BAREFOOT Y CALZADO MINIMALISTA PARA PREVENCIÓN DE LESIONES EN CORREDORES RECREATIVOS

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Universidad Miguel Hernández de Elche.

Curso académico: 2015-2016.

Alumno: Joaquín Amorós Lucas.

Tutor: Mario Molinos Navarro

INDICE

1. CONTEXTUALIZACION……1

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN METODOLÓGICA……2

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA……3

4. DISCUSIÓN……8

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN……10

6. BIBLIOGRAFÍA……11

7. ANEXOS……13

   7.1. Anexo 1……13

   7.2. Anexo 2……13

   7.3. Anexo 3……14

   7.4. Anexo 4……14

   7.5. Anexo 5……15

1. CONTEXTUALIZACIÓN

Como muestran los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (2014); en los últimos veinte años hemos podido comprobar una disminución del sedentarismo en edad adulta y , por tanto, un auge de la práctica deportiva. Cada vez son más las personas que se suman a realizar algún tipo de actividad física ya sea con un objetivo de rendimiento, mejorar el estado de salud u ocio. Dentro de este incremento de actividad física, encontramos que la carrera a pie – popularmente conocida como "running" o "jogging"- es una de las modalidades que más se practica en España; ya que representa el 13,4% del total de personas activas, según el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015).

Este hecho, hace necesario conocer; no solo los factores relevantes para la mejora del rendimiento, sino también las lesiones que puede producir y cómo podríamos reducir su incidencia. A la hora de analizar el índice lesivo del *running* encontramos que existe una gran variabilidad debido a diferentes razones como son la definición de lesión, el método de evaluación de la lesión, el diseño del estudio y la duración del seguimiento (Kluitenberg , Van Middelkoop , Diercks & Van der Worp , 2015).Como muestran Lopes , Hespanhol , Yeung & Costa (2012) la ratio de incidencia de lesión varía del 18,2% al 92,4% y se producen de 6,8 a 59 lesiones por cada 1000 horas de exposición a la carrera.

Más concretamente, Hespanhol , Pena Costa & Lopes (2013) indican - tras 12 semanas de seguimiento - que en corredores recreacionales la incidencia de lesión es del 31% o de 10lesiones/1000 horas de carrera, siendo la rodilla la región anatómica más afectada(19%).

Además de esto, la investigación de Lopes et al. (2012) muestra que la lesión con mayor prevalencia es la fascitis plantar (17,5%). Otras lesiones frecuentes suelen ser síndrome de estrés medial de la tibia y la tendinopatía aquílea

Últimamente, los beneficios a largo plazo de utilizar calzado estable y acolchado está siendo cuestionado por diferentes investigaciones que muestran menor prevalencia de desórdenes en el pie, mejoras en la economía de carrera y menores fuerzas de impacto en corredores descalzos o con calzado minimalista (Hollander , Arqubi-Wollesen , Reer & Zech , 2015).

Como barefoot se entiende la carrera realizada completamente descalzo. Por su parte, el concepto minimalista hace referencia a calzado que aporta la mínima interferencia al movimiento natural del pie debido a su elevada flexibilidad, tacón bajo, poco peso y la ausencia de mecanismos de estabilidad (Esculier, Dubois , Dionne , Leblond & Roy , 2015).

Algunos deportistas de élite actuales como Iván Raña (Campeón del Mundo y de Europa de triathlon) o Karim El Hayani (corredor de trail) ; y otros del siglo pasado como Adebe Bikila (doble campeón olímpico), Zola Budd (plusmarquista mundial en 5000 m.) han demostrado que es posible rendir al máximo nivel en estas condiciones.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

El objetivo de esta revisión bibliográfica es tratar de esclarecer si, como indican algunos autores; la práctica de carrera en *barefoot* o con calzado minimalista reduce el riesgo de lesión relacionado con la carrera, en este caso concreto, en corredores recreacionales. Además, se va a tratar de incluir una intervención que puede ser útil para comenzar a practicar carrera descalzo o con calzado minimalista de forma segura.

Para ello, se ha realizado una búsqueda, principalmente en el buscador PUBMED, utilizando las palabras clave "barefoot" "minimalist shoe" y "recreational runner". A raíz de esto, se encontraron 14 artículos, de los cuales se han seleccionado 11 artículos que se ajustaban a las características necesarias para nuestro estudio. Dos artículos han sido descartados han sido descartados por hacer referencia a la economía de carrera y no al riesgo de lesión y uno por haberse realizado con corredores profesionales y no recreativos.

Corredores recreativos han sido definidos por Gehrin et al. (1997) mencionado por Fredericks et al. (2015) como aquellos que entrenan a una velocidad inferior que 3.33 m/s corren entre 24 y 40 kilómetros a la semana.

En la tabla 1 se muestran el resumen sobre los datos extraídos de la revisión y, en el apartado 4 (Discusión), se analizan los resultados para extraer conclusiones.

UNIVERSITAS Miguel Hernández

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Tabla 1. Resumen revisión bibliográfica.

ARTÍCULO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	MEDICIONES	RESULTADOS
Fredericks et al. (2015)	26 corredores recreacionales (13H/13M) sin experiencia en BF ni MS	Carrera en progresiva de velocidad (aumentando 0.5 m/s cada 3 min): -Calzado personal. -SH:Nike Air Pegasus o Beaverton -MS: Vibram Five Fingers -BF: Sin calzado	-Análisis cinemático a diferentes velocidades en tapiz rodante.	-Flexión plantar aumenta con la velocidad sin tener en cuenta el calzado. -Mayor velocidad mayor flexión de rodilla en contacto y mayor extensión en empuje. -Patrón de pisada cambia por calzado pero no por velocidad
Hashish et al. (2016)	21 corredores recreacionales con pisada en retropié sin experiencia en BF ni MS. (9 H/12M)	Medición de EMG y pico torque antes y después de realizar carrera en BF en laboratorio para conocer efectos de fatiga en músculos. (Protocolo de fatiga)	-Pico torque tobillo. -Señal EMG (Frecuencia mediana) -Análisis cinemático: Patrón de pisada. -Absorción de energía tobillo y rodilla. -Análisis cinético: Ratio de carga.	-5 sujetos cambiaron a FFS y 10 a MFS. -Tras fatiga reducción ángulo flexión plantar= Tendencia hacia RFS. -FFS y MFS disminuyen frecuencia mediana tras protocolo. -FFS y MFS reducción en absorción de energía del tobillo tras fatiga. No diferencias en rodilla. -FFS y MFS mayor ratio de carga tras fatiga. -RFS reducción de ratio de carga tras fatiga.

Khowailed et al. (2015)	12 mujeres corredoras recreacionales (25.7±3,4 años, 22.5±1.2 kg/m²)	6 semanas (3 veces por semanas) progresión BFS simulada (10-25% volumen total de carrera)+ ejercicios de prevención de lesiones.	Medición en SH, SBF sin adaptación y SBF tras intervención: -Activación muscular (EMG) en carrera (TA y LG) -Variables espaciotemporales(longitud, frecuencia de zancada, tiempo contacto y vuelo) -Análisis cinético: Cinta con plataforma de fuerzas.	-SH más activación TA en pre-activación y fase de apoyo que SBF -SBF más activación en GAS en pre-activación y fase de apoyo que SH. -SH más activación en GAS en empuje que SBF -SH mayor ratio de carga instantáneo y medio y pico de impacto que SBF -SH mayor longitud de zancada, duración de apoyo y tiempo de contacto que SBF -SBF mayor frecuencia de zancada y tiempo de vuelo que SH.
Lieberman et al. (2010)	1-Ocho atletas americanos (6H y 2M) habituales de SH 2-Catorce atletas kenianos (13H y 1M) recientemente pasados a SH 3-Ocho corredores americanos (7H y 1M) habituales en BF 4-Dieciséis adolescentes kenianos (8H y 8M) habituales a BF. 5-Diecisiete adolescentes kenianos (10H y 7M) habituales de SH	De 5 -7 mediciones realizadas en superficie plana (20-25 m) en BF y SH (excepto grupo 4, solo BF) a la velocidad deseada.	-Análisis cinemático: Vídeo cámara y sistema de 6 cámaras (solo grupos 1 y 3). -Análisis cinético (solo grupos 1 y 3): Plataforma de fuerzas -(Meff)Estimación de la masa efectiva (solo grupos 1 y 3).	-SH tiende a RFS -BF tiende a FFS - En ambas condiciones (BF y SH) sujetos acostumbrados a BF y con FFS menor pico de fuerza vertical en el momento del impacto y menor ratio de carga medio. - FFS colisiones con menor Meff que RFS

Miller et al. (2014)	33 corredores habituales con calzado (17 H y 16 M).	12 semanas: -Control: 48,3 km/semana SH. -Intervención: 48,3 km/semana (progresión volumen en MS).	-Cinématica de carrera -MRI (tamaño músculos internos). -Longitud arco plantar (AHI) y deformación (RAD).	-MS: -8º dorsiflexión plantar. (FFS y MFS). -MS: + MV de FDB y ADM, + ACSA en ADM. -MS: Aumento 60% RAD (longitudinal arch stifness).
Moore et al. (2014)	10 adultos corredores recreacionales(9 H y 1 M) sin experiencia previa en BF o MS.	2 semanas fortalecimiento pie (6 ejercicios (3x20)) + 5 semanas carrera transición (incrementos 20% MS/semana).	A todos los sujetos en BF, MS y SH: -Análisis cinemático. -Análisis cinético (global y por regiones del pie).	-Aumento FFS. - Reducción post-intervención de variables cinética (ratio de carga, pico de presión). -BF mayor pico de impacto y ratio de carga global. -SH menor pico de impacto en el talón y mayor en Metatarso y arco que BF y MS.
Muñoz-Jimenez et al. (2015)	80 corredores recreativos (59H/21M) sin experiencia en BF.	Carrera en cinta a velocidad confortable y a velocidad competitiva en BF y MS.	Análisis cinemático: -Patrón de pisada. -Inversión o eversión lateral. -Rotación interna del pie.	-SH tendencia hacia RFS y MS hacia FFS o MFS. -Sin diferencias entre SH y MS en inversión/eversión. -Velocidad competitiva mayor rotación externa en SH y MS.

Ridge et al. (2013)	36 corredores (21 hombres y 15 mujeres) recreacionales experimentados. (15-30 millas/semana).	10 semanas. -Control: Carrera con SH. -Intervención: Transición progresiva a MS (Vibram 5-Finger).	-MRI.	-Mayor aumento de edema óseo en MS que SH. -Mayor % de lesionados en MS que SHOD.
Ryan et al. (2013)	103 corredores recreacionales (experiencia de más de 5 años corriendo una vez por semana como mínimo en los últimos 6 meses).	Progresión de 12 semanas para participar en carrera de 10 km: -Neutral (34): Nike Pegasus 28. -Minimalista parcial (34): Nike Free 3.0 V2. -Minimalista total (35): Vibram 5-Finger Bikila.	Cada dos semanas: -Numero de lesiones. -FADI. -VAS. -Localización anatómica del dolor.	-Mayor nº de lesiones en minimalista parcial con respecto al neutral. -Sin diferencias significativas en FADI. -Mayor dolor significativo en el gemelo y la espinilla en calzado minimalista total que en el resto.
Tam et al. (2016)	51 hombres corredores (10 km > 50min) habituales con SH.	Medición parámetros 6 intentos para cada calzado (BF vs SH) en una superficie indoor de 40 m: -Análisis motor: (vídeo y marcadores). -Análisis cinético: Plataforma de fuerzas	-Ratio de carga inicial. -Pico de impacto. -Ángulo 3D de rodilla y tobillo.	-BF mayor ratio de carga inicial. -Ángulo de dorsiflexión en primer contacto sin diferencias. -Cuando BF>SHOD mayor ángulo de dorsiflexión de tobillo y flexión de rodilla en primer contacto que SHOD>BF.

Willy & Davis (2013)	14 hombres corredores con pisada en retropié y que nunca han corrido con calzado minimalista.	Test 10’ de carrera en cinta a 3.35m/s. con dos calzados: -Minimalista (Nike Free 3.0). -Acolchado (Nike Pegasus).	Mediciones en el primer minuto y en el 10º. -Variables Cinéticas (Plataforma fuerzas). -Análisis cinemático (Grabación con marcadores).	-Con calzado minimalista mayor dorsiflexión, flexión de rodilla, pico de impacto y ratio de carga medio. -Sin diferencias tras acomodación a calzado (1’-10’).

H=Hombre;M=Mujer;BF=Barefoot=Corren descalzos,;SH=SHOD (Zapatillas con amortiguación);SBF=Barefoot simulado.;MS= Calzado minimalista;TA=Tibial anterior;GAS=Gastrocnemio ;FFS=Pisada en ante pie (Forefoot strike);RFS=Pisada en retropié (Rearfoot strike);MFS=Pisada en medio píe (Midfoot strike);ACSA= Área anatómica transversal;MV= Volumen muscular;ABH= Abductor del dedo gordo.;FDB=Flexor corto de los dedos.;ADM= Abductor del meñique;BF>SHOD= Mayor ratio de carga inicial en Barefoot que con calzado;SHOD>BF=Mayor ratio de carga inicial con calzado que en Barefoot.;MRI= Resonancia magnética;FADI= Discapacidad del pie y el tobillo;VAS= Escala analógica visual para el dolor asociado.

4. DISCUSIÓN.

Actualmente, el hecho de que la carrera en barefoot o con calzado minimalista reduce el riesgo global de lesión en corredores de resistencia se encuentra en controversia, ya que hay muchos aspectos a considerar cuando se comparan las tendencias a lesionarse entre corredores BF y SH.(Murphy, Curry & Matzkin ,2013) Entre los artículos revisados se encuentran diferentes factores interesantes para analizar; estos son: cinéticos, cinemáticos, activación y tamaño muscular y edema óseo.

Factores cinemáticos.

Como indican Lieberman et al. (2010), los corredores habituados a barefoot suelen realizar un patrón de pisada con el antepié (FFS) , en ocasiones con el pie plano (MFS) y menos frecuentemente con el talón o el retropié (RFS). No obstante, los corredores que utilizan calzado pisan con mayor frecuencia con el talón ya que esto se ve favorecido por el tacón elevado y acolchado de las zapatillas modernas. (Ver foto en Anexo 1)

Tras un estudio retrospectivo, Daoud et al. (2012) indicaron que se producen mayor número de lesiones como dolor en la cadera, rodilla y espalda baja , lesiones tibiales por estrés, fascitis plantar y fracturas por estrés en corredores con patrón de pisada retrasada (rearfoot strike).

Por un lado, Miller, Whitcome , Lieberman , Norton & Dyer (2014) y Moore, Pitt , Nunns & Dixon (2014), demuestran que tras 12 y 10 semanas, respectivamente, de adaptación a calzado minimalista los sujetos modifican el patrón de pisada tendiendo hacia un apoyo adelantado. De igual forma, Muñoz-Jiménez,Latorre-Román P., Soto-Hermoso V. & García-Pinillos F. (2015) corredores acostumbrados a correr con zapatillas acolchadas tienden a realizar pisada en la parte delantera o media del pie al realizar un test sin amortiguación, mientras que al realizarlo con zapatillas tienden a realizar el contacto con el talón del pie.

Por otro lado, Tam, Astephen, Coetzee , Van Pletsen & Tucker (2016) demuestran que en sujetos en los que no se realiza adaptación siguen manteniendo su patrón de pisada a pesar de cambiar el calzado. Es decir, en un primer momento no se produce modificación de la biomecánica de la zancada y, esto puede aumentar el riesgo de lesión en corredores que comienzan a correr descalzos o con calzado minimalista. Del mismo modo, Willy & Davis (2013), añaden que al comparar la pisada de personas no adaptadas a MS cuando corren con este calzado no adelantan su pisada , si no que aumentan la dorsiflexión del tobillo.

Por su parte; Hashish, Sachithra, Samarawickrame, Baker & Salem (2016) indican que de 21 corredores habituados a utilizar RFS, al comenzar a correr en BF, 5 modificaron su patrón de pisada hacia FFS y 10 hacia MFS. No obstante, tras someterles a un protocolo de fatiga, los sujetos que practicaban FFS y MFS tienden a reducir la flexión plantar debido a la extenuación muscular.

En resumen, podríamos decir que si todos los sujetos que corren en barefoot o con calzado minimalista tendiesen a realizar una pisada en el ante pie o en la zona media podría suponer una reducción en el riesgo de lesión (Daoud et al., 2012). No obstante, como muestran Tam et al. (2016) y Willy & Davis (2013) esto no ocurre en corredores acostumbrados a correr con zapatillas y pisada en retropié. Además, también se debe tener en cuenta la dificultad que supone a corredores de BF noveles mantener una pisada en MFS o FFS debido a la fatiga en el sóleo (Hashish et al. 2016).

Por ello, el inicio en una transición hacia calzado minimalista es un momento crítico que debe ser vigilado para evitar que se produzcan lesiones.

Factores cinéticos.

Como sugieren Allison & Davis (2012) Incrementos en los ratios de carga (LR) verticales suelen estar relacionados con roturas por fractura en las extremidades inferiores.

El patrón de pisada con la parte delantera del pie está relacionado con un menor ratio de carga inicial (Lieberman et al ,2010), y este menor ratio de carga puede indicar un menor índice lesivo (Zapdoor & Nikooyan , 2011).

Existe controversia a la hora de confirmar si la práctica de BF o MS se ve reflejado en una reducción en el ratio de carga. Lieberman et al. (2010) indican que sujetos acostumbrados a correr sin calzado o con calzado minimalista generan menor ratio de carga que sujetos que corren con calzado. Además, Khowailed et al. (2015), demuestran que tras 6 semanas de adaptación a calzado minimalista el ratio de carga es inferior con este tipo de zapatillas que con zapatillas acolchadas. (Ver gráfica en Anexo 2)

Por su parte, Moore et al. (2014), plantean que tras un programa de 7 semanas de transición a MS – basado en las recomendaciones publicadas en la página web de la marca Vibram Five Fingers en 2012 , que ha sido posible encontrar actualmente y puede ser que haya sido eliminada- los sujetos continúan provocando mayor ratio de carga y pico de impacto con BF y SH que al correr con calzado. De la misma forma, Willy & Davis (2013) y Tam et al. (2016) han comprobado que sujetos no adaptados a BF originan mayor pico de impacto y ratio de carga.

Al relacionar LR con la fatiga Hashish et al. (2016) encuentran que las personas que tienden a correr con MFS y FFS aumentan el ratio de carga al estar fatigados. Esto puede ser debido a que la musculatura no es capaz de amortiguar el impacto con el suelo. En cambio, corredores con RFS disminuyen LR al estar fatigados, según explica, porque se adaptan hacia una pisada más ligera.

En conclusión, es posible que la adaptación a BF o MS ayude a reducir el ratio de carga y el pico de impacto. No obstante, al igual que con los factores cinemáticos, se debe tener en cuenta el riesgo de lesión que supone realizar una transición demasiado rápida que no tenga en cuenta la fatiga producida que impide amortiguar el impacto con el suelo.

Activación y tamaño muscular.

Como indican Miller et al. (2014), las zapatillas convencionales reducen el trabajo de los músculos intrínsecos del pie interfiriendo en la función normal del arco plantar. Además, concluye que el entrenamiento de resistencia en zapatilla minimalista conduce a una mayor función de elasticidad en el arco del pie y conlleva mayores demandas de los músculos intrínsecos que sostienen el arco, fortaleciendo el pie.

Khowailed et al. (2015) no encontraron diferencias significativas entre la actividad muscular del tibial anterior (TA) y gastrocnemio (GAS) de SBF no habituado y SH. Pero sí, que se encontró una mayor activación de GAS – para favorecer la amortiguación- y menor de TA en SBF que en SH como podría predecirse por la mayor o menor dorsiflexión que provoca cada patrón de pisada. Es decir, la adaptación al calzado minimalista provoca diferencias en la activación muscular.

Aumentar la fuerza y la resistencia de la musculatura puede ser una intervención adecuada para reducir la acumulación de micro impactos que pueden desembocar en una rotura por estrés (Warden , Davis & Fredericson , 2014).

Como se ha dicho anteriormente, el entrenamiento con calzado minimalista ayuda a fortalecer los músculos del pie y , además; modifica el patrón de activación muscular dando mayor protagonismo al tríceps sural que a los músculos de la zona anterior. Es necesaria

mayor investigación acerca de esta cuestión, pero estos factores podrían ayudar a prevenir cierto tipo de lesiones, como las causadas por el estrés.

Edema óseo y dolor.

Ridge et al. (2013), observaron un aumento significativo de edema óseo tras 10 semanas de adaptación a calzado minimalista. Esto demuestra un aumento de estrés en el pie que, si bien – según el nivel en al escala MES- no tiene que indicar lesión, sí que puede provocar desequilibrios que acaben desembocar en lesión. Además, dos corredores pertenecientes al grupo de entrenamiento con MS (19 personas) sufrieron fracturas por estrés. (Ver tabla en Anexo 3)

A pesar de no encontrar diferencias en discapacidad del pie y el tobillo (FADI) tras 12 semanas de entrenamiento con SH, calzado minimalista parcial y minimalista total; Ryan, Newsham-West & Taunton (2013), señalan que, tras la intervención, el grupo que entrenó con calzado minimalista parcial demostraban más dolor en la espinilla y el gemelo que el resto de condiciones.

Estos datos avisan del riesgo de sufrir lesión o dolor al realizar carrera en barefoot o con calzado minimalista en sujetos no habituados a ello. Por esto y por lo análisis realizados en otros apartados se considera importante tener mucha precaución a la hora de prescribir la realización de carrera en BF y MS. No obstante, sí que se han encontrado ciertos factores que pueden favorecer la prevención de lesiones y , por eso, si se cree oportuno utilizar esta forma de entrenamiento, se debe realizar una progresión muy lenta y cuidadosa para poder disfrutar de los beneficios aportados minimizando el riesgo de lesión

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Antes de proponer una intervención de transición hacia un calzado minimalista, se debe tener en cuenta que todavía existe una gran controversia sobre si ayuda o no a reducir el riesgo de lesión asociado a la carrera.

Por un lado, en varios artículos incluidos en este estudio las intervenciones que han realizado no demuestran ser efectivas ya que denotan mayor riesgo de lesión como se refleja en un aumento del edema óseo post-intervención (Ridge et al., 2013), mayor dolor (Ryan et al. ,2013) o mayor pico de impacto y ratio de carga (Moore et al. , 2014).

Por otro lado, sí que encontramos que otras intervenciones que han aportado datos positivos como son menor ratio de carga y pico de impacto (Khowailed et al. , 2015) , aumento de volumen muscular , flexibilidad y fuerza en el pie (Miller et al. ,2014).

De hecho, la propuesta de intervención que se va a mostrar a continuación va a basarse en las intervenciones que han tenido éxito pero , además, va ser una progresión más larga para minimizar los riesgos de lesión y conseguir una transición hacia la utilización de calzado minimalista de forma segura.

Esta intervención estará formada por dos fases: Fase de fortalecimiento y fase de adaptación.

Fase 1: Fortalecimiento

Objetivo: Fortalecer estructuras musculoesqueléticas del tobillo y el pie.

Método: Ejercicios de fortalecimiento 3 veces/ semana (Ver tabla en Anexo 4) + Volumen de carrera en calzado habitual con indicaciones técnicas. (Ver tabla en Anexo 4)

Fase 2: Adaptación

Objetivo: Realizar transición hacia calzado minimalista.

Método: Ejercicios de fortalecimiento 2 veces/semana +aumento progresivo de volumen de carrera en calzado minimalista (Ver tabla y gráfica en Anexo 5)

6. BIBILIOGRAFÍA

Allison R. & Davis P. (2012). Barefoot Running: Biomechanics and Implications for Running Injuries. *Current sports medicine reports*, 11(5): 244-50.

Daoud A., Geissler G., Wang F., Saretsky J., Daoud Y & Lieberman D. (2012) Foot Strike and Injury Rates in Endurance Runners: A Retrospective Study.*Medicine and science in sports and exercise* , 44(7): 1325–1334

Esculier J-F., Dubois B., Dionne C., Leblond J. & Roy J-S. (2015). A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *Journal of Foot and Ankle Research,* 8:42.

Fredericks W. Swank, S., Teisberg M., Hampton B., Ridpath L & Hannah J. (2015). Lower extremity Biomechanical Relationships with Different Speeds in Traditional, Minimalist and Barefoot Footwear. *Journal of Sports Science and Medicine,* 14, 276-283.

Instituto Nacional de Estadística (2014), Encuesta Europea de Salud en España 2014.

Hashish R., Sachithra D., Samarawickrame S., Baker L. & Salem G. (2016). The Influence of a Bout of Exertion on Novice Barefoot Running Dynamics. *Journal of Sports Science and Medicine,* 15(2): 327-34

Hespanhol Junior L.C., Pena Costa L.O & Lopes A.D. (2013).Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *Journal of Physiotherapy,* 59(4):263-9.

Hollander K., Arqubi-Wollesen A., Reer R. & Zech A. (2015). Comparison of Minimalist Footwear Strategies for Simulating Barefoot Running: A Randomized Crossover Study. *Public Library of Science one,* 10(5)

Kluitenberg B., Van Middelkoop M., Diercks R. & Van der Worp H. (2015). What are the Differences in Injury Proportions Between Different Populations of Runners? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine,* 45(8):1143-61

Khowailed I., Petrofsky J., Lohman E. & Daher N. (2015). Six Weeks Habituation of Simulated Barefoot Running Induces Neuromuscular Adaptationsand Changes in Foot Strike Patterns in FemaleRunners. *Medical Science Monitor,* 21:2021-2030.

Lieberman D., Venkadesan M., Werbel W., Daoud A., D'Andrea S., Davis I., Mangeni R. & Pitsiladis Y. (2010). *Nature,* 463(7280):531-5

Lopes A.D., Hespanhol J.L., Yeung S.S. & Costa L.O. (2012). What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports medicine,* 42(10):891-905.

Miller E., Whitcome K., Lieberman D., Norton H. & Dyer R. (2014). The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *Journal of Sport and Health Science,* 3(2014):74-85.

Ministerio de Educación Cultura y Deporte (2015), Anuario de estadísticas deportivas 2015.

Moore I., Pitt W., Nunns M. & Dixon S. (2014). Effects of a seven-week minimalist footwear transition programme on footstrike modality,pressure variables and loading rates. *Footwear Science.* 0;1-13.

Muñoz-Jimenez M., Latorre-Román P., Soto-Hermoso V. & García-Pinillos F. (2015). Influence of shod/unshod condition and running speed on foot-strike patterns, inversion/eversion, and vertical foot rotation in endurance runners. *Journal of sports sciences,* 33(19):2035-42.

Murphy K., Curry E. & Matzkin E. (2013). Barefoot Runnings: Does it prevents injuries?. *Sports Medicine,* 43:1131.

Ridge S., Johnson A., Mitchell U., Hunter I., Robinson E., Rich B. & Brown S. (2013). Foot Bone Marrow Edema after 10-Week Transition to Minimalist Running Shoes. *Medicine and science in sports and exercise,* 45(7):1363-8

Ryan M., Newsham-West R. & Taunton J. (2013). Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *British Journal of Sports Medicine,* 10.1136.

Tam N., Astephen J., Coetzee D., Van Pletsen L. & Tucker R. (2016). Loading rate increases during barefoot running in habitually shod runners: Individual responses to an unfamiliar condition. *Gait & Posture,* 46: 47-52.

Warden S., Davis I. & Fredericson M. (2014). Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 44(10): 749-65.

Willy R. & Davis I. (2013). Kinematic and Kinetic Comparison of Running in Standard and Minimalist Shoes. Medicine and science in sports and exercise, 46(2): 318-323.

Zapdoor A. & Nikooyan A.(2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. *Clinical biomechanics* ,26(1):23-8.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1: Fotografía sobre diferencias entre RFS y FFS

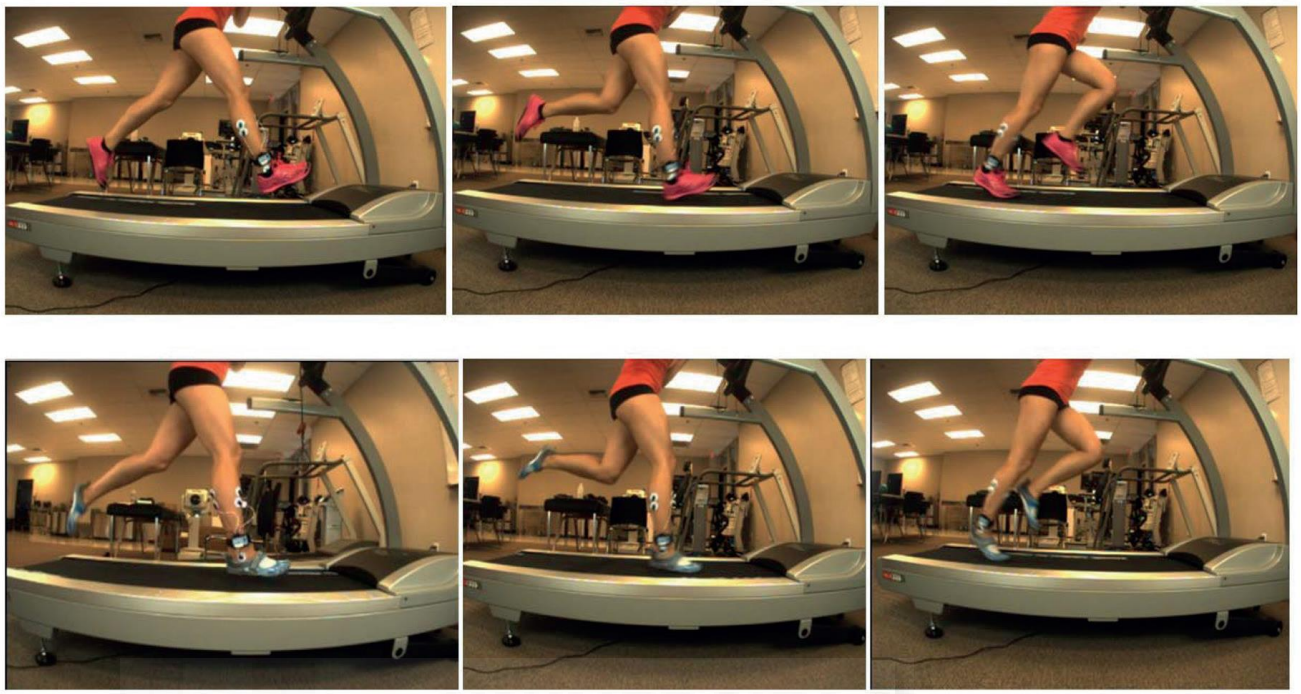

Imagen 1: Pisada en RFS (arriba) y FFS(debajo) extraído de Khowailed et al.(2015)

7.2. Anexo 2: Gráfica diferencias entre ratio de carga medio y pico de carga en SBR y SH.

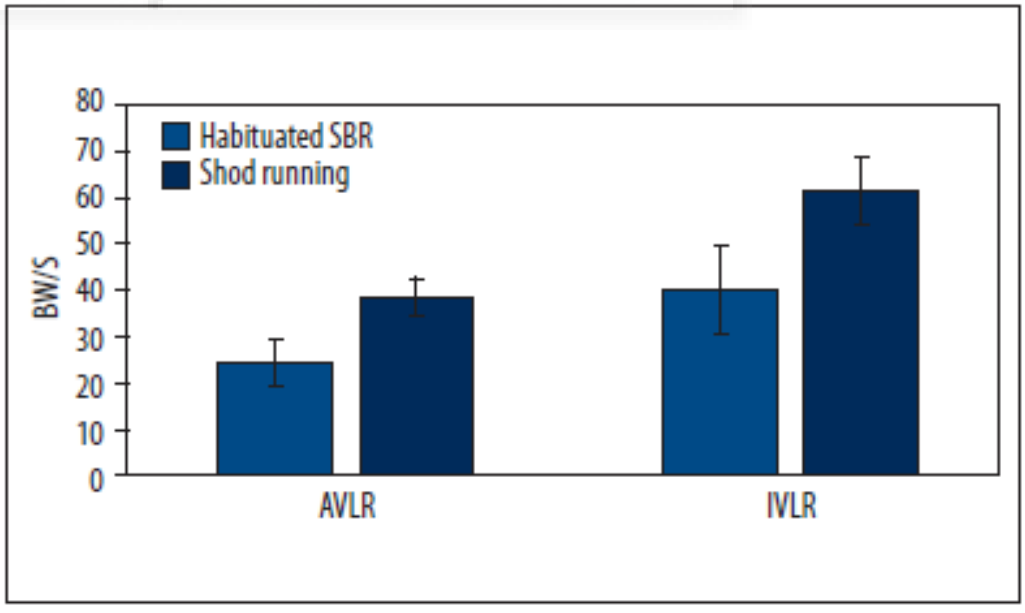

Figura 1: Ratio de carga medio (AVLR) y Pico de impacto instantáneo (IVLR) durante pre- y post- intervención. Extraído de Khowailed et al. (2015)

7.3. Anexo 3: Tabla con efectos en edema óseo tras intervención en MS y SH.

Post-test Marrow Edema Score	Control	Vibram
Non-injury (0-1)	16	9
Injury (2-4)	1	10

Tabla 2: Número de sujetos lesionados y no lesionados tras intervención entre Control (calzado tradicional) y Vibram (calzado minimalista). Extraído de Ridge et al. (2013)

7.4. Anexo 4: Tablas con rutina de fortalecimiento y consejos a la hora de realizar carrera.

Tabla 2: Rutina de fortalecimiento musculoesquelético.

TIPO	EJERCICIO	VOLUMEN
PROPIOCEPCION	Equilibro estático monopodal	4x30"
	Equilibrio monopodal con estimulación externa	4x30"
FUERZA	Flexión/Extensión+ Abducción/aducción dedos del pie.	3x15 reps.
	Flexión-Extensión plantar con pierna en extensión	3x15 reps.
	Excéntrico de gemelos (Heel raise)	4x8 reps.
PLIOMETRÍA	Salto a la comba	4x30"/15"
	Sentadilla con salto	3x10 reps/30"
	Salto con una pierna y recepción con los dos.	3x10 reps/ 30"
FLEXIBILIDAD	Estiramiento de gemelo con gomas elasticas.	4x30"
	Automasaje fascia plantar con pelota de tenis.	2x1'
Extraído y adapto de Khowailed et al. (2015) y Moore et al. (2014)		

Tabla 3: Indicaciones sobre técnica de carrera.

Mantén zancada corta y aumenta cadencia
Apoya el pie lo más suave posible
Apoya con la parte delante del pie permitiendo al talón contactar inmediatamente después
Mantén las caderas hacia delante y la cabeza arriba
Extraído de Khowailed et al. (2015)

7.5. Anexo 5: Tabla y gráfica de transición en volumen hacia calzado minimalista

Tabla 4: Transición en volumen (% del tota)hacia calzado minimalista

MES/CALZADO	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4	
	Habitual	Minimalista	Habitual	Minimalista	Habitual	Minimalista	Habitual	Minimalista
1	95%	5%	95%	5%	90%	10%	90%	10%
2	85%	15%	80%	20%	80%	20%	80%	20%
3	75%	25%	75%	25%	70%	30%	70%	30%
4	70%	30%	65%	35%	60%	40%	60%	40%
5	55%	45%	50%	50%	50%	50%	45%	55%
6	45%	55%	40%	60%	40%	60%	40%	60%

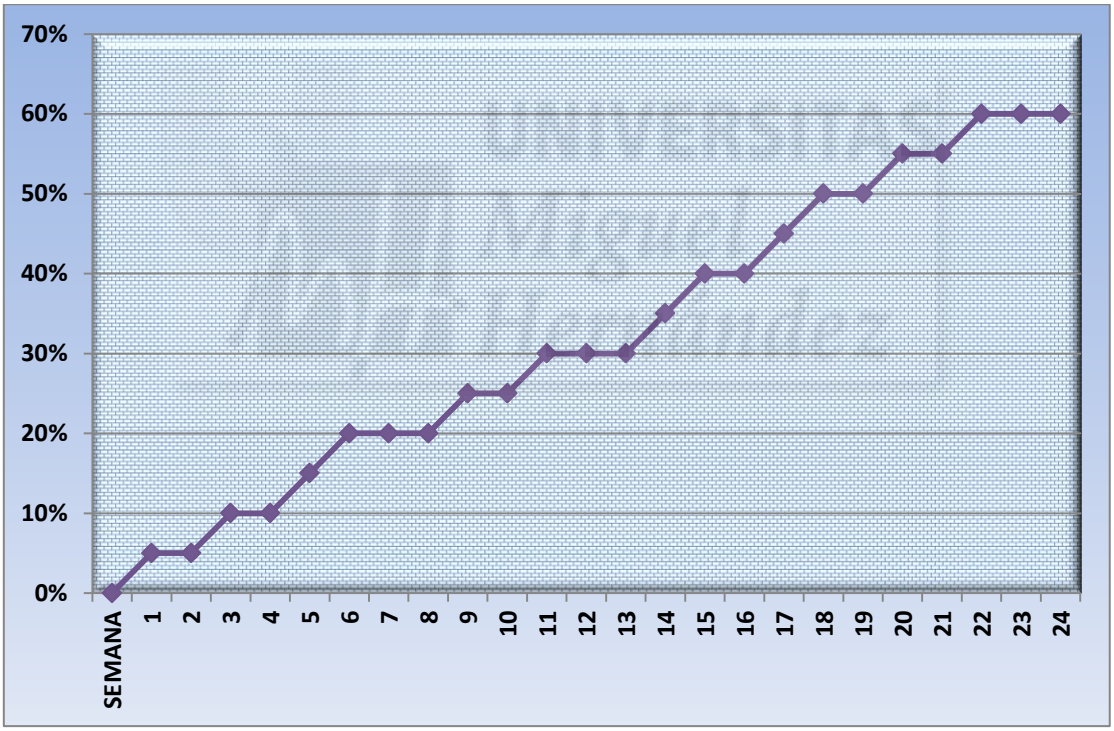

Figura 2: Gráfica sobre transición en volumen (% del total entrenamiento) hacia calzado minimalista.