laparoscopic ovarioectomy using the endo-GIA stapling device and endo-catch pouches and evaluation of analgesic efficacy of epidural morphine sulfate in 10 mares. *Veterinary Surgery.* 34 (6), 646-650.
- 684.- van Leeuwen E, Janowitz H, Willemen MA. (2000). Laparoscopic positioning and attachment of stomach displacement to the left in the cow. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde.* 125 (12), 391-392.
- 685.- Van Nimwegen SA, Kirpensteijn J. (2014). Chapter 24 - endoscopic surgery in cats: Laparoscopy. En Langley-Hobbs, J.L.; Demetriou J.F.; Ladlow, S.J. (Ed). *Feline Soft Tissue and General Surgery.* (1<sup>a</sup> edición). Elsevier Health Science. Cambridge, Reino Unido.
- 686.- Vaughan JT. (1980). Surgery of the testes. En Walker, D.F., Vaughan, J.T. (Ed). *Bovine and equine urogenital surgery.* (1<sup>a</sup> edición). Lea&Febiger. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 687.- Vázquez FJ, Romero A, Gómez-Arrue J, Zabarte A, Casado MP. (2008) Uso de la laparoscopia en el diagnóstico de neoplasias abdominales en équidos: 2 casos clínicos. *XVI Jornadas Internacionales de la SECIVE.* Zaragoza, España.
- 688.- Vázquez FJ. (2012). Comunicación Personal. Universidad de Zaragoza.
- 689.- Vázquez FJ. (2014). Comunicación Personal. Universidad de Zaragoza.

- 690.- Vázquez FJ. (2015). Avances en cirugía laparoscópica equina: Caracterización de la reacción peritoneal y evaluación de técnicas de acceso. *Tesis Doctoral de la Universidad de Zaragoza.*
- 691.- Vázquez JM, Martínez EA, Martínez P, Garcia-Artiga C, Roca J. (1997). Hypoosmotic swelling of boar spermatozoa compared to other methods for analysing the sperm membrane. *Theriogenology.* 47 (4), 913-922.
- 692.- Vázquez JM, Martínez EA, Roca J, Matas C, Blanco O. (1998). The fertilizing ability assessment of fresh and stored boar semen. *Reproduction in Domestic Animals.* 33 (3-4), 267-270.
- 693.- Velasco MA, Garzón DA. (2010). Implantes scaffolds para regeneración ósea.: Materiales, técnicas y modelado mediante sistemas de reacción-difusión. *Revista Cubana De Investigaciones Biomédicas.* 29 (1), 0-0.
- 694.- Velázquez RJ. (2004) . “El síndrome abdominal agudo “cólico”: ¿Tratamiento médico o quirúrgico? *Congreso Nacional AMMVEE.* Chihuahua. México.
- 695.- Verwilghen D, Hernlund E, Ekman S, Pringle J, Johnston C, Galen G. (2013). A giant nonstrangulating mesenteric lipoma as a cause of recurrent colic in a horse. *Equine Veterinary Education.* 25 (9), 451-455.
- 696.- Villamil R, Aranha H, Chaves M, Mercadante M, Agostinho S. (2002). Aços inoxidáveis em implantes ortopédicos: Fundamentos e resistência à corrosão. *Rev.Bras.Ortop.* 37 (11/12), 471-476.
- 697.- Villaseñor C, Palacios M, González A. (2012). Principios físicos básicos del ultrasonido. *Investigación en Discapacidad.* 1 (1), 25-34.
- 698.- Vilos GA, Ternamian A, Dempster J, Laberge PY. (2007). Laparoscopic entry: A review of techniques, technologies, and complications. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada.* 29 (5), 433-465.
- 699.- Virgin J, Hendrickson D, Wallis T, Rao S. (2010). Comparison of intraoperative behavioral and hormonal responses to noxious stimuli between mares sedated with caudal epidural detomidine hydrochloride or a continuous intravenous infusion of detomidine hydrochloride for standing laparoscopic ovarioectomy. *Veterinary Surgery.* 39 (6), 754-760.
- 700.- Vitte A, Mespoulhès-Rivière C, Lechartier A, Rossignol F. (2013). Removal of cystic calculi using a transinguinal laparoscopic-assisted technique in two stallions. *Equine Veterinary Education.* 25 (11), 573-577.
- 701.- Voermans M, Rijkenhuizen AB, van der Velden MA. (2006). The complex blood supply to the equine testis as a cause of failure in laparoscopic castration. *Equine Veterinary Journal.* 38 (1), 35-39.
- 702.- Voermans M, van der Velden MA. (2006). Unsuccessful laparoscopic castration in a cryptorchid frisian stallion. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde.* 131 (21), 774-777.
- 703.- Waguespack R, Belknap J, Williams A. (2001). Laparoscopic management of postcastration haemorrhage in a horse. *Equine Veterinary Journal.* 33 (5), 510-513.

- 704.- Wake BL, McCormack K, Fraser C, Vale L, Perez J, Grant A. (2005). Transabdominal pre-peritoneal (TAPP) vs totally extraperitoneal (TEP) laparoscopic techniques for inguinal hernia repair. *The Cochrane Library*. 9 (2): pp 109-114-
- 705.- Walesby HA, Ragle CA, Booth LC. (2002). Laparoscopic repair of ruptured urinary bladder in a stallion. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 221 (12), 1737-41, 1715.
- 706.- Walker DF. (1990). Genital surgery of the bull. En Morrow, D.A.(Ed). *Current Therapy in Theriogenology*. (1<sup>a</sup> edición). W.B.Saunders. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 707.- Walmsley JP. (1999). Review of equine laparoscopy and an analysis of 158 laparoscopies in the horse. *Equine Veterinary Journal*. 31 (6), 456-464.
- 708.- Wantz G, Schwartz S, Shires G, Spencer F, Daly J, Fischer J, Galloway A. (2000). Hernias de la pared abdominal. *Schwartz SI, Shires GT, Spencer FC, Daly JM, Fischer JE, Galloway AC. Principios De Cirugía*. 7 1689-1714.
- 709.- Watanabe Y, Yamada D, Kobayashi K, Ryu S, Akashi Y, Miyoshi A. (2012). Single-incision laparoscopic surgery for small bowel perforation by a fish bone. *The American Surgeon*. 78 (12), E513-4.
- 710.- Wayne C, Simon A. (1987). *Equine Surgery Advanced Techniques*. (1<sup>a</sup> edición) Lea and Febiger. Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.
- 711.- Weber SA, Vázquez FJ, Cueto GJ. (1998). La hernia inguinal en la era laparoscópica. reparación tipo tratamiento laparoscópico transabdominal preperitoneal (abordaje transabdominal preperitoneal). *Cirugía General*. 20 (Supl 1), 21-28.
- 712.- Wespes E. (2014). Vasectomy in male contraception and its reversal. *European Urology Supplements*. 13 (4), 68-72.
- 713.- Whiteford MH, Swanstrom LL. (2007). Emerging technologies including robotics and natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) colorectal surgery. *Journal of Surgical Oncology*. 96 (8), 678-683.
- 714.- Whyte J, Sarrat R, Ortiz PP, Mazo R, Whyte A, Torres A, Cisneros A. (1998). A morphological and morphometric study of the testicle in the rat vasectomized by electrocautery technics. *Archivos Espanoles De Urologia*. 51 (9), 849-855.
- 715.- Whyte J, Sarrat R, Cisneros AI, Whyte A, Mazo R, Torres A, Lazaro J. (2000). The vasectomized testis. *International Surgery*. 85 (2), 167-174.
- 716.- Whyte J, Cisneros AI, Rubio E, Whyte A, Mazo R, Torres A, Sarrat R. (2002). Morphometric study of testis of wistar rat after open-ended vasectomy. *Clinical Anatomy*. 15 (5), 335-339.
- 717.- Widlt DE, Seager SWJ, Bridges CH. (1981). Sterilization of the male dog and cat by laparoscopic occlusion of the ductus deferens. *American Journal of Veterinary Research*. 42 1888-1897.
- 718.- Wilderjans H, Simon O, Boussauw B. (2008) A novel approach to the management of inguinal hernias: Result of manual closed, nonsurgical reduction followed by a delayed laparoscopic closure of the vaginal ring. *47<sup>th</sup> British Equine Veterinary Association Congress*. Liverpool, United Kingdom.

- 719.- Wilderjans H. (2011) Equine laparoscopy: Laparoscopy of the GI tract in the horse. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of the World Equine Veterinary Association (WEVA)*. Hyderabad, India.
- 720.- Wilderjans H, Meulyzer M, Simon O. (2012). Standing laparoscopic peritoneal flap hernioplasty technique for preventing recurrence of acquired strangulating inguinal herniation in stallions. *Veterinary Surgery*. 41 (2), 292-299.
- 721.- Wildt DE, Bush M, Whitlock BS, Seager SWJ. (1978). Laparoscopy: A method for direct examination of internal organs in zoo veterinary medicine and research. *International Zoo Yearbook*. 18 (1), 194-197.
- 722.- Wildt DE, Morcom CB, Dukelow WR. (1975). Laparoscopic pregnancy diagnosis and uterine fluid recovery in swine. *Journal of Reproduction and Fertility*. 44 (2), 301-304.
- 723.- Wildt DE, Kinney GM, Seager SW. (1977). Laparoscopy for direct observation of internal organs of the domestic cat and dog. *American Journal of Veterinary Research*. 38 (9), 1429-1432.
- 724.- Wildt DE, Seager SW, Bridges CH. (1981). Sterilization of the male dog and cat by laparoscopic occlusion of the ductus deferens. *American Journal of Veterinary Research*. 42 (11), 1888-1897.
- 725.- Williams DF. (1999). *The Williams dictionary of biomaterials*. Liverpool University Press.
- 726.- Williams D, McNamara A, Turner R. (1987). Potential of polyetheretherketone (PEEK) and carbon-fibre-reinforced PEEK in medical applications. *Journal of Materials Science Letters*. 6 (2), 188-190.
- 727.- Wilson DG. (2012). Colopexy. En Ragle, C.A.(Ed). *Advances in equine laparoscopy*. (1<sup>a</sup> edición). Colopexy. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- 728.- Wilson DA, Baker GJ, Boero MJ. (1995). Complications of celiotomy incisions in horses. *Veterinary Surgery*. 24 (6), 506-514.
- 729.- Wilson DG. (2001). Indications and results of exploratory laparotomy in the horse. En Wilson, D.G. *Recent Advances in Laparoscopy and Thoracoscopy*. International Veterinary Information Service, www.ivis.org. Ithaca, New York, EEUU.
- 730.- Wilson AD, Ferguson JG. (1984). Use of a flexible fiberoptic laparoscope as a diagnostic aid in cattle. *The Canadian Veterinary Journal.La Revue Veterinaire Canadienne*. 25 (6), 229-234.
- 731.- Wilson DG, Hendrickson DA, Cooley AJ, Degrave-Madigan E. (1996). Laparoscopic methods for castration of equids. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 209 (1), 112-114.
- 732.- Withers J, Mair T. (2008). Internal (intra-abdominal) herniation in the horse. *Equine Veterinary Education*. 20 (12), 639-646.
- 733.- Witherspoon DM, Kraemer SG, Seager SW. (1980). *Laparoscopy in the horse*. (1<sup>a</sup> edición) Williams & Wilkins. Baltimore, Maryland, EEUU.
- 734.- Witherspoon DM, Talbot RB. (1970a). Nocturnal ovulation in the equine animal. *The Veterinary Record*. 87 (11), 302-304.

- 735.- Witherspoon DM, Talbot RB. (1970b). Ovulation site in the mare. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 157 (11), 1452-1459.
- 736.- Witherspoon DM, Adsit ME, Williams DJ. (1972). Closed-circuit television as an instructional aid in examination of genital tracts of mares and cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 160 (8), 1129-1130.
- 737.- Witte TH, Wilke M, Stahl C, Jandova V, Haralambus R, Straub R. (2013). Use of a hand-assisted laparoscopic surgical technique for closure of an extensive mesojejunal rent in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 243 (8), 1166-1169.
- 738.- Wittek T, Locher LF, Alkaassem A, Constable PD. (2009). Effect of surgical correction of left displaced abomasum by means of omentopexy via right flank laparotomy or two-step laparoscopy-guided abomasopexy on postoperative abomasal emptying rate in lactating dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 234 (5), 652-657.
- 739.- Wittern C, Hendrickson DA, Trumble T, Wagner A. (1998). Complications associated with administration of detomidine into the caudal epidural space in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 213 (4), 516-518.
- 740.- World Health Organization. (1999). *WHO Laboratory Manual for the Examination of Human Semen and Sperm-Cervical Mucus Interaction*. (4th edición) Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- 741.- Zamora-Meraz R. *Historia De La Cirugía Endoscópica*. (2012) <http://www.anestesia.com.mx/endos.html> Fecha de acceso 20/12/2014 .
- 742.- Zebeli Q, Keßner J, Kliseviciute V, Rijkenhuizen AB. (2015). Dietary approaches to optimize the fasting period before laparoscopic surgery in horses: An overview. *Journal of Equine Veterinary Science*. 35 (9): 701-708.
- 743.- Zhang H, Liu T, Wang Y, Liu HF, Zhang JT, Wu YS, Lei L, Wang HB. (2014). Laparoscopic left hepatectomy in swine: A safe and feasible technique. *Journal of Veterinary Science*. 15 (3), 417-422.
- 744.- Zhao JK, Chen NZ, Zheng JB, He S, Sun XJ. (2014). Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer: Results of a systematic review and meta-analysis on clinical efficacy. *Molecular and Clinical Oncology*. 2 (6), 1097-1102.
- 745.- Zicarelli L, Esposito L, Campanile G, Di Palo R, Armstrong D. (1997). Effects of using vasectomized bulls in artificial insemination practice on the reproductive efficiency of italian buffalo cows. *Animal Reproduction Science*. 47 (3), 171-180.
- 746.- Zieren J, Beyersdorff D, Beier KM, Müller JM. (2001). Sexual function and testicular perfusion after inguinal hernia repair with mesh. *The American Journal of Surgery*. 181 (3), 204-206.
- 747.- Zuba J, Stetter M, Dover S, Briggs M. (2003) Development of rigid laparoscopy techniques in elephants and rhinoceros. *Joint Conference American Association of Zoo Veterinarians*. Minneapolis, Minnesota, EEUU.
- 748.- Zwart P, Dorresteijn G, Stades F, Broer B. (1979). Vasectomy in the garter snake (*Thamnophis sirtalis radix*). *The Journal of Zoo Animal Medicine*. 17-21.



## ANEXOS





**ANEXO 1: LISTADO DE FIGURAS**

- Figura 2.1. Espéculos vaginales romanos. Izquierda: trivalvo. Derecha: cuatrivalvo..... 21
- Figura 2.2. Izquierda: iluminador de Bozzini (1805). Derecha: iluminador de Desormeaux (1853)..... 22
- Figura 2.3. Cistoscopio concebido por Max Nitze. ..... 23
- Figura 2.4. El Doctor Kurt Semm mostrando las aplicaciones del *Pelvic Trainer*. ..... 25
- Figura 2.5. Realización de una laparoscopia humana con el sistema Da Vinci..... 26
- Figura 2.6. Laparoscopia docente en el HVUZ: alumna realizando una palpación transrectal mientras visualiza las estructuras anatómicas que palpa. ..... 32
- Figura 2.7. Ilustraciones del Principio de la triangulación en laparoscopia. Izquierda: triangulación en una laparoscopia realizada en posición de Trendelenburg. Derecha: triangulación en una intervención laparoscópica realizada con el caballo en estación. ..... 33
- Figura 2.8 Ovariectomía laparoscópica realizada en el HVUZ. Imagen de la realización de la hemostasia del mesovario mediante el uso de un sellador bipolar inteligente..... 34
- Figura 2.9. Ovariectomía laparoscópica empleando el sistema SILS™ en el HVUZ. Izquierda: imagen del dispositivo SILS™ en el flanco izquierdo. Derecha: extrayendo el ovario izquierdo a través de la incisión única empleada para colocar el dispositivo. ..... 35
- Figura 2.10: Uso de una bolsa de recogida en una ovariectomía laparoscópica realizada en el HVUZ..... 36
- Figura 2.11. Realización de la hemostasia del cordón testicular mediante el uso de un sellador bipolar inteligente en una criptorquidectomía realizada en el HVUZ. ..... 37
- Figura 2.12. Imagen de una laparoscopia control de una obliteración del espacio nefroesplénico realizada en el HVUZ. A: riñón izquierdo, B: bazo, C: malla sintética, D: endograpas. ..... 38
- Figura 2.13. Vista laparoscópica de la entrada del foramen epiploico. Los límites incluyen el pliegue gastropancreático y el lóbulo derecho del páncreas (A), la vena porta (B), la vena cava caudal (C ), y el lóbulo caudado del hígado (D). ..... 39
- Figura 2.14. Esquema del montaje de las mallas para la construcción del diábolo utilizado para la técnica de cierre del foramen epiploico descrita por van Bergen en 2015. 1: extensión de la malla, 2: se coloca una pinza en el centro de la malla, 3: la malla se enrolla alrededor de la pinza para crear un rulo, 4: el rulo de malla se dobla por la mitad, 5: una vez doblada

la malla, se pasa un hilo de sutura por el centro, 6: el procedimiento se realiza de la misma forma con otra malla para luego poder unirlas con el hilo de sutura, adoptando ambas la forma de un diábolo.....	40
- Figura 2.15. Imbricación útero-mesometrial vía laparoscópica. ....	41
- Figura 2.16. Resolución de una hemorragia post-castración vía laparoscópica en el HVUZ.....	43
- Figura 2.17. Dispositivos selladores inteligentes empleados en el HVUZ. Arriba: <i>Gyrus Plasmakinetic®</i> . Abajo: <i>LigaSure™</i> .....	46
- Figura 2.18. Utilización de dos monitores durante una laparoscopia bajo anestesia general realizada en el HVUZ. ....	48
- Figura 2.19. Potro de contención del HVUZ, especialmente diseñado para cirugía laparoscópica en estación. ....	50
- Figura 2.20. Administración de una Infusión continua (CRI) de $\alpha_2$ adrenérgicos y opioide, durante una cirugía laparoscópica en HVUZ .....	52
- Figura 2.21. Punto de acceso laparoscópico por el flanco izquierdo.....	54
- Figura 2.22. Pistola del sistema de acceso laparoscópico <i>Visiport™</i> . ....	57
- Figura 2.23. Cánula de Termanian. Izquierda: válvula proximal y cánula desmontadas. Derecha: punta roma de la cánula, tal y como podemos observar en la imagen, la cánula es hueca y permite albergar el laparoscopio. ....	58
- Figura 2.24: Colocación del primer portal laparoscópico sin insuflación previa del abdomen y bajo control laparoscópico utilizando la cánula de Ternamian. ....	58
- Figura 2.25. Caída de una yegua mientras se prepara para un procedimiento laparoscópico en estación en el HVUZ.....	60
- Figura 2.26. Demostración de Cooper sobre de los efectos sobre el testículo de la ligadura de los conductos deferentes (ilustración izquierda) por un lado y de los vasos espermáticos en el otro (ilustración derecha). ....	66
- Figura 2.27. Pinza hemostática disectora y pinza de agarre utilizadas en la vasectomía sin bisturí.....	69
- Figura 2.28. Ligadura y escisión del conducto deferente. ....	70
- Figura 2.29. Clips para vasectomía.....	71
- Figura 2.30: Técnica de interposición fascial. ....	71
- Figura 2.31. Localización de lugar de abordaje, aislamiento y sección del conducto deferente en la vasectomía laparoscópica descrita en medicina humana.....	71
- Figura 2.32. Imágenes de la técnica de vasectomía en carneros realizada en el HVUZ. A: exteriorización del cordón espermático. B: Disección del conducto deferente. C y D: ligadura del conducto deferente. ....	76

- Figura 2.33. Esquema representativo de las diferentes alternativas de control de poblaciones de animales salvajes. ....	79
- Figura 2.34. Vasectomía vía laparoscópica en el elefante africano. Tomado de: <a href="http://www.elepmp.org/what-we-do/programs-initiatives.html">http://www.elepmp.org/what-we-do/programs-initiatives.html</a> .....	80
- Figura 2.35. Izquierda: hernia umbilical en un potro de 7 meses remitido al HVUZ. Derecha: reducción de una hernia umbilical en un potrillo utilizando un patrón de sutura continuo en el HVUZ.....	85
- Figura 2.36. Tratamiento quirúrgico de una hernia de Richter en íleon realizada en el HVUZ.....	85
- Figura 2.37. Resultado de la reparación quirúrgica de una hernia abdominal lateral en una yegua intervenida en el HVUZ.....	86
- Figura 2.38. Colocación retroperitoneal de la malla en un caso de hernia abdominal lateral intervenida el HVUZ. ....	87
- Figura 2.39. Reparación de una hernia incisional en la línea media ventral intervenida en el HVUZ.....	88
- Figura 2.40. Ilustración anatómica de la región inguinal y de la porción pélvica de la pared abdominal en el caballo. Izquierda: aspectos internos de la pared abdominal. Derecha: aspectos externos de la pared abdominal. 1: músculo psoas mayor, 2: músculo oblicuo interno abdominal, 3: anillo inguinal interno, 4: músculo recto abdominal, 5: músculo transverso abdominal, 7: anillo inguinal externo, 8: músculo oblicuo externo abdominal.....	93
- Figura 2.41. Hernia inguinal congénita en un potrillo Pura Raza Español intervenido en el HVUZ.....	94
- Figura 2.42. Hernia inguinal directa.....	95
- Figura 2.43. Simulación de una hernia inguinal indirecta. a: conducto deferente, b: cordón espermático, c: anillo inguinal, d: canal inguinal formado por túnica vaginal, e: testículo. El tubo de plástico azul simularía la herniación del intestino a través del anillo inguinal hasta el espacio escrotal.....	95
- Figura 2.44. Ecografía testicular bilateral realizada en un diagnóstico de hernia inguinal en el HVUZ. Izquierda: testículo izquierdo normal. Derecha: testículo derecho rodeado de asas de intestino delgado.....	97
- Figura 2.45. Tratamiento quirúrgico de una hernia inguinal estrangulada intervenida en el HVUZ: Incisión en escroto y túnica vaginal a través de la cual se observa el testículo y una porción de intestino delgado isquémica. ....	99
- Figura 2.46. Cierre parcial del anillo inguinal vía laparoscópica con malla retroperitoneal realizado en el HVUZ.....	101
- Figura 2.47. Colocación de un cilindro de malla en el interior del canal inguinal en el HVUZ. La fijación de la malla se realizó posteriormente mediante el uso de endograpas helicoidales. .....	101

- Figura 2.48. Ilustración sobre la localización de los testículos en la especie equina.....	106
- Figura 2.49. Ilustración de las fascias que recubren al testículo. (a): escroto, (b): túnica dartos, (c): túnica vaginal. ....	107
- Figura 2.50. Ilustración anatómica del testículo, del epidídimo y del cordón espermático. ....	108
- Figura 2.51. Corte transversal del cordón espermático. (a): músculo cremáster, (b): túnica vaginal parietal, (c): túnica vaginal visceral, (d): venas testiculares que forman el plexo pampiniforme, (e): arteria testicular, (f): conducto deferente.....	110
- Figura 2.52. Corte transversal del conducto deferente en el que se pueden observar la presencia de espermatozoides en la luz y las distintas capas que conforman la pared del conducto.....	111
- Figura 2.53. Ecografía testicular en modo CDU (Color Doppler Ultrasound) y PD (Power Doppler) combinados. En la parte superior se refleja el modo CDU, a través del cual, en la imagen ecográfica se selecciona el vaso que se desea valorar (en este caso la porción marginal de la arteria testicular). La parte inferior de la imagen muestra el modo PD, que registra las variaciones de la amplitud de los ecos determinando, determinando la velocidad del flujo del vaso seleccionado en el modo CDU, a lo largo de cada ciclo cardíaco. ....	114
- Figura 2.54. Localizaciones de la sonda para tomar las mediciones del flujo sanguíneo de la arteria testicular según el estudio de Pozor. a) cordón espermático, parte convolucionada, b) eje epididimario, aspecto marginal, c) polo caudal del testículo, aspecto marginal.....	117
- Figura 2.55. Ecografía modo Doppler pulsado. A: onda bifásica resistente. B: onda bifásica no resistente. C: onda monofásica no resistente.....	118
- Figura 2.56. Modelo de <i>phantom</i> utilizado para la extracción de semen en el Centro Militar de Cría Caballar de Zaragoza. La yegua se introduce en el potro de contención, que está colocado justo al lado del maniquí.....	121
- Figura 2.57. VA modelo Missouri con sus fundas protectoras, el recipiente de recogida y el filtro que se incorpora en su interior.....	123
- Figura 2.58. Extracción de semen con el modelo de VA Missouri.....	123
- Figura 2.59. Modelo comercial de preservativo para caballos ( <i>Pro-Safe®</i> ). ....	125
- Figura 2.60. Colector cervical.....	127
- Figura 2.61. Espermatozoide típico de la especie equina.....	128
- Figura 2.62. Espectrofotómetro modelo <i>Spermacue®</i> (Mini Tube, Tarragona, España).....	130
- Figura 3.1. Equipamiento laparoscópico general. 1: monitor de alta definición, 2: unidad de control de cámara, 3: fuente de luz fría de Xenon, 4: insuflador laparoscópico, 5: filtro de aire. ....	153

- Figura 3.2. Instrumentos laparoscópicos utilizados en la técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación. Izquierda arriba: disector, tijeras y fórceps atraumáticos. Derecha arriba: dispositivo sellador inteligente. Abajo: cánulas y trocares..... 154
- Figura 3.3. Izquierda: realización de sondaje uretral previo a la intervención. Derecha: Colocación de paño sobre los ojos y de tapones de gasa en las orejas..... 155
- Figura 3.4. Preparación aséptica de ambos flancos: rasurado (imagen izquierda y central) y limpieza y desinfección con Clorhexidina (abajo)..... 155
- Figura 3.5. Imagen que muestra la colocación de los paños así como la preparación del campo quirúrgico. ..... 156
- Figura 3.6. Imagen que ilustra el tamaño de la incisión realizada para la colocación de la cánula de Ternamian. ..... 157
- Figura 3.7. Acceso laparoscópico sin insuflación previa mediante el uso de la cánula óptica helicoidal..... 157
- Figura 3.8. Localización con el laparoscopio del anillo inguinal (AI) y del conducto deferente (CD). ..... 158
- Figura 3.9. Colocación del segundo portal bajo control laparoscópico. ..... 159
- Figura 3.10. Esquema de los lugares de colocación de los 3 portales laparoscópicos: Rojo: primer portal. Morado: segundo portal. Amarillo: tercer puerto laparoscópico. ..... 159
- Figura 3.11. Izquierda: realización del acceso laparoscópico por el flanco derecho, bajo control laparoscópico desde el lado izquierdo. Derecha: visión laparoscópica desde el lado izquierdo, momento en el que la cánula está a punto de perforar el peritoneo. ..... 160
- Figura 3.12. Aspectos a valorar en la libido de un semental. Arriba izquierda: el caballo mira y se acerca a la yegua en celo. Arriba derecha: reflejo de Flehmen. Abajo izquierda: mordisquea a la yegua. Abajo derecha: lame las extremidades posteriores y entra en erección. ..... 161
- Figura 3.13. Izquierda: extracción de semen con vagina artificial tipo Missouri. Derecha: se puede observar el momento en el que se baja el extremo distal de la VA..... 162
- Figura 3.14. Representación de la rejilla grabada sobre la cámara de Neubauer. Los cuadrados pequeños resaltados en rojo son los que suelen seleccionar más frecuentemente para el conteo de los espermatozoides.... 163
- Figura 3.15. Ilustración de los tipos de movimientos de los espermatozoides y categorías según la OMS (World Health Organization, 1999). 1: Progresivo rápido, 2: progresivo lento, 3: no progresivo, 4: estático..... 164
- Figura 3.16. Izquierda: zona quirúrgica para la inserción del portal laparoscópico. Derecha: realización de la laparoscopia exploratoria para reevaluar la zona intervenida. ..... 164

- Figura 3.17. Visión laparoscópica del conducto deferente derecho desde el flanco izquierdo.....170
- Figura 4.1. Esquema sobre las alternativas de prevención de hernia inguinal. En la imagen se equipara el canal inguinal con un embudo. A: cierre de la entrada del “embudo” (anillo inguinal interno). B: cierre por debajo de la entrada del “embudo” (estrechamiento del canal inguinal). El rectángulo alargado que desciende a través del “embudo” representa el cordón espermático.....179
- Figura 4.2. Imagen izquierda: prototipo A en la que se observa, la punta, el cuerpo y el tope en forma de cruz. Imagen derecha: aplicador .....181
- Figura 4.3. Esquema de un corte transversal de la zona intervenida que refleja cómo quedó finalmente implantado el prototipo A. 1: solapa axial del anillo inguinal. 2: músculo oblicuo interno abdominal y cremáster. 3: arpón totalmente incluido en los músculos, pero incapaz de abarcar todo el espesor de tejido.....182
- Figura 4.4. Prototipo B. Izquierda: botón con dos orificios por los que se enhebran los extremos de la sutura y arpón con orificio para enhebrar la sutura. Centro: arpón con sutura enhebrada. Derecha: extremo del empuja-nudos metálico. .....183
- Figura 4.5. Extremo del empujador con las muescas y un pestillo asegurador para fijar los hilos de sutura.....183
- Figura 4.6. Colocación de los portales laparoscópicos para la colocación del Prototipo B. Punto azul: primer portal, punto morado: segundo portal, punto verde: tercer portal. .....184
- Figura 4.7. Izquierda: arpón montado con la sutura en el empujador. Derecha: empujador recubierto del cilindro protector. .....184
- Figura 4.8. Descripción esquemática de la técnica planteada con el segundo prototipo del dispositivo. .....185
- Figura 4.9. Arriba izquierda: Introducción del botón con la sutura enhebrada,a través de la cánula de 12 mm con la ayuda del empuja-nudos. Arriba derecha: realización de nudo extracorpóreo simple e introducción con el empuja-nudos. Abajo: botón fijado con nudos extracorpóreos. .....186
- Figura 4.10. Esquema de un corte transversal de la zona intervenida que refleja cómo quedó finalmente implantado el prototipo B. 1: solapa axial del anillo inguinal. 2: músculo oblicuo interno abdominal y cremáster. 3: arpón anclado en la musculatura. 4: la sutura y el botón de este prototipo permiten que el sistema englobe todo el tejido que es necesario abarcar para obliterar la entrada del canal inguinal. ....187
- Figura 4.11. Comprobación digital en la necropsia del grado de obturación del canal inguinal.....187

- Figura 4.12. Izquierda: disección de la zona de implantación del dispositivo. Derecha: el arpón queda implantado en el músculo oblicuo interno abdominal y en el cremáster. ..... 188
- Figura 4.13. Ejerciendo tracción sobre la sutura enhebrada en el arpón hasta ejercer una tensión de 10 N con un dinamómetro..... 190
- Figura 4.14. Realización del barrido ecográfico testicular. Imagen izquierda: localización del aspecto marginal de la arteria testicular. Imagen derecha: localización de las arterias intratesticulares..... 192
- Figura 4.15. Arriba: onda de flujo bifásica registrada por el modo Doppler pulsado, característica de la arteria testicular. Abajo: onda de flujo monofásica característica de las arterias intratesticulares. ..... 193
- Figura 4.16. Realización de la técnica abierta de orquidectomía, con el caballo en la estación..... 194
- Figura 4.17. Realización de la extracción de contenido epididimario en el laboratorio de la Unidad de Reproducción de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza..... 195
- Figura 4.18. Pruebas de valoración espermática. Izquierda: prueba de endosmosis: los espermatozoides con colas enrolladas (flechas rojas) son positivos al test (espermatozoides normales). Derecha arriba: acrosoma normal. Derecha abajo: acrosoma alterado. ..... 196
- Figura 4.19. Izquierda: Realización de la valoración seminal mediante el sistema computarizado de análisis seminal CASA. Derecha: Imagen capturada con el CASA que ilustra la trayectoria del movimiento de los espermatozoides..... 197
- Figura 4.20. Cierre parcial del canal inguinal vía laparoscópica de uno de los casos en los que el grado deobliteración del canal era similar al que presentaban tras la colocación del dispositivo. Arriba izquierda: canal inguinal antes de la obliteración. Arriba derecha: canal inguinal tras la colocación del dispositivo. Abajo: canal inguinal en la reevaluación laparoscópica. Las imágenes corresponden al caso del Video 2. ..... 208
- Figura 4.21. Estado de los anillos inguinales de uno de los casos en los que se apreció que el grado de obliteración del canal inguinal era menor. Arriba izquierda: canal inguinal antes de la obliteración. Arriba derecha: canal inguinal tras la colocación del dispositivo. Abajo: canal inguinal en la reevaluación laparoscópica. ..... 209
- Figura 4.22. Leve desgarro peritoneal producido en el caso en el que fue necesario extraer el arpón por mala implantación y volverlo a recolocar. Arriba: desgarro peritoneal. Centro: dispositivo ya colocado. Abajo: aspecto de la zona en la reevaluación laparoscópica (28 días después de la cirugía laparoscópica)..... 210
- Figura 4.23. Reevaluación laparoscópica en la que se puede observar la ligera reacción peritoneal generada en la zona. ..... 211



## ANEXO 2: LISTADO DE TABLAS

- Tabla 2.1. Principales estructuras anatómicas observadas durante la exploración laparoscópica de la porción dorsal del abdomen en un caballo en estación..... 47
- Tabla 2.2. Principales estructuras anatómicas observadas durante la exploración laparoscópica de la porción ventral del abdomen en un caballo en posición Trendelenburg y anti-Trendelenburg. ..... 48
- Tabla 2.3. Trabajos recogidos de la base de datos *Pubmed* sobre vasectomía veterinaria desde 1962 hasta la actualidad. ..... 73
- Tabla 2.4. Principales complicaciones de la herniorrafia laparoscópica. .... 104
- Tabla 2.5. Clasificación de la motilidad espermática con la técnica visual. .... 132
- Tabla 2.6. Clasificación de los biomateriales en función de su composición y sus aplicaciones en medicina humana y veterinaria. ..... 138
- Tabla 3.7. Distribución por edad y peso de los animales incluidos en el estudio (n=4). DS: Desviación Estándar, CVP: Coeficiente de Variación de Pearson, Mín: Valor Mínimo, Máx: Valor Máximo. ..... 152
- Tabla 3.8. Rúbrica empleada para valorar el comportamiento sexual de cada animal incluido en el estudio. ..... 161
- Tabla 3.9: Registro de los tiempos de las vasectomía en cada uno de los conductos deferentes de los cuatro caballos intervenidos, expresado en minutos. CD: conducto deferente. ..... 165
- Tabla 3.10: grados de comportamiento sexual asignados a los animales en cada extracción de semen realizada durante el estudio, según la rúbrica del apartado 3.3.3.3..... 166
- Tabla 3.11. Test ANOVA para los volúmenes de eyaculado libre de gel obtenidos los días -5, 15 y 60. ..... 167
- Tabla 3.12. Resultados de la valoración seminal macro y microscópica en los 4 caballos durante los diferentes días de extracción..... 167
- Tabla 4.13. Distribución por edad y peso de los animales utilizados en el estudio (n=8)..... 189
- Tabla 4.14. Clasificación de las cojeras siguiendo los criterios establecidos por la AAEP (AAEP, 1991)..... 191
- Tabla 4.15: Registros de los tiempos de cirugía de cada caballo, el canal inguinal intervenido, así como de la realización o no de la retracción de peritoneo. Min: minutos, DS: desviación estándar, CVP: coeficiente de variación de Pearson, Mín: mínimo, Máx: máximo..... 199
- Tabla 4.16. Evaluación de la repetibilidad de las mediciones ecográficas para el aspecto marginal de la arteria testicular, mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass antes de la intervención laparoscópica. CCI:

Coeficiente de Correlación Intraclass, IC: Intervalo de confianza, p: significación estadística.....	200
- Tabla 4.17. Comparación de la media de PSV (Peak Systolic Velocity), EDV (End Diastolic Velocity), RI (Resistive Index) y PI (Pulsatility Index) en la porción marginal de la arteria testicular entre ambos testículos antes de la intervención (día 0). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	201
- Tabla 4.18. Diferencias en la evolución temporal del PSV en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	201
- Tabla 4.19: Diferencias en la evolución temporal del EDV en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	202
- Tabla 4.20. Diferencias en la evolución temporal del RI en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	202
- Tabla 4.21. Diferencias en la evolución temporal del PI en el aspecto marginal de la arteria testicular entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=3). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	203
- Tabla 4.22. Evaluación de la repetibilidad de la media de tres medidas ecográficas en tres arterias intratesticulares diferentes mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), para cada una de las variables evaluadas: PSV (Peak Systolic Velocity), EDV (End Diastolic Velocity), RI (Resistive Index), PI (pulsatility Index). .....	204
- Tabla 4.23. Comparación de la media de PSV (Peak Systolic Velocity), EDV (End Diastolic Velocity), RI (Resistive Index), PI (pulsatility Index).en las arteriasintratesticulares entre ambos testículos antes de la intervención (día 0). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	204
- Tabla 4.24. Diferencias en la evolución temporal del PSV en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística.....	205

- Tabla 4.25. Diferencias en la evolución temporal del EDV en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística..... 205
- Tabla 4.26. Diferencias en la evolución temporal del RI en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística..... 206
- Tabla 4.27. Diferencias en la evolución temporal del PI en las arterias intratesticulares entre testículos intervenidos (n=8) y no intervenidos (n=8) usando medidas repetidas (n=9). EE: error estándar, p: significación estadística según modelo lineal general para medidas repetidas, 1-β: potencia estadística..... 206
- Tabla 4.28. Comparación del recuento total de espermatozoides (R.T.E) ( $10^9/ml$ ) entre testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). CE: concentración espermática, DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo..... 211
- Tabla 4.29. Parámetros de motilidad testicular en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8) expresados en porcentaje. EE: espermatozoides estáticos, EMPN: espermatozoides mótiles no progresivos, EMPT: espermatozoides mótiles progresivos totales, dentro de los cuales se incluyen: EMPL: espermatozoides mótiles progresivos lentos, EMPM: espermatozoides mótiles progresivos medios, EMPR: espermatozoides mótiles progresivos rápidos. DS: desviación estándar, CVP: coeficiente de variación de Pearson, Mín: mínimo, Máx: máximo..... 212
- Tabla 4.30. Prueba de endosmosis, mostrando el porcentaje de espermatozoides normales en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo. .... 212
- Tabla 4.31. Porcentaje de acrosomas intactos en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8). DS: Desviación Estándar. C.V.P: Coeficiente de variación de Pearson. Mín: mínimo. Máx: máximo..... 213
- Tabla 4.32. Porcentaje de espermatozoides vivos en testículos intervenidos y no intervenidos (n=8)..... 213



**ANEXO 3: LISTADO DE VÍDEOS (INSERTADOS COMO CÓDIGOS QR)**

Un código QR (*Quick Response Barcode*) es un sistema de almacenamiento de información. Esta información es mostrada directamente al ser leído dicho código por un dispositivo móvil.

Para poder leer los códigos QR en un *smartphone* (iPhone, Android...) o en una tableta digital (iPad, Android...) se requiere la descarga e instalación en el dispositivo de una aplicación que permita su lectura. Entre las aplicaciones más populares se encuentran i-Nigma (iPhone), ZXing (Android) u Optical Reader (Samsung), disponibles en Apple Store o Play Store. En un teléfono no Smartphone pero con conexión a internet, puede visitar desde el navegador del dispositivo alguna de las siguientes webs:

- <http://www.quickmark.com.tw/>
- <http://reader.kaywa.com/es>
- <http://www.i-nigma.com/>

En esta Memoria se han insertado dos videos empleando códigos QR:

- Video 1: Secuencia de videos mostrando la técnica laparoscópica de vasectomía. (Duración 2' y 19"). 158
- Video 2: Secuencia de videos mostrando la técnica laparoscópica de obliteración del canal inguinal con el prototipo diseñado. (Duración 2' y 26"). 198



**ANEXO 4: INFORMES DE APROBACIÓN DE LA COMISIÓN ÉTICA ASESORA PARA LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

 <b>Comisión ética asesora para la experimentación animal</b> <b>Universidad Zaragoza</b>	<b>COMISIÓN ÉTICA ASESORA PARA LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL</b> <b>REGISTRO DE SALIDA</b> <b>Nº 106 Fecha 22/12/14</b> <b>UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA</b>	Ref. PI59/14
<b>CONTROL DE BUENA PRÁCTICA EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL</b>		
<b>Título del procedimiento de experimentación:</b> Desarrollo de una nueva técnica quirúrgica mínimamente invasiva para la vasectomía en el caballo		
<b>Título del proyecto en el que se incluye:</b> Desarrollo de una nueva técnica quirúrgica mínimamente invasiva para la vasectomía en el caballo		
<b>Tipo de proyecto:</b> II <b>Centro de realización:</b> ES 50 297 0012 006 (SAEA) y OTROS: HV <b>Investigador responsable:</b> Francisco José Vázquez Bringas <b>Duración:</b> 2 meses <b>Fecha estimada de inicio del procedimiento:</b> Diciembre, 2014 <b>Animales que implica:</b> <b>especie (s):</b> Caballos, asnos e híbridos ( <i>Equidae</i> ) <b>peculiaridades:</b> <b>número:</b> 2 <b>Severidad:</b> Leve <b>Evaluación retrospectiva:</b> NO <b>Fecha de presentación:</b> 10 de noviembre de 2014		
Reunida la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal* el día 3 de diciembre de 2014, y una vez revisada la documentación disponible en relación al procedimiento de experimentación descrito, considera:		
<b>QUE EL PROCEDIMIENTO CUMPLE LOS PRINCIPIOS ÉTICOS Y DE PROTECCIÓN DE LOS ANIMALES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTACIÓN QUE SE HA IMPUESTO LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, Y SE ADAPTA A LA NORMATIVA VIGENTE (R.D. 53/2013). Por todo ello, se emite informe FAVORABLE.</b>		
Esta evaluación será válida únicamente para ESTE PROCEDIMIENTO y durante un periodo de tiempo de cinco años, salvo modificación sustancial del procedimiento presentado. La realización del procedimiento queda supeditada igualmente a la disponibilidad de las instalaciones necesarias en el momento en que se plantea la realización del mismo.		
*Órgano habilitado para realizar la evaluación y evaluación retrospectiva (Resolución de 6 de agosto de 2013 de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón).		
<b>EL SECRETARIO DE LA COMISIÓN</b>  Jorge Palacio Llesa	En Zaragoza, a 9 de diciembre de 2014 La Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón, a la vista de la evaluación emitida por el órgano habilitado, autoriza la realización del proyecto en los términos descritos en la solicitud.	 <b>EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN</b> Luis Miguel García Vinuesa  Luis Miguel Albarrán González-Urríola Director General de Alimentación y Fomento Agroalimentario
Domingo Miral, s/n - 50009 Zaragoza - Tel.: +34 976 76 28 47 / Fax: +34 976 76 12 36 - cea@unizar.es / http://cea.unizar.es <b>unizar.es</b>		

 <p><b>Comisión ética asesora para la experimentación animal</b> <b>Universidad Zaragoza</b></p>	<p><b>COMISIÓN ÉTICA ASESORA PARA LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL</b> <b>REGISTRO DE SALIDA</b> Nº 69 Fecha 04/09/14 UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA</p>	<p>Ref. PI42/14</p>
<b>CONTROL DE BUENA PRÁCTICA EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL</b>		
<p><b>Título del procedimiento de experimentación:</b> Evaluación de un nuevo dispositivo laparoscópico para la obliteración parcial del anillo inguinal interno y prevención de las hernias inguinales en équidos</p>		
<p><b>Título del proyecto en el que se incluye:</b> Evaluación de un nuevo dispositivo laparoscópico para la obliteración parcial del anillo inguinal interno y prevención de las hernias inguinales en équidos</p>		
<p><b>Tipo de proyecto:</b> II      <b>Centro de realización:</b> ES 50 297 0012 006 (SAEA) y OTROS: HV</p>		
<p><b>Investigador responsable:</b> Francisco José Vázquez Bringas</p>		
<p><b>Duración:</b> 15 meses      <b>Fecha estimada de inicio del procedimiento:</b> Agosto, 2014</p>		
<p><b>Animales que implica:</b></p> <p><b>Especie(s):</b> Caballos, asnos e híbridos (<i>Equidae</i>)  <b>peculiaridades:</b> Machos  <b>número:</b> 12</p>		
<p><b>Severidad:</b> Leve      <b>Evaluación retrospectiva:</b> NO</p>		
<p><b>Fecha de presentación:</b> 9 de julio de 2014</p>		
<p>Reunida la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal* el día 10 de julio de 2014, y una vez revisada la documentación disponible en relación al procedimiento de experimentación descrito, considera:</p>		
<p>QUE EL PROCEDIMIENTO CUMPLE LOS PRINCIPIOS ÉTICOS Y DE PROTECCIÓN DE LOS ANIMALES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTACIÓN QUE SE HA IMPUESTO LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, Y SE ADAPTA A LA NORMATIVA VIGENTE (R.D. 53/2013). Por todo ello, se emite <b>informe FAVORABLE**</b>.</p>		
<p>Esta evaluación será válida únicamente para ESTE PROCEDIMIENTO y durante un periodo de tiempo de cinco años, salvo modificación sustancial del procedimiento presentado. La realización del procedimiento queda supeditada igualmente a la disponibilidad de las instalaciones necesarias en el momento en que se plantee la realización del mismo.</p>		
<p>*Órgano habilitado para realizar la evaluación y evaluación retrospectiva (Resolución de 6 de agosto de 2013 de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón).</p>		
<p>**Observaciones: 1- Precisa autorización del órgano competente para destino de los animales (Art. 30): Devolución de 10 caballos a explotación. 2- Capacitación previa adecuada de las personas que realizan el procedimiento (Art. 15.2).</p>		
<p>En Zaragoza, a 29 de julio de 2014</p>		
<p><b>EL SECRETARIO DE LA COMISIÓN</b>  Jorge Palacio Liesa</p>	<p>La Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón, a la vista de la evaluación emitida por el órgano habilitado, autoriza la realización del proyecto en los términos descritos en la solicitud.</p> <p></p> <p>Luis Miguel Albarrán González-Urría Director General de Alimentación y Fomento Agroalimentario</p>	
<p>Domingo Miral, s/n - 50009 Zaragoza - Tel.: +34 976 76 28 47 / Fax: +34 976 76 12 36 - cea@unizar.es / http://cea.unizar.es      <b>unizar.es</b></p>		

**ANEXO 5: LISTADO DE COMUNICACIONES A CONGRESOS**

Autores: Barrachina-Porcar, L; Vázquez, Fj; Gómez-Ochoa, P; Romero, A; Vitoria, A; Gil, L

Título: Valoración ecográfica de la vascularización testicular en caballo

Tipo de participación: póster

Congreso: XII Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina

Lugar celebración: Sevilla

Fecha: 2012



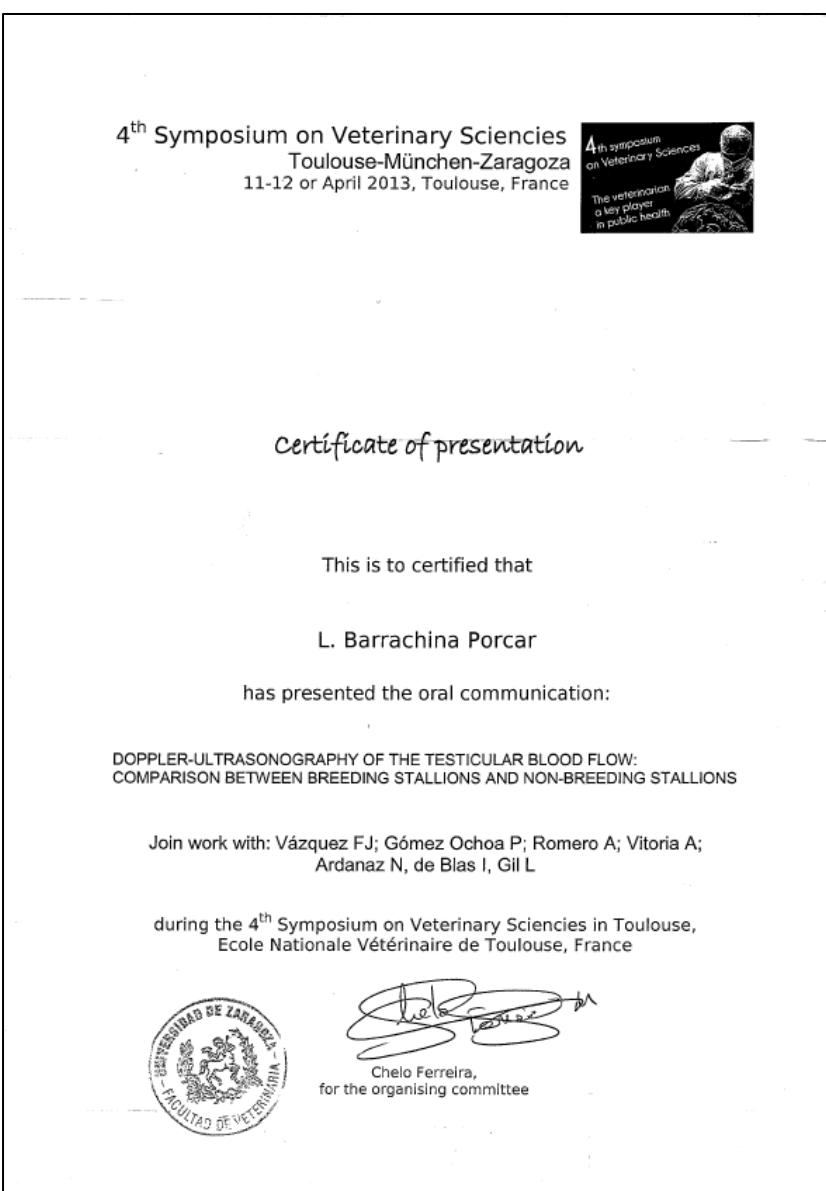
Autores: Barrachina Porcar L; Vázquez Fj; Gómez Ochoa P; Romero A; Vitoria A; Ardanaz N, De Blas I, Gil L

Título: Doppler-ultrasonography of the testicular blood flow: comparison between breeding stallions and non-breeding stallions

Tipo de participación: oral

Congreso: IV Symposium on Veterinary Sciences: Toulouse-München-Zaragoza

Lugar celebración: Toulouse (Francia) Fecha: 2013



Autores: Vázquez FJ, Fuente S, Vitoria A, Barrachina L, Bravo C, Romero A

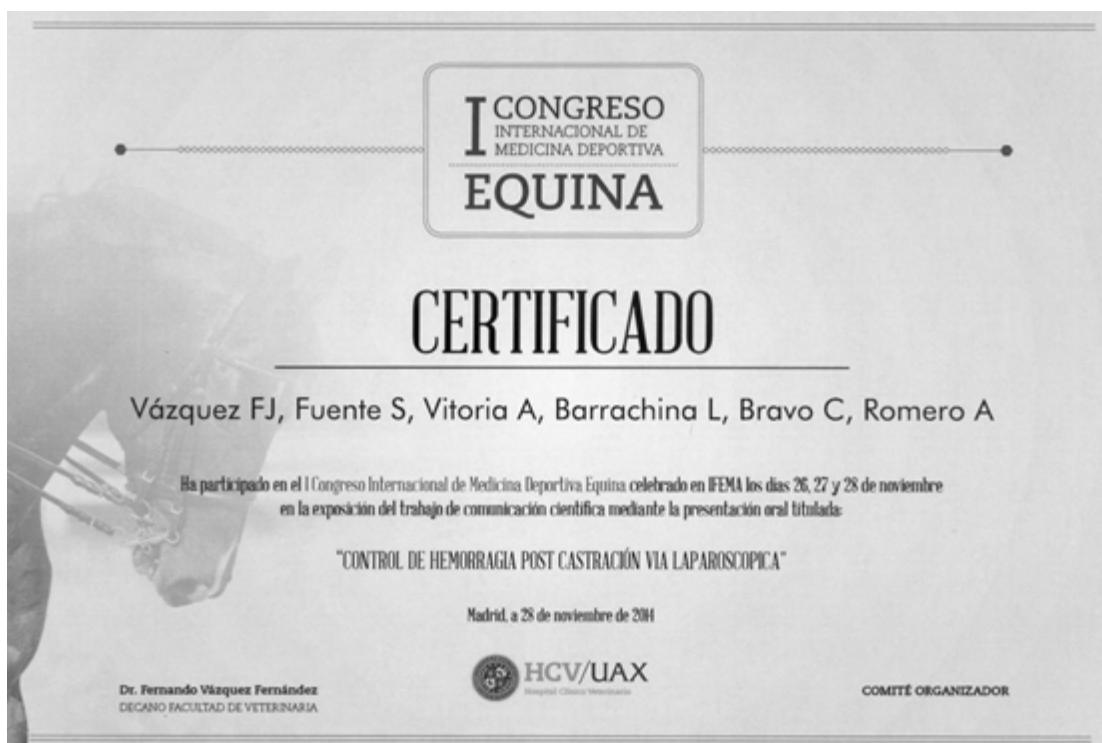
Título: Control de hemorragia postcastración vía laparoscópica

Tipo de participación: oral

Congreso: I Congreso Internacional de Medicina Deportiva Equina

Lugar celebración: Madrid

Fecha: 2014



Autores: Barrachina L, Fuente S, Vitoria A, Bravo C, Vázquez FJ, Romero A

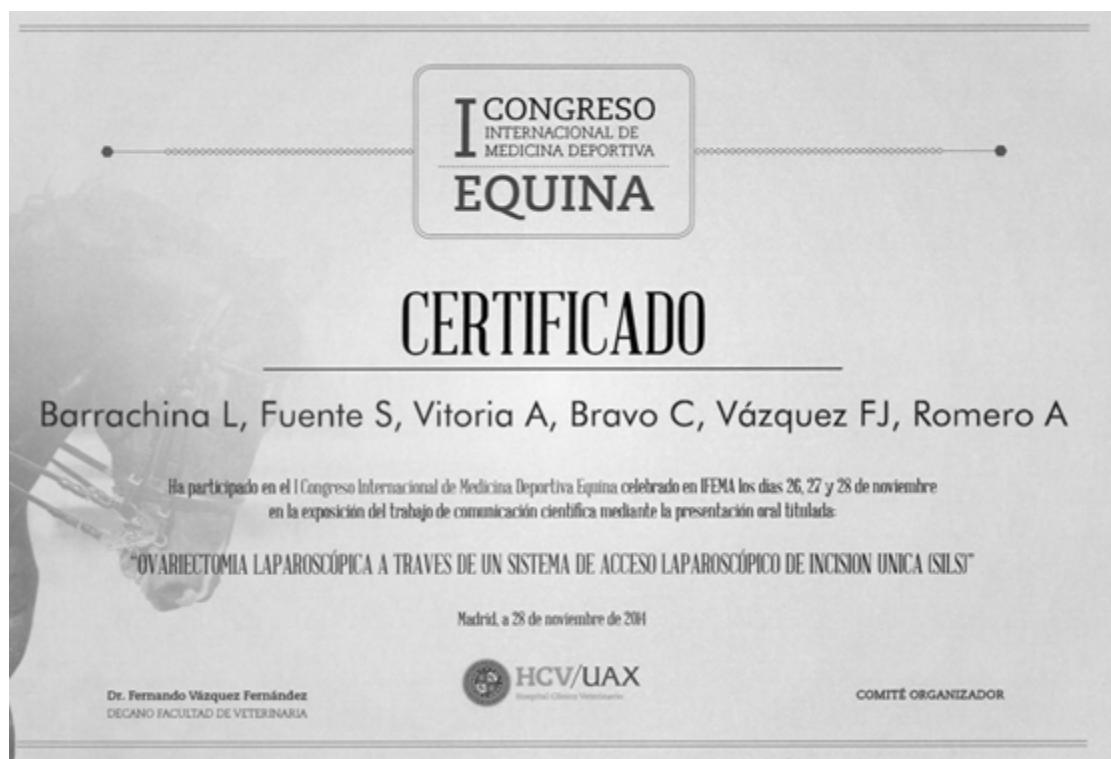
Título: Ovariectomía laparoscópica a través de un sistema de acceso laparoscópico de incisión única (SILS)

Tipo de participación: oral

Congreso: I Congreso Internacional de Medicina Deportiva Equina

Lugar celebración: Madrid

Fecha: 2014



Autores: Vitoria A, Vázquez FJ, Romero L, Barrachina L, Zalaya J, Fuente S

Título: Técnica de vasectomía laparoscópica con el caballo en estación

Tipo de participación: oral

Congreso: XV Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina

Lugar celebración: Sevilla

Fecha: 2014



Autores: Vitoria A, Vázquez FJ, Fuente S, Barrachina L, Zalaya J, de Blas I, Romero A

Título: Nueva técnica laparoscópica de cierre parcial del anillo inguinal con el caballo en estación

### Tipo de participación: oral

Congreso: XVI Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina

Lugar celebración: Sevilla

Fecha: Noviembre 2015 (aceptada)

avm@unizar.es Cerrar sesión

Responder Reenviar Eliminar Imprimir SPAM Marcar Más

Mover a... Mensaje 15 de 144

## XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDICINA Y CIRUGÍA EQUINA

Remitente XV Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina

Destinatario avm@unizar.es

Cc comunicaciones@congresoequino.com

Fecha 2015-10-21 09:56

Prioridad Altísimo

Estimado compañero/a:

Me complace comunicarte que la Comunicación: NUEVA TÉCNICA LAPAROSCÓPICA DE CIERRE PARCIAL DEL ANILLO INGUINAL CON EL CABALLO EN ESTACIÓN ha sido seleccionada para COMUNICACION ORAL en el XVI Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina y el IV Congreso Anual de la Asociación de Veterinarios Especialistas en Équidos.

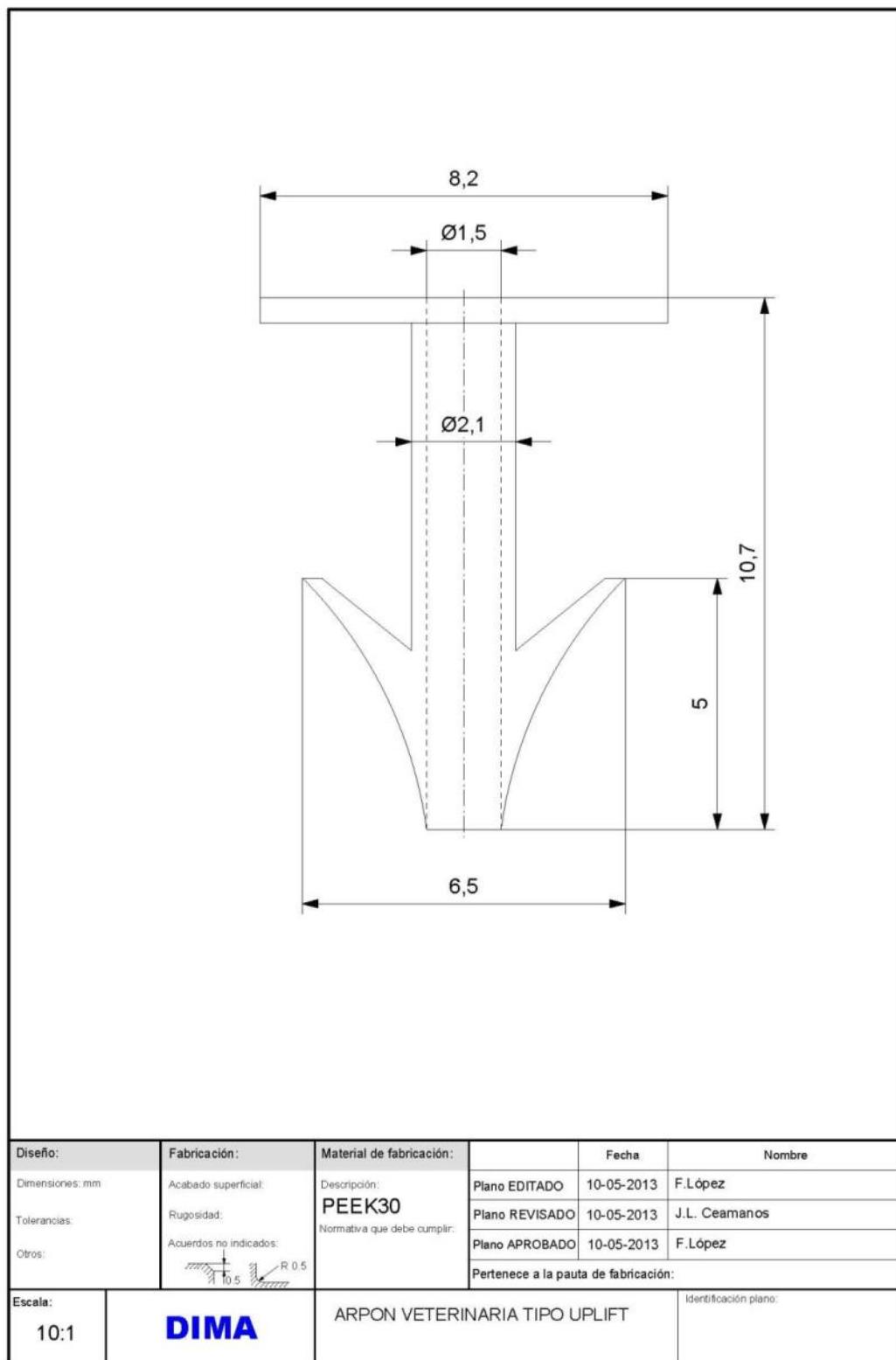
La aceptación, que queda condicionada a la inscripción por parte de uno de los autores al Congreso, conlleva una reducción del 50% en la tasa de inscripción de la parte teórica. Para formalizar la inscripción deben ponerse en contacto con la Secretaría Técnica ([secretaria@congresoequino.com](mailto:secretaria@congresoequino.com)), ANTES DEL 5 DE NOVIEMBRE, indicando el título de la Comunicación.

Atentamente,

Presidente del Comité Científico  
XVI Congreso Internacional de Medicina y Cirugía Equina



**ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DEL ARPON TIPO UPLIFT EN EL QUE SE BASÓ EL PROTOTIPO A DEL CAPÍTULO 4**



## ANEXO 7: FICHA TÉCNICA DEL ARPON UTILIZADO EN EL PROTOTIPO B DEL CAPÍTULO 4

		<table border="1"> <tr> <td></td><td>L1</td></tr> <tr> <td>Cota</td><td><math>2.5 \pm 0.1</math></td></tr> <tr> <td>Util med.</td><td>Pie de rey</td></tr> <tr> <td>Incert.</td><td><math>\leq 0.033</math></td></tr> </table>			L1	Cota	$2.5 \pm 0.1$	Util med.	Pie de rey	Incert.	$\leq 0.033$							
	L1																	
Cota	$2.5 \pm 0.1$																	
Util med.	Pie de rey																	
Incert.	$\leq 0.033$																	
Dimensiones: mm Tolerancias: Otros:	Fabricación: Acabado superficial: Rugosidad: Acuerdos no indicados: 	Material de fabricación: Descripción: <b>PEEK30</b> Normativa que debe cumplir:	<table> <thead> <tr> <th></th><th>Fecha</th><th>Nombre</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plano EDITADO</td><td>05-03-2014</td><td>F.López</td></tr> <tr> <td>Plano REVISADO</td><td>05-03-2014</td><td>J.L. Ceamanos</td></tr> <tr> <td>Plano APROBADO</td><td>05-03-2014</td><td>F.López</td></tr> <tr> <td colspan="3">Pertenece a la pauta de fabricación:</td></tr> </tbody> </table>		Fecha	Nombre	Plano EDITADO	05-03-2014	F.López	Plano REVISADO	05-03-2014	J.L. Ceamanos	Plano APROBADO	05-03-2014	F.López	Pertenece a la pauta de fabricación:		
	Fecha	Nombre																
Plano EDITADO	05-03-2014	F.López																
Plano REVISADO	05-03-2014	J.L. Ceamanos																
Plano APROBADO	05-03-2014	F.López																
Pertenece a la pauta de fabricación:																		
Escala: 10:1	<b>DIMA</b>	ARPONVET 1.02 ARPÓN VETERINARIA MEDICIONES FABRICACIÓN	Identificación plano: <b>8011-LM97-DIM-01</b>															







## **CONCLUSIONES GENERALES**

**PRIMERA:** La vasectomía laparoscópica con el caballo en estación es una técnica fácil de realizar, exenta de muchas de las complicaciones esperables con el abordaje convencional y que permite eliminar la capacidad fecundante del semental en un corto periodo de tiempo, que puede ser ofrecida a los propietarios que deseen o necesiten vasectomizar a sus caballos enteros.

**SEGUNDA:** El dispositivo diseñado y la técnica laparoscópica desarrollada permiten llevar a cabo el cierre parcial del canal inguinal preservando el testículo y con el caballo en estación de manera sencilla, rápida, segura, eficaz y sin repercusiones sobre la perfusión testicular y espermatogénesis, por lo que puede ser empleada como método de prevención de la hernia inguinal en sementales en los que se quiere mantener su funcionalidad reproductiva.

**Desarrollo y evaluación de dos nuevas técnicas en cirugía laparoscópica equina: vasectomía y cierre parcial del anillo inguinal.**

Arantza Vitoria Moraiz  
Tesis Doctoral  
Zaragoza, 2015



**Universidad**  
Zaragoza