

# DIFERENCIAS DE LONGITUD ENTRE MIEMBROS INFERIORES Y SU RELACIÓN CON EL PIE

## PROPUESTA DE PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN CLÍNICA



TESIS DOCTORAL

Dña. Estela Gómez Aguilar

Directores:

Dr. D. José Manuel Castillo López

Dr. D. Guillermo Lafuente Sotillos



Departamento de Podología





D. José Manuel Castillo López y D. Guillermo Lafuente Sotillos, Profesores de la Universidad de Sevilla adscritos al Departamento de Podología respectivamente.

**INFORMAN:**

Que el proyecto de Tesis Doctoral titulado *"Diferencias de longitud entre miembros inferiores y su relación con el pie. Propuesta de protocolo de exploración clínica"*, que presenta D<sup>a</sup> Estela Gómez Aguilar, para su correspondiente inscripción y que hemos aceptado dirigir, cuenta con nuestro visto bueno, conforme a lo establecido en el artículo 7.1 de la normativa de régimen de Tesis Doctoral.

En Sevilla, a 21 de octubre de 2016

Fdo. Dr. D. Guillermo Lafuente Sotillos

Dr. D. José Manuel Castillo López

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los que han participado de una u otra manera en esta investigación, desde el personal del Área clínica de Podología de la Universidad de Sevilla, a los sujetos del estudio y a todos mis compañeros, especialmente a Águeda, quién ha realizado un duro trabajo durante varios años en este campo, siempre con simpatía y amabilidad.

A la Dra. María Reina, porque es muy atenta, eficaz y me ha sorprendido muy gratamente en esta última parte del trabajo.

A mi amigo y director de tesis Dr. José Manuel Castillo, porque me ha estado guiando desde el principio en este proceso de investigación. Y siempre con genialidad me ha enseñado mucho más de lo que imagina, de Podología y de la vida en general.

Al Dr. Guillermo Lafuente por su destreza profesional, su sabiduría, y sobre todo por su generosidad para compartirla.

Al Dr. Ángel Vilches y a la Dra. Antonia Sáez, porque sin ellos habría sido imposible llevar a cabo la parte estadística de este trabajo.

A Ana, porque gracias a ella ha sido más fácil compaginar mi trabajo con este estudio.

A Rubén, por su optimismo e inteligencia, por las revisiones, y por ser una pieza clave en mi vida.

Y a mi madre, porque constantemente me ha motivado a formarme y mejorar. A ella y a Pedro, sobre todo por el apoyo los días de agobio y cansancio, siempre con su paciencia infinita.

Este trabajo de investigación, se presenta para su evaluación como Tesis Doctoral, basado en una **secuencia de distintos estudios** que serán referidos como **Capítulos del I al VI**, los cinco primeros se corresponden con publicaciones en revistas científicas, nacionales e internacionales. Tres de ellos están aceptados para su publicación, dos en la revista Journal of the American Podiatric Medical Association, y otra en la revista European Journal of Podiatry. Los otros dos se encuentran en fase de valoración en revistas con índice de impacto del ámbito de las ciencias médicas y de la salud. El **VI** contiene comunicaciones escritas (formato póster) presentadas en eventos de carácter científico divulgativo.

## **CAPÍTULO I**

*-DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Gómez-Domínguez A, Algaba-Peña C, Castillo-López JM. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

## **CAPÍTULO II**

*-Relationship between leg length discrepancy and the foot posture index.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

## **CAPÍTULO III**

*-Review about the utility of clinical methods in the lower limb discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

## **CAPÍTULO IV**

*- Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (Aceptado para publicación, 2016).

## CAPÍTULO V

*-Radiological assessment of lower limb discrepancy.* Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Castillo-López JM, Gómez-Aguilar E, Munuera-Martínez PV. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

## CAPÍTULO VI

- *Métodos clínicos descritos en el estudio de disimetrías.* IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.
- *Fiabilidad Interobservador – Intraobservador en la Exploración de las Disimetrías de MMII.* IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.
- *Disimetrías del miembro inferior: Telemetría Vs Método indirecto.* 46 Congreso Nacional de Podología. Póster científico. Albacete, 2015.

Para ilustrar el texto se han utilizado fotos propias de los métodos e instrumentos utilizados, o en su caso, fotografías realizadas con el consentimiento del sujeto, o bien cedidas por investigadores y colaboradores de la línea de investigación. Respecto a la referencia de fuentes bibliográficas, en el apartado de bibliografía general, se ha elegido la normativa de Vancouver actualizada.

# ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
1. Definición del problema de investigación.	10
2. Pertinencia del estudio.	
3. Objetivos.	13
4. Diferencias de longitud entre los miembros inferiores (DLMI).	14
4.1. Concepto.	
4.2. Clasificación etiológica.	
4.3. Alteraciones y patologías más comunes relacionadas con las DLMI.	18
5. Compensaciones asociadas a las DLMI.	21
5.1. Desórdenes musculo-esqueléticos asociados.	
5.2. Implicación de las DLMI en la postura y el equilibrio.	22
5.3. Acomodaciones del cuerpo en las DLMI.	23
6. Compensación ortopédica.	26
<b>METODOLOGÍA GENERAL</b>	27
1. Características generales de la muestra.	
2. Consideraciones éticas.	
3. Métodos e instrumentos para la medición de DLMI.	29
3.1. Métodos clínicos.	
3.2. Métodos radiológicos.	40
4. Protocolo.	41
5. Metodología estadística.	44
<b>CAPÍTULOS</b>	46



**- CAPÍTULO I** 48

*-DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Gómez-Domínguez A, Algaba-Peña C, Castillo-López JM. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

**- CAPÍTULO II** 61

*-Relationship between leg length discrepancy and the foot posture index.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

**- CAPÍTULO III** 75

*-Review about the utility of clinical methods in the lower limb discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

**- CAPÍTULO IV** 91

*- Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (Aceptado para publicación, 2016).

**- CAPÍTULO V** 106

*-Radiological assessment of lower limb discrepancy.* Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Castillo-López JM, Gómez-Aguilar E, Munuera-Martínez PV. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

**- CAPÍTULO VI** 125

- *Métodos clínicos descritos en el estudio de disimetrías.* IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.
- *Fiabilidad Interobservador – Intraobservador en la Exploración de las Disimetrías de MMII.* IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.

- *Disimetrías del miembro inferior: Telemetría Vs Método indirecto.* 46 Congreso Nacional de Podología. Póster científico. Albacete, 2015.

<b>DISCUSIÓN GENERAL</b>	129
<b>CONCLUSIONES</b>	141
<b>RESUMEN</b>	144
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	147
<b>ANEXOS</b>	156
Anexo 1. Consentimiento informado.	157
Anexo 2. Ficha de recogida de datos.	160
Anexo 3. Autorización del Comité Ético.	163

# **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

### 1. Definición del problema de investigación.

La diferencia de longitud entre miembros inferiores (en adelante DLMI) es un problema relativamente común, presente en el 40%-70% de la población(1) para algunos autores, y alrededor del 90% para otros(2). Existe controversia en la etiología de las DLMI, sus consecuencias en la biomecánica del cuerpo del sujeto y sobre a partir de qué cuantía debe ser tratada(1). Esta asimetría puede causar patologías en pies, piernas y distintas estructuras del aparato locomotor si no se trata(3). Su presencia puede indicar trastornos musculoesqueléticos y es un factor etiológico para el dolor lumbar, espalda, cadera, rodilla, tobillo y pie. Además, puede ser la causa de que ambos pies tengan distinta morfología y soporten cargas diferentes, afectando al patrón de la marcha(4). Asimismo, la bibliografía consultada muestra una marcada diferencia de opinión en cuanto a la fiabilidad y validez de los métodos e instrumentos utilizados para la medida de DLMI.

### 2. Pertinencia del estudio.

El interés científico de este estudio radica en la alta incidencia de las DLMI en la población(1,2), y su relación con numerosas compensaciones o acomodaciones en los pies, miembros inferiores (en adelante MMII) y raquis, que posteriormente pueden convertirse en patologías(3,5,6): bursitis, ciática, síndrome de la cintilla iliotibial, fascitis plantar, entre otras. Además, de la controversia existente entre los métodos e instrumentos de medida; que hacen necesario la propuesta de un protocolo de exploración clínica de DLMI, bajo un estudio previo de fiabilidad y validez. (Figura 1. RMN de una fascitis plantar).



Figura 1. RMN de una fascitis plantar.

### 3. Objetivos.

Como **objetivos principales** nos planteamos los siguientes:

- 1- Determinar, si existe relación entre las DLMI y la posición del pie. Y en su caso definir esta relación.
- 2- Comprobar la fiabilidad de métodos de diagnóstico clínico de DLMI: Weber-Barstow, cinta métrica, nivelómetro, tablillas y DMS.
- 3- Proponer un protocolo clínico fiable y reproducible para el diagnóstico de DLMI.
- 4- Seleccionar los métodos de análisis de la posición del pie más fiables.

Los **objetivos específicos** se plantean en cada uno de los capítulos del presente trabajo.

## **4. Diferencias de longitud de los miembros inferiores (DLMI).**

### **4.1. Concepto.**

Gurney en 2002 define la DLMI como la condición en la que ambas extremidades son notablemente diferentes(1). Y De Pablos, como la diferencia o discrepancia en la longitud de uno o varios segmentos de una extremidad con respecto a los de la contralateral, bien sea por exceso (Hipermetría) o, lo que es mucho más frecuente, por defecto o acortamiento (Hipometría)(7). Se ha descrito una incidencia que afecta del 40-70%(1) al 90% de la población(2).

En cuanto a posibles tipos de DLMI, se establecen dos grupos: reales y funcionales(1,3,7). Podemos hablar de DLMI anatómica o real cuando existe una diferencia de longitud entre los distintos segmentos. Las causas de este tipo de DLMI pueden ser: traumatismos, alteraciones en la cadera, alteraciones en la rodilla, déficit de crecimiento de una extremidad respecto a la otra, curvaturas óseas asimétricas, alteraciones en tobillo, etc. Por otra parte, nos podemos encontrar con DLMI que aparentemente son reales, pero que a lo largo de la exploración descubrimos que son el resultado de una acomodación o compensación debida a otras alteraciones. En éste caso, hablamos de DLMI funcional o aparente, y se produce cuando los distintos segmentos tienen la misma longitud y se observa una diferencia aparente entre los mismos. Pueden estar asociadas a diferentes causas: básculas pélvicas, contracturas o déficits de grupos o cadenas musculares, rangos y movimientos asimétricos en las articulaciones, genu (varo, valgo, recurvatum o flexum), posicionamiento del pie asimétrico (talo, varo, valgo o equino), ángulo de marcha asimétrico, etc.

### **4.2. Clasificación etiológica.**

En la bibliografía aparecen escasas clasificaciones según la etiología de las DLMI. A su vez, algunos autores parten de la diferenciación entre anatómicas y funcionales(8):

### **Anatómicas:**

**Congénitas:** las enfermedades congénitas que afectan al miembro inferior pueden generar un acortamiento o alargamiento de éste:

- Cadera: fémur corto congénito, coxa vara congénita, luxación congénita de cadera.
- Pierna: pseudo artrosis congénita de la tibia.
- Pie: pie zambo equino-varo congénito.

### **Traumáticas:**

- Epifisiólisis: la lesión traumática de la placa fisaria puede alterar la capa de células de la columna y paralizar el crecimiento del miembro. De las cinco variantes de Salter y Harris, la más grave, en el sentido en el que se están planteando, es el grado V (lesión por aplastamiento).
- Fracturas metafisarias: las fracturas que afectan a las metáfisis fértiles (distal del fémur y proximal de la tibia) pueden activar o inhibir la fisis por los trastornos circulatorios que trae consigo esta situación.
- Fracturas diafisarias: es conocido el hipercrecimiento femoral que se suele producir en las fracturas diafisarias de este hueso. Probablemente este hecho se produce por trastornos circulatorios metafisarios distales que terminan activando la fisis distal del fémur de la que depende el 70% del crecimiento en longitud del fémur y el 40% de la longitud total del miembro inferior.

**Irradiaciones:** la irradiación física del cartílago de conjunción bloquea su función, y como consecuencia, su crecimiento se ve limitado.

**Tumorales:** la existencia de los siguientes procesos tumorales puede inhibir el crecimiento en longitud del hueso afectado y causar DLMI:

- Condromas solitarios o múltiples.
- Osteocondromas solitarios o múltiples.
- Hemangiomas.
- Displasia fibrosa solitaria.

- Displasia fibrosa múltiple.

**Vasculares:** se trata de la existencia de fístulas arteriovenosas:

- Congénitas: síndrome de Klippel-Trénaunay.
- Adquiridas: al producirse en el territorio de la fístula un paso de sangre arterial al lado venoso con sobrecarga del ventrículo derecho por hipervolemia, posiblemente se sustrae sangre a los cartílagos fisarios distales a la fístula inhibiendo su actividad, al contrario que los proximales, que resultan activados.

**Inflamatorias:**

- Coxalgia.
- Coxitis aguda en niños.
- Osteomielitis.

**Isquémicas:**

- Enfermedad de Legg-Calvé-Perthes.
- Síndrome isquémico de la cabeza femoral del adulto.

**Estructurales:**

- Coxa vara del adolescente.

**Idiopáticas:** el 70% de las DLMI son de causa desconocida.

**Funcionales:** la DLMI funcional o aparente es el resultado de tensiones musculares o desviaciones articulares en cualquier articulación de la extremidad inferior o la columna vertebral. Algunas de las causas más comunes pueden ser pronación o supinación de un pie en relación al otro, hiperextensión de la rodilla, debido a la debilidad del cuádriceps femoral, abducción/aducción de cadera por tensiones o contracturas musculares y escoliosis lumbar(8). (Figura 2. DLMI funcional, asimetría a distintos niveles).





Figura 2. DLMI funcional, asimetría a distintos niveles.

Rackowski, en 2010(5) clasifica las DLMI, según la etiología en dos grupos:

**Causas directas:**

- Traumatismos: fracturas, amputaciones.
- Trastornos del crecimiento.
- Deformaciones de huesos y articulaciones congénitas o adquiridas.

**Causas de asimetría de crecimiento de la extremidad inferior:**

- Inhibición de crecimiento: congénita, lesión en la fisis, parálisis, proceso inflamatorio del hueso, tumores (destrucción del cartílago de crecimiento o aplicación de radiación en el curso del tratamiento), isquemia.

- Estimulación del crecimiento: tumores, procesos inflamatorios y fracturas (en el proceso de curación), aumento del flujo sanguíneo.
- Se desconoce la etiopatogenia.

#### 4.3. Alteraciones y patologías más comunes relacionadas con las DLMI.

La anisomelia(9) o DLMI real, puede provocar sintomatología dolorosa en la extremidad más larga, debido a la mayor transmisión de cargas que soporta. Además, suele vincularse a una posición anteriorizada del miembro más corto mientras que el contralateral adopta la posición contraria, de esta manera se produce una oblicuidad pélvica compensatoria.

La escoliosis(1–3,5) es una de las diversas consecuencias de DLMI, dado que es una deformidad tridimensional de la columna. Aunque no siempre se debe a este motivo, cuando existe una pierna más larga que otra, la columna sufre un mecanismo acomodativo que provoca una actitud escoliótica. En este caso no existe una deformidad real y la curva desaparece cuando igualamos la longitud de las piernas, dependiendo asimismo de otros factores como la edad del sujeto, alteraciones asociadas, etc., generalmente colocando alzas en los zapatos. Con el tiempo, si esta situación no se compensa, puede desembocar en una escoliosis estructurada.

La patología de la cadera es una de las causas descritas en la bibliografía. Debido a su anatomía, cualquier alteración que influya en la congruencia articular entre el acetábulo y la cabeza femoral puede ser causante de DLMI (funcional o real).

- La **displasia congénita de cadera** es una de las más conocidas, término sustituido recientemente por el de displasia del desarrollo de la cadera (en adelante DDC). Se define como el desarrollo anormal de la articulación coxofemoral desde el nacimiento hasta el final de la maduración. Su descubrimiento precoz evita la evolución prolongada que comportaría el diagnóstico tardío alterando el juego de las articulaciones de carga homogénea subyacentes, rodilla y raquis, así como las del lado contralateral. La displasia de cadera es una enfermedad que se presenta en niños menores de dos años, pero puede tener consecuencias importantes en edad

adulto, incluso, puede llevar a osteoartrosis de cadera, y por tanto, desembocar en invalidez en adultos jóvenes. La DDC es una afección ósea que puede tener su raíz en defectos congénitos, hereditarios, o degenerativos que llevan a una formación inadecuada de la articulación de la cadera (coxafemoral) que puede provocar, a medio plazo, una deficiente formación de la articulación y cojera y a largo plazo, desgaste excesivo de la articulación e invalidez. Se requieren estudios actualizados que relaten los avances más importantes en la comprensión, desarrollo, pronóstico y tratamiento de esta importante enfermedad que afecta de 15 a 20 por cada 1000 niños y prevalece en las niñas recién nacidas(10). (Figura 3. Displasia del desarrollo de la cadera).

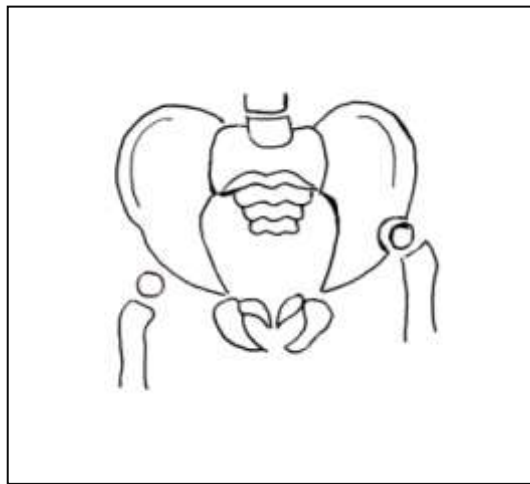


Figura 3. Displasia del desarrollo de la cadera.

- La **enfermedad de Legg-Calvé-Perthes** es una necrosis isquémica idiopática de la epífisis femoral proximal, que se desarrolla en la población infantil, entre los 4-7 años. La prueba diagnóstica más utilizada es la radiografía simple, que además permite clasificar la enfermedad en función de su evolución y de su extensión. Aunque su historia natural, autolimitada en el tiempo, es generalmente benigna, existen una serie de factores asociados a un pronóstico menos favorable. Estos factores son la edad, la extensión de la enfermedad y determinados signos radiológicos, que definen a aquellos pacientes que más se van a beneficiar del tratamiento. Los tratamientos de elección más comunes son las osteotomías

femorales o acetabulares y las ortesis de abducción(11). (Figura 4. Afectación de enfermedad de Legg-Calvé-Perthes en cabeza femoral izquierda).



Figura 4. Afectación de enfermedad de Legg-Calvé-Perthes en cabeza femoral izquierda.

- La **epifisiólisis de cadera** también forma parte del grupo de alteraciones de la cadera que puede ser motivo de DLMI, o bien tener alguna relación directa o indirecta. Se trata de un deslizamiento epifiso-metafisario, generalmente progresivo y ligado a una patología previa del cartílago de crecimiento, que causa una resistencia disminuida ante las fuerzas biomecánicas originadas en esta región anatómica y cuyo resultado sería una coxa vara, deformidad que la caracteriza. También llamada cadera en forma de revolver. Su aparición exclusiva en la pubertad y relacionada casi siempre con un aspecto físico de alteración endocrina ha hecho pensar en un origen hormonal. La epifisiólisis podemos clasificarla ateniéndonos a varios criterios tales como la dirección del desplazamiento, duración de los síntomas, grado de desplazamiento y también según el grado de estabilidad(12). (Figura 5. Epifisiólisis de la cadera.)

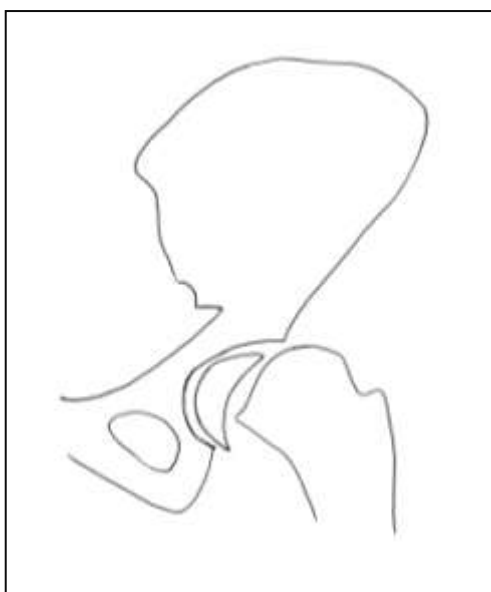


Figura 5. Epifisiólisis de la cadera.

## **5. Complicaciones asociadas a las DLMI.**

Las complicaciones asociadas a la DLMI pueden ser divididas en dos categorías: desórdenes musculoesqueléticos, tales como el dolor lumbar o fracturas por estrés, y limitaciones funcionales, como alteraciones de la estática, la marcha y el equilibrio.

### **5.1. Desórdenes musculoesqueléticos asociados.**

No hay un acuerdo concreto por parte de la comunidad científica respecto al papel que juega la DLMI en desórdenes músculo-esqueléticos, la magnitud de DLMI mínima que los produce y la cantidad aceptable de DLMI necesaria para justificar su tratamiento.

Algunos investigadores han intentado cuantificar una DLMI significativa, aceptando un intervalo que va desde 20(13) a 30 milímetros(14), mientras que otros definen una DLMI significativa en términos de resultados funcionales(15). Unos han encontrado una asociación definida entre la DLMI y el dolor lumbar(5,16–19), sin embargo en otras publicaciones se afirma que no existe relación alguna(20,21). Guichet, 1991(22), sugiere que una DLMI de unos 20 milímetros es inaceptable para el paciente y puede conducir a anomalías del paso y deformidades espinales, es decir, necesitan tratamiento(3,16–18,23); mientras que otras indican que muchas DLMI de hasta 30 milímetros pueden tolerarse bien sin tratamiento(24);

en esta misma línea se manifiesta Petrone, 2003(25), quién afirma que con una DLMI de hasta 50 milímetros las posibles discapacidades son insignificantes.

Parece ser, que la edad del inicio de la DLMI puede ser un factor determinante. Dahl en 1996(26) relata que los niños la pueden compensar más fácilmente que los adultos que han experimentado un repentino inicio.

Otro factor puede ser la actividad funcional del individuo. Subotnick(27) afirmó que los atletas pueden tener síntomas con una DLMI perceptiblemente más pequeña que los que no son atletas. Mientras que Siffert ,1987(28), publicó que una DLMI de 10-25 milímetros es raramente sintomática en la población en general; Friberg 1998(29) encontró que los reclutas del ejército finlandés, con tan sólo 10 milímetros de DLMI, implicados en extensos entrenamientos, tienen una mayor incidencia de fracturas por estrés que los del grupo control sin DLMI. Subotnick(27) propuso que  $\frac{1}{4}$  de pulgada de DLMI en un atleta es tan patológicamente importante como  $\frac{3}{4}$  de pulgada en individuos que no son atletas. Otras alteraciones que se asocian con la DLMI son: la osteoartritis de la cadera y de la columna vertebral, el desajuste aséptico de las prótesis de cadera, fracturas por estrés de la extremidad inferior y/o las sobrecargas de rodillas, entre muchas otras (3,30,31).

## **5.2. Implicación de la DLMI en la postura y el equilibrio.**

En los estudios electromiográficos, se ha demostrado que las DLMI relativamente pequeñas de la longitud de la pierna de 10-20 milímetros pueden conducir a un gran aumento en la actividad muscular de varios grupos de músculos, haciendo imposible mantener una posición correctamente alineada mientras se está de pie(32,33). Además, se transmite una mayor cantidad de presión a través de la cadera de la pierna más larga, debido a una disminución en el área de contacto de la cabeza femoral en el acetábulo, así como un aumento en el tono de los abductores de cadera, secundario a un aumento de la distancia de origen e inserción(34). Como resultado de esta disminución del área de contacto, puede haber un aumento en la carga axial a través de la pierna larga. Mahar y colaboradores en 1985(35) publicaron que la elevación de 10 milímetros en una pierna dio

lugar a un cambio significativo en la posición medio-lateral del centro de presiones hacia la pierna más larga.

También se ha estudiado el efecto de la DLMI en el equilibrio. Parece que hay diferencia entre una DLMI inducida artificialmente y una DLMI verdadera. Gross(15) encontró que sólo el 50% de pacientes con una DLMI de entre 20 y 30 milímetros sentían que estaban desequilibrados; y que sólo el 45% de los pacientes con una DLMI de hasta 30 milímetros estaban dispuestos a usar una elevación. En el estudio de Mahar y colaboradores(35), los autores midieron los cambios de las oscilaciones posturales asociadas a una DLMI artificialmente inducida. Encontraron que había un aumento estadísticamente significativo en las oscilaciones posturales con cada aumento inducido de la DLMI. Los autores concluyeron que pequeñas DLMI pueden ser biomecánicamente significativas.

Por otra parte, Murrell y colaboradores, 1991(36), encontraron resultados contradictorios con lo mencionado anteriormente, analizando sujetos con DLMI verdadera (escala de edad de 20 a 32 años). No hallaron ninguna diferencia estadística en las oscilaciones posturales entre los sujetos con DLMI y el grupo control. Concluyeron, que la adaptación encontrada a largo plazo por el sistema neuromuscular, explicaba la diferencia entre sus resultados y los de Mahar(35). En un estudio más reciente, Kirby y colaboradores(37) indicaron que las diferencias encontradas entre los resultados de su estudio y el de Murrell(36), eran debidas a la pequeña cantidad promedio de DLMI, de la muestra del estudio de Murrell, así como a las diferencias en la posición del pie.

### **5.3. Acomodaciones del cuerpo en las DLMI.**

En la bibliografía consultada se menciona la asintomatología de numerosos sujetos, y las compensaciones que pueden equilibrar la situación encontrada en el sistema músculo-esquelético. Por ejemplo: movimientos de la pelvis para su mejor adaptación, compensaciones del raquis, necesarias pero patológicas, variaciones del centro de gravedad, etc. Lo que puede suponer un incremento del gasto energético y la alteración de los tiempos fisiológicos de la marcha. Algunos estudios han tratado de identificar y medir estas compensaciones en sujetos con DLMI sintomáticos y asintomáticos. A veces se obtuvieron

resultados contradictorios. Se utilizaron distintos instrumentos de medida y se examinaron diversas variables, analizando el equilibrio, la postura, la marcha o la carrera (31,38).

Las compensaciones de las DLMI en la posición erguida pueden ocurrir de muchas y diversas maneras. La pierna más larga se compensa a menudo por la pronación del pie de ese lado(8,39–45). Otro mecanismo compensatorio puede ser la supinación y/o flexión plantar del pie de la pierna más corta(43). Shultz en 2007(46) apunta que ambas alteraciones (varo y valgo de retropié acomodativos) pueden encontrarse combinadas o aparecer únicamente una de ellas para compensar una DLMI. (Figura 6. Pie izquierdo más pronado en DLMI con miembro inferior izquierdo largo).



Figura 6. Pie izquierdo más pronado en DLMI con miembro inferior izquierdo largo.

Bolz(47) explica que la rodilla y la cadera también pueden compensar realizando extensión del miembro más corto y/o flexión del un miembro más largo. McCaw, 1991, expone que si se deja la pierna descompensada, las espinas ilíacas antero y postero-superiores son más bajas en el lado de la pierna corta(48) que, consecuentemente, puede



dar lugar a una base sacra desnivelada y/o escoliosis(2,3,49,50). Hellsing en 1988(51), y Yrjonen en 1992(49) encontraron una asociación clara entre la DLMI y la escoliosis, mientras que otros estudios no han encontrado una asociación clara(52).

### **Pelvis, columna y cabeza en la DLMI.**

Como ya hemos comentado, una de las compensaciones que se producen en la cadera en la DLMI es la anteriorización o posteriorización de la pelvis para minimizar la diferencia de longitud entre las dos extremidades. En el caso del miembro corto, éste estará asociado a un ilíaco en anterioridad, alargando de esta manera la extremidad. En ocasiones, y si es posible, también coexistirá una apertura ilíaca. En el miembro contralateral (más largo), se darán los parámetros contrapuestos: posterioridad ilíaca, acortando así la extremidad, y si es posible un cierre ilíaco. En las DLMI aparentes (funcionales o no anatómicas), observaremos en la pierna corta un ilíaco en apertura y en la pierna aparentemente más larga, un ilíaco en cierre. Ambos movimientos pueden estar asociados a la anterioridad-posterioridad ilíaca al igual que en el caso de DLMI reales combinándose de la misma manera, pero el movimiento predominante será el de apertura-cierre de los ilíacos. Hay estudios que demuestran que las DLMI aparentes están asociadas a rotaciones pélvicas contrapuestas a las que se encuentran en DLMI reales(31,53).

Lafuente Fuster, en 2009(42), describe que todo mecanismo de acomodación de la extremidad inferior, arrastra a la columna lumbar en primera instancia y por consiguiente, al resto de la columna, que realizará compensaciones de abajo arriba con el objetivo último de mantener la vista en el plano horizontal y el oído en equilibrio. Así pues, en la exploración debemos fijarnos en las curvaturas de la columna. La lordosis lumbar estará acentuada en el lado de la pelvis en anterioridad y al contrario si la pelvis se encuentra en posterioridad. Si la lordosis lumbar está aumentada, estarán aumentadas todas las curvaturas de la columna. Así, se observará una antepulsión-retropulsión y lateralización de la cabeza a raíz de las vertebrales cervicales. Si está aumentada la lordosis lumbar, la pelvis se encontrará en antepulsión para compensar y si se encuentra verticalizada, estará en retropulsión. Como los movimientos pélvicos en las DLMI son opuestos para cada hemipelvis, el tronco estará

rotado, cumpliendo los preceptos compensatorios para cada hemipelvis. Por tanto, la cabeza se posicionará normalmente hacia el lado de la pierna corta.

## **6. Compensación ortopédica.**

Sobre la pertinencia de compensar las DLMI con alzas, Blake y Ferguson, 1992(13), afirmaron que una DLMI real requiere tratamiento ortopédico, a veces unido a alzas, si la etiología se relaciona con la mala mecánica del pie. Ya que primará tratar la patomecánica del pie. Monroy en 1995(18), propone compensar DLMI de al menos 4mm.; con alzas siempre menores a la diferencia de longitud. Varios autores(54,55) defienden que el uso de alzas mejora el dolor lumbar y la discapacidad. Defrin, 2005(17), con una muestra de 33 sujetos con lumbalgia crónica y una DLMI de 10 mm. o menos, trató a 22 de ellos y resultó que se redujo significativamente la intensidad del dolor ( $p<0.001$ ) y la discapacidad ( $p<0.05$ ). Una correlación positiva moderada se encontró entre DLMI y el grado de alivio del dolor después de usar alzas ( $r=0.47$ ). El autor afirma que la compensación de la DLMI con alzas parece reducir el dolor lumbar crónico y la discapacidad funcional en pacientes con DLMI de 10 mm. o menos. Golightly en 2007(16) compensa DLMI en pacientes con dolor lumbar crónico a partir de 6.4 mm, y cuantifica el grosor del alza según la evolución de la sintomatología. Los sujetos experimentaron disminución de los síntomas de dolor en general ( $P=0.0006$ ), asociados con el pie ( $P=0.002$ ), y del grado de incapacidad ( $P=0.001$ ). Por ello, defiende que las alzas en zapatos pueden reducir el dolor lumbar y la incapacidad. Lafuente Fuster(42), según la evidencia clínica, afirma que las DLMI se deben compensar a partir de 5mm. Y aproximadamente con el 50% de la diferencia, si es menor siempre que exista clínica. Añade, “hay que tener en cuenta que la compensación en cuña (de talón a metatarsianos) es un 25% menor que si compensamos con una palmilla completa”. Para argumentarlo se basó en el estudio de Domínguez y colaboradores 2006(56) con 36 sujetos en el que comprobó que usando elevadores de talón de 6, 12 y 18 mm., aumenta la altura de la extremidad un 76.4% de la altura máxima.

# **METODOLOGÍA**

## **GENERAL**

## **METODOLOGÍA GENERAL**

La metodología del trabajo de campo, desarrollado entre enero de 2012 y abril de 2015, plantea un estudio descriptivo transversal de tipo observacional(57). Sobre una muestra de 115 participantes, elegidos por conveniencia, tras consentimiento informado (Anexo 1). Compuesta por sujetos mayores de edad, excluyendo aquellos que sufran o hayan sufrido alguna afección grave o cirugía osteo-articular en las extremidades inferiores y pies. Se cumplió la normativa vigente sobre estudios de investigación y se obtuvo aceptación por parte del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla (Anexo 3). A todos los participantes se les realizó el mismo protocolo de exploración. Diseñado según un estudio piloto previo sobre 20 participantes y la opinión de 6 expertos en la materia. Se realizaron pruebas de fiabilidad intra e interobservador. Y se eligieron únicamente aquellas maniobras exploratorias que garantizaban la fiabilidad y/o validez de las mediciones, bien por las pruebas realizadas, bien por los resultados obtenidos en publicaciones científicas anteriores.

### **1. Características generales de la muestra.**

Según el sexo, la muestra la componen un 52.2% de hombres y un 47.8% de mujeres, con una edad media de  $29,58 \pm 10.62$  años. Peso medio  $69.13 \pm 12.18$  kg.,  $1.69 \pm 0.09$  m. de talla y un índice de masa corporal de  $24.09 \pm 3.13$  kg/m. El 95.5% de la muestra son diestros y el 4.5% zurdos. Según la telemetría la DLMI media es de 5.2 mm.

### **2. Consideraciones éticas.**

Todos los sujetos que han participado en el estudio lo hicieron de forma voluntaria. La colaboración implicó que estos sujetos consintieran participar, de forma oral y escrita, una vez recibida suficiente información sobre la naturaleza del estudio. El equipo investigador guarda copias de los consentimientos firmados por los sujetos de estudio (Anexo 1). Entre otras informaciones, el documento que conservaron los sujetos fue un teléfono de contacto del equipo investigador y una cláusula en la que se explicaba explícitamente que pueden abandonar el estudio cuando lo consideren oportuno sin tener que proporcionar motivo alguno al equipo investigador.

Se respetaron las normas dictadas en la Declaración de Helsinki de 1964, y sus revisiones de Tokio de 2004. Además fue de obligado cumplimiento las normas del Informe Belmont de 1978, la Ley General de Sanidad de 1986, las del Convenio de Oviedo de 1997 y la Ley Básica Reguladora de la Autonomía del Paciente. Los investigadores y profesionales sanitarios relacionados con este estudio se comprometen a garantizar la confidencialidad de los datos y velar por el cumplimiento de las recomendaciones de la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal (LOPD) y las del Real Decreto 1720/2007 de 21 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la LOPD.

### **3. Métodos e instrumentos para la medición de DLMI.**

#### **3.1. Métodos clínicos.**

##### **Maniobra de Weber-Barstow**

La maniobra de Weber-Barstow(58) se creó con el objetivo de de detectar DLMI. El sujeto se coloca en decúbito supino, con caderas y rodillas flexionadas y pies apoyados sobre la camilla. Mientras, el examinador de pie, apoya las manos sobre el dorso de los pies del sujeto y con ambos pulgares palpa el borde inferior de los maléolos mediales. Se pide al sujeto que levante la pelvis, mientras el examinador continúa con los pulgares en los maléolos, y posteriormente se le pide que descienda despacio, hasta apoyar nuevamente la pelvis sobre la camilla. El examinador extiende las rodillas y compara la posición de los maléolos. Si los pulgares se encuentran a distinto nivel, el hallazgo será positivo, es decir, existe DLMI. (Figura 7. Maniobra de Weber-Barstow . Figura 8. Maniobra de descontractura de la musculatura pélvica).

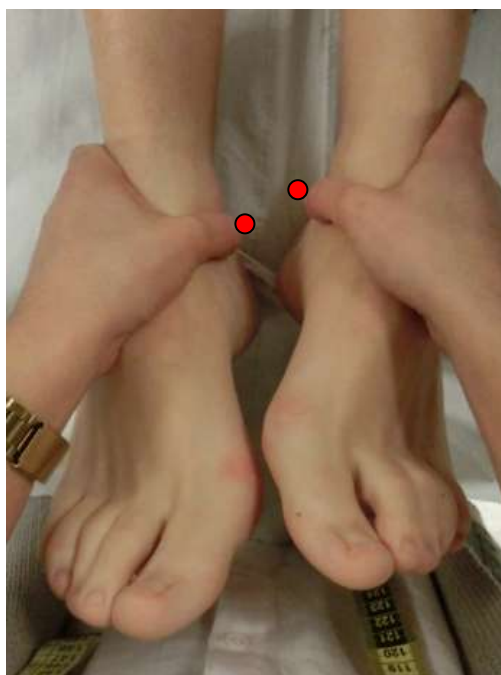


Figura 7. Maniobra de Weber-Barstow.



Figura 8. Maniobra de descontractura de la musculatura pélvica.

### **Método directo: cinta métrica.**

El método directo(59,60) se realiza con el sujeto en decúbito supino, midiendo la distancia entre dos referencias óseas con una cinta métrica. Es un método fácil, barato y preferido por los clínicos para la medición de DLMI cuando no hay acortamiento por debajo del tobillo y cuando no influye la carga del peso corporal en la DLMI. Tiene dos variantes, una que mide la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior (EIAS) y el maléolo peroneal(59) y otra que la mide desde la EIAS al maléolo tibial(60). (Figura 9. Variantes en los puntos de referencia con la cinta métrica: borde inferior EIAS, bisección EIAS, ombligo, xifoides).



Figura 9. Variantes en los puntos de referencia con la cinta métrica: borde inferior EIAS, bisección EIAS, ombligo, xifoides.

### **Palpation Meter (PALM)<sup>®</sup>.**

Se puede incluir dentro de los métodos indirectos de medición de la DLMI. Se trata de un inclinómetro, unido a un calibre milimétrico, que indica los grados de inclinación sobre la horizontal entre las dos referencias que se desee medir a través de dos brazos articulados. El mecanismo está ideado de forma que al mismo tiempo que hace una lectura en milímetros entre esas dos referencias indicadas anteriormente, realiza una medición de la inclinación entre esos dos puntos. De este modo, en la misma lectura estamos obteniendo la distancia (en línea recta) entre esas referencias y el ángulo que forma ésta sobre la horizontal. De esta manera, aplicando el teorema de Pitágoras, podemos calcular la diferencia de longitud vertical entre esas dos referencias. Es decir, se multiplica el seno de ese ángulo por la distancia registrada para obtener la medida de la DLMI. (Figura 10. Palpation Meter PALM<sup>®</sup>. Figura 11. Valoración de la DLMI con el PALM<sup>®</sup>).



Figura 10. Palpation Meter PALM®.



Figura 11. Valoración de la DLMI con el PALM®.

### Nivelómetro.

Instrumento utilizado para cuantificar la DLMI existente en sujetos con dicha patología. Consiste en dos barras deslizantes unidas a una tercera de mayor longitud. La última porta un calibre milimétrico en su zona frontal y lleva marcados 21 centímetros a



cada lado del calibre, a lo que siempre se le debe sumar los 10 centímetros de ancho que éste ocupa. El aparato es colocado sobre las crestas ilíacas, deslizado las barras móviles, para conseguir una adaptación adecuada al individuo en función de sus características antropométricas. Situándose el individuo en bipedestación en el podoscopio sin moverse, y de espaldas al observador. El calibre dicta los datos que nos proporcionan el resultado de la siguiente manera: distancia entre la los crestas ilíacas, multiplicada por el seno del ángulo, que se crea debido a la diferencia de altura entre las dos crestas. (Figura 12. Nivelómetro).



Figura 12. Nivelómetro.

### **Tablillas de elevación**

En este método indirecto se usan bloques o tablillas de elevación(3,23,30), que se colocan bajo la pierna corta al tiempo que se examina visualmente la pelvis hasta que ésta se equilibra. Este método valora la distancia del pie y del tobillo al suelo, mientras que los que utilizan la cinta métrica no los tiene en cuenta. (Figura 13. Valoración de la DLMI con tablillas de elevación)



Figura 13. Valoración de la DLMI con tablillas de elevación.

### **Foot Posture Index (FPI).**

El Foot Posture Index (FPI), o Índice de Postura del Pie (IPP), es una herramienta clínica diagnóstica, cuya finalidad es cuantificar el grado de posición neutra, pronada o supinada del pie.

El objetivo inicial era realizar un método simple de puntuación de varios factores de la postura del pie por medio de un resultado simple y cuantificable. El FPI se valora en carga de acuerdo a los criterios predefinidos, que se desarrollarán a continuación. El FPI se elaboró inicialmente con ocho criterios, los cuales durante el proceso de validación fueron redefinidos a la versión de seis criterios.

Todas las valoraciones se realizan con el paciente en bipedestación, en posición relajada con la base de sustentación y el ángulo de progresión en estática y apoyo bipodal. Esta postura se aproxima a la función del pie durante el ciclo de la marcha.

El método de puntuación de los criterios del FPI se realizó por medio de la observación y experiencias de los profesionales. Todas las observaciones o valoraciones

similares a neutras se graduaron como cero, mientras que las posturas en pronación se graduaron en valores positivos, y las supinadas en negativo.

Cuando se combinan los valores, el resultado de la suma proporciona un índice de la postura global del pie. Un valor alto en positivo indica la postura pronada del pie, al contrario, un resultado significativamente negativo indica una posición global en supinación, mientras que el pie neutro tendrá un valor del FPI cercano a cero. Aunque las mediciones se hacen en apoyo bipodal cada criterio debe ser valorado de forma independiente.

Los seis criterios clínicos empleados en el FPI según Redmon 2006(61) son:

- Palpación de la cabeza del astrágalo (Figura 14).
- Curvatura supra e inframaleolar lateral (Figura 15).
- Posición del calcáneo en el plano frontal (Figura 16).
- Prominencia de la región talo navicular (Figura 17).
- Congruencia del arco longitudinal interno (Figura 18).
- Abducción / aducción del antepié respecto al retropié (Figura 19).



Figura 14. Palpación del la cabeza del astrágalo.



Figura 15. Curvatura supra e inframaleolar lateral.



Figura 16. Posición del calcáneo en el plano frontal.



Figura 17. Prominencia de la región talo navicular.



Figura 18. Congruencia del arco longitudinal interno.



Figura 19. Abducción / aducción del antepié respecto al retropié.

Cada uno de los criterios debe ser graduado de forma ordinal, simple, como 0 el neutro, con una variación mínima de -2 con claros signos de supinación, y un +2 con claros signos de pronación. La puntuación final del FPI será un número entero ente -12 y +12.

En la mayoría de los casos existirá un patrón claro del valor y la interpretación clínica será fácil. Aunque en algunos pacientes la existencia de predominio en uno de los tres planos del pie puede producir diferencias en la función del antepié y retropié y por lo tanto en el resultado de la valoración del FPI.

Los segmentos del pie y los planos corporales se miden por medio del FPI y se registran en la hoja de recogida de datos. Esto permite al FPI reflejar mayor información que las distintas técnicas existentes. Mientras que la interpretación necesita una valoración del

profesional basada en el conocimiento de los clínicos en anatomía y función, la información ofrecida por el FPI permite una mejor y más fácil interpretación. Se considera válido a partir de su realización en 30 personas, antes de usarlo en clínica(61). En función de los valores de referencia marcados podemos clasificar el tipo de pie de la siguiente manera:

- Normal: 0 a +5.
- Pronado: +6 a +9. Altamente pronado +10.
- Supinado: -1 a -4. Altamente supinado -5 a -12.

### **Navicular Drop Test (NDT).**

Solo se necesita una tarjeta y un buen conocimiento de la anatomía del pie para realizar esta prueba. Comienza con la localización del navicular marcándolo con un lápiz dermográfico, después palpamos astrágalo, para colocar la ASA en posición neutra, posición que conseguiremos a la misma palpación de la cabeza del astrágalo tanto por la zona interna como por la externa. Con la tarjeta perpendicular a la zona interna del pie, señalamos el primer punto, a la altura de la marca pintada en el navicular. Luego, dejamos el pie relajado, es decir, en su posición relajada del calcáneo en apoyo, y transferimos a la tarjeta la altura en la que queda ahora la marca del navicular. En algunos estudios se llega a la conclusión de que estas mediciones en el pie y el tobillo no son confiables cuando se realiza por los probadores sin experiencia(62,63). (Figura 20. Técnica para cuantificación del Navicular Drop Test).



Figura 20. Técnica para cuantificación de Navicular Drop Test.

### **Distancia de los maléolos al suelo (en adelante DMS). Diseño de un nuevo método.**

Medida que diseñamos como procedimiento de valoración de la posición del pie para clasificación de varo o valgo, y su relación con las DLMI. El proceso se basa en que, una vez situado al paciente en bipedestación sobre el podoscopio (propuesto así por la mayor comodidad del examinador), y previa marca del punto más bajo del maléolo peroneal y el tibial. Se mide la distancia entre el suelo y el maléolo peroneal (en adelante DMPS), y entre el suelo y el maléolo tibial (en adelante DMTS); para compararlo después con los datos resultantes de la medida del miembro contralateral. Los resultados serán en centímetros utilizando para ello, la regla de Perthes apoyada sobre el podoscopio. (Figura 21. Determinación de la distancia desde el maléolo al suelo (DMS)).



Figura 21. Determinación de la distancia desde el maléolo al suelo (DMS).

### 3.2. Métodos radiológicos.

La telemetría anteroposterior de los dos miembros inferiores en carga se realizó con un equipo de radiología convencional General Electric Compax 400® (General Electric, Milwaukee, Wisconsin, USA). Los parámetros radiológicos empleados fueron de 82 kilovoltios y 51mA/seg. Se determinaron como puntos de referencia la parte más alta de la cabeza del fémur(64,65) y la bisección del borde inferior de la tibia(59,64,66), y se cuantificó la longitud de la línea recta que unía ambas referencias con el programa informático Autocad® 2013. (Figura 22. Cuantificación de DLMI con Autocad® en telemetría).



Figura 22. Cuantificación de DLMI con Autocad® en telemetría.



#### 4. Protocolo.

- Entrevista, anamnesis con el sujeto de estudio una vez comprobados los criterios de inclusión y firma del consentimiento informado.

- Cumplimentación de la historia clínica.

- Estudio de las DLMI según el siguiente esquema cronológico:

1º Maniobra de Weber-Barstow(67) para determinar la lateralidad de la DLMI: sujeto en decúbito supino en la camilla con las piernas en paralelo, comparamos visualmente los maléolos tibiales, se realiza una maniobra de descontractura de la musculatura pélvica: con los pies juntos apoyados en la camilla y las rodillas a 20º, se pide al paciente que a la vez que inspira por la nariz realice una elevación de la pelvis, se mantenga diez segundos en esa posición y luego baje lentamente. Volvemos a comparar visualmente los maléolos mediales.

2º Medición de ambos miembros en decúbito supino sobre la camilla con cinta métrica desde EIAS a borde inferior de maléolo medial(29,38,60,68). Y desde EIAS a maléolo lateral(59).

3º En bipedestación, con el sujeto en su ángulo y base de marcha, procedemos a la cuantificación de la diferencia de altura entre las crestas ilíacas mediante el PALM®: que trata de un inclinómetro unido a un calibre milimétrico, que indica los grados de inclinación sobre la horizontal entre las dos referencias que se desee medir a través de dos brazos articulados, que se colocaron sobre las crestas ilíacas(25,69).

4º Desde la misma posición, se determina la DLMI usando el nivelómetro: nivel de burbuja de aire con dos brazos que se apoyan en cada cresta iliaca, y que cuantifica la DLMI multiplicando la distancia entre las crestas iliacas por el seno del ángulo de inclinación. Es un instrumento de medida diseñado por compañeros de la facultad de Podología de la Universidad de Sevilla y está en fase de solicitud de registro de patente.

5º Posteriormente se cuantifica la compensación en milímetros colocando tablillas bajo el miembro corto hasta que la burbuja marque 0º (70).

6º Clasificación del pie según el Foot Posture Index (FPI) en su versión de 6 criterios(61), en varo, valgo y neutro.

7º Cuantificación del Navicular Drop Test (NDT)(63) en ambos pies: se marca el navicular. Con el sujeto frente a nosotros, se traspasa la marca a la tarjeta de cartón, primero con el pie en posición relajada y seguidamente con la ASA en posición neutra. El resultado es la distancia en milímetros entre las dos marcas.

8º Cuantificación de la distancia del maléolo peroneal al suelo y del maléolo tibial al suelo de ambos pies (DMPS y DMTS)(39).

9º Telemetría anteroposterior de los dos miembros inferiores en carga. Se tomaron como puntos de referencia la parte más alta de la cabeza del fémur y la bisección del borde inferior de la tibia(64,65). (Diagrama 1. Propuesta de protocolo).

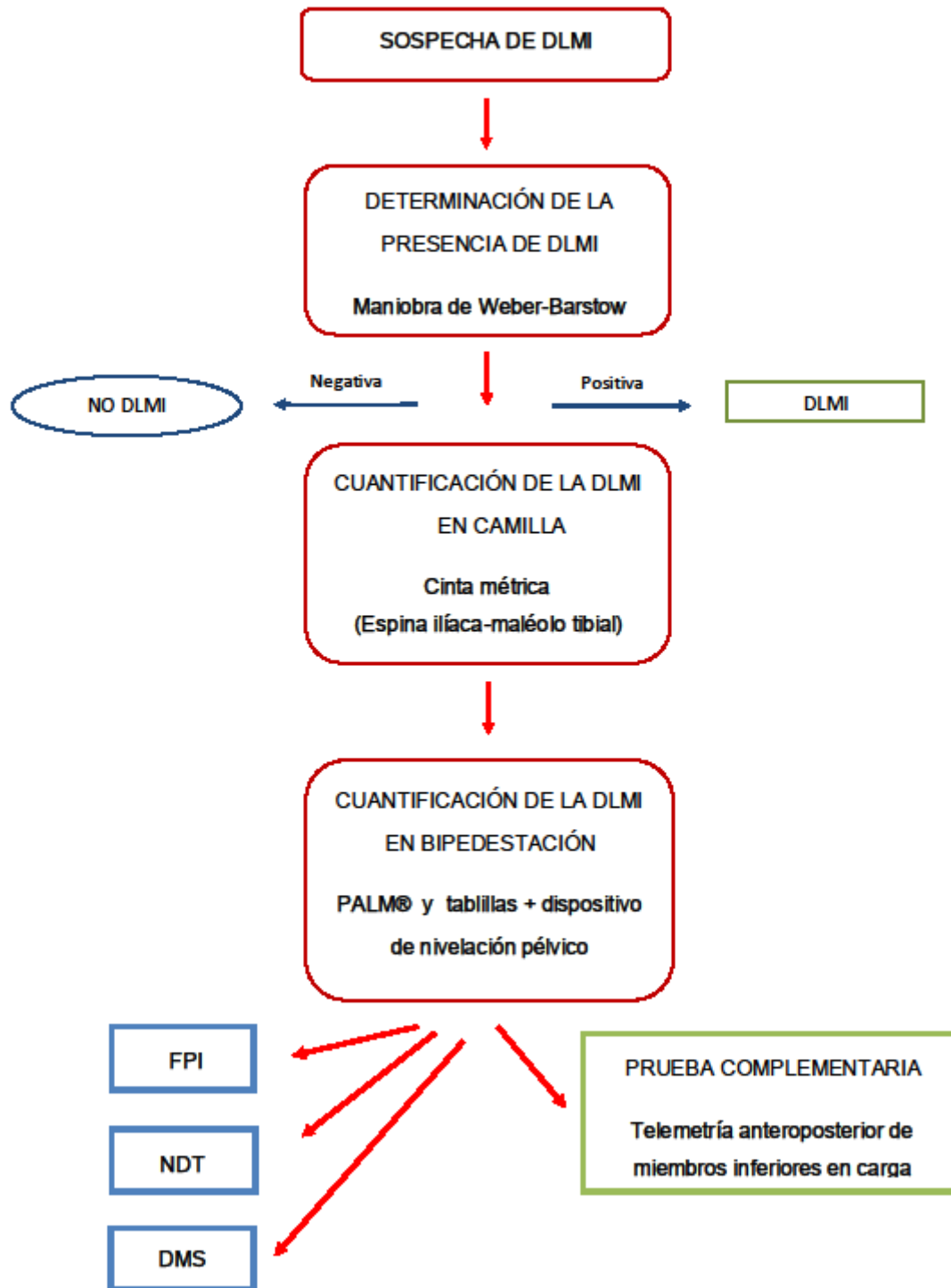


Diagrama 1. Propuesta de Protocolo.

## 5. Metodología estadística.

El análisis estadístico ha sido específico para cada uno de los estudios publicados. A continuación comentaremos los rasgos generales de la metodología estadística utilizada. Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics v. 22 para Windows.

Para determinar el tamaño muestral se tomó como referencia la variable Telemetría y se ha obtenido el tamaño muestral para comparación de dos medias (miembro corto y miembro largo).

La fórmula a aplicar es,

$$n = \frac{2s^2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2}{d^2}$$

s. Estimación de la desviación típica basándose en estudios anteriores.

$\alpha$ . Error Tipo I

$\beta$ . Error Tipo II

d. Diferencia mínima que se desea detectar

Por tanto, la ecuación final sería,

$$n = \frac{2s^2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2}{d^2} = \frac{2 \cdot 1,25^2 \cdot (1,96 + 0,84)^2}{0,9^2} = 30,25 \cong 31$$

Conclusión: se requieren al menos 62 medidas de miembros inferiores, es decir, 31 sujetos para poder efectuar una comparación cumpliendo estos requisitos.

**Análisis descriptivo:** Las variables numéricas se han resumido con medias y desviaciones típicas, medianas, percentiles ( $P_{25}$  y  $P_{75}$ ), y mínimos y máximos. Mientras que las variables no numéricas con frecuencias y porcentajes. Estas medidas se han calculado globalmente y para grupos de casos. La descripción de la muestra se completará con distintas representaciones

gráficas según el tipo de información (numérica/ no numérica). Se han obtenido estimadores puntuales e intervalos de confianza al 95% para los diferentes estadísticos.

**Análisis de los datos:** En primer lugar se realizó una exploración de los datos, generando estadísticos de resumen y representaciones gráficas para todos los casos y de forma separada, para grupos de casos. Este procedimiento se utiliza para identificar valores atípicos y caracterizar diferencias entre subpoblaciones (grupos de casos), y puede mostrar la existencia de valores inusuales o extremos en las observaciones.

**Análisis Inferencial:** Para la determinación de la fiabilidad de las medidas se calculó el estadístico de fiabilidad  $\alpha$  de Cronbach, el coeficiente de correlación intraclase o la prueba de Kappa ponderada, según sea el caso.

Para medir la relación lineal entre pares de variables numéricas se han calculado coeficientes de correlación de Pearson o Rho-Spearman según criterio de aplicación. Se aplicó el test de correlación o independencia para ver la significación de la asociación.

Para analizar la relación entre una variable cualitativa dicotómica y una cuantitativa se ha realizado el test de la t de Student una vez validado los requisitos de aleatoriedad, independencia, normalidad e igualdad de varianza. En el caso de no cumplirse el requisito de igualdad de varianza (test de Levene) se realizará la t de Student con la corrección de Welch. En caso de no cumplirse el requisito de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) se realiza la prueba U-Mann Withney. En el caso de detectarse diferencias significativas, se determinan intervalos de confianza para diferencias de medias al 95% que cuantifiquen dichas diferencias. En todos los contrastes de hipótesis se ha considerado un nivel de significación de 0,05.

Para comprobar la relación entre grupos relacionados se realizó la prueba de Wilcoxon de los rangos con signos para muestras relacionadas, o el análisis bidireccional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas. Se consideró significativo un valor de  $p < 0.05$ .

# **CAPÍTULOS**

## **CAPÍTULO I**

*-DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Gómez-Domínguez A, Algaba-Peña C, Castillo-López JM. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

## **CAPÍTULO II**

*-Relationship between leg length discrepancy and the foot posture index.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

## **CAPÍTULO III**

*-Review about the utility of clinical methods in the lower limb discrepancy.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (En revisión).

## **CAPÍTULO IV**

*- Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores.* Gómez-Aguilar E, Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. (Aceptado para publicación, 2016).

## **CAPÍTULO V**

*-Radiological assessment of lower limb discrepancy.* Reina-Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Castillo-López JM, Gómez-Aguilar E, Munuera-Martínez PV. Journal of the American Podiatric Medical Association (Aceptado para publicación, 2016).

## CAPÍTULO VI

Comunicaciones escritas (formato póster) presentadas en eventos de carácter científico divulgativo.

- *Métodos clínicos descritos en el estudio de disimetrías*. IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.
- *Fiabilidad Interobservador – Intraobservador en la Exploración de las Disimetrías de MMII*. IV Simposium internacional de Biomecánica y Podología Deportiva. Póster científico. Valencia, 2015.
- *Disimetrías del miembro inferior: Telemetría Vs Método indirecto*. 46 Congreso Nacional de Podología. Póster científico. Albacete, 2015.



## MÉTODOS CLÍNICOS EN EL ESTUDIO DE DISIMETRÍAS

**DISIMETRÍA:** "Diferencia o discrepancia de longitud existente entre las extremidades inferiores"

**Real o anatómica:** existe una diferencia real de longitud entre los distintos segmentos.

**Funcional o aparente:** los segmentos óseo miden lo mismo. Resultan de una acomodación o compensación.



## MÉTODOS CLÍNICOS DESCRITOS

### CAMILLA

#### Weber-Barstow



#### Cinta métrica

**Gogia y Braatz, y Hoyle**, obtuvieron muy buena fiabilidad entre las medidas que utilizaban como punto de referencia el maléolo interno y la radiografía.



### BIPEDESTACIÓN

#### Método indirecto

**Friberg et al., y Clark** no obtuvieron buenos resultados de fiabilidad entre el método indirecto, y la radiografía.



#### Dispositivo nivelación

**Gross et al.** Obtuvieron buena fiabilidad respecto al dispositivo de nivelación y aceptable validez respecto a la radiografía.



*No hay consenso en cuanto a la fiabilidad y validez*

## CONCLUSIONES

- ✓ No se ha encontrado referencias bibliográficas respecto a la fiabilidad del Weber-Barstow.
- ✓ Relacionándose con radiografía, el método indirecto tiene mayor fiabilidad y validez que el directo.
- ✓ Entre las dos variaciones del método directo, la medida que utiliza como referencia el maléolo externo es más precisa que la que utiliza el maléolo interno.
- ✓ Los autores abogaron por el uso del método indirecto para el diagnóstico, especialmente en caso de que pudiera tratarse de una asimetría funcional de la longitud de las piernas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lafuente B, Lafuente G, Munuera PV. Protocolo de exploración de disimetrías. Podología clínica. 2009; 10(5): 140-147.
2. Woerman AL, Binder-MacLeod SA. Leg length discrepancy assessment: Accuracy and precision in five clinical methods of evaluation. J Orthop Sports Phys Ther. 1984; 5(5): 230-9.
3. Beattie P, Isaacson K, Riddle DL, Rothstein JM. Validity of derived measurements of leg-length differences obtained by use of a tape measure. Phys Ther. 1990; 70(3): 150-7.
4. Gross MT, Burns OS, Chapman SW, Hudson CJ, Curtis HS, Lehmann JR, et al. Reliability and validity of rigid lift and pelvic leveling device method in assessing functional leg length inequality. J Orthop Sports Phys Ther. 1998 Apr; 27(4): 285-94.
5. Friberg O, Numminen M, Korhonen K, Soinen E, Manttari T. Accuracy and precision of clinical estimation of leg length inequality and lumbar scoliosis: Comparison of clinical and radiological measurements. Int Disabil Stud. 1988; 10(2): 49-53.
6. Clarke GR. Unequal leg length: An accurate method of detection and some clinical results. Rheumatol Phys Med. 1972; 11(8): 385-90.
7. Gogia PP, Braatz JH. Validity and reliability of leg length measurements. J Orthop Sports Phys Ther. 1980; 8(4): 185-8.
8. Hoyle DA, Latour M, Bohannon RW. Intra-examiner, inter-examiner, and interdevice comparability of leg length measurements obtained with measuring tape and metrecom. J Orthop Sports Phys Ther. 1991; 14(6): 263-8.
9. Mann M, Glasheen-Wray M, Nyberg R. Therapists agreement for palpation and observation of iliac crest heights. Phys Ther. 64(3): 334, 1984.
10. Redmond AC, Crosbie J, Cuvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. Clin Biomech. 2006; 21:89-98.
11. Rothbart SA. Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2006; 96(6): 499-507.
12. Menz HB. Two feet or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. Foot. 2004; 14: 2-5.

# Fiabilidad Interobservador – Intraobservador en la Exploración de las Disimetrías de MMII

Autores: D<sup>a</sup>. Águeda Gómez Rodríguez, D. Guillermo Lafuente Sotillos, D<sup>a</sup> María Reina Bueno, D. José Manuel Castillo López, D<sup>a</sup>. Estela Gómez Aguilar, D. Manuel Coeña Jiménez. Dpto. de Podología, Universidad de Sevilla.

- La fiabilidad estadística garantiza la validez y precisión de la medida
- Determina la capacidad de poder reproducir o no los resultados
- Aporta confianza en el análisis estadístico y en los resultados

## Características de La Muestra

Sujetos diagnosticados de disimetrías.  
Mayores de edad. E. PILOTO CON N=20 .

## Procedimiento

- Tres exploradores → tres veces/participante
- Momentos diferentes y de forma aislada
  - Siguiendo el protocolo de exploración establecido
  - Prueba de fiabilidad con SPSS
- (TEST de Fiabilidad=Alfa de Cronbach)

## Mediciones Clínicas

### Decúbito Supino

Cinta Métrica desde EIAS (D/I)

Cinta Métrica desde Bisección entre EIAS (D/I)

Cinta Métrica desde ombligo (D/I)

Desde esternón (D/I)

Allis Tibias  
Allis Fémur

### Bipedestación

Nivelómetro con y sin tabillas

FPI  
Derecho/  
Izquierdo

## Resultados

Se utiliza cómo índice de fiabilidad el coeficiente (alfa) de Cronbach (Variables Cuantitativas)  
Según el test de fiabilidad interobservador e intraobservador:  
**TODAS LAS MEDICIONES SON FIABLES, Alfa de Cronbach superior a 0,7, EXCEPTO ALLIS-FEMUR Y NIVELÓMETRO (SÍN TABILLAS)**

## Discusión-Conclusiones

Estudios, como los de Beattie P, Piva SR, Hoyle DA, Jamaluddin S, Kelly R, Sabharwal MD y Gogia PP, aportan resultados inter e intraobservador con valores superiores o iguales a 0,8.  
Fryer G. habla de una fiabilidad débil en sujetos simétricos, y alta cuando existe disimetría.  
A modo de conclusión, según los resultados del estudio piloto, **las medidas indirectas**, excepto Allis-Fémur y Nivelómetro sin tabillas, resultan **fiables en el diagnóstico de las disimetrías**. Queda pendiente determinar si también son métodos certeros en la cuantificación de las disimetrías de MMII.

## Bibliografía

Beattie P, Isaacson K, Riddle DL, Rothstein JM. Validity of derived measurements of leg-length differences obtained by use of a tape measure. *Phys Ther.* 1990; 70(3):150-7. / Gogia PP, Braatz JH. Validity and reliability of leg length measurements. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1986; 8(4):185-8. / Fryer G. Factors affecting the intra-examiner and inter-examiner reliability of palpation for supine medial malleoli asymmetry. *Int J Osteopath Med.* 2006; 9(2):58-65. / Jamaluddin S. 2011. Reliability and accuracy of the tape measurement method with a nearest reading of 5 mm in the assessment of leg length discrepancy. *Singapore medical Journal.* 52(9), 681-684. / Hoyle DA, Latour M, Bohannon RW. Intraexaminer, interexaminer, and interdevice comparability of leg length measurements obtained with measuring tape and metrecom. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991; 14(6):263-8. / Kelly R. 2009. Interexaminer reliability of a leg length analysis procedure among novice and experienced practitioners. *Journal of manipulative and physiological therapeutics.* 32(3), 216-222. / Sabharwal MD. 2007. Reliability Analysis for Radiographic Measurement of Limb Length Discrepancy. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 27(1), 46-50. / Vallejo, P.M. La fiabilidad de los tests y escalas.

# DISIMETRÍAS DEL MIEMBRO INFERIOR: TELEMETRÍA Vs MÉTODO INDIRECTO

\*D<sup>a</sup>. Estela Gómez Aguilar, \*\*Dr. D. José Manuel Castillo López, \*\*Dr. D. Guillermo Lafuente Sotillos, \*\*Dr. D<sup>a</sup> María Reina Bueno.  
\*D.U.P., \*\*Profesores del Dpto. de Podología. Universidad de Sevilla.

## INTRODUCCIÓN:

- Alta prevalencia de la disimetría de longitud entre los miembros inferiores y su relación con el pie.
- Inexistencia de protocolo estandarizado compuesto por medidas e instrumentos fiables y validados.
- Telemetría: método mejor valorado en cuanto a fiabilidad y validez. Pero que posee numerosos inconvenientes.

## OBJETIVOS:

- ✓ Obtención de pruebas clínicas fiables. Exclusión de la telemetría.

## METODOLOGÍA: SUJETOS

Estudio observacional  
transversal descriptivo

Estudio piloto con n=20,  
Sujetos del Área Clínica de  
Podología. Universidad de  
Sevilla

### Criterios de inclusión

1. Sujetos diagnosticados de disimetrías.
2. De edad entre 19 y 60 años.
3. Sin sintomatología dolorosa.
4. Que no hayan sido sometidos a operaciones de pelvis o MMII.



Selección muestra  
según criterios de  
inclusión

Consentimiento  
informado para  
estudio de  
investigación

Exploración según  
protocolo establecido

### Prueba de fiabilidad:

- ✓ 3 observadores
  - ✓ 3 veces
- Mismo sujeto

## RESULTADOS

Se utiliza cómo índice de fiabilidad el coeficiente (alfa) de  
CronBach (Variables Cuantitativas)

Según el test de fiabilidad interobservador e intraobservador:  
La medición es fiable, Alfa de Cronbach superior a 0.7.



## CONCLUSIÓN

Podemos obtener un diagnóstico certero sobre  
disimetrías de miembro inferior utilizando pruebas  
clínicas.

**Fiabilidad del  
Método Indirecto**

1. Lafuente B, Lafuente G, Munuera PV. Protocolo de exploración de disimetrías. Podología clínica. 2009; 10(5): 140-147.
2. Woerman AL, Binder-Macleod SA. Leg length discrepancy assessment: Accuracy and precision in five clinical methods of evaluation. J Orthop Sports Phys Ther. 1984; 5(5): 230-9.
3. Beattie P, Isaacson K, Riddle DL, Rothstein JM. Validity of derived measurements of leg-length differences obtained by use of a tape measure. Phys Ther. 1990; 70(3): 150-7.
4. Gross MT, Burns CB, Chapman SW, Hudson CJ, Curtis HS, Lehmann JR, et al. Reliability and validity of rigid lift and pelvic leveling device method in assessing functional leg length inequality. J Orthop Sports Phys Ther. 1998 Apr; 27(4): 285-94.
5. Friberg O, Nurminen M, Korhonen K, Soininen E, Manttari T. Accuracy and precision of clinical estimation of leg length inequality and lumbar scoliosis: Comparison of clinical and radiological measurements. Int Disabil Stud. 1988; 10(2): 49-53.
6. Clarke GR. Unequal leg length: An accurate method of detection and some clinical results. Rheumatol Phys Med. 1972; 11(8): 385-90.
7. Gogia PP, Braatz JH. Validity and reliability of leg length measurements. J Orthop Sports Phys Ther. 1986; 8(4): 185-8.
8. Hoyle DA, Latour M, Bohannon RW. Intraexaminer, interexaminer, and interdevice comparability of leg length measurements obtained with measuring tape and metromcom. J Orthop Sports Phys Ther. 1991; 14(6): 263-8.
9. Mann M, Glasheen-Wray M, Nyberg R. Therapists agreement for palpation and observation of iliac crest heights. Phys Ther. 64(3): 334, 1984.
10. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. Clin Biomech. 2006; 21:89-98.
11. Rothbart BA. Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2006; 96(6): 499-507.
12. Menz HB. Two feet or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. Foot. 2004; 14: 2-5.

# **DISCUSIÓN GENERAL**

*DMS, un nuevo método en el estudio de las diferencias de longitud de miembro inferior.*

En el **Estudio I** "DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy", se analizó una muestra de 17 sujetos, 64.7% mujeres y el resto hombres, de una edad comprendida entre 18 y 27 años y con DLMI que oscilaba entre 2mm y 9mm. Se encontraron más miembros inferiores largos izquierdos (el 58.82% de la muestra) según la maniobra Weber-Barstow, con indiferencia de sexo. Aparecen datos similares en la muestra global (Estudio IV) compuesta por un 52.2% de hombres y un 47.8% de mujeres, con una DLMI media de 5.2 mm según la telemetría, en la que, según la maniobra Weber-Barstow el 58.5% de los miembros inferiores largos son izquierdos, el 31.1% son derechos y el 10.4% simétricos. Sin embargo, según los datos obtenidos por la telemetría en la muestra global sólo el 46.1% de los miembros inferiores izquierdos son largos, el 51.3% derechos largos y el 2.6% son sujetos simétricos. La discrepancia en los resultados obtenidos puede deberse al tamaño muestral del primer estudio y/o a la prueba con que se ha medido. Olmedo, 2006(97), refiere que el miembro izquierdo normalmente se encuentra más afectado ya que habitualmente está en mayor grado de adducción en el lecho uterino, pero no aclara que por ello tienda a alargarse la pierna izquierda.

Se analizaron numerosos factores en relación con las DLMI, y se diseñó y cuantificó un parámetro de nueva referencia: Distancia de los maléolos al suelo (DMS); maléolo tibial-suelo (DMTS), y maléolo peroneal-suelo (DMPS). Uno de los motivos que nos llevó a estudiarlo fue pensar que la estimación de la altura a la que se encontraran los maléolos respecto al suelo, podría estar directamente relacionada con la posición que adopta la articulación subastragalina, en un pie o en el otro, dependiendo de la posible compensación existente. Hay estudios que describen cómo la supinación y la flexión plantar del pie(43), son mecanismos acomodativos para alargar la pierna más corta. En cualquier caso, no hemos encontrado ningún estudio que señale los rangos de normalidad para ambas medidas, ni la relevancia de las mismas; aspecto que se convierte en un objetivo a estudiar en futuras líneas de investigación.

Analizando la correlación que hemos realizado entre todas las variables del presente estudio, hemos detectado que la DMTS y el FPI son los factores que han obtenido más correlación con las demás variables. El análisis de correlación lineal entre las distintas

variables del pie, y el miembro largo, muestra relación entre el FPI y la DMTS. Con una correlación inversa (-0.602), estadísticamente significativa (0.011). Es decir, hay una clara tendencia a que mientras más en valgo esté posicionado el pie, menor será la distancia entre el maléolo tibial y el suelo. Con el NDT la correlación es también inversa (-0.765), y significativa con  $P= 0.000$ . Dicho de otra manera, a menor DMTS, mayor valor de NDT, o mayor capacidad de pronación del pie.

En los casos del miembro inferior corto resaltamos que se relaciona con un menor grado de valgo, lo que coincide con los resultados obtenidos por Blustein y D'Amico(43). A pesar de que las características de la muestra que no nos permiten determinar si este dato es significativo.

La relación entre las variables distancia EIAS maléolo lateral/medial y DMS es moderada, y aunque existe mayor relación entre distancia EIAS maléolo peroneal y DMPS, no se ha podido comprobar de manera concluyente. Se estimó que esto se debía a las características antropométricas del individuo.

El miembro más largo suele muestra un grado más alto de FPI en el 70.1% de los casos, o lo que es lo mismo, un pie más pronado, mecanismo de compensación que coincide con varios estudios(41,43,45). Sin embargo, Rothbart, 2009(77), en su estudio, con 56 indígenas mexicanos diagnosticados visualmente de DLMI mediante una maniobra de pelvis que se utilizó para identificar el miembro inferior funcionalmente más corto, obtuvo que el miembro inferior funcionalmente más corto, coincide con el pie con mayor grado de valgo según el FPI. Puesto que tenemos una muestra reducida, no podemos extrapolar los resultados a la población.

Al inicio del estudio nos preguntamos si habría diferencia significativa entre la medición de las DLMI tomando como punto de referencia la EIAS con el maléolo peroneal o tomando la referencia distal del maléolo tibial. Los resultados indicaron que existe diferencia estadísticamente significativa entre una y otra medición ( $P=0.000$ ), es decir, no es indiferente el punto de referencia que se elija. A ello, hay que añadir que el abordaje de los puntos de referencia es más o menos complicado, según las características antropométricas de cada individuo. Hemos encontrado estudios que comparan las medidas obtenidas a partir

de las dos posibles ubicaciones de medición: la que determina la distancia entre la EIAS y el maléolo peroneo, utilizado por Woerman(70), y la que determina la distancia entre la EIAS y el maléolo tibial, usada por Beattie en 1990(38). Aunque el método más extendido es determinar la longitud del miembro teniendo como referencia el maléolo peroneo, no se ha llegado a un acuerdo ni en la fiabilidad de la medida ni sobre cuál de los dos es el más apropiado.

Como elemento complementario del trabajo de campo, se utilizó el nivelómetro y se realizaron pruebas de validación respecto a los resultados obtenidos por el PALM®. Se obtuvo un ICC muy bajo y no se encontró relación alguna entre la variable nivelómetro y las variables cuantificadas en el pie, en ninguna de las dos piernas.

#### *Relación entre miembros cortos y miembros largos. Variación del FPI según la DLMI.*

En el **Estudio II** "Relationship between leg length discrepancy and the foot posture index" con una muestra de 43 sujetos, 28 hombres y 15 mujeres, de 21.4 años de edad media y con una DLMI que osciló entre 3.3 mm. y 32 mm., las mediciones de las telemetrías determinaron una mayor incidencia de miembros inferiores izquierdos largos (58.1%) frente a derechos (41.9%). Estos datos coinciden con los obtenidos en el **Estudio I**, y también con la muestra global; con un 58.8% y un 58.5% de miembros inferiores izquierdos largos respectivamente, según la maniobra Weber-Barstow. Como ya se ha referido anteriormente, en la muestra global sucede lo contrario al clasificar la lateralidad de la DLMI según la telemetría, apareciendo solo un 46.1% izquierdos largos. Knutson, 2005(2), combinó en un trabajo los resultados de numerosos estudios que midieron las telemetrías de un total de 573 sujetos con una DLMI de 0 a 20mm, y obtuvieron hasta un 75% de miembros inferiores izquierdos largos. La lateralidad de la DLMI en el presente estudio es independiente del sexo, también coincide en este caso con el (**Estudio I**) y con Knutson(2) en su trabajo de un compendio de estudios, con una muestra total de 116 participantes que obtuvieron un valor de p no significativo ( $p=0.87$ )

Los datos obtenidos en el **Estudio II** mostraron que la variación del FPI en función de la lateralidad sólo resulta significativa cuando el miembro inferior corto es el derecho ( $p=0.006$ ), en otras palabras, cuando el miembro largo es el izquierdo, este se corresponderá con un pie izquierdo más pronado según el FPI.

Al correlacionar la lateralidad de la DLMI con el FPI aparecen de nuevo resultados similares al **Estudio I**, que obtuvo mayor grado de FPI en el miembro inferior más largo en la mayor parte de la muestra (en el 70.1%). Teniendo en cuenta la prevalencia del miembro inferior izquierdo largo. En el **Estudio II** también se encontró que el pie izquierdo siempre era más valgo que el derecho, independientemente de la lateralidad de la DLMI. Y en cuanto a la posición que adopta el pie en función de la longitud de la pierna (el miembro más largo se corresponde con un mayor grado de valgo según el FPI) coincide con los resultados obtenidos por Blake y Ferguson en 1993(41): Su estudio constaba de 10 sujetos diagnosticados de DLMI y 10 sujetos no diagnosticados como grupo control. Fueron filmados con el Sistema bidimensional de análisis de movimiento del pie; andando y corriendo. El ángulo calcáneo-vertical se registró durante todo el ciclo de la marcha. En el análisis de los datos entre el miembro corto y el largo mostró una diferencia significativa en la posición del calcáneo en apoyo, con el miembro más largo encontrándose 3 grados o más valgo que el miembro corto en la mayoría de los casos. Y con el estudio de Blustein y D'Amico, 1985(43)' en el que en el miembro inferior más corto, el pie aparece con menor grado de valgo.

Los resultados de este estudio indican cambios en la posición del pie en DLMI a partir de 3 mm. Por otra parte, algunos autores, opinan que en DLMI menores de 10 mm.(42,88), se realizan compensaciones en la pelvis.

Respecto al sexo, se obtuvo que en la mujer existe mayor grado de valgo en miembro inferior izquierdo cuando el derecho es corto. En el hombre ocurre al contrario. No se ha encontrado bibliografía que tenga en cuenta el sexo en la relación entre DLMI y el FPI, con lo cual, no podemos contrastar resultados.



*Sobre los instrumentos de medida de las DLMI. Validez del nivelómetro y las tablillas según la telemetría.*

En el **Estudio III** "Review about the utility of clinical methods in the lower limb discrepancy" la muestra estaba compuesta de 71 sujetos con DLMI, 32 (45.1%) mujeres y 39 (54.9%) hombres, con una edad comprendida entre 20 y 61 años (media  $30.56 \pm 11.12$ ), y una media de DLMI de 5.1 mm., 6.3 mm., y de 4.9mm., según la telemetría, el nivelómetro y las tablillas respectivamente. Al determinar la DLMI mediante la telemetría, se obtuvieron 32 miembros derechos cortos, y 37 miembros izquierdos cortos (45.1% frente al 52.1%) y 2 sujetos simétricos. Se planteó el objetivo de determinar la relación de la maniobra Weber-Barstow, del método indirecto que emplea las tablillas y del nivelómetro en comparación con la telemetría antero-posterior de miembros inferiores en carga.

Para comprobar la validez de la maniobra Weber-Barstow, se tomó como referencia la telemetría por ser la única prueba validada(98). Wiangkham, 2010(99), en su trabajo con 30 hombres, obtuvo un coeficiente de correlación intraclase excelente (ICC= 0.92). Sin embargo, en nuestro trabajo se comprobó mediante el índice de Kappa, que únicamente coincide con los datos de la telemetría en el 52% de los casos. Aunque la relación entre Weber-Barstow y la telemetría en nuestro estudio solo sea aceptable, teniendo en cuenta el estudio de Wiangkham se consideró que puede ser una maniobra útil en el protocolo de exploración de las DLMI(99).

En cuanto a las medidas de las tablillas, los resultados mostraron una relación directa entre este método y la telemetría, con  $p > 0.05$  (4.87 mm. y 5.19 mm. respectivamente). Woerman y Binder-MacLeod(70) compararon el método que utiliza las tablillas y ambas variantes del método directo con las radiografías y concluyeron que el método indirecto era más exacto y preciso que cualquiera de los métodos directos. Los autores abogaron por el uso del método indirecto, especialmente en caso de que pudiera tratarse de una disimetría funcional de la longitud de las piernas. Por otro lado, Friberg y colaboradores en 1988(29) publicaron que el método indirecto es un método inexacto e impreciso, ya que al compararlo con las radiografías mostró una diferencia de 7,5

milímetros, y un error intraexaminador de 1,5 milímetros. En este estudio se obtuvieron resultados mejores, sólo 0.032 cm de diferencia entre los resultados obtenidos por el método indirecto y la telemetría. Clarke (100) probó el método indirecto y no obtuvo buenos resultados: concluyó que dos examinadores estaban dentro del rango de 5 milímetros de la longitud radiográfica de la pierna, en tan sólo 16 de 60 sujetos.

Las medidas de DLMI obtenidas con el nivelómetro (**Estudio III**), dispositivo similar al que usaron Gross y colaboradores en 1998(23), no se relacionaban con las de la telemetría, es decir, no es válido. En el (**Estudio I**) tampoco obtuvo buena relación respecto al PALM®. Gross y colaboradores(23) utilizaron el método indirecto con un dispositivo de nivelación pélvico, obteniendo una buena fiabilidad intraexaminador (ICC=0.84), una aceptable fiabilidad interexaminador (ICC=0.77), y una validez en relación a las medidas radiográficas que iban desde 0,55 a 0,76. Por otra parte, Mann y sus colaboradores, 1984(92), mostraron pobres resultados en la fiabilidad de la determinación de la altura de la cresta ilíaca, lo que era un requisito para el método indirecto.

*Diseño de un protocolo clínico de exploración de las DLMI. Fiabilidad de las maniobras exploratorias.*

El **Estudio IV**, “*Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores*”, trata de proponer un protocolo de exploración de DLMI fiable mediante el contraste de los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos realizados, la muestra global y la bibliografía. Por esto, la mayoría de los datos de la muestra global han sido descritos anteriormente.

El análisis de los datos realizado con los primeros 20 sujetos reflejó buena fiabilidad intraobservador e interobservador, con un ICC > 0.7 para la cinta métrica y para el método con tablillas, respecto a la telemetría.

Para comprobar la fiabilidad de la maniobra Weber-Barstow se tomó como referencia la telemetría, validada anteriormente(98). Y se comprobó mediante el índice de Kappa, que únicamente coincide con los datos de la telemetría en el 52% de los casos. La fiabilidad del Weber-Barstow en nuestro estudio fue aceptable en relación a la presencia o no de DLMI como primera maniobra a realizar, teniendo en cuenta las características de la muestra, con DLMI a partir de 3 mm y una media de 5.2 mm. Wiangkham(99) en su trabajo con 30 hombres, consiguió una fiabilidad intraobservador muy alta (ICC= 0.92), por tanto, se consideró que puede ser una maniobra útil en el protocolo.

Wiangkham y colaboradores(99) también obtuvieron muy buen resultado de fiabilidad intraobservador con la cinta métrica desde EIAS a maléolo tibial (ICC= 1.00). Jamaluddin en 2011(59) descubrió una excelente concordancia en las medidas de DLMI tomadas por los dos examinadores que utilizaron la cinta métrica (ICC= 0.924), entre los dos radiólogos que utilizaron la TC (ICC= 0.971), y entre las mediciones con cinta métrica y TC (ICC= 0.847) . Con lo cual, Jamaluddin mostró que el método que utiliza la cinta métrica era fiable y preciso para la medición de DLMI a partir de 5 mm. Friberg y sus colaboradores(29) publicaron que el método que toma la medida desde la EIAS al maléolo tibial es inexacto e impreciso, comparándolo también con las radiografías, dando una diferencia de 8,6 milímetros, y un error medio intraexaminador de 1,1 milímetros. Los autores de este estudio utilizaron una sola medida desde la EIAS al maléolo tibial. De acuerdo con este hallazgo, Beattie y sus colaboradores(38) encontraron una moderada validez, al medir también una sola vez desde la EIAS al maléolo tibial (ICC= 0.683). Sin embargo, cuando se realiza un promedio de dos medidas tomadas desde la EIAS al maléolo tibial, la validez de la medida de la cinta métrica era buena (ICC= 0.793) comparado con medidas radiográficas. Además, Gogia y Braatz en 1986(68) publicaron un trabajo en relación con las radiografías (ICC= 0.98) y una fiabilidad inter e intraexaminador de (ICC=0.98). Hoyle y sus colaboradores 1991(60), observaron una fiabilidad interexaminador de  $r=0.98$  y una fiabilidad intraexaminador que iba desde  $r=0.89$  a  $r=0.95$  para la medición desde la EIAS al maléolo tibial.

Woerman y Binder-MacLeod compararon el método indirecto y ambas variantes del método directo con las radiografías, y concluyeron que el método indirecto era más exacto y preciso que cualquiera de los métodos directos(70). Los autores abogaron por el

uso del método indirecto, especialmente en caso de que pudiera tratarse de una disimetría funcional de la longitud de las piernas. En nuestro trabajo de investigación, los resultados mostraron una relación directa entre el método que utiliza las tablillas y la telemetría, con  $p > 0.05$  (0.487 cm y 0.519 cm respectivamente).

Gross y su equipo utilizaron el método indirecto con un dispositivo de nivelación pélvico, obteniendo una buena fiabilidad intraexaminador (ICC=0.84), una aceptable fiabilidad interexaminador (ICC=0.77), y una validez en relación a las medidas radiográficas que iba desde 0.55 a 0.76(23). En nuestro estudio, las medidas de DLMI obtenidas con el nivel pélvico graduado (nivelómetro), dispositivo similar al que usó Gross, no se han utilizado. Únicamente se usó como nivel pélvico para la medición conjunta con las tablillas.

El PALM® es el único dispositivo de nivelación pélvica de fiabilidad conocida actualmente, por ello se consideró una prueba imprescindible en el diseño de este nuevo protocolo. Hagins y sus colaboradores, 1998(69), determinaron la fiabilidad intra e interexaminador del Palpation Meter (PALM)® para medir posiciones pélvicas del plano frontal y sagital entre adultos asintomáticos en posición estática. La medida del plano sagital fue tomada como el ángulo (EIAS)-(EIPS) formado por una línea que conectaba la espina ilíaca antero-superior y la espina ilíaca posterosuperior en relación a la horizontal. La medida en el plano frontal fue tomada por el ángulo formado por la línea que conectaba el punto más alto, (nivel lateral), de las crestas ilíacas en relación a la horizontal. Encontraron que la fiabilidad intraexaminador era alta para el plano frontal (0.84) y el plano sagital (0.98), y que la fiabilidad interexaminador era alta para las medidas del plano sagital (0.89) y aceptable para las medidas en el plano frontal (0.65). Petrone y sus colaboradores en 2003(25) obtuvieron mejores resultados que Hagins en el plano frontal, concretamente una fiabilidad intraexaminador de 0.98 y una fiabilidad interexaminador de 0.88. Justificaban esta mejoría por el hecho de que en el estudio de Hagins se midió 2 veces a cada sujeto y ellos lo hicieron 3 veces. Además, Petrone comparó estas medidas de individuos sanos con referencias radiológicas tanto en las crestas como en las cabezas femorales, y encontró una correlación de 0.94 con las medidas de las crestas y de 0.90 con las medidas radiológicas en las cabezas femorales; lo que nos permite reconocer que el Palpation Meter (PALM)® es un instrumento

válido para detectar la DLMI en individuos asintomáticos, tomando como referencia las crestas ilíacas.

En la misma línea, Carlson y Wilkerson, 2007(101), publicaron un artículo afirmando la validez del Palpation Meter (PALM)<sup>®</sup> para medir las DLMI pero en este caso tomando como referencia las espinas ilíacas antero-superiores en el plano frontal.

Actualmente, se considera que la única prueba radiológica validada para el diagnóstico y cuantificación de la DLMI es la telemetría de los miembros inferiores(98). Se han descrito distintos puntos que se pueden usar como referencia para cuantificar esta diferencia de longitud(59,64–66,102,103). Aunque la medida que más se utiliza es la parte superior de la cabeza del fémur y la bisección de la parte más distal de la tibia(64,65).

La Tomografía Computarizada (TC), la Ultrasonografía Tridimensional (US 3-D), y la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) también se utilizan para determinar la longitud de la pierna. La TC es un método de alta fiabilidad interobservador y alta concordancia con la cinta métrica y se considera más exacto que las radiografías(104), especialmente cuando hay una deformidad de la flexión en la rodilla(86). Pero somete al sujeto a una alta exposición radiológica, no se puede realizar en bipedestación, pudiendo dificultar el diagnóstico correcto del DLMI(102), y es más costoso. La Ultrasonografía convencional ha demostrado ser menos precisa que la TC para la determinación de la longitud de la pierna, y la US 3-D ha probado su exactitud en la determinación de la DLMI, sin la radiación ionizante añadida(87), con una desviación típica para la reproductibilidad de la medida de la longitud de la pierna de 1,6 milímetros. La RMN también ofrece la ventaja de carecer de riesgos radioactivos, pero no se puede realizar en bipedestación(64), tiene alto coste, y menos reproductibilidad y exactitud cuando se compara con la TC o la US 3-D(88).

Otros autores han descrito un sistema de reconstrucción tridimensional a partir de Xray 2D. Este sistema 3D lowdose permite descartar las alteraciones torsionales y contracturas musculares en el diagnóstico de DLMI(102).

Se eligieron las pruebas FPI y NDT, para determinar la posición del pie en las DLMI, validadas en estudios anteriores (61–63) y al DMS porque obtuvo una relación positiva(39) con ambas.

Para finalizar se propone la maniobra Weber-Barstow, estudio con cinta métrica EIAS-maléolo tibial, PALM® y compensación con tablillas y nivel pélvico para la determinación clínica de las DLMI. Y FPI, NDT y DMS, para el análisis de la posición del pie.

Según estos datos y lo analizado por otros autores, un protocolo clínico de exploración de las DLMI adecuado se compone de las siguientes pruebas:

1. Weber-Barstow.
2. Cinta métrica EIAS-maléolo tibial.
3. PALM® teniendo como referencia las crestas ilíacas.
4. Tablillas.
5. FPI.
6. NDT.
7. DMS.

#### **Limitaciones y prospectiva.**

Al comenzar el estudio se comprobó que era muy difícil que los participantes estuviesen previamente diagnosticados de DLMI mediante prueba radiológica. Y establecer una relación directa entre DLMI y diversas patologías.

En futuras líneas de investigación se podrían clasificar los sujetos en función de la magnitud de DLMI: 5mm, 10mm, 15mm, etc. Establecer dos grupos, distinguiendo entre sintomáticos y asintomáticos, y tener en cuenta la patología/antecedentes de cada sujeto para poder establecer una posible relación con la DLMI: conocer cuantitativamente las limitaciones funcionales asociadas a las DLMI, la implicación en la postura, y profundizar respecto a la compensación ortopodológica.

En otra línea, se plantea un estudio cinemático, análisis biomecánico del movimiento, en sujetos con DLMI. Mediante cámaras de infrarrojo u otros sistemas validados,

posiblemente el más extendido en investigación sea el Sistema Vicon. En este tipo de estudios, se obtienen rangos articulares, desplazamientos, velocidad angular y lineal, etc., de los distintos segmentos. Y se pueden comparar entre si, por lateralidad, teniendo en cuenta miembro largo y miembro corto. Además, el análisis cinemático se puede vincular al estudio de fuerzas y presiones. También ver cómo varían las condiciones si se introducen elementos de compensación, como las alzas o los soportes plantares.

# **CONCLUSIONES**



## CONCLUSIONES

1. En el 70% de las DLMI de la muestra, de 3 a 32 mm. de diferencia, el miembro inferior largo coincide con un pie más pronado, según el FPI. Y el miembro corto se asocia con un pie menos pronado.
2. Cuando el miembro largo es el izquierdo el pie está más pronado, según el FPI, y esta variación resulta significativa ( $p=0.006$ ). Sí el miembro largo es el derecho, aunque la tendencia es a presentar un pie más pronado, la variación no resulta significativa ( $P=0.256$ ); en este caso el pie está menos pronado que cuando el miembro largo es el izquierdo.
3. Los resultados obtenidos por la maniobra Weber-Barstow en relación a la telemetría coinciden en el 52% de los casos. Se comprueba que la fiabilidad de la prueba es limitada, aunque sirve de punto de partida para la exploración clínica de las DLMI.
4. La medición con cinta métrica desde EIAS-maléolo tibial obtuvo resultados positivos de fiabilidad y validez. Así mismo, se comprobó la validez de la compensación con tablillas para la cuantificación de las DLMI; presenta una relación directa con la telemetría ( $P>80.05$ ). El nivelómetro, como instrumento de cuantificación de las DLMI, no obtuvo relación significativa respecto a la telemetría.
5. El nuevo parámetro descrito DMTS, y el FPI han obtenido mayor correlación entre ellos y con las demás variables. El análisis de correlación lineal entre las distintas variables y el miembro largo, muestra relación entre el FPI y la DMTS; con una correlación inversa ( $-0.602$ ) y significativa ( $p=0.011$ ), cuanto más pronado esté el pie, menor será la distancia entre el maléolo tibial y el suelo.
6. La relación entre el NDT y la DMTS es también inversa ( $-0.765$ ) y estadísticamente significativa ( $P= 0.000$ ). Es decir, a menor DMTS mayor valor de NDT.
7. La propuesta de protocolo de exploración clínica de las DLMI y su relación con el pie, basado en los resultados de fiabilidad y validez obtenidos, y las publicaciones

científicas consultadas, se compone de: maniobra Weber-Barstow, estudio con cinta métrica, PALM®, compensación con tablillas, FPI, NDT y DMS.

# **RESUMEN**

## RESUMEN

En las bases de datos científicas aparece la DLMI como una alteración de alta incidencia en la población: del 40-70% al 90%(1,30).

También se encontraron numerosos estudios que demuestran la relación entre la DLMI y diversas patologías y/o compensaciones del cuerpo: escoliosis, bursitis, ciática, síndrome de la cintilla iliotibial, fascitis plantar, etc(3,5,6). E incluso en algunos casos pueden inducir alteraciones en el patrón de la marcha(4).

Los trastornos descritos que produce la DLMI junto con su alta incidencia en la población, hacen pensar en la gran cantidad de sujetos con sintomatología, siendo la causa principal la presencia de DLMI. Esta situación se podría mejorar al recabar un diagnóstico correcto y por tanto, facilitar la aplicación de un tratamiento adecuado.

A la hora de encontrar métodos e instrumentos de medida, nos encontramos con el obstáculo de que una gran controversia rodea a la fiabilidad y/o validez de los procedimientos descritos. Por eso, nos propusimos por una parte realizar una exhaustiva revisión bibliográfica en bases de datos científicas, y por otra, ejecutar mediciones en una muestra propia.

Cabe destacar que se encontraron varias publicaciones en las que se afirman cambios de posición en el pie de sujetos con DLMI. Dado que nuestra disciplina abarca todo lo relacionado con el pie: características, posiciones, patologías, repercusiones en otras estructuras del cuerpo, etc., una parte del trabajo se ha dedicado a conocer cómo actúa esta estructura en sujetos con DLMI sintomáticos o asintomáticos.

La metodología del presente trabajo, plantea un estudio descriptivo transversal, de tipo observacional(57)apoyado en una anamnesis y exploración de pelvis y miembros inferiores. Con el sujeto en decúbito supino y en bipedestación, siempre descalzo. Se recogieron otras variables como peso, talla, edad y lateralidad. La muestra final analizada fue de 115 sujetos. Según el sexo, la muestra la componen un 52.2% de hombres y un 47.8% de mujeres, con una edad media de  $29,58 \pm 10.62$  años. Peso medio  $69.13 \pm 12.18$  kg.,  $1.69 \pm 0.09$  m. de talla y un índice de masa corporal de  $24.09 \pm 3.13$  kg/m. El 95.5% de la

muestra son diestros y el 4.5% zurdos. Según la telemetría la DLMI media es de 5.2 mm. Todos participaron en el estudio de forma voluntaria, según criterios de inclusión y bajo consentimiento informado.

Los resultados obtenidos más relevantes fueron:

- En el 70% de las DLMI de la muestra, de 3 a 32 mm. de diferencia, el miembro inferior largo coincide con un pie más pronado, según el FPI. Y el miembro corto se asocia con un pie menos pronado. Cuando el miembro largo es el izquierdo el pie está más pronado que cuando el largo es el derecho, según el FPI, y esta variación resulta significativa.
- Los resultados obtenidos por la maniobra Weber-Barstow en relación a la telemetría coinciden en el 52% de los casos. La maniobra se considera aceptable como primer punto en la exploración clínica de las DLMI.
- Asimismo, tanto la cinta métrica como las tablillas, resultaron fiables en relación a la telemetría.
- La DMTS se relaciona con el FPI y con el NDT en sentido inverso, cuanto más disminuye la distancia del maléolo tibial al suelo, mayor es el valor del FPI y del NDT.

En base a los resultados obtenidos en este estudio, la propuesta de un protocolo de diagnóstico clínico de las DLMI consta de: maniobra Weber-Barstow, estudio con cinta métrica EIAS-maléolo tibial, PALM® y compensación con tablillas para la determinación clínica de las DLMI. FPI, NDT y DMS para el análisis de las posibles relaciones de las DLMI con la posición del pie.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait Posture*. Netherlands; 2002 Apr;15(2):195–206.
2. Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part I. Anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance. *Chiropr Osteopat*. England; 2005 Jul;13:11.
3. Brady RJ, Dean JB, Skinner TM GM. Limb Length Inequality: Clinical Implications for Assessment and Intervention. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2003;33(5):221–34.
4. Gibbons P, Dumper C, Gosling C. Inter-examiner and intra-examiner agreement for assessing simulated leg length inequality using palpation and observation during a standing assessment. *J Osteopath Med*. 2002 Oct;5(2):53–8.
5. Raczkowski J, Daniszewska B. Functional scoliosis caused by leg length discrepancy. *Arch Med Sci*. 2010;6(3):393–8.
6. Clark CR, Huddleston HD, Schoch EP, Thomas BJ. Leg-length discrepancy after total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. United States; 2006 Jan;14(1):38–45.
7. De Pablos J. Dismetrías de los miembros inferiores. *MBA Inst*. 2015;Número 13(3).
8. Moreno de la Fuente J. *Podología general y biomecánica*. 2003: 124 p.
9. Steen H, Terjesen T, Bjerkreim I. [Anisomelia. Clinical consequences and treatment]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. NORWAY; 1997 Apr;117(11):1595–600.
10. Silva-Caicedo O. Antecedentes, historia y pronóstico de la displasia del desarrollo de la cadera. *Rev Cuba Invest Biomed*. 2011;30(1):141–62.
11. Salcedo G, González J. Enfermedad de Legg-Calvé-Perthes. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2011;55(4):312–22.
12. Allende V. Epifisiolisis de cadera. *Rev Soc Ortop Traumatol Córdoba*. 2003;3(1):9–12.
13. Blake RL, Ferguson HJ. Limb length discrepancies. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1992;82(1):33–8.
14. Etnier JL, Landers DM. Motor performance and motor learning as a function of age and fitness. *Res Q Exerc Sport*. UNITED STATES; 1998 Jun;69(2):136–46.
15. Gross RH. Leg length discrepancy: how much is too much? *Orthopedics*. UNITED STATES; 1978;1(4):307–10.

16. Golightly YM, Tate JJ, Burns CB, Gross MT. Changes in pain and disability secondary to shoe lift intervention in subjects with limb length inequality and chronic low back pain: a preliminary report. *J Orthop Sports Phys Ther. United States*; 2007 Jul;37(7):380–8.
17. Defrin R, Benyamin S, Aldubi RD, Pick CG. Conservative correction of leg-length discrepancies of 10mm or less for the relief of chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil. United States*; 2005 Nov;86(11):2075–80.
18. Monroy LC. Dismetría de los miembros inferiores como causa de lumbalgia / Lower limb inequality as a cause of low back pain. *Rev mex ortop traumatol. 1995*;9(1):48–51.
19. Abraham WD. Leg length discrepancy in total hip arthroplasty. *Orthop Clin North Am. 1992*;23(2):201–9.
20. Friberg O. Clinical Symptoms and Biomechanics of Lumbar Spine and Hip Joint in Leg Length Inequality. *Spine (Phila Pa 1976). 1983*;8(6):643–51.
21. Rossvoll I, Junk T. The effect on low back pain of shortening osteotomy for leg length inequality. *Int Orthop. 1992*;16(4):388–91.
22. Guichet JM, Spivak JM, Trouilloud P, Grammont PM. Lower Limb-Length Discrepancy: An Epidemiologic Study. *Clin Orthop Relat Res [Internet]. 1991*;272. Available from: [http://journals.lww.com/corr/Fulltext/1991/11000/Lower\\_Limb\\_Length\\_Discrepancy\\_\\_An\\_Epidemiologic.35.aspx](http://journals.lww.com/corr/Fulltext/1991/11000/Lower_Limb_Length_Discrepancy__An_Epidemiologic.35.aspx)
23. Gross MT, Burns CB, Chapman SW, Hudson CJ, Curtis HS, Lehmann JR, et al. Reliability and validity of rigid lift and pelvic leveling device method in assessing functional leg length inequality. *J Orthop Sports Phys Ther. UNITED STATES*; 1998 Apr;27(4):285–94.
24. Reid DC. Leg length inequality: a review of etiology and management. *Physiother Canada. 1984*;36(4):177–82.
25. Petrone MR, Guinn J, Reddin A, Sutlive TG, Flynn TW, Garber MP. The accuracy of the Palpation Meter (PALM) for measuring pelvic crest height difference and leg length discrepancy. *J Orthop Sports Phys Ther. United States*; 2003 Jun;33(6):319–25.
26. Dahl MT. Lim length discrepancy. *Pediatr Clin North Am. 1996*;43(4):849–65.
27. Subotnick SI. The short leg syndrome. *J Am Pod Assoc. 1976*;66(9):720–3.
28. Siffert RS. Lower limb-length discrepancy. *J Bone Jt Surg [Internet]. 1987 Sep 1*;69(7):1100–6. Available from: <http://jbjs.org/content/69/7/1100.abstract>
29. Friberg O, Nurminen M, Korhonen K, Soininen E, Manttari T. Accuracy and precision of clinical estimation of leg length inequality and lumbar scoliosis: comparison of clinical and radiological measurements. *Int Disabil Stud. SWITZERLAND*; 1988;10(2):49–53.



30. Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part II. The functional or unloaded leg-length asymmetry. *Chiropr Osteopat. England*; 2005 Jul;13:12.
31. Albiol JM, Marugán M. Repercusión de las disimetrías en el raquis. *El Peu* [Internet]. 1994;56:28–41. Available from: <http://hdl.handle.net/2445/21144>
32. Greenman PE. Lift therapy: use and abuse. *J Am Osteopath Assoc. UNITED STATES*; 1979 Dec;79(4):238–50.
33. Taillard W. Etiology and treatment of leg length inequalities. *Schweiz Med Wochenschr.* 1967;97(24):771–3.
34. Morscher E. Leg Length Discrepancy The Injured Knee. In: Hungerford DS, editor. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1977. p. 9–19. Available from: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-66549-3\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-66549-3_2)
35. Mahar RK, Kirby RL. Simulated leg-length discrepancy: Its effect on mean center-of-pressure position and postural sway. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66(12):822–4.
36. Murrell P, Cornwall MW. Leg-length discrepancy: effect on the amplitude of postural sway. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72(9):646–8.
37. Kirby RL , Mahar RK , MacLeod DA . Leg-length discrepancy and postural sway. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(4):401–2.
38. Beattie P, Isaacson K, Riddle DL, Rothstein JM. Validity of derived measurements of leg-length differences obtained by use of a tape measure. *Phys Ther. UNITED STATES*; 1990 Mar;70(3):150–7.
39. Gómez-Aguilar E, Gómez-Domínguez A, Castillo-López JM, Peña-Algaba C. DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy. *J Am Pod Med Assoc.* 2016
40. Langer S. Structural leg shortage. A case report. *J Am Podiatry Assoc.* 1976;66(1):38–40.
41. Blake RL, Ferguson HJ. Correlation between limb length discrepancy and asymmetrical rearfoot position. *J Am Podiatr Med Assoc. UNITED STATES*; 1993 Nov;83(11):625–33.
42. Lafuente B, Lafuente G. Protocolo de exploración de disimetrías. *Podol clínica.* 2009;10(5):140–7.
43. Blustein SM, D'Amico JC. Limb length discrepancy. Identification, clinical significance, and management. *J Am Podiatr Med Assoc. UNITED STATES*; 1985 Apr;75(4):200–6.
44. Restoy JL. Dismetría en miembros inferiores y equilibrio de la pelvis. *El Peu.* 2009;29(4):196–202.

45. D'Amico JC, Dinowitz HD, Polchaninoff M. Limb length discrepancy. An electrodiagnostic analysis. *J Am Podiatr Med Assoc* [Internet]. American Podiatric Medical Association, Inc.; 1985 Dec 1;75(12):639–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.7547/87507315-75-12-639>
46. Shultz SJ, Nguyen AD. Bilateral asymmetries in clinical measures of lower-extremity anatomic characteristics. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med. United States*; 2007 Sep;17(5):357–61.
47. Bolz S. Leg Length Differences and Correlation with Total Leg Strength. *J Orthop Sport Phys Ther* [Internet]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*; 1984 Aug 1;6(2):123–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1984.6.2.123>
48. McCaw ST. Biomechanical implications of mild leg length inequality. *Br J Sports Med.* 1991;25(1):10–3.
49. Yrjönen T, Hoikka V, Poussa M, Österman K. Leg-Length Inequality and Low-Back Pain after Perthes' Disease: A 28-47-Year Follow-up of 96 Patients. *Clin Spine Surg* [Internet]. 1992;5(4). Available from: [http://journals.lww.com/jspinaldisorders/Fulltext/1992/12000/Leg\\_Length\\_Inequality\\_and\\_Low\\_Back\\_Pain\\_after.9.aspx](http://journals.lww.com/jspinaldisorders/Fulltext/1992/12000/Leg_Length_Inequality_and_Low_Back_Pain_after.9.aspx)
50. Subotnick SI. Limb Length Discrepancies of the Lower Extremity (The Short Leg Syndrome). *J Orthop Sport Phys Ther.* 1981;3(1):11–6.
51. Helsing A. Leg Length Inequality: A prospective study of young men during their military service. *Ups J Med Sci.* 1988;93(3):245–53.
52. Papaioannou T, Stokes I, Kenwright J. Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Jt Surg* [Internet]. 1982 Jan 1;64(1):59–62. Available from: <http://jbjs.org/content/64/1/59.abstract>
53. Cooperstein R, Lew M. The relationship between pelvic torsion and anatomical leg length inequality: a review of the literature. *J Chiropr Med* [Internet]. Elsevier; 2009;8(3):107–18. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcm.2009.06.001>
54. McRae R. Exploración clínica ortopédica. Ed. Elsevier. España; 2005. 155-159 p.
55. Acitores C, Bandera FH. Exploración en ortopedia infantil. *Act Pediatr Aten Prim.* 2009;2(3):164–72.
56. Domínguez G, Munuera P, Lafuente G, Martínez L. Quantification of the compensation of differences in limb length using heel raises. *Foot* [Internet]. Elsevier; 2016 Jun 24;16(3):130–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foot.2006.03.001>
57. Argimon JM, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiología. 4a ed. Barcelona (España): Elsevier; 2013. 402 p.

58. Jurado-Bueno A, Medina-Porqueres I. Manual de pruebas diagnósticas: Traumatología y ortopedia. 1ª edición. Editorial Paidotribo, editor. Barcelona (España); 2002. 173 p.
59. Jamaluddin S, Sulaiman AR, Imran MK, Juhara H, Ezane MA, Nordin S. Reliability and accuracy of the tape measurement method with a nearest reading of 5 mm in the assessment of leg length discrepancy. *Singapore Med J.* 2011;52(9):681–4.
60. Hoyle DA, Latour M, Bohannon RW. Intraexaminer, interexaminer, and interdevice comparability of leg length measurements obtained with measuring tape and metrecom. *J Orthop Sports Phys Ther.* United States; 1991;14(6):263–8.
61. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* England; 2006 Jan;21(1):89–98.
62. Allen MK, Glasoe WM. Metrecom measurement of navicular drop in subjects with anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train.* United States; 2000 Oct;35(4):403–6.
63. Mueller MJ, Host JV, Norton BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *J Am Podiatr Med Assoc.* UNITED STATES; 1993 Apr;83(4):198–202.
64. Doyle AJ, Winsor S. Magnetic resonance imaging (MRI) lower limb length measurement. *J Med Imaging Radiat Oncol.* Australia; 2011 Apr;55(2):191–4.
65. Terry MA, Winell JJ, Green DW, Schneider R, Peterson M, Marx RG, et al. Measurement variance in limb length discrepancy: clinical and radiographic assessment of interobserver and intraobserver variability. *J Pediatr Orthop.* United States; 2005;25(2):197–201.
66. Guenoun B, Zadegan F, Aim F, Hannouche D, Nizard R. Reliability of a new method for lower-extremity measurements based on stereoradiographic three-dimensional reconstruction. *Orthop Traumatol Surg Res.* France; 2012 Sep;98(5):506–13.
67. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Weber-Barstow+manoeuvre+test> [Internet]. Available from: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Weber-Barstow+manoeuvre+test>
68. Gogia PP, Braatz JH. Validity and reliability of leg length measurements. *J Orthop Sports Phys Ther.* United States; 1986;8(4):185–8.
69. Hagins M, Brown M, Cook C, Gstalder K, Kam M, Kominer G et al. Intratester and intertester reliability of the palpation meter (PALM) in measuring pelvic position. *J Man Manip THER.* 1998;9(6 (3)):130–6.
70. Woerman AL, Binder-Macleod SA. Leg length discrepancy assessment: accuracy and precision in five clinical methods of evaluation\*. *J Orthop Sports Phys Ther.* United States; 1984;5(5):230–9.

71. Subotnick SI. Limb length discrepancies of the lower extremity (the short leg syndrome). *J Orthop Sports Phys Ther.* JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540; 1981 Jan;3(1):11–6.
72. Walsh M, Connolly P, Jenkinson A, O’Brien T. Leg length discrepancy--an experimental study of compensatory changes in three dimensions using gait analysis. *Gait Posture.* 2000 Oct;12(2):156–61.
73. Gómez-Aguilar E, Gómez-Dominguez A, Peña-Algaba C, Castillo-López JM. DMG (maleolli distance-ground): a new clinical method to measure leg length discrepancy. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2016;En prensa.
74. Lafuente B, Lafuente G, Munuera PV. Protocolo de exploración de las disimetrías. *Podol Clínica.* 2009;10(5):140–7.
75. Moreno de la Fuente JL. *Podología general y biomecánica.* Barcelona: Elsevier; 2009.
76. Florenciano-Restoy JL, Gironés-Puñet P. Dismetria en extremidades inferiores y equilibrio de la pelvis. *El Peu. Associació Catalana de Podòlegs;* 2009;29(4):196–202.
77. Rothbart BA. Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation. *J Am Podiatr Med Assoc. United States;* 2006;96(6):497–9.
78. Argimón JM, Jiménez J. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica.* Barcelona: Elsevier; 2013.
79. Doyle AJ, Winsor S. Magnetic resonance imaging (MRI) lower limb length measurement. *J Med Imaging Radiat Oncol. Department of Radiology with Anatomy, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Auckland, Auckland, New Zealand. adoyle@adhb.govt.nz: The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists;* 2011;55(2):191–4.
80. López-Olmedo JL. Exploración infantil ortopédica básica. *Pediatría Integr.* 2010;14(7):541–7.
81. Domínguez G, Munuera P, Lafuente G, Martínez L. Quantification of the compensation of differences in limb length using heel raises. *Foot.* 2006 Sep;16(3):130–4.
82. Brady RJ, Dean JB, Skinner TM, Gross MT. Limb length inequality: clinical implications for assessment and intervention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003 May;33(5):221–34.
83. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. *Clin Orthop Relat Res. Division of Pediatric Orthopaedics, Department of Orthopaedics, UMDNJ- New Jersey Medical School, Newark, NJ, USA. sabharsa@umdnj.edu;* 2008;466(12):2910–22.

84. Gheno R, Nectoux E, Herbaux B, Baldisserotto M, Glock L, Cotten A, et al. Three-dimensional measurements of the lower extremity in children and adolescents using a low-dose biplanar X-ray device. *Eur Radiol.* 2012;22(4):765–71.
85. Kim YW, Lee SH, Kim DI, Do YS, Lee BB. Risk factors for leg length discrepancy in patients with congenital vascular malformation. *J Vasc Surg.* 2006;44(3):545–53.
86. Aaron A, Weinstein D, Thickman D, Eilert R. Comparison of orthoroentgenography and computed tomography in the measurement of limb-length discrepancy. *J Bone Joint Surg Am.* UNITED STATES; 1992 Jul;74(6):897–902.
87. Keppler P, Strecker W, Kinzl L, Simmnacher M, Claes L. [Sonographic imaging of leg geometry]. *Orthopade.* GERMANY; 1999 Dec;28(12):1015–22.
88. Keppler P, Strecker W, Kinzl L. [Analysis of leg geometry--standard techniques and normal values]. *Chirurg.* GERMANY; 1998 Nov;69(11):1141–52.
89. Reina M, Lafuente G, Munuera PV. Effect of custom-made foot orthoses in female hallux valgus after one-year follow up. *Prosthet Orthot Int.* 2013 Apr;37(2):113–9.
90. Domínguez G, Munuera P V, Lomas M. Metatarsal protrusion angle: values of normality. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008;99(1):49–53.
91. Clarke GR. Unequal leg length: an accurate method of detection and some clinical results. *Rheumatol Phys Med.* 1972 Nov;11(8):385–90.
92. Mann M, Glasheen-Wray M NR. Therapists agreement for palpation and observation of iliac crest heights. *Phys Ther.* 1984;64(3):334–8.
93. McWilliams AB, Grainger AJ, O'Connor PJ, Redmond AC, Stewart TD, Stone MH. Assessing reproducibility for radiographic measurement of leg length inequality after total hip replacement. *Hip Int.* 2012;22(5):539–44.
94. Meermans G, Malik A, Witt J, Haddad F. Preoperative radiographic assessment of limb-length discrepancy in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(6):1677–82.
95. Munuera P V, Domínguez G, Castillo JM. Radiographic study of the size of the first metatarso-digital segment in feet with incipient hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007;97(6):460–8.
96. Burdock EI, Fleiss JL HA. A new view of interobserver agreement. *Persc Psych.* 1963;6:373–84.
97. Olmedo JL. Exploración ortopédica básica. *Pediatría Integr.* 2006;10(7):475.
98. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. *Clin Orthop Relat Res.* United States; 2008 Dec;466(12):2910–22.

99. Wiangkham T, Chidnok W, Janejai P. Intrarater reliability of leg length measurement , palpation, and special test of sacroiliac joint in normal subjects. *J Med Technol Phys Ther.* 2010;22(2).
100. Clarke GR. Unequal leg length: An accurate method of detection and some clinical results. *Rheumatol Phys Med.* 1972;11(8):385–90.
101. Carlson M, Wilkerson J. Are differences in leg length predictive of lateral patello-femoral pain? *Physiother Res Int. United States;* 2007 Mar;12(1):29–38.
102. Gheno R, Nectoux E, Herbaux B, Baldisserotto M, Glock L, Cotten A, et al. Three-dimensional measurements of the lower extremity in children and adolescents using a low-dose biplanar X-ray device. *Eur Radiol. Germany;* 2012 Apr;22(4):765–71.
103. Kim YW, Lee SH, Kim DI, Do YS, Lee BB. Risk factors for leg length discrepancy in patients with congenital vascular malformation. *J Vasc Surg. United States;* 2006 Sep;44(3):545–53.
104. Tokarowski A, Piechota L, Wojciechowski P, Gajos L, Kusz D. [Measurement of lower extremity length using computed tomography]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol [Internet].* 1995;60(2):123—127. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/7671731>

# **ANEXOS**

## **Anexo 1. Consentimiento informado.**

### **ÁREA CLÍNICA DE PODOLOGÍA-UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

#### **FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

#### **DIFERENCIAS DE LONGITUD ENTRE MIEMBROS INFERIORES Y SU RELACIÓN CON EL PIE.**

#### **PROPUESTA DE PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN CLÍNICA.**

### **INFORMACIÓN**

La diferencia de longitud entre miembros inferiores (en adelante DLMI) es muy común, pudiendo causar si no se compensa patologías en pies, piernas y distintas estructuras del aparato locomotor. Es la causa de que ambos pies tengan distinta morfología y soporten cargas diferentes. Hasta hoy el diagnóstico de las mismas se realiza mediante una radiografía de los miembros inferiores (telemetría). El objetivo de este estudio es proponer un protocolo de exploración clínica fiable. Para ello se comparará la diferencia de longitud de los miembros inferiores en telemetrías con las medidas manuales. Así como de las distintas características posturales y de carga soportadas por ambos pies.

### **PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN**

Para obtener los datos necesarios para este estudio se debe rellenar una ficha con datos personales del sujeto (nombre, apellidos, fecha de nacimiento, teléfono, etc.). El sujeto se descalzará y se le facilitará un pantalón corto para poder realizar más fácilmente la exploración. Se le medirá y pesará. Se realizarán distintas medidas de los miembros inferiores, en camilla y de pie. De pie y descalzo se observarán ambos pies registrando algunos datos sobre la postura de los mismos.

Se le realizará una telemetría de miembros inferiores. Para la realización de esta prueba, se debe tener en cuenta lo siguiente:



- Si a usted se le han realizado múltiples radiografías a lo largo de su vida debe avisarnoslo, ya que el efecto de este tipo de radiación es acumulativo, y puede llegar a ser perjudicial para su salud.
- Si es usted mujer y existe la posibilidad de que esté embarazada, NO se someta a esta prueba, ya que este tipo de radiación podría dañar a su futuro hijo.

Por último, creemos conveniente que tenga conocimiento sobre los siguientes aspectos:

- El estudio se llevará a cabo por los Doctores Guillermo Lafuente Sotillos y José Manuel Castillo López, la doctoranda D<sup>a</sup>. Estela Gómez Aguilar y quien se designe como miembro del equipo. En cualquier caso, siempre serán Podólogos y, por lo tanto, concedores del estudio que se va a realizar.
- Es posible que se tomen fotografías del pie durante la prueba. Éstas pueden ser vistas posteriormente por personal en formación de este u otro centro, o incluso por otros profesionales de la salud en distintos foros. En ningún caso se tomarán imágenes que pudieran revelar la identidad del sujeto de la foto.
- Los resultados obtenidos en este estudio podrán ser divulgados a la comunidad científica, bien en forma de comunicación, ponencia o conferencia, bien en forma de póster, o bien en forma de publicación en revista científica. Bajo ningún concepto se revelará la identidad de los sujetos que participen en el estudio.
- El tiempo que puede durar en total la realización de las pruebas tras su aceptación para participar en el estudio rondará, en condiciones normales, los 15 minutos aproximadamente. Para realizarse las pruebas radiológicas deberá concertar una cita con un centro cercano, del que se le facilitará el número de teléfono.
- Si antes de firmar este documento desea más información, no dude en pedirla.

**ÁREA CLÍNICA DE PODOLOGÍA-UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**DIFERENCIAS DE LONGITUD ENTRE MIEMBROS INFERIORES Y SU RELACIÓN CON EL PIE.**

**PROPUESTA DE PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN CLÍNICA.**

**DECLARACIONES Y FIRMAS**

Paciente:

D/D<sup>a</sup>....., en calidad de participante, declaro que el responsable del equipo de investigación me ha explicado de forma satisfactoria en qué consiste el estudio, cuáles son sus objetivos, cuáles son las pruebas a las que me tengo que someter y los posibles riesgos de las mismas. He comprendido perfectamente todo lo anterior y doy mi consentimiento para que los Doctores Guillermo Lafuente Sotillos y José Manuel Castillo López, la doctoranda D<sup>a</sup>. Estela Gómez Aguilar y el personal que designe como miembro de su equipo, me realicen la exploración necesaria para la consecución de los objetivos de este estudio.

Asimismo, se me ha informado sobre mi derecho a retirar este consentimiento cuando estime oportuno, sin necesidad de justificar mi voluntad, y sin que de ello se derive ninguna consecuencia adversa para mí.

Fdo. ....

Yo,....., he sido informado de la naturaleza y propósito de este estudio, así como de sus posibles riesgos.

En,....., a.....de.....de.....



PALM®		
Simétrico	Distancia	Seno del ángulo
Asimétrico:  D      I	Diferencia	

NIVELÓMETRO		
Simétrico	Distancia	Seno del ángulo
Asimétrico:  D      I	Diferencia	Grosor Tablillas

FOOT POSTURE INDEX (FPI)  ÍNDICE POSTURAL DEL PIE (IPP)	PUNTUACIÓN	
	DERECHO  (-2 a +2)	IZQUIERDO  (-2 a +2)
Palpación cabeza del astrágalo		
Prominencia región astrágalo-escafoidea		
Congruencia arco longitudinal interno		
Calcáneo plano frontal		
Curvatura supra e inframaleolar lateral		
Abd/add antepié respecto al retropié		
TOTAL		

NAVICULAR DROP TEST (NDT)	DERECHO	IZQUIERDO
PNCA		
PRCA		
TOTAL		

RADIOLOGÍA

---

TELEMETRÍA ANTERO-POSTERIOR DE MIEMBROS INFERIORES EN CARGA	
MIEMBRO INFERIOR DERECHO	
MIEMBRO INFERIOR IZQUIERDO	

**Anexo 3. Autorización del Comité Ético.**



A quien pueda interesar:

El Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, habiendo examinado el Proyecto "El pie en disimetrías del miembro inferior" presentado por D. José Manuel Castillo López emite el siguiente informe,

El proyecto cumple los requisitos exigidos para experimentación en sujetos humanos y en animales, y se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea.

Sevilla, a 26 de mayo de 2012.

EL PRESIDENTE DEL COMITE.

Fdo.: Prof. Dr. Fernando Rodríguez Fernández.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.