



UNIVERSITAT DE BARCELONA

# REPERCUSIONES EN EL PIE DEL PATRÓN DE MARCHA DEL ADULTO CON OBESIDAD

---

Trabajo Fin de Grado

Código asignatura: 360416

Grado en Podología

Curso 2013-2014

Autor: Óscar Hernández Gervilla

Tutor: Manel Pérez Quirós

Fecha de presentación: 12 de Junio del 2013

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| ÍNDICE DE TABLAS .....                       | 2  |
| RESUMEN .....                                | 3  |
| ABSTRACT .....                               | 3  |
| PALABRAS CLAVE.....                          | 3  |
| KEYWORDS .....                               | 3  |
| 1-INTRODUCCIÓN.....                          | 4  |
| 1.1-JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....          | 7  |
| 2-HIPÓTESIS.....                             | 8  |
| 2.1-OBJETIVOS.....                           | 8  |
| 3-MATERIAL Y MÉTODOS .....                   | 9  |
| 3.1-CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN ..... | 9  |
| 3.2-RECURSOS UTILIZADOS .....                | 9  |
| 4-RESULTADOS .....                           | 10 |
| 5-DISCUSIÓN .....                            | 15 |
| 5.1-ALTERACIONES ASOCIADAS .....             | 19 |
| 5.2-REPERCUSIONES EN EL PIE.....             | 20 |
| 6-CONCLUSIONES .....                         | 22 |
| 7-BIBLIOGRAFÍA.....                          | 23 |
| AGRADECIMIENTOS.....                         | 27 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 4.1: Estudios que utilizan el análisis del movimiento. ....                   | 10 |
| TABLA 4.2: Estudios realizados con sistemas de análisis de presiones plantares..... | 11 |
| TABLA 4.3: Estudio que utiliza la estabilometría.....                               | 13 |
| TABLA 4.4: Revisión bibliográfica estudios del metabolismo en la obesidad. ....     | 13 |

## **RESUMEN**

La obesidad en adultos es un problema de salud pública creciente. El exceso de peso provoca alteraciones biomecánicas en las articulaciones de las extremidades inferiores y contribuye a la aparición de patología.

Los adultos que presentan sobrepeso u obesidad tienen un condicionante que provoca unas alteraciones vasculares y metabólicas que condicionan la salud de los pies. También provoca una pérdida de autonomía que supone unas limitaciones para el cuidado de los pies.

Esta revisión se centra en las alteraciones que provoca la obesidad en el patrón de marcha y las consecuencias que esas alteraciones pueden tener sobre el pie y sobre la extremidad inferior.

## **ABSTRACT**

Obesity in adults is a growing public health problem. Overweight causes biomechanical alterations in the joints of the lower extremities and contributes to the onset of pathology.

Adults who are overweight or obese have a conditioning that causes vascular and metabolic disorders that affect the health of the feet. It also causes a loss of autonomy which translates in a limitation in foot care.

This review focuses on alterations caused by obesity in the gait pattern and the consequences that these changes may have on the foot and lower extremity.

## **PALABRAS CLAVE**

Obesidad, sobrepeso, marcha humana, pie.

## **KEYWORDS**

Obesity, overweight, human gait, foot.

## 1-INTRODUCCIÓN

La obesidad en adultos es un problema de salud pública creciente. Además de ser un factor de riesgo en enfermedades graves afecta negativamente a la capacidad física, especialmente a la marcha que es un requisito importante para tener autonomía en el día a día. El exceso de peso provoca alteraciones biomecánicas en las articulaciones de las extremidades inferiores y contribuye a la patología articular<sup>(1)(2)(3)</sup>.

En el 2003, según la Organización Mundial de la Salud, había en el mundo más de 300 millones de adultos obesos y más de 115 millones de personas que padecían problemas asociados a la obesidad<sup>(4)</sup>. En el 2005 esas cifras se aproximan a los 1.600 millones de sujetos con sobrepeso y los 400 millones de sujetos obesos. Se ha identificado una relación de esa condición con la aparición de diferentes desórdenes a nivel músculo-esquelético<sup>(5)</sup>. En España los datos más actuales de la Organización Mundial de la Salud son de los años 2006-2007 y muestran que hay un 53,4% de la población con sobrepeso (37,8% pre-obesos y 15,6% obesos)<sup>(6)</sup>.

Al igual que el resto de los animales, el hombre ha desarrollado una forma específica de locomoción que conocemos como marcha humana. Ésta consiste en un proceso de locomoción en el cual el cuerpo humano, en posición erguida, se mueve hacia adelante, siendo su peso soportado, alternativamente, por ambas piernas. Mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia adelante como preparación para el siguiente apoyo. Uno de los pies se encuentra siempre sobre el suelo y, en el periodo de transferencia del peso del cuerpo de la pierna retrasada a la pierna adelantada, existe un breve intervalo de tiempo durante el cual ambos pies descansan en el suelo. Al aumentar el individuo la velocidad, dichos periodos de apoyo bipodal se reducen progresivamente, en relación al ciclo de la marcha, hasta que el sujeto comienza a correr, siendo entonces sustituidos por breves intervalos de tiempo en los que ambos pies se encuentran en el aire<sup>(7)(8)</sup>.

Durante los primeros años de su infancia, el ser humano aprende a caminar de forma natural, experimentando con su cuerpo hasta alcanzar un estilo propio. Pese al carácter individual de este proceso, las semejanzas entre sujetos distintos son tales que puede hablarse de un patrón característico de marcha humana normal, así como de

las modificaciones que dicho patrón experimenta debido a la influencia de diversos factores, intrínsecos o extrínsecos al sujeto, y sobretodo, bajo determinadas condiciones patológicas<sup>(8)</sup>.

En realidad, la marcha humana es un fenómeno complejo para cuya descripción se requiere no sólo del conocimiento de los movimientos cíclicos que ejecuta el organismo, sino también de cuestiones tales como las fuerzas de reacción entre los pies y el suelo, las fuerzas y momentos articulares, los requerimientos energéticos y los mecanismos de optimización adoptados, y la secuencia e intensidad de actuación de los diferentes músculos involucrados<sup>(8)</sup>.

La obesidad es un trastorno crónico caracterizado por una acumulación excesiva de grasa en el tejido adiposo. Su intensidad se valora mediante el índice de masa corporal (IMC) o la circunferencia de la cintura, que no debe superar los 94 cm en el hombre o los 80 cm en la mujer. Se acompaña siempre de aumento del peso corporal, pero éste también puede estar aumentado en personas que desarrollan una intensa actividad física o por una retención hidrosalina en situaciones de enfermedad. Sus causas son el sedentarismo, la alimentación inadecuada y los defectos intrínsecos de la regulación metabólica y de los mecanismos de la saciedad. Deteriora la calidad de vida y es un factor de riesgo asociado a otras muchas alteraciones, como la hipertensión arterial, la apnea del sueño, la resistencia a la insulina (que a su vez es un factor causal de la obesidad), algunas dislipidemias y, posiblemente, algunos cánceres hormono-dependientes. Se está produciendo en muchos países occidentales, entre ellos España, un gran aumento de la prevalencia de la obesidad, tanto general como infantil, que está alcanzando proporciones epidémicas y constituye un grave problema de salud pública<sup>(9)</sup>.

Se define así la obesidad como:

“Acumulación excesiva y general de grasa corporal. Convencionalmente se considera que hay obesidad cuando el peso excede un 10-15% del teórico”<sup>(10)</sup>.

El índice de masa corporal o índice de Quetelet es un parámetro que valora el estado nutricional y que resulta de dividir el peso corporal, expresado en kilogramos, entre el cuadrado de la talla, expresada en metros<sup>(11)</sup>.

Su clasificación ha sido tradicionalmente muy confusa. Algunos autores consideran que un IMC de 25 a 29,9 no constituye propiamente obesidad, sino sobrepeso, y clasifican la obesidad propiamente en tres grados o clases<sup>(10)</sup>:

- Grado I (IMC 30 a 34,9)
- Grado II ((IMC 35 a 39,9)
- Grado III (IMC 40 o más)

Otros autores, en cambio, consideran que existe obesidad o sobrepeso a partir de un IMC de 25, y la clasifican en cuatro grados o clases:

- Grado I (IMC 25 a 25,9)
- Grado II ((IMC 30 a 34,9)
- Grado III (IMC 35 a 39,9)
- Grado IV (IMC 40 o más)

El sobrepeso es pues un trastorno caracterizado por una acumulación excesiva de grasa en el tejido adiposo, en el que el IMC se sitúa entre 25 y 29,9 kg/m<sup>2</sup>, sin alcanzar los valores de la obesidad propiamente dicha. Según los grandes estudios epidemiológicos, la mortalidad aumenta cuando el IMC supera los 25 kg/m<sup>2</sup><sup>(12)</sup>.

En algunos casos, el sobrepeso es producto del desarrollo muscular y es posible que la grasa corporal se encuentre dentro de los límites normales. Sin embargo, cuando el incremento de peso es por exceso de grasa corporal y éste supera el 20%, se considera que existe obesidad<sup>(13)</sup>. La menopausia se asocia a una serie de modificaciones en la composición corporal: decrece la masa libre de grasa y aumenta la masa grasa. Al principio de la madurez, la edad va asociada a una pérdida de masa muscular que es responsable de una pérdida de capacidades, debilidad y falta de independencia<sup>(3)</sup>.

El exceso de peso impone una mecánica anormal de los movimientos corporales. El mapa corporal se ve influenciado provocando que las articulaciones trabajen fuera de sus rangos de movimiento fisiológicos y conlleva un aumento del riesgo de sobrecarga a nivel músculo-esquelético<sup>(14)</sup>. En los sujetos con sobrepeso u obesidad existen alteraciones en la biomecánica, en la estabilidad postural, en la alineación de las extremidades, en la composición corporal, en la densidad ósea y en el metabolismo<sup>(5)</sup>.

Caminar es una actividad física recomendable para los adultos obesos porque es beneficioso metabólicamente, pero los individuos obesos

tienen una fuerza relativa menor en comparación con los individuos no obesos. La debilidad y la susceptibilidad a la fatiga de ciertos músculos clave en la marcha dan como resultado un patrón de marcha anormal que predispone a estos individuos a lesiones y patología en el sistema músculo-esquelético<sup>(2)</sup>.

### **1.1-JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Con frecuencia acuden a las consultas de podología pacientes que presentan problemas que tienen un condicionante en el sobrepeso o la obesidad. Esta situación provoca unas alteraciones vasculares y metabólicas que condicionan la salud de los pies y una pérdida de autonomía que supone una limitación para el cuidado de los pies.

Este estudio se centra en las alteraciones que provocan la obesidad o el sobrepeso en el patrón de marcha y las consecuencias que esas alteraciones pueden tener sobre el pie y sobre la extremidad inferior.



## **2-HIPÓTESIS**

Los sujetos con obesidad realizan unas adaptaciones en el patrón de marcha que puede influir en la aparición de patología tanto en el pie como en la extremidad inferior.

### **2.1-OBJETIVOS**

- Conocer las características de la marcha del paciente con obesidad.
- Conocer las repercusiones que tiene este patrón de marcha sobre el pie.
- Crear las bases para realizar en el futuro trabajos experimentales en este ámbito.

### **3-MATERIAL Y MÉTODOS**

Para obtener la información en la que se basa este trabajo de revisión, documentación e investigación bibliográfica, se ha realizado una búsqueda de referencias en los recursos MEDLINE, SCIENCE DIRECT y ENFISPO con las palabras clave:

- Foot AND overweight (Pie Y sobrepeso)
- Foot AND obesity (Pie Y obesidad)
- Gait analysis AND overweighth (Análisis de la marcha Y sobrepeso)
- Gait analysis AND obesity (Análisis de la marcha Y obesidad)

Se ha realizado también una consulta del fondo bibliográfico de la Biblioteca del Campus Universitario de Manresa (UPC-FUB) y de la Biblioteca del Campus de Bellvitge (UB). Se han revisado las principales revistas especializadas en podología y biomecánica.

La búsqueda se ha realizado entre noviembre del 2013 y abril del 2014.

#### **3.1-CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

Se han estudiado los artículos hallados relacionados con el tema con fecha de publicación posterior al año 2000. Se han revisado aquellos estudios que se hubieran realizado con adultos. No se han discriminado los estudios por el género estudiado ni por la metodología utilizada.

En los libros y diccionarios utilizados no se ha discriminado por la fecha de publicación.

#### **3.2-RECURSOS UTILIZADOS**

- CRAI: Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (UB)
- Biblioteca del Campus de Bellvitge (UB)
- Servicio de Préstamo Interbibliotecario (UPC-FUB)
- Biblioteca del Campus Universitario de Manresa (UPC-FUB)
- Web del Col·legi Oficial de Podòlegs de Catalunya
- Web del Consejo General de Colegios de Podólogos de España

## 4-RESULTADOS

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los resultados de algunos de los estudios que se han considerado más relevantes en la realización de este trabajo:

### ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

| ESTUDIO                              | MUESTRA   | TIPO DE ESTUDIO   | RESULTADOS   | CONCLUSIONES   |
|--------------------------------------|---|---|--|--|
| Cimolin y cols 2011 <sup>(14)</sup>  | 8 mujeres obesas con dolor lumbar crónico + 10 mujeres obesas + 10 mujeres sanas  | Análisis de la marcha a partir de la grabación en vídeo   | Las mujeres obesas con dolor lumbar crónico muestran más tiempo en la fase de apoyo y longitud de paso menor.  | La asociación de obesidad y dolor lumbar crónico altera el patrón de marcha.   |
| Freddman y cols 2013 <sup>(15)</sup> | 30 sujetos divididos en 3 grupos iguales según su IMC   | Estudio del movimiento en 3D combinado con estudio de las fuerzas de reacción del suelo con plataforma de fuerzas a diferentes velocidades (preferida y 1m/s) | La velocidad preferida por los participantes obesos es más lenta que la velocidad preferida por lo participantes no obesos.  | Los sujetos con sobrepeso u obesidad tienen una biomecánica de la rodilla a velocidades bajas comparable a la de los adultos no obesos.  |
| Ko y cols 2010 <sup>(1)</sup>        | 164 participantes en el <i>Baltimore Longitudinal Study of Aging</i> capaces de caminar sin ayuda divididos en tres grupos según el IMC | Estudio del movimiento en 3D combinado con estudio de las fuerzas de reacción del suelo con plataforma de fuerzas a diferentes velocidades                    | La cantidad de trabajo que realiza el tobillo en el plano anteroposterior disminuye con el aumento del IMC independientemente de la velocidad. La cantidad de trabajo que realiza la rodilla en el plano mediolateral aumenta con el aumento del IMC a la velocidad preferida. La cantidad de trabajo de absorción del impacto en la cadera aumenta con el aumento del IMC independientemente de la velocidad. | Los adultos obesos muestran un patrón espaciotemporal en la marcha que ayuda a reducir los impactos. Los sujetos obesos tienden a usar menos energía en el plano anteroposterior y más energía en el plano mediolateral. Este patrón supone una menor eficiencia energética. |
| Lai y cols 2008 <sup>(4)</sup>       | 14 sujetos obesos (8 mujeres + 6  | Estudio del movimiento en 3D a la velocidad   | Los sujetos obesos caminan a menor velocidad y realizan  | Existen diferencias significativas en los parámetros   |

|                                     |  |   |  |  |
|-------------------------------------|--|---|--|--|
|                                     | hombres) y 14 sujetos no obesos (8 mujeres + 6 hombres)                        | preferida   | una menor longitud de paso. Lo sujetos obesos pasan más tiempo en la fase de apoyo total y en la de doble apoyo. En los sujetos obesos existe un aumento de la aducción de la cadera y la rodilla. En los sujetos obesos existe un aumento de la eversión del pie. En la propulsión de los sujetos obesos se reduce el pico flexor-plantar del tobillo y aumenta la inversión. | espaciotemporales y de movimiento articular entre los sujetos obesos y los no obesos. Los sujetos obesos ajustan las características de su patrón de marcha en respuesta a sus cuerpo más pesado para reducir la carga sobre las rodillas y el consumo de energía. |
| Lerner y cols 2014 <sup>(2)</sup>   | 9 sujetos obesos (8 mujeres + 1 hombre) y 10 no obesos (5 mujeres + 5 hombres) | Estudio del movimiento en 3D a una velocidad predeterminada sobre una cinta instrumentada                     | La cinemática de la extremidad inferior en la marcha, concretamente la de la cadera y la rodilla, se ven condicionadas por la obesidad. A velocidades bajas las diferencias no son significativas pero sí lo son a velocidades altas.  | El aumento de los requerimientos a las extremidades inferiores en los sujetos obesos puede contribuir a una alteración de la cinemática incrementando el riesgo de lesiones y patología en el sistema músculo-esquelético.   |
| Sheehan&Gormley 2013 <sup>(5)</sup> | 25 adultos con normo-peso + 25 adultos con sobrepeso                           | Estudio de la marcha en un pasillo con dos plataformas de fuerzas e instrumentados con sensores de movimiento | Existen cambios en la marcha entre los adultos con normo-peso y sobrepeso tanto en las fuerzas de reacción del suelo como en la cinemática de la marcha.   | Los individuos con sobrepeso adoptan unas alteraciones en el patrón de marcha para acomodar el aumento de las fuerzas de reacción del suelo.   |

TABLA 4.1: Estudios que utilizan el análisis del movimiento.

## BAROPODOMETRÍA

| ESTUDIO                           | MUESTRA                                  | TIPO DE ESTUDIO                    | RESULTADOS  | CONCLUSIONES  |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|---|---|
| Birtane&Tuna 2004 <sup>(16)</sup> | 25 sujetos obesos + 25 sujetos no obesos | Baropodometría estática y dinámica | En estática aumentan los valores:<br>- Pico máximo de presión en antepié.<br>- Fuerzas a nivel plantar.<br>- Superficie de contacto.<br>En dinámica | Este estudio es un primer paso para evaluar el efecto de las diferentes categorías de obesidad sobre las presiones plantares. Son necesarios estudios en el |

|                                      |   |  |  |   |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
|                                      |   |  | aumenta el valor:<br>- Pico máximo de presión en mediopié.   | futuro para concretar la investigación.   |
| Hagedorn y cols 2013 <sup>(17)</sup> | 2111 participantes en el <i>Framingham Foot Study</i>                   | Valoración del recorrido que hace el centro de presiones en el estudio baropodométrico en dinámica | Existen diferencias significativas en el recorrido del centro de presiones para el sexo, la edad en mujeres y haber usado zapatos de tacón alto.   | La función del pie se ve afectada por el sexo o el historial de uso de tacones, no por el IMC o la actividad física.  |
| Hills y cols 2001 <sup>(18)</sup>    | 35 hombres y 35 mujeres divididos en dos sub-grupos: obesos y no obesos | Estudio de la distribución de presiones en estática y en dinámica                                  | Los valores son más altos en general para los participantes obesos. En estática existen aumentos significativos de la presión en II y IV metatarsianos para los hombres obesos y en III y IV metatarsianos para mujeres obesas. La anchura del pie es mayor en los sujetos obesos. En dinámica los picos de presión son mayores en los sujetos obesos. | Los sujetos obesos muestran una anchura del pie mayor y un aumento de los picos de presión tanto en estática como en dinámica. Un mayor peso del cuerpo produce un aumento de los picos de presión bajo la bóveda plantar y las cabezas metatarsales. Las presiones mayores en estática en las mujeres pueden ser resultado de una menor tensión de los ligamentos del pie. |
| Teh y cols 2005 <sup>(19)</sup>      | 80 sujetos (20 delgados + 20 normopeso + 20 sobrepeso + 20 obesos)      | Estudio de las presiones plantares con plantillas instrumentadas                                   | Aumenta la presión y la superficie de contacto con el IMC. El pico de presión en el antepié es superior para los sujetos obesos.   | Existen variaciones significativas en el patrón de presiones plantares y en la superficie de contacto para los diferentes grupos.   |
| Faria y cols 2010 <sup>(20)</sup>    | 81 mujeres post menopausia  | Cálculo del <i>Índice Dinámico del Arco</i> a partir del estudio de las presiones plantares        | Diferencias significativas en el <i>Índice Dinámico del Arco</i> en relación a la tipología del pie y al IMC.  | El aumento de las fuerzas verticales en los adultos obesos provoca el colapso del arco longitudinal.  |

TABLA 4.2: Estudios realizados con sistemas de análisis de presiones plantares.

## ESTABILOMETRÍA

| ESTUDIO                           | MUESTRA                      | TIPO DE ESTUDIO  | RESULTADOS   | CONCLUSIONES   |
|-----------------------------------|------------------------------|--|--|--|
| Meira y cols 2011 <sup>(21)</sup> | 45 mujeres de más de 60 años | Estudio antropométrico, bioimpedancia y estudio estabilmétrico con plataforma de fuerzas | La relación entre la antropometría y el porcentaje de grasa corporal muestra diferencias significativas con el comportamiento en la estabilmetría. | Los sujetos con mayor porcentaje de grasa corporal muestran un peor control de la postura. |

TABLA 4.3: Estudio que utiliza la estabilmetría (estudio de la postura de los sujetos y sus oscilaciones).

## ESTUDIO DEL METABOLISMO

| ESTUDIO                               | MUESTRA                | TIPO DE ESTUDIO  | RESULTADOS  | CONCLUSIONES  |
|---------------------------------------|------------------------|--|---|---|
| Griffin & Guilak 2008 <sup>(22)</sup> | Revisión bibliográfica | Revisión de estudios realizados con ratones y otros animales | La obesidad y otras alteraciones en la dieta influyen en el desarrollo de la osteoartritis. | La obesidad repercute en el desarrollo de la osteoartritis no sólo biomecánicamente sino también metabólicamente. |

TABLA 4.4: Revisión bibliográfica estudios del metabolismo en la obesidad.

Existen estudios recientes que valoran o relacionan las repercusiones de la obesidad sobre el pie en niños, sobretodo en el desarrollo morfológico de éste<sup>(23)(24)(25)(26)(27)</sup>.

La valoración de la cinética o la cinemática de la marcha antes y después de grandes pérdidas de peso también ha sido estudiada. En 2012 Vartiainen y cols valoraron mediante el análisis de movimiento en tres dimensiones combinado con plataformas de fuerzas los cambios en la cinética y la cinemática de un grupo de 13 sujetos después de haberse sometido a un proceso quirúrgico para la pérdida de peso. Los participantes pesaban un 21% menos 8,8 meses después de la intervención. Observaron una disminución de la amplitud del paso, pero no observaron cambios en la longitud ni en el tiempo de apoyo. Los momentos articulares de cadera y rodilla se reducían en proporción a la pérdida de peso<sup>(28)(29)(30)</sup>.

Se han hallado también referencias que estudian el efecto que puede tener la pérdida de peso sobre la marcha o la extremidad inferior. En 2012 Song y cols no hallaron diferencias significativas en un estudio

piloto que valoró las diferencias en la estructura de los pies de 41 adultos obesos después de someter a la mitad a un programa de pérdida de peso de tres meses de duración. Concluyeron que debía hacer falta más tiempo para valorar si podían existir cambios<sup>(31)</sup>.

En relación con el dolor en 2011 Tanamas y cols presentaron un estudio realizado con 137 adultos para valorar la relación entre el dolor en los pies y la obesidad utilizando un índice para medir el dolor y la discapacidad del pie (*Manchester Foot Pain and Disability Index*). El objetivo era valorar si sólo el efecto mecánico del peso podía provocar dolor y discapacidad en los pies o también se debía tener en cuenta el metabolismo. Concluyeron que el riesgo de discapacidad en el pie aumentaba al aumentar el IMC pero aumentaba más al aumentar la masa de grasa corporal (6% por cada kilogramo más de grasa corporal)<sup>(32)</sup>.

En un estudio epidemiológico mediante encuestas durante 6 años se valoró la relación del IMC con los problemas en los pies en mujeres de entre 70 y 75 años. Al inicio del estudio (1999 n=8059) el 26% reportó problemas en los pies. Al final del estudio (2005 n=4745) el 37% permanecía libre de problemas en los pies, el 36% había desarrollado nuevos problemas en los pies, al 13% se le habían solucionado sus problemas de pies y el 14% seguía teniendo los problemas que tenía. El aumento del IMC se relacionaba con la presencia de problemas en los pies. Los autores concluían que los problemas en los pies son un conflicto habitual en mujeres de esta franja de edad y están asociados con el IMC<sup>(33)</sup>.

## 5-DISCUSIÓN

Durante la marcha el cuerpo se divide funcionalmente en dos unidades, pasajero y locomotor. Aunque existe movimiento y acción motora en cada una de ellas, la intensidad con que esto sucede en cada una de ellas es distinta. Básicamente, la unidad pasajero es responsable sólo de su propia integridad postural. La mecánica de la marcha normal es suficientemente efectiva para que las demandas a la unidad pasajero sean mínimas y se mantiene simplemente como una carga para el sistema locomotor. La alineación de la unidad pasajero sobre las extremidades, sin embargo, determina considerablemente la acción muscular del sistema locomotor<sup>(7)</sup>.

La marcha es la forma más común de ejercicio y supone la única actividad física para muchos individuos sedentarios. El movimiento de los miembros necesita energía para realizar la contracción muscular<sup>(34)</sup>. El organismo ha desarrollado diversos mecanismos de optimización que mejoran su rendimiento en la marcha, a través de transferencias de energía y de la minimización del desplazamiento del centro de gravedad. Durante la marcha humana tienen lugar dos formas de intercambio de energía entre segmentos: conversiones entre energía cinética y potencial y transferencias de energía entre segmentos<sup>(8)</sup>.

El ciclo de la marcha o zancada es la secuencia de acontecimientos que tiene lugar entre dos repeticiones consecutivas de uno cualquiera de los sucesos de la marcha. Por conveniencia se adopta como principio del ciclo el instante en que uno de los pies toma contacto con el suelo, habitualmente a través del talón. Durante un ciclo de la marcha completo cada pierna pasa por una fase de apoyo, durante la cual el pie se encuentra en contacto con el suelo, y por una fase de oscilación, en la cual el pie se halla en el aire, al tiempo que avanza, como preparación para el siguiente apoyo<sup>(7)(8)(35)</sup>.

En relación a la duración del ciclo de la marcha, la fase de apoyo constituye, en condiciones de normalidad a la velocidad espontáneamente adoptada por el sujeto, alrededor de 60% del ciclo. Por su parte, la fase de oscilación representa el 40% restante. Lo mismo sucede para el miembro contralateral, desplazado un 50% en el tiempo, lo que revela la existencia de dos fases de apoyo bipodal o de doble apoyo, de un 10% de duración cada una. La duración relativa de cada una de estas fases depende fuertemente de la velocidad, aumentando la proporción de la oscilación frente al apoyo



al aumentar la velocidad, acortándose progresivamente los periodos de doble apoyo<sup>(7)(8)(35)</sup>.

La distancia medida entre dos apoyos consecutivos del mismo pie se denomina longitud de zancada. La distancia, medida en la dirección de progresión, que separa el apoyo inicial de un pie del apoyo inicial del otro pie, se denomina longitud de paso, y la suma de la longitud de paso de los dos pies equivale a la longitud de zancada. La separación lateral entre los apoyos de ambos pies, normalmente medida a partir de los puntos medios de los talones, es la anchura de paso, anchura de apoyo o base de sustentación. Al ángulo entre la línea media del pie y la dirección de progresión se le conoce como ángulo de paso<sup>(7)(8)(35)</sup>.

Se define la cadencia como el número de pasos ejecutados en un intervalo de tiempo, siendo la unidad más comúnmente adoptada los pasos por minuto. La velocidad de la marcha es la distancia recorrida por el cuerpo en una unidad de tiempo en la dirección considerada. La velocidad media puede calcularse como el producto de la cadencia por la longitud de zancada<sup>(8)(35)</sup>.

El grado en el que la obesidad afecta a la **cinética y la cinemática** de la marcha no está del todo claro. Algunos estudios refieren que la cinemática es similar entre grupos de obesos y grupos de no obesos<sup>(15)</sup>, mientras que otros estudios refieren que los individuos obesos caminan con una extensión mayor de la extremidad y con una anchura de paso mayor, sobretudo cuando caminan a velocidades más rápidas. Estos individuos realizan unas adaptaciones a nivel de la musculatura de la extremidad inferior y la pelvis para soportar, estabilizar y propulsar el centro de masas durante la marcha. Adoptan un patrón de marcha que resta protagonismo a la musculatura de la pierna y solicita mayor actividad a la musculatura de la pelvis<sup>(1)(2)(4)(5)</sup>. Aunque según Sheehan y Gormley a partir de un estudio realizado en 2013 esas adaptaciones se realizan para protegerse del aumento de las fuerzas de reacción del suelo<sup>(5)</sup>, esta situación puede contribuir a la aparición de lesiones en el sistema músculo-esquelético<sup>(2)</sup>. Por lo tanto la obesidad se ha relacionado con una velocidad más baja en la marcha, con una mayor anchura del paso, con un aumento de la rotación mediolateral de la cadera y con un menor momento articular anteroposterior del tobillo. Las investigaciones indican que se trata de adaptaciones que se desarrollan para descargar las rodillas durante la marcha y acomodarse al aumento de las fuerzas de reacción del suelo<sup>(1)(5)</sup>. Así

pues, en la marcha de los individuos obesos existe una disminución de la longitud del paso, una disminución de la cadencia y de la velocidad de marcha, un incremento de la anchura del paso y un aumento del tiempo de doble apoyo y de la fase de apoyo en el ciclo de la marcha<sup>(4)</sup>.

En 2010 Ko y cols estudiaron la marcha de las personas obesas con un sistema de análisis de vídeo en tres dimensiones. Sus estudios mostraron que los sujetos estudiados (adultos mayores) tendían a reducir la velocidad de la marcha, ampliar la anchura del paso (base de sustentación) y a ampliar la duración de la fase de apoyo total. Concluyeron que en el momento del contacto de talón se alargaba la flexión plantar del tobillo y la flexión de rodilla para mejorar la absorción del impacto que supone el aumento de peso. También observaron que en las personas obesas el tríceps sural realiza menos actividad en la fase de despegue. Esta situación podría estar relacionada con el hecho de que las personas obesas basan la progresión hacia adelante en un uso del movimiento mediolateral. Por lo tanto, las personas con obesidad adoptaban un patrón de marcha que reducía el uso de energía en el plano anteroposterior y lo aumentaba en el plano mediolateral. Esta adaptación puede ser poco beneficiosa para la progresión hacia adelante, que es el objetivo de la marcha<sup>(1)</sup>. En otros estudios se ha observado que los individuos obesos mantienen una postura más erecta en la marcha. Estos individuos realizan una serie de adaptaciones frente a las fuerzas de reacción del suelo, que son mayores<sup>(4)</sup>.

El estudio de las **presiones plantares** puede proporcionar una visión adicional de la etiología del dolor en los trastornos de la extremidad inferior. En concreto, puede ser utilizada para detectar las modificaciones en la biomecánica del pie que existen asociadas a la obesidad, particularmente en la sobrecarga de la superficie plantar. Se ha visto en diversos estudios que las presiones plantares son diferentes entre individuos obesos e individuos no obesos. En general, la carga absoluta sobre la superficie plantar en los individuos obesos es mayor<sup>(3)</sup>.

Birtane y Tuna en 2004 concluían en un estudio que relacionaba las presiones plantares con el IMC que al aumentar el IMC aumentaban las cargas en el pie incluso en sujetos que no presentaban dolor ni alteraciones estructurales en éstos<sup>(16)</sup>. En 2001 en un estudio similar Hills y cols habían observado que en los sujetos obesos la anchura del antepié aumentaba y existían presiones plantares más elevadas tanto

en la estática como en la dinámica. Las zonas donde más aumentaban las presiones se situaban bajo el arco longitudinal y las cabezas metatarsales. Existían diferencias en función del sexo debido a la menor tensión ligamentosa en mujeres<sup>(18)</sup>.

En 2006 Teh y cols estudiaron también la distribución de las presiones plantares para los sujetos obesos. Concluyeron que las presiones en el antepié aumentaban en los sujetos obesos ya que el centro de gravedad se adelantaba y la superficie de apoyo también aumentaba. No encontraron diferencias entre sexos como habían hallado Hills y cols en 2001 u otros autores<sup>(17)(18)(19)</sup>.

En el 2013 Hagedorn y cols realizaron un estudio para determinar qué factores podían influir en el desplazamiento del centro de presiones del pie en adultos. Para ello se estudió un total de 2111 sujetos mediante un sistema de plantillas instrumentadas caminando. La función del pie se evaluaba a partir del desplazamiento del centro de presiones. Se estudiaron las diferencias existentes entre grupos en función del sexo, la edad, el IMC, la actividad física y, para las mujeres, el haber usado calzado de tacón. Los autores concluyeron que era el sexo, la edad y el haber usado calzado de tacón los factores que hacían variar la función del pie (basándose en el desplazamiento del centro de presiones) en un grupo tan grande de población<sup>(17)</sup>.

Meira y cols en el 2011 concluyen que existe relación entre adiposidad y **control de la postura** en mujeres mayores a partir de un estudio realizado con 45 mujeres. A las participantes se les realizaron varios test de estabilidad sobre plataforma de presiones después de haber realizado un estudio antropométrico que incluía la valoración de la composición corporal usando equipos de bioimpedancia. Las mujeres con mayores masas de grasa presentan valores más elevados en los estudios de estabilometría (mayor oscilación). Estos resultados se relacionarían con un control postural menos eficiente<sup>(21)</sup>.

Aunque no era el objetivo de este trabajo ha sido inevitable hallar referencias que estudiaban las repercusiones del sobrepeso y la obesidad en la marcha y en la extremidad inferior de los niños. Existen discrepancias entre los diferentes estudios. Algunos estudios concluyen que existen diferencias en la biomecánica de la marcha en niños en función del IMC, los niños obesos adoptan un patrón de marcha que les permite la recuperación de energía en la fase de

oscilación y una mayor estabilidad<sup>(23)(24)</sup>. Existen también discrepancias en cómo afecta el peso corporal a la morfología del pie o a las presiones plantares<sup>(25)(26)(27)</sup>.

## 5.1-ALTERACIONES ASOCIADAS

Lai y cols en 2008 concluyen que los individuos obesos caminan más lento y con algunas diferencias significativas en los parámetros espacio-temporales respecto a los individuos no obesos. Las fuerzas de reacción del suelo tanto en el plano vertical como en el antero-posterior en el despegue son menores. Hay más aducción de cadera y rodilla, junto con una mayor eversión del tobillo<sup>(4)</sup>.

Son diversos los estudios que relacionan la obesidad con una marcha a una velocidad más baja, un anchura del paso mayor, un aumento de la rotación latero-medial de la cadera y un rango de movimiento antero-posterior menor del tobillo. En general las investigaciones sugieren que estas características son adaptaciones que realiza el sujeto para descargar las rodillas. Se debe tener en cuenta que estas adaptaciones son posibles si la edad del sujeto lo permite, a edades avanzadas será más difícil realizar estas adaptaciones puesto que existirán unas limitaciones por las alteraciones osteoarticulares que puedan existir<sup>(1)</sup>. En 2012 Vartiainen y cols concluyeron en un estudio realizado a pacientes sometidos a una actuación quirúrgica para la reducción de peso que con la pérdida de peso se reducía la amplitud de paso y disminuían los momentos articulares de la rodilla y la cadera. Sería necesario valorar si esos cambios en la cinemática se traducen en una disminución de la patología articular<sup>(28)</sup>. Edwards y cols observaron que había una disminución significativa de la sintomatología en los pacientes con osteoartritis de rodilla a los 6 y a los 12 meses de someterse a una cirugía bariátrica con una reducción del peso considerable<sup>(30)</sup>. De todas formas, se considera la obesidad uno de los factores de riesgo más importantes, y previsible, en el desarrollo de la osteoartritis<sup>(15)(22)</sup> y son numerosos los estudios que relacionan el IMC y la osteoartritis de cadera, rodilla, pie y mano. Sin embargo, el mecanismo por el cual la obesidad contribuye al desarrollo de la osteoartritis no está del todo claro. Existen estudios que muestran una relación muy importante entre IMC (y el efecto protector de la pérdida de peso), la alteración en la alineación del miembro y la osteoartritis de rodilla<sup>(36)</sup>. Estos estudios apoyan la hipótesis de que la obesidad aumenta la carga biomecánica de las articulaciones y genera alteraciones en el patrón de marcha. En la actualidad la obesidad está considerada también un desorden

inflamatorio sistémico leve que puede estar asociado a desórdenes metabólicos que influyen también en la aparición de la osteoartritis<sup>(22)</sup>. Se han hallado estudios que cifran que por cada 5 kg más de peso el riesgo de osteoartritis aumenta un 36%, por lo tanto una disminución de la grasa corporal puede reducir los factores tanto mecánicos como bioquímicos que contribuyen a la degeneración articular<sup>(29)</sup>. En este sentido Tanamas y cols en 2011 observaron que el dolor y la discapacidad del pie aumentaban no sólo con el aumento del IMC sino también (y de manera más significativa) con el aumento de la masa grasa corporal<sup>(32)</sup>.

También se relaciona a menudo la obesidad con el dolor lumbar. Diversos estudios han mostrado que existe una correlación entre obesidad y alteraciones en la función del raquis secundarias a la debilidad y a la rigidez de la musculatura lumbar. En un estudio realizado en 2011 por Cimolin y cols concluyeron que las mujeres obesas con dolor lumbar realizaban una marcha con una fase de apoyo total menor y una longitud de paso menor que las mujeres obesas sin dolor lumbar y que las mujeres del grupo de control. En este estudio concluyeron que en este tipo de pacientes, paralelamente a la pérdida de peso, era necesario un entrenamiento de la musculatura de manera específica con especial atención en los tobillos, cadera y pelvis para prevenir los desórdenes músculo-esqueléticos asociados a la obesidad<sup>(14)</sup>.

Se puede decir que la obesidad se ha convertido en un gran problema de salud con un aumento de la incidencia de otros trastornos médicos en todo el mundo. Aumenta la incidencia de osteoartritis, aumenta el dolor en los pies y es responsable de diversos conflictos sintomáticos que se dan en las extremidades inferiores de las personas con sobrepeso<sup>(3)</sup>.

## **5.2-REPERCUSIONES EN EL PIE**

El pie humano es una compleja estructura mecánica poli-articular que juega un papel importantísimo en la función biomecánica de la extremidad inferior siendo la única parte del cuerpo que interactúa con la superficie externa. El pie proporciona soporte y equilibrio en la bipedestación y estabilidad durante la marcha. La extremidad inferior debe distribuir y disipar las fuerzas que existen durante la fase de apoyo de la marcha. Una distribución inadecuada de esas fuerzas puede ocasionar movimientos anormales que producen estrés en toda la extremidad<sup>(3)</sup>.

El pie se adapta a las condiciones de carga manteniendo la bóveda plantar. Sin embargo, puede haber pérdida de confort y dolor asociado a la alteración en el patrón de marcha que intenta minimizar las consecuencias de esas condiciones de carga. Con el aumento del IMC la eficiencia del patrón locomotor se altera originando problemas como el dolor en los talones, metatarsalgia, fracturas por estrés y otras alteraciones<sup>(3)</sup>. En algunos estudios se ha visto que no sólo el aumento en el IMC contribuye a la aparición de dolor y discapacidad en los pies sino que la masa grasa corporal también influye, se trata pues, no sólo de un problema mecánico sino también metabólico<sup>(32)</sup>.

El sobrepeso, no sólo puede afectar al patrón de marcha o al confort sino que, puede tener consecuencias en la morfología. En 2010 Faria y cols observaron que, a causa del aumento de las fuerzas verticales que sufren los pies de los adultos con obesidad o sobrepeso, el arco longitudinal interno se colapsa afectando negativamente a su funcionalidad. El deterioro del sistema músculo-esquelético a causa de la edad también afecta a la capacidad funcional de los pies<sup>(20)</sup>. Los efectos de esa pérdida de funcionalidad a largo plazo pretenden ser estudiados por Song y cols que en 2012 realizaron un estudio piloto para ver el efecto que podía tener sobre el pie una pérdida importante de peso pero, las diferencias con el grupo control no fueron significativas después de 3 meses. Los autores concluyeron que esas diferencias no habían sido significativas porque el periodo de tiempo había sido muy corto<sup>(31)</sup>.

En 2011 Menz y cols concluyeron en un estudio longitudinal realizado durante 6 años sobre salud en las mujeres que los problemas de pies en mujeres adultas estaban relacionados con el IMC<sup>(33)</sup>. En 2007 Irving y cols habían buscado la relación entre el dolor crónico en el talón, el IMC, la tipología de pie y el rango de movilidad del tobillo comparando las características de 18 adultos con dolor en el talón con 80 adultos de control. El grupo con dolor en el talón presentaba un IMC mayor, pies pronados y mayor rango de movilidad en el tobillo. Concluyeron que tanto la obesidad como los pies pronados son un factor de riesgo para tener dolor en los talones<sup>(37)</sup>.

## 6-CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y en relación a los objetivos desarrollados, confirmamos la hipótesis planteada y se concluye que:

El sobrepeso y la obesidad en adultos es un problema de salud pública creciente que provoca una alteración en la mecánica normal de los movimientos corporales influyendo en el mapa corporal y provocando que las articulaciones trabajen fuera de sus rangos de movimiento fisiológicos. Esta situación conlleva un aumento del riesgo de sobrecarga a nivel músculo-esquelético que, junto a las alteraciones en el metabolismo por el aumento de masa grasa, contribuyen a la aparición de patología articular.

Con frecuencia, acuden a las consultas de podología pacientes que presentan problemas que tienen un condicionante en el sobrepeso o la obesidad. Esta situación provoca unas alteraciones vasculares y metabólicas que condicionan la salud de los pies. También suponen una pérdida de autonomía y unas limitaciones para el cuidado de los pies.

El pie, compleja estructura mecánica que se encarga de la interacción con el suelo en la bipedestación y la marcha, se adapta a las condiciones de carga manteniendo la bóveda plantar. A causa del aumento de peso puede haber una pérdida de confort y puede aparecer dolor por la alteración en el patrón de marcha que intenta minimizar las consecuencias de esas condiciones de carga. Con el aumento del índice de masa corporal la eficiencia del patrón locomotor del pie se altera, pudiendo originar problemas como el dolor en los talones, en la zona metatarsal y otras alteraciones, incluso afectando a largo plazo a la morfología de esta estructura.

Este trabajo ha pretendido establecer las bases para el estudio de las repercusiones que puede tener sobre el pie el aumento de peso en adultos. En la literatura existe controversia sobre cuáles son esas repercusiones y la gravedad de éstas. Es necesario realizar estudios en esta línea por la incidencia que tiene este problema de salud en nuestra sociedad y las situaciones patológicas que se derivan, no sólo en la biomecánica sino también en otros aspectos.

## 7-BIBLIOGRAFÍA

1. Ko, S. Stenholm, S. Ferrucci, L. Characteristic gait patterns in older adults with obesity (Results from the *Baltimore Longitudinal Study of Aging*). *J Biomech* 2010; 43:1104-1110.
2. Lerner, Z.F. Board, W.J. Browning, R.C. Effects of obesity on lower extremity muscle function during walking at two speeds. *Gait Posture* 2014; article in press.
3. Monteiro, M. Gabriel, R. Aranha, J. Neves E Castro, M. Sousa, M. Moreira, M. Influence of obesity and sarcopenic obesity on plantar pressure of postmenopausal women. *Clin Biomech* 2010; 25:461-467.
4. Lai, P.P.K. Leung, A.K. L. Li, A.N.M. Zhang, M. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech* 2008; 23:s2-s6.
5. Sheehan, K.J. Gormley, J. The influence of excess body mass on adult gait. *Clin Biomech* 2013; 28:337-343.
6. WHO:Global Database on Body Mass Index [Base de datos en internet]. Copenhagen:World Health Organization 2006 [Actualizada el 31 de mayo de 2014; acceso el 31 de mayo del 2014]. Disponible en: <http://apps.who.int/bmi/index.jsp>
7. Perry, J. Gait analysis: normal and pathological function. New Jersey: Salck Incorporated, 1992.
8. Sánchez, J. Biomecánica de la marcha humana normal. En: Prat, J. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia, 1999:31-121.
9. Diccionario de términos médicos de la Real Academia Nacional de Medicina. Madrid: Médica Panamericana, 2011. Obesidad; pp 1195.
10. Diccionari Enciclopèdic de Medicina de l'Acadèmia de Ciències Mèdiques de Catalunya i de Balears. Barcelona: Enciclopèdia Catalana S.A., 1990. Obesitat; pp 1078.
11. Diccionario de términos médicos de la Real Academia Nacional de Medicina. Madrid: Médica Panamericana, 2011. Obesidad; pp 906.
12. Diccionario de términos médicos de la Real Academia Nacional de Medicina. Madrid: Médica Panamericana, 2011. Sobrepeso; pp 1530.



13. Daza, J. Examen antropométrico clínico-funcional. En: Daza, J. Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. Bogotá: Editorial Médica Panamericana, 2007:211-231.
14. Cimolin, V. Vismara, L. Galli, M. Zaina, F. Negrini, S. Capodaglio, P. Effects of obesity and chronic low back pain on gait. *J NeuroEng Rehabil* 2011; 8:55.
15. Freedman, J. Milner, C.E. Thompson, D. Zhang, S. Zhao, X. The influence of body mass index and velocity on knee biomechanics during walking. *Gait Posture* 2013; 37:575-579.
16. Birtane, M. Tuna, H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech* 2004; 19:1055-1059.
17. Hagecorn, T.J. Dufour, A.B. Golightly, Y.M. Riskowski, J.L. Hillstrom, H.J. Casey, V.A. Hannan, M.T. Factors affecting center of pressure in older adults: the Framingham Foot Study. *J Foot Ankle Res* 2013; 6:18.
18. Hills, A.P. Hennig, E.M. McDonald, M. Bar-Or, O. Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *Int J Obesity* 2001; 25:1674-1679.
19. Teh, E. Teng, F.T. Acharya, R. Ha, T.P. Goh, E. Min, L.C. Static and frequency domain analysis of plantar pressure distribution in obese and non-obese subjects. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2006; 10:127-133.
20. Faria, A. Gabriel, R. Abrantes, J. Bras, R. Moreira, H. The relationship of body mass index, age and triceps-surae musculotendinous stiffness with the foot arch structure of postmenopausal women. *Clin Biomech* 2010; 25:588-593.
21. Meira, M.R. Carvalho, E. Flávia, J. De Sà, A. Márcia, C. Dos Santos, A.L. Adiposity and postural balance control: Correlations between bioelectrical impedance and stabilometric signals in elderly Brazilian women. *Clinics* 2011; 66(9):1513-1518.
22. Griffin, T.M. Guilak, F. Why is obesity associate with osteoarthritis? Insights from mouse models of obesity. *Biorheology* 2008; 45(3-4):387-398.

23. Blakemore, V.J. Fink, P.W. Lark, S.D. Shultz, S.P. Mass affects lower extremity muscle activity patterns in children's gait. *Gait Posture* 2013; 38:609-613.
24. D'Hondt, E. Segers, V. Deforche, B. Shultz, S.P. Tanghe, A. Gentier, I. De Bourdeaudhuij, I. De Clerq, D. Lenoir, M. The role of visión in obese and normal-weight children's gait control. *Gait Posture* 2011; 33:179-184.
25. Evans, A.M. The relationship between paediatric foot posture and body mass – do heavier kids really have flatter feet? *J Foot Ankle Res* 2013; 6(suppl1):O12.
26. Phethean, J. Nester, C. The influence of body weight, body mass index and gender on plantar pressures: Results of a cross-sectional study of healthy children's feet. *Gait Posture* 2012; 36:287-290.
27. Song-Hua, Y. Kuan, Z. Gou-Qing, T. Jin, Y. Zhi-Cheng, L. Effects of obesity on dynamic plantar pressure distribution in chinese prepubescent children during walking. *Gait Posture* 2013; 37:37-42.
28. Vartiainen, P. Bragge, T. Lyytinen, T. Hakkarainen, M. Karjalainen, P.A. Arokoski, J.P. Kinematic and kinetic changes in obese gait in bariatric surgery-induced weight loss. *J Biomech* 2012; 45:1769-1774.
29. Vicent, H.K. Heywood, K. Connelley, J. Hurley, R.W. Weight loss and obesity in treatment and prevention of osteoarthritis. *PM R* 2012; 4(5 0):s59-s67.
30. Edwards, C. Rogers, A. Lynch, S. Pylawka, T. Silvis, M. Chinchilli, V. Mosher, T. Black, K. The effects of bariatric surgery weight loss on knee pain in patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis* 2012; 504189:7 pages.
31. Song, J. Foster, G. Kane, R. Tango, D.N. Van Der Veur, S. Reyes, N. Lagrotte, C. Furmato, J. Komaroff, E. Effects of weight loss on foot structure in obese adults: a pilot study. *J Foot Ankle Res* 2012; 5(suppl1):O48.
32. Tanamas, S.K. Wluka, A.E. Berry, P. Menz, H.B. Strauss, B.J. Davies-Tuck, M. Proietto, J. Dixon, J.B. Jones, G. Cicuttini, F.M. Fat mass is associated with disabling foot pain. *J Foot Ankle Res* 2011; 4(suppl1):P54.

33. Menz, H.B. Barr, E.L.M. Brown, W.J. Predictors and persistence of foot problems in women aged 70 years and over: a prospective study. *Maturitas* 2011; 68:83-87.
34. Waters, R.L. Energy Expenditure. En: Perry, J. *Gait analysis: normal and pathological function*. New Jersey: Salck Incorporated, 1992:443-489.
35. Kirtley, C. *Clinical gait analysis: theory and practice*. Edinburgh;New York: Elsevier 2006.
36. Jinks, C. Jordan, K. Croft, P. Disabling knee pain – another consequence of obesity: Results from a prospective cohort study. *BMC Public Health* 2006; 6:258.
37. Irving, D.B. Cook, J.L. Young, M.A. Menz, H.B. Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case-control study. *BMC Musculoskelet Dis* 2007; 8:41.

## **AGRADECIMIENTOS**

Querría mostrar mi agradecimiento a Manel Pérez, tutor de este trabajo, por su ayuda y por sus consejos: ha sido un placer volver a trabajar contigo Manel.

Agradezco también a los órganos de gestión y al profesorado del Grado de Podología de la Universitat de Barcelona su disponibilidad durante la realización de la retitulación.