



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

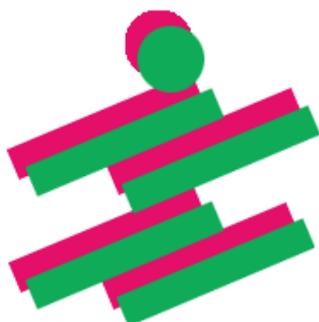
# TRABAJO DE FIN DE GRADO

## GRADO EN FISIOTERAPIA

### **Relación entre la hiperpronación del pie y el desarrollo de disfunciones en el complejo lumbopélvico. Una revisión bibliográfica**

Relationship between foot hyperpronation and the development of dysfunctions in the lumbopelvic complex. A literature review

Relación entre a hiperpronación do pé e o desenvolvemento de disfuncións no complexo lumbopélvico. Unha revisión bibliográfica



Facultade de Fisioterapia

**Estudiante:** D. Daniel Varela Gutiérrez

**Directora:** Profa. Alba Pose Gontad

**Convocatoria:** Septiembre 2021

## ÍNDICE

1. Resumen	6
1. Abstract	7
1. Resumen	8
2. Introducción	9
2.1 Tipo de trabajo	9
2.2 Motivación personal	9
3. Contextualización	10
3.1 Antecedentes	10
3.1.1 Recuerdo anatómico de la articulación subastragalina	10
3.1.2 Equilibrio rotacional de la ASA	11
3.1.3 Función de la ASA en la marcha	12
3.1.4 La pronación e hiperpronación de la ASA	13
3.1.5 Relación entre hiperpronación y el complejo lumbopélvico	13
3.2 Justificación del trabajo	15
4. Objetivos	16
4.1 Pregunta de investigación	16
4.2 Objetivos	16
4.2.1 General	16
4.2.2 Específicos	16
5. Metodología	18
5.1 Fecha y bases de datos	18
5.2 Criterios de selección	18
5.3 Estrategia de búsqueda	20
5.4 Gestión de la bibliografía localizada	23
5.5 Selección de artículos	23
5.6 Variables de estudio	24
5.7 Niveles de evidencia y grados de recomendación	25

6. Resultados	27
6.1 Características de los estudios analizados	27
6.2 Resultados de los estudios	40
6.2.1 Estudios de cohortes	40
6.2.1.1 Análisis de variables	40
6.2.2 Revisión sistemática	45
7. Discusión	46
7.1 Diagnóstico de hiperpronación	46
7.2 Metodología	47
7.3 Variables	48
7.3.1 Dolor lumbar	49
7.3.2 Marcha	49
7.3.3 Fuerza muscular	51
7.3.4 Relación entre hiperpronación y complejo lumbopélvico	51
7.4 Limitaciones del trabajo y líneas de futuras investigaciones	51
8. Conclusiones	53
9. Bibliografía	54
10. Anexos	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Pregunta PICO	16
Tabla II. Estrategia de búsqueda	21
Tabla III. Síntesis de las variables del estudio	25
Tabla IV. Nivel de evidencia y grado de recomendación	25
Tabla V. Características de los estudios analizados	28
Tabla VI. Artículos incluidos	57
Tabla VII. Artículos excluidos	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Anatomía de la ASA	10
Figura 2. Desviaciones del eje de la ASA	12
Figura 3. Diagrama de flujo	24
Figura 4. Frado de recomendación del CEBM	58
Figura 5. Nivel de evidencia	59
Figura 6. Foot Posture Index 6 Items	59
Figura 7. Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire	60
Figura 8. Escala Visual Analógica	61
Figura 9. Resting Calcaneal Stance Position	61
Figura 10. Navicular Drop Test	62
Figura 11. Cuestionario de Roland-Morris	63

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

<b>ABD</b>	Abducción
<b>ASA</b>	Articulación Subastragalina
<b>BF</b>	Bíceps femoral
<b>CEBM</b>	Centre for Evidence-Based Medicine
<b>CEI</b>	Comité de ética de la investigación
<b>CEIC</b>	Comité Ético de Investigación Clínica
<b>CPEI</b>	Excursión del Centro de Presiones
<b>RCSP</b>	Resting Calcaneal Stance Position
<b>DER</b>	Derecha
<b>DS1</b>	Doble apoyo inicial
<b>DS2</b>	Segundo doble apoyo

<b>EMG</b>	Electromiografía
<b>EO</b>	Oblicuo externo
<b>ES<sub>L3</sub></b>	Erector espinal de L3
<b>EVA</b>	Escala Visual Analógica
<b>FN</b>	Pie neutro
<b>FP</b>	Pie con hiperpronación
<b>FPI-6</b>	6 Items Foot Posture Index
<b>Fx<sub>HC</sub></b>	Fuerza de contacto del talón en el eje latero-medial
<b>Fx<sub>MS</sub></b>	Fuerza de reacción en el apoyo medio en el eje latero-medial
<b>Fx<sub>PO</sub></b>	Fuerza de empuje en el eje latero-medial
<b>Fy<sub>PO</sub></b>	Fuerza de empuje en el eje antero-posterior
<b>Fz<sub>HC</sub></b>	Fuerza en el contacto del talón en el eje vertical
<b>Gast-M</b>	Gastrocnemio medial
<b>Glut-M</b>	Glúteo medio
<b>GR</b>	Grado de recomendación
<b>GRF</b>	Fuerzas de reacción del suelo
<b>IMC</b>	Índice de Masa Corporal
<b>IO</b>	Oblicuo interno
<b>IZQ</b>	Izquierda
<b>LBP</b>	Dolor lumbar

<b>MMII</b>	Miembros inferiores
<b>MOLBPQ</b>	Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire
<b>NDT</b>	Navicular Drop Test
<b>NE</b>	Nivel de evidencia
<b>PCA</b>	Principal Components Analysis
<b>PICO</b>	Paciente, Intervención, Comparación, Resultado (Outcome)
<b>RA</b>	Recto abdominal
<b>RE</b>	Rotación externa
<b>ROM</b>	Rango de Movimiento Articular
<b>SLS</b>	Apoyo monopodal
<b>SPSS</b>	Statistical Package for Social Sciences
<b>TA</b>	Tibial anterior
<b>TTP</b>	Tiempo para alcanzar el pico (Time to Peak)
<b>UDC</b>	Universidade da Coruña
<b>VL</b>	Vasto lateral

## 1. RESUMEN

### Introducción

La hiperpronación del pie es una de las alteraciones más frecuentes en el pie, lo que provoca un gran número de disfunciones en este nivel, sin embargo, dado al papel que ejerce el pie entre el suelo y el resto del cuerpo se sospecha que la hiperpronación podría tener consecuencias en estructuras suprayacentes de todo el miembro inferior o la región lumbopélvica.

### Objetivo

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión de la literatura existente con el fin de comprobar si existe una relación entre la hiperpronación del pie y el desarrollo de disfunciones en la región lumbopélvica.

### Material y método

Este trabajo es una revisión bibliográfica, formada por 10 artículos. La búsqueda se realizó en Marzo de 2021 en las siguientes bases de datos: PubMed, Cochrane, Scopus, SPORTDiscus y Web of Science. Se incluyeron ensayos clínicos, ensayos clínicos controlados, ensayos clínicos aleatorizados, revisiones, revisiones sistemáticas, y estudios observacionales en inglés, español y portugués publicados entre 2013 y 2021.

### Resultados

Se analizaron un total de 10 artículos; de los cuales 9 fueron estudios de cohortes y una revisión sistemática de estudios de cohortes previos. Las variables analizadas en los diferentes estudios fueron la función del pie, el dolor lumbar, la actividad y fuerza muscular, la amplitud de movimiento articular y las fuerzas de reacción del suelo.

### Conclusiones

Se han encontrado resultados diferentes en las distintas variables analizadas. A la vista de los resultados no se puede afirmar que exista una relación directa entre la hiperpronación del pie y el desarrollo de dolor lumbar, sin embargo, si se han encontrado evidencias de que podría influir en el rango de movimiento articular, la actividad y fuerza muscular de la región lumbopélvica, así como en las fuerzas de reacción del suelo generadas durante la marcha.

### Palabras clave

Hiperpronación, articulación subastragalina, complejo lumbopélvico y dolor lumbar.

## 1. ABSTRACT

### **Background**

Hyperpronation of the foot is one of the most frequent alterations in the foot, which causes many dysfunctions at this level, however, given the role of the foot between the ground and the rest of the body, it is suspected that hyperpronation could have consequences in overlying structures of the entire lower limb or the lumbopelvic region.

### **Objective**

The aim of this work is to review the existing literature to check if there is a relationship between foot hyperpronation and the development of dysfunctions in the lumbopelvic region.

### **Methods**

This work is a literature review, consisting of 10 articles. The search was conducted in March 2021 in the following databases: PubMed, Cochrane, Scopus, SPORTDiscus and Web of Science. Clinical trials, controlled clinical trials, randomized clinical trials, reviews, systematic reviews, and observational studies in English, Spanish, and Portuguese published between 2013 and 2021 were included.

### **Outcomes**

A total of 10 articles were analyzed; of which 9 were cohort studies and one was a systematic review of previous cohort studies. The variables analyzed in the different studies were foot function, low back pain, muscle activity and strength, joint range of motion and ground reaction forces.

### **Conclusions**

Different results have been found for the different variables analyzed. In view of the results, it cannot be affirmed that there is a direct relationship between hyperpronation of the foot and the development of low back pain; however, evidence has been found that it could influence the range of joint movement, the activity and muscle strength of the lumbopelvic region, as well as the ground reaction forces generated during gait.

### **Keywords**

Hyperpronation, subtalar joint, lumbopelvic complex and low back pain.

## 1. RESUMO

### Introdución

A hiperpronación do pé é unha das alteracións máis frecuentes no pé, o que provoca un gran número de disfuncións neste nivel, con todo, dado ao papel que exerce o pé entre o chan e o resto do corpo sospéitase que a hiperpronación podería ter consecuencias en estruturas suprayacentes de todo o membro inferior ou a rexión lumbopélvica.

### Obxectivo

O obxectivo deste traballo é realizar unha revisión da literatura existente co fin de comprobar se existe unha relación entre a hiperpronación do pé e o desenvolvemento de disfuncións na rexión lumbopélvica.

### Material e método

Este traballo é unha revisión bibliográfica, formada por 10 artigos. A procura realizouse en marzo de 2021 nas seguintes bases de datos: PubMed, Cochrane, Scopus, SPORTDiscus e Web of Science. Incluíronse ensaios clínicos, ensaios clínicos controlados, ensaios clínicos aleatorizados, revisións, revisións sistemáticas, e estudos observacionais en inglés, español e portugués publicados entre 2013 e 2021.

### Resultados

Analizáronse un total de 10 artigos; dos cales 9 foron estudos de cohortes e unha revisión sistemática de estudos de cohortes previos. As variables analizadas nos diferentes estudos foron a función do pé, a dor lumbar, a actividade e forza muscular, a amplitude de movemento articular e as forzas de reacción do chan.

### Conclusións

Atopáronse resultados diferentes nas distintas variables analizadas. Á vista dos resultados non se pode afirmar que exista unha relación directa entre a hiperpronación do pé e o desenvolvemento de dor lumbar, con todo, atopáronse evidencias de que podería influír no rango de movemento articular, a actividade e forza muscular da rexión lumbopélvica, así como nas forzas de reacción do chan xeradas durante a marcha.

### Palabras chave

Hiperpronación, articulación subastragalina, complexo lumbopélvico e dor lumbar.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 TIPO DE TRABAJO

El tipo de trabajo seleccionado es la revisión bibliográfica, con método sistemático, de la literatura acerca de la posible relación causal de la hiperpronación del pie con las disfunciones del complejo lumbopélvico.

La revisión sistemática es un tipo de investigación científica que tiene como propósito integrar de forma objetiva y metódica los resultados de los estudios empíricos sobre un determinado problema de investigación.<sup>1</sup> De esta forma se recopila en un único texto la información de mayor importancia con el objetivo de sacar conclusiones sobre la pregunta de investigación planteada, en este caso, comprobar si realmente hay evidencia de la relación causal de la aparición de disfunciones en la región lumbopélvica derivado de la hiperpronación del pie.

### 2.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

Durante toda mi vida he estado íntimamente ligado al deporte, teniendo que detener temporalmente mi actividad deportiva en numerosas ocasiones a causa de diferentes lesiones. Muchas de ellas se han debido a la alteración de la estática y dinámica de mi pie, ya que con poca edad fui diagnosticado de pie plano y durante varios años de mi infancia he convivido con ortesis plantares para corregir esta alteración. Por otro lado, también he tenido dolor lumbar no específico que me ha acompañado de forma intermitente. Por todo ello, mi vida deportiva ha estado ligada a la fisioterapia y a la podología.

Al entrar al grado de Fisioterapia, la parte de las materias que tenían relación con la valoración o terapéutica del complejo tobillo-pie siempre me han interesado especialmente. Finalmente, la asignatura de "Fisioterapia en las Afecciones Podológicas" ha impulsado mis ganas de ampliar mis conocimientos en este campo, para lo cual, el tipo de trabajo más indicado era la revisión de la literatura y la selección del tema se debe a la gran prevalencia tanto de la hiperpronación del pie como de dolor lumbar entre otras disfunciones que afectan tanto a la región lumbar como a la pelvis.

## 3. CONTEXTUALIZACIÓN

### 3.1 ANTECEDENTES

#### 3.1.1 Recuerdo anatómico de la articulación subastragalina

La articulación subastragalina (ASA) está formada, anatómicamente, por tres carillas articulares entre el astrágalo y el calcáneo, una anterior, una media y una posterior. Las carillas anteriores y media del astrágalo son convexas y se articulan con carillas cóncavas del calcáneo, mientras que la carilla posterior del astrágalo es cóncava y se articula con una carilla convexa del calcáneo. Es por esto que las carillas anteriores y media, pese a tener cápsulas sinoviales independientes se comportan como una única articulación, por lo que las ASA estaría dividida en dos partes, la parte anterior y la parte posterior.<sup>2</sup>

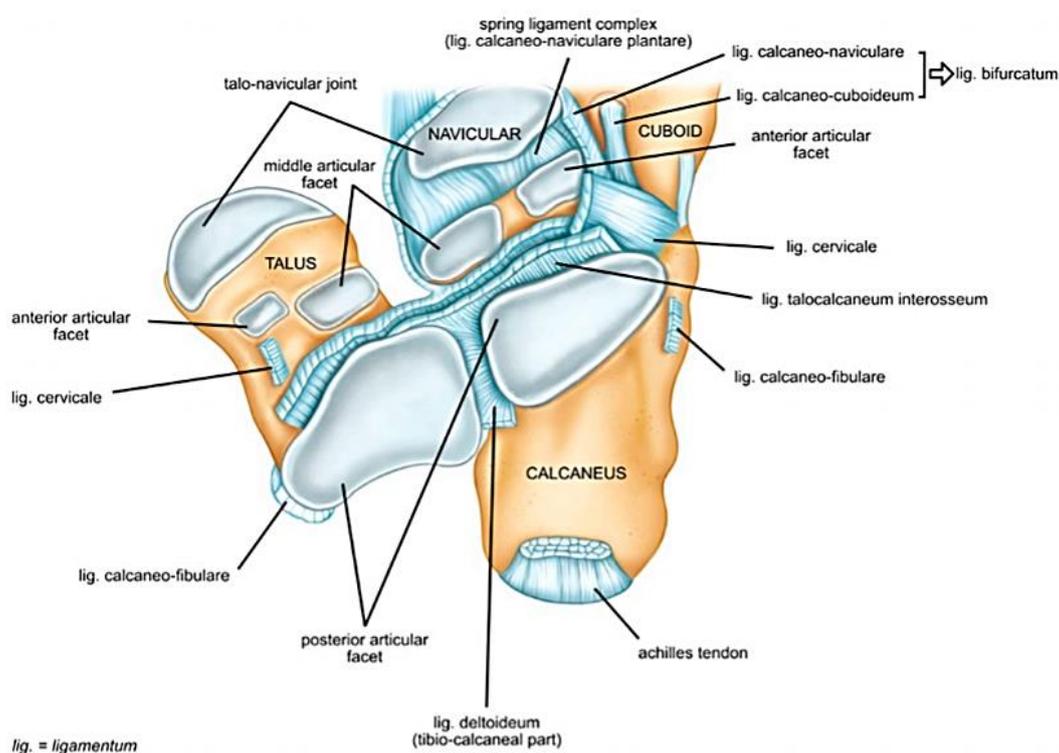


Figura 1. Anatomía de la ASA. Visión craneal del complejo tobillo-pie en la que se observan las 3 carillas articulares de la articulación subastragalina entre el astrágalo y el calcáneo. Reproducido de: Krähenbühl N, Horn-Lang T, Hintermann B, Knupp M. The subtalar joint: A complex mechanism. EFORT Open Rev. julio de 2017;2(7):309-16.<sup>2</sup>

El eje de movimiento de la ASA, conocido como eje de Henke, es complejo de describir, ya que no se encuentra dentro de los planos y de movimiento tradicionales; en el plano sagital se encuentra inclinado unos 42° aproximadamente, mientras que en el plano transversal tiene una desviación medial de 23° con relación al eje longitudinal del pie. No obstante, existe una gran variabilidad en la literatura en cuanto a la descripción del eje de movimiento de la ASA.<sup>2</sup> Además, la capacidad de movimiento de la ASA viene dada por la rotación o traslación de una superficie articular sobre otra e incluso como una combinación de las dos anteriores. Esto se debe a la disposición de la carilla posterior cóncava del astrágalo que se articula sobre la carilla convexa del calcáneo.<sup>2</sup>

Clínicamente, el movimiento de la ASA está clasificado como pronación y supinación. Se trata de movimientos triplanares; la pronación se desglosa en flexión dorsal, abducción y eversión, mientras que la supinación combina la flexión plantar, la aducción y la inversión.<sup>2</sup> Si este movimiento se produce en carga, es decir, en cadena cinética cerrada, la pronación de la ASA provocará una eversión del calcáneo, aducción y flexión del astrágalo y una rotación interna tibial, mientras que si se produce una supinación, el calcáneo se va a eversión, el astrágalo hará una abducción y flexión dorsal y por último, la tibia rotará externamente.<sup>3</sup>

Existen numerosas alteraciones estructurales que pueden alterar la posición normal de la ASA, provocando desviación medial o lateral del eje de Henke.<sup>4</sup> La desviación medial del eje se debe a la caída del astrágalo hacia la aducción y flexión plantar, mientras que, si cae hacia abducción y flexión dorsal, el eje se lateraliza. Estas desviaciones van a provocar una alteración en los momentos supinadores y pronadores de la ASA, ya que se van a modificar las fuerzas extrínsecas e intrínsecas.<sup>4</sup>

### **3.1.2 Equilibrio rotacional de la ASA**

La posición del eje de la ASA condiciona la propia movilidad de la articulación y la capacidad de activación muscular para generar movimiento, ya que las palancas musculares se ven alteradas.<sup>3</sup> Por ejemplo, si el eje de Henke se desvía hacia medial, la distancia entre el astrágalo y escafoides será menor ya que se aproxima al tubérculo del escafoides. Este tubérculo es la inserción del principal supinador del tobillo, el tibial posterior, de manera que, al disminuir la palanca, necesitamos más fuerza para producir un movimiento. En estos casos

hay que buscar un músculo que pueda suplir o asistir a este músculo, en este caso es el glúteo medio, ya que es rotador externo de la cadera de manera que es supinador del tobillo.<sup>3</sup>

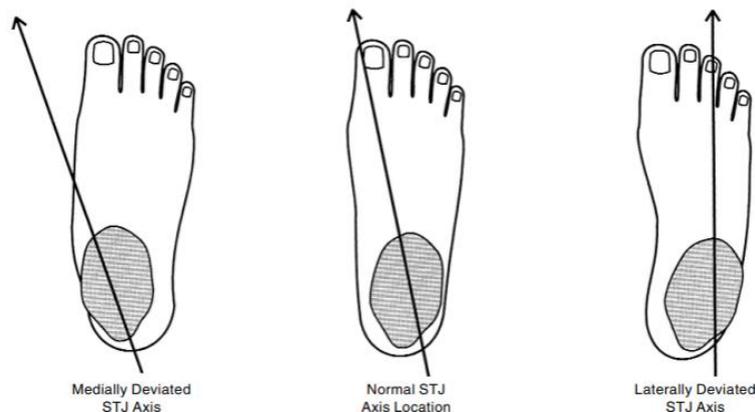


Figura 2. Desviaciones del eje de la ASA. Vista craneal del pie en el que se observa la alineación neutra del eje de movimiento de la ASA (centro), la desviación medial del eje (izquierda) y la desviación lateral del eje (derecha). Reproducido de: Kirby KA. Biomechanics of the normal and abnormal foot. J Am Podiatr Med Assoc. enero de 2000;90(1):30-4.<sup>4</sup>

Una desviación medial del eje de la ASA va a provocar durante actividades en carga un aumento de los momentos pronadores y una disminución de los momentos supinadores que actúan sobre el eje de la ASA. En caso de una desviación lateral provocará un aumento de los momentos supinadores y disminución de los momentos pronadores.<sup>4</sup>

### 3.1.3 Función de la ASA en la marcha

La marcha se divide en dos fases, una de apoyo y otra de oscilación. La fase de apoyo ocupa un 62% del ciclo de la marcha, mientras que la fase de oscilación es responsable del 38% restante. El ciclo de la marcha se inicia con el comienzo de la fase de apoyo de un pie y finaliza cuando ese mismo pie realiza la fase de apoyo y de oscilación y vuelve a contactar con el suelo<sup>5</sup>. La fase de apoyo es la única con relevancia para este estudio, ya que es en la que la ASA se ve involucrada, ésta se divide a su vez en el periodo de contacto, el periodo de apoyo total y el periodo de propulsión.<sup>6</sup>

El período de contacto de la fase de apoyo de la marcha comienza con el choque del talón con el suelo. En esta fase, desde el momento de contacto del talón con el suelo, la ASA pronada

en condiciones normales y se produce principalmente por la rotación interna de la pierna producida por la flexión dorsal en carga, consecuente del traslado hacia anterior del peso corporal. Cuando finaliza este período, la ASA deja de pronar y comienza a supinar por la acción del tibial anterior y en menor medida de otros músculos de la pantorrilla y se prolonga durante el resto de la fase de apoyo.<sup>6</sup>

El período de apoyo total de la fase de apoyo comienza tras producirse el despegue digital del pie contralateral. Durante esta fase, la ASA continúa la supinación que se inicia en el período de contacto para obtener una palanca rígida que permita una óptima propulsión. Esta supinación es consecuencia principalmente de los músculos supinadores de la pantorrilla y de la rotación externa de la pierna.<sup>6</sup>

El período propulsivo de la fase de apoyo comienza con la elevación del talón y termina con el despegue digital. En esta fase continúa la supinación a nivel de la subastragalina; sin embargo, instantes antes del despegue digital, se produce una ligera pronación, ya que las cargas corporales se desplazan medialmente como proceso de desplazar el peso al pie contralateral que se encontraría finalizando el período de contacto de la fase de apoyo.<sup>6</sup>

#### **3.1.4 La pronación e hiperpronación de la ASA**

La pronación es un movimiento fisiológico y necesario que se produce en la ASA, que tiene como finalidad amortiguar el impacto en la fase de contacto de la marcha y además le permite al pie adaptarse de una forma más eficiente a las irregularidades del terreno.<sup>7</sup> Se caracteriza por una disminución en la altura del arco longitudinal interno del pie con tendencia a la caída hacia medial.<sup>3</sup>

Se llama hiperpronación cuando este movimiento está aumentado. Esto provoca que las articulaciones adyacentes, así como las estructuras musculares próximas a la ASA compensen el exceso de movimiento de la articulación subastragalina para no perder estabilidad durante la fase de apoyo de la marcha.<sup>8</sup>

#### **3.1.5 Relación entre la pronación y el complejo lumbopélvico**

Durante la marcha, la principal función de las extremidades inferiores es proporcionar al cuerpo el movimiento que provoca la aceleración lineal necesaria para el desplazamiento. Esta aceleración se consigue mediante la combinación de rotaciones en el plano sagital y transversal, existiendo también un ligero balanceo en el plano frontal que se produce con el traslado de peso de una extremidad a otra. Para que la marcha se desarrolle con normalidad

existen 6 elementos determinantes que son: rotación pélvica, báscula pélvica, desplazamiento lateral de la pelvis, flexión de cadera, flexión de rodilla y los mecanismos de interacción rodilla-pie.<sup>6</sup>

Como se comentó anteriormente, cuando comienza la fase de contacto, la ASA se encuentra supinada y comienza a pronar. Al producirse en carga, la tibia se ve arrastrada y rota internamente durante toda la fase de contacto, mucho más rápido que el muslo, por lo que se produce la rotación interna de la rodilla. El muslo también rota internamente, aunque significativamente más despacio que la tibia, pero mucho más rápido que la pelvis, y gracias a esta diferencia en la velocidad de rotación se produce la rotación interna de la articulación coxofemoral. A nivel pélvico, el movimiento de la pelvis va a influir en la carga que recibe el complejo tobillo-pie, donde se ubica el peso corporal; y viceversa, el movimiento del tobillo-pie influye en la carga que recibe la pelvis, es decir, sobre qué punto inciden las fuerzas de reacción en el suelo. Se observa por lo tanto que, toda la extremidad inferior se coordina para permitir una marcha adecuada.<sup>6</sup>

Durante la marcha, se produce una cadena de movimiento que implica a todo el miembro inferior. El pie actúa como conexión entre el suelo y el resto del cuerpo, el cual se ve sumamente y de forma repetitiva estresado durante la marcha, lo que lo hace susceptible de sufrir lesiones o disfunciones a este nivel.<sup>9</sup>

Entre las mecánicas atípicas del pie, la hiperpronación atrae una gran atención clínica debido a su alta incidencia. La disfunción de la articulación subastragalina como consecuencia de la hiperpronación altera la biomecánica normal del complejo tobillo-pie durante la fase de apoyo de la marcha. Tradicionalmente se cree que los cambios biomecánicos debidos a la hiperpronación pueden estar asociados a lesiones por estrés repetitivo o sobreuso de las extremidades inferiores, como resultado de la alteración de la distribución de la fuerza y de los patrones cinemáticos anormales.<sup>10</sup>

En una cadena cinética cerrada, la hiperpronación del pie se asocia con el aumento de la rotación interna de la tibia y del fémur. En consecuencia, se produce un aumento de la anteversión pélvica y una hiperlordosis lumbar. El mantenimiento de una pronación excesiva del pie durante las actividades de soporte de peso genera tensiones de rotación interna en la

extremidad inferior, lo que puede cambiar los patrones de movimiento y el equilibrio muscular en las articulaciones proximales.<sup>11</sup>

Además, se ha demostrado que, en la población normal, la hiperpronación bilateral y unilateral inducida por una cuña puede propagar potencialmente cambios cinemáticos al segmento de la pelvis, generando una inclinación pélvica anterior y lateral, respectivamente. Se cree que una desviación anterior o lateral anormal del segmento pélvico puede conducir a una hiperlordosis o escoliosis lumbar, dando lugar a una disfunción y dolor lumbar.<sup>10</sup>

Se ha demostrado también que, las alteraciones en la alineación de la cintura pélvica dan lugar a una anteversión, que posteriormente conduce a un aumento de la lordosis lumbar. Este aumento del estado de la lordosis lumbar podría dar lugar a un riesgo de desarrollar disfunciones en la zona lumbopélvica.<sup>9</sup>

### **3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

La bibliografía existente acerca de la relación de la hiperpronación del pie y las disfunciones del complejo lumbopélvico es mínima y no está actualizada. Existe literatura acerca de la corrección del exceso de pronación y su eficacia, así como su relación con patologías de rodilla como es el síndrome de dolor femoropatelar o su relación con la cintilla iliotibial.<sup>12</sup> Además, se ha observado que el exceso pronación del pie es una alteración biomecánica muy frecuente en la población, pero al no existir consenso en los criterios diagnósticos, es complicado objetivar la incidencia de esta disfunción. La bibliografía encontrada aproxima que la población que presenta hiperpronación del pie se encuentra entre un 10% y un 20%, afectando principalmente a mujeres de mediana edad.<sup>13</sup>

Es por esto por lo que es necesario recopilar la información existente recientemente publicada que permita comprobar si la alteración en la pronación del pie tiene relación con disfunciones a nivel lumbopélvico como; por ejemplo, el dolor lumbar, que es una de las disfunciones más frecuentes en la población, ya que se estima que un 80% de la población española la ha padecido en algún momento de su vida.<sup>12</sup>

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Para responder a la pregunta de investigación planeada, utilizaremos la estructura **PICO**, descrita por el doctor Mark Ebell, en la cual se diferencian cuatro apartados que deben ser recogidos para lograr formular la pregunta de forma correcta (**P**atient, **I**ntervention, **C**omparasion, **O**utcome).

Tras la revisión de la bibliografía publicada, se pretende comprobar la influencia que tiene la hiperpronación del pie sobre el complejo lumbopélvico, ya sea relacionándola con la presencia de dolor lumbar, activación o fuerza muscular, alteración biomecánica, el rango de movimiento articular o la fuerza de reacción del suelo generada. La finalidad del estudio es comprobar si se debe tener en cuenta la función del pie, en cuanto a pronación, a la hora de abordar disfunciones en el complejo lumbopélvico.

A continuación, en la Tabla I, se muestran los diferentes componentes de la pregunta de investigación según los criterios PICO.

Paciente	Intervención	Comparación	Resultado
Sujetos de 18 a 65 años	Hiperpronación del pie	Sujetos sin hiperpronación	Disfunciones en el complejo lumbopélvico

La pregunta de investigación resultante sería: ¿Cuál es la influencia de la hiperpronación del pie en las diferentes estructuras del complejo lumbopélvico?

### 4.2 OBJETIVOS

#### 4.2.1 General

- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie y el complejo lumbopélvico.

#### 4.2.2 Específicos

- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie y el dolor lumbar.
- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie y la actividad muscular del complejo lumbopélvico.

- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie y la fuerza muscular generada por la musculatura del complejo lumbopélvico.
- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie y las alteraciones biomecánicas y del rango articular del miembro inferior y complejo lumbopélvico.
- Comprobar la relación entre la hiperpronación del pie con las fuerzas de reacción del suelo generadas.
- Comprobar la necesidad de valorar la hiperpronación a la hora de abordar disfunciones del complejo lumbopélvico.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Para la obtención de la información necesaria para dar respuesta a la pregunta de investigación que se plantea en esta revisión de la bibliografía se realizó una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos de ámbito sanitario:

- PubMed.
- Cochrane.
- Scopus
- SPORTDiscus
- Web of Science.

La búsqueda se realizó en Marzo de 2021.

### 5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Se seleccionaron los artículos que cumplen con los siguientes criterios de inclusión y serán descartados los que cumplan alguno de los criterios de exclusión:

#### Criterios de inclusión

- Tipo de artículo: ensayos clínicos, ensayos, clínicos controlados, ensayos clínicos aleatorizados, revisiones, revisiones sistemáticas, y estudios observacionales.
- Temática de los estudios: relación entre la hiperpronación del pie con el complejo lumbopélvico.
- Especie: únicamente se seleccionarán estudios en humanos.
- Edad: sólo se analizarán estudios realizados en pacientes mayores de 18 años y menores de 65.

#### Criterios de exclusión

- Estudios duplicados.
- Artículos que no resulten de libre acceso, o aquellos que no sean accesibles a través de los servicios de la biblioteca de la UDC o a través de sistemas legales de petición

de artículos como la red social Researchgate o bien a través de la petición directa del manuscrito a los autores.

- Artículos de opinión o cartas al director.
- Pacientes con ortesis plantares.
- Pacientes con patologías crónicas o presentes en el MMII.
- Estudios con intervenciones quirúrgicas.
- Estudios que prueben la eficacia de alguna técnica de fisioterapia en la pronación de pie sin relacionar la función del pie con el complejo lumbopélvico.

Límites:

- Fecha de publicación: 2013-2021.
- Idioma: español, inglés y portugués.

### **5.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA**

En primer lugar, se realizó una búsqueda para comprobar la existencia de revisiones sistemáticas recientes que pudieran dar respuesta a la pregunta de investigación planteada en las bases de datos PubMed, Cochrane y Web of Science. No se encontró ningún estudio centrado en la misma pregunta de investigación por lo que es pertinente la realización de la presente revisión de la literatura.

Tras comprobar la utilidad de realizar el presente estudio, se realizó una búsqueda avanzada, desarrollando los campos semánticos de los conceptos clave de la pregunta de investigación para obtener publicaciones originales en las bases mencionadas en el apartado 5.1, que puedan dar respuesta a la pregunta planteada. Los detalles de la búsqueda se muestran a continuación en la Tabla II.

Tabla II. Estrategia de búsqueda

Bases de datos	Caja de búsqueda	Filtros utilizados	Resultados	Resultados incluidos
PubMed	("Pronation"[Mesh]) AND ("Foot"[Mesh] OR "Foot Joints"[Mesh] OR "Foot Bones"[Mesh] OR "Foot Injuries"[Mesh] OR "Flatfoot"[Mesh] OR "Tarsal Bones"[Mesh]) AND ("Lumbosacral Region"[Mesh] OR "Low Back Pain"[Mesh] OR "Back Muscles"[Mesh] OR "Back Pain"[Mesh] OR "Back Injuries"[Mesh] OR "Musculoskeletal Pain"[Mesh] OR "Muscle Strength"[Mesh] OR "Pelvis"[Mesh])	Idiomas: Español e Inglés Fecha: 2012-2021	30	6
Cochrane	("Pronation"[Mesh]) AND ("Foot"[Mesh] OR "Foot Joints"[Mesh] OR "Foot Bones"[Mesh] OR "Foot Injuries"[Mesh] OR "Flatfoot"[Mesh] OR "Tarsal Bones"[Mesh]) AND ("Lumbosacral Region"[Mesh] OR "Low Back Pain"[Mesh] OR "Back Muscles"[Mesh] OR "Back Pain"[Mesh] OR "Back Injuries"[Mesh] OR "Musculoskeletal Pain"[Mesh] OR "Muscle Strength"[Mesh] OR "Pelvis"[Mesh])	Idiomas: Español e Inglés Fecha: 2012-2021	5	0
Scopus	TITLE-ABS-KEY("Pronation") AND (TITLE-ABS-KEY("Foot") OR TITLE-ABS-KEY("Foot Joints") OR TITLE-ABS-KEY("Foot Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Foot Injuries") OR TITLE-ABS-KEY("Flatfoot") OR TITLE-ABS-KEY("Tarsal Bones")) AND (TITLE-ABS-KEY("Lumbosacral Region") OR TITLE-ABS-KEY("Low Back Pain") OR TITLE-ABS-KEY("Back Muscles") OR TITLE-ABS-KEY("Back Pain") OR TITLE-ABS-KEY("Back Injuries") OR TITLE-ABS-KEY("Musculoskeletal Pain") OR TITLE-ABS-KEY("Muscle Strength")) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR,2020) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2018) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2016) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2014) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2013) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR,2012) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE,"English" ) OR LIMIT-TO ( LANGUAGE,"Spanish" ) )	Idiomas: Español e Inglés Fecha: 2012-2021	82	2
SPORTDiscus	Pronation AND (Foot OR Foot joints OR Foot bones OR Foot injuries OR Flatfoot OR Tarsal bones) AND (Lumbosacral Region OR Low Back Pain OR Back Muscles OR Back Pain OR Back Injuries OR Musculoskeletal Pain OR Muscle Strength OR Pelvis)	Idiomas: Español e Inglés Fecha: 2012-2021	55	0

<b>Web of Science</b>	((TEMA: (pronation) AND TEMA: ((((((foot OR foot joints) OR foot diseases) OR foot bones) OR foot injuries) OR flatfoot) OR tarsal bones)) AND TEMA: ((((((Lumbosacral Region OR Low Back Pain) OR Back Muscles) OR Back Pain) OR Back Injuries) OR Musculoskeletal Pain) OR Muscle Strength) OR Pelvis))	Idiomas: Español e Inglés Fecha: 2012-2021	159	2
-----------------------	---	--	-----	---

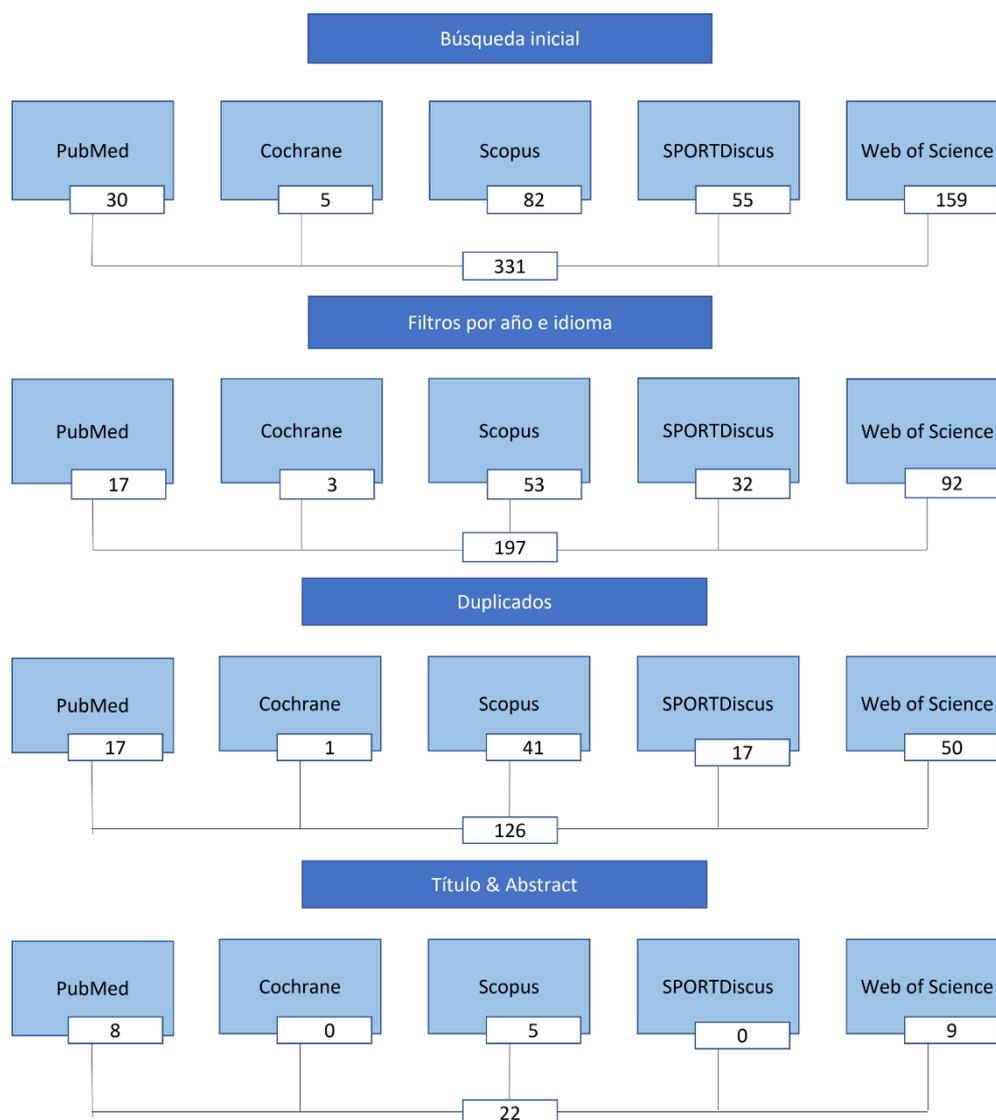
## **5.4 GESTIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA LOCALIZADA**

Tras la realización de la búsqueda, se ha utilizado el gestor bibliográfico Zotero, con el objetivo de incluir las referencias bibliográficas y citas correspondientes. Se ha llevado a cabo la eliminación de las publicaciones duplicadas de forma manual, buscando así minimizar la probabilidad de error. Se establece en el siguiente apartado el diagrama de flujo correspondiente a la búsqueda, con el filtrado de las publicaciones duplicadas.

## **5.5 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS**

En la Figura 3 se representa, en forma de diagrama de flujo, el proceso de filtrado de los resultados obtenidos tras la realización de la búsqueda en cada una de las bases de datos, hasta identificar los estudios establecidos como válidos para responder a nuestra pregunta de investigación.

Figura 3. Diagrama de flujo



De los 22 artículos que se obtuvieron tras el proceso de filtrado, se comprobó manualmente cuales cumplían los criterios de inclusión y exclusión. En los Anexos I y II se muestra el listado de artículos incluidos y excluidos, así como el motivo de exclusión.

## 5.6 VARIABLES DE ESTUDIO

A continuación, en la Tabla III, se muestran las variables principales que fueron analizadas en los distintos estudios seleccionados. La variable principal es la función del pie, en cuanto a pronación, ya que su presencia era obligatoria.

Tabla III. Síntesis de las variables del estudio

Variable	Instrumento de medición	Unidad de medida
Función del pie	Foot Posture Index (FPI-6) (Anexo V), Navicular Drop Test (NDT) (Anexo IX), Resting Calcaneal Stance Position (RCSP) (Anexo VIII), Single Heel Raise Test, Excursión del centro de presiones (CPEI)	Puntuación objetiva, milímetros (mm), Grados (°), Valoración subjetiva, Grados (°)
Dolor lumbar	Escala Visual Analógica (EVA) (Anexo VII), Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (MOLBPQ) (Anexo VI), cuestionario de Roland-Morris (Anexo X)	Puntuación subjetiva
Actividad muscular	Electromiografía (EMG)	Amplitud (V)
Fuerza muscular	Dinamómetro isocinético	Torque (N/m)
Amplitud de movimiento articular (ROM)	Sistema de análisis de movimiento por vídeo	Grados (°)
Fuerza de reacción del suelo (GRF)	Placa de presión	Kg/m <sup>2</sup>

## 5.7 NIVELES DE EVIDENCIA Y GRADOS DE RECOMENDACIÓN

Para evaluar la calidad de los estudios seleccionados se ha utilizado la Escala de Oxford, Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) (Anexo III y IV). Para valorar el nivel de evidencia (NE) buscamos cuál de las preguntas del **Anexo IV** se adapta mejor al estudio valorado, posteriormente, para el grado de recomendación (GR), utilizaremos el **Anexo III**. A continuación, en la **Tabla IV** se muestra el resultado tras comprobar el nivel de evidencia y grado de recomendación de los estudios utilizados para la elaboración de este trabajo.

Tabla IV. NE y GR

Estudio	Nivel de evidencia	Grado de recomendación
Pabón Carrasco et al. (2019) <sup>14</sup>	3	3a
Dodelin et al. (2019) <sup>15</sup>	3	3a
Yazdani et al. (2019) <sup>10</sup>	3	3a
Yazdani et al. (2018) <sup>16</sup>	3	3a
Farahpour et al. (2018) <sup>17</sup>	3	3a
Balasundaram et al. (2017) <sup>9</sup>	3	3a
Zahrn et al. (2017) <sup>11</sup>	3	3a
Farahpour et al. (2016) <sup>18</sup>	3	3a
Khamis et al. (2015) <sup>19</sup>	3	3a
O'Leary et al. (2013) <sup>20</sup>	2	2a

En este trabajo, 9 de los 10 estudios analizados son estudios de cohortes con homogeneidad, ya que son estudios observacionales y analíticos en los que se mide la frecuencia entre la relación de la hiperpronación del pie con alguna disfunción en el complejo lumbopélvico. Esto se corresponde con un nivel de evidencia 3 y su grado de recomendación 3a.

El estudio de O'Leary et al.<sup>20</sup> al ser una revisión sistemática de estudios de cohortes previos, obtiene un nivel de evidencia mayor, es decir, 2 y un grado de recomendación 2a.

## **6. RESULTADOS**

En esta revisión se han incluido un total de 10 estudios atendiendo a los criterios de selección estipulados, cuyas características principales se presentan resumidas en la Tabla V.

### **6.1 Características de los estudios analizados**

Estudio	Participantes		Objetivo	Metodología	Variables	Resultados
	Muestra	Características				
<b>Pabón Carrasco et al. (2019)<sup>14</sup></b>	<p>116 participantes con LBP*</p> <p>51.7% Mujeres</p> <p>Edad 18-65 años</p> <p>Función del pie: FPI-6*</p> <p>Dolor lumbar: MOLBPQ* y EVA*</p>	<p><b>Grupo unilateral (FPI-6 &gt; 6 en 1 pie):</b></p> <p>51 participantes (44%).</p> <p>Edad: 40.53 ± 2.24 años.</p> <p>IMC: 23.80 ± 0.47 Kg/m<sup>2</sup></p> <p><b>Grupo bilateral (FPI-6 &gt; 6 en ambos pies):</b></p> <p>65 participantes (56%)</p> <p>Edad: 39.85 ± 1.69 años</p> <p>IMC: 23.86 ± 0.48 Kg/m<sup>2</sup></p>	Relacionar la pronación unilateral y bilateral con la presencia de dolor lumbar	Se lleva a cabo un análisis estadístico mediante el paquete SPSS	Función del pie Dolor lumbar	No hay diferencia entre la intensidad de LBP en pronadores unilaterales o bilaterales
<b>Dodelin et al. (2019)<sup>15</sup></b>	<p>154 participantes (91 con pie neutro y 63 con pie pronado) de la brigada de bomberos de Normandy</p> <p>Edad: 20-50 años</p> <p>Función del pie: FPI-6 y CPEI*</p>	<p><b>Grupo FP* (FPI-6 &gt; 6 y CPEI &lt; 19.4%):</b></p> <p>Edad: 35.5 ± 4.7 años</p> <p>Altura: 1.76 ± 0.06 m</p> <p>Peso: 76.5 ± 8.1 Kg</p> <p>IMC*: 24.5 ± 2.4 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>CPEI: 16.2 ± 5.2%</p> <p>FPI-6: 7.7 ± 1.8</p> <p>Longitud del pie: 0.276 ± 0.011 m</p> <p>Velocidad: 1.2 ± 0.1 m/s</p>	Comparar la cinemática del miembro inferior y pie y las presiones plantares durante la marcha	Se analizaron las variable cinéticas de la marcha mediante un sistema de análisis de movimiento tridimensional con 10 cámaras con capacidad de 28 sensores	Función del pie Longitud del pie Velocidad Longitud de paso Cadencia de paso ROM* de MMII* Presiones plantares	El rango de movimiento de la rotación interna de rodilla, báscula y rotaciones pélvicas fueron mayores en el grupo con pie pronado en todas las fases de la marcha

		<p>Longitud de paso: <math>1.3 \pm 0.1</math> m</p> <p>Cadencia: <math>104.8 \pm 6.5</math> pasos/min</p> <p><b>Grupo FN* (FPI- 6 &lt;5 y CPEI &gt; 19.4%):</b></p> <p>Edad: <math>36.4 \pm 4.9</math> años</p> <p>Altura: <math>1.78 \pm 0.07</math> m</p> <p>Peso: <math>78.8 \pm 9.0</math> Kg</p> <p>IMC: <math>24.6 \pm 2.0</math> Kg/m<sup>2</sup></p> <p>CPEI: <math>22.2 \pm 1.7\%</math></p> <p>FPI-6: <math>2.6 \pm 1.5</math></p> <p>Longitud del pie: <math>0.2767 \pm 0.012</math> m</p> <p>Velocidad: <math>1.2 \pm 0.1</math> m/s</p> <p>Longitud de paso: <math>1.3 \pm 0.1</math> m</p> <p>Cadencia: <math>105.9 \pm 7.3</math> pasos/min</p>		colocados en el pie y MMII captación de datos a 150 Hz		
<b>Yazdani et al. (2019)<sup>10</sup></b>	<p>30 participantes (15 con pie neutro y 15 con hiperpronación flexible)</p> <p>Edad: 18-30 años</p>	<p><b>Grupo FN (FPI-6 &lt; 5):</b></p> <p>Edad: <math>21.86 \pm 3.48</math> años</p> <p>Altura: <math>157.46 \pm 3.34</math> cm</p> <p>Peso: <math>59.72 \pm 3.34</math> Kg</p>	Determinar los cambios funcionales que provoca la	Se analiza la cinemática de la marcha con un sistema de	Velocidad Función del pie GRF	El grupo FP tuvo una fuerza máxima mayor y timing de contracción en el

	<p>Función del pie: FPI-6 y single heel raise test</p>	<p>Velocidad: <math>1.27 \pm 0.15</math> m/s  <b>Grupo FP (FPI-6 &gt; 5):</b>                  Edad: <math>21.62 \pm 3.34</math> años                  Altura: <math>156.67 \pm 4.31</math> cm                  Peso: <math>58.21 \pm 3.02</math> Kg                  Velocidad: <math>1.28 \pm 0.16</math> m/s</p>	<p>hiperpronación de pie en la musculatura lumbopélvica durante la marcha</p>	<p>análisis de movimiento de 8 cámaras con capacidad de captación de datos a 120 Hz                  Se utiliza una placa de presión para medir el vector vertical de GRF* para determinar la fase de apoyo de la marcha, de la cual se sacan los datos para el análisis                  Se evalúa la fuerza muscular máxima y el timing de contracción en un primer doble</p>	<p>Fuerza máxima                  Timing de contracción</p>	<p>erector espinal en los tres momentos estudiados.                  El grupo FP tuvo una fuerza máxima mayor en el iliopsoas en el segundo doble apoyo                  No hubo diferencias en la contracción del glúteo mayor                  En la musculatura oblicua abdominal, durante el primer doble apoyo tanto la fuerza muscular máxima como el timing de contracción fue mayor en el grupo con FP</p>
--	--	---	---	---	---	--

				apoyo, un apoyo monopodal intermedio y un segundo doble apoyo		
<b>Yazdani et al. (2018)<sup>16</sup></b>	30 participantes (15 con pie neutro y 15 con hiperpronación) Edad: 18-30 años. Función del pie: FPI-6 y RCSP*	<b>FN (FPI-6 &lt; 5 y RCSP 2° inversión-2°eversión):</b> Edad: 21.86 ± 3.48 años Altura: 157.73 ± 3.39 cm Peso: 59.72 ±3.34 Kg Velocidad: 1.27 ± 0.15 m/s <b>FP (FPI-6 &gt; 5 y RCSP &gt; 4° de eversión):</b> Edad: 21.73 ± 3.39 años Altura: 157.46 ± 4.20 cm Peso: 58.37 ± 2.99 Kg Velocidad: 1.29 ± 0.16 m/s	Comprobar la influencia de la hiperpronación del pie en la biomecánica de la pelvis durante la fase de apoyo de la marcha	Se analiza la cinemática de la marcha con un sistema de análisis de movimiento de 8 cámaras con capacidad de captación de datos a 120 Hz Se utiliza una placa de presión para medir el vector vertical de GRF para determinar la fase de apoyo de la marcha, de la cual	Velocidad Función del pie GRF Desplazamiento pélvico en el plano sagital, frontal y transversal	En el plano frontal y transversal no se han encontrado diferencias entre los dos grupos En el plano sagital se ha evidenciado un ROM mayor en el grupo FP con respecto al grupo FN

				<p>se sacan los datos para el análisis</p> <p>Los datos se analizan mediante PCA* para el desplazamiento de la pelvis en el plano sagital, frontal y transversal.</p>		
<p><b>Farahpour et al. (2018)<sup>17</sup></b></p>	<p>45 participantes 100% hombres Función del pie: FPI-6 y NDT* Dolor lumbar: LBP Index basado en EVA y cuestionario de discapacidad Roland-Morris</p>	<p><b>Grupo FN (No alteración musculoesquelética, neurológica o postural):</b> Edad: 26.0 ± 2.9 años Altura: 174.5 ± 5.5 cm Peso: 78.7 ± 9.9 Kg IMC: 25.9 ± 3.2 Kg/m<sup>2</sup></p> <p><b>Grupo FP (FPI &gt; 10 y NDT &gt; 10 mm):</b> Edad: 25.3 ± 2.7 años Altura: 173.8 ± 4.9 cm</p>	<p>Comprobar la alteración que provoca la hiperpronación del pie en la actividad muscular y función articular del miembro inferior durante la marcha</p>	<p>Cada participante camina sobre un espacio calibrado formado por un sistema de análisis de movimiento de 4 cámaras para el análisis de la cinemática de la marcha y una placa de presión</p>	<p>Función del pie Dolor lumbar Actividad muscular GRF Cinemática del miembro inferior</p>	<p>Actividad muscular: TA en FN &lt; grupos experimentales Gast-M en FP+LBP que en FN VL y BF sin diferencias significativas Glut-M, ES<sub>L3</sub> y IO en FN &lt; grupos experimentales</p>

		<p>Peso: <math>79.4 \pm 10.0</math> Kg                  IMC: <math>26.3 \pm 3</math> Kg/m<sup>2</sup></p> <p><b>Grupo FP + LBP (FPI &gt; 10, NDT &gt; 10 mm, LBP index &gt; 30 y disability index &gt; 10):</b></p> <p>Edad: <math>25.3 \pm 2.9</math> años                  Altura: <math>172.8 \pm 4.4</math> cm                  Peso: <math>79.9 \pm 3.0</math> Kg                  IMC: <math>26.8 \pm 1.5</math> Kg/m<sup>2</sup></p>		<p>que recoge las GRF durante la marcha se combina con un EMG portátil que detecta la actividad muscular de: tibial anterior (TA), gastrocnemio medial (Gas-M), cabeza larga del bíceps femoral (BF), vasto lateral (VL), glúteo medio (Glut-M), erector espinal L3 (ES<sub>L3</sub>), recto abdominal (RA), oblicuo externo (EO) y oblicuo interno (IO)</p>		<p>RA y EO no tuvieron diferencias significativas</p> <p>La media de actividad muscular fue mayor en todas las pruebas en FP+LBP que en FP y control y FP fue &gt; FN</p> <p>ROM MMII: ABD* cadera en FP &lt; FN</p> <p>RI* y flexión rodilla e inversión de tobillo en FP+LBP y FP &lt; FN</p> <p>Eversión de tobillo en FP y FP+LBP &gt; FN</p> <p>Timing MMII: Flexión de cadera en FP &lt; FN</p>
--	--	---	--	--	--	---

						ABD cadera en FP+LBP < FN. RE* cadera en FP y FP+LBP < FN
<b>Balasundaram et al. (2017)<sup>9</sup></b>	71 participantes con LBP diagnosticado Edad 20-30 años 55% hombres Severidad de LBP: MOLBPQ Función del pie: NDT	Edad media: 25.75 ± 3.3 años Pie hiperpronado: 14 (20%) MOLBPQ: 37.15 ± 10.4 pts. NDT: 6.06 ± 3.42 pts.	Comprobar el impacto de la hiperpronación del pie con la severidad del dolor lumbar no específico	Se analizaron los datos mediante un software estadístico SPSS, que muestra la media, desviación típica, frecuencias y porcentajes	Función del pie Presencia de LBP	No se ha encontrado ninguna relación entre el grado de severidad de LBP ante la presencia o no de hiperpronación
<b>Zahran et al. (2017)<sup>11</sup></b>	40 participantes Edad 20-27 años 82.5% Mujeres Función del pie: NDT	<b>FP (Evaluación visual y NDT &gt; 10 mm):</b> 20 participantes (85% mujeres) Edad: 21.6 ± 1.53 años IMC: 26.95 ± 2.69 Kg/m <sup>2</sup> NDT: Der: 13.15 ± 1.78 mm e Izq: 13.7 ± 2.22 mm <b>FN (NDT &lt; 10 mm):</b> 20 participantes (80% mujeres)	Investigar la influencia del pie plano flexible en la generación de fuerza concéntrica de cadera y tronco	Se evalúa mediante un dinamómetro isocinético la fuerza concéntrica de flexión/ extensión y rotación interna/externa de cadera y	Función del pie Fuerza muscular concéntrica	La fuerza de la musculatura flexora, extensora y rodadora externa e interna de cadera es significativamente menor en el grupo FP  No se ha evidenciado diferencias en la

		Edad: 22.5 ± 1.93 años IMC: 26.5 ± 2.86 Kg/m <sup>2</sup> NDT: Der: 5.25 ± 0.85 mm e Izq: 5.55 ± 1.93 mm		flexión/extensión de tronco		fuerza de contracción en la flexión y extensión de tronco
<b>Farahpour et al. (2016)<sup>18</sup></b>	45 participantes (3 grupos). Edad 20-30 años Dolor lumbar: LBP Index, Disability score y pain Course Función del pie: NDT y FPI-6	<b>Grupo FN (físicamente activo, no dolor musculoesquelético):</b> Edad media: 26.00 ± 2.87 años Altura media 174.47 ± 5.48 cm Peso medio: 78.74 ± 9.91 Kg IMC: 25.88 ± 3.16 Kg/m <sup>2</sup> . LBP index: No Disability Score: No Pain Course: No NDT: 5.46 ± 0.83 mm <b>Grupo FP (NDT &gt; 10 mm y FPI-6 &gt;10):</b> Edad media: 25.33 ± 2.69 años	Investigar la conexión de la hiperpronación con y sin dolor lumbar y las fuerzas de reacción del suelo durante la marcha	Se captura al participante caminando con un sistema de 4 cámaras con receptores en pelvis, muslo, pierna y pie También se utiliza una placa que registra las GRF	Dolor lumbar Función del pie GRF Velocidad de marcha Fase de apoyo de la marcha Longitud de paso	Las GRF fueron significativamente mayores en FP que en FN Las GRF fueron mayores en FP + LBP que en FP

		<p>Altura media 173.75± 4.90 cm</p> <p>Peso medio: 79.42 ± 9.98 Kg</p> <p>IMC: 26.30 ± 3.04 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>LBP index: No</p> <p>Disability Score: No</p> <p>Pain Course: No</p> <p>NDT: 12.66 ± 1.79 mm</p> <p><b>Grupo FP + LBP (LBP index &gt; 30 mm y Disability Score &gt; 10 mm):</b></p> <p>Edad media: 25.26 ± 2.89 años</p> <p>Altura media 172.80 ± 4.36 cm</p> <p>Peso medio: 79.94 ± 3.03 Kg</p> <p>IMC: 26.81 ± 1.50 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>LBP index: 45.60 ± 13.20 mm</p>				
--	--	---	--	--	--	--

		<p>Disability Score: 14.40 ± 3.26</p> <p>Pain Course: 22.40 ± 8.60 meses</p> <p>NDT: 13.33 ± 1.71 mm</p>				
<p><b>Khamis et al. (2015)<sup>19</sup></b></p>	<p>35 participantes asintomáticos y con pie neutro</p> <p>43% Hombres</p>	<p>Edad: 27.68 ± 2.6 años</p> <p>Peso: 73.15 ± 10.93 Kg</p> <p>Altura: 176.42 ± 9.19 cm</p>	<p>Investigar la relación entre los segmentos distales y proximales del miembro inferior durante la bipedestación tras la inducción de pronación excesiva del pie</p>	<p>Mediante un sistema de 8 cámaras se recoge la posición articular de la pelvis, el muslo, la pierna y el pie con distintos niveles de hiperpronación inducidos mediante cuñas (10, 15 y 20°)</p>	<p>Báscula pélvica anterior.</p> <p>Rotación interna de cadera.</p> <p>Rotación interna tibial</p> <p>Eversión del calcáneo</p>	<p>No se ha encontrado un efecto significativo en la cadera y muslo con la inducción de eversión del calcáneo en la estática. Se ha observado una relación directa entre la eversión del calcáneo y la rotación tibial</p>

<p><b>O'Leary et al. (2013)<sup>20</sup></b></p>	<p>19 documentos analizados Bases de datos utilizadas: MEDLINE PubMed SPORTDiscus Google Scholar Worldcat Libraries</p>	<p>Evaluar el efecto de las alteraciones del pie y el tobillo en el dolor lumbar</p>	<p>Palabras clave utilizadas: 'lower back pain, orthotics, excessive pronation, podiatric deviations, hallux, kinetic chain, link theory, ankle instability, ankle dorsiflexion, pelvic tilts and pes planus'</p>	<p>Pronación excesiva Discrepancias en las extremidades Báscula pélvica Inestabilidad de tobillo Pie plano Hallux valgus</p>	<p>Se ha demostrado que la pronación anormal o excesiva conduce a discrepancias en la longitud de las piernas y, posteriormente, a la inclinación de la pelvis, lo que provoca LBP, sin embargo, independientemente del tipo de pie, las personas con discrepancia anatómica o funcional, suelen tener algún tipo de tipo de desequilibrio lumbosacro o pélvico, lo que provoca LBP</p>
--	---	--	---	--	---

					Por lo que no se puede relacionar directamente la hiperpronación funcional o estática con LBP
--	--	--	--	--	---

\***LBP**: dolor lumbar, **FPI-6**: 6 items Foot Posture Index, **MOLBPQ**: Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire, **EVA**: Escala Visual Analógica, **FP**: pie con hiperpronación, **FN**: pie neutro, **CPEI**: Excursión del centro de presiones, **IMC**: índice de masa corporal, **ROM**: rango de movimiento articular, **MMII**: miembros inferiores, **GRF**: fuerzas de reacción del suelo, **RCSP**: Resting Calcaneal Stance Position, **PCA**: Principal Components Analysis, **NDT**: Navicular Drop Test, **ABD**: abducción, **RI**: rotación interna, **RE**: rotación externa.

## 6.2 Resultados de los estudios

Se analizaron un total de 10 artículos, 9 de ellos son estudios de cohortes con homogeneidad, mientras que el artículo restante se trata de una revisión sistemática.

De los 9 estudios de cohortes, 7 de ellos compararon un grupo de sujetos con hiperpronación con un grupo de sujetos que presentaban pie neutro. A mayores; uno de los estudios, (**Zahran et al.**<sup>11</sup>), solo se realizó en sujetos con dolor lumbar no específico diagnosticado y otros dos estudios (**Farahpour et al.**<sup>17</sup> y **Farahpour et al.**<sup>18</sup>) realizaron la comparación no sólo con un grupo de sujetos con pie neutro si no también con un grupo de sujetos con presencia de hiperpronación y dolor lumbar. En cuanto a los estudios restantes, uno de ellos utilizó a sujetos sin hiperpronación y asintomáticos, mientras que el otro comparó un grupo con hiperpronación unilateral y otro con hiperpronación bilateral.

### 6.2.1 Estudios de cohortes

#### 6.2.1.1 Análisis de las variables

- **Dolor lumbar**

La variable **dolor lumbar** se analiza en 2 de los 9 estudios presentes en esta revisión (**Pabón Carrasco et al.**<sup>14</sup> y **Balasundaram et al.**<sup>9</sup>). En ambos se utilizó un examen estadístico para comprobar si los sujetos con hiperpronación tenían, en mayor proporción, dolor lumbar no específico. En el estudio de **Pabón Carrasco et al.**<sup>14</sup>, se compara un grupo con hiperpronación unilateral con un grupo que presenta hiperpronación en ambos pies, mientras que en el estudio de **Balasundaram et al.**<sup>9</sup> se compara un grupo con hiperpronación y un grupo sin hiperpronación. No se encontró ninguna diferencia significativa entre los grupos en ninguno de los dos estudios.

- **Marcha**

En 5 de los 9 estudios se estudió la influencia de la hiperpronación del pie en diferentes variables que son la actividad muscular, la fuerza, el ROM y las fuerzas de reacción del suelo durante la marcha. Se utilizaron distintos tipos de sistemas de análisis de movimiento multicámara para recopilar los datos:

- En el estudio de **Dodelin et al.**<sup>15</sup> se evaluó el rango de movimiento articular de todo el miembro inferior y las presiones plantares generadas durante la marcha. En el grupo FP se encontraron picos de ROM en la rotación interna de rodilla, báscula

anterior-posterior y rotación interna de la pelvis y rotación interna de rodilla, siendo significativamente superiores que en el grupo FN. A nivel del pie, la abducción del antepié y la plantiflexión respecto a la tibia fue mayor en el grupo FP. El ROM de dorsiflexión de antepié respecto al retropié, la eversión y la rotación interna del retropié también se encontraron incrementadas en comparación con el grupo FN. En cuanto a las presiones plantares, el tiempo de contacto del Hallux y el tiempo para la contracción máxima en la parte medial del retropié fue mayor en el grupo FP, mientras que la presión bajo el lateral del retropié fue menor en el grupo FP.

- En el estudio de **Yazdani et al.**<sup>10</sup> se evaluó la fuerza máxima muscular y el timing de contracción de la musculatura lumbopélvica durante la fase de apoyo de la marcha. Se encontraron mayores fuerzas en el erector espinal en el doble apoyo inicial (DS1), el apoyo monopodal (SLS) y en el segundo doble apoyo (DS2) en el grupo con hiperpronación (FP). Sin embargo, la mayor diferencia se obtuvo en el tiempo para llegar al pico de fuerza en DS1 y DS2, es decir, la actividad muscular en estas fases aparecía con retraso con respecto al grupo FN. En el iliopsoas se encontró mayor fuerza máxima en el grupo FP en DS2 en comparación con el grupo FN. En el glúteo medio no hubo diferencias significativas. El grupo FP tuvo un pico mayor en el abdominal oblicuo interno, al igual que en el abdominal oblicuo externo, y un significativo retraso en la contracción muscular únicamente en el oblicuo interno en comparación con el grupo FN durante DS1.
- En el estudio de **Yazdani et al.**<sup>16</sup> se evaluó el rango de movimiento de la pelvis en el plano sagital, frontal y transversal durante la marcha. Se utilizó la técnica Principal Components Analysis (PCA) para medir el desplazamiento de la pelvis en el plano sagital, frontal y transversal. En el plano frontal y transversal no se encontraron diferencias significativas del desplazamiento de la pelvis entre el grupo con hiperpronación FP y el grupo con pie neutro FN. En el plano sagital si se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en el desplazamiento de la pelvis, encontrándose relación entre la hiperpronación del pie y un mayor desplazamiento pélvico en el plano sagital.

- En el estudio de **Farahpour et al.**<sup>17</sup> se midió la actividad muscular de musculatura del miembro inferior y región lumbopélvica mediante un equipo de electromiografía (EMG) y el rango de movimiento articular del miembro inferior. Se obtuvieron los siguientes resultados: la actividad del tibial anterior (TA) en el grupo con pie neutro (FN) fue menor que en los grupos con hiperpronación (FP) y con hiperpronación y dolor lumbar (FP+LBP) un 13.5% y un 22.4% respectivamente. La señal pico del EMG para el gastrocnemio medial (Gast-M) en el grupo FP+LBP fue un 20.1% más alto que en el grupo FN. El pico de la señal del EMG para el glúteo medio (Glut-M), el erector espinal de L3 (ES<sub>L3</sub>) y el abdominal oblicuo interno (IO) en el grupo FN fue un 63.4%, 12% y 42.6% menor, respectivamente, que en el grupo FP+LBP.

La media total de actividad muscular de todos los intentos fue mayor en el grupo FP+LBP que en el grupo FP y FN un 92% y 18% respectivamente, De la misma forma que la media total de actividad muscular del grupo FP fue un 89.7% mayor que el grupo FN.

En cuanto al ROM, los ángulos pico de cadera, rodilla y tobillo durante la marcha se obtuvo que el pico de ABD de cadera en el grupo FP fue 2,7° menor que en el grupo FN. La rotación interna de la rodilla en los grupos FP y FP+LBP fueron 1.6° y 5.6° menores que en el grupo control. La flexión de rodilla en los grupos FP y FP+LBP fue 7.3° y 2.8° menor que en el grupo FN. En el tobillo, la inversión de los grupos experimentales fue aproximadamente 3 veces menor que en el grupo FN, mientras que la eversión fue 3.2° mayor en el grupo FP y 3.3° en el grupo FP+LBP. En la fase de apoyo de la marcha, el momento flexor de cadera fue menor en los grupos experimentales que en el grupo FN, pero solo fue significativo en el grupo FP. El momento abductor de cadera del grupo FP+LBP fue un 38% menor que en el grupo control, mientras que en la rotación externa fue menor un 43% el grupo FP y un 35% el grupo FP+LBP respecto al grupo FN. A nivel de tobillo, los momentos plantiflexores, eversores y rotadores externos fueron menores al grupo FN. Por otro lado, el momento inversor fue mayor en ambos grupos experimentales aproximadamente 3.8 veces respecto al grupo FN.

- En el estudio de **Farahpour et al.**<sup>18</sup> se evaluó la diferencia entre las fuerzas de reacción del suelo generadas durante la marcha en sujetos con pie neutro (FN),

pie con hiperpronación (FP) y sujetos con dolor lumbar e hiperpronación (FP+LBP). Por otro lado, también se compararon parámetros de la marcha. La media de velocidad de la marcha, tiempo de fase de apoyo y longitud de paso no tuvieron diferencias significativas entre grupos. Todas las variables de GRF entre el grupo FN y FP fueron similar a excepción de la fuerza de empuje en el eje latero-medial ( $F_{X_{PO}}$ ), que en el grupo FP fue un 80% mayor que en grupo FN. El grupo FP+LBP tuvo un 6% mayor fuerza en el contacto del talón en el plano eje ( $F_{Z_{HC}}$ ) y un 5% en  $F_{X_{PO}}$  que en el grupo FP. La fuerza de contacto del talón en el eje latero-medial ( $F_{X_{HC}}$ ) fue un 4% menor en el grupo FP+LBP que en el grupo FP. La  $F_{X_{PO}}$  fue un 8% mayor en el grupo FP+LBP que en el grupo FN, la  $F_{Z_{HC}}$  fue un 6% mayor en el grupo FP+LBP que en el grupo FN y la fuerza de empuje en el eje antero-posterior ( $F_{Y_{PO}}$ ) fue un 12% mayor en el grupo FP+LBP que en el grupo FN.

El tiempo para alcanzar el pico (TTP) de GRF en el contacto del talón en todos los ejes en el grupo FP fue un 19% mayor en el eje vertical, un 28% en el eje latero-medial y un 103% en el eje antero-posterior que en el grupo FN. En el grupo FP+LBP el TTP de GRF en el plano antero-posterior fue un 50% mayor que en el grupo FP. En el grupo FP+LBP, el TTP de GRF en  $F_{X_{HC}}$  fue un 26% mayor que en el grupo FN y el TTP para la fuerza de reacción en el apoyo medio en el eje latero-medial ( $F_{X_{MS}}$ ) y el  $F_{X_{PO}}$  fueron un 28% menor que en grupo FN.

El ratio de carga en el grupo FP fue relativamente menor que en el grupo FN y significativamente menor que en el grupo FP+LBP. Los impulsos en el eje antero-posterior en los grupos FP y FP+LBP fue mayor que en el grupo FN. Entre FP y FP+LBP los impulsos fueron similares. El momento libre positivo máximo en el grupo FP+LBP fue considerablemente superior que en los otros grupos.

- **Fuerza muscular**

En el estudio de **Zahran et al.**<sup>11</sup> se evaluó la fuerza concéntrica de la musculatura de la cadera y el tronco en sujetos con pie neutro y sujetos con hiperpronación. Se utilizó un dinamómetro isocinético, con el cual se midió la fuerza concéntrica de flexión/extensión y rotación interna/externa de cadera y, por otro lado, la flexión/extensión del tronco. La fuerza máxima en los flexores, extensores y rotadores internos y externos de cadera en ambos lados, en el grupo FP en comparación con el

grupo FN. En cuanto a la fuerza máxima de flexores y extensores de tronco, no se ha evidenciado una diferencia significativa entre los grupos.

- **Relación entre el pie y la región lumbopélvica**

En el estudio de **Khamis et al.**<sup>19</sup> se evaluó la cadena biomecánica entre el pie y la región lumbopélvica. Se utilizó un sistema de análisis de movimiento para captar los cambios en la posición de los miembros inferiores. Se colocaron 3 cuñas para forzar la hiperpronación en 10, 15 y 20°, formadas por 2 piezas conectadas entre sí en el punto más bajo y controladas por la escala EVA. Se registraron datos en 4 escenarios (bipedestación en el suelo y en cada una de las tres cuñas). Los participantes permanecían en cada escenario, 20 segundos en una posición relajada con rotación natural del pie y con los pies a la anchura de la pelvis. La captura de datos comienza a los 10 segundos (durante 4 segundos) y se repite 3 veces en cada escenario.

Se estudiaron las siguientes posibles correlaciones al inducir pronación de pie mediante cuñas en bipedestación: 1. Pie, tibia y pelvis; 2. Pie, muslo y pelvis; 3. Pie, tibia y muslo; 4. Tibia, muslo y pelvis; 5. Pie, tibia, muslo y pelvis.

1. Pie, tibia y pelvis: La alineación del pie no tiene un ajuste en la tibia que afecte a la pelvis, sin embargo, si se encontró relación entre la alineación del pie y un ajuste a nivel tibial con efecto en el muslo. La tibia no se ha considerado mediador entre la alineación del pie y la pelvis.
2. Pie, muslo y pelvis: La alineación del pie no tiene un ajuste en el muslo que afecte a la pelvis, sin embargo, si se encontró relación entre la alineación del pie y un ajuste a nivel del muslo. El muslo no se ha considerado mediador entre la alineación del pie y la pelvis.
3. Pie, tibia y muslo: La tibia se ha considerado un mediador entre la alineación del pie y el muslo, ya que actúa reduciendo el efecto de la alineación del pie en el muslo asumiendo el efecto en la propia tibia.
4. Tibia, muslo y pelvis: El ajuste en el muslo provocado por la alineación de la tibia con respecto a la pelvis ha sido significativo. Sin embargo, no se puede considerar al muslo como mediador entre la tibia y la pelvis.
5. Pie, tibia, muslo y pelvis: Solo la tibia ha tenido un efecto significativo sobre la alineación de la pelvis. En los escenarios anteriores la tibia fue considerada mediador

entre el pie y el muslo. Sin embargo, no se ha producido ninguna repercusión a nivel de pelvis con la inducción de pronación con las cuñas inclinadas

### 6.2.2 Revisión sistemática

En la revisión sistemática de **O'Leary et al.**<sup>20</sup> se analizaron 19 documentos. Las bases de datos utilizadas para la búsqueda fueron MEDLINE, PubMed, SPORTDiscus, Google Scholar y Worldcat Libraries. El objetivo fue evaluar los efectos de las alteraciones del pie y el tobillo con la presencia de dolor lumbar en la bibliografía relevante. Las palabras clave para la búsqueda que se utilizaron para realizar la búsqueda en las bases de datos mencionadas fueron: '*lower back pain, orthotics, excessive pronation, podiatric deviations, hallux, kinetic chain, link theory, ankle instability, ankle dorsiflexion, pelvic tilts and pes planus*'. En cuanto a las variables principales de la búsqueda fueron las siguientes: la pronación excesiva, la discrepancia entre las extremidades, la báscula pélvica, la inestabilidad de tobillo, el pie plano y el Hallux valgus. Como resultado se obtuvo que múltiples estudios encontraron un mayor ratio de personas con dolor lumbar (LBP) en personas con pie pronado, en comparación con los grupos control. La pronación excesiva de pie ha sido relacionada con una tendencia a la disimetría de MMII, afectando a la báscula pélvica, siendo esta la causante de LBP. No obstante, el desbalance pélvico provocado por la disimetría de MMII se ha observado independientemente del tipo de pie de los participantes. La limitación de movimiento en el plano sagital de tobillo y Hallux, también se ha visto implicado como posible causa de LBP. Por último, los sujetos con inestabilidad crónica de tobillo han desarrollado con mayor frecuencia LBP, que los sujetos sin inestabilidad de tobillo. Todas las desviaciones podológicas analizadas en esta revisión sistemática podrían estar relacionadas con el desarrollo de LBP.

## 7. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática es determinar si existe alguna relación entre la presencia de hiperpronación del pie con el desarrollo de disfunciones en la región lumbopélvica.

Numerosos estudios han investigado acerca de la actividad muscular, la fuerza generada, la presencia de dolor y la cinemática del complejo lumbopélvico, comparando a personas con hiperpronación del pie con un grupo de pie neutro, así como observar que cambios inmediatos se producen induciendo un exceso de pronación de forma externa.

En este apartado se realizará una discusión de los resultados del estudio, previamente expuestos, con el objetivo de responder a nuestra pregunta de investigación.

### 7.1 Diagnóstico de hiperpronación

En esta revisión se han analizado un total de 10 artículos, de los cuales, 9 fueron estudios observacionales, mientras que el artículo restante se trata de una revisión sistemática de estudios observacionales previos. Dentro de los 9 estudios observacionales, 7 de ellos compararon un grupo control con grupos experimentales, el estudio de Pabón Carrasco et al.<sup>14</sup> comparó un grupo con hiperpronación unilateral con un grupo de sujetos que presentaban hiperpronación bilateral. Por último, el estudio de Khamis et al.<sup>19</sup> utilizó únicamente a sujetos con pie neutro.

El diagnóstico de hiperpronación se realiza en 8 de los 10 artículos analizados. Sin embargo, en los diferentes artículos analizados se utilizaron pruebas diagnósticas diferentes.

El Foot Posture Index de 6 ítems (FPI-6), se empleó en el estudio de Pabón Carrasco et al.<sup>14</sup>, Dodelin et al.<sup>15</sup>, Yazdani et al.<sup>9</sup>, Yazdani et al.<sup>16</sup>, Farahpour et al.<sup>17</sup> y Farahpour et al.<sup>18</sup>. En el FPI-6 se consideraba hiperpronación cuando la puntuación obtenida era mayor o igual a 6 puntos, exceptuando los estudios de Farahpour et al 2018 y 2016 (), en los cuales se consideraba hiperpronación a partir de los 10 puntos en el FPI-6.

El Navicular Drop Test (NDT) fue utilizado para el diagnóstico de hiperpronación en el estudio de Farahpour et al.<sup>17</sup>, Balasundaram et al.<sup>9</sup>, Zahran et al.<sup>11</sup> y Farahpour et al.<sup>18</sup>. Se consideraba hiperpronación cuando al realizar el NDT se obtenía una caída del arco mayor a 10 mm.

El Resting Calcaneal Stance Position (RCSP) se utilizó únicamente en el estudio de Yazdani et al.<sup>16</sup> En este caso, se incluía a un sujeto en el grupo de hiperpronación cuando al realizar la prueba, se producía una eversión del calcáneo superior a 4°.

El Single Heel Raise Test se utilizó solamente en el estudio de Yazdani et al.<sup>10</sup>. Esta prueba no se utilizaba como herramienta diagnóstica de hiperpronación, si no que fue empleada como complemento para incluir únicamente sujetos con pie hiperpronado flexible, por lo que se consideraba como tal en caso de dar positivo la prueba.

Por último, la Excursión del Centro de Presiones (CPEI), se utilizó como método diagnóstico en el estudio de Dodelin et al.<sup>15</sup> únicamente. Se consideró pie hiperpronado, todo aquel que la excursión del centro de presiones del pie fuese inferior al 19,4%.

El diagnóstico de la hiperpronación del pie no está consensuado, ya que en los diferentes estudios se utilizan pruebas diferente combinando, en algunos casos, con otras pruebas complementarias. Con esto podemos apreciar que la definición y el diagnóstico de la hiperpronación no está del todo asentada y esto podría conducir a que los estudios tengan participantes con perfiles diferentes, ya que el uso de una prueba u otra, incluso la combinación de varias puede variar el número y las características de los pacientes que cumplen los criterios de exclusión. Esto nos puede dar unos resultados sesgados por la prueba diagnóstica seleccionada.

## **7.2 Metodología**

Existe una gran variabilidad en cuanto a la metodología que se ha empleado en los distintos estudios que recoge esta revisión de la literatura. Cada uno de ellos tiene un objetivo propio, que de forma individual no responde a la pregunta de investigación que se propone en este trabajo, pero sumando todos ellos se puede obtener más información relacionada con la pregunta de investigación. Como los objetivos de cada artículo analizados no son los mismos, la metodología que emplea cada uno de ellos para responder a su propia pregunta de investigación varía.

En el estudio de Pabón Carrasco et al.<sup>14</sup> se realizó un análisis de los datos obtenidos de las pruebas de distribución de los participantes en los diferentes grupos mediante el paquete estadístico SPSS. De esta forma se comprobó de forma únicamente estadística cuál de los grupos, con hiperpronación unilateral y bilateral, tenía, en proporción una mayor intensidad de dolor a nivel lumbar. En el estudio de Balasundaram et al.<sup>9</sup>, se utilizó el mismo sistema, pero en este caso se comparó dentro de un grupo de personas con dolor lumbar no específico diagnosticado, si en el grupo de personas que presentaban hiperpronación, la severidad del dolor lumbar era mayor.

Los estudios de Yazdani et al.<sup>9,16</sup>, Farahpour et al.<sup>17,18</sup> y Dodelin et al.<sup>15</sup>, por su parte observaron la influencia de la hiperpronación en el complejo lumbopélvico durante la marcha.

Para esto utilizaron un sistema de análisis de movimiento compuesto por un número de cámaras distinto en cada caso y por una placa de presión colocada en el suelo que mide las fuerzas de reacción del suelo a excepción del estudio de Dodelin et al.<sup>15</sup>, que no utilizaba en su estudio la placa de presión. Por otro lado, el estudio de Farahpour et al.<sup>17</sup>, a mayores utilizaba un equipo de electromiografía para medir la actividad muscular durante la marcha. En el estudio de Dodelin et al. 2019<sup>15</sup>, se midió evaluó el rango de movimiento articular de todo el miembro inferior y las presiones plantares generadas durante la marcha. En el estudio de Yazdani et al. 2019<sup>10</sup>, se evaluó la fuerza máxima muscular y el timing de contracción de la musculatura lumbopélvica durante la fase de apoyo de la marcha. En el estudio de Yazdani et al.<sup>16</sup>, se medía el rango de movimiento de la pelvis en el plano sagital, frontal y transversal durante la marcha. En el estudio de Farahpour et al.<sup>17</sup>, se midió la actividad muscular de musculatura del miembro inferior y región lumbopélvica y el rango de movimiento articular del miembro inferior. Por último, en el estudio de Farahpour et al.<sup>18</sup>, se evaluó la diferencia entre las fuerzas de reacción del suelo generadas durante la marcha.

El estudio de Zahran et al.<sup>11</sup>, tenía como objetivo comprobar la diferencia en la generación de fuerza concéntrica de la musculatura de la cadera y del tronco en sujetos con pie plano flexible y sujetos con pie neutro. Para ello emplearon un dinamómetro isocinético multiarticular con el que evaluaron la fuerza concéntrica de la musculatura mencionada.

Por último, en el estudio de Khamis et al.<sup>19</sup> el objetivo era comprobar la relación entre los distintos segmentos del miembro inferior al inducir la hiperpronación del pie en bipedestación. Utilizaron cuñas para forzar la pronación del pie y observar que cambios producía en los segmentos suprayacentes hasta el complejo lumbopélvico.

La revisión sistemática de O'Leary et al.<sup>20</sup>, a diferencia de los estudios anteriores, no tuvo un proceso experimental, ya que su objetivo era recopilar información de distintos artículos para averiguar la influencia de diferentes disfunciones a nivel del pie y el miembro inferior en el desarrollo de dolor lumbar no específico. Las disfunciones estudiadas en esta revisión fueron el pie plano, la hiperpronación, la diferencia de longitud entre las piernas, el bloqueo de las articulaciones metatarsofalángicas en el plano sagital y la inestabilidad de tobillo.

### **7.3 Variables**

En este subapartado, siguiendo la estructura de los resultados, se realizará la discusión teniendo en cuenta cada una de las variables analizadas en los diferentes estudios.

### 7.3.1 Dolor lumbar

La variable dolor lumbar se analiza en 2 de los 9 estudios de cohortes y en la revisión sistemática de O'Leary et al.<sup>20</sup>. En el estudio de Pabón Carrasco et al.<sup>14</sup> se comparaba la prevalencia de dolor lumbar y su intensidad en un grupo con hiperpronación unilateral y otro bilateral, mientras que en el estudio de Balasundaram et al.<sup>9</sup> la comparación se realizó entre un grupo de personas con hiperpronación y otro sin hiperpronación. En ninguno de los casos se encontraron diferencias entre ambos grupos, sin embargo, estos dos estudios tienen un proceso experimental poco discriminativo, ya que únicamente realizaron un estudio estadístico utilizando las características de los participantes, sin someterlos a ninguna prueba que pudiera evidenciar alguna diferencia entre los dos grupos, por lo que determinar que la hiperpronación del pie no tiene ningún efecto en el desarrollo de dolor lumbar puede ser un error.

Por otro lado, la revisión sistemática de O'Leary et al.<sup>20</sup>, ha investigado la relación entre el dolor lumbar no específico y diferentes disfunciones del pie y el miembro inferior. Concluye que en las personas con pie plano el ratio de dolor lumbar es muy alto, mientras que la hiperpronación se ha relacionado con la aparición de disimetría entre las piernas y posteriormente a un aumento de la báscula pélvica, lo que se vincula al desarrollo de dolor lumbar no específico. Con este artículo que recoge estudios previos a los límites temporales marcados en la búsqueda, podemos extraer la tendencia de los estudios de los años 90 y principios de los 2000 hacia la búsqueda de conexión entre las disfunciones del miembro inferior y del pie, entre ellas la hiperpronación, con el desarrollo de una patología tan prevalente en la población como el dolor lumbar no específico, que refuerza la idea de vínculo biomecánico entre la hiperpronación y las disfunciones del complejo lumbopélvico.

### 7.3.2 Marcha

En lo referente a la marcha 5 de los artículos analizados estudian la influencia de la hiperpronación en la marcha. El estudio de Dodelin et al.<sup>15</sup> se evaluaba el rango de movimiento articular (ROM) y las presiones plantares que se generaban durante la marcha. Se encontró un mayor pico de ROM en el grupo de hiperpronadores en la rotación interna de la rodilla, en la báscula pélvica antero-posterior y en la rotación de la pelvis. En el estudio de Yazdani et al.<sup>16</sup> se refuerzan los resultados de este estudio ya que se evaluó el ROM de la pelvis en los tres planos de movimiento y los autores concluyen que en el plano sagital la pelvis de los sujetos del grupo con hiperpronación tenía un mayor ROM con respecto al grupo sin hiperpronación. Sin embargo, el estudio de Farahpour et al. 2018<sup>17</sup>, que medía el ROM del

miembro inferior durante la marcha, obtuvo unos ángulos pico ligeramente menores en los grupos experimentales, con hiperpronación, a los obtenidos por el grupo control.

La diferencia en cuanto al ROM parece no estar del todo clara, ya que en estos 3 estudios se obtienen datos contradictorios, aunque los datos en los 2 estudios que refuerzan la idea de que la hiperpronación puede provocar un aumento en el ROM del miembro inferior y el complejo lumbopélvico son significativos para sus autores, mientras que en el estudio de [Farahpour et al. 2018](#)<sup>17</sup>, las diferencias son mínimas y el objetivo principal de este estudio era analizar la actividad muscular y no el ROM. Por lo que, pese a que parece que podría existir una relación en cuanto a esta variable, los resultados son inconsistentes.

El estudio de [Yazdani et al. 2019](#)<sup>10</sup> analizaba la fuerza máxima y el timing de contracción de musculatura del complejo lumbopélvico durante la fase de apoyo de la marcha. En este caso, también se obtuvieron diferencias entre ambos grupos, ya que se encontraron, de forma general, una mayor fuerza generada y un retraso de contracción en el grupo con hiperpronación. Por otro lado, el estudio de [Farahpour et al.](#)<sup>17</sup> medía, mediante un equipo de electromiografía (EMG), la actividad muscular de musculatura del miembro inferior y del complejo lumbopélvico. En este caso también se obtuvo como resultado general una mayor activación muscular en los grupos experimentales comparado con el grupo control.

En cuanto a la actividad y activación muscular, los 2 artículos que tratan esta variable coinciden en que en sujetos con hiperpronación se producen una mayor activación muscular, una mayor fuerza de contracción y uno de ellos obtiene también un mayor tiempo necesario para la activación muscular.

Otro estudio del mismo autor, [Farahpour et al.](#)<sup>18</sup>, estudió la diferencia de las fuerzas de reacción del suelo (GRF). Se obtuvo una diferencia significativa en la fuerza de empuje en el eje latero-medial, que fue un 80% mayor en los grupos experimentales, en el resto de los parámetros las diferencias fueron menores. En cuanto al tiempo para alcanzar el pico de GRF, en los grupos experimentales fue mayor en todos los ejes, principalmente en el eje antero-posterior. Se concluye que la hiperpronación puede afectar a las fuerzas de reacción que genera el suelo a nuestra marcha, lo que podría conducir a un desequilibrio en la cadena biomecánica que forma el miembro inferior, ya que las fuerzas que va a recibir son distintas a las que recibiría sin la hiperpronación.

### **7.3.3 Fuerza muscular**

El estudio de Zahran et al.<sup>11</sup> se centró en comprobar, mediante un dinamómetro isocinético multiarticular, si existía diferencia en la generación de fuerza concéntrica máxima entre sujetos con y sin hiperpronación. Se obtuvieron resultados significativamente menores en el grupo con hiperpronación en la flexión, extensión y rotaciones de cadera, mientras que a nivel del tronco no se evidenciaron diferencias importantes. Este resultado podría reforzar los estudios de Yazdani et al.<sup>10</sup> y Farahpour et al.<sup>17</sup>, ya que mostraban que durante la marcha la actividad muscular del complejo lumbopélvico era mayor. Esto podría repercutir en el desarrollo de la fuerza concéntrica máxima de esta musculatura, obteniéndose valores menores en el grupo con hiperpronación.

### **7.3.4 Relación hiperpronación y complejo lumbopélvico**

En el estudio de Khamis et al.<sup>19</sup> se analizó la cadena biomecánica entre el pie y la región lumbopélvica, induciendo hiperpronación mediante cuñas, en sujetos sin hiperpronación con el fin de comprobar las adaptaciones que se producían. No se obtuvo ninguna adaptación inmediata a nivel de pelvis tras la inducción de hiperpronación, sin embargo, en el muslo, pero principalmente en la tibia sí que se produjo una adaptación inmediata al aumento de pronación. Con este resultado podemos descartar que exista una relación de adaptación instantánea entre el pie y la pelvis, lo que no descarta que si esto se produce de forma mantenida en el tiempo pueda provocar adaptaciones a nivel lumbopélvico.

## **7.4 Limitaciones del trabajo y líneas de futuras investigaciones**

Esta revisión sistemática tiene varias limitaciones a la hora de su ejecución. En primer lugar, para el estudio de una relación entre una alteración como la hiperpronación y el desarrollo de disfunciones a nivel lumbopélvico, el estudio prospectivo sería el mejor para responder a la pregunta de investigación, sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio prospectivo dentro de los límites marcados en la búsqueda. Los estudios analizados eran todos estudios retrospectivos, que aportan información valiosa pero ya que no diferencian entre procesos causales y compensatorios, es necesario tener precaución a la hora de extraer resultados.

Otra limitación de esta revisión es que no fue posible encontrar bibliografía de mayor nivel de evidencia y grado de recomendación. Por lo que también hay que ser cautos con los resultados extraídos de los estudios analizados, ya que no contemplan otros factores que pudieran influir en las conclusiones obtenidas.

Existe una gran variedad entre las variables analizadas en los artículos, ya que no existe bibliografía suficientemente reciente como para profundizar y sacar conclusiones más específicas entorno a un tema más centrado.

En cuanto a las líneas de futuras investigaciones:

- Es necesario que se realicen más estudios que busquen relacionar la hiperpronación con el complejo lumbopélvico.
- Se requieren estudios de mayor calidad acerca de la relación que existe entre la hiperpronación y el desarrollo de disfunciones en el complejo lumbopélvico.
- Se requieren más estudios acerca de la cadena biomecánica que forman el pie y el miembro inferior junto a la región lumbopélvica durante la marcha.
- Es necesario consensuar un criterio diagnóstico de hiperpronación del pie.

## 8. CONCLUSIONES

- No se ha encontrado evidencia que relacione directamente la hiperpronación del pie como factor determinante para el desarrollo de dolor lumbar.
- Existe evidencia de que la hiperpronación podría influir en un aumento activación muscular de la región lumbopélvica durante la marcha, solicitándola más de lo normal con respecto a las personas sin hiperpronación. Esta sobreactivación podría conducir al desarrollo de disfunciones en la región lumbopélvica.
- Se han encontrado diferencias significativas en la generación de fuerza concéntrica entre los sujetos con y sin hiperpronación, siendo en el grupo con hiperpronación mucho menores.
- No es posible extraer conclusiones consistentes en cuanto a la relación de la hiperpronación y las alteraciones biomecánicas del complejo lumbopélvico, ya que se han encontrado estudios que evidencian diferencia entre los sujetos con hiperpronación, pero también se han encontrado evidencias de que no hay diferencia entre los grupos. Sin embargo, la evidencia es más favorable a confirmar una relación entre la hiperpronación y la alteración de la biomecánica, que de confirmarse posicionaría a la hiperpronación como uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de disfunciones del complejo lumbopélvico como por ejemplo el dolor lumbar, ya que si se ha evidenciado que la alteración de la biomecánica de esta región está muy relacionada con el desarrollo de disfunciones a este nivel, principalmente dolor lumbar no específico.
- Se ha evidenciado una clara diferencia en las fuerzas que transmite el suelo como reacción a la marcha. Esto podría afectar a la cadena biomecánica de transmisión de fuerzas del miembro inferior que, mantenido en el tiempo puede provocar adaptaciones en el complejo lumbopélvico, posibles causantes de disfunciones en esa región.
- A la vista de los resultados obtenidos parece claro que la hiperpronación debe ser considerada un factor clave en el abordaje de disfunciones del complejo lumbopélvico. A pesar de que la bibliografía existente no muestre unos resultados claros que permitan confirmar la relación directa entre la hiperpronación y las disfunciones de la región lumbopélvica, si incita a sospechar sobre una posible conexión, ya que se ha visto que genera alteraciones que podrían ser causantes del desarrollo de disfunciones en esa zona a la espera de estudios de una mayor calidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Beltrán G, Óscar A, Revisiones sistemáticas de la literatura. Revista Colombiana de Gastroenterología [Internet]. 2005;20(1):60-69. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337729264009>
2. Krähenbühl N, Horn-Lang T, Hintermann B, Knupp M. The subtalar joint: A complex mechanism. EFORT Open Rev. julio de 2017;2(7):309-16.
3. Monteagudo M, Martínez de Albornoz P, Maceira E, Gutiérrez B. Anatomía funcional, biomecánica y patomecánica de la estabilidad del tobillo. Rev Pie Tobillo. 16 de junio de 2016;2016:7-16.
4. Kirby KA. Biomechanics of the normal and abnormal foot. J Am Podiatr Med Assoc. enero de 2000;90(1):30-4.
5. Cámara J. Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales. Entramado. enero de 2011;7(1):160-73.
6. Root M, Orien W, Weed J, Vergès Salas C. Función normal y anormal del pie. 1st ed. Barcelona: Base; 2012.
7. Angulo MT, Llanos LF, Alvarez AM. Cinemática y Cinética del pie. En Núñez-Samper M, Llanos LF. Biomecánica, Medicina y Cirugía del pie. 2ª Ed. Barcelona Elsevier-Masson;
8. Viladot A. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Barcelona Springer-Verlag Ibérica, 2001.
9. Balasundaram AP, Choudhury D. Association between hyper-pronated foot and the degree of severity of disability in patients with non-specific low back pain. J Bodyw Mov Ther. julio de 2018;22(3):757-60.
10. Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Salimi Bani M, Bahreinizad H. Foot hyperpronation alters lumbopelvic muscle function during the stance phase of gait. Gait Posture. octubre de 2019;74:102-7.
11. Zahran SS, Aly S, Zaky LA. Effects of bilateral flexible flatfoot on trunk and hip muscles' torque. 2017;
12. Humbría Mendiola A, Carmona L, Peña Sagredo JL, Ortiz AM. Impacto poblacional del dolor lumbar en España: resultados del estudio EPISER. Rev Esp Reumatol. 1 de diciembre de 2002;29(10):471-8.

13. Bek N, Simsek IE, Erel S, Yakut Y, Uygur F. Home-based general versus center-based selective rehabilitation in patients with posterior tibial tendon dysfunction. *Acta Orthop Traumatol Turc*
14. [Internet]. 2012 [acceso 3/25/2016 12:46:21 PM];46(4):286-92. Pabón Carrasco M, Palomo Toucedo IC, Munuera Martínez PV, Fernández Seguí L, Castro Méndez A. Dolor lumbar crónico y pronación unilateral o bilateral del pie. *Fisioterapia*. 1 de julio de 2019;41(4):185-91.
15. Dodelin D, Tourny C, L'Hermette M. The biomechanical effects of pronated foot function on gait. An experimental study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2020;30(11):2167-77.
16. Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Raeisi Shahraki H, Salimi Bani M. The influence of foot hyperpronation on pelvic biomechanics during stance phase of the gait: A biomechanical simulation study. *Proc Inst Mech Eng H*. julio de 2018;232(7):708-17.
17. Farahpour N, Jafarnejhadgero A, Allard P, Majlesi M. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. abril de 2018;39:35-41.
18. Farahpour N, Jafarnejhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *J Biomech*. 14 de junio de 2016;49(9):1705-10.
19. Khamis S, Dar G, Peretz C, Yizhar Z. The Relationship Between Foot and Pelvic Alignment While Standing. *J Hum Kinet*. 27 de junio de 2015;46:85-97.
20. O'Leary CB, Cahill CR, Robinson AW, Barnes MJ, Hong J. A systematic review: the effects of podiatric deviations on nonspecific chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2013;26(2):117-23.
21. Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Revista chilena de infectología*. diciembre de 2014;31(6):705-18.
22. Redmond AC, Crane YZ y Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *Journal of Foot and Ankle research*, 2008, 1:6.
23. Lamba D, Upadhyay RK. Comparison between modified oswestry low back pain disability questionnaire and aberdeen low back pain scale taking low back-specific version of the sf-36 physical functioning scale as a gold standard in patients with low

- back pain. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 7 de noviembre de 2018;11:97.
24. Pardo C, Muñoz T, Chamorro C. Monitorización del dolor: Recomendaciones del grupo de trabajo de analgesia y sedación de la SEMICYUC. Medicina Intensiva. noviembre de 2006;30(8):379-85.
25. Chen W, Yao J, Yang Y, Liu X, Wang L, Pu F, et al. Relationship between Subtalar Joint Stiffness and Relaxed Calcaneal Stance Position in Cerebral Palsy Children with Valgus Deformities. BioMed research international. 2018;
26. Stratford PW, Binkley J, Solomon P, Finch E, Gill C, Moreland J. Defining the minimum level of detectable change for the Roland-Morris questionnaire. Phys Ther. 1996 Apr;76(4):359-65; discussion 66-8.

## 10. ANEXOS

Anexo I. Tabla VI. Artículos incluidos

Título
A systematic review: The effects of podiatric deviations on nonspecific chronic low back pain
The Relationship Between Foot and Pelvic Alignment While Standing
Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation
Effects of bilateral flexible flatfoot on trunk and hip muscles' torque
Association between hyper-pronated foot and the degree of severity of disability in patients with non-specific low back pain
Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain
The influence of foot hyperpronation on pelvic biomechanics during stance phase of the gait: A biomechanical simulation study
Dolor lumbar crónico y pronación unilateral o bilateral del pie
Foot hyperpronation alters lumbopelvic muscle function during the stance phase of gait
The biomechanical effects of pronated foot function on gait. An experimental study

Anexo II. Tabla VII. Artículos excluidos

Título	Motivo de exclusión
The influence of forefoot varus on eccentric hip torque in adolescents	Hay sujetos menores de 18 años
Effect of foot type on knee valgus, ground reaction force, and hip muscle activation in female soccer players	Hay sujetos menores de 18 años
Foot posture, leg length discrepancy and low back pain – Their relationship and clinical management using foot orthoses – An overview	Utilización de órtesis plantares para evaluar el manejo de la disfunción
Effect of a corrective exercise program on gait kinetics and muscle activities in older adults with both low back pain and pronated feet: A double-blind, randomized controlled trial	No busca relación entre las estructuras, si no manejo de la disfunción.
The force applied to the knee extensor mechanism differs between flat-footed and normal subjects during walking	No busca relación con el complejo lumbopélvico.
Ipsilateral and contralateral foot pronation affect lower limb and trunk biomechanics of individuals with knee osteoarthritis during gait	Sujetos con patología de rodilla.
Impact of forefoot varus on standing and gait kinematics in children	Hay sujetos menores de 18 años.
Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking	Uso de órtesis en el estudio.
EMG activation of trunk and upper limb muscles following experimentally-induced overpronation and oversupination of the feet in quiet standing	Uso de órtesis en el estudio.

Relación entre la hiperpronación del pie y el desarrollo de disfunciones en el complejo lumbopélvico.  
Una revisión bibliográfica

Anexo III. Figura . Grado de recomendación CEBM<sup>21</sup>

GR	NE	Tratamiento, prevención, etiología y daño	Pronóstico e historia natural	Diagnóstico	Diagnóstico diferencial y prevalencia	Estudios económicos y de análisis de decisión
A	1a	RS con homogeneidad de EC con asignación aleatoria	RS de estudios de cohortes con homogeneidad (que incluya estudios con resultados comparables, en la misma dirección y validados en diferentes poblaciones)	RS de estudios de diagnóstico de alta calidad con homogeneidad (que incluya estudios con resultados comparables, en la misma dirección y en diferentes centros clínicos)	RS con homogeneidad de estudios de cohortes prospectivas	RS con homogeneidad de estudios económicos de alta calidad
	1b	EC individual con intervalo de confianza estrecho	Estudios de cohortes individuales, con un seguimiento mayor de 80% de las cohortes y validadas en una sola población	Estudios de cohortes que validen la calidad de una prueba específica, con estándar de referencia adecuado o a partir de algoritmos de estimación del pronóstico o de categorización del diagnóstico o probado en un centro clínico	Estudios de cohortes prospectivas con buen seguimiento	Análisis basado en costes o alternativas clínicamente sensibles; RS de la evidencia. Incluye análisis de sensibilidad
	1c	Todos o ninguna	Serías de casos (todos o ninguno)	Pruebas diagnósticas con especificidad tan alta que un resultado positivo confirma el diagnóstico y con sensibilidad tan alta que un resultado negativo descarta el diagnóstico	Serías de casos (todos o ninguno)	Análisis en términos absolutos de riesgos y beneficios clínicos: claramente tan buenas o mejores, pero más baratas, claramente tan malas o peores pero más caras
B	2a	RS de estudios de cohortes con homogeneidad	RS de estudios de cohortes históricas o de grupos controles no tratados en EC con homogeneidad	RS de estudios de diagnósticos de nivel 2 con homogeneidad	RS con homogeneidad de estudios 2b y mejores	RS con homogeneidad de estudios económicos con nivel mayor a 2
	2b	Estudios de cohortes individuales con seguimiento inferior a 80%. EC de baja calidad	Estudio individual de cohortes históricas o seguimiento de controles no tratados en un EC o guía de práctica clínica no validada	Estudios exploratorios que a través de una regresión logística determinan factores significativos y validados con estándar de referencia adecuado (independiente de la prueba diagnóstica)	Estudio individual de cohortes históricas o de seguimiento insuficiente	Análisis basado en costes o alternativas clínicamente sensibles; limitado a revisión de la evidencia. Incluye análisis de sensibilidad
	2c	Estudios ecológicos o de resultados en salud	Investigación de resultados en salud		Estudios ecológicos	Auditorías o estudios de resultados en salud
	3a	RS de estudios de casos y controles con homogeneidad		RS de estudios con homogeneidad de estudios 3b y mejor calidad	RS de estudios con homogeneidad de estudios 3b y mejor calidad	RS de estudios con homogeneidad de estudios 3b y mejor calidad
	3b	Estudios de casos y controles individuales		Comparación enmascarada y objetiva de un espectro de pacientes que podría ser examinado para un determinado trastorno, pero el estándar de referencia no se aplica a todos los pacientes del estudio. Estudios no consecutivos o sin aplicación de un estándar de referencia		Estudio no consecutivo de cohorte, o análisis muy limitado de la población basado en pocas alternativas o costes, datos de mala calidad, pero con análisis de sensibilidad que incorporan variaciones clínicamente sensibles
C	4	Serías de casos, estudios de cohortes y de casos y controles de baja calidad	Serías de casos y estudios de cohortes de pronóstico de baja calidad	Estudios de casos y controles con escasos o sin estándares de referencia independientes	Serías de casos o estándares de referencia obsoletos	Análisis sin análisis de sensibilidad
D	5	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, ni basada en fisiología, ni en trabajo de investigación juicioso, ni en "principios fundamentales"	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, ni basada en fisiología, ni en trabajo de investigación juicioso, ni en "principios fundamentales"	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, ni basada en fisiología, ni en trabajo de investigación juicioso, ni en "principios fundamentales"	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, ni basada en fisiología, ni en trabajo de investigación juicioso, ni en "principios fundamentales"	Opinión de expertos sin evaluación crítica explícita, ni basada en fisiología, ni en trabajo de investigación juicioso, ni en "principios fundamentales"

Relación entre la hiperpronación del pie y el desarrollo de disfunciones en el complejo lumbopélvico.  
Una revisión bibliográfica

Anexo IV. Figura . Nivel de evidencia<sup>21</sup>

Pregunta	Paso 1 (Nivel 1*)	Paso 2 (Nivel 2*)	Paso 3 (Nivel 3*)	Paso 4 (Nivel 4*)	Paso 5 (Nivel 5*)
¿Qué tan común es el problema?	Encuestas locales y actuales aleatorias de la muestra (o censos)	RS de encuestas que coincidan con las circunstancias locales	Muestra local no aleatoria	Serie de casos	N/A
¿Es preciso el test de monitoreo o test diagnóstico? <b>(Diagnóstico)</b>	RS de estudios transversales con estándar de referencia aplicado de forma consistente y con enmascaramiento	Estudios individuales de corte transversal con estándar de referencia aplicado de forma consistente y con enmascaramiento	Estudios no consecutivos, estudios sin un estándar de referencia aplicado de forma consistente	Estudios caso control o estándar de referencia pobre o no independiente	Mecanismos basados en el razonamiento
¿Qué pasaría si no se agrega una terapia? <b>(Pronóstico)</b>	RS de estudios de cohorte de inicio	Estudios de cohorte de inicio	Estudio de cohorte o el brazo control de un EC con AA *	Estudio de caso-control o estudios de cohorte pronóstica de pobre calidad	N/A
¿Esta intervención ayuda? <b>(beneficios del tratamiento)</b>	RS de EC con AA o ensayos n-de-1	EC con AA o estudios observacionales con un efecto dramático	Estudio de cohorte, con seguimiento controlado sin AA *	Serie de casos, estudios caso-control o estudios históricos controlados	Mecanismos basados en el razonamiento
¿Cuáles son los daños comunes? <b>(efectos nocivos del tratamiento)</b>	RS de EC con AA, RS de estudios de casos y controles anidados, ensayo n-de-1 con el paciente sobre el que está planteando la pregunta, o estudio observacional con un efecto dramático.	EC individual con AA o (excepcionalmente) estudios observacionales con un efecto dramático	Estudio de cohorte, con seguimiento controlado (post-comercialización) con un número suficiente para descartar un daño común. (Para los daños a largo plazo, la duración del seguimiento debe ser suficiente)	Serie de casos, estudios de casos y controles, o estudios históricos controlados	Mecanismos basados en el razonamiento
¿Cuáles son los daños raros? <b>(efectos nocivos del tratamiento)</b>	RS de EC con AA ó ensayo n-de-1	EC con AA o (excepcionalmente) estudios observacionales con un efecto dramático			
¿Vale la pena esta prueba para detección temprana? <b>(tamizaje)</b>	RS de EC con AA	EC con AA	Estudios de cohortes con seguimiento controlado	Serie de casos, estudios de casos y controles o estudios históricos controlados	Mecanismos basados en el razonamiento

\*El NE se podrá clasificar hacia abajo en base a la calidad del estudio, de las imprecisiones, del carácter indirecto de la evidencia, debido a la inconsistencia entre los estudios, o porque el tamaño del efecto absoluto es muy pequeño, y el nivel se podrán clasificar hacia arriba si hay un tamaño de efecto grande o muy grande. AA : Asignación aleatoria

Anexo V. Figura . “Foot Posture Index-6 items” (FPI-6)<sup>22</sup>

Foot Posture Index (6-item) Datasheet

Patient name		ID number					
COMPONENT	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
		Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)	Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)	Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)
Rearfoot	Talar head palpation	Transverse					
	Curves above and below lateral malleoli.	Frontal/ trans					
	Inversion/eversion of the calcaneus	Frontal					
Forefoot	Bulge in the region of the TNJ	Transverse					
	Congruence of the medial longitudinal arch	Sagittal					
	Abduction/adduction of the forefoot on the rear foot (too-many-toes).	Transverse					
<b>TOTAL</b>							

Anexo VI. Figura “Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire” (MODLPQ)<sup>23</sup>

**SECTION 1 - PAIN INTENSITY**

- I have no pain at the moment.
- The pain is very mild at the moment.
- The pain is moderate at the moment.
- The pain is fairly severe at the moment.
- The pain is very severe at the moment.
- The pain is the worst imaginable at the moment.

**SECTION 2 - PERSONAL CARE (washing, dressing etc.)**

- I can look after myself normally, without causing extra pain.
- I can look after myself normally, but it is very painful.
- It is painful to look after myself and I am slow and careful.
- I need some help, but manage most of my personal care.
- I need help every day in most aspects of self-care.
- I do not get dressed, wash with difficulty and stay in bed.

**SECTION 3 - LIFTING**

- I can lift heavy weights without extra pain.
- I can lift heavy weights, but it gives extra pain.
- Pain prevents me from lifting heavy weights off the floor, but I can manage if they are conveniently positioned (e.g., on a table).
- Pain prevents me from lifting heavy weights but I can manage light to medium weights if they are conveniently positioned.
- I can lift only very light weights.
- I cannot lift or carry anything at all.

**SECTION 4 - WALKING**

- Pain does not prevent me walking any distance.
- Pain prevents me walking more than 1 mile.
- Pain prevents me walking more than ½ of mile.
- Pain prevents me walking more than 100 yards.
- I can only walk using a stick or crutches.
- I am in bed most of the time and have to crawl to the toilet.

**SECTION 5 - SITTING**

- I can sit in any chair as long as I like.
- I can sit in my favourite chair as long as I like.
- Pain prevents me from sitting for more than 1 hour.
- Pain prevents me from sitting more than ½ an hour.
- Pain prevents me from sitting more than 10 minutes.
- Pain prevents me from sitting at all.

**SECTION 6 - STANDING**

- I can stand as long as I want without extra pain.
- I can stand as long as I want but it gives me extra pain.
- Pain prevents me from standing for more than 1 hour.
- Pain prevents me from standing for more than ½ an hour.
- Pain prevents me from standing for more than 10 minutes.
- Pain prevents me from standing at all.

**SECTION 7 - SLEEPING**

- My sleep is never disturbed by pain.
- My sleep is occasionally disturbed by pain.
- Because of pain, I have less than 6 hours of sleep.
- Because of pain, I have less than 4 hours of sleep.
- Because of pain, I have less than 2 hours of sleep.
- Pain prevents me from sleeping at all.

**SECTION 8 - SEX LIFE (if applicable)**

- My sex life is normal and causes no extra pain.
- My sex life is normal but causes some extra pain.
- My sex life is nearly normal but is very painful.
- My sex life is severely restricted by pain.
- My sex life is nearly absent because of pain.
- Pain prevents any sex life at all.

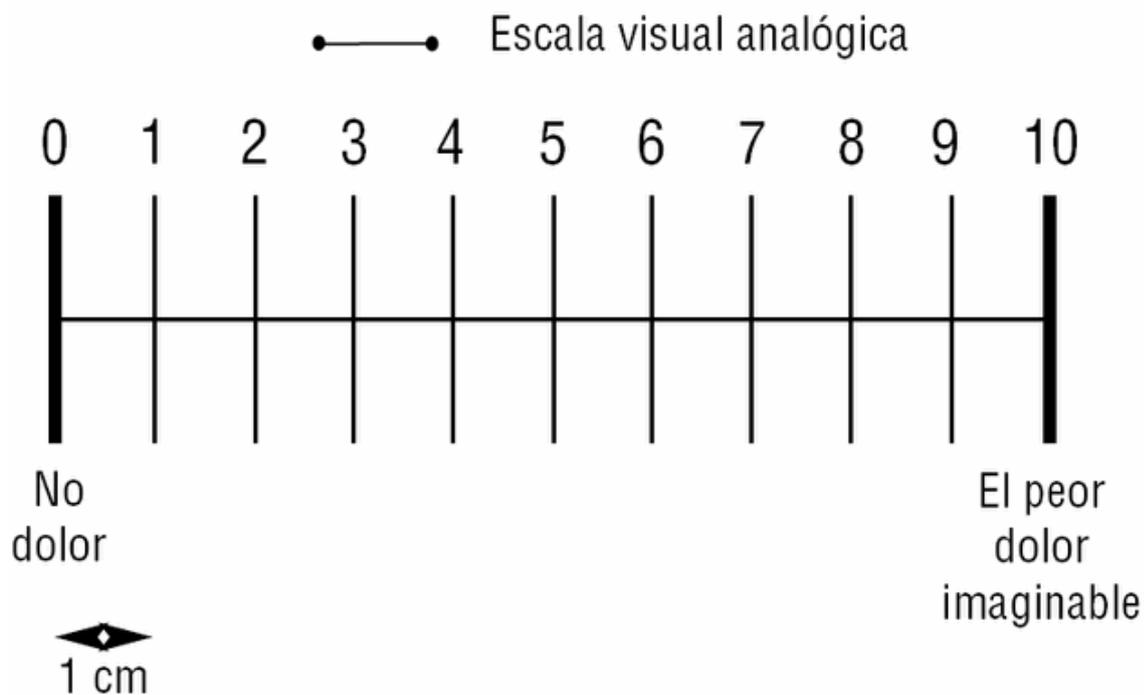
**SECTION 9 - SOCIAL LIFE**

- My social life is normal and causes me no extra pain.
- My social life is normal, but increases the degree of pain.
- Pain has no significant effect on my social life apart from limiting my more energetic interests, e.g., sports, etc.
- Pain has restricted my social life and I do not go out as often.
- Pain has restricted my social life to my home.
- I have no social life because of pain.

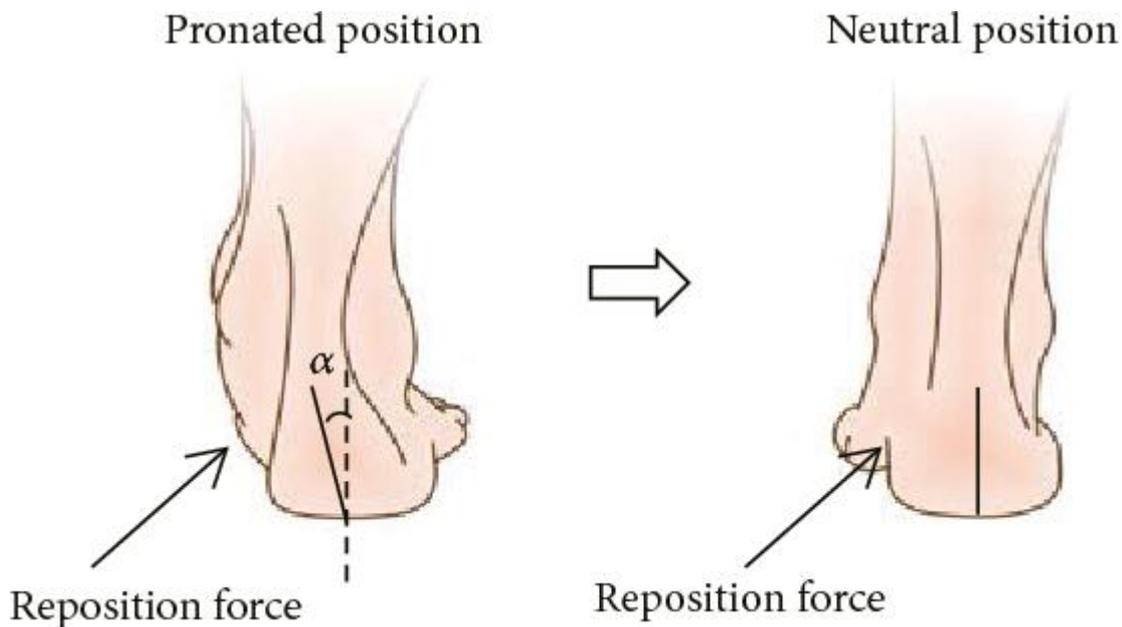
**SECTION 10-TRAVELLING**

- I can travel anywhere without pain.
- I can travel anywhere but it gives extra pain.
- Pain is bad but I manage journeys over 2 hours.
- Pain restricts me to journeys of less than 1 hour.
- Pain restricts me to short necessary journeys under 30 minutes.
- Pain prevents me from travelling except to receive treatment.

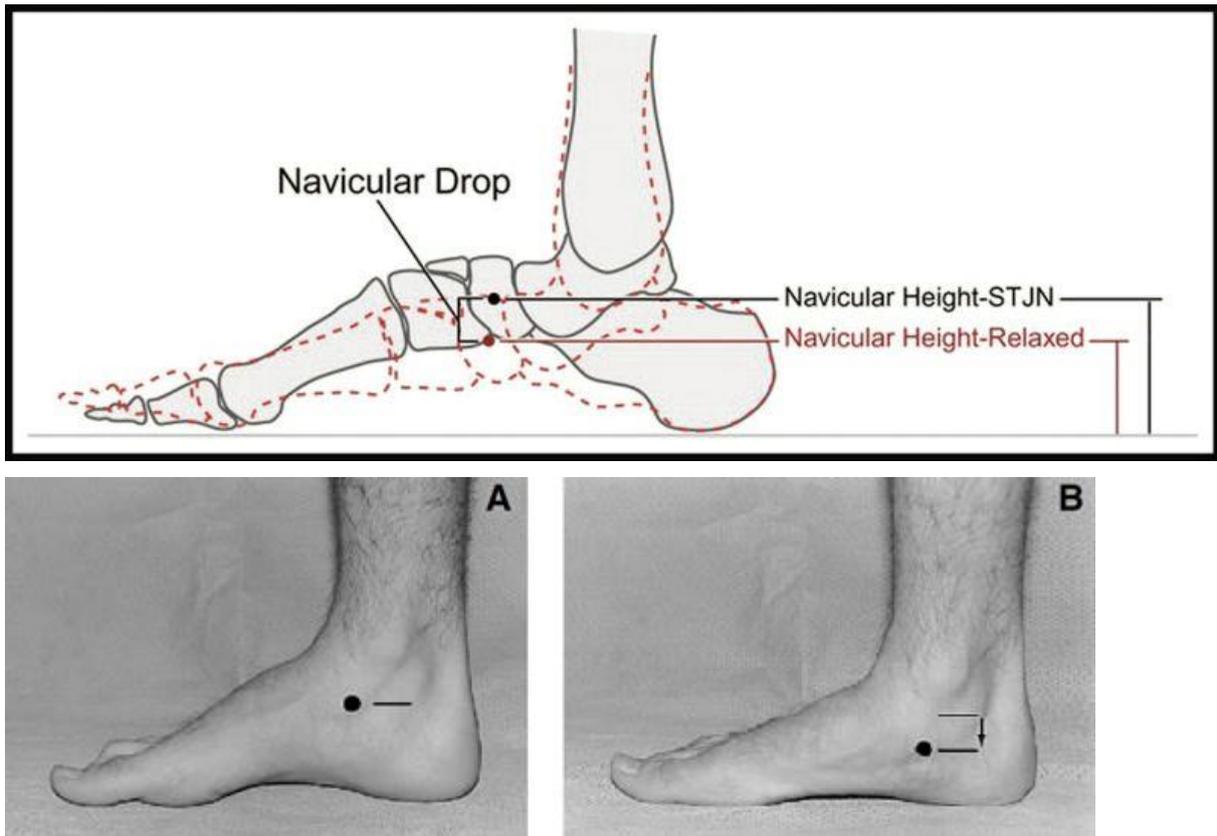
Anexo VII. Figura . "Escala Visual Analógica" (EVA)<sup>24</sup>



Anexo VIII. Figura . "Resting Calcaneal Stance Position" (RCSP)<sup>25</sup>



Anexo IX. Figura . “Navicular Drop Test” (NDT)<sup>22</sup>



Anexo X. Figura . “Cuestionario de Roland-Morris”<sup>27</sup>

### **Roland-Morris Low Back Pain and Disability Questionnaire (RMQ)**

#### **Instructions**

Patient name: \_\_\_\_\_ File #: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Please read instructions: When your back hurts, you may find it difficult to do some of the things you normally do. Mark only the sentences that describe you today.

- I stay at home most of the time because of my back.
- I change position frequently to try to get my back comfortable.
- I walk more slowly than usual because of my back.
- Because of my back, I am not doing any jobs that I usually do around the house.
- Because of my back, I use a handrail to get upstairs.
- Because of my back, I lie down to rest more often.
- Because of my back, I have to hold on to something to get out of an easy chair.
- Because of my back, I try to get other people to do things for me.
- I get dressed more slowly than usual because of my back.
- I only stand up for short periods of time because of my back.
- Because of my back, I try not to bend or kneel down.
- I find it difficult to get out of a chair because of my back.
- My back is painful almost all of the time.
- I find it difficult to turn over in bed because of my back.
- My appetite is not very good because of my back.
- I have trouble putting on my socks (or stockings) because of the pain in my back.
- I can only walk short distances because of my back pain.
- I sleep less well because of my back.
- Because of my back pain, I get dressed with the help of someone else.
- I sit down for most of the day because of my back.
- I avoid heavy jobs around the house because of my back.
- Because of back pain, I am more irritable and bad tempered with people than usual.
- Because of my back, I go upstairs more slowly than usual.
- I stay in bed most of the time because of my back.