



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

EFFECTO DEL CALZADO INESTABLE SOBRE LA MUSCULATURA EXTRÍNSECA DE TOBILLO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Trabajo presentado para optar al Título Profesional de Kinesiólogo

AUTORES: NICOLÁS CHANDIA MORALES
VALERIA CISTERNA OPAZO
CATALINA SANTELICES MÁRQUEZ

PROFESOR GUÍA: IGNACIO OROZCO CHÁVEZ

Noviembre, 2022
Talca, Chile

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023

© 2022, Nicolás Chandía Morales, Valeria Cisterna Opazo y Catalina Santelices Márquez.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

I. DEDICATORIA

A nuestras familias y seres queridos,
por el apoyo y confianza entregada en el camino,
a nuestros profesores,
por inspirarnos y ayudarnos a conseguir nuestros objetivos.

II. AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias y seres queridos por acompañarnos en este proceso, por confiar en nosotros, por alentarnos a cumplir nuestros sueños y entregarnos cariño y cobijo cuando lo hemos necesitado.

Agradecemos también a nuestros familiares que han fallecido y que han sido importantes en nuestra formación y en nuestra vida.

A nuestros amigos quienes nos llenaron de alegrías y buenos momentos en los cuales no teníamos a nuestra familia cerca.

Para nuestro profesor guía que siempre estuvo dándonos apoyo, nos brindó su confianza y paciencia a pesar de las dificultades que podíamos estar pasando, y junto a nuestros profesores de escuela que nos inspiran cada día a ser mejores profesionales y siempre intentan sacar lo mejor de cada uno de nosotros.

III. TABLA DE CONTENIDO

I. DEDICATORIA	iii
II. AGRADECIMIENTOS	iv
III. TABLA DE CONTENIDO	v
IV. ÍNDICE DE TABLAS	vii
V. ÍNDICE DE FIGURAS	viii
VI. RESUMEN	9
VII. ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo general	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. METODOLOGÍA	17
3.1 Protocolo	17
3.1.1 Fuentes de información	17
3.1.2 Búsqueda	18
3.1.2.1 Keywords	18
3.2 Selección de estudios	19
3.3 Proceso de recopilación de datos	20
3.4 Criterios de inclusión y exclusión	20
3.4.1 Criterios de inclusión	20
3.4.2 Criterios de exclusión	21
4. RESULTADOS	22
4.1 Selección de estudios	22
4.2 Características de la muestra	23
4.3 Variables analizadas	23
4.3.1 Tipos de calzado:	26
4.3.2 Amplitud de activación muscular:	27
5. DISCUSIÓN	29

6. CONCLUSIÓN	35
7. REFERENCIAS	37
8. ANEXOS	40

IV. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en las bases de datos.....	19
Tabla 2. Resultados.....	24

V. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de búsqueda por base de datos.....	22
---	----

VI. RESUMEN

Antecedentes: Durante los últimos años, se han desarrollado distintos tipos de calzado inestable en forma de zapatillas, zapatos y sandalias. Grandes empresas utilizan como estrategias de marketing los efectos positivos de este tipo de calzado. Existe amplia y variada evidencia sobre los efectos del calzado inestable en la actividad muscular, el equilibrio, la postura, el gasto de energía, los trastornos de las extremidades inferiores y los cambios biomecánicos. Por ello, se hace necesario analizar de forma crítica y selectiva los efectos de este tipo de calzado en la musculatura extrínseca de tobillo específicamente para así de este modo tener el conocimiento de los efectos reales de este tipo de calzado que año a año es más popular entre la población.

Objetivos de la revisión: Analizar la evidencia científica actual acerca del efecto del uso de calzado inestable sobre la actividad electromiográfica de la musculatura extrínseca de tobillo en personas sanas.

Método: Se realizó una búsqueda en dos bases de datos: Pubmed y ScienceDirect. Para cada una se utilizó una estrategia de búsqueda diferenciada. Se incluyeron estudios publicados desde 2012, cuyo idioma original fuese el inglés y que hicieran referencia a la actividad electromiográfica de la musculatura extrínseca de tobillo durante la marcha utilizando calzado inestable.

Conclusión: Si bien el calzado inestable aumenta la actividad muscular de tobillo, depende específicamente del tipo de calzado. Existen distintos tipos de calzado según sus proporciones y diseños con distintos efectos sobre la actividad neuromuscular, ya sea del tipo de suela e inestabilidad, del peso del calzado o del recubrimiento del dorso del pie. Por lo que la respuesta de la actividad muscular es heterogénea.

Palabras claves: *unstable footwear, masai barefoot technology, electromyography, muscle activity, gait, walking.*

VII. ABSTRACT

Background: Over the last few years, different types of unstable footwear have been developed in the form of slippers, shoes and sandals. Large companies use as marketing strategies the positive effects of this type of footwear. However, there is a lot and various evidence about the effects of unstable footwear on muscle activity, balance, posture, energy expenditure, lower extremity disorders and biomechanical changes. It is necessary to analyze critically and selectively the effects of this type of footwear on the extrinsic ankle muscles, specifically to thus have the knowledge of the real effects of this type of footwear that year by year is more popular with the population.

Objectives of the review: To analyze the current scientific evidence on the effect of the use of unstable and normal footwear; and the electromyographic activity of extrinsic ankle muscles in healthy people.

Method: A search was performed in two databases: Pubmed and ScienceDirect. A differentiated search strategy was used for each one. Included were studies published since 2012, whose original language is English and that referred to the electromyographic activity of the extrinsic ankle muscles during walking using unstable footwear.

Conclusion: While unstable footwear increases ankle muscle activity, it depends specifically on the type of shoe. There are different types of footwear according to their proportions and designs with different effects on neuromuscular activity, whether it be the type of sole and instability, the weight of the footwear or the coating on the back of the foot. So the response of muscle activity is heterogeneous.

Keywords: *unstable footwear, masai barefoot technology, electromyography, muscle activity, gait, walking*

1. INTRODUCCIÓN

Las lesiones de tobillo, como el esguince, son muy prevalentes en la población mundial. De hecho, los datos de la incidencia epidemiológica mundial señalan que se produce un esguince de tobillo por cada 10.000 personas al día, generando un gran costo económico en salud (Rincón Cardozo et al., 2015). De todas las lesiones de tobillo un 85% son del complejo lateral. Además, esto se presenta en mayor cantidad en mujeres debido al uso de calzado inestable (Karin Staab, 2022).

Dentro de los factores que podrían influir en este tipo de lesiones se encuentran las características estructurales del pie, ya que es una estructura anatómica compleja. Este actúa para transmitir la fuerza entre el miembro inferior y el suelo, lo que permite una deambulación y postura estables. Durante la marcha, el pie funciona como un amortiguador flexible, deformándose en superficies irregulares antes de sufrir una serie de cambios biomecánicos que le permiten actuar como una palanca rígida para ejercer fuerza. Por lo que, cuando hay un déficit neuromuscular y biomecánico, como una mala activación de tibial anterior (TA), fibular largo (PL), gastrocnemio medial (MG), gastrocnemio lateral (LG) y sóleo (SOL), el pie queda expuesto a lesiones relacionadas a inestabilidad (Dawe E & Davis J, 2011).

Durante actividades como la marcha, por ejemplo, el músculo tibial anterior se contrae de forma excéntrica para controlar la dorsiflexión de tobillo durante el contacto del talón; los gastrocnemios realizan una contracción excéntrica para controlar la respuesta a la carga y la fase de impulso; los músculos fibulares, por su parte, son los encargados de evitar que el tobillo se mueva hacia una inversión forzada.

Cuando hay un déficit de activación neuromuscular se generan alteraciones propioceptivas que provocan que, ante perturbaciones externas como desniveles, la estructura de tobillo no responda de forma óptima perdiendo la estabilidad que le otorgan el sistema ligamentoso, cápsula articular y la congruencia ósea, generando así la lesión. (Vanmeerhaeghe & Romero, 2013).

El tipo de calzado es un factor influyente en la estabilidad del tobillo, ya que puede modificar la altura o área de apoyo, lo que condiciona la biomecánica normal del pie y por consiguiente su estabilidad. La naturaleza restrictiva de algunos calzados también puede contribuir al desarrollo de patologías en el antepié, como deformidades en los dedos (Zipfel y Berger, 2007), lo que a su vez puede aumentar el riesgo de caídas en personas mayores.

El calzado se ha aplicado tradicionalmente para mantener o mejorar la estabilidad de la postura durante las actividades diarias (Reinschmidt & Nigg, 2000). Sin embargo, es posible que los zapatos convencionales

puedan proteger/restringir los pies en exceso, lo que resulta en la hipofunción o el deterioro de los pequeños grupos de músculos extrínsecos en las extremidades inferiores antes descritos (Jackman y Kandarian, 2004; Nigg, 2009). Esto podría conducir a la disminución de la fuerza muscular.

Hay distintos tipos de calzados, pero los clasificaremos específicamente entre calzado estable e inestable donde como definición tenemos que el calzado estable “es un calzado que se adapta a la forma del pie y a los movimientos habituales, evita posibles rozaduras y deformidades. Además, amortigua correctamente los impactos del pie contra el suelo para que la pisada sea más suave y estable para que se sienta más segura” (Robbins., et al 1994). En cambio, el calzado inestable se define como “calzado que proporciona un dispositivo de entrenamiento, que emplea la inestabilidad como un mecanismo para mejorar el control neuro/muscular y fortalecer los músculos del sistema locomotor humano” (Nigg et al., 2012).

Sobre la base de estas consideraciones, cada vez más estudios se han centrado en la función de los zapatos inestables en prevención de lesiones, control del equilibrio o control postural en situaciones dinámicas y por otro lado cómo influyen estos en la recurrencia de lesiones y/o caídas.

En los últimos años, el calzado inestable se ha vuelto cada vez más popular entre los usuarios, por lo que diversas marcas han desarrollado una amplia variedad de calzados inestables para el uso diario en forma de zapatos, zapatillas y sandalias. Las marcas utilizan una variedad de tecnologías que incluyen suelas basculantes, almohadillas de equilibrio y suelas de densidad múltiple las que cambian la interacción entre el tobillo/pie y el suelo.

Se cree que una suela irregular e inestable cambia la interacción entre el tobillo/pie y el suelo. Se ha planteado la hipótesis de que, al usar estos zapatos, estos cambios alteran la función y la contracción muscular, lo que hace que los músculos de las extremidades inferiores trabajen más. La naturaleza restrictiva de algunos calzados también puede contribuir al desarrollo de patologías en el antepié, como deformidades en los dedos (Zipfel y Berger, 2007), lo que a su vez puede aumentar el riesgo de caídas en personas mayores (Peña, 2021).

A pesar de una serie de artículos relacionados con el efecto del tipo de calzado sobre la actividad muscular de miembro inferior, existen pocas revisiones empíricas que comparen y cuantifiquen los efectos del calzado inestable sobre la actividad muscular, en individuos sanos. Tampoco está claro a partir de la investigación realizada hasta ahora cuáles son los efectos específicos de usar zapatos inestables sobre la actividad muscular

de las extremidades inferiores y el tiempo de contracción al caminar (Branthwaite H, Chockalingam N & Pandyan A, 2012).

En base a todo lo anterior, parece importante establecer la relación entre el tipo de calzado y la activación muscular de extrínsecos de tobillo para establecerlo como un predictor en lesiones frecuentes a este nivel.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Realizar una revisión sistemática de la evidencia científica actual relacionada con el efecto del uso de calzado inestable sobre la actividad electromiográfica de la musculatura extrínseca de tobillo (Tibial anterior, gastrocnemio medial y lateral, sóleo y fibular largo) en personas sanas.

2.2 Objetivos específicos

- Sintetizar la literatura disponible de los efectos del calzado inestable sobre la actividad electromiográfica de los músculos extrínsecos de tobillo.
- Analizar la diferencia de la activación electromiográfica de la musculatura extrínseca de tobillo entre calzado estable e inestable durante la marcha.
- Caracterizar los distintos tipos de calzados inestables.

3. METODOLOGÍA

3.1 Protocolo

Esta revisión literaria se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de la norma PRISMA para revisiones sistemáticas con el objetivo de estandarizar la búsqueda y selección de artículos.

3.1.1 Fuentes de información

Para la recopilación de la información, se realizó una búsqueda electrónica en las siguientes bases de datos: *Pubmed* y *ScienceDirect*.

Para la obtención de artículos se establecieron ciertos filtros tales como:

- Estudios publicados entre los años 2012 - 2022
- El idioma de publicación fue el inglés.
- Formato full texto.

3.1.2 Búsqueda

3.1.2.1 Keywords

Los términos de búsqueda utilizados para buscar en ambas bases de datos fueron: *unstable footwear, footwear, masai barefoot technology, EMG, electromyography, muscle activity, gait, walking, locomotion.*

Para la búsqueda de literatura, específicamente en ScienceDirect se consideraron las siguientes journals: *“Research articles”, “Gait & Posture”, “Clinical Biomechanics” “Journal of Electromyography and Kinesiology”, “Journal of Biomechanics” y “Human Movement Science”* esto con el fin de obtener artículos relacionados con la profesión de la Kinesiología.

El periodo de búsqueda de la información se realizó entre Mayo y Junio del año 2022.

La **tabla 1** muestra la estrategia de búsqueda y se describen los términos empleados para esta, en cada una de las bases de datos.

3.2 Selección de estudios

Tres revisores realizaron la búsqueda de forma independiente en las distintas bases de datos. Los títulos y resúmenes fueron examinados por los tres revisores y seleccionaron los documentos potencialmente elegibles (Tabla 1).

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en las bases de datos.

Base de datos	Estrategia de búsqueda (364)
<i>Pubmed</i>	<ul style="list-style-type: none">- <i>unstable footwear OR footwear, OR masai barefoot technology (44)</i>- <i>EMG OR electromyography OR muscle activity (15)</i>- <i>gait, walking OR locomotion (6)</i>
<i>Sciencedirect</i>	<ul style="list-style-type: none">- <i>unstable footwear OR footwear, OR masai barefoot technology (178)</i>- <i>EMG OR electromyography OR muscle activity (99)</i>- <i>gait, walking OR locomotion (22)</i>

Estrategias de búsqueda en las bases de datos: Pubmed, ScienceDirect y respectivo total de artículos encontrados con cada una de las diferentes combinaciones de términos empleados.

3.3 Proceso de recopilación de datos

Ítems de los datos: Se extrajo información de cada estudio incluido sobre:

1. Características de los participantes (incluida la edad, comorbilidades, lesiones, IMC).
2. Tipo de intervención describiendo la metodología y qué variables se obtuvieron.
3. Tipo de medida de resultado (incluido el *peak* o amplitud de EMG).

3.4 Criterios de inclusión y exclusión

3.4.1 Criterios de inclusión

Para este estudio la elegibilidad de los artículos de investigación se basó en los criterios de inclusión y exclusión predefinidos.

- Tipos de estudios: transversales y observacionales que hayan sido publicados en los últimos 10 años (2012 - 2022) y que el idioma de publicación haya sido sólo en inglés.

- Tipos de participantes: Se consideraron adultos sanos mayores de 18 años.

- Tipos de intervención: Estudios que analizaron la marcha mediante EMG de superficie a musculatura extrínseca de tobillo con distintos tipos de calzados inestables, en superficies planas (suelo).

3.4.2 Criterios de exclusión

- Los estudios tipo revisiones de artículos (sistemática), revisiones literarias, revisiones narrativas, libros, metaanálisis.
- Sujetos con alteraciones de la marcha, injurias musculoesqueléticas y/o uso de prótesis y ortesis.
- Aparición de enfermedades crónicas y embarazos.

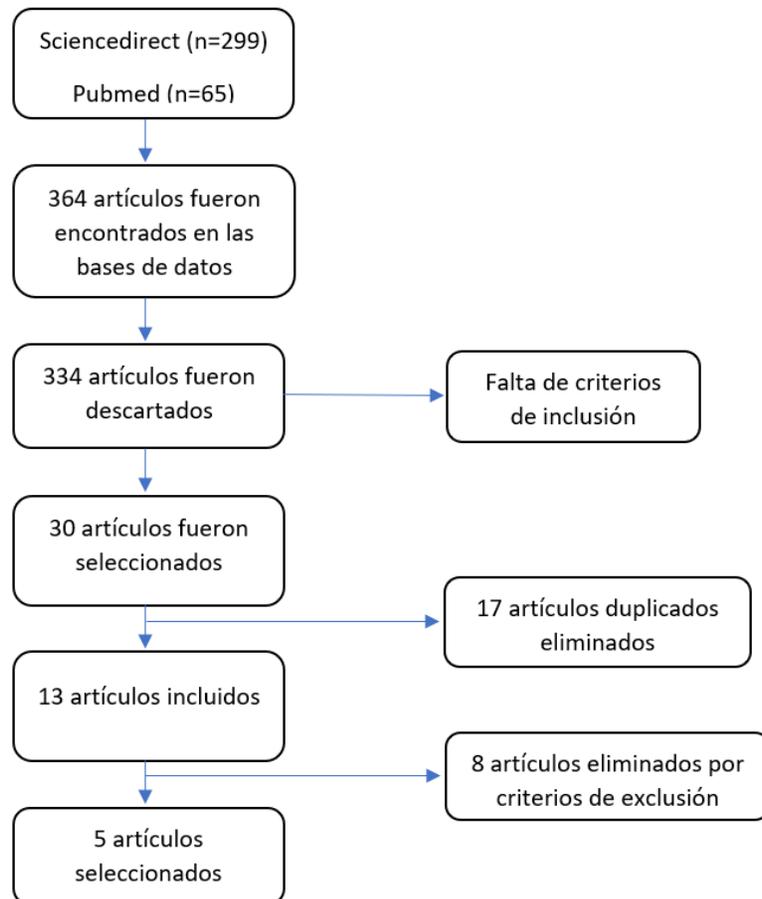
4. RESULTADOS

4.1 Selección de estudios

Se encontraron 364 documentos en total en ambas bases de datos.

Específicamente, 65 documentos en la base de datos *Pubmed* y 299 documentos en la base de datos *ScienceDirect* (Figura 1).

Figura 1. Flujograma de búsqueda por base de datos.



Los estudios incluidos en esta revisión fueron ensayos clínicos publicados en los últimos 10 años, los cuales probaron diferentes tipos de

calzados inestables en diferentes tipos de sujetos. La población incluida en los estudios no presentaba comorbilidades y/o lesiones a nivel de miembro inferior.

4.2 Características de la muestra

Los estudios analizados fueron artículos de investigación de tipo transversal publicados entre los años 2012 y 2022 que incluyeran a personas sanas, no deportistas, mayores de edad, en los cuales se analizó la actividad electromiográfica de pierna durante la marcha con calzado inestable, sin intervenir en su velocidad u otra característica propia de los sujetos.

4.3 Variables analizadas

Con respecto a las variables estudiadas, los estudios analizaron el *peak*/amplitud electromiográfica de superficie de la musculatura extrínseca de tobillo.

El tipo de calzado inestable utilizado durante la prueba de marcha fueron zapatos de seguridad, zapatos con plataforma, zapatillas deportivas, zapatillas inestables, zapatos con taco bajo y alto (4 y 10 cm respectivamente), donde todos tenían la cualidad de ser un calzado inestable.

Las variables principales extraídas de los estudios incluidos se pueden visualizar en la *tabla 2*.

Tabla 2. Resultados.

Autor, año	Características de la muestra	Metodología	Variable	Resultados
Branthwaite et al., 2013	<p>Muestra: 20 sujetos, (8) Mujeres y (12) Hombres Edad: $25,2 \pm 5,2$ años. Estatura: $168,36 \pm 6,7$ cm. Peso: $66 \pm 10,6$ kg.</p>	<p>calzado control: zapatos de entrenamiento regulares del sujeto, (peso: 0,3 - 0,8 kg)</p> <p>calzado: <i>Masai Barefoot Technology</i> ® (MBT), (peso: 1,3 kg.) Pasarela: 10 mts Velocidad: autoseleccionada. Pierna analizada: aleatoria (10 derecha y 5 izquierda)</p>	<p>EMG: Amplitud de activación durante 3er y 6to paso de músculos: Tibial anterior (TA) Peroneo largo (PL) Gastrocnemio medial (MG), Gastrocnemio lateral (LG) Sóleo (SOL)</p>	<p>TA: (MBT) Disminuyó ($66,36$ mV) vs calzado control ($89,08$ mV). PL:(MBT) Aumentó ($79,37$ mV) vs calzado control ($67,91$ mV). MG:(MBT) Aumentó ($79,46$ mV) vs calzado control ($68,59$ mV). LG: (MBT) se mantuvo igual ($134,54$ mV) vs calzado control ($132,62$ mV). SOL: (MBT) Aumentó ($91,25$ mV) vs calzado control ($68,90$ mV).</p> <p>prueba sin diferencias significativas ($P > 0,05$)</p>
Forghany et al., 2014	<p>Muestra: 20 sujetos, (8) Mujeres y (12) Hombres. Edad: $33,1 \pm 8,4$ años. Estatura: $1,71 \pm 0,04$ m Peso: $68,9 \pm 12,1$ kg IMC: $23,6 \pm 4,1$</p>	<p>Calzado: Marcha con 4 tipos de calzado: -Calzado de control (300 g) - Calzado de control con peso (453 g) -Zapato antivuelco (453 g) -MBT (526 g).</p> <p>Todas las plantillas fueron removidas y reemplazadas con una plantilla de poron.</p>	<p>EMG: Amplitud de activación de los músculos: Tibial anterior (TA). Gastrocnemio medial (MG). Sóleo (SOL).</p>	<p>TA: la actividad muscular disminuyó (22%) en el zapato antivuelco y un (29%) en MBT VS zapato control. $P < 0,05$. MG: la actividad muscular aumentó (5.5%) en el zapato antivuelco con $P > 0.05$ y un (8%) en MBT con $P < 0.05$ VS zapato control. $P < 0,05$. SOL: la actividad muscular aumentó (8%) en el zapato antivuelco y un (13%) en MBT VS zapato control. ($P < 0,05$).</p>
Gu Y. et al., 2014	<p>Muestra: 22 Hombres Edad: $23,5 \pm 1,26$ años. Estatura: $172,9 \pm 1,2$ cm Peso: $66 \pm 2,4$ kg IMC: $22,1 \pm 0,8$ kg/m²</p>	<p>Calzado control (suela plana)</p> <p>Calzado inestable (semiesfera de 1,5 cm de altura y 5,5 cm de diámetro adherida a la suela en retropié y en 3 posiciones de</p>	<p>EMG: Amplitud de activación de los músculos: tibial anterior (TA). Peroneo largo (PL). Gastrocnemio medial (MG)</p>	<p>TA: aumentó 98% ($P < 0,05$) en LU vs calzado control PL: aumentó 51% ($P < 0,05$) en MU vs calzado control MG: Disminuyó vs calzado control</p>

		antepié: medial (MU), neutral (NU) y lateral (LU)) Pie analizado: Derecho	Gastrocnemio lateral (LG).	LG: aumentó en MU Y LU con un 68% (P<0,05) en LU vs calzado control
Mika et al., 2012	Muestra: 46 Mujeres Edad: Jóvenes 20–25 años y mediana edad 45–55 años Estatura: 167,6 ± 5,8 cm Peso: 60,35 ± 6,49 kg	Calzado: Marcha en 3 condiciones: Sin calzado zapatos con tacones de 4 cm (tacones bajos) zapatos con tacones de 10 cm (tacones altos). Todas las participantes del estudio informaron que usaban zapatos de tacón alto de vez en cuando.	EMG: amplitud de activación de los músculos: Tibial anterior (TA). Gastrocnemio medial (MG).	Independientemente de la edad. TA: exhibió un aumento en la actividad EMG entre las condiciones de estudio con tacones altos y sin zapatos. MG: La actividad EMG fue significativamente mayor en la condición de marcha con tacones altos en comparación con la marcha sin zapatos.
Price et al., 2013	Muestra: 15 Mujeres Edad: 29 ± 6.7 años Estatura: 167.1 ± 4.2 cm Peso: 62.6 ± 6.9 kg	1 calzado estable (<i>Earth</i>) calzados. 4 calzados inestables (<i>FitFlop, Masai Barefoot Technology, Reebok Easy-Tone y Skechers Tone-Ups</i>)	EMG: Amplitud de activación de los músculos: Tibial anterior (TA). Fibular largo (FL). Gastrocnemio medial (MG). Sóleo (SOL).	La actividad muscular aumentó significativamente con el calzado inestable. Tibial anterior: aumentó (p=0,005) Fibular largo: aumentó (p=0,015) Gastrocnemio medial: Aumentó Sóleo: Aumentó

De un total de 5 artículos revisados se incluyó a 123 sujetos de los cuales 77 son mujeres y 46 son hombres con una edad de 20-55 años en promedio, de los cuales la mayoría de los artículos incluyeron a sujetos de edad joven siendo 4 de 5 artículos (Mika et al., 2012; Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Gu Y. et al., 2014), simultáneamente 2 de 5 artículos incluyeron a sujetos de edad media (Mika et al., 2012; Forghany

et al., 2014). La estatura varió entre 167,1 cm - 172,9 cm y el peso varió entre 60,35 kg y 68,9 kg.

4.3.1 Tipos de calzado:

La totalidad de los artículos utilizaron calzados inestables (Mika et al., 2012; Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Forghany et al., 2014; Gu Y. et al., 2014). El calzado inestable más utilizado es *Masai Barefoot Technology*® (*MBT*) con una frecuencia de 3 artículos (Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Forghany et al., 2014), simultáneamente en 4 de los 5 artículos utilizaron otros calzados inestables: zapatos con tacones de 4 y 10 cm (Mika et al., 2012), calzado *FitFlop*, *Reebok Easy-Tone* y *Skechers Tone-Ups* (Price et al., 2013), calzado antivuelco (Forghany et al., 2014) y calzado inestable con semiesfera adherida a la suela en retropié y en 3 posiciones de antepié: medial (MU), neutral (NU) y lateral (Gu Y. et al., 2014) (ANEXO 1). En 1 de 5 artículos compararon pie descalzo con calzado inestable (Mika et al., 2012), mientras que 4 artículos compararon calzado estable o control con calzado inestable (Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Forghany et al., 2014; Gu Y. et al., 2014).

4.3.2 Amplitud de activación muscular:

De los 5 artículos incluidos la totalidad analizaron al músculo tibial anterior (TA) de los cuales en 3 aumentó la actividad electromiográfica en la condición de calzado inestable vs calzado control o descalzo (Mika et al., 2012; Price et al., 2013; Gu Y. et al., 2014), mientras que en otros 2 artículos la actividad electromiográfica disminuyó en la condición de calzado inestable vs calzado control (Branthwaite et al., 2013; Forghany et al., 2014).

De los 5 artículos incluidos 3 analizaron al músculo fibular largo (FL) (Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Gu Y. et al., 2014), en la totalidad de los artículos aumentó la actividad electromiográfica en la condición de calzado inestable versus calzado control.

De los 5 artículos incluidos la totalidad analizaron al músculo gastrocnemio medial (MG) de los cuales en 4 aumentó la actividad electromiográfica en calzado inestable versus calzado control o descalzo (Mika et al., 2012; Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Forghany et al., 2014), por otra parte, en 1 de los artículos disminuyó la actividad electromiográfica en la condición de calzado inestable vs calzado control (Gu Y. et al., 2014).

De los 5 artículos incluidos, 2 analizaron al músculo gastrocnemio lateral (LG) (Branthwaite et al., 2013; Gu Y. et al., 2014), de los cuales en

1 se mantuvo la actividad muscular al comparar la condición de calzado inestable vs calzado control (Branthwaite et al., 2013), mientras que en el otro artículo aumentó la actividad electromiográfica en la condición de calzado inestable (inestabilidad medial y lateral) vs calzado control (Gu Y. et al., 2014).

De los 5 artículos incluidos, 3 analizaron al músculo sóleo (SOL) donde se observó un aumento de la actividad electromiográfica en la condición de calzado inestable versus calzado control (Branthwaite et al., 2013; Price et al., 2013; Forghany et al., 2014).

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión es realizar una síntesis de la literatura que analice el efecto del uso de calzado inestable y estable con respecto a la actividad electromiográfica de la musculatura extrínseca de tobillo (tibial anterior, fibular largo, sóleo, gastrocnemio medial y lateral) en personas sanas durante la marcha según la literatura científica actual. En base a esto se rescataron 5 documentos donde se logró llegar a conclusiones que se mencionan a continuación.

Los estudios definen el calzado inestable como un concepto que hace referencia a reducir deliberadamente la estabilidad para obtener resultados dirigidos a aumentar la actividad muscular y tonificar la extremidad inferior (Prince et al., 2013). Se cree que este tipo de calzado causa inestabilidad al cambiar la interacción entre el pie y el suelo. Además, el término de calzado inestable se lanzó inicialmente con el calzado *Masai Barefoot Technology*®, el cual presenta una suela exterior curva con forma de medialuna en sentido anteroposterior y un perfil de talón de doble densidad (Branthwaite et.al, 2013).

Según los hallazgos de la presente revisión existen diferencias en la actividad EMG del TA en algunas fases de la marcha cuando en el calzado inestable se incluye el *MBT* y se compara con otro tipo de zapato

inestable y el de tipo control. Esto se puede explicar debido a que el *MBT* tiene una suela con forma de medialuna, por lo que la cinemática en la fase de respuesta a la carga de la marcha facilita el movimiento anteroposterior y, al facilitarse la plantiflexión, el músculo TA sería reclutado de forma excéntrica en menor medida y con ello su actividad EMG se reduciría (Price et al., 2013). Por su parte, los músculos PL, GM, GL y sóleo aumentan su actividad EMG en presencia del *masai barefoot*.

Esto puede estar relacionado con que estos músculos tienen un importante rol en la plantiflexión, por lo cual se podría decir que con el *masai barefoot* el sujeto debe realizar mayor reclutamiento muscular para la plantiflexión en comparación con el control por su condición previa de dorsiflexión. Sumado a esto, se podría asociar también al peso extra que tiene el calzado lo cual podría influir en la actividad de estos músculos al tratar de mantener un movimiento controlado al realizar marcha, pero se requiere más información para dar esa conclusión (Farghamy et al., 2014).

Los otros tipos de calzado inestable como el *FitFlop*, *Reebok Easy-Tone* y *Skechers Tone-Ups* mostraron un aumento en la activación del PL en pre-vuelo (Price et al., 2013). Estos calzados inestables, además, juegan un mejor rol de inestabilidad en movimientos medio-laterales dando la necesidad de activar más a músculos que trabajan en el plano frontal (inversores y eversores) como es el PL. Otro factor que podría afectar la diferencia en la actividad muscular observada por los autores es que los

otros 3 calzados inestables correspondían a tipo sandalias, por lo que podría estar requiriendo mayor activación muscular del TA para sostener y mantener puesto el calzado, en comparación al calzado inestable MBT que es tipo chancleta y al estar más adherido al pie por el dorso, no sería necesario tener tanta activación del TA para mantener esta coaptación entre el calzado y el pie.

Dicho lo anterior, en la literatura se han encontrado otros tipos de calzados inestables en donde lo que varía es la altura y la ubicación de la inestabilidad, entre ellos se encuentran los calzados tipo *stiletto* con una altura de 4 y 10 cm respectivamente (Mika et al., 2012) y los calzados con una altura mayor que los calzados control de 1.5 cm (Gu Y et al.; 2014). Sin embargo, los calzados con altura de 1,5 cm presentan inestabilidades en distintas posiciones del antepié, dependiendo de donde se ubiquen las semi esferas que se incluían en el estudio.

Siguiendo con esta idea, al comparar la actividad electromiográfica de estos 3 calzados los cuales tienen distintas alturas versus el calzado control se evidencia un aumento significativo de la actividad electromiográfica del TA, sin embargo, al comparar la actividad electromiográfica del TA entre 4 y 10 cm respectivamente no hubo diferencias significativas (Mika et al., 2012).

Cuando se comparan las distintas posiciones de la inestabilidad del calzado en la zona neutra de antepié, mediopié y lateral se observaron

diferencias en la actividad electromiográfica. Específicamente en el calzado tipo *stiletto* aumentó el TA y MG mientras que en los calzados de 1,5 cm de altura aumentó el TA y disminuyó el MG, esto ya que el calzado *stiletto* mantuvo siempre su forma y altura sin cambios en la ubicación de la inestabilidad; en cambio en el calzado de 1,5 cm de altura varió la ubicación de la inestabilidad del antepié, en medio, neutro y lateral proporcionando distintos tipos de brazo palanca y cinemática a la hora de realizar la marcha, variando más la actividad muscular.

Teniendo esto en cuenta, el presente estudio parece señalar que la altura de los calzados no es determinante de la inestabilidad y activación muscular, sino que la morfología del calzado y la ubicación de la inestabilidad afectaron la actividad de distintos músculos extrínsecos del tobillo. Ya sea generando un brazo palanca más desfavorable o inestabilidad en distintos planos de movimiento, como en el plano frontal, sagital o coronal.

En cuanto a la aplicabilidad clínica de nuestra revisión, se demuestra que los zapatos inestables aumentan la activación de la musculatura extrínseca de tobillo, lo cual se podría utilizar como entrenamiento en patologías que requieren mejorar la activación de dicha musculatura durante actividades como la marcha. Ligado a esto también sería importante saber cuánto se demoran los usuarios en adaptarse al calzado inestable.

Algunas limitaciones de nuestro estudio están dadas por la heterogeneidad de la muestra y de los zapatos estudiados, ya que son muchas las variables que pueden influir en la actividad muscular. También la homogeneidad de cómo reportaban la actividad EMG estudiada, ya que no todos los estudios reportaban los resultados de la misma forma. Otra limitación fue la cantidad de la muestra presente en los estudios donde fueron muestras inferiores a 30 personas lo que no sería muy representativo, por lo cual no nos permite llegar a conclusiones concretas. Además, los protocolos de medición no fueron todos iguales, ya que algunos midieron la actividad EMG en fases específicas de la marcha y en otras no se especifica, por lo cual no queda claro si la diferencia de activación ocurre en el mismo momento independiente del tipo del calzado inestable.

Sería apropiado realizar también estudios longitudinales que permitan demostrar en qué periodo exacto las personas se adaptan al calzado inestable, ya que esto sería de importancia si se quiere utilizar estos zapatos en la rehabilitación. Y también sería relevante incorporar futuros estudios acerca de cada tipo de calzado de forma independiente para así tener más especificidad de cada tipo de calzado y poder determinar específicamente qué musculatura se activa o se inhibe en determinada marca de zapatos.

Por último, también sería importante ver la actividad electromiográfica de los músculos estudiados en personas con patologías de miembro inferior al utilizar zapatos inestables para comprobar si estos son de ayuda en su recuperación o no.

6. CONCLUSIÓN

Desde la presente revisión respecto a los 5 artículos incluidos podemos concluir que, si bien el calzado inestable aumenta la actividad muscular de tobillo, depende específicamente del tipo de calzado, ya que cada calzado tiene distintas proporciones y diseños ya sea del tipo de suela e inestabilidad, del peso del calzado o de el recubrimiento del dorso del pie, por lo que la respuesta de la actividad muscular es heterogénea.

El calzado es una prenda de vestir indispensable y es un accesorio con el cual se puede jugar con la moda, ya que existen de muchas formas y colores para las diferentes ocasiones. Muchos de estos calzados han sido diseñados para que sean atractivos comercialmente sin importar el impacto que esto pueda tener en la salud de los usuarios, lo cual ha traído consecuencias negativas en la población como el riesgo de caída y las lesiones como los esguinces.

Por otro lado, la industria enfocada en lo terapéutico ha utilizado esta diversidad para la creación de calzados que permitan usar su plantilla como método de potenciación de tratamiento con el objetivo de activar un poco más cierta musculatura. El problema radica en que todos somos diferentes anatómicamente hablando y nuestros pies no son la excepción, por lo que no todos los zapatos que se encuentran en el mercado son los

indicados para toda la población, ya que la elección del calzado incorrecto podría traer más riesgos que beneficios.

Desde este punto nace la necesidad de investigar los diferentes tipos de calzados y su impacto en la musculatura principal involucrada al caminar.

En esta revisión en particular la búsqueda se centró en el calzado inestable y su implicancia en la actividad electromiográfica de la musculatura extrínseca del tobillo.

Los estudios muestran que efectivamente este tipo de calzado aumenta la actividad de la musculatura estudiada sobre todo en aquellos que realizan la plantiflexión, la cual es muy importante en la etapa de soporte terminal de la marcha y el *swing*.

7. REFERENCIAS

- Branthwaite, H., Chockalingam, N., Pandyan, A., & Khatri, G. (2013). *Evaluation of lower limb electromyographic activity when using unstable shoes for the first time: a pilot quasi control trial*. *Prosthetics and Orthotics International*, 37(4), 275–281. <https://doi.org/10.1177/0309364612464812>
- Branthwaite, H., Pandyan, A., & Chockalingam, N. (2012). *Function of the triceps surae muscle group in low and high arched feet: an exploratory study*. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 22(2), 56–59. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2011.11.004>
- Dawe, E. J. C., & Davis, J. (2011). (vi) *Anatomy and biomechanics of the foot and ankle*. *Orthopaedics and Trauma*, 25(4), 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.morth.2011.02.004>
- Forghany, S., Nester, C. J., Richards, B., Hatton, A. L., & Liu, A. (2014). *Rollover footwear affects lower limb biomechanics during walking*. *Gait & Posture*, 39(1), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.07.009>
- Fort Vanmeerhaeghe, A., & Romero Rodriguez, D. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48(179), 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2013.05.003>
- Gu, Y., Lu, Y., Mei, Q., Li, J., & Ren, J. (2014). *Effects of different unstable sole construction on kinematics and muscle activity of lower limb*. *Human Movement Science*, 36, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.04.008>
- Jackman, R. W., & Kandarian, S. C. (2004). *The molecular basis of skeletal muscle atrophy*. *American Journal of Physiology. Cell Physiology*, 287(4), C834-43. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00579.2003>
- Mika, A., Oleksy, Ł., Mika, P., Marchewka, A., & Clark, B. C. (2012). *The influence of heel height on lower extremity kinematics and leg*

muscle activity during gait in young and middle-aged women. Gait & Posture, 35(4), 677–680.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.001>

Nigg, B. (2009). *Biomechanical considerations on barefoot movement and barefoot shoe concepts. Footwear Science, 1(2), 73–79.*
<https://doi.org/10.1080/19424280903204036>

Nigg, B., Federolf, P. A., von Tschanner, V., & Nigg, S. (2012). *Unstable shoes: functional concepts and scientific evidence. Footwear Science, 4(2), 73–82.*
<https://doi.org/10.1080/19424280.2011.653993>

Peña Manchón, D. (2022). *Las caídas en personas mayores y su relación con la atención en servicios de urgencias y emergencias: Una revisión Narrativa. Jaén: Universidad de Jaén.*
<https://hdl.handle.net/10953.1/17973>

Price, C., Smith, L., Graham-Smith, P., & Jones, R. (2013). *The effect of unstable sandals on instability in gait in healthy female subjects. Gait & Posture, 38(3), 410–415.*
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.01.003>

Reinschmidt, C., & Nigg, B. M. (2000). *Current issues in the design of running and court shoes. Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Für Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin, 14(3), 71–81.* <https://doi.org/10.1055/s-2000-7866>

Rincón Cardozo, D. F., Camacho Casas, J. A., Rincón Cardozo, P. A., & Sauza Rodríguez, N. (2015). *Abordaje del esguince de tobillo para el médico general. Revista de la Universidad Industrial de Santander Salud, 47(1), 85–92.*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072015000100011&lng=en&tlng=es

Robbins, S., Waked, E., Gouw, G. J., & McClaran, J. (1994). *Athletic footwear affects balance in men. British Journal of Sports Medicine, 28(2), 117–122.* <https://doi.org/10.1136/bjism.28.2.117>

Uso de tacones altos. (2018, agosto 6). Dra. Karin Staab.
<http://karinstaab.cl/uso-de-tacones-altos/>

Zipfel, B., & Berger, L. R. (2007). *Shod versus unshod: The emergence of forefoot pathology in modern humans?* *Foot* (Edinburgh, Scotland), 17(4), 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2007.06.002>

8. ANEXOS

Anexo 1. Calzados inestables utilizados en los documentos encontrados.



- Calzado control (300 g)



- Calzado de control ponderado (453 g)

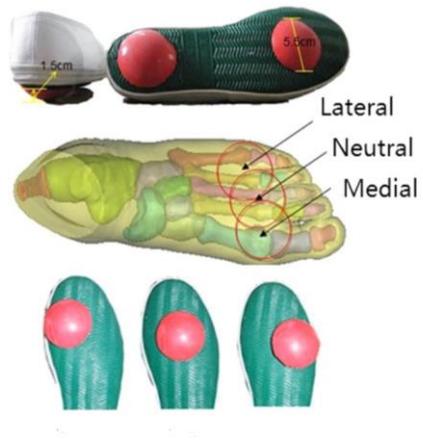


- Calzado de vuelco (453 g)



- Calzado MBT (526 g)

Forghany et al, 2014

	<p>Calzado de estructura inestable 1,5 cm de altura y 5,5 cm de diámetro.</p> <p><i>Gu. Y. et al, 2014</i></p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Image</th> <th>Sandal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Earth Kalso</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FitFlop Walkstar</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Masai Barefoot Technology Kisumu</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Reebok Easy-Tone</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Skechers Tone-Ups</td> </tr> </tbody> </table>	Image	Sandal		Earth Kalso		FitFlop Walkstar		Masai Barefoot Technology Kisumu		Reebok Easy-Tone		Skechers Tone-Ups	<ul style="list-style-type: none"> - Calzado de tierra (3,78 de inclinación de la plantilla y suela firme) - <i>FitFlop Walkstar®</i> (Talón de alta densidad, medio pie de baja densidad y antepié mediana densidad) - <i>MBT</i> (Suela basculante en dirección anteroposterior) - <i>Reebok Easy-Tone</i> (Talón con cápsulas elípticas comprimibles que permiten el paso del aire)
Image	Sandal												
	Earth Kalso												
	FitFlop Walkstar												
	Masai Barefoot Technology Kisumu												
	Reebok Easy-Tone												
	Skechers Tone-Ups												

	<p>- <i>Skechers Tone-Ups</i> (Entresuela con densidad múltiple y antepié firme)</p> <p><i>Price et al, 2013</i></p>
<p>La presente tabla, muestra a través de imágenes los tipos de calzados analizados en cada estudio correspondiente.</p>	