

CARRERA DESCALZA ¿NATURALMENTE DESCALZOS? ANÁLISIS DESDE LA BIOMECÁNICA

Carlos Esteban-Yáñez (1)
Alejandro Santos-Lozano (2)
Juan Martín-Hernández (3)
Lorenzo A. Justo-Cousiño (4)

(1) Graduado en Fisioterapia. Máster en Fisioterapia Manual y Osteopatía.

(2) Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Grupo de investigación i+HeALTH, Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid, España).

(3) Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Grupo de investigación i+HeALTH, Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid, España).

(4) Fisioterapeuta, Doctor en Neurociencia. Profesor en el Grado en Fisioterapia de la Universidad de Vigo. Grupo de investigación i+HeALTH, Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid, España).

Persona de contacto:

Dr. Lorenzo Antonio Justo Cousiño. Universidad de Vigo. Facultad de Fisioterapia.
Campus A Xunqueira s/n, 36005 Pontevedra. España. Teléfono: +34 986 801 750.
lorenzo.antonio.justo@gmail.com; lorenzo.justo@uvigo.es

Recibido: 12/12/2020

Aceptado: 15/12/2020

RESUMEN

La carrera descalza ha aumentado en popularidad en los últimos años, aunque no hay pruebas suficientes sobre las posibles ventajas y desventajas de esta modalidad de running. Se realizó una revisión bibliográfica a partir de búsquedas en cuatro bases de datos (Scopus, Web of Science, Pubmed y PEDro) utilizando términos relacionados con correr descalzo, biomecánica y actividad muscular. La carrera descalza puede modificar parámetros biomecánicos de la carrera en comparación con la carrera calzada, siendo el tipo de pisada el factor más destacable. No se puede extrapolar una implicación clínica directa de los beneficios de la carrera descalza.

Palabras clave: carrera descalza; cinética; cinemática; electromiografía.

BAREFOOT RUNNING. NATURALLY BAREFOOT? ANALYSIS FROM BIOMECHANICS

ABSTRACT

Barefoot running has increased in popularity in recent years, although there is insufficient evidence on the possible advantages and disadvantages of this type of running. A bibliographic review was carried out from searches in four databases (Scopus, Web of Science, Pubmed and PEDro) using terms related to barefoot running, biomechanics and muscular activity. Barefoot running can modify biomechanical parameters of the race compared to running on roads, the type of footprint being the most notable factor. A direct clinical implication of the benefits of barefoot running cannot be extrapolated.

Keywords: barefoot running; kinetic; kinematic; electromyography.

CONCEPTO DE CARRERA DESCALZA O BAREFOOT RUNNING

Correr es una forma natural de locomoción que paulatinamente se convirtió en un deporte recreacional. Actualmente, la práctica del *running* o correr es una de las formas más comunes de realizar actividad física (1-3). Por esta razón, se estima que es el deporte con mayor auge en todo el mundo y es considerado una de las actividades recreacionales más relevantes (4,5). El Centro de Investigaciones Sociológicas, bajo el patrocinio del Consejo Superior de Deportes de España, indica que se ha producido un incremento en la práctica de la carrera a pie en los últimos años, pasando de un 3,8% de corredores en el año 2000 a un 5,1% en el año 2010 (6).

A pesar de los múltiples beneficios a los que se ha asociado, correr no está exento de lesiones, ya que la incidencia anual de lesiones en corredores se estima en el 51% (7). Además, se calcula que hasta el 36% de los corredores podrían presentar una lesión relacionada con la carrera a lo largo de su trayectoria deportiva (8). Las lesiones en los corredores son de carácter multifactorial, resultado de una combinación de variables personales, alteraciones biomecánicas, volumen de carga en el entrenamiento e historial de lesiones previas (9).

Las principales lesiones musculoesqueléticas que se describen en los corredores son el síndrome de dolor patelofemoral, el síndrome de estrés medial de la tibia, la fascitis plantar y la tendinopatía aquilea (10-12).

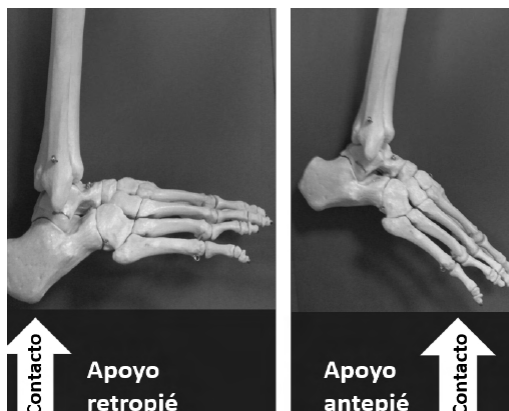


Imagen 1: tipos de aterrizaje durante la práctica de running.

La carrera descalza o *barefoot running* se caracteriza por la ausencia de protección externa en el pie (sin calzado) y una amortiguación mínima en el impacto contra el suelo, siendo su principal diferencia con la carrera amortiguada la parte del pie que primero contacta con el suelo. Los corredores descalzos aterrizan principalmente con el antepié antes de descender el talón, pero a veces aterrizan con el mediopié (imagen 1). Por el contrario, los corre-

dores calzados, en su mayoría, aterrizan con el retropié debido a una mayor elevación del talón durante la carrera y al acolchado que presenta el calzado moderno (13).

Existe un profuso debate sobre la carrera descalza que podemos describir en dos enfoques claramente polarizados. Por un lado, destaca la vertiente evolucionista que considera que el cuerpo humano podría utilizar una biomecánica menos dañina corriendo descalzo porque es una forma más natural e innata al ser humano. En contraposición, existe una filosofía que considera la vertiente evolucionista como una 'falacia natural' haciendo alusión a que los corredores que utilizan calzado acolchado presentan menor incidencia lesional (14).

La evidencia científica actual no permite determinar los beneficios de la carrera descalza, basándose su indicación en estudios aislados y datos empíricos (15). Los datos de que disponemos en la actualidad sobre la carrera descalza son limitados: no existe evidencia suficiente sobre el efecto de la incidencia lesional (16-18), activación muscular (19-21), los estudios biomecánicos son incongruentes (22,23) y se desconoce si mejoran parámetros de rendimiento deportivo (24).

Además, como se ha indicado previamente, la carrera con calzado y la carrera descalza implican diferentes tipos de pisada/aterrizaje y no se ha determinado la repercusión relativa de la propia pisada o de la condición calzado/descalzo.

Por ello, el objetivo de este trabajo consiste en analizar la influencia de la carrera descalza en comparación con la carrera calzada sobre diferentes variables biomecánicas y determinar la posible influencia de los diferentes tipos de pisada. Esto permitirá establecer una guía práctica basada en la evidencia sobre la carrera descalza para los profesionales sanitarios y corredores.

Para ello se realizará una revisión narrativa donde se analicen estudios que comparan ambos tipos de carrera en relación a variables espacio-temporales, cinemáticas, cinéticas y la activación muscular.

Para la obtención de estudios se realizaron búsquedas en cuatro bases de datos electrónicas (Scopus, Web of Science, Pubmed y PEDro), utilizando términos relacionados con la carrera descalza, la biomecánica y la actividad muscular.

Beneficios de la carrera descalza

La carrera descalza siempre ha generado gran controversia acerca de los posibles riesgos y beneficios, así como sus efectos a corto o largo plazo. Mientras ciertos autores advierten sobre los peligros en la transición de correr con calzado a hacerlo sin ninguna protección externa, otros defienden este tipo de carrera por ser una forma más natural de correr (3).

Lieberman *et al.* apoyan las adaptaciones evolutivas que han optimizado la biomecánica de la carrera descalza y defienden que tal estilo de carrera minimizaría los picos de fuerza de impacto, aumentaría la resistencia del arco y musculatura del pie, mejoraría la propiocepción y, en definitiva, ayudaría a prevenir lesiones (13).

Investigaciones previas indican que, incluso en superficies duras, los corredores descalzos con apoyo de antepié generan fuerzas de impacto tres veces menores a nivel articular (13), se produce una disminución de la intensidad en la actividad muscular excepto en los gastrocnemios (25) y la fuerza de absorción del impacto que debe realizar la rodilla es significativamente menor que los de apoyo con el talón o retropié (26). Debido a las diferencias biomecánicas que implica la carrera descalza con respecto a la calzada, se considera que la carrera descalza podría disminuir factores de riesgo lesionales en corredores (13,27-29).

Esto ha provocado que la carrera descalza haya ganado una gran popularidad entre los corredores y surjan numerosos defensores de esta técnica frente a la carrera con zapato moderno (imagen 2). Aunque en los últimos años se ha incrementado esta modalidad de carrera, ya era utilizada previamente como método de entrenamiento para trabajar la muscularidad intrínseca y extrínseca del pie (30), de ahí la importancia de su estudio. Además, fabricantes de zapatillas deportivas han introducido en el mercado el calzado minimalista que consiste en calzado que imita caminar descalzado con protección cutánea (31).

Asimismo, se ha asociado a caminar descalzo con una menor incidencia de procesos degenerativos articulares y posible mejoría de movilidad en población geriátrica (31).



Imagen 2: carrera con calzado minimalista y aterrizaje de antepié.

Por otra parte, no se pueden obviar los beneficios asociados a la utilización del calzado durante la carrera. Las diferentes características del calzado también podrían mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones: una entresuela más gruesa favorece la absorción de impactos, una entresuela más suave puede reducir la tasa de carga, la rigidez del calzado se asocia a un rango óptimo de carrera y mejor rendimiento, el calzado minimalista se asocia a una mejor economía de carrera (31). Al igual que en la carrera descalza, no existe evidencia sólida de que el calzado pueda prevenir lesiones deportivas (32).

Análisis biomecánico de la carrera descalza

Las variables estudiadas fueron: espacio-temporales, cinéticas, cinemáticas y activación muscular. En las diferentes variables se ha analizado la diferencia entre la carrera calzada y la carrera descalza, así como la diferencia entre los tipos de pisada. Esto permitirá diferenciar si el efecto lo provoca la condición de calzado o el tipo de pisada.

Variables espacio-temporales

En cuanto a la velocidad de la carrera, no se aprecian diferencias entre los distintos tipos de pisada en ambas condiciones de carrera (22,33-35).

En el caso de la cadencia, es mayor cuando se realiza una pisada con retropié y antepié en los casos de carrera descalza. En el resto de pisadas no se observan cambios significativos entre las diferentes condiciones de carrera (36).

Independientemente del tipo de pisada, en todos los estudios analizados la longitud de zancada es menor en condiciones descalzas que con calzado (34,35).

El tiempo de contacto en la fase de apoyo es menor cuando se realiza una pisada de antepié frente a una pisada de mediopié y de retropié, en ambas condiciones de carrera (20,23,36).

La duración de la fase de oscilación es menor en la carrera descalza con respecto a la calzada cuando se realiza el apoyo en el antepié, en el resto de casos no se observan diferencias significativas entre ambas condiciones de carrera (36).

Variables cinéticas

La tasa de carga de la fuerza de reacción del suelo es mayor en el retropié en la carrera descalza con respecto a la calzada (22,34,35). Sin embargo, en la carrera descalza con apoyo en el antepié se observa una disminución con respecto a la calzada (22). La fuerza medio-lateral de la fuerza de reacción del suelo se puede apreciar que es mayor cuando se realiza una pisada con retropié en los casos de carrera calzada (34,35). La fuerza antero-posterior no presenta diferencias significativas entre el tipo de carrera ni el grupo de pisada (35).

El impacto máximo es menor en la carrera descalza de medio/antepié respecto a la carrera calzada de retropié (34,35). Además, en el grupo de retropié es menor descalzo que calzado (34). Asimismo, dentro de la carrera descalza es menor de antepié que de retropié (35).

Los picos de presión plantar en el primer y segundo metatarsiano en la carrera descalza son mayores en el grupo de solo antepié y mediopié respecto de retropié (23). En cambio, en el calcáneo fue mayor en el grupo de retropié respecto al grupo de mediopié, y de mediopié mayor que de antepié (23).

El impacto tibial es mayor en condiciones descalza que con calzado y, respecto al grupo de pisada, es mayor con antepié que con retropié en ambas condiciones de carrera (20).

La absorción de energía del tobillo en la carrera descalza es mayor significativamente respecto a la carrera calzada tanto en la pisada de mediopié como de antepié, sin embargo, el grupo de retropié no presenta cambios significativos. La absorción de energía de la rodilla es menor en la carrera descalza respecto a la calzada en todos los grupos de pisada, siendo menor la absorción de mediopié, luego de antepié y, por último, de retropié (22).

En el momento de fuerza del tobillo se observa que en la carrera descalza el torque plantiflexor fue mayor y aparecía precozmente en pisada de solo antepié con respecto al resto de pisadas (23).

Dentro de la carrera descalza, el mayor impulso es registrado en el primer y segundo metatarsiano, siendo significativamente mayor en el grupo de pisada de sólo antepié respecto de retropié (23)

La rigidez de las extremidades inferiores (*stiffness*) no muestra diferencias significativas entre los distintos tipos de carrera o el grupo de pisada (36).

Variables cinemáticas

En el aterrizaje el ROM del tobillo presenta disminución de flexión dorsal en la carrera descalza respecto a la calzada (22,34,35). Respecto al tipo de pisada es menor la flexión dorsal en los corredores de antepié y mediopié que de

retropié (22,23), siendo el aterrizaje de retropié en flexión dorsal (23). Además, en el aterrizaje el tobillo tiene menos inversión en la carrera descalza (33). La flexión de rodilla en el aterrizaje es mayor en la carrera descalza (20) y, respecto al grupo de pisada, la flexión de rodilla es mayor en el grupo de antepié que de retropié en ambos tipos de carrera (34). La rotación interna de rodilla en el aterrizaje es mayor en el grupo de medio/antepié respecto de retropié (34). En el aterrizaje el ROM de la cadera según Thompson *et al.* (34,35) no existen diferencias significativas, sin embargo, según Shih *et al.* (36) la flexión de la cadera es mayor de retropié que de antepié en ambas condiciones de carrera.

En la fase de apoyo, el ROM del tobillo es mayor en la carrera descalza de antepié y de retropié respecto a la calzada, pero no en el grupo de mediopié. En la rodilla el ROM en la fase de apoyo es menor en la carrera descalza que la calzada con apoyo de antepié. En la cadera, el ROM en la fase de apoyo es mayor de retropié que de antepié en ambos tipos de carrera (35,36).

En la carrera descalza de medio/antepié el centro de presión plantar está localizado más anterior en el contacto inicial y primer 20% de la estancia respecto a la carrera calzada de retropié, también más medial, pero a partir del 20% de la estancia. Sin embargo, no hay diferencias significativas en el desplazamiento medio-lateral (33).

La distancia entre el punto de aterrizaje del pie y la proyección vertical del centro de masas es mayor en los corredores de antepié que de retropié en ambos tipos de carrera. El desplazamiento lateral es mayor en la carrera calzada y, en el desplazamiento vertical, no hay diferencias significativas (36).

Actividad muscular y EMG

Tanto en la fase de preactivación como en la fase de apoyo, la actividad muscular de los gastrocnemios es mayor en el grupo de antepié que de retropié y la activación del tibial anterior fue mayor en el grupo de retropié que de antepié en ambas condiciones de carrera. La preactiva-

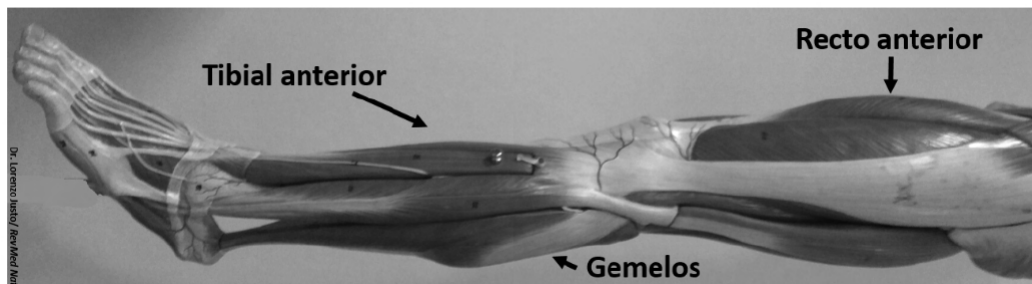


Imagen 3: musculatura de miembro inferior.

ción del recto anterior es mayor en la carrera descalza que calzada en todos los tipos de pisada y mayor de antepié que de retropié, sin diferencias significativas en la fase de apoyo. La activación en la fase de apoyo del bíceps femoral fue mayor en la carrera calzada que descalza en todos los tipos de pisada y mayor de antepié que de retropié, sin diferencias significativas en la preactivación (20,36). En la imagen 3 se expone una imagen anatómica de la musculatura descrita previamente.

Según los resultados anteriores, la condición de carrera y/o el tipo de pisada influyen en las variables biomecánicas analizadas y en la tabla 1 se detalla la influencia de cada una de ellas. Se ha considerado como respuesta positiva (SÍ) cuando al menos en alguno de los estudios existen diferencias en el tipo de carrera y/o en el tipo de pisada. Y se ha considerado como respuesta negativa (NO) cuando en ninguno de los estudios no existen diferencias en el tipo de carrera y/o en el tipo de pisada.

Abreviatura y símbolos: ROM (Rango de movimiento), Desplz. (Desplazamiento). ND: no disponible (solo se dispone de estudios en carrera descalza). * Solo información disponible para carrera descalza.

DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO

En cuanto al análisis biomecánico, los principales resultados de este trabajo mostraron que la rodilla debe absorber menor energía en la carrera descalza y, por el contrario, el tobillo absorbe mayor energía en la carrera descalza de medio y antepié. Los ángulos del tobillo al aterrizar de antepié son de flexión plantar en comparación con la dorsiflexión en la pisada de retropié. Los gastrocnemios sufren una mayor actividad muscular en el grupo de antepié y de mediopié, y el tibial anterior sufre una mayor actividad en el grupo de retropié. Además, la cadencia se incrementa en la carrera descalza.

En todos los estudios analizados existe homogeneidad respecto al efecto sobre la variable velocidad, observándose que tanto el calzado como el tipo de pisada no influyen en la velocidad de carrera. Sin embargo, la longitud de zancada fue significativamente menor en la carrera descalza, pero se compensa con un aumento de la cadencia, lo que da lugar a una disminución en la fase de apoyo y de oscilación. Acorde a estudios previos se puede considerar que el aumento de cadencia puede ser una estrategia eficaz para reducir las cargas a las que se

Tabla 1: resumen de la influencia del tipo carrera y pisada sobre las variables analizadas.

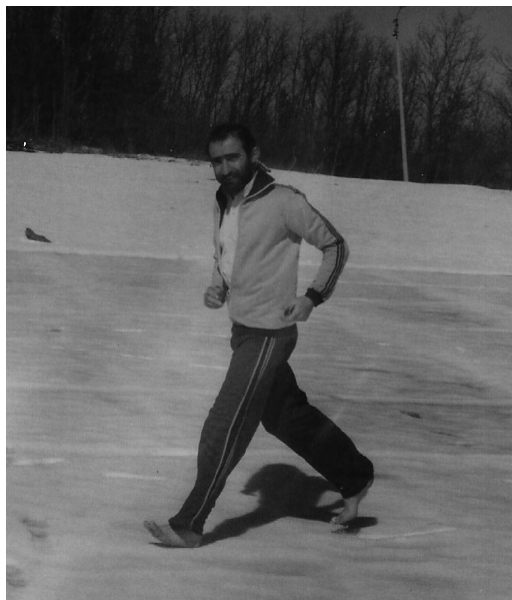
Variables Espacio-Temporales	Influencia tipo carrera	Influencia tipo pisada
Velocidad	NO	NO
Cadencia	SÍ	SÍ
Longitud Zancada	SÍ	NO
Fase apoyo	NO	SÍ
Fase oscilación	SÍ	NO
Variables Cinéticas	Influencia tipo carrera	Influencia tipo pisada
Fuerza reacción suelo		
• Tasa carga:	SÍ	SÍ
• Fuerza medio-lateral:	SÍ	SÍ
• Fuerza antero-posterior:	NO	NO
Impacto	SÍ	SI
Picos presión plantar	ND	SI*
Impacto tibial		
• Máx. y medio:	SÍ	SÍ
Absorción energía		
• Tobillo:	SÍ	SÍ
• Rodilla:	SÍ	SÍ
Momento fuerza tobillo	ND	SÍ*
Impulso	ND	SÍ*
Rigidez miembros inferiores	NO	NO

Variables Cinemáticas	Influencia tipo carrera	Influencia tipo pisada
ROM tobillo		
• Aterrizaje (Flexión Dorsal):	SÍ	SÍ
(Inversión):	SÍ	NO
• Fase apoyo:	SÍ	SÍ
ROM rodilla		
• Aterrizaje (Flexión):	SÍ	SÍ
(Rotación interna):	NO	SÍ
• Fase apoyo:	SÍ	SÍ
ROM cadera		
• Aterrizaje (Flexión):	NO	SÍ
• Fase apoyo:	NO	SÍ
Centro presión plantar	ND	SÍ*
Centro masas		
• Aterrizaje:	NO	SÍ
• Desplz. vertical:	NO	NO
• Desplz. lateral:	SÍ	NO
Actividad muscular y EMG	Influencia tipo carrera	Influencia tipo pisada
Preactivación		
• Gastrocnemios:	NO	SÍ
• Tibial anterior:	NO	SÍ
• Recto anterior:	SÍ	SÍ
Fase apoyo		
• Gastrocnemios:	NO	SÍ
• Tibial anterior:	NO	SÍ
• Bíceps femoral:	SÍ	SÍ

somete a la rodilla y podría ser útil en la modulación de factores biomecánicos que pueden contribuir al dolor patelofemoral (37).

El impacto y la tasa de carga que sufre el cuerpo durante la carrera deben ser distribuidas por los mecanismos de absorción que posee intrínsecamente el cuerpo contra este daño potencial, mediante absorción activa (con la alineación articular y las fuerzas musculares) o pasiva (a través de la almohadilla del talón, líquido sinovial, hueso y cartilago articular) (38). Los estudios muestran que durante la carrera calzada la rodilla absorbe más carga que el tobillo en todas las condiciones de pisada. Sin embargo, en la descalza con apoyo en mediopié y antepié esta absorción se invierte y el tobillo pasa a ser la articulación que más carga absorbe, a favor de la rodilla que absorbe menos energía. Puesto que en la carrera descalza la fuerza de impacto y la tasa de carga son menores respecto a la calzada y con pisada de antepié es menor que de retropié, la rodilla es la más beneficiada en esta condición y de este tipo de pisada.

En cambio, el impacto tibial es mayor en la carrera descalza de antepié, relacionándose las tasas de impacto altas con la aparición de lesiones asociadas a la carrera como la fractura por estrés tibial y la periostalgia tibial (39,40), por lo que es necesario profundizar en esta temática, ya que solo un estudio mostró esta información. Igualmente, existen discrepancias en la literatura ya que según Williams *et al.* (26), el tipo de pisada de antepié reduce el impacto tibial en la carrera descalza, y, según Olinet *et al.* (20), el tiempo de impacto tibial fue significativamente menor en este modalidad de carrera. Además, se ha observado



que ciertos tipos de cuñas de talón pueden incrementar el estrés tibial (41).

El impulso y el pico de presión plantar son mayores en el primer y segundo metatarsiano en la carrera descalza de antepié, pudiendo estar asociado a fracturas por estrés cuando la transición desde la carrera calzada se hace rápidamente (16). Asimismo, el calzado actual presenta refuerzo en la entresuela de esta región para disminuir el impacto (41).

Cuando se interpreta el estrés óseo durante la carrera descalza estudios recientes enfatizan en considerar las características geométricas específicas de cada sujeto, ya que indican que la carga externa no necesariamente es representativa de la carga interna (42).

Los datos observados en este trabajo indican que la biomecánica de la extremidad inferior puede estar influenciada tanto por el tipo de pisada como por las condiciones de carrera descalza y calzada. Existieron diferencias significativas en el ROM del tobillo y la rodilla en ambas condiciones de carrera, pero no hubo homogeneidad en la literatura sobre la cadera. Los ángulos del tobillo al aterrizar de antepié son de flexión plantar en comparación con la dorsiflexión en la pisada de retropié. En la carrera de antepié, el pie aterriza primero con una postura de flexión plantar seguido por un movimiento de dorsiflexión que es controlado por la contracción excéntrica de los músculos de la pierna, sirviendo de amortiguación para los corredores y siendo mayor este ROM en la condición descalza. Los ángulos de la rodilla al aterrizar de antepié son mayores en flexión tanto en descalzo como en calzado, además el ángulo de rodilla más flexionado en el contacto inicial proporciona un mayor efecto de amortiguación. Todo ello es debido a que si el tobillo se encuentra en una mayor flexión plantar en el contacto inicial, la rodilla estará más flexionada para establecer la posición de golpeo más cerca de la proyección del centro de masas (26).

Para los corredores habitualmente calzados, el mayor desafío en el cambio a la pisada de antepié puede ser la actividad creciente de los gastrocnemios durante la fase de apoyo. Basado en señales electromiográficas (20,36,43), los gastrocnemios muestran una actividad significativamente mayor en aterrizaje de antepié que de retropié tanto en fases de preactivación como de apoyo. En estudios recientes se ha observado que la carrera descalza incrementa la activación del tríceps sural, lo que lleva asociado mayor percepción de dolor muscular postesfuerzo (44). Asimismo, es necesario considerar que un gran número de estudios utilizan participantes sin experiencia previa en la carrera descalza, cuando las adaptaciones de la carrera descalza requieren un periodo de entrenamiento de 8 semanas (45).

Una limitación relevante observada en este trabajo es que los estudios sobre carrera descalza presentan una calidad metodológica baja, por lo que no se puede aconsejar

ni desaprobamos categóricamente dicha práctica deportiva (46). Sujetos no habituados a caminar descalzos se exponen a mayor riesgo de dolor en la región gemelar, tendinopatía aquilea o afectación de la fascia plantar (31). Futuros estudios deberían analizar la actividad muscular del sóleo, ya que es el músculo que mayor actividad excéntrica sufre en la fase de apoyo del tobillo al estar flexionada la rodilla. Además, es necesario considerar los resultados con cautela porque todos los sujetos no tenían experiencia en la carrera descalza, por lo que los datos pueden variar en personas bien entrenadas en esta condición de carrera. Igualmente, los estudios deberían realizar un seguimiento a largo plazo. Como se ha indicado previamente, sería interesante evaluar la carrera en expertos en ambas modalidades; lo cual se ha observado limitado en la literatura.

Tamen resultaría interesante realizar más estudios analizando el tipo de pisada, ya que en la búsqueda bibliográfica se ha observado que se comparan las dos modalidades de carrera sin tenerlo en cuenta.

Considerando la literatura se ha observado que existe influencia de la modalidad de carrera y del tipo de pisada. Sin embargo, en ninguno de los estudios se explican las diferencias observadas en la misma pisada en ambas condiciones de carrera. Esto plantea la siguiente cuestión: ¿Por qué en una pisada de antepié los resultados son más positivos en la carrera descalza? Es posible que, si los corredores no practican habitualmente la carrera descalza o de antepié, no puedan cambiar el ángulo de la rodilla lo que resulta en una pisada más adelantada a la proyección del centro de masas. Cambiando la posición de pisada en relación con el centro de masas independiente del tipo de pisada, puede ayudar a aclarar si el tipo de pisada o la posición de esta es el factor más importante en los cambios de las variables biomecánicas (26). Publicaciones actuales plantean que la actividad muscular no requiere grandes adaptaciones cuando el patrón de carrera es similar entre la condición descalza y calzada, en cambio si el patrón de carrera es diferente se requieren mayores adaptaciones en la activación muscular (47). Este aspecto refuerza la hipótesis de que podría resultar más relevante el patrón de carrera que la propia condición de calzado o descalzo. Es necesario determinar de forma específica la influencia de la variable calzado/descalzo dentro de la misma pisada, ya que en gran parte de la literatura se ha considerado que el efecto del tipo carrera deriva únicamente del tipo de pisada.

Por estas razones, a menudo se recomienda que los corredores con dolor de rodilla o patología adopten un patrón de mediopié o antepié. Sin embargo, actualmente no se sabe si la ejecución de la carrera descalza cambia los factores biomecánicos de la extremidad inferior de manera diferente a la adopción de un patrón de pisada de antepié con calzado.



CONCLUSIÓN

La carrera descalza es una temática de interés en ámbito deportivo y científico, sin embargo, la calidad metodológica en la literatura sobre la biomecánica es baja. Son necesarios más estudios que permitan evidenciar el efecto del tipo de carrera.

La carrera descalza puede modificar parámetros biomecánicos de la carrera en comparación con la carrera calzada; siendo los más destacables: mayor cadencia en la carrera, mayor estrés mecánico en el tobillo, menor carga en la rodilla, diferente ROM del tobillo en la fase de apoyo y mayor actividad muscular de los gastrocnemios.

Posiblemente, el factor más relevante en las modificaciones biomecánicas que se observan en la carrera descalza sea el tipo de pisada, que se realiza normalmente con antepié.

Atendiendo a la biomecánica no se puede extraer una implicación clínica directa de los beneficios de la carrera descalza, aunque considerando las implicaciones biomecánicas podría favorecer a corredores con lesiones en la rodilla.

Futuras investigaciones deben determinar las asociaciones entre las variables biomecánicas y las lesiones en los corredores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tenforde AS, Fredericson M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R*. 2011/09/29. 2011;3(9):861-7.

2. Boullousa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, Gomes da Rosa R, Del Coso J. Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners. *Sports*. 2020;8(3):35.
3. Carpentier M, Perpiñá Martínez S, De Man A, Pierrakos C, Isenborgh S, De Bels D, et al. Barefoot running: Between fashion and real way to prevent joint osteo lesions? *J Transl Intern Med*. 2020;8(3):188-94.
4. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;337:a2469.
5. Van Middelkoop M, Kolkman J, Van Ochten J, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. *Scand J Med Sci Sport*. 2008;18(6):691-7.
6. Tejero-González, C. M. (2015). El número de corredores a pie se incrementó en España durante la primera década del siglo XXI. *Apunts. Educació Física i Esports*, (120), 73.
7. Macera CA, Pate RR, Powell KE, Jackson KL, Kendrick JS, Craven TE. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Intern Med*. 1989;149(11):2565-8.
8. Spiker AM, Johnson KB, Cosgarea AJ, Ficke JR. A Primer on Running for the Orthopaedic Surgeon. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(12):481-90.
9. Benca E, Listabarth S, Flock FKJ, Pablik E, Fischer C, Walzer SM, et al. Analysis of Running-Related Injuries: The Vienna Study. *J Clin Med*. 2020;9(2):438.
10. Lopes AD, Hespanhol Junior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. *Sport Med*. 2012;42(10):891-905.
11. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sport Med*. 2002;36(2):95-101.
12. Hsu CL, Yang CH, Wang JH, Liang CC. Common running musculoskeletal injuries and associated factors among recreational gorge marathon runners: An investigation from 2013 to 2018 taroko gorge marathons. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):1-13.
13. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010;463(7280):531-5.
14. Francis P, Schofield G. From barefoot hunter gathering to shod pavement pounding. Where to from here? A narrative review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020;6(1).
15. Payne C. Carrera descalza y minimalista, una comprensión actual de la evidencia. *Rev Española Podol*. 2016;27(1):33-5.
16. Murphy K, Curry EJ, Matzkin EG. Barefoot running: does it prevent injuries? *Sport Med*. 2013;43(11):1131-8.
17. Rixe JA, Gallo RA, Silvis ML. The barefoot debate: can minimalist shoes reduce running-related injuries? *Curr Sport Med Rep*. 2012;11(3):160-5.
18. Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. *Curr Sport Med Rep*. 2010;9(3):176-82.
19. Cronin NJ, Finni T. Treadmill versus overground and barefoot versus shod comparisons of triceps surae fascicle behaviour in human walking and running. *Gait Posture*. 2013;38(3):528-33.
20. Olin ED, Gutierrez GM. EMG and tibial shock upon the first attempt at barefoot running. *Hum Mov Sci*. 2013;32(2):343-52.
21. Yong JR, Silder A, Delp SL. Differences in muscle activity between natural forefoot and rearfoot strikers during running. *J Biomech*. 2014;47(15):3593-7.
22. Hashish R, Samarawickrame SD, Powers CM, Salem GJ. Lower limb dynamics vary in shod runners who acutely transition to barefoot running. *J Biomech*. 2016;49(2):284-8.
23. Nunns M, House C, Fallowfield J, Allsopp A, Dixon S. Biomechanical characteristics of barefoot footstrike modalities. *J Biomech*. 2013;46(15):2603-10.
24. Cheung RT, Ngai SP. Effects of footwear on running economy in distance runners: A meta-analytical review. *J Sci Med Sport*. 2016;19(3):260-6.
25. Azevedo AP, Mezenzio B, Amadio AC, Serrao JC. 16 Weeks of Progressive Barefoot Running Training Changes Impact Force and Muscle Activation in Habitual Shod Runners. *PLoS One*. 2016/12/03. 2016;11(12):e0167234.
26. Williams 3rd DS, Green DH, Wurzinger B. Changes in lower extremity movement and power absorption during forefoot striking and barefoot running. *Int J Sport Phys Ther*. 2012;7(5):525-32.
27. Altman AR, Davis IS. Prospective comparison of running injuries between shod and barefoot runners. *Br J Sport Med*. 2016;50(8):476-80.
28. Hamill J, Russell EM, Gruber AH, Miller R. Impact characteristics in shod and barefoot running. *Footwear Sci*. 2011;3(1):33-40.
29. Tam N, Astephen Wilson JL, Noakes TD, Tucker R. Barefoot running: an evaluation of current hypothesis, future research and clinical applications. *Br J Sport Med*. 2014;48(5):349-55.
30. Squadrone R, Gallozzi C. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009;49(1):6-13.
31. Saz-Peiró P. Andar descalzo para recuperar la salud. *Med Natur*. 2018;12(1):23-8.
32. Sun X, Lam WK, Zhang X, Wang J, Fu W. Systematic Review of the Role of Footwear Constructions in Running Biomechanics: Implications for Running-Related Injury and Performance. *J Sport Sci Med*. 2020;19(1):20-37.

33. Theisen D, Malisoux L, Gette P, Nührenbörger C, Urhausen A. Footwear and running-related injuries-Running on faith? *Sport Orthop Traumatol Sport*. 2016;32(2):169-76.
34. Becker J, Pisciotta E, James S, Osternig LR, Chou LS. Center of pressure trajectory differences between shod and barefoot running. *Gait Posture*. 2014;40(4):504-9.
35. Thompson MA, Lee SS, Seegmiller J, McGowan CP. Kinematic and kinetic comparison of barefoot and shod running in mid/forefoot and rearfoot strike runners. *Gait Posture*. 2015;41(4):957-9.
36. Thompson M, Seegmiller J, McGowan CP. Impact Accelerations of Barefoot and Shod Running. *Int J Sport Med*. 2016;37(5):364-8.
37. Shih Y, Lin KL, Shiang TY. Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? *Gait Posture*. 2013;38(3):490-4.
38. Lenhart RL, Thelen DG, Wille CM, Chumanov ES, Heiderscheit BC. Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Med Sci Sport Exerc*. 2014;46(3):557-64.
39. Ly QH, Alaoui A, Erlicher S, Baly L. Towards a footwear design tool: influence of shoe midsole properties and ground stiffness on the impact force during running. *J Biomech*. 2010;43(2):310-7.
40. Milgrom C, Finestone A, Segev S, Olin C, Arndt T, Ekenman I. Are overground or treadmill runners more likely to sustain tibial stress fracture? *Br J Sport Med*. 2003;37(2):160-3.
41. Fredericson M, Bergman AG, Hoffman KL, Dillingham MS. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sport Med*. 1995;23(4):472-81.
42. Fernández-Villarejo M, Gijón-Nogueron G. Factores del calzado deportivo de carrera que influyen en la práctica deportiva: revisión sistemática. *Arch Med Deport*. 2014;105-10.
43. Ellison MA, Kenny M, Fulford J, Javadi A, Rice HM. Incorporating subject-specific geometry to compare metatarsal stress during running with different foot strike patterns. *J Biomech*. 2020;105:109792.
44. Sinclair J, Atkins S, Richards J, Vincent H. Modelling of Muscle Force Distributions During Barefoot and Shod Running. *J Hum Kinet*. 2015;47:9-17.
45. da Silva CC, Machado AS, Dos Santos GR, Schmidt HL, Kunzler MR, Carpes FP. Acute responses to barefoot 5 km treadmill running involve changes in landing kinematics and delayed onset muscle soreness. *Gait Posture*. 2020;77:231-5.
46. Sánchez-Ramírez C, Alegre LM. Plantar support adaptations in healthy subjects after eight weeks of barefoot running training. *PeerJ*. 2020;8:e8862.
47. Hall JP, Barton C, Jones PR, Morrissey D. The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sport Med*. 2013;43(12):1335-53.
48. Hoitz F, Vienneau J, Nigg BM. Influence of running shoes on muscle activity. *PLoS One*. 2020;15(10):e0239852.