

Facultade de Enfermaría e Podoloxía



TRABALLO DE FIN DE GRAO EN PODOLOXÍA

Curso académico 2020 / 21

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

Silvia Pérez Fernández

**Director(es): Daniel López López
Roi Panceira Villar**

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. RESUMEN ESTRUCTURADO | 2 |
| 2. RESUMO ESTRUCTURADO | 3 |
| 3. ABSTRACT | 4 |
| 4. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 5. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE ESTUDIO..... | 6 |
| 6. METODOLOGÍA | 7 |
| 6.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA..... | 7 |
| 6.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN | 8 |
| 6.3.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN..... | 8 |
| 6.3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN..... | 9 |
| 6.4. SÍNTESIS DE INFORMACIÓN Y GESTIÓN DE RESULTADOS DE BÚSQUEDA | 9 |
| 7. RESULTADOS | 10 |
| 7.1. DIAGRAMA DE FLUJO..... | 10 |
| 7.1. NIVELES DE EVIDENCIA Y GRADOS DE RECOMENDACIÓN | 10 |
| 7.2. EXTRACCIÓN DE DATOS | 13 |
| 8. DISCUSIÓN | 17 |
| 9. CONCLUSIÓN..... | 19 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 20 |
| ANEXOS..... | 22 |
| ANEXO I | 22 |

1. RESUMEN ESTRUCTURADO

Introducción: La musculatura del pie es la encargada de controlar el movimiento y la estabilidad corporal. Su debilidad está relacionada con una variedad de lesiones musculoesqueléticas y el calzado se ha considerado un factor de riesgo en la debilidad de dichos músculos. Por lo tanto, se ha analizado el calzado minimalista con el propósito de comprobar si este es eficaz para el fortalecimiento de la musculatura del pie.

Objetivo: El objetivo de esta revisión es valorar si el calzado minimalista ocasiona efectos sobre la musculatura del pie.

Metodología: Se realiza una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed y Scopus durante los meses de febrero y marzo de 2021.

Resultados: Se obtuvieron 37 artículos de los que se seleccionaron 8 por tratar del tema de interés de esta revisión.

Conclusiones: Tras finalizar el análisis de los diferentes artículos, se puede afirmar que el calzado minimalista ocasiona cambios en la musculatura del pie.

2. RESUMO ESTRUCTURADO

Introdución: A musculatura do pé é a encargada de controlar o movemento e a estabilidade. A súa debilidade está relacionada cunha variedade de lesións musculoesqueléticas e o calzado considerouse un factor de risco na debilidade destes músculos. Por isto, analizouse o calzado minimalista co propósito de comprobar si este é eficaz para o fortalecemento da musculature do pé.

Obxectivo: O obxectivo desta revisión é valorar se o calzado minimalista ocasiona efectos sobre a musculatura do pé.

Metodoloxía: Realízase unha búsqueda bibliográfica nas bases de datos Pubmed e Scopus durante os meses de febreiro e marzo de 2021.

Resultados: Obtivéronse 37 artigos dos que se seleccionaron 8 por tratar do tema de interés desta revisión.

Conclusións: Tras finalizar o análisis dos diferentes artigos, pódese afirmar que o calzado minimalista ocasiona cambios na musculatura do pé.

3. ABSTRACT

Introduction: The foot muscles are in charge of controlling body movement and stability. His weakness is related to a variety of musculoskeletal injuries and the footwear is considered a risk factor in weakening of these muscles. Therefore, minimalist footwear was analyzed in order to see if it is effective in strengthening the muscles of the foot.

Objective: The objective of this review is to assess whether minimalist footwear causes effects on the foot muscles.

Methodology: A bibliographic search was carried out in the Pubmed and Scopus during the months of February and March 2021.

Results: There were obtained 37 articles of the which there were selected 8 to contain things of interest for this review.

Conclusions: After finishing the analysis of the different articles, it can be affirmed that the minimalist footwear causes changes in the musculature of foot.

4. INTRODUCCIÓN

La musculatura del pie es la encargada de controlar el movimiento y la estabilidad corporal, así como también, permite al pie cumplir diferentes funciones como proporcionar una base de apoyo, atenuar los impactos, adaptándose así a terrenos irregulares y, por último, propulsar como palanca rígida.¹

Teniendo en cuenta la importancia de esta musculatura tanto en estática como en dinámica, su debilidad se relaciona con una variedad de lesiones musculoesqueléticas y las más habituales son las fasciopatías, tendinopatías y fracturas por estrés.^{1,2}

Las lesiones musculoesqueléticas en el pie que se producen en la vida cotidiana se deben a patrones repetitivos que mayormente incluyen caminar, pudiéndose ocasionar sobrecargas y, por consiguiente, las lesiones con una alta incidencia de fascitis plantar, presentándose en un 10% de la población.¹

Según el Instituto Nacional de Estadística (2015) la práctica deportiva cada vez está más extendida y dentro de este incremento de la actividad, una de las modalidades más practicadas es el running como forma de mantenerse activos y saludables, lo que supuso un aumento de lesiones musculoesqueléticas en un 85% de los casos.^{3,4}

El calzado se ha considerado un factor de riesgo en el debilitamiento de los músculos del pie debido a la reducción de tensiones que se ejercen sobre el pie mediante elementos de apoyo y, por lo tanto, una de las medidas que se han analizado para reducir el riesgo de lesiones es el diseño del calzado existiendo diferentes tipos: tradicional, minimalista y maximalista.⁵

En primer lugar, el calzado convencional se caracteriza por controlar el movimiento natural del pie mediante restricciones en dedos, talón acolchado, contadores de talón, soportes para el arco y soportes en los dedos.⁶ Debido a sus características, reducen el trabajo de los músculos, la musculatura del pie se debilita y aumenta la probabilidad de un arco longitudinal interno (ALI) colapsado y, por consiguiente, una pronación excesiva y la posible lesión posterior asociada.⁴

Por otro lado, tras detectar el problema de que las zapatillas convencionales presentaban una atrofia de los músculos, diferentes investigaciones analizaron las zapatillas minimalistas con el objetivo de comprobar si son eficaces para fortalecer tanto músculos intrínsecos como extrínsecos del pie. El objetivo del calzado minimalista es simular el correr descalzo, reducir la interferencia mecanosensorial y provocar un aumento de la demanda de la musculatura.^{6,7} Estas zapatillas se caracterizan por una alta flexibilidad, bajo peso, con poca diferencia de altura entre talón y antepié (drop) y con carencia de elementos de restricción de movimientos.⁸

Por último, el calzado maximalista surge al hallar estudios que relacionan el calzado minimalista con lesiones. Este tipo de calzado se caracteriza por generar una gran amortiguación de tal forma que las articulaciones no sufren estrés repetido. De esta forma, presentan una entresuela acolchada (>20 mm), sin estabilidad y puntera más ancha de lo habitual.⁸

La selección del calzado, condiciona la técnica de carrera y por lo tanto la cinemática, con un calzado convencional se realiza el primer contacto con el talón y, sin embargo, con un calzado minimalista el tobillo se sitúa más en flexión plantar, siendo el impacto es con el antepié o más raramente, con mediopié.⁹

El objetivo de esta revisión sistemática es valorar qué efectos ocasiona el calzado minimalista en la musculatura del pie y así, ser una opción en la prevención de las lesiones del running.

5. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE ESTUDIO

Debido a la gran incidencia de lesiones que se producen en el running asociadas a una debilidad en la musculatura, a través de esta revisión se tratará de responder a la pregunta de estudio:

¿Cuáles son los efectos que se pueden ocasionar en la musculatura del pie al utilizar calzado minimalista?

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

6. METODOLOGÍA

6.1. Diseño

Esta revisión sistemática sigue los criterios indicados en la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).¹⁰

6.2. Estrategia de búsqueda

Para dar respuesta a la pregunta de estudio, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica basada en la evidencia científica actual con el fin de encontrar publicaciones que aborden el tema interés.

Se expone en la Tabla I la estrategia de búsqueda que se ha realizado en las dos bases de datos seleccionadas.

Tabla I. Estrategia de búsqueda

| Base de datos | Estrategia de búsqueda | Límites |
|---------------|---|---|
| Pubmed | (((minimalist) AND (footwear)) AND (muscle)) NOT (review) | Últimos 10 años Artículos en inglés No revisiones |
| Scopus | TITLE-ABS- KEY (minimal AND shoes AND muscles AND foot) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011- 2020)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) | Últimos 10 años Artículos en inglés |

La estrategia de búsqueda consta de una búsqueda bibliográfica y se ha realizado entre los meses de febrero y marzo del año 2021. Las Bases de Datos utilizadas han sido Pubmed y Scopus.

Se emplearon los términos Medical Subject Headings (MESH) de los cuales se utilizaron las siguientes palabras clave: “minimalist”, “footwear”, “shoes” y “muscle”. Además, se

utilizaron los operadores booleanos “AND” para unir los términos MESH y “NOT” para cribar las revisiones. Estos operadores tienen el fin de facilitar y concretar la búsqueda.

Para la realización de esta revisión se siguió la normativa indicada sobre la elaboración de los trabajos de fin de grado en la Facultad de Enfermería y Podología de la Universidad de A Coruña (UDC).

En cuanto a la selección de los estudios, está fundamentada en la Medicina Basada en la Evidencia (MBE), por lo tanto, para clasificar el nivel de evidencia y grados de recomendación estos estudios, se ha utilizado la escala United States Preventive Services Task Force (USPSTF).

La escala USPSTF evalúa la calidad de evidencia no solo a nivel de diseño de los estudios, sino que también los grados de recomendación que se establecen a partir de la calidad de la evidencia y del beneficio neto y, además el coste-efectividad. Se distribuye desde la letra A hasta la E. En caso de otorgarse la A, significa que existe buena evidencia de que la medida y los beneficios superan ampliamente a los perjuicios. Sin embargo, la letra E se utiliza cuando la evidencia es insuficiente, pero no existe evidencia de calidad insuficiente o contradictoria y que el balance entre los beneficios y perjuicios no se pueden determinar.¹¹

6.3. Criterios de selección

Para la selección de las publicaciones científicas de ambas bases de datos utilizadas, se han seguido unos determinados criterios.

6.3.1. Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión establecidos son:

- Publicaciones con el tema de interés: efectos que producen en la musculatura el calzado minimalista.
- Publicaciones desde 2011 hasta la actualidad.
- Publicaciones redactadas en inglés.
- Estudios de investigación, preferentemente ensayos clínicos.

6.3.2. Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión establecidos son:

- Publicaciones que no tienen como tema de interés: efectos que producen en la musculatura el calzado minimalista.
- Publicaciones anteriores al 2011.
- Publicaciones con datos irrelevantes para la realización de la revisión.
- Publicaciones tipo artículos de opinión, cartas al director, casos clínicos y revisiones sistemáticas.

6.4. Síntesis de información y gestión de resultados de búsqueda

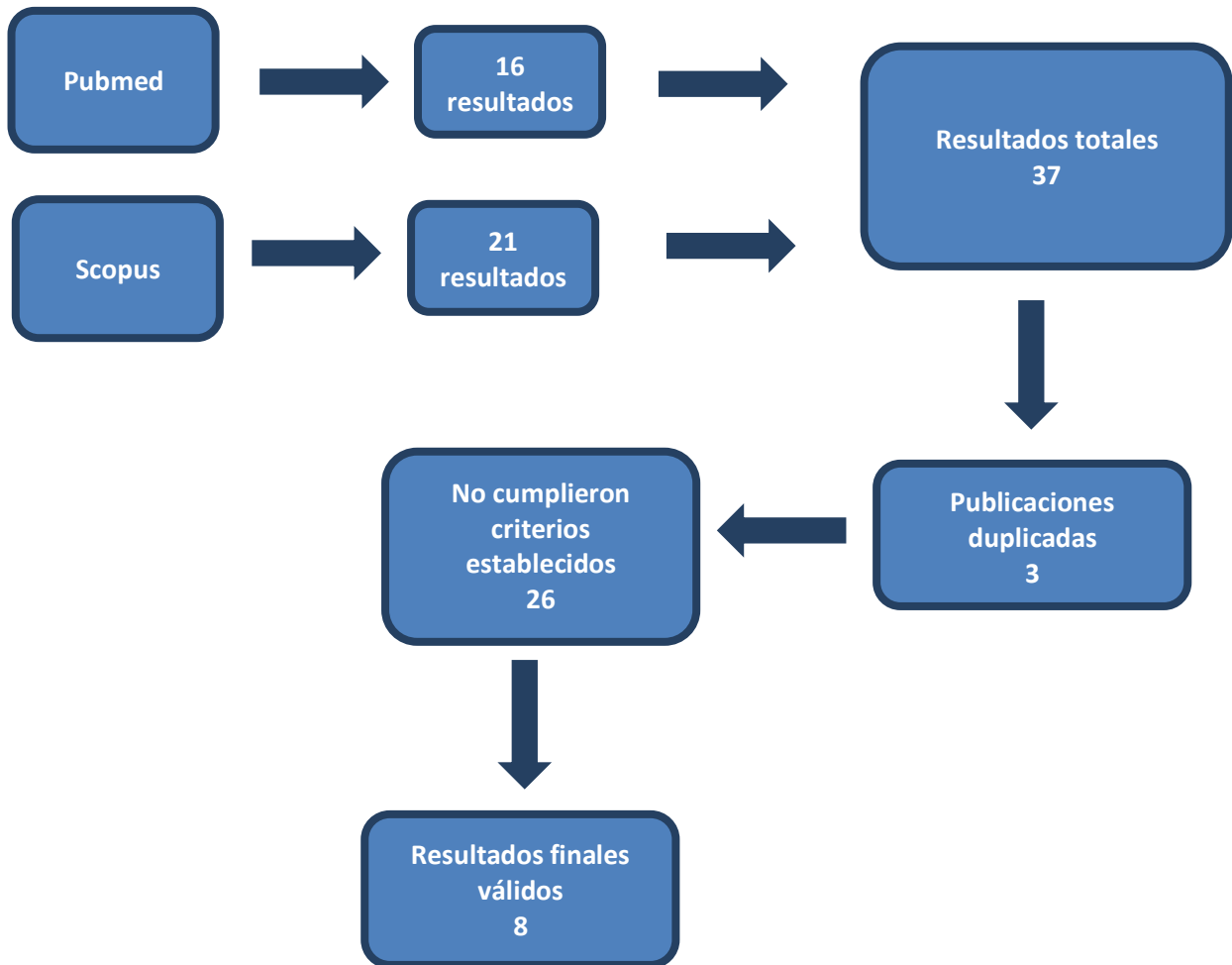
Una vez completada la búsqueda, se analizó el contenido mediante una lectura de título, y/o resumen donde se comprobó que los artículos cumplían los criterios de inclusión y exclusión expuestos anteriormente y se procede a descartarlos como se refleja en el Anexo I. Además, se evaluó la calidad del contenido y el nivel de evidencia presente.

Tras haber realizado su lectura exhaustiva, la información se ha incorporado mediante una tabla de extracción de datos en la cual se recopiló la misma información para cada artículo incluido con el objetivo de obtener campos comunes acerca de los objetivos, variables, resultados, métodos de medición y conclusiones.

7. RESULTADOS

Tras la realización de la búsqueda, un total de 37 resultados los cuales se han reducido a 8 después de descartar 26 por no cumplir los criterios de inclusión y de exclusión establecidos y otras 3 publicaciones por estar duplicadas en las bases de datos.

7.1. Diagrama de flujo



7.1. Niveles de evidencia y grados de recomendación

Según la escala USPSTF, se han obtenido los siguientes resultados de la Tabla II en relación a los niveles de evidencia y grados de recomendación.

Tabla II. Niveles de evidencia y grados de recomendación

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

| ARTÍCULOS | TIPO DE ESTUDIO | Nº PARTICIPANTES | NIVEL DE EVIDENCIA | GRADO DE RECOMENDACIÓN |
|--|--|------------------|--------------------|------------------------|
| Kinematics and muscle activity when running in partial minimalist | Estudio retrospectivo | 13 | II-2 | B |
| Measurement of intrinsic foot stiffness in minimally and traditionally shod runners using ultrasound elastography: A pilot study | Estudio retrospectivo | 18 | II-2 | C |
| Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume | Ensayo controlado aleatorio simple ciego | 38 | I | A |
| Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups. | Estudio transversal | 70 | II-2 | B |
| Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles | Ensayo controlado aleatorio | 65 | I | A |

| | | | | |
|--|--|----|------|---|
| Athletic training with minimal footwear strengthens toe flexor muscles | Estudio prospectivo aleatorio y controlado | 47 | I | A |
| The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strenght | Ensayo controlado aleatorio | 33 | I | B |
| Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally – vs conventionally- shod populations | Estudio retrospectivo | 75 | II-2 | A |

7.2. Extracción de datos

Analizadas ya las publicaciones expuestas anteriormente, se han obtenido los siguientes resultados que se reflejan en la tabla III.

Tabla III. Extracción y análisis de datos

| ARTÍCULO | OBJETIVOS | VARIABLES | RESULTADOS | CON QUÉ SE MIDE | CONCLUSIONES |
|--|---|--|--|------------------|--|
| Kinematics and muscle activity when running in partial minimalist | Comparar la cinemática y actividad muscular al correr con tres zapatillas diferentes: minimalista parcial, tradicional y maximalista. | Cinemática, actividad muscular, tamaño | <p>El glúteo medio en fase de apoyo medio y la amplitud máxima en todo el ciclo de marcha es mayor en el calzado maximalista.</p> <p>El peroneo largo durante todo el ciclo de la marcha obtiene una mayor actividad en calzado maximalista y minimalista.</p> <p>El tibial anterior durante la fase de apoyo presenta mayor actividad en minimalista que en los otros tipos de calzado.</p> | Electromiografía | <p>La cinemática varía, pero, sin embargo, la actividad muscular fue similar en todos los tipos de calzado.</p> <p>Los pequeños cambios en la cinemática se pueden asociar por los cambios en la actividad muscular.</p> |

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| Measurement of intrinsic foot stiffness in minimally and traditionally shod runners using ultrasound elastography: A pilot study | Comparar las mediciones de la musculatura intrínseca en corredores que utilizan zapatillas minimalistas y tradicionales. | Tamaño rigidez de la musculatura | Hubo diferencia de fortalecimiento en el flexor corto del primer dedo con el calzado tradicional. | Elastografía por ultrasonido de ondas transversales | No hubo diferencias significativas en el fortalecimiento de la musculatura intrínseca entre el calzado minimalista y el tradicional. |
| Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume | Examinar el efecto del calzado minimalista y su respuesta en el cambio de volumen de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie. | Volumen muscular, cumplimiento de uso | Aumento del grosor de la musculatura extrínseca e intrínseca (más acentuada en antepié que en retropié) con calzado minimalista. | Resonancia magnética | El aumento del volumen muscular tanto intrínseco como extrínseco se asocia con el cumplimiento de los participantes con calzado minimalista. |
| Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups | Comparar si caminando comparten los mismos patrones de activación muscular el calzado barefoot y minimalista; y | Edad, actividad de la musculatura y años de | El tibial anterior y peroneo largo disminuyen el trabajo en la fase de apoyo con calzado minimalista por la disminución de apoyo de retropié frente al calzado convencional (disminución flexión dorsal). | Electromiografía | Hubo diferencias con respecto a la edad, los ancianos no obtuvieron diferencias significativas con el diferente calzado. |

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

| | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|
| | además compararlo con el calzado convencional. | uso del calzado | El gastrocnemio medial tiene mayor actividad muscular por el aumento de la flexión plantar con el calzado minimalista. | | |
| Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles | Determinar el efecto de caminar con calzado minimalista o realizar ejercicios de fortalecimiento del pie sobre el tamaño y la fuerza de los músculos del pie. | Tamaño y fuerza de la musculatura, tiempo (semana 0,4 y 8) | Aumenta la fuerza y tamaño de todos los músculos en el grupo de ejercicios de fortalecimiento y el de caminar con calzado minimalista (ligeramente más en el grupo de ejercicios de fortalecimiento los músculos: flexor corto del hallux, cuadrado plantar y flexor corto de los dedos). | Pruebas de fuerza con dinamómetro y ultrasonido | Caminar con calzado minimalista da resultados similares a realizar ejercicios de fortalecimiento de la musculatura. |
| Athletic training with minimal footwear strengthens toe flexor muscles | Evaluar el efecto de entrenamiento atlético con calzado minimalista en la función de los flexores del primer dedo. | Fuerza muscular, tiempo | Aumento de la fuerza de los flexores largos y cortos de los dedos con calzado minimalista con ejercicios atléticos después de tres semanas. Diferencia significativa en la flexión dorsal del primer dedo en el grupo con | Dinamómetro | Tanto el entrenamiento atlético como el calzado minimalista mejoran la fuerza de los flexores del pie |

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

| | | | | | |
|--|--|--|--|----------------------|---|
| | | | calzado minimalista frente al entrenamiento atlético. | | |
| The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strenght | Analizar los efectos de correr con calzado minimalista en el arco y músculos intrínsecos. | Fuerza muscular, antropometría del pie, cinemática | El arco longitudinal es más rígido, fuerte y alto con el calzado minimalista. | Resonancia magnética | Correr con calzado minimalista aumenta el volumen de la musculatura intrínseca y el arco es más rígido y cumple de forma correcta su función. |
| Foot strenght and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs. Conventionally-shod populations | Comparar el tamaño de los músculos intrínsecos y la biomecánica del pie con calzado minimalista y tradicional. | Cinemática, rigidez arco, antropometría | Arco longitudinal interno, abductor del dedo gordo y abductor del quinto dedo tienen mayor rigidez y tamaño durante la estática y dinámica con el calzado minimalista. El flexor corto del hallux no muestra diferencias entre el grupo calzado convencionalmente del mínimamente. | Ultrasonidos | El calzado minimalista se asocia con un arco longitudinal interno más alto. |

8. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática tal y como se ha expuesto anteriormente, es valorar qué efectos puede ocasionar el calzado minimalista en la musculatura del pie.

Tras analizar los artículos en los que se basa esta revisión, la gran mayoría de autores coinciden en que existen cambios en la musculatura del pie con el uso de un calzado minimalista frente al convencional o maximalista.^{1,4,5,7,12-14}

Estos cambios en la activación de la musculatura, se deben principalmente a un cambio en la cinemática, principalmente el primer apoyo, el cual con un calzado minimalista va a reducirse el apoyo de retropié como explican Franklin y cols.¹³ y, por lo tanto, disminuye la flexión dorsal de tobillo y los músculos como el peroneo largo y tibial anterior están sometidos a una menor tensión, así como el gastrocnemio medial aumenta su actividad por el consiguiente aumento del grado de flexión plantar. A diferencia de los jóvenes, que mostraron los cambios en los músculos descritos anteriormente, los ancianos no presentaron diferencias en la musculatura, esto puede ser debido a que la velocidad de la marcha en estos individuos es mucho más lenta.

En cambio, Becker y cols.¹² muestran como el tibial anterior y el peroneo largo presentan una mayor actividad con el calzado minimalista, lo que podría explicarse debido a que los participantes habitualmente corrían con calzado tradicional, de tal modo que la nueva condición de zapatillas produce cambios en la musculatura.

En cuanto al arco longitudinal interno los resultados que se obtuvieron son una mayor rigidez, tamaño y altura en el 60% de los participantes que corrieron con calzado minimalista.

En primer lugar, Miller y cols.⁴ comparan el uso del calzado minimalista con la realización de ejercicios de fortalecimiento del pie en el efecto del tamaño y fuerza de los músculos y se obtienen resultados similares en ambos grupos. Se obtiene que el ALI es más rígido, fuerte y alto con el calzado minimalista, así que, podría ser más fácil de implementar y posibilidad de una mayor tasa de cumplimiento el uso del calzado minimalista frente a la realización de los ejercicios para obtener resultados satisfactorios en la musculatura.

Con resultados similares en cuanto al ALI, Holowka y cols.⁵ comparan el calzado tradicional, pero concluyen las zapatillas minimalistas se asocian con una menor probabilidad de presentar un pie plano por la mayor altura del ALI.

En cuanto a los flexores del pie, en los artículos de Ridge y cols.¹ y Goldmann y cols.¹⁴ obtuvieron resultados similares, donde los primeros comparan los músculos al caminar con calzado minimalista y realizando ejercicios de fortalecimiento para el pie y muestran la mejora con el calzado minimalista tanto de la musculatura intrínseca como extrínseca con pocas diferencias entre un grupo y otro. El segundo estudio, compara el entrenamiento con calzado minimalista y sin el, donde existe mejoría de los flexores del pie con entrenamiento atlético y calzado minimalista.

Además, según Lin Wei Chen y cols.⁷ aumenta el volumen muscular tanto intrínseco como extrínseco con el uso del calzado minimalista tras 6 meses y se asocia con el uso continuado de estas zapatillas.

Por último, el artículo de Bell y cols.⁶ no ha mostrado diferencias significativas entre calzado minimalista y tradicional acerca de la musculatura intrínseca.

Las principales limitaciones que se han encontrado en los estudios es el tiempo de adaptación al calzado, los diferentes calzados utilizados, aunque minimalistas, con características similares según marca y modelo, pero que podrían influir en los resultados. Otra de las limitaciones, es la dificultad a la hora de medir la fuerza, debido a que los músculos son difíciles de aislar. Además, los músculos analizados en cada estudio no son los mismos y, por último, el bajo número de participantes en la mayoría de los estudios.

Además, la mayoría de los autores reflejan la necesidad de que exista más bibliografía de calidad sobre esta con una prolongación de seguimiento con el calzado y teniendo en cuenta una transición progresiva para prevenir cambios bruscos en la musculatura y la generación de lesiones. También, refieren que se deben realizar más estudios con un número mayor de participantes y la valoración de si el fortalecimiento de la musculatura disminuye las lesiones.

Sin embargo, la mayor parte de los autores reflejan que el calzado minimalista produce

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

cambios en la musculatura del pie.

Finalmente, debido a la escasez de investigaciones sobre el tema, se necesita una exploración más amplia y profunda en este campo con el fin de obtener estudios con mayor duración en cuanto a la transición al calzado minimalista y que cuenten con un mayor número de sujetos, y así, proporcionar mayor evidencia y, por lo tanto, eficacia del calzado minimalista sobre la musculatura del pie para prevenir lesiones tanto en la vida habitual como en el deporte.

9. CONCLUSIÓN

Tras analizar los estudios en los que se basa esta revisión, como conclusión a este estudio, se puede afirmar que el calzado minimalista ocasiona cambios en la musculatura del pie ocasionados por una modificación en la biomecánica y la falta de elementos controladores en las zapatillas frente al calzado convencional o maximalista. Los cambios que se han ocasionado en la musculatura con el calzado minimalista han sido el aumento de tamaño, rigidez y fuerza de la musculatura del pie.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Ridge S.T, Olsen M.T, Bruening A.A, Jurgensmeier K, Griffin D, Davis I.S et al. Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles. *Med. Sci. Sports Exerc* [Internet] 2019; 51(1): 104-113. Available from: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001751>
2. N J Snow 1, F A Basset 2, J Byrne, editor. An Acute Bout of Barefoot Running Alters Lower-limb Muscle Activation for Minimalist Shoe Users. *Int J Sports Med* [Internet] 2016; 5(37): 382-7. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0035-1565140>.
3. Instituto Nacional de Estadística (2015), Encuesta de Hábitos en España 2015.
4. Miller E.E, Whitcome K.K, Lieberman D.E, Norton HL, Dyer R.E. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *J. Sport Health Sci.* [Internet] 2014; 3:74–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.011>
5. Holowka N.B, Wallace I.J, Lieberman D.E. Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs. conventionally-shod populations. *Sci Rep* [Internet]. 2018;8(3679). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21916-7>
6. Bell E, Hibbert J, Domire Z.J. Measurement of intrinsic foot stiffness in minimally and traditionally shod runners using ultrasound elastography: A pilot study. *Journal of Sports Sciences* [Internet]. 2020; Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1746595>
7. Lin Wei Chen T, Sze L.K.Y. Davis I.S, Cheung R.T.H. Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume. *Clinical Biomechanics* [Internet] 2016; 36: 8-13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.05.010>
8. Agresta C, Kessler D, Southern E, Gouler G.C, Zernicke R, Deneweth Zender J. Immediate and short-term adaptations to maximalist and minimalist running shoes. *Footwear Science* [Internet]. 2018; 10:2, 95-107 Available from: <https://doi.org/10.1080/19424280.2018.1460624>
9. Fuller J.T, Thewlis D, Tsiros M.D, Brown N.A, Buckley J.D. The long-term

- effect of minimalist shoes on running performance and injury: design of a randomised controlled trial. *BMJ Open* [Internet] 2015;5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008307>
10. David Moher, Alessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, Douglas G. Altman, and the PRISMA Group, Reprint—Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Physical Therapy* [Internet] 2009; 89(9): 873–80. Available from: <https://doi.org/10.1093/ptj/89.9.873>
 11. Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev Chilena Infectol.* 2014;31(6):705-18.
 12. Becker J, Borgia B. Kinematics and muscle activity when running in partial minimalist, traditional, and maximalist shoes. *J. Electromyogr. Kinesiol* [Internet] 2020; 50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102379>
 13. Franklin S, Li FX, Grey M.J. Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups. *Gait Posture* [Internet] 2018; 60: 1-5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.10.027>
 14. Goldmann J.P, Potthast W, Brüggemann G.P. Athletic training with minimal footwear strengthens toe flexor muscles. *Footwear Sci* [Internet] 2013; 5(1): 19-25. Available from: <https://doi.org/10.1080/19424280.2012.744361>

ANEXOS

Anexo I

| PUBLICACIÓN | TÍTULO | RESUMEN |
|---|---------------------|----------------------------------|
| Kinematics and muscle activity when running in partial minimalist | SI | SI |
| Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volumen | SI | SI |
| Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles | SI | SI |
| Military-type workload and footwear alter lower extremity muscle activity during unilateral Static Balance:Implicatons for Tactical Athletic Footwear design | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Effects of footwear and fatigue on running economy and biomechanics in trail runners | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Adaptations of lumbar biomechanics after four weeks of running training with minimalist footwear and technique guidance: Implications for running-related lower back pain | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups | SI | SI |
| Measurement of intrinsic foot stiffness in minimally and traditionally shod runners using ultrasound elastography: A pilot study | SI | SI |
| Effect of vibram FiveFingers minimalist Shoes on the abductor Hallucis Muscle | SI | SI (SIN ACCESO A TEXTO COMPLETO) |
| Electromyography comparison of the effects of various footwear in the | NO | |

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

| | | |
|--|---------------------|---------------------|
| activity patterns of the peroneus longus and brevis | | |
| Does wearing shoes affect your biomechanical efficiency? | NO | |
| The influence of footwear on the modular organization of running | NO | |
| The long-term effect of minimalist shoes on running performance and injury: design of a randomized controlled trial | SI | NO (TEMA PRINCIPAL) |
| Six-week transition to minimalist shoes improves running economy and time-trial performance | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| An acute bout barefoot running alters lower-limb muscle activation minimalist shoe users | SI | SI |
| Maximalist vs. minimalist shoes: dose-effect response of elastic compression on muscular oscillations | SI | NO (TEMA PRINCIPAL) |
| A simple rehabilitation regime improves functional outcome in patients with patella femoral pain after 12 month | NO | |
| Changes in the plantar flexion torque of the ankle and in the morphological characteristics and mechanical properties of the achilles tendon after 12-week gait retraining | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Biomechanical analysis of the running foot strike in shoes of different mass | SI | NO (TEMA PRINCIPAL) |
| Flip-flops do not alter the neuromuscular function of the gastronemius muscle and tendon during | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Modifying ankle foot orthosis stiffness in patients with calf muscle weakness: Gait responses on group and individual level | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Ankle joint dynamic stiffness in long distance runners: Effect of foot strike and shoes features | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Counseling runner on safely transtioning to minimal shoes | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Electrical signal recording on leg muscle for footwear ergonomic analysis | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Does neuromuscular electrostimulation have the potential to increase intrinsic foot muscle strength? | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Biomechanical implications of walking with indigenous footwear | SI | NO (TEMA PRINCIPAL) |

Efectos del calzado minimalista sobre la musculatura del pie

| | | |
|---|---------------------|-------------------------|
| Use of a temporary supramalleolar orthosis to manage foot pain in a patient with rheumatoid arthritis: A case report | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Six weeks habituation of simulated barefoot running induces neuromuscular adaptations and changes in foot strike patterns in female runners | SI | NO (DATOS IRRELEVANTES) |
| Perforator-based chimaeric thoracodorsal flap for foot reconstruction | NO (TEMA PRINCIPAL) | |
| Influence of footwear on stabilometric dimensions and muscle activity | SI | NO (TEMA PRINCIPAL) |