



Trabajo Fin de Grado

“Características de las mallas quirúrgicas sintéticas y su relación con el desarrollo de complicaciones posoperatorias”

“Characteristics of synthetic surgical meshes and their relation with the development of postoperative complications”

Autora

Teresa Toledo Arizón

Directores

Dr. Antonio Güemes Sánchez
Marta Baselga Lahoz

Facultad de Medicina

2021

Índice de contenido

| | |
|--|----------|
| Listado de abreviaturas | 2 |
| Resumen | 2 |
| Palabras clave | 2 |
| Abstract..... | 2 |
| Key words | 2 |
| 1. Introducción | 3 |
| 1. Anatomía y fisiología de la pared abdominal..... | 3 |
| 2. Abordaje y técnicas de cierre de la pared abdominal | 3 |
| 2.1. Cierre en masa o por planos | 4 |
| 2.2. Cierre continuo o con puntos sueltos..... | 4 |
| 2.3. Cierre simple o doble lazada | 4 |
| 2.4. Relación longitud de la sutura - longitud de la herida..... | 5 |
| 2.5. Material de sutura..... | 5 |
| 3. Mallas quirúrgicas | 6 |
| 3.1. Recuerdo histórico | 6 |
| 3.2. Uso de mallas para la reparación abdominal..... | 7 |
| 3.3. Clasificación de las mallas quirúrgicas | 9 |
| 3.4. Composición de las mallas quirúrgicas | 10 |
| 3.5. Respuesta fisiológica a la implantación de una malla sintética | 13 |
| 3.6. Complicaciones tras la implantación de la malla..... | 14 |
| 2. Hipótesis y justificación del trabajo..... | 18 |
| 3. Objetivo del trabajo..... | 18 |
| 4. Material y métodos | 18 |
| 5. Resultados | 20 |
| 5.1. Parámetros a estudiar | 20 |
| 5.2. Análisis de las complicaciones según la característica analizada de cada malla..... | 22 |
| 6. Discusión..... | 30 |
| 7. Conclusiones | 38 |
| 8. Bibliografía | 39 |

Listado de abreviaturas

Polipropileno – PP

Poliéster – PE

Politetrafluoretileno – PTFE

Politetrafluoretileno expandido – PTFEe

Poliglactina – PG

Fluoruro de polivinilideno – PVDF

Resumen

La hernia incisional es una de las patologías abdominales subsidiarias de reparación quirúrgica más frecuentes. Hoy en día esta reparación puede realizarse mediante la implantación de una malla quirúrgica para reforzar el defecto herniario, y a pesar de conseguir mejores resultados que la reparación sin malla en cuanto a tasa de recidivas, también se han observado complicaciones como infección de la malla, seromas y adherencias.

Mediante una revisión bibliográfica y la caracterización de 15 mallas quirúrgicas se obtiene información acerca de las complicaciones de este procedimiento y su relación con las características de las mallas.

Palabras clave

Pared abdominal, hernia incisional, malla quirúrgica, complicaciones, infección.

Abstract

Incisional hernia is one of the most frequent abdominal pathologies subsidiary to surgical repair. Nowadays, surgical meshes can be used to reinforce the hernial defect. Despite achieving better results in terms of recurrence than repairing it without mesh, some complications such as infection, seroma formation and adhesions have also been observed.

Information about complications of this procedure and their relation with the characteristics of the meshes are obtained from a literature review and the characterization of 15 surgical meshes.

Key words

Abdominal wall, incisional hernia, surgical mesh, complications, infection.

1. Introducción

1. Anatomía y fisiología de la pared abdominal

Debajo de la piel encontramos directamente la fascia superficial de la pared abdominal. Ésta está formada por tejido adiposo, y en ella encontramos venas de drenaje superficial del abdomen que se anastomosan en la parte superior del abdomen con venas torácicas superficiales y de los miembros superiores, y en la parte inferior con venas superficiales del miembro inferior. El trayecto de estas venas es mucho más variable que el de las arterias, y se debe tener en cuenta a la hora de realizar incisiones en el abdomen para identificarlas y asegurar su hemostasia.¹ Esta fascia constituye una única capa continua excepto en la zona inferior del abdomen, donde se diferencia en capa superficial (previamente denominada de Camper) y capa profunda (o de Scarpa). La capa superficial de este nivel es la misma que la de la fascia superficial de la parte superior del abdomen, mientras que la capa profunda es más delgada y membranosa y prácticamente carece de grasa. El tejido graso localizado en la profundidad de esta capa no suele tener vasos importantes, por lo que una vez se alcanza no cabría esperar encontrar vasos relevantes.¹

Los músculos que encontramos lateralmente en la pared abdominal son, de superficial a profundo: oblicuo externo, oblicuo interno y músculos transversos del abdomen. En el centro del abdomen se encuentra el músculo recto, que es un músculo par situado a ambos lados de la línea media que surge del quinto, sexto y séptimo cartílagos costales y se inserta en la síntesis del pubis y crestas ilíacas a través de sus tendones cortos.² Por último y con menor tamaño y relevancia se encuentra el músculo piramidal en la parte más inferior del abdomen.¹

La pared abdominal recibe irrigación de ramas de la mamaria interna, del tronco ileofemoral y de las arterias intercostales e inervación del séptimo al undécimo nervio intercostal y del nervio subcostal (división anterior del duodécimo nervio torácico).²

2. Abordaje y técnicas de cierre de la pared abdominal

La laparotomía media es el método más frecuente de abordaje de la pared abdominal. No se han encontrado diferencias entre practicar la incisión con bisturí normal o eléctrico en el postoperatorio inmediato o tardío.¹ En cuanto a la técnica de cierre, ésta debe ser la que se asocie con menor tasa de complicaciones tanto inmediatas como tardías.

2.1. Cierre en masa o por planos

La técnica de cierre en masa con material no absorbible o de lenta absorción es igual o más seguro y efectivo que la técnica de puntos sueltos. Un metaanálisis demostró que el cierre por planos tiene una mayor tasa de hernia y de dehiscencia que el cierre en masa.³

Para realizar el cierre en masa se incorpora una pequeña cantidad de grasa subcutánea, músculo recto, aponeurosis de rectos, fascia transversalis y a veces peritoneo. Este tipo de cierre incrementa la cantidad de tejido que se encuentra bajo la sutura continua, disminuyendo así la fuerza por unidad de superficie tisular y reduciendo el riesgo de evisceración y necrosis isquémica.¹

Se han realizado estudios randomizados en los que se ha demostrado que el cierre peritoneal no es necesario, ya que éste reepiteliza y se regenera totalmente en poco tiempo. Además el cierre de esta capa se relaciona con una mayor formación de adherencias viscerales y omitirlo no ha mostrado diferencias en el dolor postoperatorio o en la cicatrización de la herida.¹

El cierre de la fascia es el más importante ya que es esta capa la que ofrece la mayor parte de la fuerza tensil, mientras la herida cicatriza. El cierre del tejido subcutáneo reduce en un 34% el riesgo de dehiscencia de la pared abdominal en pacientes cuya capa de grasa sea superior a 2 cm de grosor.¹

2.2. Cierre continuo o con puntos sueltos

El método más utilizado clásicamente ha sido el cierre con puntos sueltos que cuenta con la ventaja de no depender de un solo nudo, pero tiene otras desventajas como es el riesgo de isquemia de los bordes y la irregular distribución de tensión a lo largo de la herida. Por otro lado, la sutura continua ahorra tiempo y nudos, además de repartir más equitativamente la tensión a lo largo de la línea de sutura. Por último, la sutura continua reduce el riesgo de isquemia en los tejidos, por lo que reduce también la incidencia de dehiscencia.¹

2.3. Cierre simple o doble lazada

En el cierre puede realizarse una lazada (sutura simple), una doble lazada o la técnica de Smead-Jones (doble lazada cruzada o figura en 8). Hay controversia sobre qué técnica es mejor realizar, ya que algunos estudios apoyan que la sutura continua de doble lazada o la técnica de Smead-Jones son mejores ya que son más rápidas y

fáciles de realizar, tienen menos complicaciones a corto y largo plazo y tienen menor tasa de infección, dehiscencia y eventración,¹ mientras que otros estudios afirman que estas técnicas aumentan la tasa de complicaciones pulmonares y muerte postoperatoria significativamente, al parecer debido a la disminución de la compliance de la pared abdominal, pudiendo provocar un aumento de la presión intraabdominal y esto llevar a un síndrome compartimental abdominal con los efectos negativos sobre la función pulmonar.^{4,5}

2.4. Relación longitud de la sutura - longitud de la herida

Este concepto fue definido en 1976 por Jenkins. La longitud de la herida se calcula midiendo la longitud de la incisión y puede hacerse tanto antes como después del cierre y la longitud de la sutura se entiende como el hilo consumido en el cierre y se calcula haciendo la diferencia del hilo antes de realizar el cierre menos el hilo sobrante tras el cierre.⁵

Esta relación está establecida en 4:1, y se considera que la mayor seguridad se obtiene cuando los extremos de los puntos se localizan aproximadamente a 2 cm del borde fascial y a 2 cm uno de otro.⁵

2.5. Material de sutura

El material de sutura óptimo es el que tiene menor calibre y ofrece la suficiente fuerza para mantener los tejidos aproximados y por tanto la pared íntegra durante el postoperatorio.³

- ¿Sintético o biológico?

En cuanto a la composición, se prefiere utilizar material sintético por su mayor fuerza tensil, uniformidad y seguridad ya que ofrecen un soporte más duradero mientras está cicatrizando.³

- ¿Reabsorbible o no?

El material de sutura puede ser reabsorbible o no. El material no reabsorbible se ha asociado a mayor dolor de la herida⁶ y dehiscencia de la misma independientemente de la técnica de sutura que se escoja (continua o puntos sueltos), mientras que se observa mayor tasa de hernia incisional y de infección en función de la técnica utilizada. Si se realiza una sutura continua, el material que tiene más alta tasa de hernia es el material reabsorbible, mientras que si se realiza una sutura con puntos sueltos es el material no absorbible el que tiene más riesgo de hernia. En cuanto a la infección es al revés, es el

material absorbible en la técnica por puntos sueltos y el material no absorbible en la técnica de sutura continua los que tienen mayor tasa de infección.³

- ¿Monofilamento o multifilamento?

Se prefiere el material monofilamento ya que el material multifilamento o trenzado se asocia a una mayor tasa de infección ya que impide el paso de macrófagos y fagocitos que puedan luchar contra la infección en caso de producirse. Se forman microabscesos debajo de las hebras del trenzado de las fibras multifilamento y estos microabscesos son los que provoquen la infección de la malla.⁷

3. Mallas quirúrgicas

3.1. Recuerdo histórico

El término “prótesis” proviene del griego y significa “colocar frente a”. El término en cirugía se refiere a un dispositivo artificial que se utiliza para reemplazar un defecto corporal. A lo largo de la historia los defectos herniarios han intentado tratarse de diferentes formas; los antiguos egipcios utilizaban prótesis externas que sostenían con vendajes. En el siglo XIV Guy de Chauliac y Ambrosio Paré utilizaron “troussés” para “cerrar la puerta”, es decir el orificio inguinal externo. Más tarde en 1838 el uso de un tapón metálico para ocluir el anillo inguinal interno fue descrito por Wutzer.

A finales del siglo XVIII llegaron las plastias, Noble en 1893 propuso la incisión lateral sobre la vaina del músculo recto anterior y la sutura de ambos bordes libres sobre la eventración. Albanese durante 1966 postuló la movilización musculoaponeurótica de la pared abdominal mediante incisiones de descarga sobre el músculo oblicuo mayor para conseguir un acercamiento de los tejidos y cubrir el defecto herniario. Bourgeon en 1956 describió el abordaje intraabdominal con una malla de nylon. Las ventajas de esta intervención son según Burgeon, su propio autor, la intervención simple (no diseca planos intermedios), el riesgo de infección mínimo y que los seromas drenan al interior del peritoneo.⁸

La utilización de materiales protésicos colocados quirúrgicamente fue descrita por Billroth, quien expuso: “Si pudiéramos producir artificialmente tejidos de la densidad y resistencia de la fascia y el tendón, el secreto para la cura radical de las hernias habría sido descubierto”. El uso clínico de prótesis se popularizó con el alambre de plata para la reparación de hernias inguinales, y fue modificado en 1900 por Witzel y Goepel al fabricar una filigrana de plata para reforzar la reparación herniaria. Este es

probablemente el origen más cercano a la introducción del uso de mallas protésicas, ya que sentaron las bases al demostrar la posibilidad de contacto permanente entre el paciente y el material.

La plata fue sustituida por titanio y este por acero inoxidable en 1952, pero estos materiales producían rigidez, formación de granulomas y lenta desintegración por lo que fueron sustituidos por materiales plásticos como polipropileno (PP), poliéster (PE) y Marlex en los sesenta y por el politetrafluoretileno (PTFE) y el ácido poliglicólico en los ochenta.⁹

3.2. Uso de mallas para la reparación abdominal

Las hernias incisionales son una complicación común tras laparotomía, ocurriendo hasta en el 10-20% de los casos.¹⁰ Se definen como la protrusión anormal del peritoneo a través de la cicatriz de una herida quirúrgica o traumática que interesa los planos músculo-fascio-aponeurótico y que puede contener o no vísceras abdominales y/o tejidos. No se debe confundir con la evisceración, ésta se produce en el período posoperatorio inmediato y no existe cubierta peritoneal, por lo que las asas intestinales no están contenidas en un saco y se encuentran solamente cubiertas por tejido celular subcutáneo y piel.¹¹

El *Gold Standard* en la prevención de la hernia incisional son las mallas profilácticas. Sin embargo, siguen produciéndose recidivas hasta en un 5-20%.¹⁰

La aparición de estas hernias se ha visto relacionada con la edad avanzada, el sexo masculino, algunos trastornos del tejido conectivo como hemorroides, venas varicosas, desgarros perineales, luxación congénita de cadera, aneurismas de aorta abdominal, Síndrome de Ehlers-Danlos y poliquistosis renal. También se asocia a obesidad, ascitis, tabaquismo, hernias de tamaño superior a 10 cm de anchura o longitud, trabajos en los que se requiera levantar objetos pesados, trastornos de la cicatrización, drogas inmunosupresoras y corticoides.⁷ El factor de riesgo mejor descrito en la literatura para la aparición de una hernia post laparotomía es la infección de la herida quirúrgica.¹⁰

Existen varias localizaciones donde pueden implantarse las mallas para la reparación de la hernia incisional: *inlay* (interpuesta en el defecto herniario como puente entre los bordes fasciales, *onlay* (supraaponeurótica/suprafascial, la malla se coloca en la fascia del recto anterior después de diseccionar la fascia de la hipodermis y aproximar los dos extremos de la fascia), *sublay* (subaponeurótica/preperitoneal, la

malla se coloca en la fascia del recto posterior después de diseccionar la fascia del músculo recto y aproximar los dos extremos de la fascia y por último I.P.O.M. (intraperitoneal/intraabdominal).^{12,13} La posición intraperitoneal presenta un elevado riesgo de migración de la malla, adhesiones, obstrucciones intestinales y fístulas, pudiendo ocurrir incluso años después de la implantación.¹⁴ La técnica *inlay* se ha descartado como técnica adecuada por su elevada tasa de recidivas.¹⁵

Un estudio comparó los resultados a 1 y 2 años de intervenciones quirúrgicas por laparoscopia con cierre de sutura, con los de intervenciones laparoscópicas con implantación de malla *onlay*, y con intervenciones laparoscópicas con implantación de malla *sublay*. Se realizó sutura primaria en n=107, de los cuales 33 (31%) desarrollaron hernia incisional, en n=188 se implantó malla *onlay* y se produjeron 25 hernias incisionales(13%) y en n=185 se implantó malla *sublay* y se produjeron 34 hernias incisionales (18%). Los resultados mostraron diferencias significativas en la aparición de hernia incisional tras sutura primaria o tras implantar malla *onlay* siendo esta última claramente más recomendable, pero no difirió en la aparición de hernia incisional en sutura primaria o técnica *sublay* o entre técnica *onlay* y técnica *sublay*. Tampoco difirió en cuanto a la aparición de infección de la herida entre los grupos. La aparición de seromas se asoció más a pacientes en los que se implantó malla *onlay* (34 de n=188), que en los que se implantó malla *sublay* (13 de n=185) o sutura primaria (5 de n=107).¹⁶

Un metaanálisis comparó las recidivas de hernia incisional en la técnica *onlay* con las recidivas en la técnica *sublay*. Del total de pacientes estudiados en los distintos estudios se recogieron n=585 pacientes sometidos a técnica *onlay*, de los cuales 88 desarrollaron recidiva de hernia incisional (15%), y n=774 se sometieron a técnica *sublay*, de los cuales 57 sufrieron recidiva de la hernia incisional (7,3%), apuntando a que la técnica *sublay* presenta una menor tasa de recidivas,¹² mientras que otros autores rechazan esta afirmación.¹⁵

En la posición *onlay* las mallas pesadas pueden provocar una reacción inflamatoria mayor y hay más posibilidades de aparición de intolerancia a la malla por su proximidad con la piel. Por esto es mejor utilizar en esta localización mallas ligeras y macroporosas para permitir una mejor integración a los tejidos además de una mayor defensa ante la infección.¹⁷

3.3. Clasificación de las mallas quirúrgicas

Las mallas quirúrgicas pueden clasificarse atendiendo a distintas características.¹⁸

3.3.1. Segundo el tamaño del poro

1. Reticulares / macroporosas

Son mallas cuyos poros tienen un diámetro mayor de 75 micras. Esta medida es la necesaria para permitir el paso de macrófagos, fibroblastos, proliferación de vasos sanguíneos (angiogénesis) y fibras de colágeno que harán frente a la infección si ésta ocurre.¹⁸ Por esta razón no es necesario retirarlas en caso de infección, si no que será suficiente la colocación de un drenaje y la cura de la herida.¹⁹ Como desventaja hay que mencionar la formación de fistulas y de adherencias viscerales al entrar en contacto con el intestino directamente, por lo que se debe cubrir la malla con peritoneo para evitar el contacto visceral.¹⁸ El material del que están hechas en su mayoría es polipropileno (PP) o poliéster (PE), no absorbibles monofilamento.¹⁸ Ejemplo de estas mallas son: ATRIUM, MARLEX, PROLENE, TRELEX.¹⁹

2. Laminadas / microporosas

Los poros tienen un diámetro menor de 75 micras en al menos una de sus tres dimensiones, por lo que no permiten el paso de los agentes necesarios para hacer frente ante una posible infección. Este diámetro si que permite el paso de las bacterias, por lo que si se infectan será necesario retirarlas. Por esto cabe decir que son más propensas a la infección que las anteriores y no se recomienda utilizarlas en campos quirúrgicos contaminados.^{18,19} Como ventajas frente a las mencionadas anteriormente encontramos que tienen menor tendencia a producir adherencias viscerales. El material del que están hechas en su mayoría es politetrafluoretileno (PTFE) o politetrafluoretileno expandido (PTFEe).¹⁸ Ejemplos de estas mallas son: GORETEX, DUALMESH.¹⁹

3. Mixtas

Son mallas macroporosas con multifilamentos o componentes microporosos.¹⁹ La cara parietal posee una excelente integración en la pared abdominal mientras que la cara visceral se caracteriza por producir mínimas adherencias viscerales.¹⁸ En caso de infección tendrán que ser retiradas al menos parcialmente.¹⁹ Han demostrado reducir la incidencia de recidiva de hernia.¹⁸ Suelen estar compuestas por PP o PE (cara parietal) al que se añade una barrera antiadherente en su cara visceral de silicona, poliuretano o PTFEe.¹⁸

Ejemplos de este tipo de mallas son: mallas trenzadas de dacron (MERSILENE), mallas trenzadas de PP (SURGIPRO), y parches perforados de PTFE (MYCROMESH).¹⁹

3.3.2. Segundo la cantidad de material protésico incluido en la cicatriz

1. Mallas de alta densidad: 95-110 g/m²

Estas mallas inducen durante su integración una reacción inflamatoria intensa y crónica, con gran fibrosis y acaba siendo encapsulado por su naturaleza hidrófoba. Estas mallas aportan unas 6 o 7 veces la resistencia necesaria, por lo que se considera que están dentro de los límites suprafisiológicos.⁹ Un ejemplo es el PP cristalizado (Marlex).

2. Mallas de mediana densidad: 45-90 g/m²

Un ejemplo es el PP convencional (Prolene).⁹

3. Mallas de baja densidad: 35-38 g/m²

Las mallas de baja densidad reducen la inflamación y presentan una mejor integración en los tejidos circundantes al tener menor contenido en PP y poros de mayor tamaño. Esto se traduce en menor dolor crónico y parestesias, mejor distensibilidad de la pared abdominal y una disminución cercana al 70% de sensación de cuerpo extraño implantado.⁹ Ejemplos son Poliglecaprone 25 (filamentos de Monocryl), Prolene (PP),¹⁸ Vypro II, Ultrapro y Poliglactina 90 (filamentos de Vycril).⁹

Existe una tercera clasificación propuesta por P.K. Amid¹⁹ en la que las mallas macroporosas corresponden al tipo I, las mallas microporosas al tipo II, las mallas mixtas al tipo III y por último las mallas biológicas constituyen el grupo IV.

3.4. Composición de las mallas quirúrgicas

Las características de la malla óptima fueron descritas en 1950 por Cumberland and Scales y actualizadas en 1985 por Hamer-Hodges and Scott. Estas características son: no carcinógeno, químicamente inerte, resistente a tensión mecánica, capaz de ser esterilizado, ser inocuo ante fluidos tisulares, capaz de limitar la reacción a cuerpo extraño, adaptable y modificable a la medida del defecto y no causar reacciones alérgicas.²⁰

La última manera de clasificar las mallas es atendiendo al material del que están compuestas. Así distinguimos mallas sintéticas, biológicas y compuestas.

3.4.1. Mallas quirúrgicas biológicas

Presentan menor tendencia a la inflamación que las sintéticas, y por tanto también menor rigidez o fibrosis y dolor abdominal. También presentan menos tendencia a la formación de fistulas²¹ y una óptima integración tisular¹⁸. Por otro lado presentan el inconveniente de tener un mayor coste y menor fuerza mecánica.²¹ Son la recomendación en pacientes que precisen reparación de hernia ventral contaminada, presentando tasas de infección menores que las mallas sintéticas pero aceptando tasas de recidiva de hasta el 50%.²² Pueden utilizarse en cualquier localización, pero es especialmente interesante su uso intraabdominal.¹⁷

Para corregir hernias en campos contaminados debe considerarse implantar una malla biológica, donde el uso de las mallas sintéticas es controvertido. El material biológico promueve el crecimiento celular, la neovascularización y la regeneración de tejidos y han demostrado resistir mejor a la infección y no necesitar ser retiradas en caso de que se infecte.²

Un estudio analizó el aclaramiento de *S. aureus* y de *E. coli* en una malla biológica (Strattice) y en una malla sintética macroporosa (Progrip), ambas implantadas subcutáneamente. Se demostró que Progrip actuaba mejor contra *E. coli* y Strattice contra *S. aureus*.²³ Otro estudio comparó la actividad frente a *S. aureus* en varias mallas biológicas (Permacol, Surgisis, Xenmatrix y Strattice) con la actividad frente a este mismo microorganismo de Parietex (compuesta). En todos los casos fueron las mallas biológicas superiores a Parietex.²⁴

Estos junto con otros estudios proponen que la actividad antimicrobiana de las mallas biológicas utilizados para la reparación de hernias depende en mayor medida del tipo de infección bacteriana del que se trate que del tipo de malla utilizada, mientras que en las mallas sintéticas es al revés, la actividad antimicrobiana depende del tipo de malla utilizado. Esta observación es crucial a la hora de elegir el tipo de malla que es mejor en cada caso.²¹

Ejemplos de estas mallas son:⁹

1. Mallas fabricadas con matriz dérmica acelular (como AlloDerm o Allomax).
Esta matriz actúa como un andamio no antigénico, ya que se trata de una placa de matriz extracelular que preserva canales vasculares y favorece el

crecimiento del tejido y la rápida revascularización. Esto proporciona protección frente a la infección y mantiene su fuerza tensil. Se ha utilizado en la reconstrucción de grandes defectos en la pared abdominal obteniendo excelentes resultados y una muy baja morbilidad.

2. Mallas de mucosa intestinal porcina (Surgisis Cook). Es un material bioabsorbible cuya indicación principal es en pacientes con hernias incisionales con alto riesgo de infección o con dehiscencia de la herida quirúrgica.
3. Malla colágena dérmica porcina (Permacol, Strattice, Xenmatrix)
4. Malla de dermis fetal bovina (Surgimend)
5. Malla de pericardio bovino (Tutopatch, Synovis)

3.4.2. Mallas quirúrgicas sintéticas

Son el *Gold Standard* para la reparación de hernia abdominal. Su mayor ventaja es la fuerza que proporcionan y su bajo coste, pero posee desventajas como son la propensión a la inflamación con la consecuente rigidez y dolor abdominal que produce además de una mayor tasa de infección, adhesión visceral y fistulas enterocutáneas.²¹ Para hernias recalcitrantes, el cierre de la pared abdominal libre de tensión con malla sintética en posición *sublay* es el tratamiento estándar.²

Dentro de las mallas sintéticas en campos contaminados sería recomendable utilizar mallas reticuladas (macroporosas o tipo I), o al menos mixtas (tipo III) que permitan el paso de agentes contra la infección.¹⁹

3.4.3. Mallas quirúrgicas compuestas

Para intentar solucionar los problemas que se relacionan con la aplicación de mallas sintéticas se han desarrollado unas mallas compuestas que poseen una cara formada por material sintético que es la que se orienta hacia la dermis y una cara interna formada por biomaterial degradable que es la que se coloca sobre el peritoneo. La cara parietal es la que aporta fuerza mecánica y promueve la acumulación y producción de colágeno mientras que la principal función de la cara interna es impedir la adhesión visceral y suele degradarse en 1-8 meses. Ejemplos de mallas compuestas son: Parietex Composite (monofilamento 3D de poliéster + película de colágeno), Parietene (polipropileno + película de colágeno) o Vypro (polipropileno + poliglactina).⁹

3.5. Respuesta fisiológica a la implantación de una malla sintética

La presencia de material extraño en la cavidad abdominal induce una serie de eventos condicionados por la respuesta individual de cada paciente y del tipo de intervención quirúrgica.²⁵

Como parte del proceso, se produce una respuesta inflamatoria que contribuirá a la reparación del área dañada y a la encapsulación del material extraño para mantenerlo separado de los tejidos. La inflamación del peritoneo provoca la liberación de citoquinas y factores de crecimiento como TGF-B, que son muy importantes en el proceso de fibrosis, además de VEGF que induce la angiogénesis. Todos estos procesos contribuyen a la estabilización de las adhesiones peritoneales favoreciendo la integración de la malla a los tejidos y órganos.¹⁴

Inmediatamente después de la implantación de la malla se liberan diversas sustancias, cada una con un propósito. Un exudado fibrinoso proteico rodea el área dañada y atrae células inflamatorias, éstas atraen en primer lugar a los neutrófilos, que se unen a las células endoteliales y se activan atravesando el endotelio capilar. Es en el subendotelio donde liberan enzimas proteolíticas que degradan la matriz extracelular, además de radicales libres que eliminarán los detritos y tejidos muertos. Al no ser capaces de fagocitar la malla se activarán aumentando su capacidad secretoria.²⁵ Las siguientes células que son atraídas son los monocitos, que una vez llegan al área dañada se diferencian en macrófagos, monocitos inflamatorios y monocitos activados en función del material implantado, y una vez diferenciados liberarán abundantes citoquinas que son las que constituirán el sistema de defensa fagocítico real.¹⁴ En el desarrollo posterior, los macrófagos se unen formando células gigantes que residirán permanentemente en los alrededores de la malla.

Células endoteliales, células musculares lisas y fibroblastos se activan y adquieren propiedades migratorias y mitóticas, atravesando los poros de la malla y favoreciendo la síntesis de colágeno y proteoglicanos. La progresiva producción de colágeno fijará la malla en los tejidos. Sobre la tercera semana posterior a la implantación de la malla, el colágeno se estabiliza y da comienzo un proceso de reordenación de las fibras durante meses, con lo que disminuye la cantidad de colágeno y aumenta la resistencia a la ruptura.

En el momento de la implantación de la malla, ésta puede absorber microbios de fina estructura y detritos celulares, especialmente en los espacios interfibrilares por

lo que quedarían fuera del alcance de los mecanismos de defensa del huésped. Esto explica la causa de algunas infecciones que se producen a largo plazo.²⁵

3.6. Complicaciones tras la implantación de la malla

3.6.1. Recidiva herniaria

La recidiva de la hernia o eventración es una de las complicaciones más comunes a corto plazo tras una reparación de la pared abdominal con material protésico, aún con todo se ha observado una mayor tasa de recidiva en los casos en los que no se ha utilizado malla.²⁶ La mejor comparación prospectiva de reparación de hernia con sutura primaria y reparación de hernia con implantación de malla protésica mostró una tasa de recidiva a los tres años del 43% para la sutura primaria frente al 24% para la reparación con colocación de malla,²⁶ teniendo en cuenta que aproximadamente el 75% de las recidivas aparecen en los tres primeros años.¹⁵

En cuanto al tipo de intervención para colocar la malla, es mayor la tasa de recidivas en aquellos pacientes que fueron intervenidos por laparotomía que los que fueron operados por laparoscopia.²⁷ El tipo de malla también influye en el número de recidivas, habiéndose observado una mayor tasa cuando la porosidad de la malla es mayor (menor densidad de material), siendo el mayor precipitante la rotura de la malla en la zona central en las mallas ligeras.²⁶

En un estudio se comparó la tasa de recidivas en pacientes en los que se implantó malla ligera con la tasa de recidivas en pacientes con malla pesada. La primera fue de 22,9% y la segunda de 10,6%.²⁸

3.6.2. Adherencias

Se producen en un 67-93%²⁹ de las cirugías abdominales. La consecuencia más severa es la obstrucción intestinal, y la sufren el 30-41%³⁰ de los pacientes que requieren ser reoperados. Esta complicación es una de las principales causas de infertilidad en las mujeres y de dolor abdominal y pélvico crónico,³¹ y puede atribuirse el 40% de las mismas a adherencias post-quirúrgicas.³¹

El factor inicial que desencadena la formación de adherencias es el daño tisular, que provoca una reacción inflamatoria³¹. Una vez que el peritoneo está dañado, se activa la cascada de coagulación, lo que es una respuesta fisiológica al daño tisular,

pero si dos superficies peritoneales dañadas entran en contacto, el propio proceso de cicatrización provoca una “ fusión” de las mismas, es decir, adherencias.³¹

El neumoperitoneo creado durante la laparoscopia se ha asociado a un ambiente de hipoxia, presión elevada y acidosis que acelera el daño isquémico de las células del mesotelio peritoneal, este daño está relacionado con la formación de adherencias.³¹

Estudios actuales⁹ han demostrado que el grado de adherencias de las mallas viene determinado por las características de las mallas. El índice de adhesión es la capacidad que tiene la malla para generar adherencias. Existe una escala para calcular este índice, y se realiza teniendo en cuenta cuatro parámetros: el porcentaje del total del área de la malla que se cubre de adherencias, el grosor de las adherencias, el grado de vascularización y la fuerza de las mismas. La suma de los puntos refleja el índice de adhesión, siendo 0 el valor mínimo y 12 el máximo.⁹

3.6.3. Seromas

Algunos autores³² consideran los seromas como un evento esperable tras la reparación de hernia ventral más que como una complicación, en la que si se estudiara detalladamente a los pacientes tras la intervención el 100% revelarían seromas. Éstos son producidos por la reacción inflamatoria al material extraño implantado y al espacio muerto creado entre los tejidos y la malla, producido por la disección llevada a cabo para buscar los bordes aponeuróticos sanos. La incidencia de seromas disminuye con la utilización de mallas macroporosas que permiten el flujo sanguíneo a su través o de mallas que se integren rápidamente en los tejidos por fibrosis acelerada reduciendo el espacio muerto, además de evitando el contacto de la malla con el tejido subcutáneo adiposo.³³ Algunos autores³² apuntan que los seromas no son subsidiarios de drenaje si no se complican, y esto depende de la sintomatología,³² mientras que otros³³ consideran que cuando se lleven a cabo disecciones extensas entre la grasa subcutánea y el plano aponeurótico será necesaria la colocación de drenajes para evitar la acumulación de líquido.

3.6.4. Infección de la malla

Es la complicación más frecuente después del dolor crónico.³⁴ La incidencia de la infección de la malla protésica varía en función del procedimiento, un 6-10%³⁵ de las que se implantan por laparotomía se infectan, mientras que de las implantadas por

laparoscopia se infectan menos de un 3,6%.³⁵ Estas cifras se ven influenciadas considerablemente también por las características del paciente, influyendo negativamente condiciones como la obesidad, la inmunosupresión, la diabetes, EPOC o antecedente de aneurisma de aorta abdominal³⁶ y por características de la propia hernia, siendo más frecuente en hernias incarceradas, recidivantes y crurales.³⁵ Características de la intervención también influyen, como la realización de más intervenciones utilizando la misma incisión, operaciones largas, falta de tejido cubriendo la malla, enterotomías o complicaciones como las fistulas enterocutáneas.³⁶

La infección de la malla puede ocurrir tanto en tejidos profundos, como en tejidos superficiales, siendo los primeros más frecuentes.³⁵ La infección puede presentarse desde un leve eritema alrededor de la incisión hasta signos claros de sepsis. Otra manera de presentación es la aparición de colecciones líquidas, que no deben ser confundidas con seromas no infectados, frecuentes tras esta intervención. La clínica más frecuente es fiebre, dolor, celulitis, colecciones fluidas cerca de la malla o la incisión, leucocitosis y VSG elevada.

El diagnóstico de certeza debe asociarse a un cultivo profundo positivo del fluido que rodea la malla o a un cultivo positivo de la propia malla, por lo que en el caso de sospecharse una infección se debe realizar una aspiración de cualquiera de las dos localizaciones cuanto antes.³⁵

El patógeno más frecuentemente implicado es *S. aureus*, hasta un 81% de las infecciones son causadas por esta bacteria, y de ellas el 52% son por *S. aureus meticilin resistente (SARM)* pero también se han descrito infecciones por *S. epidermidis*, *S. pyogenes* o *Klebsiella spp* entre otros.³⁵

Para que se produzca la infección la bacteria tiene que adherirse a la malla, creando un microambiente denominado *biofilm* o película. Esta película impide que las bacterias que habitan en ella sean alcanzables por los polímeros extracelulares, lo que les confiere protección de los tratamientos antimicrobianos de dos formas: las bacterias que se encuentran en el *biofilm* se encuentran inactivas en vez de estar dividiéndose por lo que no son susceptibles de ser atacadas por agentes antimicrobianos. Por otra parte, la película constituye una barrera para el antibiótico, impidiéndole llegar hasta las bacterias.^{35,36}

3.6.5. Dolor crónico

Es la complicación más frecuente tras la implantación de una malla quirúrgica.³⁴ Tras el uso generalizado de mallas quirúrgicas para la reparación de hernias se ha observado tasas altas de dolor crónico, que puede ser controlado con analgésicos pero puede influir significativamente en la calidad de vida del paciente. La tasa de dolor crónico tras la reparación con malla de hernia inguinal por ejemplo puede alcanzar el 51,6%. Las razones de la producción del dolor crónico no están claras aunque se ha relacionado con lesiones nerviosas y atrapamientos nerviosos. También existe relación con el tipo de malla utilizado para la reparación, siendo el peso de la malla la característica que más se ha asociado. Las mallas pesadas tienen tasas mayores de producción de dolor crónico que las ligeras.³⁷

2. Hipótesis y justificación del trabajo

Este trabajo se acoge a la hipótesis de que las características micro y macroscópicas de las mallas quirúrgicas están relacionadas con el curso de complicaciones. Si bien están descritas las principales respuestas fisiológicas a parámetros generales de las mallas, todavía existe incertidumbre su relación con características concretas.

3. Objetivo del trabajo

Conocida la fisiopatología herniaria y de la implantación del material protésico para su reparación, los objetivos principales son:

1. Caracterizar distintos tipos de mallas quirúrgicas sintéticas de sustitución de pared abdominal analizando sus características macro y microscópicas.
2. Realizar una revisión bibliográfica de trabajos experimentales donde se describan las complicaciones asociadas a la implantación de diferentes mallas quirúrgicas, atendiendo a sus características principales.
3. Correlacionar las características de cada tipo de malla estudiada con los resultados de los estudios experimentales a fin de determinar si los parámetros de las mallas influyen en el curso de complicaciones posquirúrgicas.

4. Material y métodos

La información para la realización de este trabajo ha sido obtenida fundamentalmente por dos medios: la revisión bibliográfica y la caracterización de las mallas realizada a partir de imágenes micro y macroscópicas.

La revisión bibliográfica se ha obtenido de libros, monografías, artículos científicos y documentación de las empresas fabricantes utilizando como fuentes de información PubMed, Medline, Elsevier, SciELO y Google Académico. Las imágenes utilizadas para caracterizar las mallas con el programa “ImageJ” se obtuvieron de artículos científicos y literatura encontrada en las mismas fuentes científicas citadas.

En primer lugar, para la realización de la revisión bibliográfica se utilizaron como criterios de inclusión: que fueran estudios experimentales realizados en humanos y que describieran las complicaciones asociadas. Las publicaciones científicas fueron obtenidas de las mismas fuentes documentales citadas anteriormente. Algunas de las palabras claves utilizadas en las búsquedas fueron (donde, por ejemplo,

característica puede ser macro/microporosa, y *nombre comercial* Optilene o Parietex).

- *surgical mesh AND experimental AND infection OR complications*
- *surgical mesh AND abdominal wall AND infection OR complications*
- *surgical mesh AND *característica* AND complications OR complications*
- *surgical mesh AND *nombre comercial* AND complications OR complications*

En segundo lugar analizamos las características intrínsecas a las mallas y cómo se asociaban a las distintas posibles complicaciones de su implantación.

En tercer lugar caracterizamos las mallas con el programa “ImageJ” recogiendo el diámetro de las fibras, la cantidad de filamentos (multi o mono), las dimensiones, la geometría y la regularidad de los poros y el material del que están compuestos las mallas.

Por último seleccionamos 26 estudios en los que se hubiera implantado una determinada malla sintética y relacionamos los resultados con las características propias de la malla utilizada.

Los parámetros a estudiar fueron el diámetro de la fibra, el tipo de trenzado (mono o multifilamento), las dimensiones del poro y la geometría del poro.

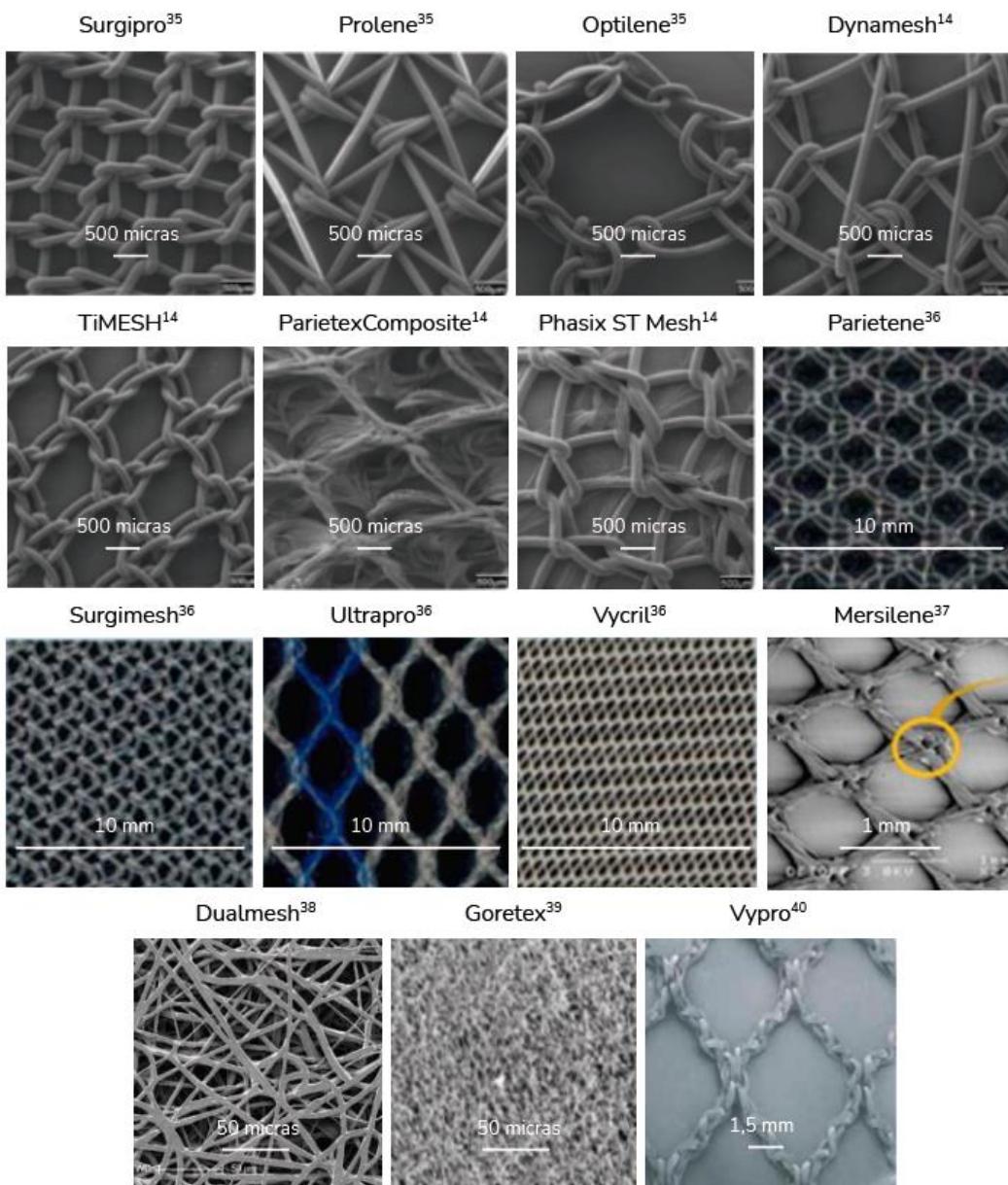
Las complicaciones estudiadas fueron la infección de la malla, los seromas, las adherencias, las recidivas y el dolor crónico.

5. Resultados

5.1. Parámetros a estudiar

1. Diámetro de la fibra
2. Multi o mono filamento
3. Dimensiones del poro
4. Geometría del poro
5. Regularidad de los poros

En función de ellos se caracterizarán 15 mallas sintéticas, cuyos nombres y características se encuentran explicados en la tabla 1.



| Malla | Diámetro fibra y multi/mono filamento | Dimensiones del poro | Geometría del poro | Regularidad de los poros | Material de la malla Densidad |
|--------------------|---------------------------------------|---|--------------------|--------------------------|---|
| Surgipro | 130 micras mono | 428x350 micras los más grandes 230x150 micras los más pequeños | Cuadrada | Irregular | PP No absorbible |
| Prolene | 120 micras mono | 1000x660 micras 620x100 micras | Triangular | Irregular | PP Malla pesada(100g/cm ²) No absorbible |
| Optilene | 95 micras mono | 2700x2300 micras | Cuadrada | Regular | PP |
| DynaMesh | 108 micras mono | 1330x890micras 645x325micras | Cuadrada | Irregular | PVDF+PP Mediana (60g/m ²) |
| TiMESH | 130 micras mono | 1390x810micras | Rectangular | Regular | PP Ligera(35g/m ²) |
| Parietex Composite | 80 micras multi | 2100x1500micras | Rectangular | Regular | PE + glicerol Pesada (129g/m ²) Parcialmente absorbible |
| Phasix ST Mesh | 115 micras multi | 975x547 micras | Rectangular | Irregular | P4HB Absorbible |
| Parietene | 100 micras mono | 1300x1200 micras | Cuadrada | Irregular | PP No absorbible |
| Surgimesh | 150 micras | 600x300 micras | Rectangular | Irregular | PP No absorbible |
| Ultrapro | 400 micras mono | 2800x1700 micras | Rectangular | Regular | PP+PG Ligera (28g/m ²) Parcialmente absorbible |

| | | | | | |
|-----------|------------------|----------------------------|-------------|-----------|--|
| Vicryl | 100 micras | 300x200 micras | Triangular | Regular | PG 910 Absorbible |
| Mersilene | 14 micras multi | 1100x800micras | Rectangular | Regular | PE Ligera (40g/m ²) |
| DualMesh | 3-5 micras mono | 25x20micras 55x40micras | Triangular | Irregular | PTFEe+clorhexidina No absorbible |
| Goretex | 0,4 micras multi | 2,3x1,15 micras | Rectangular | Irregular | PP+PTFE |
| Vypro | 0,3 mm multi | 6,5x5 mm | Cuadrada | Regular | PP+PG Malla ligera (22 g/m ²) |

Tabla 1: Características principales de las mallas estudiadas.

5.2. Análisis de las complicaciones según la característica analizada de cada malla

Realizamos un estudio de las principales complicaciones correlacionadas con el tipo de malla utilizada y sus características estructurales.

5.2.1. En función del diámetro de la fibra

Según el diámetro de la fibra hemos separado las mallas en dos grupos, menor o igual a 100 micras y mayor de 100 micras (tablas 2 y 3).

| Malla | Parietex Composite | Parietene | Mersilene | DualMesh | Goretex | Optilene |
|--|--------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Diámetro de la fibra (Menor o igual a 100 micras) | 80 micras | 100 micras | 14 micras | 3-5 micras | 0,4 micras | 95 micras |

Tabla 2: Mallas estudiadas cuyo diámetro de la fibra es menor o igual a 100 micras.

La malla Parietex se ha asociado a un 12,9% de recidivas³⁸ y a un 0,3-2,5%^{39,40} de infecciones. La malla Parietene se ha asociado a un 2-6,74% de recidivas^{41,42} y a un 0% de infección de la malla⁴³. La malla Mersilene se ha asociado con un 100% de necesidad de retirar las mallas infectadas⁴⁴ y con un 7%-34% de recidivas^{45,46}. La malla DualMesh se ha asociado con un 6,5%-71,4% de recidivas^{47,48} y la malla

Goretex se ha asociado con un 2,7%-11% de recidivas^{46,49} y un 1,3% de infección de la malla⁵⁰.

Diámetro de las mallas de mayor a menor:

Parietene - Optilene - Parietex Composite - Mersilene - DualMesh - Goretex

Incidencia de **infección** de mayor a menor:

3,6-16% Mersilene^{45,46} - 1,3% Goretex⁵⁰ - 0,3-2,5% Parietex Composite^{39,40} - 0% Parietene⁴³.

La única comparación que se justifica por el diámetro de la fibra (a mayor diámetro de la fibra mayor riesgo de infección) es la de las mallas Mersilene y Goretex. El resto no puede justificarse, por lo que cabe pensar que esta infección depende de otras características, como el hecho de ser mono o multifilamento.

Tasa de **recidivas** de mayor a menor:

6,5-71,4% DualMesh^{47,48} - 7-34% Mersilene^{45,46} - 12,9% Parietex Composite³⁸ - 2,7-11% Goretex^{46,49} - 2-6,74% Parietene^{41,42}.

La diferencia de recidiva entre Parietene y el resto de mallas se explica por el diámetro de la fibra (a mayor diámetro de la fibra mayor resistencia a la fuerza tensil y menor riesgo de recidiva), ya que Parietene es la malla que mayor diámetro de la fibra presenta y en la que menor incidencia de recidiva se ha observado. También se explica así que Parietex Composite presente menor riesgo de recidiva que DualMesh y Mersilene. Por último se explica que Mersilene tenga menor riesgo de recidiva que DualMesh.

Lo que no puede explicarse por el diámetro de la fibra es que Goretex tenga menos recidivas que DualMesh, Mersilene y Parietex Composite, ya que estas tres tienen mayor diámetro de fibra que Goretex.

| Malla | Surgipro | Prolene | DynaMesh | TiMESH | Phasix ST Mesh | Surgimesh | Ultrapro | Vypro |
|--|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|--------|
| Diámetro de la fibra (mayor de 100 micras) | 130 micras | 120 micras | 108 micras | 130 micras | 115 micras | 150 micras | 400 micras | 0,3 mm |

Tabla 3: Mallas estudiadas cuyo diámetro de la fibra es mayor a 100 micras.

La malla Prolene se ha asociado con un 1,5%-13 de recidivas^{46,51} y un 0% de infección malla⁴⁶, la malla DynaMesh se ha asociado con un 2,2% de recidiva⁵² y un 3.44% de infección de la malla⁵³, la malla Phasix ST Mesh se ha asociado con un 3,2%-8% de recidivas^{54,55} y un 1,3% de infección de la malla⁵⁵, la malla Ultrapro se ha asociado con un 2,7% de recidivas⁵⁶ y la malla Vypro se ha asociado a un 1,5% de recidivas⁵¹.

Diámetro de mayor a menor de las fibras:

Ultrapro - Vypro - Surgimesh - TiMESH, Surgipro - Prolene - Phasix ST Mesh – DynaMesh

Incidencia de **infección** de mayor a menor:

3, 44% DynaMesh⁵³ - 1,3% Phasix ST Mesh⁵⁵ - 0% Prolene⁴⁶

Que DynaMesh tenga la mayor tasa de infección de estas mallas no se explica por el diámetro de la fibra ya que es la que menor diámetro presenta. La diferencia entre Phasix ST Mesh y Prolene sí que se explica con el diámetro de las fibras.

Tasa de **recidivas** de mayor a menor:

1,5-13% Prolene^{46,51} - 3,2-8% Phasix ST Mesh^{54,55} - 2,7% Ultrapro⁵⁶ - 2,2% DynaMesh⁵² - 1,5% Vypro⁵¹

La mayor tasa de recidivas en Prolene se explica al compararla con Ultrapro y Vypro, pero no con Phasix ST Mesh y DynaMesh ya que éstas tienen menor diámetro

por lo que cabría esperar que tuvieran mayor tasa de recidivas que Prolene. Del resto, se explica que Phasix ST Mesh tenga mayor tasa de recidivas que Ultrapro y Vypro y Dynamesh que Vypro. Por último tampoco cabría esperar que Ultrapro sea la tercera en tasa de recidiva cuando es la que mayor diámetro tiene (debería ser la que menor recidivas presentara)

5.2.2. En función del tipo de trenzado, monofilamento o multifilamento.

| Malla | Surgipr o | Prolen e | Optilen e | DynaMe sh | TiMES H | Parieten e | Ultrapr o | DualMes h |
|--|----------------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------------|--------------|--------------|
| Mon o/ Multi fila- ment o | Monofilamento | | | | | | | |

Tabla 4: Mallas estudiadas monofilamento.

La malla Parietene se ha asociado con un 0% infección de la malla⁴³ al igual que Prolene 0% infección malla⁴⁶, mientras que la malla DynaMesh se ha asociado a un 3,44% de infección de la malla⁵³

| Malla | Parietex Composite | Phasix ST Mesh | Mersilene | Goretex | Vypro |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------|---------|-------|
| Mono/multi filamento | Multifilamento | | | | |

Tabla 5: Mallas estudiadas multifilamento.

La malla Parietex se ha asociado a un 0,3-2,5% de infecciones^{39,40}, la malla Goretex a un 1,3% de infección de la malla⁵⁰, la malla Phasix ST Mesh a un 1,3% de infección de la malla⁵⁵ y la malla Mersilene a un 3,6%-16% de infección de la malla^{45,46} y el 100% de las mallas infectadas hubo necesidad de retirarlas⁴⁴.

La tasa de infección observada en mallas monofilamento varía entre 0-3,44%^{46,53}, mientras que la observada en las mallas multifilamento oscila entre 1,3-16%.^{46,55}

Esta diferencia se explica por el tipo de filamento (mono/multi) ya que las mallas multifilamento se han asociado a mayor riesgo de infección al presentar mayor superficie de adhesión bacteriana.

5.2.3. En función de las dimensiones del poro.

| Malla | DualMesh | Goretex |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Tamaño del poro microporoso | 25x20 micras 55x40 micras | 2,3x1,15 micras |

Tabla 6: Mallas estudiadas microporosas (diámetro del poro menor de 75 micras).

La malla DualMesh se ha asociado a un 3,3%-9,21% de formación de seromas^{47,57} y la malla Goretex se ha asociado a un 1,3% de infección de la malla⁵⁰ y a un 20,7%-92,6% de formación de seromas^{49,50}.

El tamaño de los poros además de a la infección se asocia a la tasa de seromas, produciendo más seromas las mallas con poros más pequeños. La malla Goretex presenta un 20,7%-92,6%^{49,50} de seromas y DualMesh un 3,3%-9,21%.^{47,57} El diámetro de los poros de estas mallas explica estas tasas de seromas ya que Goretex tiene unos poros de 2,3x1,15 micras mientras que DualMesh de 55x40 micras.

| Malla | Surgipr o | Prolene | Optilene | DynaMesh | TiMESH | Parietex Composit e |
|---|--|--|----------------------|---|---------------------|---------------------------|
| Tamaño del poro macroporos o | 428x35 0 micras 230x15 0 micras | 1000x66 0 micras 620x100 micras | 2700x230 0 micras | 1330x890 micras 645x325 micras | 1390x81 0 micras | 2100x15 00 micras |

| Phasix ST Mesh | Surgimesh | Ultrapro | Vycril | Mersilene | Vypro |
|-------------------|----------------|---------------------|-------------------|--------------------|----------|
| 975x547 micras | 600x300 micras | 2800x1700 micras | 300x200 micras | 1100x800 micras | 6,5x5 mm |

Tabla 7: Mallas estudiadas macroporosas (diámetro del poro mayor de 75 micras).

La malla Parietex se ha asociado a un 2,56%-42% de formación de seromas^{39,40} y a un 0,3-2,5% de infecciones^{39,40}, la malla Mersilene se ha asociado a un 5,4% de formación de seromas⁴⁵, a un 3,6%-16% de infección de la malla^{45,46} y a un 100% de necesidad de retirar las mallas infectadas⁴⁴. La malla Optilene se ha asociado a un 6,45% de formación de seromas⁵⁸, la malla Prolene a un 17,3% de seromas⁵⁹ y un 0% infección malla⁴⁶, la malla DynaMesh a un 1,1%-2,12% de seromas^{52,60} y un 3,44% de infección de la malla⁵³, la malla TiMESH a un 6,7% de seromas⁵⁹, la malla Phasix ST Mesh a un 1,3% de infección de la malla y de ellas el 100% se tuvieron que retirar⁵⁵ y a un 17% de seromas⁵⁵ y por último la malla Ultrapro se ha asociado a un 21,6% de aparición de seromas⁵⁸.

Tamaño de los poros ordenados de mayor a menor:

Vypro - Optilene - Ultrapro - Parietex Composite - TiMESH - DynaMesh - Mersilene - Prolene - Phasix ST Mesh - Surgimesh – Surgipro - Vycril

Tasa de infección de mayor a menor:

3,6-16% Mersilene^{45,46} - 3,44% DynaMesh⁵³ - 0,3-2,5% Parietex^{39,40} - 1,3% Phasix ST Mesh⁵⁵ - 0% Prolene⁴⁶

La tasa de infección se asocia a un diámetro del poro menor. Esto justifica que Mersilene presente mayor tasa de infección que Phasix ST Mesh y que Prolene, pero no que DynaMesh y Parietex porque éstas últimas tienen un mayor diámetro del poro que Mersilene. Tampoco puede justificarse por el tamaño de los poros que Prolene presente un 0% de tasa de infección y que mallas con diámetro de los poros mayores como Mersilene, DynaMesh y Parietex presenten tasas de infección superiores.

Tasa de seromas de mayor a menor:

2,56-42% Parietex^{39,40} - 21,6% Ultrapro⁵⁸ - 17,3% Prolene⁵⁹ - 17% Phasix ST Mesh⁵⁵ - 6,7% TiMESH⁵⁹ - 6,45% Optilene⁵⁸ - 5,4% Mersilene⁴⁵ - 1,1-2,12% DynaMesh^{52,60}

La tasa de seromas se asocia a un menor diámetro de los poros. El alto porcentaje (2,56-42%) de seromas en la malla Parietex y que sea mayor que el de las mallas Prolene, Phasix ST Mesh, TiMesh, Mersilene y DynaMesh no se explica por el

tamaño del poro ya que estas 5 mallas presentan tamaños de los poros mayores que Parietex. La diferencia que si se explica por el diámetro de los poros es que Parietex presente mayor tasa de seromas que Optilene y Ultrapro, ya que éstas tienen mayores poros. Entre Optilene y Ultrapro también se explica que la segunda tenga mayor tasa de seromas ya que los poros de Optilene son mayores que los suyos.

5.2.4. En función de la geometría del poro.

| Malla | Surgipro | Optilene | DynaMesh | Parietene | Vypro |
|--------------------|-----------------|----------|----------|-----------|-------|
| Geometría del poro | Cuadrada | | | | |

Tabla 8: Mallas estudiadas con geometría del poro cuadrada.

La malla DynaMesh se ha asociado a un 17,24% de formación de adherencias.³⁸

| Malla | TiMES H | Parietex Composite | Phasix ST Mesh | Surgimesh | Ultrapr o | Mersilen e | Goretex |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|-----------|------------|---------|
| Geometría del poro | Rectangular | | | | | | |

Tabla 9: Mallas estudiadas con geometría del poro rectangular.

La malla Parietex se ha asociado a un 5%-54% de formación de adherencias^{39,40} y la malla Goretex a un 2,6%⁵⁰.

| Malla | Prolene | Vycril | DualMesh |
|--------------------|-------------------|--------|----------|
| Geometría del poro | Triangular | | |

Tabla 10: Mallas estudiadas con geometría del poro triangular.

La malla DualMesh se ha asociado con un 64,3% de formación de adherencias.⁴⁸

La tasa de adherencias en las mallas con geometría del poro cuadrada es del 17,24% aproximadamente.³⁸ La tasa de adherencias de las mallas con geometría del

poro rectangular oscila entre 2,6%-54%.^{40,50} La tasa de adhesiones en mallas de poro con geometría triangular es aproximadamente de 64,3%.⁴⁸

La geometría del poro se asocia a una mayor o menor tasa de adherencias siendo las mallas con poro de geometría cuadrada las que menos adherencias presentar al ser regulares en sus dimensiones y tener mayor resistencia a la fuerza tensil.

La geometría rectangular de los poros resiste peor a la fuerza tensil y presenta mayor riesgo de adherencias por la misma explicación, al igual que la triangular presenta todavía más riesgo de adherencias.

Las mallas estudiadas se corresponden con esta explicación, presentando la menor tasa de adherencias las mallas con poros cuadrados (17,24%)³⁸, después las mallas con poros rectangulares (2,6-54%)^{40,50} y por último las mallas con poros triangulares (64,3%).⁴⁸

6. Discusión

Prolene (PP)

El estudio⁶¹ comparó esta malla con la malla Vypro y se observó mayor número de recidivas, dolor crónico y abdomen rígido en la malla Prolene. El estudio⁵⁹ siguió a 150 pacientes con esta malla, de los cuales el 17,3% desarrolló seroma en el postoperatorio inmediato y el 8% al mes. Sensación de cuerpo extraño 3,3%. De los pacientes que tenían dolor preoperatorio, el 2% siguió teniendo dolor a 1 año, mientras que de los que no tenían dolor preoperatorio, el 4% desarrollaron dolor crónico a 1 año. El artículo⁵¹ siguió a 263 pacientes intervenidos de hernia inguinal con esta malla y se observó dolor en la ingle en un 12,2% y un 1,5% de recidivas. El estudio⁴⁶ formación de fistulas (0%), infecciones de la malla (0%), recidivas (13%) y obstrucción de intestino delgado (0%).

Esta malla es de alta densidad (100g/cm²), lo que explica el dolor crónico y el abdomen rígido ya que las mallas pesadas causan una reacción inflamatoria y a cuerpo extraño mayor que las ligeras, provocando contracción de la malla, cicatriz, sensación de cuerpo extraño, pérdida de *compliance* y dolor crónico.²⁰

En cuanto a los seromas, estos pueden ser explicados ya que son producidos por la reacción inflamatoria al material extraño implantado y al espacio muerto creado entre los tejidos y la malla³³ y esta malla ha demostrado producir alta tasa de reacción a cuerpo extraño. Además la incidencia de seromas es mayor con la utilización de mallas microporosas, que no permiten el flujo sanguíneo a su través, o de mallas que no se integren rápidamente en los tejidos reduciendo el espacio muerto³³ y Prolene es una malla cuyos poros varían de diámetro pudiendo llegar a ser hasta de 100 micras, por lo que se considera microporosa y además al ser una malla pesada no se integra con rapidez en los tejidos. Se observó mayor tasa de recidivas en Prolene que en Vypro, esto puede explicarse por el diámetro de la fibra, cuanto mayor es, mayor resistencia a la tensión ofrece.⁶² Prolene presenta un menor diámetro de sus fibras que Vypro.

Optilene (PP)

El estudio⁵⁸ la comparó con la malla Ultrapro y se observaron más hematomas a los 21 días (25,71% vs 16,22%) y más seromas a los 6 meses (6,45% vs 2,94%). Los seromas no pueden explicarse por el tamaño de los poros ya que siendo las dos macroporosas, los poros de Optilene son de mayor tamaño.

DynaMesh (PP+PVDF)

El estudio⁵² siguió a 181 pacientes en los que se implantó esta malla y se observó en el 19% dolor crónico, 1,65% obstrucción de intestino delgado, 0,55% fístula colónica con infección de la malla, 0,55% fístula cutánea, 3,3% recidiva herniaria, 1,1% hematoma en pared abdominal y 1,1% seromas que requirieron drenaje. El estudio³⁸ la comparó con la malla Parietex Composite y se observó más obstrucciones intestinales secundarias a adherencias en DynaMesh (11,5% vs 0%). El estudio⁵³ siguió a 29 pacientes con malla DynaMesh y se observó íleo, adherencias (17,24%, fueron 5 pacientes los que presentaron adherencias y de ellos se tuvo que retirar la malla en tres casos), obstrucción intestinal y 1 reacción a cuerpo extraño grave. Se observó una infección de la malla y esta tuvo que ser retirada. El estudio⁶⁰ siguió a 47 pacientes con malla DynaMesh y se observó un 2,12% tanto de infección de la herida quirúrgica, como de seroma y hematoma. El estudio⁴⁷ siguió a 76 pacientes intervenidos de hernia incisional con esta malla y se observó 9,21% de seromas, un 7,89% de íleo prolongado y 2,63% de hemoperitoneo. Las recidivas fueron del 6,5%. La presencia de dolor crónico puede explicarse por la densidad mediana de la malla.

En cuanto a las adherencias, la geometría del poro de esta malla es la más favorable, cuadrada, por lo que la tasa de adherencias tanto propia de DynaMesh como comparada con la tasa de la malla Parietex (cuya geometría del poro es rectangular) no puede explicarse por esta relación.

La tasa de infección puede explicarse por el diámetro de la fibra (108 micras) ya que a mayor diámetro, mayor superficie a la que pueden adherirse las bacterias.⁶³ El diámetro de sus poros es irregular, variando desde 1330 micras hasta 325 micras, los diámetros más pequeños pueden explicar la tasa de seromas.

TiMESH (PP)

El estudio⁵⁹ siguió a 150 pacientes con esta malla, de los cuales el 40% dolor transitorio. De los pacientes que tenían dolor preoperatorio, el 5% siguió teniendo dolor a 1 año, mientras que de los que no tenían dolor preoperatorio, el 4% desarrollaron dolor crónico a 1 año. Sensación cuerpo extraño (3,3%). Seromas: 9,3% en el postoperatorio inmediato y 6,7% al mes.

La aparición de seromas y sensación de cuerpo extraño y dolor crónico no puede explicarse por el peso de la malla (TiMESH es ligera) ni por el tamaño de sus poros (es macroporosa).

Parietex Composite (PE + glicerol)

El estudio³⁸ la comparó con la malla DynaMesh y se observaron más recidivas (12,9% vs 3,8%), hematomas y seromas (6,4% vs 0%) en Parietex. El estudio³⁹ siguió a 40 pacientes con malla Parietex y se observó un 5% de adherencias viscerales (2 pacientes), un 42% de seromas (21 pacientes) y un 2,5% de infecciones (1 paciente). El estudio⁴⁰ siguió a 1326 en los que se implantó malla Parietex y se observó dolor transitorio en un 3,24% que disminuyó a 2,56% dolor crónico, seromas en un 2,56% (34p), celulitis en un 0,98% (13p), hematoma en un 0,45% (6p), peritonitis en un 0,22% (3 pacientes) e infección grave en un 0,3% (4 pacientes). En un segundo tiempo se estudió a 126 pacientes (9,5% del total) y se observó que el 45,23% no presentaban adherencias mientras que el 42,06% presentaban adherencias menores y el 12,69% adherencias serias.

La mayor tasa de recidivas en Parietex que en DynaMesh no puede explicarse por la densidad de las mallas comparadas, ya que Parietex es más pesada que DynaMesh y sin embargo es la primera en la que se han observado más recidivas. Las adherencias se explican por la geometría rectangular de los poros y el dolor crónico porque Parietex Composite es una malla pesada (129g/m²).

La infección puede asociarse al diámetro amplio de la fibra y a que la malla es multifilamento, ya que éstas se han asociado a mayor riesgo de infección.^{7,64} Lo que no encaja con nuestro estudio es la mayor formación de seromas en Parietex que en Dynamesh (pues ésta tiene menor diámetro de los poros).

Phaxis ST Mesh (P4HB)

El estudio⁵⁴ siguió a 73 pacientes con esta malla 2 años y se observó un 3,2% de recidivas. El estudio⁵⁵ siguió a 75 pacientes con esta malla, de los cuales el 1,3% presentó infección de la malla que precisó ser retirada, 8% recidivas y 17% seromas aunque sólo algunos precisaron drenaje (6,7%). El hecho de ser una malla totalmente absorbible explica la tasa de recidivas a corto plazo. La infección de la malla se explica por su característica de ser multifilamentosa, además de un diámetro amplio de las fibras.

Parietene (PP)

El artículo⁴¹ siguió a 89 pacientes, los cuales fueron intervenidos de hernia inguinal bilateral y se implantó en todos indistintamente una malla de PP (Lichtenstein) y otra Parietene (autoadhesiva). El seguimiento a un año demostró mayor tasa de recidivas en las mallas Parietene que en las de PP (6 vs 1/ 6,74 % vs 1,12%). El 28,5% de los pacientes a un año indicaron que estaban más cómodos con la malla Parietene, el 14,2% la de PP y el 57,1% no refirieron diferencias. El estudio⁴² siguió durante dos años a 181 pacientes operados de hernia inguinal con esta malla. El 2% refirió sensación de cuerpo extraño, el 4% dolor crónico, el 2% tuvieron una recidiva y el 1% seroma. Hubo un 0,5% de infección de la herida quirúrgica pero no hubo infección de la malla. El estudio⁴³ siguió a 90 pacientes en los que se implantó esta malla y se observó la formación de hematoma en un 2,2%, seroma 2,2% e infección de la malla 0%. El 28,5% de pacientes indicaron estar más cómodos con la malla Parietene, esto puede explicarse por la posibilidad de colocar esta malla en contacto visceral y no generar adherencias, además de ser el poro cuadrado por lo que resiste mejor a la fuerza tensil.

Ultrapro (PP+PG)

El estudio⁵⁶ la comparó con la malla Prolene y se observó mayor dolor al año de la intervención (2,9% vs 0,7%) y mayor tasa de recidivas (2,7% vs 0,8%) en Ultrapro. El estudio⁵⁸ la comparó con la malla Optilene y se observaron más seromas (21,6% vs 17,14%) a los 21 días en Ultrapro.

La mayor tasa de recidivas en Ultrapro que en Prolene puede explicarse ya que Ultrapro es una malla ligera ($28\text{g}/\text{m}^2$), mientras que Prolene es una malla pesada ($100\text{g}/\text{cm}^2$). La mayor tasa de seromas en Ultrapro que en Prolene puede explicarse por la relación que hay entre mallas de poro más pequeño y mayor formación de seromas. Aunque las dos mallas son consideradas macroporosas, los poros de Ultrapro son más pequeños que los de Optilene. El dolor mayor en Ultrapro que en Prolene no lo puede explicar la densidad de la malla ya que Ultrapro es ligera y Prolene pesada. Es la segunda la que sería esperable que produjese mayor dolor crónico. Tampoco puede explicarlo el material del que están compuestas, ya que la malla Prolene es no reabsorbible mientras que Ultrapro lo es parcialmente.

Surgimesh (PP)

El estudio⁶⁵ comparó esta malla (*non-woven* PP microfibra) con una malla pesada de PP. El dolor fue menor en la malla Surgimesh a los 7 días y a los 3 meses de la operación, al igual que las recidivas a 5 años (1% vs 3%). La tasa de dolor crónico se explica por la relación de la mayor densidad de las mallas con la aparición de dolor crónico. Las recidivas no pueden explicarse por el peso de la malla (la tasa de recidiva es mayor cuanto más ligera es la malla), pero si puede explicarse por ser la malla Surgimesh no reabsorbible

Vypro (PP + PG)

El artículo⁵¹ siguió a 263 pacientes intervenidos de hernia inguinal con esta malla y se observó dolor en la ingle en un 10,3% y un 1,5% de recidivas. La tasa de recidivas se explica al ser una malla ligera ($22\text{g}/\text{m}^2$).

Mersilene (PE)

El estudio⁴⁴ siguió a 8 pacientes que habían sido intervenidos 1-13 años antes de 7 hernias incisionales y 1 inguinal con malla Mersilene y se produjo infección de la malla. En el 100% de los casos hubo que retirar la malla. Riesgo de fistula 2-3,5%. El estudio⁴⁵ siguió a 90 pacientes operados de hernia ventral con esta malla y se observó una recidiva de 7% a 53 meses, 6,3% hematoma, 5,4% seromas, 3,6% infección de la malla y 1,8% dehiscencia de la piel. El estudio⁴⁶ la comparó con las mallas Marlex, Prolene y Goretex. Se observó en Mersilene mayor tasa de complicaciones: formación

de fístulas (16% vs 0-2%), infecciones de la malla (16% vs 0-6%), recidivas (34% vs 10-14%) y obstrucción de intestino delgado (13% vs 0-6%).

Esta malla se tiene que retirar en caso de infección ya que forma una película a su alrededor que impide la llegada del antibiótico.²⁶

Las recidivas se explican ya que es una malla ligera (40g/m²). La tasa de infección se explica porque esta malla es multifilamento, y esta característica está asociada a mayor riesgo de infección.

DualMesh (PTFEe)

El estudio⁴⁸ siguió a 14 pacientes con esta malla, de los cuales el 64,3% desarrollaron adherencias del intestino delgado/colon y el 71,4% recidivas. Además, la compararon con otras mallas (Composix, una de PP y otra biológica) siendo la tasa de recidiva, la superficie de la malla con adherencias y la fuerza de estas adherencias menor en DualMesh que en el resto. El estudio⁴⁷ siguió a 76 pacientes intervenidos de hernia incisional con esta malla y se observó 9,21% de seromas, un 7,89% de íleo prolongado y 2,63% de hemoperitoneo. Las recidivas fueron del 6,5%. El estudio⁵⁷ siguió a 56 pacientes con hernia inguinal, de los cuales el 3,57% desarrollaron seromas y el 3,3% tuvieron recidiva a los 18 meses.

La tasa de adherencias se explica por la geometría del poro, ya que se ha demostrado que cuanto más regular y de forma cuadrada es, menor riesgo de generar adherencias tiene cuando se somete la malla a tensión.⁶² Los poros de esta malla al tener forma triangular, cuando se estiran hay una dirección en la que se aproximan más las fibras, generando así las adherencias.

La tasa de seromas se explica por ser microporosa. El íleo prolongado puede ser consecuencia de la alta tasa de adherencias.

Goretex (PTFEe)

El estudio⁴⁶ estudió pacientes con esta malla y observó recidivas en el 11%. El estudio⁵⁰ siguió a 146 pacientes que fueron intervenidos por una hernia ventral y se les colocó esta malla por laparoscopia. El 2,6% de las laparoscopias tuvieron que ser convertidas a cirugía abierta por daños del intestino delgado, intestino grueso y

adhesiones severas. Se registró infección de la malla en el 1,3%, seromas en el 20,7%, dolor crónico en el 2,6%, obstrucción intestinal en el 1,3% y recidivas en un periodo de 26 meses del 5,8%. El estudio⁴⁹ siguió a 150 pacientes tratados con esta malla. Se observó un 2,7% de recidivas y seromas en el 92,6% no complicados.

Las adhesiones se explican por la geometría rectangular del poro, la infección de la malla y los seromas por el pequeño tamaño de sus poros (malla microporosa). La tasa de infección además de por el tamaño de los poros se explica porque es una malla multifilamento.

Por tanto los resultados que sacamos de este estudio son los siguientes: A mayor diámetro de la fibra existe mayor riesgo de adherencia bacteriana, y por tanto de desarrollo de infección, pero para que esta diferencia sea significativa es necesario que la diferencia de diámetro de las fibras sea de al menos 20 micras.⁶³ El diámetro de las fibras de las mallas Mersilene, Dualmesh, Vycril, Parietene, Parietex Composite , Optilene y Goretex es menor o igual a 100 micras, es decir al menos 20 micras menor que el de las mallas Surgipro, Prolene, Dynamesh, TiMESH, Surgimesh, Phasix ST mesh y Ultrapro y por lo tanto podemos afirmar que el riesgo de colonización bacteriana y por tanto de infección es mayor en las nombradas en segundo lugar.

Por otro lado, a mayor diámetro de las fibras mayor resistencia a la tensión ofrece la malla, por lo que las mallas con mayor riesgo de infección en función del diámetro de las fibras también son las que mayor resistencia presentan.⁶²

La diferencia entre fibras multifilamento o monofilamento también es relevante en cuanto a la infección, ya que se ha asociado las fibras multifilamento con una mayor superficie a la que adherirse las bacterias, por lo que hay más riesgo de infección.^{7,64} Hemos observado fibras multifilamento en las mallas Parietex composite, Phasix Mesh, Mersilene y Goretex.

En cuanto a las dimensiones del poro, se ha descrito extensamente su importancia respecto a la infección.¹⁹ Los poros de diámetro menor de 75 micras no permiten el paso de macrófagos, fibroblastos ni la angiogénesis que el organismo pone en marcha para hacer frente a la infección, no siendo así con las bacterias, las que al ser menores de 75 micras atraviesan estos poros sin problema generando una

infección ante la cual no se va a poder producir respuesta. Las mallas Dualmesh y Goretex son microporosas, por lo que presentan mayor tasa de infección que el resto de mallas estudiadas cuyos poros son mayores de 75 micras.

El menor tamaño del diámetro del poro también se ha asociado a mayor riesgo de aparición de seromas³³, por lo que además de mayor tasa de infección, las mallas Dualmesh y Goretex presentan mayor tasa de formación de seromas. Una ventaja de las mallas microporosas frente a las mallas macroporosas es la menor formación de adherencias¹⁸, por lo que las dos mallas mencionadas en este párrafo presentan menor tasa de adherencias que el resto del estudio.

Además, la geometría de los poros se asocia también a mejor o peor pronóstico, siendo los poros con forma cuadrada los que mejor resultados dan ya que al someter las mallas a tensión, las fibras se dan de si pero los filamentos tardan más en entrar en contacto unos con los otros y producir colapso y adherencias que las mallas cuyos poros tienen forma de rectángulo. Cabe destacar que a mayor rigidez y menor elasticidad menor riesgo de adherencias por el mismo motivo.⁶² Las mallas estudiadas en las que hemos observado una geometría de poro cuadrada o más similar a cuadrada que a rectangular son Surgipro, Optilene, DynaMesh, Parietene y Prolene, por lo que tendrán menor riesgo de adherencias que las mallas en las que hemos observado una geometría más rectangular: TimeMesh, Parietex Composite, Phasix ST Mesh, Surgimesh, Ultrapro, Mersilene y Goretex. Por último encontramos mallas cuya forma de los poros no es cuadrada pero tampoco rectangular, por lo que podemos decir que estas mallas presentan un riesgo intermedio de adherencias y son: Prolene, Vycril y DualMesh.

7. Conclusiones

Las complicaciones que se dan tras la implantación de una malla se asocian a las distintas características de las mallas quirúrgicas.

1. El diámetro del poro de las mallas quirúrgicas influye en la tasa de infección y de seromas, siendo la relación inversamente proporcional.
2. Las mallas multifilamento presentan mayor tasa de infección que las monofilamento.
3. Las mallas de mayor diámetro de filamento son las que menor tasa de recidiva presentan y mayor tasa de infección.
4. Las mallas con geometría cuadrada del poro son las que menor tasa de adherencias presentan.
5. Dependiendo de a qué complicación atendamos, una característica puede ser beneficiosa o perjudicial, por ejemplo un diámetro mayor de las fibras favorece la aparición de infección de la malla y sin embargo es beneficioso en cuanto a las recidivas.
6. En función también de qué complicaciones hablemos, una malla puede ser adecuada o no, por ejemplo una malla de diámetro de la fibra mayor de 100 micras, multifilamento, macroporosa y de geometría cuadrada del poro tendrá alto riesgo de infección por el diámetro de la fibra y por la condición de multifilamento, pero menor riesgo por ser macroporosa. Tendrá también bajo riesgo de recidiva por el diámetro de la fibra y por último bajo riesgo de adherencias por la geometría del poro.
7. La “malla perfecta” por tanto de momento no existe, y es muy importante considerar las características de cada paciente e intervención para elegir la malla adecuada en cada caso.

8. Bibliografía

1. Morales Conde, S., Barreiro Morandeira, F., Hernández Granados, P. & Feliu Palà, X. *Guías clínicas de la asociación española de cirujanos. Cirugía de la pared abdominal.* (2013).
2. Patel, N. G., Ratanshi, I. & Buchel, E. W. The Best of Abdominal Wall Reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* **141**, 113e-136e (2018).
3. Weiland, D. E., Bay, R. C. & Del Sordi, S. Choosing the best abdominal closure by meta-analysis. *Am. J. Surg.* **176**, 666–670 (1998).
4. Smart, P. & Mann, G. B. Meta-analysis of techniques for closure of midline abdominal incisions [8]. *Br. J. Surg.* **90**, 370 (2003).
5. Ceydeli, A., Rucinski, J. & Wise, L. Finding the best abdominal closure: An evidence-based review of the literature. *Curr. Surg.* **62**, 220–225 (2005).
6. Hodgson, N. C. F., Malthaner, R. A. & Østbye, T. The search for an ideal method of abdominal fascial closure: A meta-analysis. *Ann. Surg.* **231**, 436–442 (2000).
7. Hsiao, W. C., Young, K. C., Wang, S. T. & Lin, P. W. Incisional hernia after laparotomy: Prospective randomized comparison between early-absorbable and late-absorbable suture materials. *World J. Surg.* **24**, 747–752 (2000).
8. Moreno-Egea, A. & Aguayo-Albasini, J. L. Análisis histórico del tratamiento de la hernia incisional compleja: Hacia una comprensión de la técnica de doble reparación protésica. *Cir. Esp.* **88**, 292–298 (2010).
9. Hernández López, A. Materiales protésicos en patología herniaria. *Rev. Mex. Cirugía Endoscópica* **10**, 68–74 (2009).
10. Walming, S. *et al.* Retrospective review of risk factors for surgical wound dehiscence and incisional hernia. *BMC Surg.* **17**, 1–6 (2017).
11. Sanders, D. L. *et al.* An experimental study exploring the relationship between the size of bacterial inoculum and bacterial adherence to prosthetic mesh. *Surg. Endosc.* **27**, 978–985 (2013).
12. Timmermans, L. *et al.* Meta-analysis of sublay versus onlay mesh repair in incisional hernia surgery. *Am. J. Surg.* **207**, 980–988 (2014).
13. Rodríguez López, M. *et al.* Métodos de fijación de malla y complicaciones tras eventroplastia onlay: revisión de 245 casos. *Rev. ACIRCAL* **3**, 5–22 (2016).
14. Gómez-Gil, V., Pascual, G. & Bellón, J. M. Biomaterial implants in abdominal wall Hernia Repair: A review on the importance of the peritoneal interface. *Processes* **7**, (2019).
15. Balongo García, R., Naranjo Rodríguez, P., De la Rosa Baez, J. & Álvarez Benito, N. Influencia de la posición de la malla en las reparaciones protésicas de la hernia ventral. *Cir. Andaluza* **22**, 41–45 (2011).
16. Jairam, A. P. *et al.* Prevention of incisional hernia with prophylactic onlay and

sublay mesh reinforcement versus primary suture only in midline laparotomies (PRIMA): 2-year follow-up of a multicentre, double-blind, randomised controlled trial. *Lancet* **390**, 567–576 (2017).

17. Bernardos García, C. *et al.* Actualización Elección de la prótesis para el tratamiento de las hernias abdominales. *Cir. Andal.* **24**, 236–239 (2013).
18. Cantudo Cuenca, M. D. Mallas quirúrgicas: clasificación, selección e implantación de un sistema de gestión. *Panor. Actual del Medicam.* **39**, 334–337 (2015).
19. Amid, P. K. Classification of biomaterials and their related complications in abdominal wall hernia surgery. *Hernia* **1**, 70–70 (1997).
20. Cevasco, M. & Itani, K. M. F. Ventral hernia repair with synthetic, composite, and biologic mesh: Characteristics, indications, and infection profile. *Surg. Infect. (Larchmt).* **13**, 209–215 (2012).
21. Costa, A. *et al.* Biological scaffolds for abdominal wall repair: Future in clinical application? *Materials (Basel).* **12**, 1–16 (2019).
22. Lak, K. L. & Goldblatt, M. I. Mesh selection in abdominal wall reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* **142**, 99S-106S (2018).
23. Cole, W. C. *et al.* An experimental comparison of the effects of bacterial colonization on biologic and synthetic meshes. *Hernia* **19**, 197–205 (2015).
24. Harth, K. C. *et al.* Bacterial clearance of biologic grafts used in hernia repair: An experimental study. *Surg. Endosc.* **25**, 2224–2229 (2011).
25. F, A. A. Mallas sintéticas irreabsorbibles: Su desarrollo en la cirugía de las hernias abdominales * Not absorbable synthetic mesh for the repair of groin hernia. *60*, 457–464 (2008).
26. Cobb, W. S. A current review of synthetic meshes in abdominal wall reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* **142**, 64S-71S (2018).
27. Kokotovic, D., Bisgaard, T. & Helgstrand, F. Long-term recurrence and complications associated with elective incisional hernia repair. *JAMA - J. Am. Med. Assoc.* **316**, 1575–1582 (2016).
28. Cobb, W. S. *et al.* Open retromuscular mesh repair of complex incisional hernia: Predictors of wound events and recurrence. *J. Am. Coll. Surg.* **220**, 606–613 (2015).
29. Muller, S., Lango, T., Brekken, R. & Ystgaard, B. Degree of adhesions after repair of incisional hernia. *J. Soc. Laparoendosc. Surg.* **14**, 399–404 (2010).
30. Ellis, H. *et al.* Adhesion-related hospital readmissions after abdominal and pelvic surgery: A retrospective cohort study. *Lancet* **353**, 1476–1480 (1999).
31. Fortin, C. N., Saed, G. M. & Diamond, M. P. Predisposing factors to post-operative adhesion development. *Hum. Reprod. Update* **21**, 536–551 (2014).
32. Carlson, M. A., Frantzides, C. T., Shostrom, V. K. & Laguna, L. E. Minimally invasive ventral herniorrhaphy: An analysis of 6,266 published cases. *Hernia*

12, 9–22 (2008).

33. Hernández López, A. Manejo actual de las complicaciones en las reparaciones de la hernia con material protésico. *Cir. Gen.* **34**, 17–19 (2012).
34. Todros, S., Pavan, P. G. & Natali, A. N. Synthetic surgical meshes used in abdominal wall surgery: Part I—materials and structural conformation. *J. Biomed. Mater. Res. - Part B Appl. Biomater.* **105**, 689–699 (2017).
35. Sanchez, V. M., Abi-Haidar, Y. E. & Itani, K. M. F. Mesh infection in ventral incisional hernia repair: Incidence, contributing factors, and treatment. *Surg. Infect. (Larchmt).* **12**, 205–210 (2011).
36. Falagas, M. E. & Makris, G. C. Mesh-related infections after hernia repair. *Hernia Repair Sequelae* 97–102 (2010) doi:10.1007/978-3-642-11541-7_13.
37. Nikkolo, C. & Lepner, U. Chronic pain after open inguinal hernia repair. *Postgrad. Med.* **128**, 69–75 (2016).
38. Tandon, A. *et al.* Parietex™ Composite mesh versus DynaMesh®-IPOM for laparoscopic incisional and ventral hernia repair: A retrospective cohort study. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* **98**, 568–573 (2016).
39. Shen, Y., Li, Q., Sun, L. & Chen, F.-Q. Polylactide-caprolactone composite mesh for ventral hernia repair: a prospective, randomized, single-blind controlled trial. *Minerva Chir* **73 (2)**, 157–162 (2018).
40. Chelala, E. *et al.* Long-term outcomes of 1326 laparoscopic incisional and ventral hernia repair with the routine suturing concept: a single institution experience. *Hernia* **20**, 101–110 (2016).
41. Porrero, J. L. *et al.* Randomised clinical trial: conventional Lichtenstein vs. hernioplasty with self-adhesive mesh in bilateral inguinal hernia surgery. *Hernia* **19**, 765–770 (2015).
42. Pedano, N. *et al.* Open tension-free hernioplasty using a novel lightweight self-gripping mesh: Medium-term experience from two institutions. *Langenbeck's Arch. Surg.* **397**, 291–295 (2012).
43. Bruna Esteban, M., Cantos Pallarés, M. & Artigues Sánchez De Rojas, E. Utilizació'n demallasautoadhesivasenlahernioplastia frentealate'cnica convencional.Resultadosdeunestudio prospectivoyleatorizado. *Cir. Esp.* **88**, 253–258 (2010).
44. Morin, B., Bonnamy, C., Maurel, J., Samama, G. & Gignoux, M. Fistules intestinales tardives après implantation de prothèse pariétale abdominale. *Ann. Chir.* **126**, 876–880 (2001).
45. Wheeler, A. A., Matz, S. T., Bachman, S. L., Thaler, K. & Miedema, B. W. Retrorectus polyester mesh repair for midline ventral hernias. *Hernia* **13**, 597–603 (2009).
46. Leber, G. E., Garb, J. L., Alexander, A. I. & Reed, W. P. Long-term complications associated with prosthetic repair of incisional hernias. *Arch. Surg.* **133**, 378–382

(1998).

- 47. Verbo, A. *et al.* Polyvinylidene Fluoride Mesh (PVDF, DynaMesh-IPOM) in The Laparoscopic Treatment of Incisional Hernia: A Prospective Comparative Trial versus Gore ePTFE DUALMESH Plus. **28**, 147–151 (2016).
- 48. Jenkins, E. D. *et al.* Prospective evaluation of adhesion characteristics to intraperitoneal mesh and adhesiolysis-related complications during laparoscopic re-exploration after prior ventral hernia repair. *Surg. Endosc.* **24**, 3002–3007 (2010).
- 49. Berger, D., Bientzle, M. & Müller, A. Postoperative complications after laparoscopic incisional hernia repair: Incidence and treatment. *Surg. Endosc. Other Interv. Tech.* **16**, 1720–1723 (2002).
- 50. Topart, P., Ferrand, L., Vandenbroucke, F. & Lozac'h, P. Laparoscopic ventral hernia repair with the Goretex Dualmesh: Long-term results and review of the literature. *Hernia* **9**, 348–352 (2005).
- 51. Bringman, S. *et al.* One year results of a randomised controlled multi-centre study comparing Prolene and Vypro II-mesh in Lichtenstein hernioplasty. *Hernia* **9**, 223–227 (2005).
- 52. Sommer, T. & Friis-Andersen, H. DynaMesh in the repair of laparoscopic ventral hernia: a prospective trial. **17**, 613–618 (2013).
- 53. Fortelny, R. H. *et al.* Adverse effects of polyvinylidene fluoride-coated polypropylene mesh used for laparoscopic intraperitoneal onlay repair of incisional hernia. *Br. J. Surg.* **97**, 1140–1145 (2010).
- 54. Panici Tonucci, T., Asti, E., Sironi, A., Ferrari, D. & Bonavina, L. Safety and Efficacy of Crura Augmentation with Phasix ST Mesh for Large Hiatal Hernia: 3-Year Single-Center Experience. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech.* **30**, 369–372 (2020).
- 55. Rognoni, C. *et al.* Clinical outcomes and quality of life associated with the use of a biosynthetic mesh for complex ventral hernia repair: analysis of the “Italian Hernia Club” registry. *Sci. Rep.* **10**, 1–9 (2020).
- 56. Burgmans, J. P. J. *et al.* Long-term results of a randomized double-blinded prospective trial of a lightweight (ultrapro) versus a heavyweight mesh (prolene) in laparoscopic total extraperitoneal inguinal hernia repair (TULP-trial). *Ann. Surg.* **263**, 862–866 (2016).
- 57. Catani, M., De Milito, R., Chiaretti, M., Manili, G. & Simi, M. Laparoscopic inguinal hernia repair ‘IPOM’ with Dual-Mesh. **74(1)**, 53–60 (2003).
- 58. Rickert, A. *et al.* A randomised, multi-centre, prospective, observer and patient blind study to evaluate a non-absorbable polypropylene mesh vs. a partly absorbable mesh in incisional hernia repair. *Langenbeck's Arch. Surg.* **397**, 1225–1234 (2012).
- 59. Bittner, R., Schmedt, C. G., Leibl, B. J. & Schwarz, J. Early postoperative and one year results of a randomized controlled trial comparing the impact of extralight

titanized polypropylene mesh and traditional heavyweight polypropylene mesh on pain and seroma production in laparoscopic hernia repair (TAPP). *World J. Surg.* **35**, 1791–1797 (2011).

60. Zhou, Z., Bilkhu, A. & Anwar, S. The use of a composite synthetic mesh in the vicinity of bowel - For repair and prophylaxis of parastomal hernias. Does it increase the risk of short term infective complications? *Int. J. Surg.* **45**, 67–71 (2017).
61. Schmidbauer, S., Ladurner, R., Hallfeldt, K. & Mussack, T. Heavy-weight versus low-weight polypropylene meshes for open sublay mesh repair of incisional hernia. *22;10(6)*, 247–253 (2005).
62. E. Palmisano, J.D. Martínez, M. M. G. Revista hispanoamericana de hernia. *Rev. Hispanoam. Hernia* **1**, 18–26 (2013).
63. Sanders, D., Lambie, J., Bond, P., Moate, R. & Steer, J. A. An in vitro study assessing the effect of mesh morphology and suture fixation on bacterial adherence. *Hernia* **17**, 779–789 (2013).
64. Sanbhal, N., Miao, L., Xu, R., Khatri, A. & Wang, L. Physical structure and mechanical properties of knitted hernia mesh materials: A review. *J. Ind. Text.* **48**, 333–360 (2018).
65. Śmietański, M., Bury, K., Śmietańska, I. A., Owczuk, R. & Paradowski, T. Five-year results of a randomised controlled multi-centre study comparing heavy-weight knitted versus low-weight, non-woven polypropylene implants in Lichtenstein hernioplasty. *Hernia* **15**, 495–501 (2011).