

***BAREFOOT RUNNING* O CARRERA DESCALZO.**

UNA APROXIMACIÓN DESDE LAS EVIDENCIAS CIENTÍFICAS.



MARIO GARRIDO PÉREZ

Tutor: José Luis López Elvira

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Curso 2019/2020

Índice

- Contextualización.....	3
- Procedimiento de revisión.....	3
- Revisión bibliográfica.....	4
- Discusión.....	9
- Propuesta de intervención	10
- Bibliografía.....	11
- Anexos.....	13



Contextualización:

En los últimos tiempos la popularidad de correr descalzo o en zapatillas minimalistas ha crecido debido a su supuesta relación con la prevención de lesiones, mejora energética y mejora del rendimiento en la carrera, aunque aún se tienen que definir mejor cuáles son los riesgos y los beneficios de esta práctica.

A día de hoy, la motivación que lleva a las personas a correr es diversa, algunas personas corren como actividad recreativa, otras lo hacen por cuestiones de salud, bien para mantener o para mejorar la salud cardiovascular o la composición corporal. Es importante tener en cuenta que a medida que se ha incrementado el número de corredores también ha aumentado el número de lesiones relacionadas con la carrera. Si bien esto puede deberse a una simple cuestión estadística, hay otros factores que intervienen; por ejemplo, se ha barajado la hipótesis de que las zapatillas modernas podrían tener un impacto negativo en la función del pie a pesar del acolchado que incorporan.

Uno de los argumentos que enarbolan los defensores de la carrera descalza es que esta resulta más natural para nosotros por ser la más ejercida por el ser humano a lo largo de su historia, por tanto, practicarla redundaría en mayores beneficios para la salud y mejor prevención de lesiones. No obstante, aunque nuestra anatomía no ha cambiado, sí lo ha hecho el contexto en que desarrollamos la actividad de correr, lo que exigiría alguna adaptación. Es aquí donde entran las zapatillas minimalistas, respondiendo a la necesidad de estos consumidores de imitar la carrera descalza y, a la vez, proteger el pie frente a superficies potencialmente lesivas como el asfalto.

El objetivo de este trabajo es determinar el nivel de evidencia científica actual en relación a los posibles riesgos o beneficios que tiene correr descalzo o en zapatillas minimalistas. Para ello, procederemos a realizar una clasificación en cuatro categorías, teniendo en cuenta las repercusiones a distintos niveles, entre los que cabe destacar el cinético, el cinemático, el energético y por último, a nivel de activación muscular.

En este breve trabajo nos hemos propuesto indagar acerca del nivel de evidencia científica de los estudios publicados hasta la fecha respecto a los posibles beneficios o perjuicios de la carrera descalza respecto de la carrera convencional o calzada, contemplando factores tan distantes como los referentes a lesiones, efectos psicológicos, propiedades biomecánicas o rendimiento. Para ello, tendremos en cuenta no solo la forma de aplicar el método científico del estudio en cuestión, sino también el contraste entre unos estudios y otros, buscando explicación a las posibles divergencias entre ellos y teniendo en cuenta la posibilidad de intereses comerciales detrás de algunos de los resultados (parcialidad). Pretendemos que el resultado sea lo suficientemente esclarecedor y actualizado.

Procedimiento de revisión:

Los artículos que utilizaremos para este trabajo han sido sacados de la base de datos o buscador PubMed; la búsqueda se ha limitado a trabajos posteriores a 2014 usando las palabras clave barefoot and running and minimalist y se han seguido los criterios de la guía PRISMA para decidir con qué artículos nos quedábamos y cuáles descartábamos.

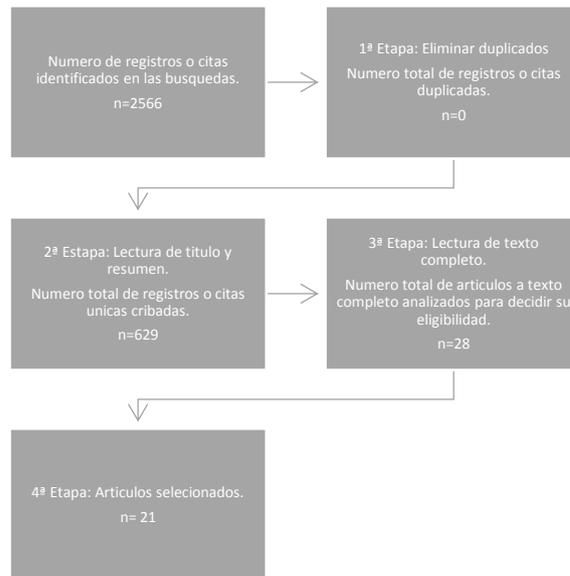


Figura 1: Diagrama de flujo Fuente: Elaboración propia.

Revisión bibliográfica:

Los estudios que observan las diferencias entre la carrera descalzo o minimalista y la carrera con zapatillas convencionales han ido aumentando con el paso del tiempo. Hay que tener en cuenta que, por norma general, los corredores al aterrizar contactan primero con el talón, a diferencia de los corredores descalzos que utilizan un apoyo de antepié. Esta diferencia produce unos cambios a diversos niveles, ya sea en parámetros cinéticos, cinemáticos, patrones de activación muscular o de consumo de oxígeno, así como su adaptación a medio o largo plazo y su epidemiología. En este trabajo se procederá a la revisión las diversas investigaciones que se han enfocado en cada uno de estos niveles.

Cinético:

Podemos encontrar diferencias en el estrés que soportan nuestras articulaciones en función de la mecánica de apoyo del pie. Sabemos que a nivel mecánico se produce un mayor estrés en los metatarsianos cuando se aterriza con el mediopié o el antepié (Morales-Orcajo, Becerro de Bengoa Vallejo, Losa Iglesias, Bayod & Barbosa de Las Casas, (2018)). Esto, si no se acompaña de una aproximación progresiva puede que incremente el riesgo de lesión en esa zona. Los autores comprobaron también que se produce una reducción de la presión plantar cuando el ángulo, que se forma entre el pie y el suelo, a la hora de aterrizar es menor y que es

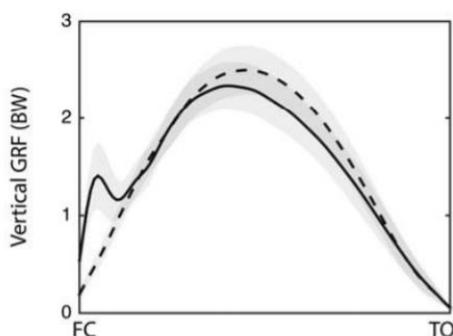


Figura 2. Media de las fuerza de reacción verticales del suelo. FC: momento de contacto con el suelo; TO: despegue; línea continua: corredor calzado y línea discontinua: corredor descalzo Fuente: Kelly et al. (2018)

un factor más importante para la reducción del estrés que la rigidez del suelo. Lo observaron a partir del uso de pies de cadáveres donados, a los que retiraron la piel y el tejido graso y aplicaron presión en distintas secciones anatómicas (dedos, antepié, mediopié y retropié). Es importante subrayar el hecho de que esta investigación se realizó utilizando tejido no vivo.

En cuanto a las fuerzas de reacción del suelo, Kelly et al. (2018) observaron una diferencia importante cuando se realiza la carrera con su tipo de apoyo habitual y cuando el aterrizaje se produce con el antepié; en la primera se origina

un pico en las fuerzas de reacción verticales del suelo al comienzo seguido de un segundo pico mucho mayor algo después. Por otro lado, cuando este impacto se produce con el antepié o descalzo, desaparece el pico inicial y el segundo pico aumenta respecto al de la carrera calzada; esto lo podemos apreciar en la figura 2.

En otro estudio de Tam et al. (2017) se tuvo en cuenta el nivel de experiencia de los corredores, dividiendo al grupo en dos subgrupos en función de su tiempo en una carrera de 10 km. Analizando el efecto de la fatiga en la técnica de carrera y su relación con la carrera sin zapatilla, se observó que solo se produjo un aumento en la carga inicial en el grupo de corredores con menos experiencia que corren descalzos bajo fatiga; por otra parte, los corredores con más experiencia no mostraron ningún cambio bajo fatiga en ninguna de las dos condiciones estudiadas, con zapatillas o descalzos. Otra diferencia que se observó en este estudio fue el mayor pico de fuerza medial con respecto a las fuerzas de reacción del suelo en los corredores con menos experiencia, independientemente de su nivel de fatiga o de la condición de la carrera (descalzos o con zapatillas).

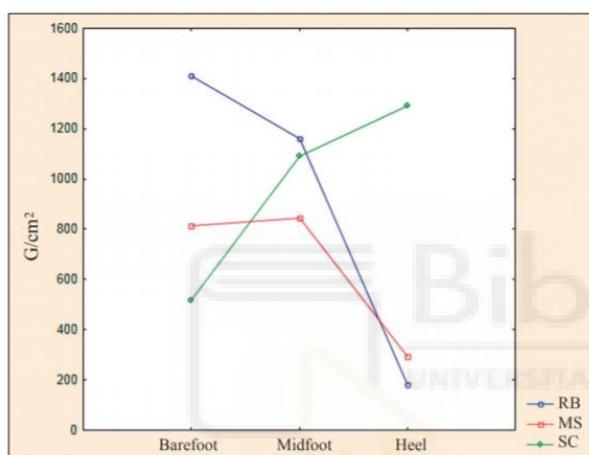


Figura 3. Presión plantar en función de la zona del pie. RB: sin calzado; MS: zapatillas minimalistas y SC: zapatillas convencionales Fuente: Szulc et al. (2017)

En cuanto a la distribución de la presión plantar existen diferencias significativas; una investigación desarrollada por Szulc et al. (2017) descubrió que descalzo se produce una mayor presión plantar en el antepié, algo más pequeña en el mediopié y el valor más bajo se halla en el talón. Este patrón se reproduce de manera muy similar cuando la carrera se realiza con una zapatilla sin amortiguación o zapatilla minimalista, aunque se distribuye de manera diferente, siendo los valores de presión en el antepié y el mediopié similares y uniformes y, al igual que sin zapatillas, el valor más bajo se vuelve a encontrar en el talón. En contraste a

estos resultados si la carrera se realiza con zapatillas convencionales el mayor valor de presión plantar se encuentra en el talón, seguido del mediopié y por último el antepié. Todo esto se puede observar en la figura 3.

Otro estudio realizado por Altman & Davis (2016) recogió información mensual del tipo y número de lesiones que se producían en corredores habituales tanto de zapatillas como descalzos. La gran mayoría de estas lesiones se relacionaban con el tejido músculo esquelético, y de entre ellas la zona más común era el pie en un porcentaje muy similar en ambos grupos, aunque ligeramente superior en ausencia de zapatillas. Por otro lado, el número de lesiones en otras partes del cuerpo (cadera y rodilla) era menor en la carrera descalza que en la carrera con zapatillas. Finalmente, también se contempló que en la carrera descalzo se produce una mayor carga en la pantorrilla y en el arco del pie al no llevar soporte acolchado, aunque las lesiones en el arco del pie fueron menores en los corredores descalzos, lo que sugiere que el arco del pie se adapta más rápido que la pantorrilla a la carrera descalzo.

En cuanto a la trayectoria del centro de presiones y sus diferencias, Becker, Pisciotto, James, Osternig & Chou (2014) observaron que en la carrera descalzo este está localizado más anteriormente en el contacto inicial y durante toda la fase de apoyo. Además, se dispone de forma más medial en el resto del movimiento.

Cinemático:

A este nivel se pueden observar diferencias en el aterrizaje en diferentes articulaciones. Por un lado, en la cadera se observó una mayor flexión en el momento del aterrizaje cuando se corre con zapatillas, además de producirse un mayor pico máximo también de flexión. Por otro lado, en cuanto a la rodilla, se apreció que se producía un mayor nivel de flexión también en el aterrizaje, pero en este caso cuando la carrera se producía descalzo. Por último, en relación al tobillo, había mayor ángulo de flexión plantar en la carrera descalza respecto a con la carrera con zapatillas en el aterrizaje (Sinclair, Butters & Stainton, 2018).

Esto último, sin embargo, no coincide con lo que Leblanc & Ferkranus (2018) publicaron, en cuya investigación no se observaba ningún cambio significativo ni a nivel de la cadera ni de la rodilla; únicamente había un cambio importante en la angulación del tobillo, siendo este diferente entre la situación de carrera con zapatilla donde se encontraba en dorsiflexión, y en la carrera descalza donde se hallaba en flexión plantar.

En cuanto a variables espaciotemporales como la zancada también se puede observar diferencias significativas; en general, una menor duración de la zancada así como un menor tiempo de contacto con el suelo con la carrera descalzo, además de una mayor frecuencia de zancada. A un nivel cinemático más específico se observó que en la cadera se produce una menor rotación interna, aducción y caída contralateral en el contacto inicial de la carrera descalzo; unos altos valores en esos parámetros se traducirían, analizando en profundidad, en una mala función de la cadera, así como una falta de fuerza en esta articulación (McCarthy, Fleming, Donne & Blanksby, 2015).

Por otro lado, uno de los estudios contemplados observa una diferencia en el aterrizaje, la posición del tronco y llevar o no zapatillas a la hora de realizar la carrera, indicando que se produce un contacto inicial con el terreno de forma que el tronco se encuentra más vertical cuando se realiza la carrera descalzo (Lieberman et al., 2015)

Sin embargo, otros estudios realizados por Kelly, Farris, Lichtwark & Cresswell (2018) investigaron las variables temporales de la zancada y el tiempo de contacto con el suelo; para ello, utilizaron dos entornos y establecieron una comparativa. En uno de ellos los sujetos corrían como lo hacían habitualmente, mientras que en el otro se les dio instrucciones de que aterrizasen con el antepié. Descubrieron que al cambiar la técnica de carrera, los corredores que estaban habituados a correr con zapatillas convencionales y a realizar el apoyo de talón mantuvieron ambas variables, mostrando, de hecho, valores similares en los dos entornos observados. Esta línea va en consonancia con otros estudios donde se observa que no se produce un cambio inmediato al forzar un cambio en la técnica de carrera.

Otra investigación observó la relación que había entre la inclinación o declinación de una cinta de correr y la carrera descalzo para corredores que nunca habían experimentado este tipo de carrera. Se pudo ver que había una menor frecuencia de aterrizaje con el talón en estos sujetos cuando corrían descalzos en los tres tipos de inclinaciones (declinada, inclinada y plana). También se observó que la inclinación de la cinta no era determinante para el patrón de aterrizaje, ya que el ratio de contacto inicial con el talón a través de las diferentes inclinaciones mostraba valores muy similares (An, Rainbow & Cheung, 2015).

Actividad muscular:

En cuanto a la activación muscular da Silva Azevedo, Mezêncio, Amadio & Serrão, (2017) observaron las diferencias que se producían a lo largo de 16 semanas de transición progresiva a la carrera descalza en corredores habituados a zapatillas. Se midieron ambas condiciones, tanto pre intervención como post, y se descubrió que la intensidad de la activación disminuyó en casi todos los grupos musculares observados (tibial anterior, gastrocnemio lateral, cabeza larga del bíceps femoral, recto femoral y vasto lateral del cuádriceps) a consecuencia del entrenamiento, independientemente de que llevaran o no zapatillas. En cuanto a esta activación cuando llevaban zapatillas, solo se produjo un descenso significativo después de la intervención, en el gastrocnemio lateral. Sin embargo, cuando se observaron las diferencias sin zapatillas, todos los músculos disminuyeron su actividad de manera significativa, exceptuando la cabeza larga del bíceps femoral.

Cuando se comparó la activación muscular entre con zapatillas y sin zapatillas pre intervención se observó una mayor activación muscular en el tibial anterior, vasto lateral del cuádriceps y en la cabeza larga del bíceps femoral con calzado; cuando se comparó, sin embargo, después de la intervención, todos los grupos musculares tenían niveles similares de activación exceptuando la cabeza larga del bíceps femoral, que mostraba valores más elevados cuando la carrera se producía sin zapatillas.

En otro estudio se comparó la activación de la musculatura en tres condiciones: carrera sin zapatillas, sin zapatillas pero con instrucciones de aterrizar con el talón y con zapatillas convencionales. Encontraron como diferencia significativa una mayor activación del gastrocnemio, tanto medial como lateral, cuando la carrera se producía sin zapatillas (Lucas-Cuevas et al., 2016).

Otros estudios se centraron en la activación de la musculatura intrínseca del pie (abductor del dedo gordo y flexor corto de los dedos) y sus diferencias al aterrizar con el talón o con el antepié (aterriaje característico de la carrera sin zapatillas). Se pudo ver que la activación era mayor cuando se producía el aterriaje con la parte delantera del pie en la mayoría de las condiciones observadas, aunque estas diferencias solo las observaron en dicha musculatura específicamente y no hubo cambios en la actividad muscular del gastrocnemio medial ni en el sóleo (Kelly, Farris, Lichtwark & Cresswell, 2018).

Eficiencia energética:

El único artículo que hemos contemplado donde se estudió el consumo de oxígeno y su relación con la carrera descalzo no encontró beneficio comparado con las zapatillas convencionales ni con las minimalistas, posiblemente por un incremento de la frecuencia de zancada a altas velocidades. Sin embargo, desde un punto de vista energético, las zapatillas minimalistas son una alternativa que debería ayudar a mantener y posiblemente reducir el consumo de oxígeno a la vez que reduce de forma potencial los riesgos asociados a la interacción de la carrera sin zapatillas y el suelo. De forma práctica, cuando se controla el peso de la zapatilla sí que influye de manera moderada en el consumo de oxígeno y, consecuentemente, una familiarización o entrenamiento con zapatillas minimalistas debería mejorar este consumo de oxígeno comparándolo con zapatillas convencionales (Cochrum, Connors & Coons, 2019).

Adaptaciones a corto plazo y largo plazo:

Dos artículos estudiaron las adaptaciones que se producen a corto plazo.

El primero de ellos, Au et al. (2017) observó que los corredores habituales de carrera descalza podían mantener su intensidad de entrenamiento tras un mes de entrenamiento tanto con zapatillas como sin ellas, y que no había ninguna relación significativa entre el tipo de zapatilla utilizada y las variables observadas; a nivel cinemático destaca el ángulo del pie al entrar en contacto y en el cinético el nivel de carga vertical tanto instantáneo como medio.

En el segundo, se realizó una intervención de 16 semanas en el Laboratorio de Biomecánica de la Universidad de Sao Paulo con la intención de que los corredores se adaptaran a la carrera descalza de manera previa a la medición. En este, se observó que la intensidad de la actividad muscular disminuyó en casi todos los grupos musculares, exceptuando la cabeza larga del bíceps en la carrera descalza. También se comprobó que a la hora de absorber un impacto este tipo de carrera es menos eficaz (da Silva Azevedo, Mezêncio, Amadio & Serrão, 2017).

Un artículo observó por otro lado las adaptaciones a largo plazo, (Hollander et al., 2017) llegó a la conclusión de que, a pesar de la enorme bibliografía que existe en referencia a las adaptaciones a corto plazo, muy poca contempla las adaptaciones que se producen a largo plazo; además, observó que resulta difícil extraer conclusiones sin caer en la especulación. Apenas encontró resultados con relevancia clínica tales como índices de lesión o patologías del pie. Menciona que la mayoría de estos estudios tienen poca validez externa y que sus resultados pueden deberse al proceso de selección.

En un segundo artículo, Sánchez-Ramírez & Alegre (2019), los sujetos (un grupo calzado y otro descalzo) cumplieron un protocolo de entrenamiento consistente en la práctica de carrera continua, a velocidad autoseleccionada, durante 8 semanas y donde se efectuó la medición antropométrica (longitud del pie, ancho del antepié, ancho del retropié y altura navicular) empleando un pie de metro análogo de 300 mm y la morfología de la huella plantar en tres condiciones (tras 10 min. de reposo en decúbito supino, tras 20 min. de carrera continua y tras 8 semanas de entrenamiento). Con la tercera medición determinaron los efectos a largo plazo.

De esta investigación de tipo experimental fue posible concluir que luego de un periodo de adaptación de 8 semanas se tienden a producir modificaciones morfológicas específicas del pie, consistentes en un aumento de la superficie de apoyo plantar, con una tendencia a disminuir de forma relativa el área del mediopié, es decir, se produjo una disminución de sujetos con un arco plantar longitudinal medial de tipología plana.

Epidemiología:

El estudio llevado a cabo por McCarthy, Fleming, Donne & Blanksby (2015) concluyó que, particularmente en mujeres, la carrera en ausencia de calzado estaba relacionada con una menor rotación interna, aducción y caída contralateral de la cadera en el contacto inicial; por ello tiene potencial para ser un tratamiento o una medida preventiva en patologías de rodilla (Síndrome de dolor patelofemoral y síndrome de fricción en la cintilla iliotibial).

Otro estudio de Sinclair, Butters & Stainton (2018) midió y comparó mediante el uso simultáneo de un sistema de captura del movimiento cinemático y una plataforma de fuerzas el momento de aducción de rodilla (KAM) y su relación con el desarrollo de una osteoartritis medial de rodilla. También tuvo en cuenta por un lado, la carrera descalza y por otro lado, tanto zapatillas convencionales de carrera como minimalistas, observando que este momento de aducción de rodilla es mayor en la carrera descalzo o con zapatillas minimalistas y que esto podría poner en riesgo a los corredores de desarrollar una osteoartritis medial de rodilla.

Por último el estudio realizado por Allison R Altman & Irene S Davis(2016) que recogió información de 94 corredores habituales de zapatillas y 107 corredores habituados a correr sin ellas, muestra la distribución de lesiones musculoesqueléticas (figura 4).

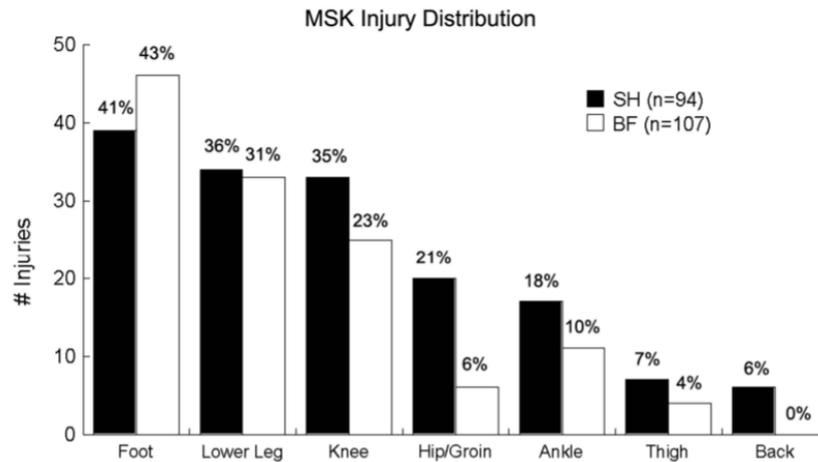


Figura 4. Distribución lesiones musculoesqueléticas. SH: zapatillas, BF: descalzo
Fuente: Allison R Altman & Irene S Davis (2016)

Como podemos apreciar en la figura 4, el pie fue el lugar anatómico con más índice de lesión en ambos grupos con porcentajes muy similares siendo un poco más elevado sin zapatillas. Para el resto de zonas observadas generalmente fue menor el índice en el grupo habituado a correr descalzos.

Discusión:

A nivel cinético, moderada evidencia relaciona correr descalzo con un nivel de fuerza de reacción del suelo menor en la parte inicial del apoyo, cuando se produce el choque del pie con el suelo. Esto puede ser debido a que el acolchamiento del calzado, aunque contribuye a atenuar las fuerzas de impacto contra el suelo, también incita al uso de un patrón mecánico en la pisada en el que lo primero que entra en contacto con el suelo es el talón. En consecuencia, la extremidad inferior recibe una mayor carga.

A nivel cinemático, la evidencia científica indica una tendencia a aterrizar con el metatarso o antepié cuando corremos descalzos, en contraposición a cuando corremos calzados, que lo hacemos con el talón. También existe evidencia moderada que sugiere que correr descalzo incrementa la frecuencia de zancada, disminuye la amplitud de ésta y reduce el tiempo de contacto con el suelo. Por último, en cuanto al rango de movimiento de las articulaciones, existe evidencia moderada que indica una menor dorsiflexión en el pie en el contacto inicial al correr descalzo.

Por otro lado en referencia a la activación muscular, se ha podido observar que se produce un descenso en el pico de actividad del tibial anterior y del vasto lateral del cuádriceps cuando se produce la carrera descalzo en contraposición a una mayor actividad de todos los vientres musculares del gastrocnemio.

En cuanto a las diferencias a nivel energético, existe muy poca evidencia que sugiera una diferencia entre la carrera descalzo o la carrera con zapatillas, aunque como ya se ha mencionado de forma práctica si debería influir puesto que cuando lo que se controla y compara es el peso de la zapatilla si existen diferencias.

En referencia a las adaptaciones más significativas a corto plazo destaca la disminución de la activación de la mayoría de grupos musculares a excepción de la cabeza larga del bíceps en la carrera descalza. Por otro lado en referencia a las adaptaciones que se producen a más largo plazo se encuentra muy poca información debido a la dificultad para realizar estos tipos de estudios.

Para terminar, en cuanto a la epidemiología podemos encontrar posibles beneficios de la carrera descalza, llegando a tener potencial como tratamiento de ciertas patologías, o podemos por el contrario hallar situaciones donde es un factor positivo en el desarrollo de lesiones.

Como podemos ver los mecanismos que afectan la frecuencia de zancada, la amplitud de zancada, el patrón de aterrizaje del pie, la biomecánica de la extremidad inferior y su relación con el rendimiento de la carrera o con posibles lesiones no está completamente comprendido.

Haciendo un resumen, la carrera descalza se relaciona con un patrón de aterrizaje característico, donde lo primero que entra en contacto con el suelo es el metatarso, al cambiar la interacción que se produce entre el suelo y nuestro pie muchas de las variables que intervienen también lo hacen. Ahora bien si estos cambios son positivos o si por el contrario incrementan el riesgo de lesión depende enteramente del sujeto.

Propuesta de intervención:

Haciendo una síntesis de la información observada podemos sacar conclusiones que nos ayuden a diseñar un entrenamiento más efectivo de transición a la carrera descalza. Para contextualizar contaremos con un corredor habitual que solo ha experimentado la carrera calzada y que es capaz de correr 10 km en un tiempo inferior a 45 min. Se trata de un criterio que vamos a compartir con algunos de los estudios que hemos visto anteriormente.

Para el desarrollo de esta intervención se llevarán a cabo tanto mediciones comunes (peso y estatura) como cuestionarios sobre su historial deportivo y lesiones previas.

Esta transición la haremos a través de cambios graduales en los estímulos tanto de intensidad como de volumen de entrenamiento, teniendo también en cuenta la superficie de contacto con el suelo del corredor. Nuestra propuesta de intervención contempla un plan de 12 semanas dividido en 3 bloques de 4 semanas cada uno.

1-Primer bloque

Días de entrenamiento: 2 descalzo / 2 calzado

Distancia: 8 km descalzo / 15 km calzado

Superficie: Césped

Como vimos en el estudio realizado por da Silva Azevedo, Mezêncio, Amadio & Serrão (2017), lo ideal para empezar esta progresión es introducir de forma paulatina días de entrenamiento descalzo; lo realizaremos en la mitad de las sesiones, además de reducir la distancia a recorrer respecto a los días calzado. Finalmente, para empezar este plan, comenzaremos trabajando sobre superficies con menor impacto articular para reducir la posibilidad de lesiones.

2-Segundo bloque

Días de entrenamiento: 3 descalzo / 1 calzado

Distancia: 10km descalzo / 15 km calzado

Superficie: Pista de atletismo y césped

En este segundo bloque el número de entrenamientos descalzo superará el de entrenamientos calzado. También aumentará la distancia a recorrer sin zapatillas, y empezaremos a introducir superficies más problemáticas de forma controlada (exponiendo al corredor a ellas solo en la mitad de ocasiones).

3-Tercer bloque

Días de entrenamiento: 4 descalzo

Distancia: 15 km

Superficie: Asfalto o pista de atletismo

En este último bloque todos los entrenamientos se harán en ausencia de calzado y se realizará la misma distancia que al comienzo del plan con zapatillas. Para finalizar con la introducción progresiva de superficies con mayor impacto articular se le expondrá al asfalto.

Bibliografía:

- 1- Altman, A. R., & Davis, I. S. (2016). Prospective comparison of running injuries between shod and barefoot runners. *Br J Sports Med*, 50(8), 476-480.
- 2- An, W., Rainbow, M. J., & Cheung, R. T. H. (2015). Effects of surface inclination on the vertical loading rates and landing pattern during the first attempt of barefoot running in habitual shod runners. *BioMed research international*, 2015.
- 3- Au, I. P., Lau, F. O., An, W. W., Zhang, J. H., Chen, T. L., & Cheung, R. T. (2018). Immediate and short-term biomechanical adaptation of habitual barefoot runners who start shod running. *Journal of sports sciences*, 36(4), 451-455.
- 4- Becker, J., Pisciotto, E., James, S., Osternig, L. R., & Chou, L. S. (2014). Center of pressure trajectory differences between shod and barefoot running. *Gait & posture*, 40(4), 504-509.
- 5- Cochrum, R. G., Conners, R. T., & Coons, J. M. (2019). The effect of running barefoot and in barefoot-style footwear on running economy at two self-determined speeds. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(8), 1292-1297.
- 6- da Silva Azevedo, A. P., Mezêncio, B., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). Correction: 16 Weeks of Progressive Barefoot Running Training Changes Impact Force and Muscle Activation in Habitual Shod Runners. *PLoS one*, 12(4), e0176426.
- 7- Davis, I. S., Rice, H. M., & Wearing, S. C. (2017). Why forefoot striking in minimal shoes might positively change the course of running injuries. *Journal of sport and health science*, 6(2), 154-161.
- 8- Ekizos, A., Santuz, A., & Arampatzis, A. (2017). Transition from shod to barefoot alters dynamic stability during running. *Gait & posture*, 56, 31-36.

- 9- Hollander, K., Heidt, C., Van der Zwaard, B. C., Braumann, K. M., & Zech, A. (2017). Long-term effects of habitual barefoot running and walking: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(4), 752-762.
- 10- Kelly, L. A., Farris, D. J., Lichtwark, G. A., & Cresswell, A. G. (2018). *The influence of foot-strike technique on the neuromechanical function of the foot*. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 50 (1), 98-108.
- 11- LeBlanc, M., & FERKRANUS, H. (2018). Lower Extremity Joint Kinematics of Shod, Barefoot, and Simulated Barefoot Treadmill Running. *International journal of exercise science*, 11(1), 717.
- 12- Lieberman, D. E., Castillo, E. R., Otarola-Castillo, E., Sang, M. K., Sigei, T. K., Ojiambo, R., ... & Pitsiladis, Y. (2015). Variation in foot strike patterns among habitually barefoot and shod runners in Kenya. *PLoS One*, 10(7), e0131354.
- 13- Lucas-Cuevas, A. G., Priego Quesada, J. I., Giménez, J. V., Aparicio, I., Jimenez-Perez, I., & Pérez-Soriano, P. (2016). Initiating running barefoot: Effects on muscle activation and impact accelerations in habitually rearfoot shod runners. *European journal of sport science*, 16(8), 1145-1152.
- 14- McCarthy, C., Fleming, N., Donne, B., & Blanksby, B. (2015). Barefoot running and hip kinematics: good news for the knee?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(5), 1009-1016.
- 15- Morales-Orcajo, E., Becerro de Bengoa Vallejo, R., Losa Iglesias, M., Bayod, J., & Barbosa de Las Casas, E. (2018). Foot internal stress distribution during impact in barefoot running as function of the strike pattern. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 21(7), 471-478.
- 16- Sánchez-Ramírez, C. (2019). Adaptaciones morfológicas del pie causadas por la práctica deportiva realizada con y sin calzado (Tesis doctoral). Universidad de Castilla-La Mancha.
- 17- Sánchez-Ramírez, C. & Alegre, L. M. (2019). Modificaciones morfológicas del pie luego de ocho semanas de entrenamiento de carrera a pie descalzo. *Int. J. Morphol.*, 37(3):1111-1117.
- 18- Sinclair, J., Atkins, S., Richards, J., & Vincent, H. (2015). Modelling of muscle force distributions during barefoot and shod running. *Journal of human kinetics*, 47(1), 9-17.
- 19- Sinclair, J., Butters, B., & Stainton, P. (2018). Acute effects of barefoot and minimalist footwear on medial tibiofemoral compartment loading during running: A statistical parametric mapping approach. *Journal of human kinetics*, 65, 35.
- 20- Szulc, P., Waszak, M., Bartkowiak, M., Bartkowiak, P., Tomczak, M., Boch-Kmieciak, J., & Cieślik, K. (2017). Distribution of plantar pressure during jogging barefoot or in minimalistic shoes in people who used to run in cushioned shoes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(5), 565-571.
- 21- Tam, N., Coetzee, D. R., Ahmed, S., Lamberts, R. P., Albertus-Kajee, Y., & Tucker, R. (2017). Acute fatigue negatively affects risk factors for injury in trained but not well-trained habitually shod runners when running barefoot. *European journal of sport science*, 17(9), 1220-1229.

Anexos:

Anexo 1.

Sesión tipo primer bloque

En la primera sesión de este bloque vamos a comenzar con la introducción de la carrera descalza, para ello le daremos instrucciones a nuestro corredor para que aterrice con el antepie y comenzaremos con una introducción progresiva de la velocidad. Durante toda la intervención tanto el calentamiento con la vuelta a la calma serán idénticos variando únicamente en los ejercicios a realizar en la movilidad articular y en la superficie donde se realizará el mismo, como ya hemos comentado introduciéndolas siempre de forma progresiva de más a menos impacto articular.

-Calentamiento:

- Movilidad articular (tobillo, rodilla y cadera).
- Marcha continua 2 km

-Parte principal:

- Carrera continua 8 km
- Ritmo: 4 min/km

-Vuelta a la calma:

- Marcha continua 1 km
- Estiramientos de la musculatura especialmente implicada. (tobillo, rodilla y cadera)

Después de la primera sesión y después de cada semana de entrenamiento se le preguntara al sujeto por posibles molestias que haya podido desarrollar en el transcurso del entrenamiento.

Anexo 2.

Sesión tipo tercer bloque:

En la primera sesión de este último bloque comenzaremos con la introducción de superficies con mayor impacto articular, para ello se realizará sobre asfalto.

-Calentamiento:

- Movilidad articular (tobillo, rodilla y cadera).
- Marcha continua 2 km

-Parte principal:

- Carrera continua 15 km
- Ritmo ≤ 4 min/km

-Vuelta a la calma:

- Marcha continua 1 km
- Estiramientos de la musculatura especialmente implicada. (tobillo, rodilla y cadera)

Como ya se ha comentado en este último bloque se incrementará la intensidad del entrenamiento con respecto al bloque anterior, tanto en distancia objetivo como en velocidad. Consideraremos como válidos los kilómetros que haga en 4 min pero le daremos instrucciones para que intente ir a un ritmo que le permita hacerlo en un tiempo inferior.