

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA**



**“Efectos de la debilidad del *flexor hallucis longus* en la patología de rodilla, una Revisión bibliográfica.”**

**AUTOR:** SOLER DURÁ, JORGE

**Nº expediente:** 2370

**TUTOR:** COLMENA ZARAGOZA, CARLOS MANUEL

**Departamento y área:** Cirugía y patología. Fisioterapia.

**Curso académico:** 2020-2021.

**Convocatoria de junio.**



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tío y mi abuelo, que en paz descansen, por brindarme la fuerza que siempre necesito de su parte. A mi familia y amigos, por estar aunque no lo pida. A Verónica, por darme el apoyo incansable. A mi tía, siempre confiando en mí cuando nadie lo hizo. A Ramón, amigo sin el cual sería más difícil hacer lo que me propongo. Y, por encima de todo, a D. Carlos Manuel Colmena Zaragoza, sin él este trabajo no podría haber salido adelante.

Eternamente agradecido.





## ÍNDICE

### AGRADECIMIENTOS

### ÍNDICE DE ABREVIATURAS

### RESUMEN

### ABSTRACT

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
Postura, equilibrio y propiocepción.	1
Arco plantar.	1
Ángulo Q.	2
Equilibrio dinámico durante la marcha.	2
<i>Flexor hallucis longus</i> .	3
Ejercicio activo, educación y adherencia al ejercicio.	3
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b>	<b>7</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>9</b>
Criterios de selección	10
Calidad metodológica	10
Selección de artículos	11
<b>RESULTADOS</b>	<b>13</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>15</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>21</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>23</b>
<b>FIGURAS</b>	<b>23</b>
Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA, Moher D y cols, 2009; Urrútia G & Bonfill X, 2013; Hutton y cols, 2016.	23
Figura 3. Cronograma, elaboración propia.	25
Figura 4. Tabla para la evaluación de los artículos según la Escala PEDro	26
Figura 5. Autorización de la Oficina de Investigación Responsable (OIR).	28
<b>TABLAS</b>	<b>29</b>
Tabla 1. Tabla de resultados, elaboración propia.	40
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>43</b>







## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
AbH	<i>Abductor hallucis</i>
APLL	Arco plantar longitudinal lateral
APLM	Arco plantar longitudinal medial
AST	Área de sección transversal
DP	Decúbito-prono
DS	Decúbito-supino
FDB	<i>Flexor digitorum brevis</i>
FDL	<i>Flexor digitorum longus</i>
FDM	Fase de despegue de la marcha
FHB	<i>Flexor hallucis brevis</i>
FHL	<i>Flexor hallucis longus</i>
FP	Fascia plantar
LCA	Ligamento cruzado anterior
LLI	Ligamento lateral interno
NMPe	Neuromodulación percutánea ecoguiada
MI	Menisco interno
PER	Músculos peroneos
<i>Physiotherapy Evidence Database</i>	PEDro
SLDL	<i>Single leg drop landing</i>
SLST	<i>Single leg squat test</i>



## RESUMEN

**Introducción:** El pie es una estructura fundamental en la estabilidad. El arco plantar y el ángulo Q son factores de riesgo en lesiones de rodilla en mujeres, pudiendo afectar a la biomecánica de la marcha. El papel del *flexor hallucis longus* (FHL) en las disfunciones biomecánicas y en las lesiones del miembro inferior se perfila como capital.

**Objetivos:** Observar la relación del FHL respecto a la patología de rodilla, junto con el examen en los cambios biomecánicos de la marcha, la posible ganancia de fuerza en el FHL con la mejora del ángulo Q y la estabilidad y el gasto energético relacionado con este.

**Material y métodos:** Se realizó una revisión sistemática analizando 6 bases de datos, encontrando 76 artículos de los cuales se seleccionaron 28, evaluados posteriormente con la Escala PEDro.

**Resultados:** Se encontraron diferencias significativas entre géneros en la deformación del arco plantar longitudinal medial (APLM). La activación del FHL es mayor cuando se aumenta la velocidad de la marcha. Existe relación entre el valgo dinámico y la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), ángulo que en apariencia se puede modificar.

**Discusión:** Una variación en el recorrido del tendón del FHL podría conllevar cambios biomecánicos y déficits en la contracción; además de alteraciones en la marcha, así como un aumento del ángulo Q, que también podría producir lesiones de rodilla. No obstante, este se podría disminuir mediante un programa de ejercicios, lo que también conllevaría a un menor gasto energético.

**Conclusiones:** La debilidad del FHL puede causar modificaciones en la estructura, en el gasto energético y en la biomecánica de la marcha, al igual que un aumento del ángulo Q. Ambas alteraciones pueden mejorarse mediante ejercicio activo.

**Palabras clave:** *flexor hallucis longus*, lesión de rodilla, genu valgo dinámico, ángulo Q, ejercicio activo.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** The foot is an essential structure for stability. The plantar arch and the Q-angle are risk factors for knee injuries among women and it may affect gait biomechanics. The role of the *flexor hallucis longus* (FHL) is considered as crucial in biomechanical dysfunctions and lower limb injuries.

**Objectives:** The aim is to observe the link between the FHL and the knee pathology, the biomechanical changes in gait, the potential strength gain in the FHL by an improvement of the Q-angle and stability, and the energy waste related to the Q-angle.

**Data and methods:** A systematic review of 6 databases was carried out. 76 papers were found, from which 28 were selected and later evaluated in PEDro scale.

**Results:** Significant differences between genders were found in the deformation of the medial longitudinal plantar arch (MLA). The activation of the FHL is greater when the gait speed is increased. There is a connection between the dynamic valgus and the anterior cruciate ligament (ACL) injury, an angle that can be modified.

**Discussion:** A variation in the travel of the FHL's tendon could lead to biomechanical changes and deficit in contraction. It could also lead to gait alterations or to an increase of the Q-angle that could cause knee injuries. Nevertheless, the Q-angle could be decreased through a programmed sequence of set exercises which would also lead to lower energy waste.

**Conclusions:** A FHL deficiency may cause changes in structure, energy waste and gait biomechanics, as well as an increase of the Q-angle. Both alterations can be improved through active exercise.

**Key words:** *flexor hallucis longus*, knee injury, dynamic valgus, Q-angle, active exercise.





## **INTRODUCCIÓN**

### **Postura, equilibrio y propiocepción.**

Históricamente, el movimiento en bipedestación ha sido una ventaja en la selección natural para los homínidos, dotándolos de esta manera de una mayor velocidad multidireccional; así, la estructura que forma el pie es indispensable para poder mantener la estabilidad postural estática y dinámica de nuestro organismo. Todo esto es posible debido a las estructuras que lo forman, como los ligamentos, articulaciones o músculos, los cuales, junto a los mecanorreceptores, brindan al organismo de un sistema propioceptivo que les permita mantener esa óptima postura. En caso de perturbación, se producen dificultades propioceptivas y con ello un déficit en la estabilidad general <sup>1</sup>. Además, la altura de la bóveda plantar está asociada a lesiones de las extremidades inferiores <sup>2</sup>, como por ejemplo la rotura completa del ligamento cruzado anterior (LCA) que también causa una alteración en la distribución del peso corporal y, por tanto, de la estabilidad <sup>3</sup>, que es la propiedad de un cuerpo de interactuar con el suelo cuando está en posición vertical <sup>2</sup>. Cabe destacar que afecta más a las mujeres debido a que tienen una mayor flexibilidad del arco plantar longitudinal medial (APLM) y del arco plantar longitudinal lateral (APLL), con una media entre mujeres y hombres de 130,3 vs 136,2 y 144,9 vs 148,9 respectivamente <sup>4</sup>.

### **Arco plantar.**

Esta bóveda plantar está formada por tres arcos: APLM, el cual está formado por el primer metatarsiano, la primera cuña, el escafoides, astrágalo y calcáneo; APLL, que lo constituyen el quinto metatarsiano, el cuboides, astrágalo y calcáneo; y arco transversal, que está compuesto por los cinco metatarsianos. Desprovisto de carga, el arco plantar no presenta diferencias entre hombres y mujeres. Sin embargo, en carga, esta estructura se ha desarrollado significativamente más en cuanto a flexibilidad en las mujeres, lo que supone un factor de riesgo ante las lesiones como la fasciopatía plantar <sup>4</sup> o la lesión del LCA; pudiendo estas lesiones condicionar el apoyo del individuo y ello crear cambios en otras articulaciones como por ejemplo la rodilla <sup>5</sup>.

### **Ángulo Q.**

El ángulo Q o ángulo del plano frontal se calcula mediante la intersección de las líneas que unen la espina ilíaca anterosuperior y el centro de la rótula, y esta con el centro de la articulación tibio-peroneo-astragalina. Un alineamiento neutral es considerado el de 0°, los valores negativos representan un genu valgo, mientras que un ángulo positivo significa un genu varo <sup>6</sup>.

La lesión del LCA se produce en un 60% en deportes como el fútbol sin necesidad de contacto <sup>7</sup>. De este porcentaje, son las mujeres quienes tienen mayor probabilidad de padecer esta patología con el mencionado mecanismo lesional <sup>8</sup>, además de tener 3,8 veces más lesiones de LCA en comparación con los hombres <sup>9</sup> ya que presentan un ángulo Q superior. Otro factor de riesgo para la lesión del LCA en mayores de 15 años, y mayoritariamente en mujeres, es la fatiga durante el ejercicio debido al aumento del valgo dinámico de rodilla <sup>10</sup>. Asimismo, la lesión de LCA puede ser causada por la patología de estructuras vecinas como el ligamento lateral interno (LLI) o el menisco interno (MI), producida por una fuerza en valgo combinada con una rotación externa de la rodilla <sup>11,12</sup>. Existe en las mujeres una menor activación del vasto medial con respecto al vasto lateral, lo que produce también el valgo dinámico <sup>7</sup>.

### **Equilibrio dinámico durante la marcha.**

Este valgo dinámico resulta de gran importancia en la marcha, ya que según algunos autores existen otras estructuras que pueden ser importantes a la hora de producir una alteración en el ángulo femoro-tibial, medidos mediante el *single leg squat test* (SLST), como son los abductores, los extensores y los rotadores externos de la cadera y la musculatura del core <sup>6</sup>.

En lo que al tobillo se refiere, un mediopié más elevado con una anchura mayor unido a una limitación de la dorsiflexión del tobillo puede incrementar el ángulo Q. Esta limitación del movimiento puede restringir la traslación anterior de la tibia, y esta puede ser compensada con una pronación del pie, una rotación externa de la tibia y una aducción y rotación interna del fémur <sup>13</sup>. Esto, presumiblemente, desembocará en una dificultad en la marcha.

### ***Flexor hallucis longus.***

El *flexor hallucis longus* (FHL) tiene una importancia poco conocida en el pie, ya que tiene la función de flexionar el primer dedo del pie, producir la supinación de este, además de mantener el APLM, inversión del retropié y plantiflexión del tobillo y acelerar el centro de masas en la fase de despegue de la marcha (FDM) <sup>14,15,16</sup>. En ese momento la activación del músculo es mayor, tanto en la fase de despegue de la marcha (FDM) como al aumentar la velocidad del movimiento <sup>16</sup>.

En cuanto a la contracción, se produce en su zenit entre la posición neutra y los 20° de flexión plantar de tobillo <sup>17</sup>. En el caso de los pies planos, algunos autores observaron una mayor área de sección transversal en el FHL y menor en los músculos intrínsecos, lo que refleja un mecanismo compensatorio para el mantenimiento del APLM <sup>18</sup>. Una razón de la lesión del FHL es el *Osteo Trigonum*, una masa ósea posterior al astrágalo. Este hueso provoca una tenosinovitis debido a la constante compresión del tendón, que puede originar incluso roturas parciales; también se puede producir la tenosinovitis en el nodo de Henry <sup>19</sup>. Otro motivo de alteración es debido al *Hallux valgus*, la cual causa una desviación en el tendón del FHL <sup>20</sup>.

### **Ejercicio activo, educación y adherencia al ejercicio.**

El ejercicio activo produce una mayor oxigenación de los miocitos debido a la expresión de la molécula superóxido dismutasa extracelular, cuya función es prevenir el daño oxidativo de los tejidos <sup>21</sup>. Este, por tanto, podría ser utilizado para tratar las alteraciones que pudieran producirse en el pie o en el FHL de forma analítica. Además, para conseguir una cierta adherencia a este se necesita de una previa educación al paciente para realizarlo, como reducir el miedo o la expectativa de una mejoría pobre <sup>22</sup>.



## **JUSTIFICACIÓN**

Las lesiones de rodilla son frecuentemente causadas por un valgo dinámico. La disfunción del FHL se muestra como una posible etiología causante de este hecho. Ello puede alterar la biomecánica de la marcha, carrera o gesto deportivo. La evidencia no muestra marcadas estrategias de tratamiento para esta disfunción en específico. Dentro de estas, el trabajo activo del FHL podría ser beneficioso para disminuir la incidencia de estas patologías.

## **HIPÓTESIS**

La adecuada identificación de aquellas circunstancias que den lugar a una disfunción del FHL, podrán inducir a la elaboración de un plan de tratamiento óptimo para esta problemática en concreto.





## **OBJETIVO PRINCIPAL**

1. Observar la relación de la debilidad del FHL con la patología de rodilla.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Examinar los cambios registrados por los distintos autores que se producen en la biomecánica de la marcha de cara a futuras investigaciones.
2. Analizar la posible ganancia de fuerza del FHL con su correspondiente mejora en el ángulo Q.
3. Valorar los cambios de la estabilidad postural y gasto energético en relación con el plano frontal de la rodilla.





## MATERIAL Y MÉTODOS

Se propone una revisión sistemática bibliográfica realizada en distintas bases de datos, y en ella, se abordan los temas expuestos en objetivos con vistas a allanar el camino para futuras investigaciones. Esta fue llevada a cabo siguiendo las directrices PRISMA para revisiones sistemáticas (Moher D y cols, 2009; Urrútia G & Bonfill X, 2013; Hutton y cols, 2016) siguiendo los tiempos establecidos en la *‘Figura 3. Cronograma, elaboración propia’*, pasando por la *‘Figura 5. Autorización de la Oficina de Investigación Responsable (OIR)’*.

Se realizó una búsqueda sistemática retrospectiva entre el mes de marzo y abril de 2020 en las bases de datos Pubmed, ScienceDirect, SciELO, Cochrane Library, El Sevier, Europe PMC; utilizándose en todos los casos el operador booleano “AND” y estableciéndose en Europe PMC, El Sevier, ScienceDirect y Pubmed el filtro de los últimos cinco años (2015-2020), utilizándose dos búsquedas en Pubmed para los últimos diez años (2010-2020) con el objetivo de acotar la búsqueda, las cuales fueron (“foot arch”) y (“Postural”[Mesh]) AND (“Foot”[Mesh]).

En la estrategia de búsqueda utilizada en primera instancia en el portal Pubmed, se utilizaron los algoritmos de búsqueda (“flexor hallucis longus”), (“Genu Valgum”[Mesh]) AND (“Menisci, Tibial”[Mesh]), (“dynamic valgum”), (“Medial Collateral Ligament, Knee”[Mesh]), (“Postural”[Mesh]) AND (“Foot”[Mesh]), (“Postural”[Mesh]) AND (“Anterior Cruciate Ligament”[Mesh]), (“foot arch”), (“Treatment Adherence and Compliance”[Mesh]) AND (“Exercise”[Mesh]) AND (“Football”[Mesh]), (“Patient Education As Topic”[Mesh]) AND (“Exercise”[Mesh]). En ScienceDirect se utilizó la combinación (“flexor hallucis longus”) AND (“knee injury”) y (“active exercise benefits”). En el caso de SciELO se utilizó (“flexor hallux”) AND (“valgo”). En Cochrane Library fue (“flexor hallucis longus”) AND (“exercise”).

Finalmente, en El Sevier (“flexor hallucis longus”) y en Europe PMC se formuló la combinación (“flexor hallucis longus”) AND (“medial longitudinal arch”) AND (“injuries”).

Es correcto el uso de la misma estrategia de búsqueda para todas las bases de datos pero, dadas las diferencias entre ellas y que no todos comparten la misma información ni la misma forma de funcionar o directamente las mismas nomenclaturas, se optó por enriquecer las búsquedas ajustando ligeramente las palabras utilizadas para cada caso, como el uso del latín en el caso de “*genu valgum*” o “*flexor hallucis longus*”. Este criterio fue admitido tras la lectura de algunos artículos, incluidos o no en la presente revisión, en la que se optó por una planificación similar dadas las circunstancias.

### **Criterios de selección**

En primer lugar, se procedió al cribado en base a los resúmenes teniendo en cuenta los criterios de selección, como por ejemplo los criterios de inclusión: filtros de búsqueda de 5 y 10 años; los idiomas de publicación en inglés, francés y portugués; así como que cumplieran con una puntuación de 3/11 en la escala PEDro. Se puso un límite reducido en la escala PEDro como criterio de inclusión debido a la dificultad para encontrar artículos sobre el tema a tratar. Se establecen como criterios de exclusión aquellos artículos que superasen los años antes mencionados, que aparecieran duplicados, diseños de estudio, que hicieran especial énfasis en la musculatura intrínseca del pie, investigaciones cuya muestra no siguiera una distribución normal, estudios cuya valoración en la escala PEDro fuera de 2 o menos y, finalmente, aquellos que trataran sobre cadáver a excepción de un estudio que daba información esencial en la patología del FHL y su relación con la rodilla.

### **Calidad metodológica**

La calidad metodológica de los artículos seleccionados se evaluó, con la intención de evitar los sesgos, mediante la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (Maher C, 2003), que se puede apreciar en la *Figura 4. Tabla para la evaluación de los artículos según la Escala PEDro*, la cual puntúa los estudios entre 1 y 11 puntos, valorando la validez interna, externa y si se cuenta con la información necesaria a nivel estadístico para que los resultados puedan interpretarse. Esta escala de puntuación fue elegida porque ha demostrado fiabilidad y validez suficiente en cuanto

a los criterios de puntuación. Se considera como excelente la puntuación por encima de 7 puntos, buena calidad por encima de 5 y moderada calidad en los estudios por encima de 4. Esta escala se basa en evaluar la calidad de la metodología observando los siguientes aspectos: criterios de elección, enmascaramiento, comparación de grupos al inicio del estudio y la valoración de los resultados, como las comparaciones estadísticas entre grupos, las medidas puntuales o las medidas de al menos un resultado clave en el 85% de los sujetos.

### **Selección de artículos**

Se seleccionaron de manera preliminar 76 artículos, los cuales se representaron en un diagrama de flujo (*Figura 1, “diagrama de flujo PRISMA”* y *2, “Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica, elaboración propia”*) y fueron sometidos a los mencionados criterios de inclusión y exclusión para llegar a un resultado final de 28 artículos admitidos.





## RESULTADOS

Los resultados obtenidos, según el proceso de selección de las directrices PRISMA (Figura 1, *Diagrama de flujo PRISMA, Moher D y cols, 2009; Urrútia G & Bonfill X, 2013; Hutton y cols, 2016.*), en esta revisión se pueden ver de forma detallada en *Tabla de resultados, elaboración propia, Tabla 1*. No obstante, se expone un breve resumen:

Existen diferencias significativas en el peso, altura e índice de masa corporal entre géneros con respecto a la deformidad del APLM, siendo mayor en mujeres. También, se demostró una mayor activación del FHL con el aumento de la velocidad de la marcha.

Se encontró una asociación significativa entre el aumento del valgo dinámico, la fatiga y la lesión de LCA en mujeres y en mayores de 15 años. Este valgo, además, se podría reducir mediante un programa de ejercicios multicomponente.



## DISCUSIÓN

En la búsqueda de las distintas patologías capaces de generar la deformidad propia del FHL, distintos autores se propusieron realizar mediciones en la tensión relativa de aquellas estructuras que influyen en el recorrido del tendón del músculo.

En el estudio realizado por Cavalheiro C.S et al. encontraron que existía una desviación del tendón del FHL hacia lateral debido al *hallux valgus*, por lo que podía verse debilitado porque el momento de fuerza del músculo variaría. Los propios autores mencionan que esta investigación habría tenido mayor peso si la muestra hubiera sido mayor, pues trabajaron con 22 cadáveres, y si esta hubiera sido *in vivo* y con una carga, se podrían haber obtenido resultados más definitivos. Además, exponen que el tejido cadavérico se encontraba en un estado rígido, por lo que no se pudo saber si con el peso corporal se podría haber cambiado la disposición del tendón <sup>20</sup>. Asimismo, se observó otra posible causa de lesión del FHL, como fue la tenosinovitis <sup>25</sup>. En esta publicación se propuso un tratamiento, pero se concluyó que hay escasa evidencia sobre estos y la muestra donde se hizo esta intervención también fue mínima y poco representativa. Ambos autores llegaron a la conclusión de que las alteraciones en el recorrido del tendón guardaban una relación negativa, debido a que al haber un ángulo diferente <sup>20</sup> o una lesión <sup>25</sup>, al realizar una contracción esta no es del todo efectiva.

En los cambios que se produjeron en la biomecánica de la marcha, algunos autores observaron que las mujeres con genu valgo tenían una flexión de cadera disminuida y, sin embargo, una aducción de cadera y una abducción de rodilla aumentadas <sup>26</sup>. Además, Chen T.L.W et al. <sup>27</sup> y Péter A et al. <sup>16</sup> dirigen sus conclusiones hacia un mismo punto: la activación del FHL, la cual se conseguía con el apoyo de antepié y cuando la velocidad aumentaba. Estas, a su vez, apoyaban la publicación de Soares S.F.C et al. ya que se concluyó que el grupo no institucionalizado tenía una mayor fuerza en los músculos flexores de los dedos, como el FHL, en comparación con el grupo

institucionalizado<sup>24</sup>. Esto da a entender que cuando el sujeto tiene más actividad en su vida diaria, desarrolla más funcionalidad y, en consecuencia, una mayor fuerza y un menor número de caídas. Entonces, si se consigue rotar hacia interno la tibia<sup>27</sup>, la abducción de rodilla que concluyó Barrios JA<sup>26</sup> en su estudio se corregiría. No obstante, si hubiera una lesión o debilidad en uno de los plantiflexores como es el FHL<sup>27</sup>, el apoyo de antepié se modificaría y, por consiguiente, la tibia no rotaría hacia interno y se produciría un cambio a nivel biomecánico en la marcha.

Sin embargo, la mayor limitación de los artículos de Chen T.L.W et al.<sup>27</sup> y Péter A et al.<sup>16</sup> fue la escasa muestra poblacional, lo que invita a proyectar la replicación de este trabajo con ánimo de ampliar y contrastar resultados.

Por otro lado, los *pes planus* tienen una mayor AST y rigidez de los músculos extrínsecos que las personas con el pie normal, lo cual se debe a que, al caer el APLM, los músculos extrínsecos tengan que hacer una mayor fuerza para compensar esta caída<sup>18</sup>. Sin embargo, la altura del APLM no está relacionada con una mayor fuerza del FHL y sí con el tibial posterior<sup>15</sup>, como indicaron igualmente Nagano K y cols. en su estudio sobre las diferencias entre géneros en la altura del APLM<sup>5</sup>. Por contra, se expuso que el FHL sí tenía un papel de mantenimiento en el APLM<sup>14</sup>. Esto pone en manifiesto relación los artículos de Angin S et al.<sup>18</sup> y Kirby K.A et al.<sup>14</sup> por un lado, donde afirman que los músculos extrínsecos del pie, como el FHL, tienen un papel importante en el mantenimiento del APLM. Por contra, otros autores exponen que la fuerza del FHL no tiene relación con la altura del APLM<sup>15</sup>. Asimismo, estos mismos investigadores enfocaron sus estudios hacia un mismo punto en común: el riesgo de lesiones por aumento del ángulo Q<sup>5,15</sup>. Por otro lado, Fukano M percibió que el APLM y el APLL eran mayores en mujeres cuando se les aplicaba una carga, lo cual indica una mayor laxitud de los tejidos y, por tanto, una caída de la bóveda plantar<sup>4</sup> y Wyndow N concluyó en su investigación que una mayor movilidad del mediopié y una menor flexión dorsal de tobillo se relacionó con una mayor posibilidad de lesión del LCA al haber un mayor ángulo Q o genu valgo<sup>13</sup>.

Este valgo dinámico de rodilla también se correlacionó con la fatiga en atletas jóvenes, sobre todo en mujeres y en mayores de 15 años <sup>10</sup>. También se observó que había una mayor predisposición de este con una lesión previa de LCA, por lo que se le catalogaría como factor de riesgo a la lesión sin contacto <sup>9</sup>, al igual que hicieron Lundblad M. y colaboradores al relacionar la lesión del ligamento sin contacto con el LLI, y este a su vez al MI cuando sí existía un traumatismo previo en futbolistas masculinos <sup>11</sup>. En todos los casos, este valgo dinámico pone en tensión las estructuras ligamentosas del LCA y del LLI, por lo que cualquier impacto o aumento de carga puede predisponer a las patologías de estas.

No obstante, el valgo dinámico de rodilla se podría prevenir disminuyendo el ángulo Q con un programa de ejercicios multicomponente <sup>8</sup> en mujeres futbolistas jóvenes o trabajando los abductores, rotadores externos y extensores de cadera y con la plancha lateral <sup>6</sup>.

Sería interesante la realización de alguna lista de vigilancia del cumplimiento de estos programas de ejercicios, ya que se consiguió el 87% de adherencia al mismo <sup>28</sup>. En este programa, como el FHL se vió que tenía un papel importante en el mantenimiento del APLM, se podrían realizar ejercicios isométricos en posición neutra de tobillo, debido a que es el ángulo donde más fuerza realiza o andando rápido <sup>17</sup> pues, como se ha nombrado de forma previa, Péter A et al. vieron que el FHL se activa más en la marcha con flexión plantar y la velocidad <sup>16</sup>. Por tanto, se proyecta como imprescindible la realización de ejercicios como apuntan De Ste Croix et al. <sup>8</sup> y Stickler L et al. <sup>6</sup> e incluso Fortington et al. <sup>28</sup>, quien además incide en la importancia de la adherencia del paciente a estos. Por otro lado, se podría disminuir el gasto energético del individuo gracias a la mejora en su biomecánica y, en consecuencia, mejorar la funcionalidad y el riesgo de lesiones <sup>24</sup>.

El propio grupo investigador de Soares S.F.C et al. concluyeron que el grupo de institucionalizados tuvieron una menor funcionalidad y un mayor riesgo de caídas debido a la debilidad del FHL con respecto al grupo comunidad <sup>24</sup>. Esto conllevaría un gasto energético en el primer conjunto por encima del segundo. Además, esta falta de fuerza podría causar una caída en

el arco plantar por su carencia de función de mantenimiento en este caso <sup>14</sup>. Por consiguiente, a este riesgo habría que sumarle las diferencias que según Birinci T et al. hay entre géneros en cuanto a la deformidad del APLM, siendo esta mayor en mujeres y con la aplicación de cargas externas <sup>2</sup>. Continuando con la bóveda plantar, cuando el cuerpo se balanceaba hacia anterior, esta descendía y cuando el cuerpo se modificaba hacia posterior, ascendía <sup>1</sup>.

Por otro lado, la fatiga incrementó el valgo dinámico en atletas jóvenes, sobre todo mujeres y mayores de 15 años. Esto sería un factor de riesgo a tener en cuenta a la hora de la prevención de la lesión de LCA <sup>9,10</sup>. Además, el valgo dinámico podría cambiar el patrón biomecánico del salto y alterar las activaciones musculares que analizaron Villaquirán et al. en relación con el vasto lateral y medial del cuádriceps, los cuales concluyeron que el vasto lateral tenía una mayor activación en el salto lateral unipodal y en el salto frontal bipodal <sup>7</sup>. Este valgo dinámico también fue asociado a una menor flexión dorsal de tobillo al realizar el SLST <sup>13</sup>. Por tanto, el valgo dinámico de rodilla podría estar causando compensaciones musculares para conseguir una correcta estabilización de la rodilla y, en consecuencia, un mayor gasto energético para conseguir el mantenimiento de la postura dinámica. Por el contrario, como concluyeron Bartels T et al, en caso de acabar sufriendo una lesión de LCA debido a este factor de riesgo comentado u otros, la regulación postural volvería a su estado pre-lesión en el plazo de 2 años excepto en la distribución del peso anteroposterior <sup>3</sup>.





## CONCLUSIÓN

1. Se observó que, en carga, el APLM en mujeres se deformaba de forma significativa debido a que el FHL no podía mantenerlo, y esta alteración a su vez puede rotar externamente la tibia e internamente el fémur, causando un aumento en el ángulo Q, siendo este un factor de riesgo en la patología de rodilla, y por tanto, una circunstancia a observar.
2. Las mujeres con un ángulo Q aumentado andan con una aducción de cadera, una abducción de rodilla aumentada y una flexión de cadera disminuida. Además, el FHL se activaba más en apoyo de antepié y cuando la velocidad aumentaba. La disfunción del FHL afecta directamente al correcto desarrollo biomecánico del movimiento.
3. Mediante la realización de ejercicios isométricos del FHL en posición neutra de tobillo con el objetivo de elevar el APLM puede reducirse el ángulo Q disminuyendo de esta forma la clínica. Este mismo resultado puede obtenerse de igual forma a partir de la realización de ejercicios multicomponentes y con ejercicios en abductores, rotadores externos y extensores de cadera.
4. Se analizó que una menor fuerza en el FHL conllevó un mayor gasto energético en ancianos y, por tanto, un mayor riesgo de caídas. En cuanto al equilibrio, cuando existe una lesión del LCA, la estabilidad anteroposterior se ve afectada hasta, al menos, 2 años post-lesión, lo que tendrá la capacidad de instaurar una tendencia hacia un mayor gasto energético.

Una vez expuestas las circunstancias que conducen a este mayor gasto energético, mayor riesgo de lesión y disfunción biomecánica se propone como aconsejable la realización de estudios en los que se identifiquen las baterías de ejercicios que permitan reducir la clínica. Se proyecta un nuevo estudio, esta vez con una muestra representativa de la población, en el cual se mida el gasto energético asociado a la lesión del FHL y se propongan ejercicios específicos de cara a la creación de un protocolo de tratamiento.



## ANEXOS

### FIGURAS

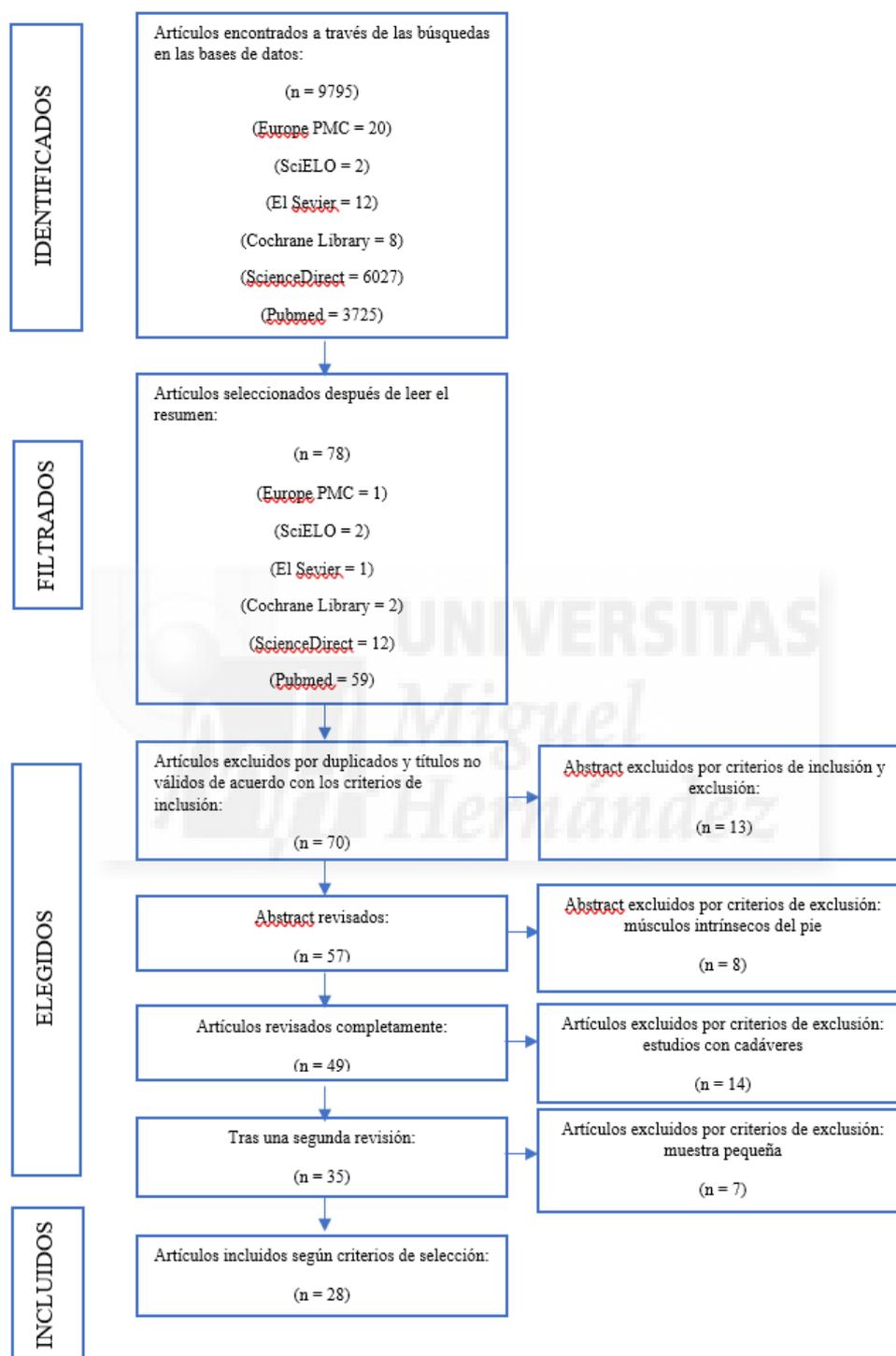


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA, Moher D y cols, 2009; Urrútia G & Bonfill X, 2013; Hutton y cols, 2016.

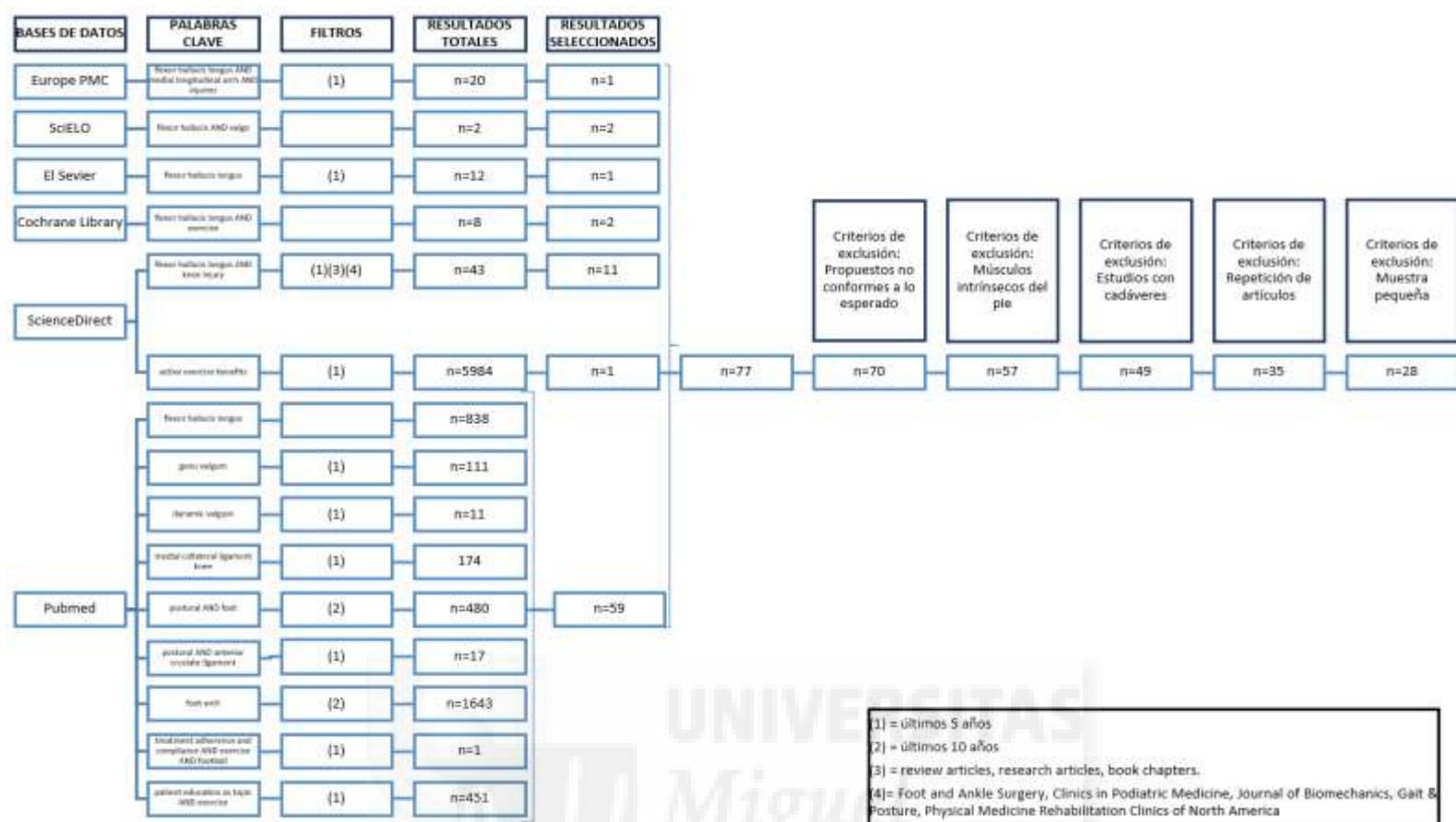


Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica, elaboración propia.



Figura 3. Cronograma, elaboración propia.

## Escala PEDro-Español

---

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

---

Figura 4. Tabla para la evaluación de los artículos según la Escala PEDro



## INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 01 de febrero del 2021

Nombre del tutor/a	Carlos Manuel Colmena Zaragoza
Nombre del alumno/a	Jorge Soler Durá
Tipo de actividad	1. Revisión bibliográfica (no incluye revisión de historias clínicas ni ninguna fuente con datos personales)
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	"Efectos de la debilidad del flexor hallucis longus en la patología de rodilla, una Revisión bibliográfica."
Código/s GIS estancias	
Evaluación Riesgos Laborales	No procede
Evaluación Ética	No procede
Registro provisional	210127125112
Código de Investigación Responsable	<b>TFG.GFI.CMCZ.JSD.210127</b>
Caducidad	2 años

Se considera que el presente proyecto carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: 1. TFG (Trabajo Fin de Grado) ha sido realizada de manera automática en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere someterse a dicha evaluación. Dicha información se adjunta en el presente informe. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, se autoriza la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos  
Secretario del CEII  
Vicerrectorado de Investigación

Domingo L. Orozco Beltrán  
Presidente del CEII  
Vicerrectorado de Investigación

### Información adicional:

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas están informados.
- Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de



prevención de riesgos laborales. Le indicamos que tiene a su disposición al Servicio de Prevención de la UMH para asesorarle en esta materia.

La información descriptiva básica del presente trabajo será incorporada al repositorio público de Trabajos fin de Grado y Trabajos Fin de Máster autorizados por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández en el curso académico 2020/2021. También se puede acceder a través de <https://oir.umh.es/tfg-tfm/>



*Figura 5. Autorización de la Oficina de Investigación Responsable (OIR).*

## TABLAS

Autor y año	Descripción de los sujetos y patología	Diseño del estudio y objetivos	Intervención	Seguimiento y medidas	Conclusión
Wright W.G. 2012	Mujeres (n=8) Hombres (n=4) 26-44 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Descriptivo.  Objetivos: Cuantificar las deformaciones del pie en sedestación con un peso estático; medir la deformación en bipedestación; observar la deformación aplicando pequeñas variaciones como levantar los metatarsianos o las falanges en bipedestación.	Grupo intervención (n=12)	Se realizaron 3 protocolos: En el primero se cuantificó la deformación del arco plantar con una carga de 10 kg y sin carga, ambas sentadas. El segundo relacionaba la deformación del arco plantar con el balanceo postural con los ojos cerrados. El tercero evaluó la respuesta postural a perturbaciones en las falanges y metatarsos. También se hizo una electromiografía del tibial anterior y gastrocnemio lateral.	En los protocolos 1 y 2 se mostraron cambios en la altura del arco plantar con la carga. En el protocolo 2, cuando el balanceo se anteriorizaba, la bóveda plantar descendía y cuando se posteriorizaba, crecía. En el protocolo 3, las perturbaciones mostraron cambios en la electromiografía.
Birinci T. 2017	50 sujetos 18-35 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Caso control.  Objetivos: Analizar la relación entre la movilidad del APLM y la estabilidad estática y dinámica.	Grupo hombres (n=25) Grupo mujeres (n=25)	Medidas goniométricas en cadera, rodilla y tobillo. Longitud de la pierna y el pie en dos condiciones de carga. Estabilidad	Hay diferencias significativas en peso, altura, índice de masa corporal y deformidad del APLM entre géneros; al contrario que con el SLST.

				estática con SLST.	
Bartels T. 2019	30 sujetos Hombres (n=14) Mujeres (n=16) 13-61 años  Patología: LCA	Diseño del estudio: Estudio longitudinal de dos años.  Objetivos: Evaluar la postura y la estabilidad de los pacientes con una reconstrucción de LCA en un periodo de dos años.	Un único grupo intervención (n=30) 2 años de intervención dividida en 6 sesiones	Con un sistema de equilibrio interactivo, se hacen mediciones entre las semanas 6 y 12, la semana 12 y los 6 meses, los 6 y 12 meses.	Hay mejoras significativas en la regulación postural en el plazo de 2 años post-cirugía, excepto en la distribución de peso antero-posterior. Se observa una supresión del sistema somato-sensorial y cerebelar, la cual es compensada con una mayor actividad del sistema visual y estriado.
Fukano M. 2012	19 sujetos Hombres (n=11) Mujeres (n=8) Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Investigar las diferencias entre géneros del APLM y APLL en condiciones estáticas y dinámicas.	Grupo intervención (n=19)	Se realizó una radiografía estática y dinámica del pie derecho; esta última fue realizando 3 SLDL descalzos y con la rodilla extendida.	En condiciones de descarga no se encontraron diferencias significativas entre géneros. En carga, el APLM y el APLL fueron mayores en las mujeres. Esto refleja una resistencia del tejido menor y por tanto, un mayor riesgo de lesiones.
Nagano K. 2018	36 sujetos sanos Hombres (n=19) Mujeres (n=17)  Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Examinar qué factores afectan a la altura del APLM asociado con las diferencias de género en sujetos sanos sin alteraciones ortopédicas.	Grupo intervención (n=36)	Se midió el índice de masa corporal, la altura del escafoides con respecto al suelo, la longitud del pie, el ángulo fémoro-tibial, el ángulo del hallux y la fuerza del tibial posterior.	En hombres existe correlación entre la altura del arco plantar y la fuerza del tibial posterior; y esta a su vez está relacionada con el índice de masa corporal. En mujeres, la altura del arco plantar esta relacionada con la fuerza del tibial posterior y la fuerza de agarre de los dedos.

<p>Stickler L. 2015</p>	<p>Mujeres (n=14) 18-30 años</p> <p>Patología: Nada</p>	<p>Diseño del estudio: Descriptivo.</p> <p>Objetivos: Examinar la relación entre el movimiento del plano frontal en el SLST y la fuerza del tronco y cadera en mujeres.</p>	<p>Grupo intervención (n=14)</p>	<p>El máximo de fuerza en isométrico se midió mediante un dinamómetro usando la pierna dominante para los abductores, extensores y rotadores externos de cadera y un puente de tronco. Se grabó en vídeo 2D el SLST para su análisis, que fue realizado 5 veces con un metrónomo para unificar la velocidad del movimiento.</p>	<p>Las 4 medidas de fortalecimiento tienen correlación con el ángulo Q. Los abductores de cadera son los que más asociación significativa tienen, seguidos por los rotadores externos de cadera, la plancha lateral y, por último, los extensores de cadera. Si el ángulo se acerca desde el negativo hacia los 0°, es un signo de fortalecimiento. Por esta razón es clínicamente relevante la relación entre la fuerza de la cadera y el core y la biomecánica en el SLST.</p>
<p>Villaquirán A.F. 2020</p>	<p>Mujeres deportistas (n=64)</p> <p>Patología: Nada</p>	<p>Diseño del estudio: Descriptivo.</p> <p>Objetivos: Evaluar la diferencia de activación entre el vasto medial y lateral mediante electromiografía de superficie durante un salto a una pierna.</p>	<p>Grupo intervención (n=64)</p>	<p>Las mujeres realizaron un calentamiento sobre un tapiz rodante durante 8 minutos a 8 km/h. Después, se colocaron los electrodos de superficie adhesivos a una distancia de 1 cm entre ellos, situados uno en el vasto medial y otro en el vasto lateral. Tras ponerlos, realizaron un</p>	<p>Se encontraron diferencias significativas en la activación del vasto medial y lateral, siendo el lateral el que más se activaba en el salto lateral a una pierna y en el salto frontal con ambas.</p>

				salto frontal y otro lateral a una sola pierna. Por último, se evaluó el estado de la cintilla iliotibial con la maniobra de Ober.	
De Ste Croix M. 2018	125 mujeres jóvenes futbolistas Patología: Nada	Diseño del estudio: Ensayo clínico controlado aleatorizado.  Objetivos: Explorar la eficacia del entrenamiento intenso en los factores de riesgo de las lesiones en mujeres jóvenes futbolistas y analizar si las atletas con alto riesgo de lesión responden mejor a este entrenamiento.	Grupo control (n=54) Grupo intervención (n=71) Se dividió en dos subgrupos: alto riesgo (n=33) y bajo riesgo (n=33) con 5 personas excluidas.	Se realizó un programa de ejercicios de 16 semanas en el que se midió antes y después la rigidez de la pierna, el valgo y el rango articular de la rodilla y la probabilidad de un alto momento de abducción de rodilla. Durante esta intervención, el grupo control siguió haciendo su calentamiento habitual, mientras que el grupo intervención siguió las pautas de un especialista. El plano frontal y sagital de la rodilla se midió realizando un SLDL imitando un remate de cabeza y se grabó mediante cámaras.	Un programa de ejercicio físico multicomponente puede mejorar los factores de riesgo asociados con la incidencia de lesiones de rodilla en mujeres futbolistas jóvenes, sobre todo si tienen una gran probabilidad de alto momento de abducción de rodilla.

Numata H. 2018	Mujeres atletas (n=291) 15 años de media  Patología: LCA	Diseño del estudio: Caso control.  Objetivos: Evaluar la relación entre el genu valgo y la lesión de LCA sin contacto en mujeres jóvenes deportistas mediante un análisis en 2D del plano coronal en el SLDL.	Grupo lesión (n=27) Grupo control (n=27)	Los sujetos realizaron un SLDL y fueron grabados para ser analizados en 2D. Las mujeres fueron seguidas durante 3 años para observar la relación entre el valgo dinámico y la lesión de LCA.	Se observó que el valgo dinámico de rodilla era significativamente mayor en el grupo lesión con respecto al grupo control, por lo que el valgo dinámico podría ser un factor de riesgo para la lesión de LCA sin contacto.
Fidai M.S 2020	85 atletas Mujeres (n=47) Hombres (n=38) 13-18 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Cohortes prospectivo.  Objetivos: Determinar cuánto incrementa el valgo dinámico de rodilla la fatiga en atletas adolescentes después de un protocolo de ejercicios medido mediante el <i>drop jump test</i> ; el secundario fue determinar qué riesgos individuales pueden predisponer a tener mayor riesgo de valgo dinámico.	Grupo intervención (n=85)	Se realizaron 3 <i>drop-jump test</i> antes y después de realizar ejercicios pliométricos. El test fue grabado en vídeo. La fatiga se midió con una reducción en el porcentaje en el salto vertical máximo.	La fatiga en el ejercicio incrementa el valgo dinámico en atletas jóvenes, sobre todo en mujeres y en mayores de 15 años. Estos sujetos tienen más riesgo de lesión de LCA.
Lundblad M. 2019	Futbolistas masculinos (n=2018)  Patología: LLI, MI, LCA	Diseño del estudio: Cohortes prospectivo. Objetivos: Estudiar la epidemiología y mecanismos lesionales del LLI en hombres futbolistas profesionales y evaluar el diagnóstico y los métodos de	Grupo intervención (n=2018)	Se siguió a los futbolistas entre 1 y 3 temporadas. En estas, el equipo médico de cada equipo trabajó de forma estándar para que no hubiera diferencias diagnósticas.	Durante las 3 temporadas se observaron un total de 4364 lesiones, de las cuales 130 fueron del LLI, el 54% en el tercio superior del ligamento. De ellas, el 75,4% fueron lesiones del LLI con contacto y el 12,3% habían asociado un daño en el MI. Por

		tratamiento utilizados.		Esto informaba sobre el diagnóstico, la naturaleza y las circunstancias de la lesión.	el contrario, las lesiones sin contacto estaban asociadas a una rotación de la rodilla, por lo que se consideraban como más severas al estar implicado el LCA.
Wyndow N. 2016	Sujetos (n=30) 18-50 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Descriptivo.  Objetivos: Determinar la relación entre el plano frontal durante un SLST y la movilidad de pie y tobillo en adultos asintomáticos.	Grupo intervención (n=30)	Los sujetos realizaron el SLST 5 veces mientras eran grabados para luego ser analizados en 2D. Para medir el rango articular del tobillo, con el calcáneo en el suelo, el paciente flexionaba la rodilla hasta intentar tocar una pared.	Una mayor movilidad del mediopié y una menor flexión dorsal de tobillo fue asociado con un genu valgo mayor en el SLST. Esto podría ser importante a la hora de prevenir lesiones de las extremidades inferiores, como la del LCA.
Yamauchi J. 2019	Pies (n=448) Hombres (n=254) Mujeres (n=194)  Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Investigar la capacidad de generar fuerza por parte de los músculos del primer dedo y la función dinámica del arco plantar en bipedestación.	Grupo intervención (n=448)	La fuerza del FHL fue medida con un dinamómetro tanto en sedestación como en bipedestación. Los sujetos no podían flexionar la rodilla en sedestación ni extender la cadera en bipedestación. Hicieron esta prueba de 3 a 5 veces. La altura del arco plantar también fue medida en ambas posiciones mediante una	La máxima fuerza isométrica del FHL fue significativamente superior en sedestación en comparación con la bipedestación. La fuerza no está relacionada con la altura del APLM.

				regla.	
Péter A. 2015	Hombres (n=11) 21-28 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Examinar la actividad del FHL y las fuerzas resultantes en la primera falange durante una flexión plantar isométrica mantenida en diferentes niveles de contracción y en la FDM a diferentes velocidades.	Grupo intervención (n=11)	Se les realizó una electromiografía bipolar del tibial anterior y los músculos del compartimento posterior. Después, los sujetos hicieron una marcha por dos plataformas de 10 metros; una plantiflexión isométrica submáxima medida por un dinamómetro y, por último, una contracción isométrica máxima.	En la marcha, el pico de fuerza en el <i>hallux</i> incrementó significativamente cuando la velocidad aumentaba, y este fue superior en comparación con otras áreas del pie. Esta fuerza aumentó de forma lineal a la mayor activación del FHL en actividades isométricas. Esta activación se incrementaba con la flexión plantar y la velocidad en la marcha.
Yamauchi J. 2019	Hombres (n=12) 20-23 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Investigar las relaciones entre el ángulo del tobillo y la máxima fuerza isométrica de los flexores de la primera falange.	Grupo intervención (n=12)	La fuerza del FHL fue medida en 6 ángulos del tobillo (70°-120°) con la rodilla a 90° en sedestación y medido mediante dinamómetro realizando de 3 a 5 repeticiones. Durante la medición, se registró la actividad muscular de los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie mediante electromiografía.	Se observó que la fuerza isométrica óptima se produce en la posición neutra del tobillo. La fuerza en los diferentes ángulos se vio afectada por los cambios en la longitud de los músculos flexores extrínsecos del pie.
Angin S. 2014	98 sujetos adultos	Diseño del estudio: Caso	Grupo pie normal	Con ecografía, paciente en	El AST de los músculos

	18-44 años  Patología: <i>Pes planus</i>	control.  Objetivos: Comparar los el área de sección transversal (AST) y la rigidez de los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie, así como de la fascia plantar entre personas con el pie normal y <i>pes planus</i> .	(n=49) Grupo <i>pes planus</i> (n=49)	DP para FP, FHB, FDB y en DS para AbH, FDL, FHL y PER. Se hicieron tres mediciones.	intrínsecos de <i>pes planus</i> era menor que el grupo pie normal. El AST y la rigidez de los músculos extrínsecos era mayor en <i>pes planus</i> . No existen diferencias significativas entre grupos.
Cavalheiro C.S. 2020	22 sujetos 20-70 años  Patología: <i>Hallux valgus</i>	Diseño del estudio: Serie de casos.  Objetivos: Describir las variaciones osteomusculares anatómicas y patológicas en los pies de cadáveres y relacionarlas con los hallazgos radiográficos.	Se diseccionaron 15 pies con <i>hallux valgus</i>	Disección de los músculos intrínsecos y extrínsecos. Se midió con goniómetro la desviación de la articulación metacarpo-falángica.	Los cambios anatómicos en el <i>hallux valgus</i> pueden estar relacionados con los cambios radiográficos.
Sancho I. 2019	Hombres (n=13) 29-46 años  Patología: Tendinopatía a aquilea	Diseño del estudio: Cohorte simple.  Objetivos: Examinar la viabilidad de una educación para el ejercicio mediante una intervención basada en saltos centrada en el dolor sentido por el propio paciente durante 12 semanas para corredores amateurs con tendinopatía aquilea.	Grupo intervención (n=13)	Los pacientes fueron educados sobre la fisiopatología de la tendinopatía aquilea. El dolor por encima de 3/10 fue aceptable, y un incremento al día siguiente volviendo a la sintomatología inicial a las 24h también fue considerado normal. El programa duró 12 semanas y tenía 4 niveles de progresión,	La adherencia al ejercicio se consideró aceptable con un 70% de los ejercicios realizados. Sin embargo, para algunos componentes específicos de la intervención no se logró alcanzar esa meta. Igualmente, una intervención con un programa de ejercicios progresivos parece ser interesante para corredores con tendinopatía aquilea.

				donde el 1 era para los casos iniciales y el 4 para los que tenían menos dolor o más experiencia.	
De la Cruz Torres B. 2019	45 mujeres bailarinas profesionales  Patología: Nada	Diseño del estudio: Ensayo clínico aleatorizado.  Objetivos: Evaluar el efecto inmediato de los estiramientos, el ejercicio excéntrico y la neuromodulación percutánea ecoguiada (NMPe) en la participación del FHL en jóvenes bailarines.	Grupo NMPe (n=15) Grupo estiramientos estáticos (n=15) Grupo ejercicio excéntrico (n=15)	Rango de movimiento de la primera articulación metacarpofalángica, balance test unilateral con flexión plantar, test de resistencia unilateral con flexiones plantares, NMPe, estiramiento estático del FHL, ejercicio excéntrico del FHL.	La intervención aislada de NMPe produce un incremento inmediato del equilibrio y la fuerza en comparación con los estiramientos y los ejercicios excéntricos.
Soares S.F.C 2018	Institucionalizados (n=159) Comunitarios (n=250) Más de 60 años  Patología: Nada	Diseño del estudio: Descriptivo.  Objetivos: Demostrar la relación de las características del pie con la movilidad y las caídas de los ancianos institucionalizados y los activos para	Grupo institucionalizados (n=15) Grupo comunidad (n=15)	Se les realizó el Mini-mental Test Examination, se les midió el peso, la altura y el índice de masa corporal y también les hicieron el Timed Get Up and Go Test. El <i>hallux valgus</i> se	El grupo institucionalizado presentaba una menor fuerza en los flexores de los dedos de los pies, así como un mayor porcentaje de <i>hallux valgus</i> y menos funcionalidad en comparación con el grupo comunidad.

		la comunidad.		evaluó con la escala Manchester. Además, se utilizó una plataforma de presiones para medir la fuerza de los dedos del pie.	
Wentzell M. 2018	Bailarina pre-profesional (n=1)  Patología: Tenosinovitis crónica del FHL	Diseño del estudio: Estudio piloto.  Objetivos: Describir un tratamiento conservador exitoso en la tenosinovitis crónica del FHL.	Grupo intervención (n=1)	La paciente hizo 25 sesiones en 4 meses, las cuales consistieron en 7 minutos de láser a 8W, kinesiotape, masoterapia, movilizaciones y manipulaciones de la articulación subastragalina. Más tarde se introdujeron algunos ejercicios.	La tenosinovitis del FHL es una lesión frecuente en la danza y hay una evidencia escasa sobre los protocolos de tratamiento de forma conservadora. Por tanto, se recomienda revisar la movilidad de cadera y de la articulación subastragalina.
Barrios J.A 2016	36 mujeres 18-35 años  Patología: Genu valgo	Diseño del estudio: Caso control.  Objetivos: Evaluar el movimiento de la cadera y la rodilla asociadas con un valgo dinámico en mujeres sanas con o sin genu valgo.	Grupo normal (n=18) Grupo genu valgo (n=18)	La alineación de rodilla se midió mediante un inclinómetro digital. La fuerza de abductores de cadera se examinó mediante un dinamómetro manual. Las actividades de marcha, carrera y single leg drop	Se encontraron diferencias significativas entre grupos. En el grupo genu valgo demostró una flexión de cadera disminuida, una aducción de cadera y una abducción de rodilla aumentada. Además, durante las actividades de marcha, carrera y SLDL mostraron un aumento de la rotación externa de

				landing (SLDL) se midieron mediante 8 cámaras para capturar el movimiento a 150 Hz y una plataforma.	rodilla.
Chen T.L.W. 2019	1 hombre 29 años 65 kg 170 cm  Patología: Nada	Diseño del estudio: Estudio piloto.  Objetivos: Establecer un modelo de pie para simulaciones dinámicas; simular una carrera con impacto de antepié y retropié; comparar la deformación del arco plantar y la carga en los tejidos conectivos entre ambos tipos de impacto.	Un único grupo de intervención (n=1)	8 cámaras para capturar el movimiento y 4 plataformas de fuerza. El sujeto corrió descalzo a 10 km/h con un impacto de retropié y antepié.	Los plantiflexores de tobillo se activaron más con el apoyo de antepié, mientras que los dorsiflexores reducían su activación. Además, el apoyo de antepié provoca la rotación interna de la tibia y la supinación.

Fortington L.V 2015	70 jugadores  Patología: Nada	Diseño del estudio: Observacional.  Objetivos: Obtener los beneficios de un programa de prevención de lesiones.	Grupo intervención (n=70)	Se creó un programa de ejercicios llamado <i>FootyFirst</i> que se basaba en una parte de 12 ejercicios de calentamiento y otra de fuerza, acondicionami ento y técnica. Para valorar la actuación de los jugadores se creó <i>FootyFirst Observational Tool</i> .	Se consiguió una adherencia al ejercicio del 87% de los jugadores, de los cuales el 67% realizaron bien los ejercicios. Esta adherencia resulta beneficiosa a la hora de prevenir lesiones y por ello, puede ser interesante la creación de una lista para vigilar el cumplimiento del programa.
------------------------	-------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 1. Tabla de resultados, elaboración propia.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Wright, W. G., Ivanenko, Y. P., & Gurfinkel, V. S. Foot anatomy specialization for postural sensation and control. *Journal of Neurophysiology*. 2012;107(5), 1513–1521.
2. Birinci, T., & Demirbas, S. B. Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2017;51(3),233–237.
3. Bartels, T., Brehme, K., Pyschik, M., Pollak, R., Schaffrath, N., Schulze, S., et al. Postural stability and regulation before and after anterior cruciate ligament reconstruction – A two years longitudinal study. *Physical Therapy in Sport*. 2019;38, 49–58.
4. Fukano, M., & Fukubayashi, T. Gender-based differences in the functional deformation of the foot longitudinal arch. *Foot*. 2012;22(1), 6–9.
5. Nagano, K., Okuyama, R., Taniguchi, N., & Yoshida, T. Gender difference in factors affecting the medial longitudinal arch height of the foot in healthy young adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018;30(5), 675–679.
6. Stickler, L., Finley, M., & Gulgin, H. Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Physical Therapy in Sport*. 2015;16(1), 66–71.
7. Villaquirán, A. F., Rivera, D. M., Portilla, E. F., & Jácome, S. J. Vastus lateralis and medialis muscular activation during frontal and sagittal single-leg jumps in sportswomen. *Biomedica*. 2020;40(1), 43–54.
8. De Ste Croix, M., Hughes, J., Ayala, F., Taylor, L., & Datson, N. Efficacy of Injury Prevention Training Is Greater for High-Risk vs Low-Risk Elite Female Youth Soccer Players. *American Journal of Sports Medicine*. 2018;46(13), 3271–3280.
9. Numata, H., Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Takata, Y., et al. Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Feb;26(2):442-447.

10. Fidai, M. S., Okoroha, K. R., Meldau, J., Meta, F., Lizzio, V. A., Borowsky, P., et al. Fatigue Increases Dynamic Knee Valgus in Youth Athletes: Results From a Field-Based Drop-Jump Test. *Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2020;36(1), 214-222.e2.
11. Lundblad, M., Häggglund, M., Thomeé, C., Hamrin Senorski, E., Ekstrand, J., Karlsson, J., & Waldén, M. Medial collateral ligament injuries of the knee in male professional football players: a prospective three-season study of 130 cases from the UEFA Elite Club Injury Study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27(11), 3692–3698.
12. Bollier, M., & Smith, P. A. Anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries. *The Journal of Knee Surgery*. 2014 Oct 1;27(5):359-68.
13. Wyndow, N., De Jong, A., Rial, K., Tucker, K., Collins, N., Vicenzino, B., et al. The relationship of foot and ankle mobility to the frontal plane projection angle in asymptomatic adults. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2016;9(1).
14. Kirby, K. A. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Revista Española de Podología*. 2017;28(1), 37–45.
15. Yamauchi, J., & Koyama, K. Force-generating capacity of the toe flexor muscles and dynamic function of the foot arch in upright standing. *Journal of Anatomy*. 2019;234(4), 515–522.
16. Péter, A., Hegyi, A., Stenroth, L., Finni, T., & Cronin, N. J. EMG and force production of the flexor hallucis longus muscle in isometric plantarflexion and the push-off phase of walking. *Journal of Biomechanics*. 2015;48(12), 3413–3419.
17. Yamauchi, J., & Koyama, K. Relation between the ankle joint angle and the maximum isometric force of the toe flexor muscles. *Journal of Biomechanics*. 2019;85, 1–5.
18. Angin, S., Crofts, G., Mickle, K. J., & Nester, C. J. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait and Posture*. 2014;40(1), 48–52.
19. Rungprai, C., Tennant, J. N., & Phisitkul, P. Disorders of the Flexor Hallucis Longus and Os Trigonum. *Clinics in Sports Medicine*. 2015 Oct 1;34(4):741-59.

20. Cavalleiro, C. S., Arcuri, M. H., Guil, V. R., & Gali, J. C. Hallux valgus anatomical alterations and its correlation with the radiographic findings. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2020;28(1), 12–15.
21. Yan, Z., & Spaulding, H. R. Extracellular superoxide dismutase, a molecular transducer of health benefits of exercise. *Redox Biology*. 2020 May 1;32:101508.
22. Sancho, I., Morrissey, D., Willy, R. W., Barton, C., & Malliaras, P. Education and exercise supplemented by a pain-guided hopping intervention for male recreational runners with midportion Achilles tendinopathy: A single cohort feasibility study. *Physical Therapy in Sport*. 2019;40, 107–116.
23. De la Cruz-Torres, B., Barrera-García-Martín, I., & Albornoz-Cabello, M. Immediate effects of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation versus physical exercise on performance of the flexor hallucis longus muscle in professional dancers: a randomised clinical trial. *Acupuncture in Medicine*. 2019;37(2), 91–97.
24. Soares, S. F. C., Koch, D. B., & Mochizuki, L. Avaliação da musculatura flexora dos artelhos de idosos institucionalizados e comunitários: aspectos biomecânicos, mobilidade e quedas. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2018;25(1), 82–87.
25. Wentzell, M. Conservative management of a chronic recurrent flexor hallucis longus stenosing tenosynovitis in a pre-professional ballet dancer: A case report. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*. 2018;62(2), 111–116.
26. Barrios, J. A., Heitkamp, C. A., Smith, B. P., Sturgeon, M. M., Suckow, D. W., & Sutton, C. R. Three-dimensional hip and knee kinematics during walking, running, and single-limb drop landing in females with and without genu valgum. *Clinical Biomechanics*. 2016;31, 7–11.
27. Chen, T. L. W., Wong, D. W. C., Wang, Y., Lin, J., & Zhang, M. Foot arch deformation and plantar fascia loading during running with rearfoot strike and forefoot strike: A dynamic finite element analysis. *Journal of Biomechanics*. 2019;83, 260–272.
28. Fortington, L. V., Donaldson, A., Lathlean, T., Young, W. B., Gabbe, B. J., Lloyd, D., et al. When “just doing it” is not enough: Assessing the fidelity of player performance of an

injury prevention exercise program. *Journal of Science and Medicine in Sport*.  
2015;18(3), 272–277.

