



REVISTA ESPAÑOLA DE PODOLOGÍA

Publicación Oficial del Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos

Artículo Aceptado para su pre-publicación / Article Accepted for pre-publication

Título / Title:

Reflexiones sobre la torsion tibial externa y repercusiones en la biomecánica /
Reflections on external tibial torsion and implications for biomechanics

Autores / Authors:

Guillermo Lafuente Sotillos, Blanca Lafuente Fuster, Elena López Carrero, Elisabet Talamino Delgado

DOI: [10.20986/revesppod.2022.1652/2022](https://doi.org/10.20986/revesppod.2022.1652/2022)

Instrucciones de citación para el artículo / Citation instructions for the article:

Lafuente Sotillos Guillermo, Lafuente Fuster Blanca, López Carrero Elena, Talamino Delgado Elisabet. Reflexiones sobre la torsion tibial externa y repercusiones en la biomecánica / Reflections on external tibial torsion and implications for biomechanics. Rev. Esp. Pod. 2022. doi: 10.20986/revesppod.2022.1652/2022.



Este es un archivo PDF de un manuscrito inédito que ha sido aceptado para su publicación en la Revista Española de Podología. Como un servicio a nuestros clientes estamos proporcionando esta primera versión del manuscrito en estado de pre-publicación. El manuscrito será sometido a la corrección de estilo final, composición y revisión de la prueba resultante antes de que se publique en su forma final. Tenga en cuenta que durante el proceso de producción se pueden dar errores lo que podría afectar el contenido final.



TEMAS DE ACTUALIZACIÓN

Artículo en español

Rev Esp Podol. 2022;xx(x):xx-xx

DOI: 10.20986/revesppod.2022.1652/2022

Reflexiones sobre la torsión tibial externa y repercusiones en la biomecánica

Reflections on external tibial torsion and implications for biomechanics

Guillermo Lafuente Sotillos¹, Blanca Lafuente Fuster¹, Elena López Carrero² y Elisabet Talamino Delgado²

¹Clínica Lafuente y Clínica BEIMAN. Sevilla, España. ²Universidad de Sevilla, España

Palabras clave:

Torsión tibial, Aquiles, tendinopatía, ángulo de marcha.

Resumen

En el presente trabajo de actualización clínica se pretende avanzar en el estudio de las rotaciones y torsiones del miembro inferior, por medio de una reflexión sobre las repercusiones funcionales que la torsión tibial externa tiene en el ángulo de la marcha, en las tendinopatías de Aquiles, tendinopatías de tibial posterior rodilla y en la biomecánica de la pelvis. El objetivo es que, a partir de nuestros estudios previos y de estas reflexiones y observaciones clínicas, fomentar el debate y la investigación dentro de la comunidad podológica en torno al fenómeno de la torsión tibial externa que asociamos con patomecánicas similares a las provocadas por pronación patológica.

Keywords:

Tibial torsion, Achilles, tendinopathy, gait angle.

Abstract

In the present clinical update work, it is intended to advance in the study of rotations and torsions of the lower limb, through a reflection on the functional repercussions that external tibial torsion has on the angle of gait, in Achilles tendinopathies, tendinopathies of the posterior tibial knee and in the biomechanics of the pelvis. The objective is that, based on our previous studies, these reflections and clinical observations, promote debate and research within the podiatric community around the phenomenon of external tibial torsion that we associate with pathomechanics similar to those caused by pathological pronation.

Hace tiempo que venimos observando en los estudios biomecánicos de pacientes, que sujetos con pies estructuralmente normales presentan patologías en las que el valor exploratorio que se repite es una torsión tibial externa aumentada. Por citar algún ejemplo, es común en la práctica clínica habitual encontrarnos con pacientes deportistas que cursan con tendinopatías de Aquiles, tendinopatías rotulianas o del tendón tibial posterior, con pies en los que la exploración articular no es patológica y en los que resulta difícil resolver la sintomatología dolorosa. Más adelante expondremos alguna relación entre la apofisitis posterior de calcáneo en niños (enfermedad de Sever) con torsiones tibiales externas altas.

Este artículo no pretende ser un trabajo de investigación, sino unas reflexiones de carácter clínico que puedan incentivar trabajos de investigación futuros para avanzar en el desarrollo de los estudios de biomecánica y poder resolver patologías como las citadas anteriormente.

La influencia de la torsión tibial externa no ha sido estudiada en profundidad, en comparación con la interna, que sí ha participado en mayor número de estudios. Nuestro colega José Manuel Castillo, en su primera tesis doctoral (2007) "Efecto de los soportes plantares con cuña rotadora externa en las marchas rotadoras internas en el niño", publicada posteriormente en el 2010¹, ahonda en

Recibido: 13-10-2022

Aceptado: 17-11-2022



0210-1238 © Los autores. 2022.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

Guillermo Lafuente Sotillos
glafuente@us.es

Tabla I. Resumen de la evolución de las torsiones tibiales en la infancia. Obtenido de: Castillo JM. Efecto de los soportes plantares con cuña rotadora externa en las marchas rotadoras internas en el niño. 2007. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

Evolución torsional/Edad	Nacimiento	5 años	10 años	15 años
Anteversión femoral	40°	25°	15°	10°
Torsión tibial	5°	10°	10°	15°

el problema de que las marchas rotadoras internas están presentes en la evolución de la marcha en el niño; en estas marchas participan tanto la anteversión femoral aumentada como la torsión tibial interna, aunque en menor medida según su población de estudio, y refiere los estudios que valoran estas torsiones. Esta publicación es un buen resumen del estudio desarrollado en el trabajo de investigación de la citada tesis. Del mismo podemos destacar, a nivel de conclusiones, el efecto rotador externo de los soportes plantares con cuña rotadora externa, denominado *gait plate* en la literatura científica anglosajona, independientemente de la causa de la marcha en rotación interna del niño (de entre 3 a 14 años de edad): con un valor medio de alrededor de 3 grados en abducción entre la utilización de calzado sin soporte plantar y la utilización de calzado con soporte plantar con *gait plate*. También es de resaltar que el propio uso de calzado fisiológico disminuye la adducción del pie en dinámica en 1.7 grados (entre descalzo y calzado sin soportes plantares). Y en ambos casos, esta abducción que experimenta el niño es significativamente mayor en el niño que en la niña (Tabla I).

Publicaciones más recientes determinan unos valores de normalidad para la torsión tibial por encima de los clásicos antes descritos. Podemos poner como ejemplo los datos obtenidos por Christian Ries y cols. en 2021², que mediante TAC determinó valores de alrededor de 30 grados en una población adulta sin patología (población cohorte de 105 pacientes, habiendo excluido la población con patologías reumáticas, deformidades óseas, pacientes con dolor, prótesis o postraumáticos, entre otros). La publicación hace referencia a otros artículos anteriores, del 2010 al 2015, en los que se determinaron torsiones externas en poblaciones adultas de valores similares como el estudio de Folinais y cols.³.

Uno de los problemas que nos encontramos en la determinación de los valores estudiados para la torsión tibial es la variabilidad de la metodología utilizada para la realización de las medidas, que van del método clínico, que proponemos en este artículo, a determinaciones con TAC o RMN.

En nuestro caso, hace más de 20 años que veníamos observando que pacientes con poca capacidad rotadora interna, en la exploración en camilla, presentaban rangos de extensión del primer dedo disminuidos sin clínica de hallux limitus. Esta observación llevó al estudio que condujo a nuestra tesis doctoral "Patrón rotador de la extremidad inferior. Un nuevo parámetro exploratorio. Relación con el hallux limitus", de 2006. En el estudio desarrollamos un parámetro de exploración no descrito en la literatura, que denominamos "patrón rotador de la extremidad inferior". Hasta ese momento, en los estudios clínicos explorábamos las rotaciones de cadera, anteversión femoral, las torsiones tibiales y en algunos casos la relación del antepié respecto al retropié en el plano transversal, antepié "recto, abducto o adducto". Estos parámetros ya nos orientaban sobre cómo se podía comportar la extremidad en el desarrollo de la marcha (mar-

cha rotadora interna o externa), pero con ciertas incertidumbres. La mayoría de las veces resultaba muy variable la observación y relación de rotaciones de cadera o torsiones tibiales respecto a la alineación del pie en la marcha. No era extraño encontrar anteversión femoral incrementada, que originaría una marcha rotadora interna, pero que podía compensarse con torsión tibial externa incrementada y ejecutar una marcha con ángulos de progresión normales, claro que en medio queda la rodilla con triple deformidad de Judet y los problemas que suele ocasionar el comportamiento rotacional de la rodilla como tendinopatías del tendón rotuliano, apofisitis de la tuberosidad anterior de la tibia (*Osgood schlatter*), condromalacia de rótula o patología de meniscos, por citar algunos de los más frecuentes.

Como hemos comentado, en el citado estudio desarrollamos el concepto patrón rotador de la extremidad inferior. Se trata de una nueva medida de estudio que integra los parámetros exploratorios, de rotación de cadera, torsión tibial y antepié adductus o abductus (este último muy raro). La medida consiste en ejecutar el movimiento de rotación interna/externa en las condiciones siguientes: paciente en decúbito supino con la cabecera de la camilla discretamente elevada, el explorador sujeta con una mano el talón intentando bloquear la articulación subastragalina a la vez que mantiene discretamente elevada la extremidad para que no roce con la camilla; esto evita que la rodilla flexione, cosa que alteraría la medida (el objetivo es que la extremidad sea un bloque), con otra mano sujeta el antepié y el goniómetro gravitacional, y con "toda la extremidad bloqueada" ejecutamos el movimiento de rotación interna y externa hasta su máximo rango. Para la medida con el goniómetro gravitacional se toma la referencia cero neutral el segundo radio al cénit. Esta medida es, por lo tanto, el sumatorio de rotación de cadera, torsión tibial y orientación de antepié, y el resultado que obtuvimos en el estudio demostró la relación entre la presencia de patrón rotador interno, el ángulo de la marcha y, sobre todo, nos interesaba porque fuimos capaces de relacionar qué patrones rotadores internos limitados, que ejecutaban marchas en rotación externa, presentaban menores rangos de extensión del primer dedo y podría, por lo tanto, conducir al hallux limitus (Figura 1).

Hasta ese momento se consideraba que los pacientes con hallux limitus ejecutaban marchas en rotación externa como consecuencia de la limitación en la extensión del primer dedo, justo lo contrario de los resultados que obtuvimos en nuestro estudio que, sin ser contradictorio, si hay dolor por la limitación el paciente abrirá el ángulo de marcha, cambia consecuencia por causa⁴.

La Tabla II resume los resultados de nuestro trabajo de investigación, en el que se puede observar cómo hay relación del patrón rotador interno con el hallux limitus. A menor patrón rotador interno más limitado se encuentra el movimiento de extensión del primer dedo; podemos ver que este patrón rotador interno es menor en el grupo de hombres, más predispuestos al hallux limitus. Igualmente se establece la relación entre patrón rotador interno y ángulo de la

Tabla II. Comparación de las variables según sexo.

Variable	Media en "hombres" (n = 112)	Media en "mujeres" (n = 98)	Significación
Extensión 1. ^{er} dedo izdo.	52.07 ± 13.27	57.74 ± 14.20	0.001*
Patrón rotador int. izdo.	23.89 ± 11.64	31.86 ± 11.89	< 0.0005*
Patrón rotador ext. izdo.	61.63 ± 12.33	64.43 ± 12.09	0.099
Extensión 1. ^{er} dedo dcho.	51.20 ± 12.18	55.89 ± 14.14	0.008*
Patrón rotador int. dcho.	23.28 ± 13.02	29.50 ± 11.77	<0.0005*
Patrón rotador ext. dcho.	61.81 ± 13.45	67.25 ± 11.77	0.002*
Ángulo de la marcha dcho.	13.05 ± 5.27	11.46 ± 5.13	0.029*
Ángulo de la marcha izdo.	11.32 ± 5.35	9.75 ± 4.95	0.029*

marcha, de modo que a medida que aumenta la capacidad rotadora interna disminuye el ángulo de la marcha. Lo que no discriminamos en este estudio fue que parte del patrón rotador es debido a torsiones femorales o tibiales; no era motivo para el estudio, ya que en realidad pretendíamos estudiar más la resultante de todos los parámetros torsionales incluido el antepié adductus o abductus.

Para avanzar en el estudio de estos fenómenos cabe preguntar si la torsión tibial externa tiene mayor influencia en los datos descriptos. Motivo para seguir con la investigación. En un estudio reciente publicado en 2022 de Ciufo y cols.⁵ se muestran resultados estadísticamente significativos entre la torsión tibial externa, la morfología del astrágalo y la plantarflexión del primer radio, de tal manera que, según sus resultados: "una torsión tibial externa aumentada se correlaciona con una inclinación tibio-talar en varo y retropié varo en general". Al igual que la correlación es positiva respecto a la torsión tibial externa aumentada y la plantarflexión del primer radio, pero débil. La debilidad de la correlación citada en este artículo invita a se-

guir investigando, según nuestra observación la plantarflexión que refieren los autores podría compensar la dificultad de acoplamiento del primer radio cuando la marcha se ejecuta en rotación externa.

Por su parte, Chassaing y cols.⁶ proponen que la torsión lateral de la tuberosidad anterior de la tibia, marcador de la propia torsión que experimenta el hueso, es un factor relacionado directamente con la inestabilidad rotuliana y lateralización de la misma. Obteniendo valores que demuestran una correlación excelente entre las distintas variables que determinan esta conclusión (la lateralización y localización de la rótula y tuberosidad anterior de la tibia se determinó con RMN con diferentes técnicas validadas). En este sentido, en la exploración clínica de biomecánica medimos el ángulo Q, que es la expresión clínica referida en el artículo anteriormente referenciado, de gran utilidad en el estudio de las tendinopatías del tendón rotuliano o la relación que presenta este ángulo cuando está incrementado con la condromalacia rotuliana en el polo superior externo de la rótula (Figura 2).



Figura 1. A y B: paciente con patrón rotador interno muy limitado, imagen derecha (B), asociado a danza clásica desde muy joven.



Figura 2. A y B: método para la exploración del ángulo Q. Las referencias, eje del goniómetro en punto central de la rótula y las ramas del goniómetro en bisección del tendón rotuliano y bisección del músculo recto anterior (bisección del muslo).



Figura 3. A y B: imágenes de tibia con su cresta anterior que expresa la torsión. En la imagen de la derecha paciente con torsión tibial mayor de 30°.

Tomadas en el servicio de anatomía de la UVic-UCC.

Se han descrito diferentes métodos para medir la torsión tibial; el que utilizamos en clínica es el siguiente: paciente en decúbito prono, rodilla flexionada a 90°, tobillo en posición neutra (a 90° con respecto a la pierna), las referencias que se utilizarán para su medición son la bisección del talón y del muslo (Figura 3).

En las jornadas andaluzas prepandemia de 2019 presentamos los resultados de un estudio que hicimos sobre 31 individuos de ambos sexos y de 10 años de media, con enfermedad de Sever. Nos llamó la atención que, entre los resultados y a pesar de la edad, ya encontramos que la media de patrón rotador interno se encontraba en el rango inferior del estudio, que en adultos referimos anteriormente (podría esperarse mayor por ser niños) y resultó de media 27.6°. La torsión tibial externa fue de 16.22°, muy por encima de lo esperado que no debería pasar en esa edad de los 10° según la metodología exploradora que realizamos en clínica y hemos expuesto en párrafos anteriores. Con estos datos no podemos sacar conclusiones definitivas, pero sí ahondar en la idea de que la torsión tibial externa debe intervenir en los procesos morbosos y proponemos que sigamos estudiando este posible efecto.

Otras observaciones en las que la torsión tibial puede ser síntoma de patologías o consecuencia de estas, podrían tener su origen en ciertas prácticas deportivas que incentivan la rotación externa de las extremidades. El fútbol es un ejemplo de ello, ya que la mayoría de los futbolistas presentan un menor patrón rotador interno, provocando un aumento de la torsión tibial externa. La gimnasia rítmica y la danza clásica son dos ejemplos claros en los que encontramos rangos de patrón rotador interno muy limitados y las torsiones tibiales externas con valores mayores a 30° en la mayoría de los casos (Figura 4).

¿Causa o efecto? La disminución del patrón rotador interno debido a una reprogramación neuromuscular dependiente del gesto deportivo podría estar detrás de multitud de patologías que se asocian comúnmente a estas actividades deportivas (proble-



Figura 4. A y B: ejemplo de torsión tibial mayor de 30° en bailarina de clásica de 15 años, imagen de la izda. y detalle de la medida, también incrementada en adulto con fasciosis plantar.

mas de rodilla, fascitis plantar o tendinopatía del Aquiles o tibiales posteriores por citar los frecuentes). En este sentido cabe preguntarse las causas que pueden estar detrás de producir una rotación interna limitada de la extremidad en su conjunto y que podrían ser causa del aumento de la torsión tibial externa. Bajo nuestra experiencia clínica exploratoria podemos describir varias hipótesis que podrían dar luz a las causas de las marchas con aumento de la rotación externa.

Algunas podrían ser costumbres en el desarrollo de los bebés y su transición por las diferentes etapas del desarrollo en la niñez. Ejemplo de ello podría ser el uso temprano de elementos para el pie (calcetines, patucos, peleles con pies, zapato inadecuado), así como el uso de todo tipo de “ayudas” al desarrollo infantil como el tacatá, las sillas o carritos que limitan e inmovilizan el movimiento libre del niño, no permitiendo recibir los estímulos adecuados para el desarrollo de los reflejos posturales. Se puede afirmar que el niño debe desarrollarse en movimiento y no atrapado, a veces horas, en estos artilugios.

Los reflejos posturales de enderezamiento necesitan de una madurez de los sentidos, sobre todo de aquellos que están asociados al desarrollo postural, como el sentido del equilibrio (desarrollo del oído interno) o el sentido propioceptivo (desarrollo de la musculatura de la planta de los pies). Esto podría causar un déficit de los reflejos posturales provocando desequilibrios que se compensan con un mayor ángulo de la marcha, con el objeto de ahorrar en el gasto energético y equilibrar la postura poco desarrollada.

El sobrepeso en todas las edades y el sedentarismo podrían ser otras causas del aumento de las marchas rotadoras externas, de forma que se compensa el exceso de peso y déficit de equilibrio, con aumento de la rotación externa de las extremidades y de la torsión tibial externa.

Otra de nuestras hipótesis se basaría en la disfunción del movimiento del hueso peroné a causa de esguinces de repetición y/o

los pies valgus. En estos casos la colocación del maléolo peroneo en anterioridad distal provoca y mantiene una pronación excesiva, limita la flexión dorsal del tobillo haciendo al pie menos flexible. Esto provoca una limitación del tobillo en flexión dorsal y podría causar un aumento de la rotación externa del pie, asociada a un aumento de la torsión tibial externa.

También hemos observado como la disfunción de la movilidad pélvica y el posicionamiento de la pelvis puede provocar marchas con diferencia de patrón rotador entre ambas extremidades, causando marcha rotadora externa aumentada en una sola de las extremidades. Para esta evaluación solemos utilizar el test de Downing, en el que observamos si la movilidad de la pelvis está reducida o totalmente bloqueada en su movilidad. El patrón rotador desigual entre ambas extremidades nos dará información sobre la posición en que se encuentra bloqueada la pelvis. Las pelvis colocadas en posterioridad tienen disminuido el patrón rotador interno, en comparación con la otra extremidad y mayor tendencia a la rotación externa en la marcha. Además, una pelvis posterior supone acortamiento funcional de esa extremidad. Las pelvis en anterioridad aumentan el patrón rotador interno y, por tanto, menor ángulo de marcha en esa extremidad. La extremidad se encuentra alargada funcionalmente.

La conjunción de varios factores en unos casos, y de un solo factor en otros, debería ser motivo de investigaciones más profundas. La experiencia clínica desarrollada durante años en las medidas del patrón rotador y su relación con marchas rotadoras externas, asociadas a aumentos de la torsión tibial externa, nos ha hecho observar multitud de casos con patologías como la tendinopatía del Aquiles, la fascitis plantar, las talalgias o las tendinopatías del tibial posterior, entre otras. Desde un punto de vista funcional de la marcha, observamos que al producirse en rotación externa en pies aparentemente normales se comportan como pronadores patológicos lo que podría explicar la patomecánica de estas alteraciones en marchas retadoras externas.

Igual que hemos encontrado escasa literatura respecto a la torsión tibial externa y su relación con la clínica, ocurre algo similar con la torsión que presentan los tendones de forma fisiológica. Nos parece interesante esta visión torsionada de los tendones para mejorar su eficacia tractora “como si de cuerdas se tratara”. En el artículo de Roukis y cols.⁷, los autores analizan la torsión del tendón del tibial posterior y también se refieren al tendón de Aquiles, planteando como interesante investigar si existe torsión en otros tendones de los músculos extrínsecos del pie. Atribuyen esa torsión del tendón tibial posterior a que cuando el pie hace pronación o supinación, si no estuviesen torsionadas las fibras mediales del tendón se moverían de forma distinta que las laterales en cada uno de esos movimientos del pie, por lo que tendrían que deslizarse unas sobre las otras. Al estar torsionadas permiten una especie de “desenrollamiento” para un lado durante la pronación, y para el otro lado durante la supinación, y así permite el igual movimiento de todas las fibras del tendón en su conjunto.

Especial interés nos mueve este fenómeno torsional con las lesiones del tendón de Aquiles. Es el tendón más grueso y fuerte del cuerpo humano, puede lesionarse en la inserción, tendinopatía insercional o no insercional localizada entre dos y seis cm proximal a la inserción. Esta zona del tendón es probablemente la que sus

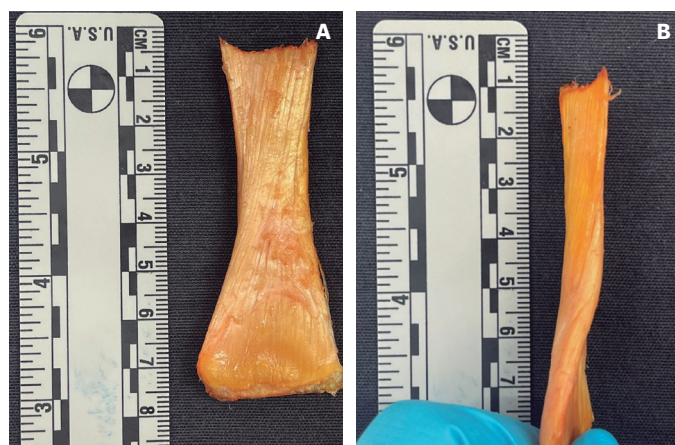


Figura 5. A y B: podemos observar en la visión anterior de este corte del tramo distal del tendón cómo se cruzan las fibras en sentido lateral-medial. También se observa mayor amplitud en la zona de inserción, en abanico. En la visión lateral también se observa esta orientación helicoidal de las fibras; esta orientación mejora la eficacia en el momento de tracción.

Imagen tomada en el servicio de anatomía de la UVic-UCC.

fibras sufren mayor cizallamiento por la orientación cruzada de las mismas. Autores describen variantes de torsión que presentan las fibras terminales del tendón de Aquiles hasta su inserción en el calcáneo^{8,9}. Refieren como las prolongaciones de gemelos y soleo van torsionándose hacia medial en su inserción. Pronsensz y cols. cuantifican la torsión que sufre el conjunto del tendón y resuelven que de media es de 15° y lo relaciona con la anteversión femoral y con la torsión tibial⁹.

Independiente del motivo que ocasiona la lesión del tendón de Aquiles, observamos cómo las recuperaciones se prolongan en el tiempo. Kapandji, en los años 70, ya esboza la idea de torsión del tendón. Si observamos las fibras del tramo final del tendón, se posicionan de modo que las internas pasan a externas. Este fenómeno, cuando el deportista ejecuta marcha rotadora externa, por incremento de la torsión de la tibia obliga al tendón a forzar “su torsión” en los momentos de mayor esfuerzo, complicando la recuperación. Es muy posible que la torsión tibial externa exagerada no sea la causa de la lesión, pero sí la de que esta no se resuelva fácilmente (Figura 5).

Como hemos comentado en el inicio de esta exposición, el objetivo de este trabajo es estimular mayor investigación de este fenómeno torsional, a nuestro juicio poco valorado, con la finalidad de compensar el efecto nocivo sobre la biomecánica en adultos y evitar desarrollos patológicos en los niños. En la medida de lo posible estimulamos interesante unificar los criterios de las mediciones para ser capaces de intercambiar las experiencias colectivas que nos permitan avanzar. Podríamos concluir con nuestras observaciones que un pie con marcha rotadora externa incrementada se va a comportar como pronador patológico, con todas las repercusiones patomecánicas que conlleva.

Bibliografía

1. Munuera PV, Castillo JM, Domínguez G, La Fuente Sotillos G. Orthotic Devices with Out-toeing Wedge as Treatment for In-toed Gait in Children. *J Am Podiatry Med Assoc.* 2010;100(6):472-8. DOI: 10.7547/1000472.
2. Ries C, Kolja Boese C, Ott N, Doerner J, Müller LP, Hackl M. Intraindividual variance of bilateral femorotibial leg rotation: a CT study of 105 healthy subjects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(4):1106-13. DOI: 10.1007/s00167-020-06101-6.
3. Folinais D, Thelen P, Delin C, Radier C, Catonne Y, Lazennec JY. Measuring femoral and rotational alignment: EOS system versus computed tomography. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(5):509-16. DOI: 10.1016/j.otsr.2012.12.023.
4. La Fuente Sotillos G, Munuera Martínez PV, Domínguez Maldonado G. Hallux limitus and its relationship with the internal rotational pattern of the lower limb. *J Am Podiatry Med Assoc.* 2011;101(6):467-4. DOI: 10.7547/1010467.
5. Ciufo DJ, Baker EA, Gehrke CK, Vaupel ZM, Fortin PT. Tibial torsion correlates with talar morphology. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(3):354-61. DOI: 10.1016/j.fas.2021.04.007.
6. Chassaing V, Zeitoun JM, Camara M, Blin JL, Marque S, Chancelier MD. Tibial tubercle torsion, a new factor of patellar instability. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8):1173-8. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.07.019.
7. Roukis TS, Hurless JS, Page JC. Functional Significance of Torsion of the Tendon of Tibialis Posterior. *J Am Podiatry Med Assoc.* 1996;86(4):156-63. DOI: 10.7547/87507315-86-4-156.
8. Edama M, Kubo M, Onishi H, Takabayashi T, Yokoyama E, Inai T, et al. Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity. *J Anat.* 2016;229(5):610-4. DOI: 10.1111/joa.12514.
9. Prosenz J, Rath C, Hadrovic-Avdic M, Hirtler L. The Twist of the Achilles Tendon – Associations of Torsions in the Lower Extremity. *Clin Anat.* 2018;31(7):1085-91. DOI: 10.1002/ca.23247.