



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Prevención del dolor lumbar en la práctica del BMX  
mediante la flexibilidad y el fortalecimiento CORE

Autor/es

Pablo Sergio Marín Beltrán

Director/es

D. Félix Herranz Bercedo

Escuela de Ciencias de la Salud  
2011/2012

## RESUMEN

**Introducción:** El BMX es una disciplina ciclista olímpica que consiste en recorrer un circuito de 350m durante 40s, con el objetivo de llegar a la meta en la mejor clasificación posible. Las cualidades físicas básicas del BMX son agilidad, fuerza explosiva, resistencia a la fuerza explosiva y resistencia de larga duración.

**Objetivos:** prevención y/o mejora del dolor lumbar de tipo mecánico en el BMX mediante el trabajo de estiramientos de la cadena posterior y fortalecimiento del CORE.

**Metodología:** Diseño intrasujeto AB n=12. Uso de tests estandarizados para medir la flexibilidad y utilización de una escala visual analógica para medir el nivel de dolor lumbar. Utilización de ejercicios de fortalecimiento CORE combinados con ejercicios de estiramientos musculotendinosos durante 9 semanas.

**Desarrollo:** En la mayoría de los tests un porcentaje elevado de los deportistas ha mejorado. Cabe destacar el test 4 donde el 91,66% ha obtenido unos valores de flexibilidad de la cadena posterior muy buenos. Quizás sea el más importante predictor para relacionar dolor lumbar con la flexibilidad de la cadena posterior.

En el test 5 han mejorado todos los deportistas excepto uno. El aumento de la extensibilidad lumbar podría ser un factor importante en la mejora del dolor lumbar.

En la algometría el 66,67% ha reducido sus niveles de dolor de forma importante.

**Conclusión:** Los deportistas han reducido sus niveles de dolor lumbar tras la realización de los ejercicios propuestos. Sería conveniente realizar más investigaciones acerca del dolor lumbar y la flexibilidad en relación al gesto deportivo del BMX.

## **ÍNDICE:**

• INTRODUCCIÓN	3-4
• OBJETIVOS	5
• METODOLOGÍA	6-8
• DESARROLLO	9-20
• CONCLUSIONES	21
• BIBLIOGRAFÍA	22-25
• ANEXO I: Consentimiento informado	26-27
• ANEXO II: Tests	28-32
• ANEXO III: Ejercicios fortalecimiento	33-34
• ANEXO IV: Ejercicios stretching	35-36
• ANEXO V: Limitaciones y agradecimientos	37

# INTRODUCCIÓN

La *Bicycle Moto-Cross* (BMX), es una disciplina ciclista que consiste en recorrer un circuito de 350m durante 40s aproximadamente con el objetivo de llegar a la meta en la mejor clasificación posible. En BMX, disciplina olímpica desde Pekín 2008, se compite en series de 8 corredores, pasando rondas eliminatorias hasta disputar una final de 8 corredores. El circuito, ubicado en un plano con saltos y desniveles, comienza con una salida en bajada al caer una valla mecánica. Esta disciplina es de carácter abierto puesto que se deben adaptar las actuaciones propias a las de los oponentes.

En relación a las cualidades físicas necesarias en BMX, esta disciplina se caracteriza por una salida explosiva y máxima, quizás la parte más importante en esta modalidad debido a que colocarse en cabeza desde el comienzo de la prueba supone seleccionar la trazada y no verse frenado en la primera curva; a la cual le siguen varios sprints a máxima cadencia de pedaleo entre las diversas dificultades del terreno (saltos, curvas peraltadas y dubbies). Aunque no se pedalee en el aire cuando se realizan los saltos o al apoyar en un peralte, en todo momento el corredor debe mantener una tensión muscular mínima que a menudo se acompaña de acciones de ajuste de la posición de la bicicleta, empuje o tirón de brazos y piernas e, incluso, pedaleo aéreo. Diversos estudios<sup>1</sup> han mostrado que el BMX es una disciplina en la que se generan considerables cantidades de ácido láctico.

Las cualidades físicas básicas que debería ostentar un piloto de BMX serían:

- Agilidad, como combinación de amplitud de movimiento y velocidad gestual, que le permita al piloto adaptarse a la incertidumbre generada por el circuito y otros pilotos.
- Fuerza explosiva, definida como *máxima fuerza aplicada ante una determinada carga*, que redundará en una capacidad de propulsión y en una velocidad de traslación mayor, apreciándose especialmente en las arrancadas (en la salida).

- Resistencia de corta duración o resistencia a la fuerza explosiva, pues el corredor debe ser capaz de realizar esfuerzos máximos a lo largo de las diferentes zonas del circuito sin apenas descanso.
- Resistencia de larga duración, ya que teniendo en cuenta la estructura eliminatoria de la prueba, se deben realizar al menos 5 mangas para alcanzar la final (según el número de corredores) con lapsos de unos 15' de recuperación aproximadamente entre cada una de ellas.

Debido a los factores de rendimiento y las cualidades físicas necesarias para este deporte, se pretende realizar un trabajo de campo que relacione la disminución y/o eliminación del dolor lumbar con la flexibilización de la cadena posterior de los corredores.

Se intenta combinar dos enfoques en este trabajo/estudio: el primero sería desde la visión de un licenciado en CCAFD (Ciencias de la Actividad Física y del Deporte) y el segundo desde un futuro graduado en Fisioterapia.

La licenciatura en CCAFD sirve para aportar métodos y conocimientos de entrenamiento deportivo, que ayuden a aplicar los tratamientos fisioterápicos en el momento adecuado de la sesión y de la temporada deportiva.

De ahí viene la idea de realizar este trabajo fin de grado con deportistas, para poder combinar dos ciencias que tienen mucha relación entre sí.

Otro aspecto motivante fue que estamos en año olímpico y como se ha mencionado antes, el BMX es deporte olímpico.<sup>1</sup>



## **OBJETIVOS**

- General:
  - Prevención y/o mejora del dolor de la columna lumbar de tipo mecánico en el BMX mediante el trabajo de estiramientos de la cadena posterior y fortalecimiento del CORE.
- Particulares:
  - Analizar el nivel de flexibilidad de los deportistas.
  - Valorar los dolores o molestias más frecuentes en este deporte.
  - Realizar un programa de ejercicios de estiramientos de la cadena posterior y fortalecimiento de los músculos de la faja abdominal (Core Stability).
  - Analizar los resultados obtenidos y extraer unas conclusiones generales.

## **METODOLOGÍA**

Se utiliza un diseño intrasujeto AB  $n=12$ . Es un diseño cuasi-experimental donde se establece la línea de base, sin tratamiento (A), y una vez estabilizada, se produce la intervención y la medida de la nueva serie (B). Es muy difícil probar la causalidad en este tipo experimentos, porque puede ser que los cambios en la fase B no sean consecuencia del tratamiento, y pueden haberse producido debido a una correlación con algún hecho fortuito.<sup>2</sup>

Según Cook y Campbell<sup>2</sup>, *la estrategia AB contiene amenazas tanto a la validez interna (historia, maduración, inestabilidad, selección,...) como a la validez externa (efectos de interacción de las pruebas, interacción de la selección y el tratamiento cuasi-experimental, efectos reactivos de las disposiciones cuasi-experimentales...).*

La peculiaridad de este trabajo es que no es un diseño convencional AB  $n=1$ , sino que  $n=12$ , porque en vez de realizar el tratamiento sobre un solo paciente se realiza sobre 12 deportistas de BMX. La ventaja es que se puede comparar entre sujetos, aunque no sea una muestra homogénea. Se pueden obtener datos estadísticos para ver si los objetivos planteados al principio del estudio se han cumplido y la fuerza de la inferencia crece con el tamaño de la muestra.

Para valorar a los deportistas se les informa y se comprometen a seguir el estudio para el cual firman un modelo de consentimiento informado. Ver Anexo I

Tests estandarizados para medir los niveles de flexibilidad corporal:<sup>3</sup> (Ver Anexo II)

- 1. ROTACIÓN EXTERNA DE LA CADERA**
- 2. ROTACIÓN INTERNA DE LA CADERA**
- 3. APERTURA DE LAS CADERAS (medir la distancia de talón a talón)**
- 4. FLEXIÓN DEL TRONCO (Sit and Reach Test<sup>4,5</sup>)**
- 5. EXTENSIÓN DEL TRONCO**

Para medir el nivel de dolor lumbar que sufren los deportistas, se utiliza en una escala visual analógica (EVA): que consiste en una línea horizontal de 10 cm de longitud dispuesta entre dos puntos donde figuran las expresiones “no dolor” y “máximo dolor imaginable” que corresponden a las puntuaciones de 0 y 10 respectivamente; el paciente marcará aquel punto de la línea que refleje el dolor que padece.

La escala visual analógica (EVA) se emplea mucho por su fiabilidad, precisión y rápida aplicación, tanto en el ámbito clínico, como en investigación.

Puede repetirse durante la evolución del proceso doloroso con la valoración de la respuesta al tratamiento y la comparación de diferentes tratamientos.<sup>6</sup>



## PROTOCOLO:

Se utilizan unos ejercicios sencillos de fortalecimiento de los músculos abdominales y paravertebrales combinados con ejercicios de estiramientos musculotendinosos durante 9 semanas de duración, 3 veces a la semana (martes, jueves y sábado).

Se pretende trabajar y fortalecer el CORE: en la bibliografía se llama *core stability* al entrenamiento de la región abdominal y lumbo-pélvica. Se suele definir a través de la estabilidad global y local. El sistema de estabilidad global se refiere a los músculos grandes y superficiales de la región abdominal y lumbar, como el recto del abdomen, los paravertebrales, y los oblicuos externos. Estos músculos son los que realizan los principales



movimientos del tronco y flexo-extensión y rotación de caderas. La estabilidad local se refiere a los músculos intrínsecos y profundos de la pared abdominal, como el trasverso del abdomen o los multífidos. Estos músculos están asociados con la estabilidad segmentaria de la columna lumbar durante los movimientos globales del cuerpo y en ajustes posturales.<sup>7</sup>

En la bibliografía científica está más que demostrado que un protocolo de fortalecimiento de los músculos abdominales es beneficioso para la mejora del dolor lumbar crónico o agudo y ayuda a la estabilización de las vértebras lumbares.<sup>8,9,10</sup>

Descripción de los ejercicios:<sup>11</sup> ver Anexo III

Para los estiramientos musculotendinosos se ha utilizado principalmente la metodología de *Stretching Global Activo o Reeducción Postural Global* (RPG), de Ph. E. Souchart.<sup>12,13</sup>

Las autoposturas que se han empleado en el estudio: (ver Anexo IV)

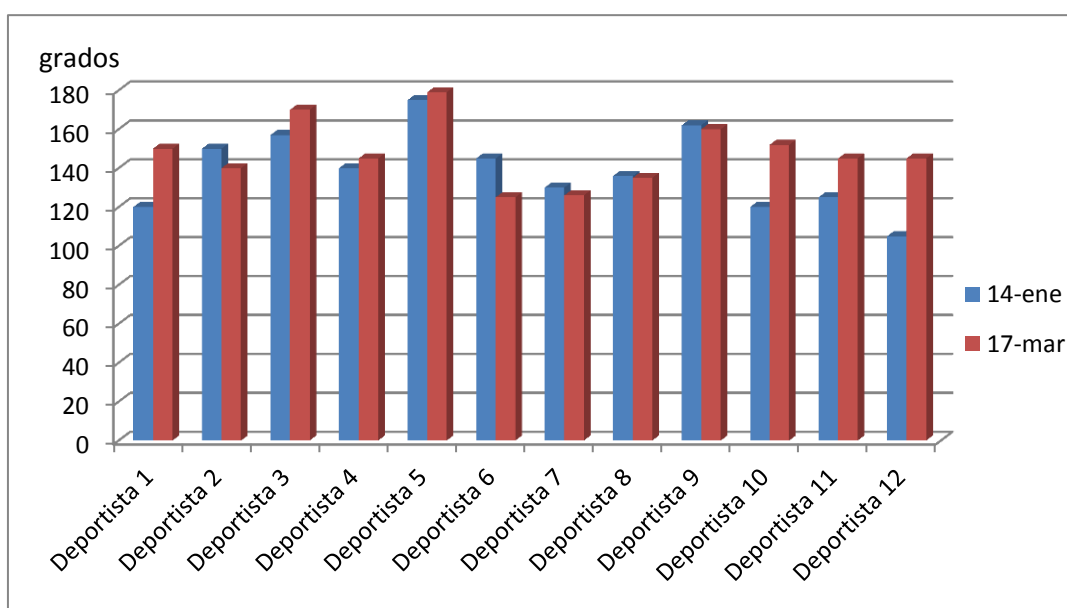
- 1. Autopostura de pie inclinado hacia delante o *bailarina*.**
- 2. Autopostura de rana al aire.**

## DESARROLLO

Resultados obtenidos en los tests de flexibilidad:

### 1. ROTACIÓN EXTERNA DE LA CADERA

	14-01-2012		17-03-2012	
	Grados	Puntuación	Grados	Puntuación
Deportista 1	120	7	150	9
Deportista 2	150	9	140	9
Deportista 3	157	9	170	9
Deportista 4	140	9	145	9
Deportista 5	175	9	179	9
Deportista 6	145	9	125	9
Deportista 7	130	9	126	9
Deportista 8	136	9	135	9
Deportista 9	162	9	160	9
Deportista 10	120	7	152	9
Deportista 11	125	9	145	9
Deportista 12	105	7	145	9



Se observa que el 58,33% de los deportistas ha mejorado su rotación externa, el 25% ha empeorado muy poco, y el 16,66% ha empeorado claramente.

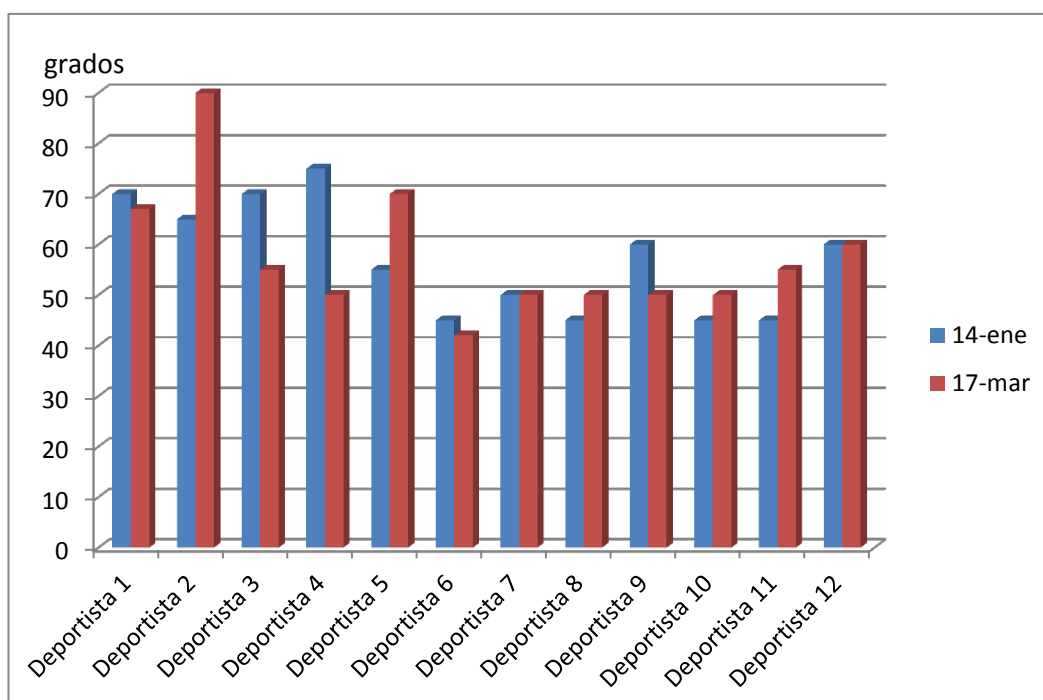
Comparando con otros artículos podemos extraer que una mejora en la rotación externa de cadera puede ser un predictor de lesión de columna lumbar o de extremidades inferiores como estudiaron Leetun et al.<sup>14</sup>

Otro estudio de la Escuela Médica Universitaria de Washington indica que la gente que practica deportes con rotaciones de tronco y tiene dolor lumbar crónico, posee significativamente una rotación de caderas total menor que la gente que no tiene dolor lumbar y además tiene mayor asimetría entre la rotación de la extremidad derecha e izquierda.<sup>15</sup>

También se han hecho estudios relacionando género, rotación externa de cadera y dolor lumbar, donde se extrae que los hombres tienen más probabilidad de sufrir síntomas de dolor lumbar que las mujeres durante los movimientos de cadera.<sup>16</sup>

## 2. ROTACIÓN INTERNA DE LA CADERA

	14-01-2012		17-03-2012	
	Grados	Puntuación	Grados	Puntuación
Deportista 1	70	9	67	9
Deportista 2	65	9	90	9
Deportista 3	70	9	55	7
Deportista 4	75	9	50	7
Deportista 5	55	7	70	9
Deportista 6	45	7	42	5
Deportista 7	50	7	50	7
Deportista 8	45	7	50	7
Deportista 9	60	7	50	7
Deportista 10	45	7	50	7
Deportista 11	45	7	55	7
Deportista 12	60	7	60	7



El 41,66% de los deportistas ha mejorado, además el 16,66% ha tenido una mejora importante. También otro 41,66% ha empeorado y un 16,66% ha mantenido sus niveles de rotación interna.

Comparando los resultados de este test con el test 1, podemos extraer estas afirmaciones: el deportista 2 ha mejorado mucho en el test 2, sin embargo en el test 1 ha empeorado. Sin embargo los deportista 1,3 y 4 han

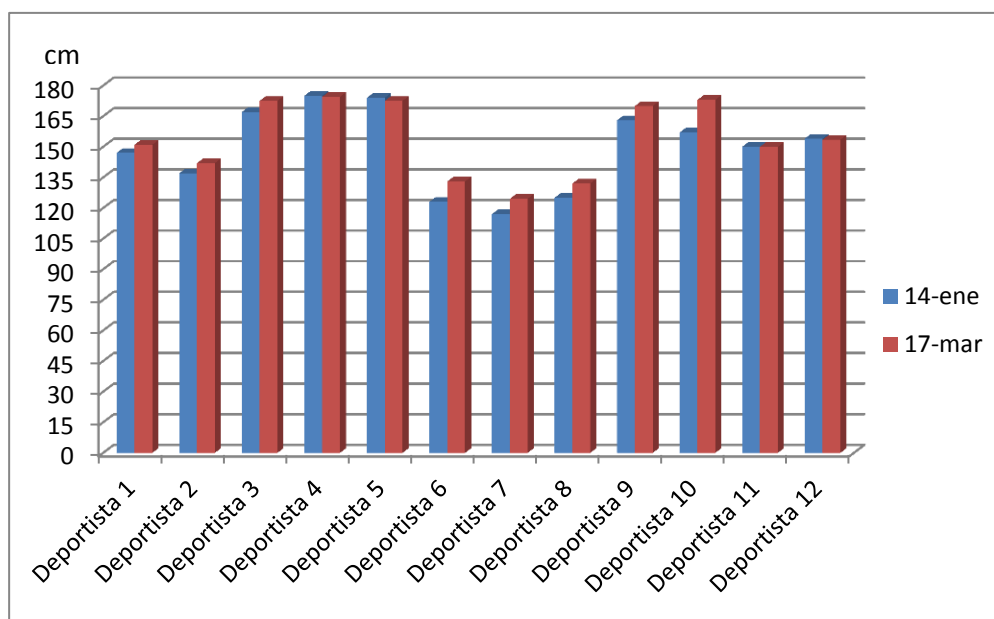
mejorado en el test 1, pero en el test 2 han empeorado bastante. También podemos decir que los deportistas 7 y 8 han obtenido resultados similares al final y al principio en ambos tests.

Según Hoffman et al: los hombres tienen mayor riesgo de experimentar dolor lumbar que las mujeres debido a movimientos de rotación interna de cadera como resultado de un mayor y temprano movimiento lumbopélvico.<sup>17</sup>

Esta afirmación anterior debería servir sólo para comprobar si los deportistas de género femenino han obtenido mejor rotación interna que los de género masculino. En este caso sólo se cumple en una deportista (el 2), ya que en la otra (el 3) no se cumple esta afirmación, si tenemos en cuenta sólo la medición final, porque en la primera medición si que obtuvo valores más elevados que sus compañeros varones.

### 3. APERTURA DE LAS CADERAS (medir la distancia de talón a talón)

	14-01-2012	17-03-2012
	cm	cm
Deportista 1	147	151
Deportista 2	137	142
Deportista 3	167	172.5
Deportista 4	175	174.5
Deportista 5	174	172.5
Deportista 6	123	133
Deportista 7	117	124.5
Deportista 8	125	132
Deportista 9	163	170
Deportista 10	157	173
Deportista 11	150	150
Deportista 12	154	153.5



En general los niveles de flexibilidad en abducción de caderas se han mantenido en cada uno de los sujetos.

Una causa probable puede ser por la propia acción motriz de este deporte, donde los aductores no juegan un papel principal. Además no se ha trabajado específicamente la flexibilidad de este grupo muscular.

En un artículo citado anteriormente se dice que la falta de fuerza en los músculos abductores de cadera puede incrementar el riesgo de lesión en la

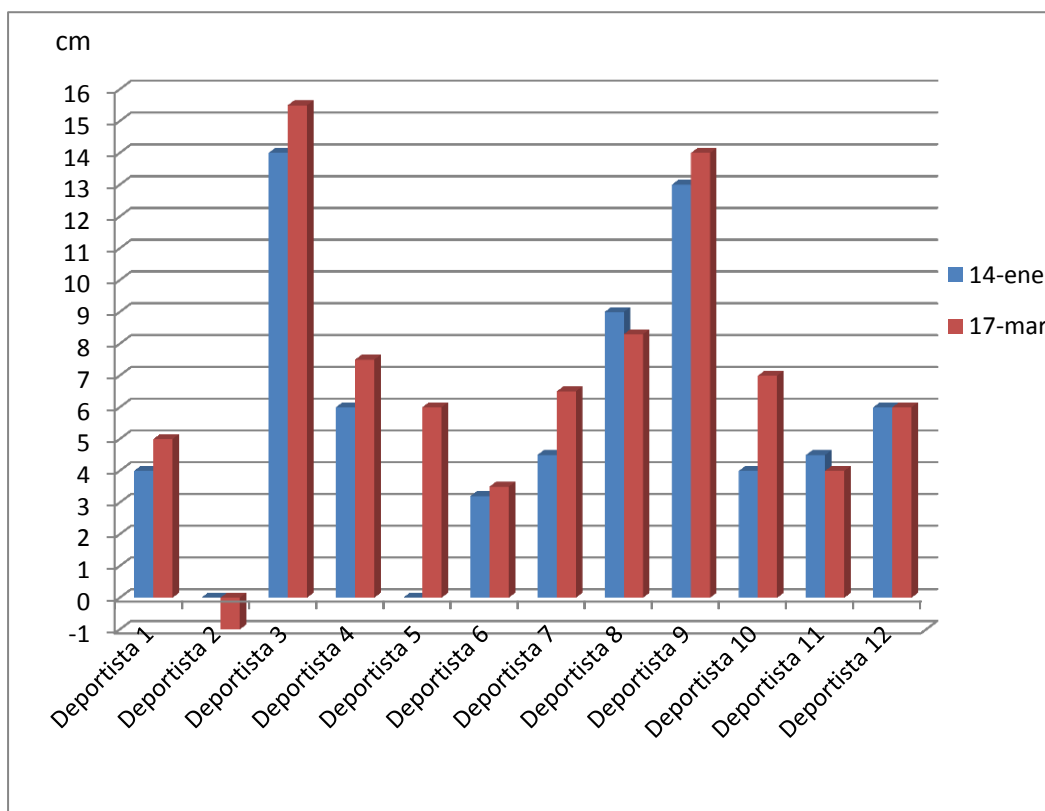
zona lumbar y las extremidades inferiores en atletas. Esta afirmación nos serviría porque el test que hemos realizado tiene relación entre la fuerza de los músculos abductores y la extensibilidad de los aductores, ya que cuanto más fuerza en abductores y mayor extensibilidad de aductores, mayores valores se obtendrían en este test.<sup>14</sup>

También hay que tener en cuenta que este test está modificado, en vez de medir en grados, la unidad de medida son centímetros; por tanto hay que tener en cuenta la estatura del deportista a la hora de valorar. Y no se puede hacer una comparación entre sujetos porque no está estandarizada esta forma de medición. Sólo es útil para comparar a cada deportista individualmente.

Hay un artículo interesante que analiza la fuerza de los músculos que se activan durante una abducción de caderas (cuadrado lumbar, multifidos y glúteo medio) con y sin un cinturón de compresión pélvica. Obtuvieron resultados interesantes: sin el cinturón de compresión aumentaba significativamente la participación del cuadrado lumbar y disminuía la actividad del glúteo medio; debido a la insuficiencia de los músculos profundos de la faja abdominal o *core*. Con el cinturón puesto ocurría todo lo contrario. Por tanto esta afirmación sirve para reforzar la teoría de realizar entrenamiento de *core stability* para fortalecer los músculos abdominales y lumbopélvicos; y así evitar descompensaciones musculares y que ciertos músculos hagan funciones para las que no han sido diseñados.<sup>18</sup>

#### 4. FLEXIÓN DEL TRONCO (Sit and Reach)

	14-01-2012		17-03-2012	
	cm	Puntuación	cm	Puntuación
Deportista 1	4	7	5	7
Deportista 2	0	6	-1	6
Deportista 3	14	9	15.5	9
Deportista 4	6	8	7.5	8
Deportista 5	0	6	6	8
Deportista 6	3,2	7	3,5	7
Deportista 7	4,5	7	6,5	8
Deportista 8	9	8	8.3	8
Deportista 9	13	9	14	9
Deportista 10	4	7	7	8
Deportista 11	4,5	7	4	7
Deportista 12	6	8	6	8



Este test quizás sea el más importante predictor para relacionar el dolor lumbar con el nivel de flexibilidad de la cadena posterior de los deportistas.



El 91,66% ha obtenido unos valores de flexibilidad de la cadena posterior muy buenos y sólo un deportista ha obtenido valores malos tanto al principio como al final.

Tres deportistas han empeorado, pero tampoco es algo muy significativo. En general se han mantenido valores parecidos tanto al principio como al final del estudio. Sólo un deportista ha tenido un aumento significativamente importante.

Un tratamiento conservador de la lumbalgia suele incluir ejercicios de flexibilidad, en especial de los isquiotibiales. Clásicamente se utilizan los estiramientos basándose en la teoría de que con una extensibilidad normal de los isquiotibiales se puede prevenir una excesiva flexión lumbar durante posturas que colocan los isquiotibiales en un alargamiento como en la flexión de tronco.<sup>19</sup>

Según un artículo de la Universidad de Ohio, no hay relación significativa entre una mejor flexibilidad de isquiotibiales y una disminución de la movilidad de la columna lumbar. Por tanto según sus autores habría que revisar la eficacia de realizar ejercicios de flexibilidad de isquiotibiales en pacientes con dolor lumbar.<sup>19</sup>

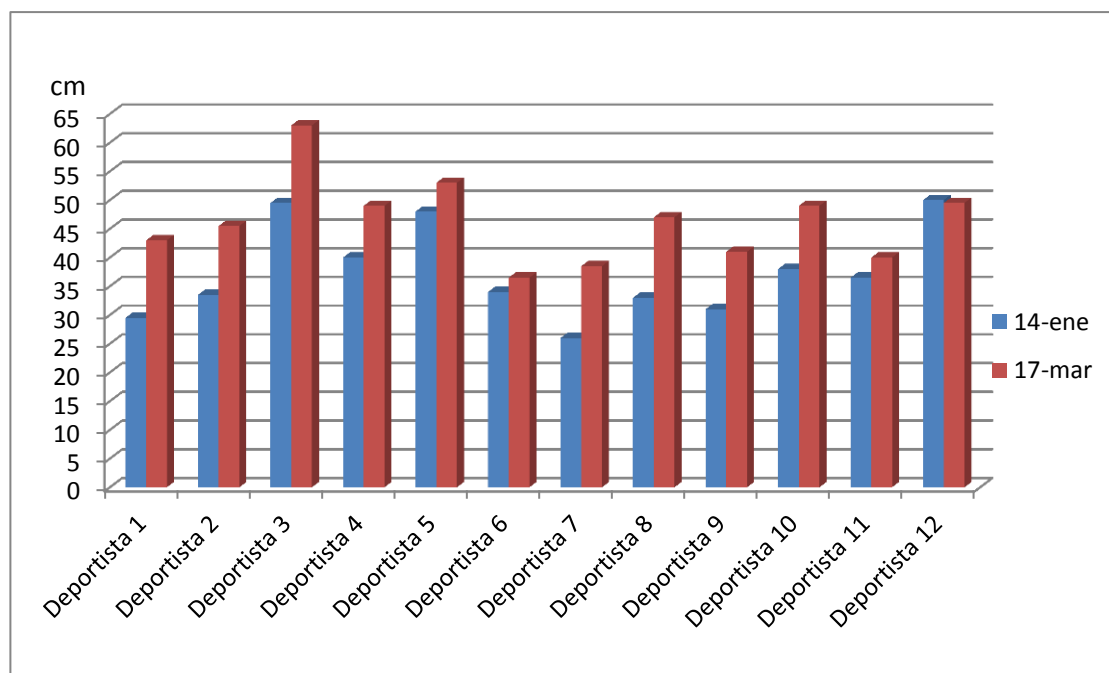
Sin embargo, otro estudio de una universidad tailandesa, demuestra que realizando ejercicios de flexibilización lumbar durante dos semanas se consigue una mejora del dolor lumbar y un aumento de las curvaturas lumbares en flexión y extensión.<sup>20</sup>

En este estudio se puede lanzar la hipótesis de que gracias a un aumento de los valores de dicho test, han disminuido los niveles de dolor lumbar como se puede comprobar en la conclusión. Pero hay que tener cautela porque no se puede afirmar con seguridad debido a las limitaciones de este estudio. (Ver Anexo V)

Por último decir que un tratamiento de flexibilidad de la cadena posterior y core stability sirven para evitar recaídas en lesiones de roturas fibrilares de isquiotibiales.<sup>14</sup> Esta conclusión reafirma el trabajo realizado en este estudio.

## 5. EXTENSIÓN DEL TRONCO

	14-01-2012		17-03-2012	
	Grados	Puntuación	Grados	Puntuación
Deportista 1	29,5	6	43	8
Deportista 2	33,5	7	45.5	9
Deportista 3	49,5	9	63	9
Deportista 4	40	8	49	9
Deportista 5	48	9	53	9
Deportista 6	34	6	36.5	7
Deportista 7	26	6	38.5	7
Deportista 8	33	6	47	9
Deportista 9	31	6	41	8
Deportista 10	38	7	49	9
Deportista 11	36,5	7	40	7
Deportista 12	50	9	49.5	9



Han mejorado todos los deportistas excepto uno que ha mantenido su resultado inicial (deportista 12).

Además ocho deportistas han obtenido valores relativamente más elevados al final que al principio del estudio.

Según el artículo citado anteriormente de una universidad de Tailandia, se vio que realizando ejercicios de extensión lumbar se aumentó el rango articular y el ángulo de la parte baja lumbar (L4-L5). Gracias a esto mejoraban los pacientes con dolor lumbar.<sup>20</sup>

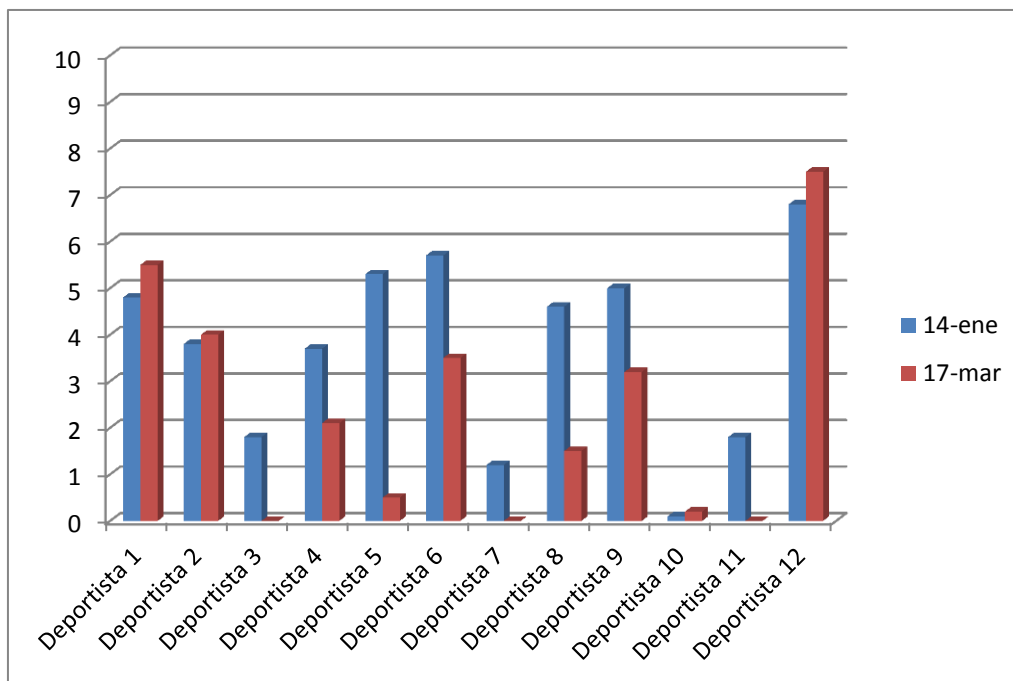
Esta afirmación refuerza los resultados obtenidos en este test, es decir, el aumento de extensibilidad lumbar, podría ser un factor importante en la mejora de dolor lumbar en estos deportistas.

Para analizar los resultados de estos tests se ha utilizado bibliografía no relacionada con el BMX, ya que este estudio es novedoso en el ámbito del BMX, y los artículos que hablan sobre BMX en las bases de datos científicas no guardan relación alguna con este estudio.<sup>21,22,23,24,25,26,27</sup>

Sin embargo si que hay artículos relacionados con este estudio en ciclismo de carretera, ya que es un deporte más antiguo y con más años de evolución.<sup>28,29,30</sup>

## 6. ALGOMETRÍA

	14-01-2012	17-03-2012
Deportista 1	4.8	5.5
Deportista 2	3.8	4
Deportista 3	1.8	0
Deportista 4	3.7	2.1
Deportista 5	5.3	0.5
Deportista 6	5.7	3.5
Deportista 7	1.2	0
Deportista 8	4.6	1.5
Deportista 9	5	3.2
Deportista 10	0.1	0.2
Deportista 11	1.8	0
Deportista 12	6.8	7.5



El 66,67% ha reducido sus niveles de dolor forma importante. Además el 41,67% han valorado su dolor lumbar como nulo o casi nulo al final del estudio. Sólo 4 deportistas han mantenido o aumentado su nivel de dolor, aunque uno de estos sería descartable por los valores tan bajos que obtuvo tanto al principio como al final (deportista 10). Los 3 que quedan han aumentado poco su percepción de dolor, el problema es que mantienen unos niveles altos de dolor. Sobre todo es destacable el deportista 12 que ha obtenido valores muy altos; pero comentó al principio del estudio que

trabaja en una fábrica cargando pesos, por lo que se puede suponer que su dolor persistente se deba a la sobrecarga en su jornada laboral.

## CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos, los deportistas han reducido sus niveles de dolor lumbar tras la realización de los ejercicios propuestos.
2. Mejora de los niveles de flexibilidad al final de la realización de los ejercicios de stretching global. Los tests de flexibilidad apoyan esta teoría, sobre todo el *sit and reach* y el de extensión de tronco.
3. Los ejercicios de fortalecimiento CORE no son algo nuevo. Artículos científicos y guías clínicas confirman la teoría de que son necesarios para la mejora del dolor lumbar crónico y agudo de tipo mecánico.<sup>31</sup> Además combinados con los de flexibilidad, como en este estudio, se obtienen mayores beneficios.
4. Con todo lo expuesto durante este estudio, sería conveniente realizar más investigaciones acerca del dolor lumbar y la flexibilidad en relación al gesto deportivo del BMX, para extraer conclusiones más fehacientes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. La mayor parte de este capítulo está referenciada de Mateo M, Zabala M. Optimización del rendimiento en la salida ciclista de BMX mediante la técnica *slingshot*. <http://www.efdeportes.com/> Revista digital 2007 Agosto;111: 1-14. Y Ramírez J, Zabala M, Sánchez C, Hernández M, Mateo M, Gutiérrez A. Desarrollo de un protocolo simple para evaluar el rendimiento físico específico del piloto de BMX. <http://www.efdeportes.com/> Revista digital 2008 Enero;116: 1-9.
2. Cook, T. D. y Campbell, D. T. Quasi-experimentation: Design and Analysis Issues for Field Settings. Chicago, IL: Rand McNally; 1979.
3. Gottin M, Degani E. Valore Sport. Torino: SEI; 2010.
4. Ayala F, Sainz de Baranda P. Fiabilidad absoluta de las pruebas sit and reach modificado y back saber sit and reach para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala. Apunts Med Esport. 2011;46(170):81—88.
5. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. Physical Therapy in Sport 2011; 1-8.
6. Del Castillo C, Díaz L, Barquinero C. Medición del dolor: escalas de medida. Jano 2008;1712: 44-47.
7. Marshall PW, Murphy BA. Core Stability Exercises On and Off a Swiss Ball. Arch Phys Med Rehabil 2005;86:242-9.
8. Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. Arch Phys Med Rehabil 2007;88:54-62.
9. Vasseljen O, Fladmark AM. Abdominal muscle contraction thickness and function after specific and general exercises: A randomized controlled trial in chronic low back pain patients. Manual Therapy 2010;15:482-489.

10. Chanthapetch P, Kanlayanaphotporn R, Gaogasigam C, Chiradejnant A. Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four starting positions. *Manual Therapy* 2008;14:642-646.
11. Dorado C, Dorado N, Sanchís J. Abdominales: para un trabajo muscular abdominal más seguro y eficaz. Barcelona: Paidotribo (2001).
12. Souchard PhE. Stretching global activo: De la perfección muscular a los resultados deportivos. Barcelona: Paidotribo (2000).
13. Souchard PhE. Stretching global activo: De la perfección muscular a los resultados deportivos II. Barcelona: Paidotribo (2002).
14. Standaert CJ, Herring SA. Expert opinion and controversies in musculoskeletal and sports medicine: core stabilization as a treatment for low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:1734-6.
15. Van Dillen LR, Bloom NJ, Gombatto SP, Susco TM. Hip rotation range of motion in people with and without low back pain who participate in rotation-related sports. *Physical Therapy in Sport* 2008;9: 72-81.
16. Gombatto SP, Collins DR, Sahrman SA, Engsberg JR, Van Dillen LR. Gender differences in pattern of hip and lumbopelvic rotation in people with low back pain. *Clinical Biomechanics* 2006;21: 263-271.
17. Hoffman SL, Johnson MB, Zou D, Van Dillen LR. Sex differences in lumbopelvic movement patterns during hip medial rotation in people with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:1053-9.
18. Park KM, Kim SY, Oh DW. Effects of the pelvic compression belt on gluteus medius, quadratus lumborum, and lumbar multifidus activities during side-lying hip abduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2010; 20: 1141-1145.
19. Johnson EN, Thomas JS. Effect of hamstring flexibility on hip and lumbar spine joint excursions during forward-reaching tasks in participants with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1140-2.



20. Purepong N, Jitvimonrat A, Boonyong S, Thaveeratitham P, Pensri P. Effect of flexibility exercise on lumbar angle: A study among non-specific low back pain patients. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 2011;xx:1-8.
21. Brøgger-Jensen T, Hvass I, Bugge S. Injuries at the BMX Cycling European Championship, 1989. *Br. J. Sports Med* 1990; 24(4): 269-270.
22. Park KGM, Dickson AP. BMX bicycle injuries in children. *Injury: the British Journal of Accident Surgery* 1986; 17: 34-36.
23. Worrell J. BMX bicycle: accident comparison with other models. *Archives of Emergency Medicine* 1985;2: 209-213.
24. Illingworth CM. BMX compared with ordinary bicycle accidents. *Archives of Disease in Childhood* 1985; 60: 461-464.
25. Fixsen JA, Maffulli N. Bilateral intra-articular loose bodies of the elbow in an adolescent BMX rider. *Injury: the British Journal of Accident Surgery* 1989; 20(6): 363-364.
26. Konczak CR. Chiropractic utilization in BMX athletes at the UCI World Championships: a retrospective study. *J Can Chiropr Assoc* 2010; 54(4):250-256.
27. Sparnon AL, Ford WDA. Bicycle Handlebar Injuries in Children. *Journal of Pediatric Surgery* 1986;21(2): 118-119.
28. Burnett AF, Cornelius MW, Dankaerts W, O'Sullivan PB. Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects—a pilot investigation. *Manual Therapy* 2004;9: 211-219.
29. Van Hoof W, Volkaerts K, O'Sullivan K, Verschueren S, Dankaerts W. Comparing lower lumbar kinematics in cyclists with low back pain (flexion pattern) versus asymptomatic controls — field study using a wireless posture monitoring system. *Manual Therapy* 2012;30:1-6.

30. Schultz SJ, Gordon SJ. Recreational cyclists: the relationship between low back pain and training characteristics. *Int J Exerc Sci* 2010;3(3): 79-85.
31. Tancred B, Tancred G. Implementation of Exercise programmes for prevention and Treatment of Low Back Pain. *Physiotherapy* 1996; 82(3): 168-173.

## **ANEXO I**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Para poder realizar este trabajo fin de grado, es necesario su permiso como paciente/deportista que será analizado y nombrado en dicho trabajo.

Su nombre y su edad pueden ser utilizados para fines informativos o análisis estadísticos.

También podrán ser utilizadas fotografías con el rostro tapado/manchado para exponer ciertos puntos del trabajo.

Se le realizarán unas mediciones de su nivel de flexibilidad y unas pruebas de dolor lumbar.

Su tratamiento consistirá en ejercicios de refuerzo abdominal y lumbar (CORE) y ejercicios de stretching para la cadena posterior.

Cualquier modificación de su tratamiento o prueba/test le serán comunicados con antelación.

#### DEPORTISTA

D/Dña \_\_\_\_\_ con

DNI \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

He leído la información que ha sido explicada en cuanto al consentimiento.

He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre mi examen, valoración y tratamiento. Firmando abajo consiento que se me aplique el tratamiento que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo el derecho de rehusar parte o todo el tratamiento en cualquier momento. Entiendo mi plan de tratamiento y consiento en ser tratado por un fisioterapeuta en prácticas.

Declaro no tener ninguna contraindicación que me impida realizar el tratamiento pautado.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a los tratamientos que se me van a realizar. Asimismo decido, dentro de las opciones clínicas disponibles, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a los tratamientos que se me han informado.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma

AUTORIZACIÓN DEL FAMILIAR O TUTOR

Ante \_\_\_\_\_ la \_\_\_\_\_ imposibilidad \_\_\_\_\_ de  
D/Dña \_\_\_\_\_ con

DNI \_\_\_\_\_ de prestar autorización para los tratamientos  
explicitados en el presente documento de forma libre, voluntaria, y  
consciente.

D/Dña \_\_\_\_\_ con

DNI \_\_\_\_\_

En calidad de (padre, madre, tutor legal, familiar, allegado, cuidador),  
decido, dentro de las opciones clínicas disponibles, dar mi conformidad  
libre, voluntaria y consciente a la técnica descrita para los tratamientos  
explicitados en el presente documento

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma

## ANEXO II

**1. ROTACIÓN EXTERNA DE LA CADERA:** es un test que mide la movilidad de la cadera a través de la rotación externa en el eje principal de movimiento de la extremidad inferior.

Dónde se hace: se puede hacer en un gimnasio o en el exterior (pista de BMX), siempre que se disponga del material de medida adecuado.

Cómo se hace: en posición erecta y descalzo con las rodillas estiradas y juntas, se intenta rotar hacia el exterior las puntas de los pies manteniendo los calcáneos en contacto y las extremidades inferiores extendidas, sin forzar las rodillas y sin levantar los pies del suelo.

Qué se mide: el terapeuta mide el ángulo formado entre los dos pies con un goniómetro, ayudándose con dos reglas puestas en el borde interno de los pies para tener dos referencias rectilíneas.

Qué se evalúa: la movilidad de la cadera. Atención: las rodillas y los tobillos deben estar bloqueados y no participar en el movimiento.

Cómo se evalúa:

Rotación externa	Hombres	Mujeres
Menos de 90º	5	5
90º-120º	7	7
Más de 120º	9	9

**2. ROTACIÓN INTERNA DE LA CADERA:** es un test que mide la movilidad de la cadera a través de la rotación interna en el eje principal de movimiento de la extremidad inferior.

Dónde se hace: se puede hacer en un gimnasio o en el exterior (pista de BMX), siempre que se disponga del material de medida adecuado.

Cómo se hace: en equilibrio sobre un solo pie, se inclina la pelvis sobre ese pie. La otra extremidad inferior se rota todo lo posible hacia el pie de apoyo. La extremidad se mueve manteniendo siempre la extensión de rodilla y al final del movimiento se apoya el pie en el suelo.

Qué se mide: el terapeuta mide el ángulo formado entre los dos pies con la misma metodología que el test anterior.

Qué se evalúa: la movilidad de la cadera. Atención: las rodillas y los tobillos deben estar bloqueados y no participar en el movimiento.

Cómo se evalúa:

Rotación interna	Hombres	Mujeres
Menos de 45º	5	5
45º-60º	7	7
Más de 60º	9	9

### **3. APERTURA DE LAS CADERAS (medir la distancia de talón a talón):**

es un test que evalúa la movilidad de ambas piernas en abducción, desde la posición sentada.

Dónde se hace: se puede hacer en un gimnasio o en el exterior (pista de BMX), siempre que se disponga del material de medida adecuado.

Cómo se hace: sentado en el suelo con la espalda apoyada en un muro o en un compañero, con las extremidades inferiores bien extendidas delante del deportista. Con un único movimiento, se lleva las extremidades inferiores hacia el exterior lo máximo posible.

Qué se mide: el terapeuta mide la distancia entre los dos talones con una cinta métrica. Originalmente el test medía el ángulo formado entre las dos piernas, pero se ha modificado para mayor facilidad en su realización.

Qué se evalúa: la movilidad bilateral de la cadera.

Cómo se evalúa: al estar modificada la medición, no se obtienen resultados goniométricos, sino centimétricos. No se pueden comparar resultados entre deportistas, pero sirven para apreciar el cambio obtenido en cada uno de los sujetos/deportistas.



- 4. FLEXIÓN DEL TRONCO (Sit and Reach Test):** es un test que evalúa la movilidad de la columna vertebral en flexión anterior, movimiento que se produce principalmente a nivel de la columna lumbar.

Dónde se hace: se puede hacer en un gimnasio o en el exterior (pista de BMX), siempre que se disponga del material de medida adecuado.

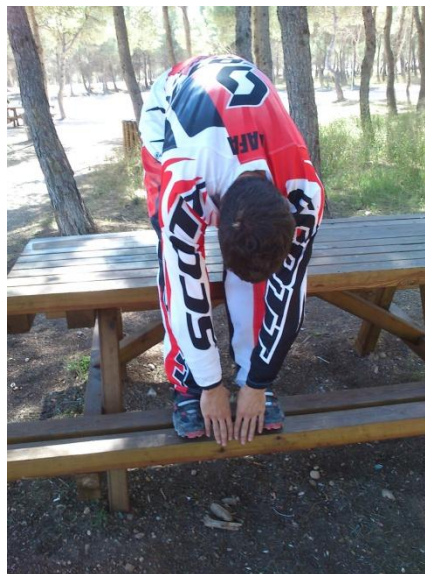
Cómo se hace: en posición erecta y descalzo, colocarse en un escalón o cajón graduado con una cinta métrica, se pliega el tronco hacia delante sin doblar las rodillas, intentado alcanzar con la punta de los dedos el punto más bajo posible. El número 0 corresponde con el nivel de los pies, los valores positivos son aquellos que están por debajo y los negativos aquellos que quedan arriba.

Qué se mide: el terapeuta lee el valor positivo o negativo alcanzado por el deportista, en centímetros.

Qué se evalúa: la flexibilidad anterior de la columna vertebral.

Cómo se evalúa:

Flexión del tronco	Hombres	Mujeres
Menos de -5 cm	5	5
De -5 cm a 0 cm	6	6
De 0 cm a 5 cm	7	7
De 5 cm a 10 cm	8	8
Más de 10 cm	9	9



**5. EXTENSIÓN DEL TRONCO:** es un test que evalúa la movilidad de la columna vertebral en extensión, movimiento que se produce a nivel de los sectores cervicales y lumbares.

Dónde se hace: se puede hacer en un gimnasio o en el exterior (pista de BMX), siempre que se disponga del material de medida adecuado.

Cómo se hace: en decúbito prono sobre una colchoneta, se colocan las EE. SS. extendidas por delante del cuerpo teniendo los pies fijos en el suelo, pidiendo a un compañero que se sienta sobre los pies del deportista. Se levanta la cabeza y el tronco todo lo posible, manteniendo la posición sin oscilar.

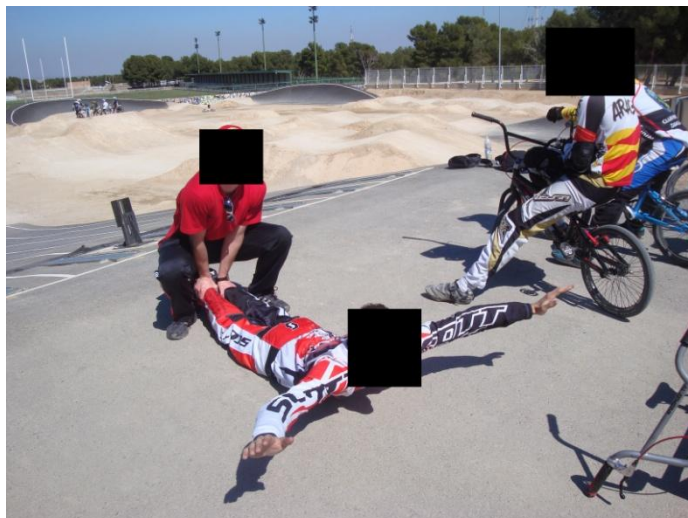


Qué se mide: se mide la distancia entre el suelo y el mentón del deportista.

Qué se evalúa: la flexibilidad posterior de la columna vertebral.

Cómo se evalúa:

Rotación interna	Hombres	Mujeres
Menos de 20 cm		5
21-25 cm	5	6
26-35 cm	6	7
36-40 cm	7	8
41-45 cm	8	9
Más de 45 cm	9	



## ANEXO III

### **Ejercicios de fortalecimiento abdominal y lumbo-pélvico:**

1. Posición: el deportista se coloca en decúbito supino con las extremidades superiores a lo largo del cuerpo y con las extremidades inferiores en triple flexión con los pies apoyados.

Acción: el deportista realiza una inspiración profunda, utilizando la respiración abdomino-diafragmática, luego expira profundamente a la vez que realiza una retroversión de pelvis, contrayendo los músculos abdominales y el suelo pélvico. Cuando acaba de soltar todo el aire vuelve a la posición inicial, relajando los abdominales y el suelo pélvico. Esto es una repetición y tendrá que realizar dos series de diez repeticiones.

2. Posición: el deportista se coloca en decúbito supino con las manos debajo de la nuca, los codos flexionados y con las extremidades inferiores en triple flexión con los pies apoyados.

Acción: el deportista realiza una inspiración profunda, utilizando la respiración abdomino-diafragmática, luego expira profundamente a la vez que levanta un poco el tronco del suelo, contrayendo los abdominales y el suelo pélvico, haciendo hincapié en el trabajo del CORE. Cuando acaba de soltar todo el aire vuelve a la posición inicial, relajando los abdominales y el suelo pélvico. Esto es una repetición y tendrá que realizar dos series de diez repeticiones.



3. Posición: el deportista se coloca en decúbito supino con las extremidades superiores a lo largo del cuerpo y con las extremidades inferiores en triple flexión con los pies en el aire.

Acción: el deportista realiza una inspiración profunda, utilizando la respiración abdomino-diafragmática, luego expira profundamente a la vez que realiza una retroversión de pelvis y levanta los pies sobre la vertical, es decir, levanta un poco los glúteos del suelo llevando los pies hacia arriba. Cuando acaba de soltar todo el aire vuelve a la posición inicial, relajando los abdominales y el suelo pélvico. Esto es una repetición y tendrá que realizar dos series de diez repeticiones.

4. Posición: el deportista se coloca en decúbito prono, con las extremidades superiores por encima de la cabeza (180° de flexión de hombro) extendidas y las extremidades inferiores totalmente extendidas también.

Acción: el deportista realiza una inspiración profunda, utilizando la respiración abdomino-diafragmática, luego expira profundamente a la vez que levanta un brazo y la pierna contralateral, realizando una contracción del CORE y de los músculos paravertebrales. Cambia de lado, es decir, el otro brazo con su pierna contralateral y realiza la misma acción. Esto es una repetición y tendrá que realizar dos series de diez repeticiones.



## **ANEXO IV**

### **1. Autopostura de pie inclinado hacia adelante, con insistencia sobre los músculos paravertebrales, la pelvis y los miembros inferiores.**

Grupos musculares particularmente estirados: la gran cadena posterior, músculos paravertebrales, músculos profundos de la pelvis, músculos isquiotibiales y gemelos.

#### Progresión:

- a. Hacer un rulo con una toalla de baño, de unos 8 cm de grosor y colocarla bajo los antepiés, estirando los dedos.
- b. Seguidamente inclinarse hacia adelante, flexionando las piernas y colocando las palmas de las manos sobre el suelo. Las rodillas estarán juntas.
- c. A continuación se extenderán las piernas, manteniendo la inclinación hacia delante del tronco. Mantener el estiramiento de toda la columna alineando la cabeza, la región dorsal y la pelvis. Colocar los brazos a lo largo del cuerpo, con los hombros relajados. Espirar profundamente. Girar ligeramente las rodillas en rotación externa. Mantener esta posición.
- d. Apoyar la cabeza contra las manos de un compañero con una ligera fuerza hacia arriba. Los tobillos y los pies permanecerán juntos.
- e. De forma progresiva se intentará extender las rodillas, manteniendo la rotación externa y la posición inclinado hacia delante. Espirar profundamente. La cabeza, espalda y pelvis deben permanecer alineadas.
- f. Buscar la extensión total de las rodillas sin modificar su rotación externa. Los pies y los tobillos permanecen juntos. La cabeza, espalda y pelvis deben permanecer alineadas. Suspirar profundamente al mismo tiempo que se aumenta la inclinación hacia delante.

## **2. Autopostura de rana al aire con brazos separados, con insistencia sobre los miembros inferiores.**

Grupos musculares particularmente estirados: la gran cadena posterior, músculos paravertebrales, músculos profundos de la pelvis, músculos isquiotibiales, gemelos y músculos aductores.

### Progresión:

- a. Colocarse en decúbito supino, con las piernas flexionadas, las rodillas juntas y los pies apoyados en la pared. Colocar los glúteos contra la pared y apoyar el sacro en el suelo.
- b. Espirar profundamente controlando el descenso del tórax con la mano sobre la parte superior del tórax.
- c. Alargar manualmente la nuca y apoyar el occipucio sobre el suelo.
- d. Flexionar y separar las rodillas. Situar los pies planta con planta y tirar con la mano de los talones hacia abajo.
- e. Situar los brazos a 45° de abducción, codos extendidos y palmas hacia arriba para desenrollar los hombros. Esta autopostura también se puede realizar con ayuda de un compañero o del fisioterapeuta.
- f. Separar las rodillas al máximo sin perder el contacto con la pared y sin despegar el sacro.
- g. Estirar progresivamente las rodillas sin aproximar los muslos.
- h. Se intentará mantener las rodillas en total extensión. Tirar de las puntas de los dedos del pie hacia abajo. No perder el contacto de los glúteos con la pared y apoyar el sacro en el suelo.
- i. Juntar las rodillas manteniéndolas en una ligera rotación externa. Tirar de las puntas de los pies hacia abajo.

## **ANEXO V**

### **Limitaciones**

- La muestra de población es muy pequeña.  $n=12$
- Heterogeneidad de la muestra (elevado rango de edad, muchos hombres y pocas mujeres, profesionales y amateurs)
- Condiciones climatológicas cambiantes desde la toma inicial hasta la toma final de los tests.

### **Agradecimientos**

- A D. Félix Herranz Bercedo (diplomado en Fisioterapia), mi tutor del TFG, y el cual me ha ayudado a encontrar un tema, me ha guiado en el proceso y ha resuelto todas mis dudas.
- A D. Jorge Gil Rillo (diplomado en Fisioterapia, entrenador de BMX y corredor profesional), que me ha ayudado a realizar todos los tests a los deportistas y me ha permitido trabajar en su club de BMX.
- A D. Rafael Izquierdo Tello (entrenador de BMX y corredor profesional), que me ha permitido trabajar en su club de BMX y me ha ofrecido ayuda en todo lo relacionado con el BMX.
- A el resto del club de BMX Scott Xtreme de Zaragoza por facilitarme datos y darme la oportunidad de trabajar con deportistas.