



Facultade de Enfermaría e Podoloxía
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRAO EN PODOLOXÍA

Curso académico 2012/2013

TRABALLO DE FIN DE GRAO

**El bipedismo: Alteraciones del pie en estática
y sus relaciones con niveles ascendentes**

Isidoro Buceta Gómez

15 de Mayo de 2013

Índice

1. Resumen estructurado.....	4
2. Introducción.....	6
3. Formulación de la pregunta de estudio.....	7
4. Material y Métodos.....	8
4.1. Criterios de inclusión y exclusión.....	8
4.2. Estrategia de búsqueda.....	9
5. Resultados.....	13
6. Discusión y conclusiones.....	25
7. Agradecimientos.....	29
8. Bibliografía.....	30

9. Anexos.....	32
9.1. Anexo I. Realización de la búsqueda.....	33
9.2. Anexo II. Jerarquía de los estudios por el tipo de diseño y grado de recomendación.....	37

2- Resumen estructurado

Objetivos: Determinar si existe relación en estática entre alguna patología estructural del pie compensada con un exceso de pronación o supinación con segmentos superiores, tales como rodilla, cadera, pelvis o columna.

Metodología: Para confeccionar esta revisión bibliográfica se comenzó con la búsqueda de revisiones sistemáticas (base de datos Cochrane), obteniendo siete revisiones de las cuales se rehusaron en su totalidad por no cumplir los criterios de inclusión expuestos. Tras esto se pasa a realizar otra búsqueda, esta vez en bases de datos de artículos originales tales como ScienceDirect, Dialnet y Pubmed.

Resultados: Tras realizar esta segunda búsqueda se encontraron un total de 26 referencias bibliográficas, descartando 9 de ellas y quedando para su posterior análisis un total de 17 publicaciones.

Conclusión: Una vez realizado dicho análisis se llega a la conclusión de que tanto el exceso de pronación como de supinación provocan una rotación interna o externa, respectivamente, relacionándose con las rotaciones de cadera. Estas rotaciones de cadera provocan inclinaciones pélvicas en plano sagital que no repercuten en columna vertebral tal y como se creía tradicionalmente, haciéndose referencia a un estudio en el cual se manifiesta que un déficit de la musculatura del tronco provoca lesiones en el miembro inferior.

Como conclusión se puede obtener que se necesitan más estudios a largo plazo en pacientes pronadores y supinadores para poder evaluar las posibles compensaciones que desarrollen.

2- Structured summary

Aim: To determine if there is any relationship between excess pronation or supination as a result of compensation due to any static structural pathology in the foot with upper segments, such as knee, hip, pelvis or spine.

Methodology: This bibliographic revision began with the search of systematic reviews in the Cochrane Library Plus, obtaining seven revisions which were entirely rejected as they did not meet the inclusion criteria that were demanded. After this, a second search was undertaken, this time in databases with original articles such as ScienceDirect, Pubmed and Dialnet.

Results: After this second search, a total of 19 bibliographical references were found; 8 of them were discarded and 11 publications were kept for further analysis.

Conclusions: Once this analysis was made, it was concluded that both over-pronation and supination cause internal or external rotation, respectively, relating to hip rotations. These hip rotations cause a slight tilt of the anterior or posterior pelvis on the sagittal plane that barely have any effect on the spine, as was traditionally believed. A reference was made to a study which stated that a deficit in the torso musculature causes lower limb injuries.

As a conclusion it can be put forward that more long-term studies are necessary in pronation and supination patients to assess the potential compensations that may develop.

2- Introducción

El bipedismo es sin duda el factor detonante del proceso de hominización.

(1) Las teorías que dan origen al bipedismo se basan en la apertura de praderas de la sabana en el este de África hace entre 2 y 4 millones de años (“hipótesis de la sabana”, en controversia, actualmente), propiciando que en un ambiente menos boscoso y más abierto los primeros homínidos desarrollaran estrategias para hacer frente a la escasez de alimentos y a la necesidad de protegerse. Esto significaba la realización de viajes de larga distancia por la sabana, dando origen en este punto a la liberación de las manos para transportar objetos y para acceder a nuevos recursos alimentarios. Otras hipótesis del bipedismo muy relacionadas son la reducción de la superficie corporal expuesta al sol con la postura bípeda y la mejor eficiencia de la marcha bípeda. (2)

A raíz del bipedismo, surgieron cambios estructurales en el cuerpo, centrándonos aquí en tronco y miembro inferior. Se produce, en la columna, un alargamiento de la zona lumbar (produciéndose posteriormente un reacortamiento) y aparecen las lordosis como efecto resorte. La pelvis se ensancha, los ilíacos giran internamente para poder soportar mejor el peso del cuerpo, adaptándose con el paso del tiempo a una mejor salida del feto. (3) La extremidad inferior se alarga debido a un fémur más largo. (4) Las rodillas adoptan una posición distinta de valgo durante la fase de apoyo, se modifica la morfología de los cóndilos (disminuyendo el estrés cartilaginoso), esto hace que aumente el brazo de fuerza de la rótula y disminuya la fuerza de contracción del cuádriceps. (5) En lo que refiere al pié, encontramos un “pie prehumano” el cual fue, según Morton “un órgano de agarre flexible y musculoso” con un hallux oponible, un talón ampliado para soportar el peso, dedos cortos y sin arcos longitudinales; hasta llegar a un hallux alineado con el resto de metatarsianos, el tarso se estabiliza y el pie realiza la función de palanca en la fase de propulsión. (6)

3- Formulación de la pregunta de estudio

Una vez analizadas someramente las teorías las cuales nos llevaron a la bipedestación y los cambios acaecidos en nuestro cuerpo, fruto de la evolución, me propongo analizar si las patologías estructurales que pueda sufrir el pie en estática podrían afectar a otros segmentos del cuerpo tales como rodilla, cadera, pelvis, columna e incluso tronco.

La población la cual va a ser objeto de estudio engloba tanto a hombres como mujeres de mediana edad que presentan una o varias patologías estructurales del pie en estática, valiéndonos de esto para poder comprobar la relación anteriormente citada.

4- Material y Métodos.

4.1 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión empleados para la obtención de referencias bibliográficas de utilidad fueron los siguientes:

- Se incluyeron todas las personas de edades comprendidas entre 20 y 60, independientemente de su sexo, que presenten las patologías estructurales del pie más comunes para poder analizar las posibles repercusiones que éstas puedan presentar.
- Se incluyeron revisiones sistemáticas y artículos originales tales como casos clínicos, estudios de investigación... Las publicaciones fueron elegidas entre los años 2002 y 2013 estando todos ellos en idioma español o inglés. Únicamente se seleccionaron las publicaciones las cuales su contenido estuviera disponible para su posterior análisis.

Los criterios de exclusión a los cuales se sometió la búsqueda bibliográfica fueron los siguientes:

- Se excluyeron a todas las personas con edades comprendidas desde el nacimiento a los 19 años y desde los 60 años en adelante, así como a las personas de mediana edad que presenten patologías estructurales que sean adquiridas como el Hallux Abductus Valgus; pacientes los cuales fueran tratados de sus patologías estructurales del pie mediante ortesis plantares u otras opciones de tratamiento; pacientes con patologías sistémicas que puedan tener una repercusión en el pie como la Artrosis o Artritis Reumatoide y pacientes con

patologías congénitas o adquiridas las cuales desarrollen consecuencias en la musculatura de los miembros inferiores ya sean o no neurológicas.

- Se excluyeron las cartas al director, artículos de opinión o reflexión y divulgaciones carentes de rigor científico, así como estudios de investigación en los cuales se evalúe a los participantes únicamente apoyados en un miembro.

4.2 Estrategia de búsqueda

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo encontrar referencias de rigor científico para poder dar explicación al tema abordado. Para ello se accede a diversas bases de datos con gran especificidad en revisiones sistemáticas durante el mes de Febrero de este presente año 2013. Se buscó en la siguiente base de datos:

Biblioteca Cochrane Plus: Es una base de datos, la cual contiene revisiones sistemáticas altamente estructuradas y sistematizadas, basándose mayoritariamente en ensayos clínicos controlados. Se actualiza cada tres meses. La estrategia de búsqueda empleada fue la que se muestra a continuación:

Patologías estructurales del pie AND Miembro inferior (Para la búsqueda en español)

Foot structural pathologies AND lower limb (Para la búsqueda en inglés)

La búsqueda realizada con estos descriptores no tuvo éxito por no manifestarse ninguna referencia por lo que se procedió a cambiar los descriptores, siendo éstos:

Pie en estática y segmentos ascendentes

Pronación y supinación del pie AND Miembro inferior (Para la búsqueda en español)

Foot pronation and supination AND Lower limb (Para la búsqueda en inglés)

Como resultado de esta búsqueda se han encontrado 7 revisiones (Tabla I), las cuales se rehusaron por no cumplir los criterios de inclusión.

Tabla I. Revisiones halladas

Resultados de la Búsqueda	Aceptación
Handoll HHG, Madhok R, Howe TE. Rehabilitación de la fractura distal del radio en adultos (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No
Thomson CE, Gibson JNA, Martin D. Intervenciones para el tratamiento del neuroma de Morton (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No
Lin Chung-Wei Christine, Moseley Anne M, Refshauge Kathryn M. Rehabilitación de la fractura de tobillo en adultos (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com . (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No

Handoll HHG, Vaghela MV, Madhok R. Clavos percutáneos para el tratamiento de la fractura distal del radio en adultos (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com . (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No
Handoll HHG, Huntley JS, Madhok R. Diferentes métodos de fijación externa para el tratamiento de la fractura distal del radio en adultos (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com . (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No
Handoll HHG, Madhok R. Intervenciones conservadoras para el tratamiento de la fractura de radio distal en adultos (Revisión Cochrane traducida). En: <i>La Biblioteca Cochrane Plus</i> , 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com . (Traducida de <i>The Cochrane Library</i> , 2008 Issue 3. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).	No
Kilmartin TE, Wallace WA. Effect of pronation and supination orthosis on Morton's neuroma and lower extremity function. En: <i>The Cochrane Library</i> 1994 Número 15. Oxford: Software Ltd. Disponible en: http://www.update-software.com .	No

Una vez realizada la búsqueda en esta base de datos, especializada en revisiones sistemáticas, se procede a elaborar otra búsqueda de artículos

Pie en estática y segmentos ascendentes

originales en las bases de datos explicadas a continuación y en libros de interés presentes en la Biblioteca Casa do Patín, perteneciente a la Universidad de A Coruña desde 1996.

- **ScienceDirect:** Es una de las principales bases de datos que ofrecen artículos a texto completo de revistas científicas y capítulos de libros de más de 2.500 revistas revisadas por pares y más de 11.000 libros. Está editada por Elsevier.
- **PubMed:** Incluye más de 22 millones de citas de literatura biomédica de MEDLINE, revistas de ciencias de la vida, y libros en línea. Las citas pueden incluir vínculos a contenido de texto completo de los sitios web de editores PubMed Central y Oriental.
- **Dialnet:** Es una base de datos iniciada en el año 2001 en la Universidad de La Rioja que cuenta con la colaboración de universidades de la península y Iberoamérica. Cuenta con 8.582 revistas y 3.820.192 documentos.

5- Resultados

Una vez concluida la búsqueda bibliográfica, se han encontrado un total de 19 referencias. Tras su revisión se retirarán algunas de las mismas por no cumplir los criterios de inclusión establecidos con anterioridad (tabla II).

Tabla II. Listado de referencias excluidas y causas de la exclusión

Referencia	Aceptación	Justificación
1- Desai SS et al. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. The knee. 2007; 14(6): 452-457.	No	La edad del tamaño muestral indica que las mediciones han sido tomadas en niños.
2- Wang WJ, Crompton RH. Analysis of the human and ape foot during bipedal standing with implications for the evolution of the foot. J Biomech. 2004; 37(12): 1831-1836.	No	Realiza un análisis de la bipedestación en el pie desde un punto de vista físico, analizando las fuerzas sin centrarse en posibles efectos a niveles superiores.
3- Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. Eur Spine J. 2010; 19(11): 1824-1836.	No	Artículo en el cual hace referencia a deformidades en el plano sagital de la columna vertebral sin relacionarlo con el miembro inferior.

4- Nguyen AD, Shultz SJ, Schmitz RJ, Luecht RM, Perrin DH. A preliminary multifactorial approach describing the relationships among lower extremity alignment, hip muscle activation, and lower extremity joint excursion. J Athl Training. 2011; 46(3): 246-256.	No	Se describe la relación entre cadera y miembro inferior pero en apoyo monopodal y en cuclillas.
5- Leardini A, Benedetti MG, Berti L, Bettinelli D, Nativo R, Giannini S. Rear-foot, mid-foot, and fore-foot motion during the stance phase of gait. Gait Posture. 2007; 25(3): 453-462.	No	Describe los movimientos únicamente del pie en la fase de apoyo de la marcha y no se refiere a la extremidad.
6- Rothbart BA. Vertical facial dimensions linked to abnormal foot motion. J Am Podiat Med Assn. 2008; 98 (3): 189-196.	No	Los participantes del estudio presentan edades comprendidas entre los 7 y 17 años de edad.
7- Brunner R, Dreher T, Romkes J, Frigo C. Effects of plantarflexion on pelvis and lower limb kinematics. Gait Posture. 2008; 28(1): 150-156.	No	Realiza el estudio con niños que presentan hemiplejía espástica.

8- Hashido T, Doi T, Matsuzawa H, Kawamoto K. Relationship between the effect of medial rotation of the foot axis by ankle dorsiflexion and the ability to visualize the femoral neck axis in the hip joint anterior-posterior: Evaluation by magnetic resonance images. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi. 2012; 68(5): 584-591.	No	Publicación que se encuentra en idioma japonés.
--	----	---

De los 19 verificados se han excluido un total de 8 quedando 11 los cuales cumplen los criterios de inclusión (detallados en tabla III). A continuación se exponen con brevedad y concisión cada uno de ellos.

Chuter VH, Janse de Jonge XAK comienzan hablando sobre una idea establecida según la cual se pensaba que la pronación excesiva estaba relacionada con la aparición de lesiones por sobreuso que afectaban a todo el miembro inferior. El modelo patomecánico propuesto sugería que el movimiento del pie afectaba a estructuras más proximales habiendo una relación de distal a proximal entre pie, tibia, fémur y cadera. Investigaciones recientes sugieren que sí existe relación entre los segmentos del miembro inferior, pero la dirección entre dichos segmentos no está clara.

Nuevas investigaciones proponen que la debilidad del complejo cadera-pelvis-columna lumbar incrementa el riesgo en lesiones del miembro inferior. Con esta revisión se pretende discutir el rol de las estructuras proximales y distales en el desarrollo de lesiones por sobreuso en el miembro inferior.

Duval K, Lam T, Sanderson D investigaron si los movimientos de compensación del pie (pronación y supinación) inducen una inclinación de la pelvis afectando ésta a la lordosis lumbar.

Los hallazgos más representativos que han encontrado fueron que no existe una relación significativa entre los movimientos de compensación del pie y la inclinación pélvica y lordosis.

Las rotaciones de los miembros causan ciertas inclinaciones pélvicas, pero no lo suficiente para provocar modificaciones en la lordosis lumbar, por lo que se puede decir que parece improbable que los movimientos de compensación del pie induzcan un incremento/disminución de la lordosis lumbar.

Souza TR, Pinto RZ, Trede RG, Kirkwood RN, Fonseca ST pretenden defender que el complejo pie-pierna y la cadera se encuentran interrelacionados. Tras realizar el estudio los autores defienden que existe una relación interdependiente entre los movimientos compensatorios del pie y la cadera.

Betsch M et al realizaron un estudio de investigación cuyo objetivo fue evaluar los efectos que las diferentes posiciones del pie podrían tener sobre la pelvis y la columna. Para realizar el estudio simularon las posiciones del pie con una plataforma. Los resultados logrados muestran una variabilidad en las torsiones pélvicas al aumentar el margen de las cuñas en 10 y 15 mm viendo que en la columna no hay cambios significativos. Como conclusiones se obtiene la existencia de una cadena cinemática donde los cambios del pie generan ciertas alteraciones en la posición pélvica, tales como anteriorizaciones y posteriorizaciones y observándose que no existen modificaciones en la posición de la columna. Sin embargo los autores plantean como parte de dichas conclusiones la posibilidad de realizar un nuevo estudio en el que se analice a largo plazo si las posiciones del pie pudieran producir compensaciones no vistas en este estudio.

Khamis S, Yizhar Z analizan la hiperpronación, estableciendo que puede ser la causa de una mala alineación de toda la extremidad. Para ello deciden realizar un estudio simulando la pronación mediante cuñas de diferente ángulo. Los resultados obtenidos sugieren que la posición del cinturón pélvico puede estar bajo la influencia de fuerzas que actúan en el pie debido a la existencia de una cadena cinemática.

Marco Cuccia A analiza la posible existencia de una relación entre la oclusión dental y el arco plantar. Para ello se realiza un estudio con dos grupos, uno control y otro en los cuales los participantes presentan alteraciones en la articulación temporomandibular. Se valora el arco plantar en una plataforma baropodométrica.

Los resultados de este grupo muestran que hay diferencias en el arco plantar entre los sujetos que presentan alteraciones en la temporomandibular y los que no presentan dichas alteraciones. La condición de voluntariedad en el grado de oclusión dental determina una reducción de las cargas y un incremento de la superficie de apoyo en ambos pies, mientras que la situación inversa ocurre cuando mordemos rollos de algodón. Estos resultados también sugieren un cambio en la distribución de las cargas entre retropié y antepié cuando mordemos rollos de algodón, pudiendo indicar una posible condición patológica en el sistema estomatológico influido por la postura.

Ntousis T, Mandalidis D, Chonopoulos E, Athanasopoulos S intentarán descubrir si el exceso de pronación o supinación afecta a la actividad de los músculos que actúan en el tronco y extremidades superiores. Para ello los autores realizan un estudio con pacientes simulando sobre unas cuñas este aumento de pronación o supinación y recogiendo la actividad muscular mediante electromiografía.

Los resultados que se encontraron sugieren que en ausencia de otra deformidad estructural mayor, la pronación y supinación no actúan sobre

la actividad de los músculos del tronco y extremidades superiores en posición estática.

Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ averiguarán si existe relación entre la pronación y supinación y la estabilidad postural en estática y en dinámica. Tras realizar el estudio demuestran mayor estabilidad en los pies pronados que en los supinados.

Levinger P, Gilleard W investigan si existe relación entre el retropié y la tibia con el síndrome patelofemoral. Tras realizar el estudio se demuestra que no hay diferencias entre los sujetos sanos y los pacientes con síndrome patelofemoral con respecto a las rotaciones tibiales, sin embargo se ve en estos últimos pacientes un aumento de pronación que podría estar relacionado.

Florencio Restoy JL realiza un estudio de investigación sobre la estabilidad de la cintura pélvica relacionándola con todo el miembro inferior y más específicamente con alteraciones del tarso, mediopié y antepié, posibles causantes de dolor en el anillo pélvico, encontrando que en el 40% de los pacientes hay alteraciones de la columna lumbar repercutiendo en la estabilidad pélvica, mientras que en la extremidad inferior, aunque se evidencia mejor en dinámica, existe gran variabilidad entre sus diferentes eslabones, que sin duda influyen sobre la estabilidad de la cintura pélvica.

Lorimer D, French G, O'Donnell M, Burrow JG ofrecen información sobre los trastornos podológicos más frecuentes en la práctica clínica habitual, convirtiéndose en un libro de referencia.

Tabla III. Referencias bibliográficas utilizadas

Autores	Tipo de artículo	Nivel de evidencia y grado de recomendación (ver anexo)	Número de pacientes	Resultado	Libros, revistas y factor de impacto
Chuter VH, Janse de Jonge XAK.	Revisión de sistemática.	III A	-	Falta de evidencia científica sobre si la pronación produce otras lesiones en el miembro inferior.	Gait and Posture 2,123.
Duval K, Lam T, Sanderson D.	Ensayo controlado aleatorio.	II-1 B	15 (5 hombres y 10 mujeres voluntarios con una media de edad de 25,4 años, 1,75 m de estatura media y 66,5 kg de peso medio.	La pronación subtalar causa rotación interna de tibia y fémur mientras que la supinación subtalar causa rotación externa de tibia y fémur. Esto provoca leves inclinaciones en la pelvis que apenas afectan a la columna.	Gait and Posture 2,123.

<p>Souza TR, Pinto RZ, Trede RG, Kirkwood RN, Fonseca ST.</p>	<p>Estudio de investigación.</p>	<p>II-1 B</p>	<p>18 sujetos sanos (11 mujeres y 7 hombres). Con medias de edad, altura y peso de 22,8 años, 1,70 m y 62,32 kg respectivamente.</p>	<p>La cadera y el pie están interrelacionados.</p>	<p>Clinical Biomechanics 2,071.</p>						
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="203 619 443 659"> <p>Betsch M et al.</p> </td> <td data-bbox="465 619 757 713"> <p>Estudio de investigación.</p> </td> <td data-bbox="779 619 869 659"> <p>II-1 B</p> </td> <td data-bbox="969 619 1328 1104"> <p>51 sujetos sanos (33 mujeres, con medias de edad de 27 años, de peso 62 kg y de altura 1,68 m; y 18 hombres con medias de edad 27,9 años, de peso 80,9 kg y de altura 182,9 m).</p> </td> <td data-bbox="1350 619 1843 930"> <p>Existe una cadena cinemática en la cual los cambios en la posición del pie repercuten levemente en la posición de la pelvis y prácticamente nada en la columna.</p> </td> <td data-bbox="1865 619 2098 770"> <p>Arthritis Care & Research 4,851.</p> </td> </tr> </table>						<p>Betsch M et al.</p>	<p>Estudio de investigación.</p>	<p>II-1 B</p>	<p>51 sujetos sanos (33 mujeres, con medias de edad de 27 años, de peso 62 kg y de altura 1,68 m; y 18 hombres con medias de edad 27,9 años, de peso 80,9 kg y de altura 182,9 m).</p>	<p>Existe una cadena cinemática en la cual los cambios en la posición del pie repercuten levemente en la posición de la pelvis y prácticamente nada en la columna.</p>	<p>Arthritis Care & Research 4,851.</p>
<p>Betsch M et al.</p>	<p>Estudio de investigación.</p>	<p>II-1 B</p>	<p>51 sujetos sanos (33 mujeres, con medias de edad de 27 años, de peso 62 kg y de altura 1,68 m; y 18 hombres con medias de edad 27,9 años, de peso 80,9 kg y de altura 182,9 m).</p>	<p>Existe una cadena cinemática en la cual los cambios en la posición del pie repercuten levemente en la posición de la pelvis y prácticamente nada en la columna.</p>	<p>Arthritis Care & Research 4,851.</p>						

Khamis Yizhar Z.	S,	Estudio de investigación.	III B	35 sujetos sanos (15 hombres y 20 mujeres). Con medias de edad de 23-33 años, peso de 50-91 kg y altura de 1,55-1,85 m).	La alineación del anillo pélvico está relacionada con la posición del pie.	Gait and Posture 2,123.
Marco A.	Cuccia	Estudio de casos y controles.	II-2 B	168 sujetos. En el grupo con patología temporomandibular 28 hombres y 56 mujeres con medias de edad de 28,9 años, de peso 60,8 kg y de altura de 1,65 m. En el grupo control 32 hombres y 52 mujeres con medias de edad 27,1 años, peso 62,1 kg y altura 1,67 m.	Existen diferencias en el arco plantar entre el grupo con patología temporomandibular y el grupo control.	Journal of Bodywork and Movement Therapies.

Ntousis T, Mandalidis D, Chonopoulos E, Athanasopoulos S.	Estudio de investigación.	II-1 B	28 sujetos sanos con una media de edad de 21,4 años.	El aumento de pronación y/o supinación no afecta en la actividad muscular de los músculos del tronco y miembro superior.	Gait and Posture
---	---------------------------	--------	--	--	------------------

Florencio Restoy JL.	Estudio de investigación.	II-1 B	50 pacientes adultos, 32 hombres y 18 mujeres con afectación en alguna de las tres articulaciones de la cintura pélvica.	Existe relación entre las extremidades inferiores y la estabilidad pélvica.	El Peu.
----------------------	---------------------------	--------	--	---	---------

Cote Brunet Gansneder BM, Shultz SJ.	KP, Estudio de ME, investigación.	II-1 B	48 sujetos, 16 con pies pronados, 20 años de edad, 1,69 m de altura y 68,4 kg de peso; 16 con pies neutros, 20 años de edad, 1,70 m de altura y 72 kg de peso y 16 con pies supinados, 20 años de edad, 1,74 m de altura y 74,6 kg de peso.	Los pies pronados son más estables que los supinados.	Journal of Athletic Training 1,796.
---	--------------------------------------	--------	---	---	---

Levinger P, Gilleard W.	Estudio de casos y controles.	II-1 B	27 mujeres en dos grupos. Uno de 13 mujeres con síndrome patelofemoral de 38 años de edad, 1,66 m y 70 kg de peso y otro de 14 mujeres sanas de 25 años de edad, 1,66 m de altura y 61 kg de peso.	No hay diferencias entre los sujetos sanos y los que padecen síndrome patelofemoral, pero hay un exceso de pronación que podría afectar.	Gait and Posture 2,123.
Lorimer D, French G, O'Donnell M, Burrow.	Libro.	-	-	Análisis de los trastornos más comunes del pie en la práctica clínica diaria.	Neale's disorders of the foot: Diagnosis and Management.

6- Discusión y conclusiones

Una correcta posición estática es de vital importancia para la vida diaria. Biomecánicamente, esta correcta posición estará determinada por un óptimo alineamiento de las articulaciones con el fin de minimizar el estrés tanto en las estructuras capsuloligamentosas circundantes, como en la musculatura con excesiva tensión (14).

Para referirnos a las alteraciones estáticas en miembro inferior y tronco comenzaremos por el pie, centrándose sobre todo a nivel de las compensaciones subastragalinas que son las que más afectan al miembro inferior y valorándose dichas deformaciones con articulación subastragalina (ASA) neutra y articulación mediotarsiana en pronación máxima.

Las más importantes:

a) Retropié varo (talón en inversión con respecto a la bisección de la pierna). Retropié varo de 4° o menos es la deformidad más común con una prevalencia de 98%. Se clasifica según su grado de compensación en retropié varo compensado (grado de varismo tibial es igual a la cantidad de pronación de la ASA para poder llevar el borde medial del talón al suelo); retropié varo parcialmente compensado, (grado de varismo tibial es mayor que la capacidad de pronación de la ASA estando el talón en una posición invertida, aunque menor que en el no compensado), y el retropié varo no compensado, (grado de varismo tibial no puede ser asumido por la ASA y el retropié funciona totalmente en una posición invertida con los mismos grados que la mencionada deformidad tibial).

b) Retropié valgo (talón en eversión con respecto a la bisección de la pierna), siendo una deformidad poco común y asociada con pies planos rígidos.

c) Antepié varo (antepié en inversión con respecto a retropié), dividiéndose en compensado, cuando el grado de pronación de la ASA

Pie en estática y niveles ascendentes

permite que todo el antepié contacte con el suelo; parcialmente compensado, cuando hay pronación de la ASA pero insuficiente para que todo el antepié contacte con el suelo y no compensado, cuando no hay contacto de todo el antepié con el suelo y se avanza con el borde lateral, estando la ASA en supinación. Es común que esta deformidad se acompañe de un primer radio plantarflexionado, para poder acercar el antepié al suelo.

d) Antepié valgo (antepié en eversión con respecto a retropié), deformidad clasificada en móvil, cuando se produce una dorsiflexión del primer dedo y una supinación de la ASA para contactar el antepié con el suelo, y rígido, cuando la carga se transmite de primer a quinto dedo y la supinación es más acusada.

e) Equino (déficit de flexión dorsal de la tibioperoneastragalina, siendo suficiente para la marcha normal con 10° , estando el plano plantar de antepié más descendido que el de retropié) clasificándose en compensado, cuando existen esos 10° obtenidos mediante una pronación de la ASA; parcialmente compensado cuando la pronación es insuficiente para contactar el talón y no compensado produciéndose un fuerte apoyo de antepié. (12).

Una vez analizado el pie se puede decir que en situaciones de deformidad estructural se produce una pronación o supinación anómalas como métodos compensatorios. (12)

Tradicionalmente se pensaba que una hiperpronación causaba una rotación interna de rodilla que a su vez desencadenaba una rotación interna de fémur y cadera (en menor graduación), incrementando la presión en la porción posterior del acetábulo y provocando una anteriorización pélvica, lo que conlleva a una nutación del sacro y un aumento de la lordosis lumbar; por el contrario, la supinación desencadena rotaciones externas de tibia y fémur (en menor graduación) que a su vez desarrolla rotación externa en la cadera e hiperpresión en la

porción anterior del acetábulo por lo que la pelvis se posterioriza junto con una contranutación del sacro conllevando a una disminución de la lordosis lumbar (7), (8), (9) (11), (13). Fruto de esto se producen numerosas alteraciones en el miembro inferior tales como síndrome patelo-femoral, tendinopatías aquíleas, síndrome de estrés de la banda iliotibial y otras lesiones relacionadas con el estrés de estas estructuras debido a estos movimientos (9), (17).

Actualmente todo esto está en discusión, ya que en numerosos estudios se descarta la posibilidad de que la pronación o la supinación afecten a las posiciones del raquis lumbar, demostrando que dichos movimientos repercuten levemente en las inclinaciones de la pelvis, siendo éstas insuficientes para provocar un cambio de posición en la columna lumbar, aún así los autores de estos artículos ponen de manifiesto su acuerdo en que tanto la pronación como la supinación desencadenan una rotación interna y externa respectivamente de los miembros inferiores (7), (8), (9) (11), (13) y demostrando la existencia de una cadena cinemática (7), (8), (11), (13) además de una interrelación entre el retropié y la cadera (11). Esta cadena cinemática fue aludida por Marco Cuccia A. refiriéndose a una relación existente entre el arco plantar y la oclusión dental (10). Otros autores como Cote KP y colaboradores estudiaron la estabilidad en pies pronados y supinados y encontraron que los primeros presentan mayor estabilidad que los segundos, mientras que el centro de equilibrio en personas que pronen o supinen es el mismo (15).

Pensando de esta manera se podría llegar a la conclusión de que, como se mencionó anteriormente, estos movimientos de compensación subastragalinos provocan patologías en el miembro inferior, pero una revisión sistemática llevada a cabo por Chuter y Janse de Jonge demuestran que la pronación únicamente provoca periostitis tibial, fracturas de estrés con el paciente calzado y dolor en la zona anterior de la pierna y que este movimiento no está relacionando con tendinopatías aquíleas, síndromes patelo-femoral (17) y de la banda iliotibial, fracturas

de estrés estando el paciente descalzo y con dolor anterior de rodilla, incluso llegaron a la conclusión de que la pronación realizaba un efecto protector contra las fracturas de estrés en tibia y fémur. Asimismo atribuyen el origen de dichas patologías a un núcleo inestable, entendiéndose por núcleo de estabilidad al formado por las estructuras óseas y tejidos blandos del complejo columna lumbar-pelvis-cadera (9). Además, en un estudio realizado recientemente se observa que un aumento de pronación o de supinación no afecta a la actividad electromiográfica de los músculos del tronco y miembro superior (14).

Como conclusión se manifiesta que tanto la pronación como la supinación actúan en todo el miembro inferior rotándolo interna o externamente, respectivamente, mientras que el efecto de estas rotaciones es muy leve en la pelvis y prácticamente inexistente en la columna lumbar. Y que muchas lesiones que se creía relacionadas con el exceso de pronación se asocian más a una deficiencia de los músculos del tronco. Para estudios posteriores, sería de gran relevancia investigar los efectos que producen la pronación y la supinación en pacientes a largo plazo y ver las compensaciones que en el cuerpo se podrían generar para su posterior análisis, ya que algunos de estos trabajos fueron realizados simulando la pronación en plataformas (7), (8), (13), (14).

7- Agradecimientos

A mis compañeros de residencia Juanjo Fernández y Alberto Taboada por todo el apoyo mostrado y la motivación durante los días de más inquietud y turbación.

A mi amigo Ricardo Melgar por su ayuda con la traducción del resumen al inglés.

A mi tutora de proyecto Isabel Raposo, por su inestimable dedicación, colaboración y la gran ayuda prestada para que este proyecto fuese realidad.

A todos, mis más expresivas gracias.

8- Bibliografía

- 1- Sierra Santos E. Hipótesis. 1ª ed. España: Luna llena; Noviembre 2009.
- 2- Harcourt-Smith W.E.H. The First Hominins and the Origins of Bipedalism. *Evo Edu Outreach*. 2010; 3: 333-340.
- 3- Owen Lovejoy C. The natural history of human gait and posture. Part 1. Spine and Pelvis. *Gait Posture*. 2005; 21(1): 95-112.
- 4- Owen Lovejoy C. The natural history of human gait and posture. Part 2. Hip and thigh. *Gait Posture*. 2005; 21(1): 113-124.
- 5- Owen Lovejoy C. The natural history of human gait and posture. Part 3. The knee. *Gait Posture*. 2007; 25(3): 325-341.
- 6- Aiello L.C. Harcourt-Smith W.E.H. Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion. *J Anat*. 2004; 204: 403-416.
- 7- Khamis S Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture*. 2007; 25(1):127-134.
- 8- Duval K. Lam T. Sanderson D. The mechanical relationship between the rearfoot, pelvis and low-back. *Gait Posture*. 2010; 32(4): 637-640.
- 9- Chuter VH, Janse de Jonge XAK. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait Posture*. 2012; 36(1): 7-15.
- 10-Marco Cuccia A. Interrelationships between dental occlusion and plantar arch. *J Bodyw Mov Ther*. 2011; 15(2): 242-250.

- 11-Souza TR, Pinto RZ, Trede RG, Kirkwood RN, Fonseca. Temporal couplings between rearfoot–shank complex and hip joint during walking. *Clin biomech.* 2010; 25 (7): 745-748.
- 12-Lorimer D, French G, O'Donnell M, Burrow JG. *Neale's disorders of the foot: Diagnosis and Management.* 6^a ed. Harcourt: Churchill Livingstone; 2002.
- 13-Betsch et al. Influence of foot position on the spine and pelvis. *Arthrit Care Res.* 2011; 63 (2): 1758-1765.
- 14-Ntousis T, Mandalidis D, Chonopoulos E, Athanasopoulos S. EMG activation of trunk and upper limb muscles following experimentally-induced overpronation and oversupination of the feet in quiet standing. *Gait Posture.* 2013; 37(2): 190-194.
- 15-Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J Athl Training.* 2005; 40(1): 41-46.
- 16-Florenciano Restoy JL. Dolor en cintura pélvica y su relación con EE.II. *El Peu.* 2002; 22(4): 176-185.
- 17- Levinger P, Gilleard. Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces in subjects with patellofemoral pain síndrome during walking. *Gait Posture.* 2007; 25(1): 2-8.

9- Anexos

9.1- Anexo I

La realización de la búsqueda llevada a cabo en la base de datos Pubmed entre los meses de Febrero y Marzo de este presente año 2013 fue la siguiente:

- Búsqueda: Se realizaron varias búsquedas con las siguientes palabras clave, obteniendo los siguientes resultados:
 - Primera búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (Sagittal plane) AND Lower limb deformity.
 - ◆ Número de artículos: 3.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.
 - Segunda búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: ((Relationship) AND foot) AND hip.
 - ◆ Número de artículos: 29.
 - ◆ Artículos seleccionados: 2. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.
 - Tercera búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: ((Foot) AND pronated) AND supinated.
 - ◆ Número de artículos: 5.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.
 - Cuarta búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: ((foot position) AND spine) AND pelvis.
 - ◆ Número de artículos: 10.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Quinta búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (Vertical facial dimensions) AND abnormal foot.
 - ◆ Número de artículos: 1.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.
- Límites: Para todas las búsquedas fueron idioma español o inglés, artículos gratis y completos en internet, entre los años 2002 y 2013.

La estrategia de búsqueda llevada a cabo en la base de datos ScienceDirect entre los meses de Febrero y Marzo de este presente año 2013 fue la siguiente:

- Búsqueda: Se realizaron varias búsquedas con las siguientes palabras clave, obteniendo los siguientes resultados:
 - Primera búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (ALL(foot pronation)) and lower limb.
 - ◆ Número de artículos: 1000.
 - ◆ Artículos seleccionados: 7. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.
 - Segunda búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: ((ALL(static foot)) and lower limb and lower limb and spine pelvis.
 - ◆ Número de artículos: 730.
 - ◆ Artículos seleccionados: 2. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Tercera búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (ALL(static rearfoot)) and midfoot.
 - ◆ Número de artículos: 224.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Cuarta búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (ALL(bipedal standing)) and foot.
 - ◆ Número de artículos: 778.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Quinta búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: (ALL(foot deformity)) and genu varum genu valgum.
 - ◆ Número de artículos: 65.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Límites: Idioma español o inglés, artículos de revistas gratis publicados entre los años 2002 y 2013.

La estrategia de búsqueda llevada a cabo en la base de datos Dialnet entre los meses de Febrero y Marzo de este presente año 2013 fue la siguiente:

- Búsqueda:
 - ◆ Palabras clave: Pie cintura pélvica.
 - ◆ Número de artículos: 2.
 - ◆ Artículos seleccionados: 1. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión expuestos.

- Límites: Artículos de revistas completos en español, publicados entre 2002 y 2013

Durante las búsquedas realizadas algunas publicaciones se repetían por lo que únicamente fueron seleccionadas la primera vez que aparecieron.

9.2- Anexo II.

Jerarquía de los estudios por el tipo de diseño. U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF).

Nivel de evidencia	Tipos de estudio
I	Al menos un ensayo clínico controlado y aleatorizado diseñado de forma apropiada.
II-1	Ensayos clínicos controlados bien diseñados, pero no aleatorizados.
II-2	Estudios de cohortes o de casos y controles bien diseñados, preferentemente multicéntricos.
II-3	Múltiples series comparadas en el tiempo, con o sin intervención, y resultados sorprendentes en experiencias no controladas.
III	Opiniones basadas en experiencias clínicas, estudios descriptivos, observaciones clínicas o informes de comités de expertos.

Significado de los grados de recomendación. U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF).

Grado de recomendación	Significado
A	Extremadamente recomendable (buena evidencia de que la medida es eficaz y los beneficios superan ampliamente a los perjuicios).
B	Recomendable (al menos moderada evidencia de que la medida es eficaz y los beneficios superan a los perjuicios).
C	Ni recomendable ni desaconsejable (al menos moderada evidencia de que la medida es eficaz, pero los beneficios son muy similares a los perjuicios y no puede justificarse una recomendación general).
D	Desaconsejable (al menos moderada evidencia de que la medida es ineficaz o de que los perjuicios superan a los beneficios).
I	Evidencia insuficiente, de mala calidad o contradictoria, y el balance entre beneficios y perjuicios no puede ser determinado.

