



Universidad de Valladolid



FACULTAD DE FISIOTERAPIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

La importancia del calzado en las principales lesiones de rodilla en corredores

Presentado por: Javier Izquierdo Peña

Tutora: Isabel Carrero Ayuso.

Lugar y fecha: Soria – Julio 2016

La importancia del calzado en las principales lesiones de rodilla en corredores.
Javier Izquierdo Peña.

Índice:

CONTENIDO	PÁG.
1. Resumen.	5
2. Introducción y justificación.	6
2.1. Zapatillas para correr.	10
2.1.1. Tipos de zapatillas deportivas.	12
2.2. Biomecánica del <i>running</i> .	12
2.2.1. Fase de apoyo.	13
2.2.1.1. Periodo de contacto o de contacto inicial.	13
2.2.1.2. Fase de medio-apoyo o apoyo completo.	14
2.2.1.3. Fase de propulsión.	14
2.2.2. Fase de vuelo.	14
2.3. Tipos de alteraciones músculo – esqueléticas.	15
2.4. Justificación.	16
3. Objetivos.	17
4. Desarrollo del trabajo.	18
4.1. Material y métodos.	18
4.1.1. Bases de datos utilizadas.	18
4.1.2. Palabras clave.	18
4.1.3. Estrategias de búsqueda.	18
4.1.4. Criterios de inclusión.	19
4.2. Resultados.	19
4.2.1. Importancia del calzado en las lesiones de rodilla en corredores que usan calzado deportivo tradicional en función del CI.	19
4.2.2. Importancia del calzado en las lesiones de rodilla en corredores que usan calzado deportivo tradicional en función del arco plantar (relacionado con las alteraciones músculo-esqueléticas).	27
4.2.3. Otros factores.	32
4.2.3.1. Superficie de entrenamiento y calzado.	32
4.2.3.2. Errores de entrenamiento.	32
4.2.3.3. Sobrepeso.	32
4.2.3.4. Edad, sexo, altura.	33
4.2.3.5. Cordones.	33
4.2.3.6. Vida útil de las zapatillas.	33
4.3. Discusión.	34
5. Conclusiones.	37
6. Bibliografía.	38

La importancia del calzado en las principales lesiones de rodilla en corredores.
Javier Izquierdo Peña.

1. RESUMEN

El enfoque contemporáneo orientado al mantenimiento y a la mejoría de la salud ha puesto de moda el *running* en nuestro país pero la práctica de este deporte no está exenta del riesgo de padecer lesiones.

En la sociedad actual está muy extendida la idea de que la equipación con zapatillas con la última tecnología puede proteger y ayudar a mejorar frente a las lesiones, no solo de rodilla sino también de otras partes del cuerpo.

Los diversos estudios científicos analizados pretenden establecer el grado de relación que existe entre el uso de zapatillas modernas y la aparición de lesiones o si realmente existen otros factores más importantes a la hora de evitar daños en los tejidos de los corredores.

Después de analizar dichos estudios se establece que existe un mayor riesgo de lesiones cuando se relacionan una mala técnica de carrera (alteraciones biomecánicas) o alteraciones músculo-esqueléticas (principalmente alteraciones del arco plantar) con el individuo que practica *running*.

Por lo tanto se establece que hay factores más importantes que las zapatillas de correr para la prevención de lesiones de rodilla en corredores, las cuales no solo no son un factor protector sino que incluso pueden ser un factor de riesgo debido a las modificaciones que producen en la mecánica de la carrera.

2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente vivimos con un enfoque acerca de la salud basado en el modelo biopsicosocial en el que, cada vez más, la persona es el propio generador y controlador de su salud. Recuperar la salud (controlar una enfermedad, controlar el peso, cambiar el estilo de vida, etc.) es el principal motivo que impulsa a los individuos a la realización de ejercicio físico junto con otros aspectos que además acompañan a éste y que no se deben despreciar, como por ejemplo: incrementar el rendimiento deportivo, mejorar la apariencia física, parecer más joven, favorecer las relaciones sociales, afrontar retos de superación personal o, simplemente, mejorar¹.

Hoy en día sabemos que la práctica de una actividad física moderada y bien periodizada reduce el riesgo de padecer numerosas enfermedades entre las que destacan la diabetes, la hipertensión, las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Por otra parte, también la práctica de actividad física de entre 75 y 150 minutos produce beneficios importantes en cuanto al aumento de la densidad mineral ósea, o a las mejoras de la calidad de vida y de los aspectos psicológicos².

En los últimos años se ha observado en la sociedad española un aumento de la popularidad de la carrera (o *running*) puesto que es un ejercicio accesible para todas las personas (entendiéndose *running* como carrera continua desde aproximadamente 800 m, excluyéndose carreras de velocidad). Este fenómeno lo podemos observar en la cantidad de carreras populares que se celebran anualmente en múltiples ciudades de nuestra geografía. El aumento de la aceptación de este ejercicio es resultado del cambio de mentalidad de la población así como de una adecuada promoción de la salud por parte de los gobiernos³. El auge del *running* ha provocado un aumento de la venta de zapatillas deportivas llegando a duplicarse el número de unidades produciendo que la industria relacionada movilice alrededor de 300 millones de euros al año. Las estimaciones dicen que en España hay aproximadamente unos 2,5 millones de habitantes que practican esta forma de deporte de forma más o menos habitual⁴.

Aunque los beneficios que genera la práctica deportiva son sustancialmente superiores a los riesgos que conlleva su realización debemos saber que la actividad física no está exenta del riesgo de padecer lesiones, bien sean producidas de forma aguda (repentinas con causa y comienzo bien definido) o debidas a un uso excesivo (lesiones por sobreuso o sobrecarga de tejidos corporales)⁵.

Este trabajo se va a centrar sobre todo en las lesiones producidas por uso excesivo ya que la práctica del *running* genera principalmente este tipo de lesiones y son sobre las que más se puede actuar desde la fisioterapia preventiva.

Normalmente, las lesiones por uso excesivo se producen debido a cambios en el patrón de carga y estos cambios pueden deberse tanto a factores internos (dependen de aspectos intrínsecos de la persona) como externos (factores que no dependen de la persona sino de elementos externos a ella). Por lo tanto, para nuestro estudio es esencial determinar los factores desencadenantes de esta modificación del patrón de carga con el fin de poder modificarlos y obtener un tratamiento satisfactorio para los pacientes.

El principal factor de riesgo interno que va a modificar el patrón de carga que se quiere rectificar mediante el uso de una zapatilla adecuada es el defecto de alineación de la extremidad inferior⁵ que puede considerarse como un defecto biomecánico. Seguido de este, es importante destacar otro factor de riesgo importante: las alteraciones músculo-esqueléticas, alteraciones que vienen determinadas, sobre todo, en forma de modificaciones del arco plantar.

Por su parte, el principal factor de riesgo externo va a ser la propia zapatilla que el corredor utiliza durante la carrera³.

Otros factores de riesgo importantes, y que serán analizados de forma somera al final del documento, son las características de la superficie de entrenamiento, el volumen, la intensidad y la frecuencia del entrenamiento, así como el sobrepeso, la edad, el sexo, la altura y el propio desgaste de las zapatillas⁶ (Figura 1).

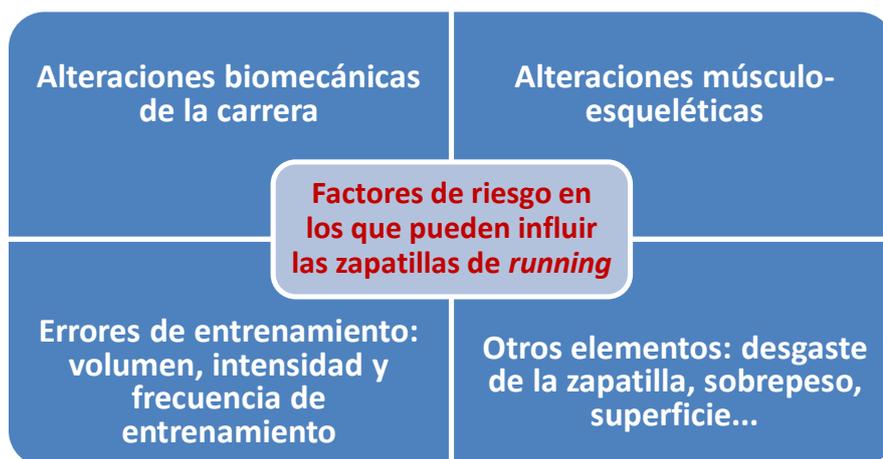


Figura 1. Principales factores de riesgo e influencia de las zapatillas sobre los mismos.

No corregir, o eliminar, esos factores de riesgo, sobre todo si se realizan actividades durante periodos prolongados de tiempo, va a producir lesiones en tobillos, caderas y rodillas (Figura 2), siendo estas últimas el objeto de estudio de este trabajo puesto que son las lesiones más habituales en las personas que practican este deporte, con un 46,2% de los casos⁷, aunque de ahora en adelante siempre que se hable de lesiones se hará en función de las lesiones representadas en la Figura 2.

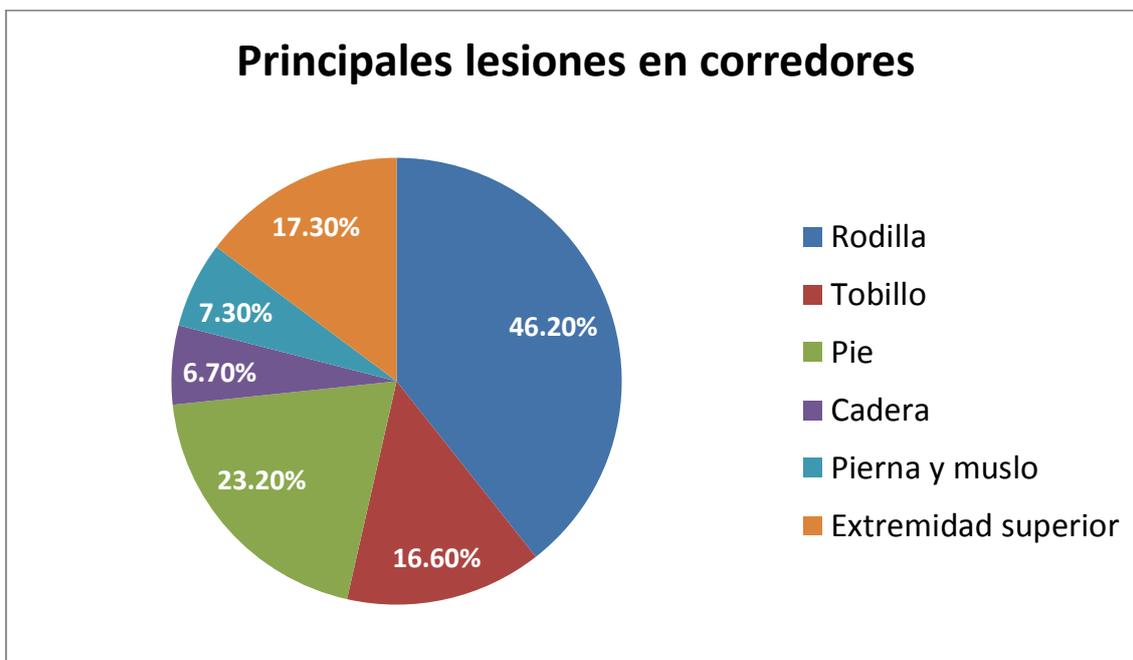


Figura 2. Localización y porcentajes de las principales lesiones en corredores⁷.

Además, se estima que hasta el 79% de las personas que practican el *running*, tanto si es de forma competitiva como de no competitiva, va a sufrir algún tipo de lesión de estas características a lo largo de su carrera deportiva y estas lesiones pueden disminuir la calidad de vida de forma considerable bien sea de forma temporal o definitiva⁸. Se estima que los corredores habituales padecen entre 2,5 y 12 lesiones por cada 1000 horas de *running*⁹.

Para el desarrollo de este estudio es imprescindible definir cuáles son las principales lesiones de rodilla que se producen en corredores, así como establecer el porcentaje de incidencia de las mismas. La Tabla 1 recoge las lesiones más frecuentes según Nicolini et al. (2014)¹⁰, a la vez que resume brevemente en qué consiste cada una de estas patologías.

Tabla 1. Principales lesiones de rodilla en corredores¹⁰ y definición de las mismas¹¹.

TIPO DE LESIÓN (tejido lesionado)	DEFINICIÓN	% DE INCIDENCIA
Lesión meniscal	Desgarro, rotura (parcial o total) o degeneración del disco fibrocartilaginoso que hace que la articulación de la rodilla sea congruente.	23%
Síndrome femoropatelar	Desgaste por acción de fuerzas mecánicas del tejido cartilaginoso que recubre la rótula por su parte posterior.	18%
Lesión del ligamento cruzado anterior (LCA)	Rotura o desgarro del ligamento cruzado encargado de mantener la estabilidad de la rodilla, el cual se encarga de evitar que la tibia se desplace hacia adelante.	10%
Tendinopatía rotuliana o condromalacia rotuliana	Dolor causado por la irritación o inflamación del tendón rotuliano.	10%
Inestabilidad patelar o rotuliana	Luxación o salida de la rótula de su superficie articular correspondiente.	3%
Otros: síndrome de la cintilla iliotibial, hematomas, dolor...	-	36%

Está muy extendida la afirmación de que un calzado adecuado es fundamental tanto para mejorar como corredor como para evitar la aparición de lesiones. Según la literatura consultada en webs no científicas, las zapatillas son el equipamiento más importante del corredor debido a que son la herramienta que

comunica el aparato locomotor con el suelo. Se postula que hay que elegir un calzado de calidad y que se ajuste a nuestras características biomecánicas¹². Sin embargo a lo largo de esta revisión bibliográfica se va a tratar de esclarecer lo que indica la ciencia sobre lo acertado o no de estas afirmaciones tan populares.

Previamente, para poder entender mejor distintos términos que se van a utilizar en el presente documento es importante conocer mínimamente el principal objeto de este estudio: las zapatillas de *running*.

2.1. ZAPATILLAS PARA CORRER

Las zapatillas de *running* están formadas por las siguientes estructuras básicas (Figura 3) que son fundamentales a la hora de ajustarse a las características de cada corredor¹³:

- **Horma:** determina la forma de la zapatilla.
- **Suela media:** es la parte más importante de la zapatilla. Dependiendo de su composición se determinan la amortiguación, la estabilidad, la flexibilidad y el peso de la zapatilla. Los materiales más utilizados para la fabricación de esta parte son el poliuretano, el acetato de vinilileno y diversos geles que favorecen la absorción de impactos. Además, estos materiales son fácilmente maleables y son utilizados para adaptar la zapatilla a las características de la persona que las calza.
- **Pala:** está compuesta por materiales ligeros para reducir la carga durante la carrera. Esta parte es la encargada de adaptar la suela media al pie y proporcionar comodidad. Se compone de contera del talón, lengüeta, puntera y cordones.
- **Suela externa:** hecha de caucho, carbono u otros materiales resistentes a los impactos y al rozamiento. Se localiza en la parte inferior de la zapatilla y es la estructura que está en contacto con el suelo durante la carrera.



Figura 3. Partes de la zapatilla para correr¹⁴.

Las funciones y **propiedades** más destacadas para las zapatillas de *running* son:

- 1) Proteger el pie: de impactos, roces, frío...
- 2) Transpirar y favorecer la eliminación de sudor.
- 3) Proporcionar estabilidad a la pisada.
- 4) Aportar flexibilidad y ligereza (aunque estas propiedades pueden ir en contra del punto anterior y favorecer lesiones de forma indirecta).
- 5) Favorecer el gesto deportivo.

En cuanto a los **efectos beneficiosos** que deben proporcionar las zapatillas de *running* se incluyen:

- **Amortiguar las fuerzas generadas durante la carrera:** sin el calzado adecuado estas fuerzas son absorbidas directamente por el aparato locomotor. Los cartílagos, huesos, tendones y demás estructuras absorben estas fuerzas y pueden producirse lesiones en ellos. De forma paralela, un exceso de amortiguación también puede generar lesiones así como disminuir el riesgo para el deportista¹⁵.
- **Estabilizar la pisada,** sobretodo del mediopié, con lo que se facilita la transición entre el apoyo del talón y el apoyo del antepié.
- **Regular la tracción durante el paso:** la tracción no debe ser excesiva para no comprometer al rendimiento pero tampoco debe ser pobre

puesto que además de disminuir el rendimiento también puede favorecer las lesiones.

2.1.1. Tipos de zapatillas deportivas

Las principales marcas de zapatillas fabrican, atendiendo al tipo de pisada, tres tipos de zapatillas¹²:

- 1) **Neutras:** para personas de hasta 75 kg y que posean una buena pisada¹⁶.
- 2) **Estabilizadoras:** para personas que realizan largas distancias (más de 25 kilómetros a la semana) o personas que estén por encima de los 75 kg.
- 3) **Control de movimiento:** adecuadas para personas con pronación del pie (también se conocen como antipronadoras). Actualmente el 70% de las personas presentan pronación del pie pero estas zapatillas también son adecuadas para personas con sobrepeso manifiesto puesto que el exceso de peso hace que descienda la bóveda plantar y haya tendencia a la hiperpronación.

Para realizar un estudio acerca de qué tipo de zapatilla es más importante para cada corredor es imprescindible conocer cuál es la biomecánica de la carrera y cuál es la técnica de carrera más adecuada para prevenir las lesiones de rodilla¹⁷.

2.2. BIOMECÁNICA DEL *RUNNING*

La marcha y la carrera son las principales formas de la locomoción humana. Mientras que la marcha se caracteriza por una secuencia que alterna una fase de apoyo con otra de dos apoyos, la carrera se caracteriza por tener fases de apoyo y de vuelo^{17,18} (ambos pies en el aire). Por lo tanto, se puede afirmar que, biomecánicamente y de forma muy resumida, durante la carrera se distinguen las siguientes fases^{19,20} (Figura 4):

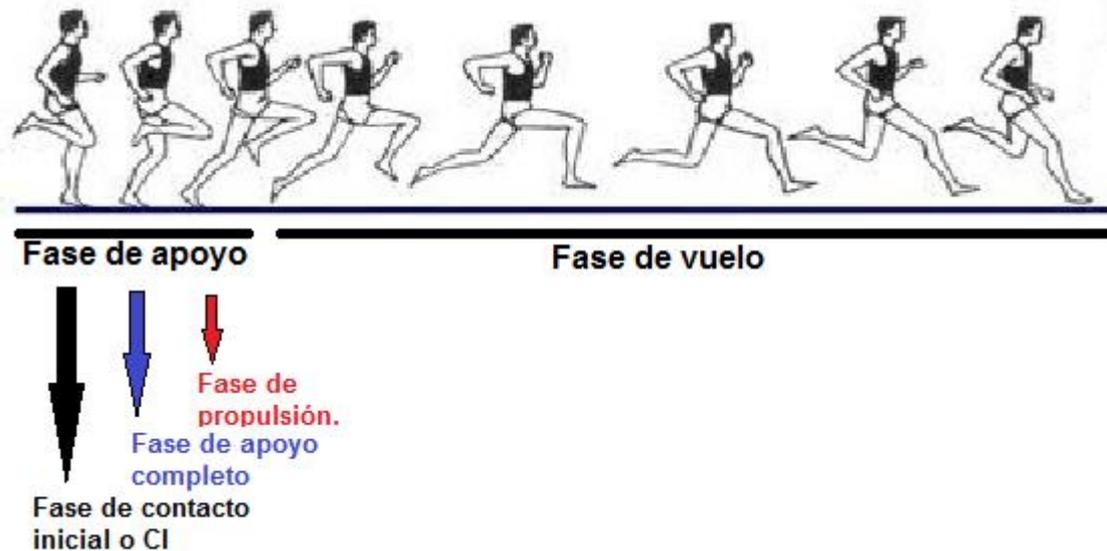


Figura 4. Fases de la carrera²¹. Imagen modificada.

2.2.1. Fase de apoyo

2.2.1.1. Periodo de contacto o de contacto inicial (CI)

Esta fase empieza en la mayor parte de los casos con el apoyo del talón y termina con el apoyo del antepié. El apoyo en el calcáneo tiene que soportar entre 2 y 4 veces el peso de nuestro cuerpo. Juega un papel fundamental el músculo tibial anterior que ralentiza la caída del pie sobre el suelo. Para realizarlo debe realizar una contracción excéntrica.

Una vez apoyado el calcáneo, la articulación del tobillo realiza una pronación con la finalidad de disminuir la energía del impacto con el suelo y, además, favorece la adaptación del pie al terreno.

Es imprescindible corregir cualquier pérdida de alineación o disimetría en esta fase puesto que estas modificaciones van a influir negativamente en la articulación del tobillo, de la rodilla y de la cadera, así como en la pelvis y la columna vertebral.

La pronación del pie produce una rotación interna de la tibia, lo cual lleva a la rodilla también a realizar una rotación interna y una flexión, que produce el movimiento de la pelvis hacia adelante favoreciendo el desplazamiento hacia adelante, aunque también una hiperlordosis.

2.2.1.2. Fase de medio-apoyo o apoyo completo

Comprende el periodo desde el cual el antepié se apoya completamente hasta el levantamiento del talón del suelo. El pie se convierte en una palanca que favorece el despegue del suelo.

2.2.1.3. Fase de propulsión

Se inicia con el levantamiento del talón y termina con la separación de los dedos del suelo. Los principales músculos responsables son los gemelos y el soleo mientras que los peronéos y el tibial posterior se encargan de estabilizar el pie.

2.2.2. Fase de vuelo

Es aquella fase en la que no existe contacto del pie con el suelo. Es fundamental que el pie tenga una dorsiflexión adecuada para impedir que el antepié golpee con el suelo gracias al extensor de los dedos y el tibial anterior.

Este ciclo de la carrera requiere de una coordinación que involucra a todo el cuerpo y requiere de un análisis exhaustivo mediante instrumentos sofisticados que permita investigar las características de cada corredor para modificar la eficacia y eficiencia de la carrera o estudiar otras variables importantes que contribuyan a la disminución de las lesiones, como la alineación de la extremidad inferior o diferentes tipos de zapatillas¹⁷.

Dentro de este apartado relacionado con la biomecánica nos interesa sobre todo el apartado del contacto inicial (CI). Entre los corredores existen tres tipos distintos de CI²²:

- De talón o retropié: 75%.
- De metatarsianos o mediopié: 23%
- De antepié: 2%.

Actualmente, las zapatillas están centradas en: amortiguar y estabilizar estos tipos de apoyo, corregir las alteraciones músculo-esqueléticas en función del arco plantar (neutro, pronador, supinador) y prevenir lesiones.

2.3. TIPOS DE ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS

Una de las clasificaciones más aceptadas en el mundo del *running* está relacionada con la altura del arco longitudinal del pie. De este modo, nos podemos encontrar tres tipos de corredores en función de este arco y de la desviación del tobillo (Figura 5):

- 1) **Corredores pronadores:** presentan arcos plantares bajos, es decir, tienen tendencia al pie plano.
- 2) **Corredores neutros:** con arcos plantares normales.
- 3) **Corredores supinadores:** relacionados con arcos plantares altos.



Figura 5. Pie con pronación, supinación y neutro²³.

Dentro de estos tres tipos de corredores, aquellos que tienen una carrera en pronación presentan una mayor carga medial, los que tienen una carrera supinadora (solo el 5-10% de los corredores) tienen una mayor carga lateral y los corredores neutros tienen una carga repartida de forma homogénea en la planta del pie (Figura 5).

Aunque, biomecánicamente, durante la carrera se pueden producir lesiones debido a otras alteraciones de la alineación de la extremidad inferior, a lo largo del siguiente apartado se va a profundizar en la capacidad que tiene el calzado para corregir las alteraciones músculo-esqueléticas así como en la influencia del tipo de contacto inicial en las lesiones y cómo las zapatillas pueden absorber o estabilizar la pisada para evitar lesiones en los corredores. Por lo

tanto, se va a proceder a realizar una revisión bibliográfica para establecer la relación entre las lesiones por uso excesivo y el calzado en función de:

1. El contacto inicial del talón en el suelo durante la carrera.
2. El arco plantar: la neutralidad, la pronación o la supinación del tobillo durante la carrera.
3. Otras variables.

2.4. JUSTIFICACIÓN

Para el campo de trabajo del fisioterapeuta es siempre más importante la fisioterapia preventiva que la correctiva puesto que la primera permite evitar las lesiones antes de que aparezcan, evitando, así, padecimientos futuros a la persona lesionada y favoreciendo también el ahorro económico.

Una de las fuentes de lesiones más importantes, y por las que a menudo acuden a la consulta los deportistas, es el *running* que, actualmente, está en auge debido a la “moda” del estilo de vida saludable.

Este proyecto pretende dar a conocer los factores de riesgo y los mecanismos lesionales por los cuales se lesionan los corredores para que el fisioterapeuta, llegado el momento, pueda enseñar cómo evitar lesiones de rodilla o determinar por qué un paciente se ha lesionado después de la práctica deportiva estableciendo la relación de riesgo que existe entre calzado y lesión de rodilla.

3. OBJETIVOS

➤ **Objetivo principal:**

- a) Determinar la influencia de las zapatillas en la aparición de lesiones en la rodilla.

➤ **Objetivos secundarios:**

- b) Conocer cómo es la técnica de carrera adecuada a fin de prevenir lesiones en la extremidad inferior.
- c) Determinar cuáles son los factores de riesgo asociados a la aparición de lesiones de rodilla en corredores.
- d) Establecer la importancia de la prevención de lesiones en corredores dentro del ámbito de la fisioterapia.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1.1. Bases de datos utilizadas

Esta revisión bibliográfica ha sido elaborada utilizando las bases de datos con documentación científica más importantes del mundo, siendo principalmente Medline-PubMed y la Biblioteca Cochrane Plus. También se han consultado otras como SCieLo y PEDro además de buscadores como *Google Scholar*.

Todos los artículos científicos introducidos a lo largo del trabajo fueron resultados obtenidos en Medline-PubMed y *Google Scholar* debido a que son una fuente de información más amplia y fiable que las otras mencionadas, que además no aportaron ni un solo artículo relevante para este estudio.

4.1.2. Palabras clave

- a. **Palabras clave en inglés:** *injuries, prevention, runners, knee injury, shod, running shoes, barefoot, footwear, athletes, plantar shape, running biomechanics, plantar arch, foot strike pattern, rear foot strike, fore foot strike, injury rates, arch height, pronation, supination, stability shoe, cushioning shoe, motion control shoe.*
- b. **Palabras clave en español:** lesiones, prevención, corredores, lesiones de rodilla, calzado, zapatillas de correr, descalzo, zapatillas, atletas, planta del pie, biomecánica de la carrera, arco plantar, patrón de apoyo del pie, apoyo posterior del pie, apoyo anterior del pie, tasa o frecuencia de lesiones, altura del arco plantar, pronación, supinación, zapatilla estabilizadora, zapatilla amortiguadora, zapatilla de control de movimiento.

4.1.3. Estrategias de búsqueda

Durante el desarrollo del trabajo se ha empleado una gran cantidad de estrategias de búsqueda utilizando a conveniencia las palabras clave descritas en el apartado anterior. Para su realización se ha establecido una pregunta PICO (**P**atients, **I**ntervention, **C**omparison, **O**utcomes) uniendo los términos entre sí mediante los operadores booleanos AND, OR y NOT según se

necesitaran. Se detalla a continuación una de las estrategias de búsqueda utilizadas a modo de ejemplo: *(runners OR athletes) AND (running shoes OR shod OR footwear) AND (biomechanics OR injury OR injuries) AND (effectiveness OR effective)*.

Esta estrategia de búsqueda permitió detectar un total de diecisiete documentos útiles entre los cuales se encuentra, concretamente en el puesto 12, uno de los artículos más relevantes utilizados en este documento, el del doctor Lieberman y col. *(Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature, 2010)*²⁴, puesto que es el que determina que es más importante el patrón de carga que la propia zapatilla.

4.1.4. Criterios de inclusión

Entre los artículos científicos se han incluido estudios aleatorios y estudios retrospectivos realizados en todo el mundo y con una antigüedad máxima de 10 años. Además, los artículos debían estar en inglés o castellano puesto que las búsquedas se han realizado siempre en estos dos idiomas.

Para otras fuentes de información menos relevantes, como imágenes o datos meramente informativos, no hubo restricción alguna en cuanto a idioma o fecha de publicación.

4.2. RESULTADOS

4.2.1. Importancia del calzado en las lesiones de rodilla en corredores que usan calzado deportivo tradicional en función del CI

Según los estudios analizados, las personas que tienen un contacto inicial de talón al realizar el ciclo de la carrera tienen una descompensación de las fuerzas que ascienden a lo largo de la extremidad inferior, lo que se traduce en un mayor riesgo de padecer lesiones, mientras que las personas que tienen un CI medio o de antepié, gracias a que la resultante de las fuerzas está alineada con su centro de gravedad, tienen menos riesgo de padecer lesiones^{24,25}.

El uso de zapatillas tradicionales promueve el CI de talón debido a que producen una modificación en la biomecánica de la pisada, que, a su vez, es debida a que son diseñadas con un grosor posterior muy superior al que existe

en la parte anterior²⁴, de ahí que los fabricantes se centren en la construcción de suelas que absorban lo más posible las fuerzas que se reciben en la región del calcáneo²⁶.

Sin embargo, estos esfuerzos de los fabricantes son, habitualmente, infructuosos, como reflejan las estadísticas de diversos estudios científicos que manifiestan que aun utilizando calzado específico, el porcentaje de corredores que padece lesiones por uso excesivo ronda el 80%²⁷.

Parece ser que el estudio de mayor relevancia con respecto a este aspecto fue elaborado por el Doctor Lieberman y sus colaboradores en la Universidad de Harvard en el año 2010. Este estudio muestra que los corredores con un patrón de apoyo de talón tienen que soportar en cada paso en ese talón entre 1, 5 y 3 veces su peso corporal, además de tener que soportar también la fuerza activa normal de cada zancada. A esta fuerza aplicada sobre el talón se la conoce como **pico de impacto** (Figura 6).

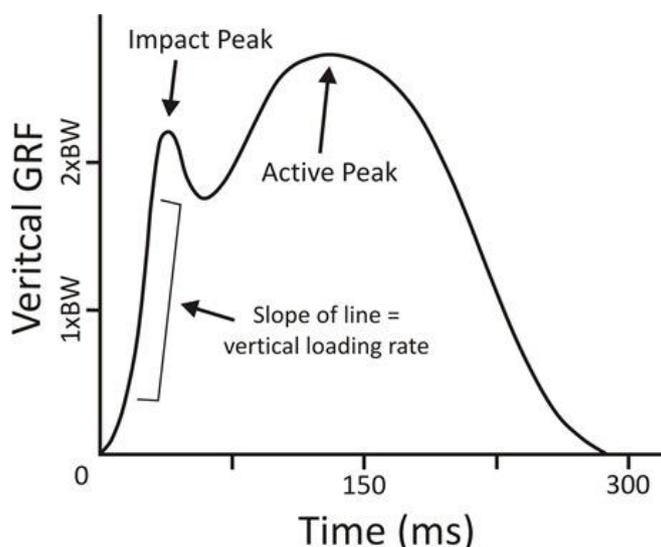


Figura 6. Pico de impacto sobre el calcáneo y su relación con el número de veces que tiene que soportar el peso corporal²⁸. BW: Body Weight. GRF: Ground Reaction Force.

El uso de zapatillas (que determina que las personas tengan apoyo inicial de talón en un 80% de los casos), debido a los sistemas de amortiguación y al mayor área de apoyo del talón, solo es capaz de reducir en un 10% esa fuerza

que se aplica sobre el calcáneo, no reduciendo de forma significativa la aparición de lesiones.

Para poder llegar a estas conclusiones, en el estudio de Lieberman et ál. (2010)²⁴ compararon a personas que utilizaban calzado moderno estándar frente a personas que usaban calzado minimalista (Figura 7), o simplemente no utilizaban calzado. Estos dos últimos grupos no presentaban CI inicial de retropié.



Figura 7. Calzado minimalista: sin aumento del grosor del talón y simulando el ir descalzo²⁹.

Durante el estudio se observó que en el impacto inicial para los grupos “minimalista” o “descalzo” no se produce el **pico de impacto**, el cual está asociado a las lesiones por uso excesivo (Figura 8) y se concluyó que correr descalzo o con calzado minimalista genera menor riesgo de padecer lesiones que el correr con zapatillas de *running*. Esto se debe a que el apoyo de antepié o mediopié favorece el sistema de amortiguación natural del cuerpo.

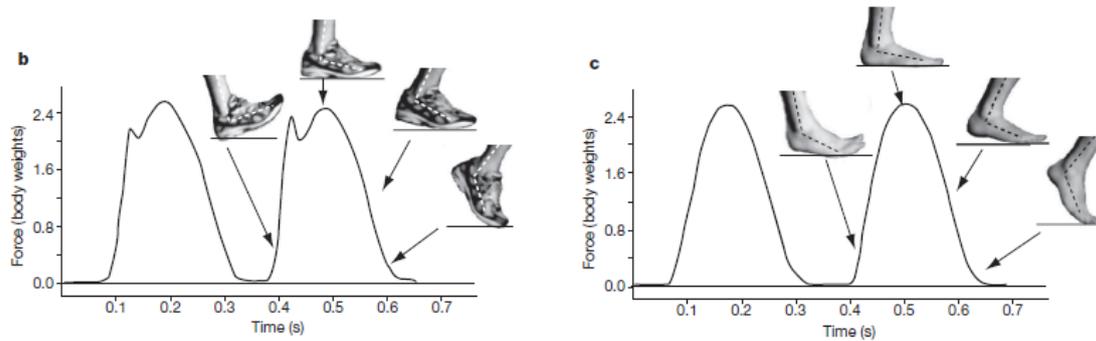


Figura 8. Diferencias entre las fuerzas resultantes de la pisada en función del uso de calzado tradicional (izquierda) y descalzo (derecha). La imagen izquierda presenta un CI de retropié en el cual se observa un pico de impacto relacionado con las lesiones, mientras que en la imagen derecha tan solo se observa la fuerza normal de la pisada²⁴.

No obstante, en las conclusiones también se afirmaba que las personas “descalzas” o con calzado minimalista que tienen un CI inicial de retropié sí que tienen mayor riesgo de padecer lesiones por uso excesivo que las personas que usan zapatillas y que tienen un CI de retropié.

Según este mismo estudio, el uso de zapatillas de *running* modernas, a su vez, debilita la musculatura del pie y, por ende, el arco plantar, lo cual favorece la pronación (sobre todo al cubrir largas distancias cuando ya existe fatiga), y esta pronación favorece la aparición de lesiones por alteración de la alineación de la extremidad inferior.

Por lo tanto, para el grupo del Dr. Lieberman, el uso de zapatillas modernas favorece la aparición de lesiones con respecto a otras opciones existentes en el mercado como el calzado minimalista o correr descalzo. El único punto a favor que establecen para las zapatillas es que protegen contra la suciedad, los baches o los objetos cortantes. Además, recomiendan que si se va a realizar una transición de zapatillas a calzado minimalista o a correr descalzo (*barefoot*) esta se haga de forma lenta y progresiva para readaptar el patrón de carga y evitar lesiones derivadas del cambio²⁴.

Otro estudio que compara el hecho de correr descalzo, con el calzado minimalista y con las zapatillas deportivas, y en el cual tampoco salen bien paradas estas últimas, es el realizado por Jason Bonacci y sus colaboradores

en 2013³⁰. En este estudio, participaron 22 personas (14 hombres y 8 mujeres) que utilizaban diferentes opciones de calzado, desde correr descalzos a calzado minimalista, calzado ligero o calzado de entrenamiento normal que consistía en las modernas zapatillas de *running*. La biomecánica de la carrera fue observada mediante un sistema de análisis del movimiento capaz de captar de forma tridimensional los movimientos de los participantes. Los resultados más significativos fueron:

- a. Que las personas con calzado alargaban la pisada.
- b. Que las personas que corrían descalzas o con calzado minimalista realizaban una menor dorsiflexión de tobillo y una menor flexión de rodilla. Esto se traducía en, a su vez, una menor absorción de fuerza de impacto en las articulaciones señaladas (19-24% menos) y una mayor generación de fuerza a la hora de avanzar en la marcha (13-19% más).

Por lo tanto, gracias a estos resultados el estudio demostró *“que la reducción de los momentos de fuerza en las articulaciones y que el trabajo realizado en la rodilla mientras se corre descalzo puede producir potenciales beneficios en el manejo del dolor de rodilla y sus lesiones relacionadas”*³⁰.

Otro estudio que se centra en el CI durante la pisada³¹ también determina resultados similares a los anteriores, reflejando que no son tan importantes ni la amortiguación de la zapatilla, ni la capacidad de estabilizar el pie de la misma, y que las lesiones, en gran medida, dependen de ese contacto inicial y, por lo tanto, de la técnica de carrera.

Este artículo subdivide, al igual que los anteriores, el CI en tres tipos: de antepié, mediopie y retropié.

Según el estudio, las razones por las cuales un CI de retropié tiene mayores tasas de lesión son:

- a) Que el corredor apoya el pie por delante de la rodilla y la cadera con una relativa extensión de rodilla y con una dorsiflexión del tobillo.
- b) Que el corredor genera un **pico de impacto** inicial en el suelo que afecta a la elasticidad de las articulaciones. El uso de zapatillas modernas tan solo reduce un 10% este pico de impacto.

- c) Que las zapatillas fuerzan al CI de retropié, CI al cual los humanos no estaban acostumbrados antes de la invención y puesta en el mercado de las zapatillas modernas en los años 70.

Debido a estas tres razones, se generan fuerzas de impacto que se mueven como una ola que asciende a lo largo del cuerpo y estresan los tejidos corporales produciéndose lesiones por uso excesivo como **dolor de rodilla, síndrome femoropatelar** y otras lesiones no relacionadas con la rodilla, como fascitis plantar o dolor de cadera.

El estudio, por lo tanto, fue capaz de confirmar que la hipótesis inicial, según la cual los corredores con CI de retropié tenían más lesiones, era cierta. Para confirmarlo se realizó una observación retrospectiva en la que participaron 52 atletas experimentados (29 hombres y 23 mujeres) que corrían en distancias comprendidas entre los 800 y 10000 m. Todos los grupos fueron organizados de forma homogénea en cuanto a sexo, peso, altura y edad.

Aunque en todos los grupos hubo una alta tasa de lesiones, tanto en corredores con CI de antepié, mediopié como de retropié, el grupo de CI de retropié tuvo entre 2,4 y 2,6 veces más lesiones que los grupos control³¹.

Además, a lo largo de este estudio, los examinadores fueron capaces de predecir la tasa de lesiones que iban a sufrir los corredores por cada 10000 millas recorridas y en función de su sexo, teniendo en cuenta que todos los sujetos estudiados tenían características etarias y antropométricas similares (Tabla 2).

Los tres artículos analizados hasta el momento llevan a pensar que todos los corredores están expuestos a padecer lesiones durante su práctica deportiva pero este análisis también hace ver que parece más importante prestar atención a la técnica de carrera de los corredores que al tipo de calzado que llevan estas personas en los pies. Por lo tanto surge una pregunta relevante: ¿el patrón de CI del pie es más importante que ir descalzo o calzado durante el *running*?

Tabla 2. Frecuencia de lesiones (por cada 10000 millas) por sobreuso, traumáticas, previstas de tipo FFS (Fore Foot Strike; contacto inicial con mediopié o antepié) y previstas de tipo RFS (Rear Foot Strike; contacto inicial de retropié)³¹.

	Female (n = 23)		Male (n = 29)		All (n = 52)		P
	FFS (n = 5)	RFS (n = 18)	FFS (n = 11)	RFS (n = 18)	FFS (n = 16)	RFS (n = 36)	
Repetitive injuries							
Mild	2.06 ± 2.07	3.94 ± 0.78	1.01 ± 0.65	2.27 ± 0.74	1.25 ± 0.67	3.19 ± 0.55	0.025
Moderate	1.37 ± 1.12	5.91 ± 1.25	2.23 ± 0.81	3.78 ± 1.07	2.03 ± 0.66	4.96 ± 0.84	0.006
Severe	6.18 ± 3.23	3.94 ± 1.04	2.02 ± 0.79	3.40 ± 0.71	2.97 ± 1.01	3.70 ± 0.64	0.54
Moderate and severe	7.83 ± 3.41	9.81 ± 1.62	4.25 ± 1.45	7.18 ± 1.17	5.00 ± 1.43	8.66 ± 1.02	0.037
Traumatic injuries							
Mild	1.37 ± 2.32	2.27 ± 1.01	0.61 ± 0.33	3.02 ± 1.34	0.78 ± 0.56	2.61 ± 0.81	0.06
Moderate	2.75 ± 0.87	1.21 ± 0.82	0.81 ± 0.28	1.13 ± 0.85	1.25 ± 0.35	1.18 ± 0.58	0.91
Severe	0.69 ± 0.47	0.30 ± 0.17	0.20 ± 0.19	0.94 ± 0.39	0.31 ± 0.18	0.59 ± 0.21	0.32
Moderate and severe	3.43 ± 1.11	1.52 ± 0.81	1.01 ± 0.29	2.08 ± 0.86	1.56 ± 0.42	1.77 ± 0.58	0.78
FFS injuries							
Mild	0.69 ± 0.47	0.61 ± 0.25	0.40 ± 0.26	0.19 ± 0.14	0.47 ± 0.22	0.42 ± 0.15	0.86
Moderate	0.69 ± 0.47	0.45 ± 0.29	1.01 ± 0.50	0.94 ± 0.45	0.94 ± 0.39	0.67 ± 0.26	0.57
Severe	2.06 ± 1.58	1.06 ± 0.56	0.61 ± 0.32	0.38 ± 0.23	0.94 ± 0.44	0.76 ± 0.32	0.74
Moderate and severe	2.75 ± 1.34	1.52 ± 0.59	1.62 ± 0.76	1.32 ± 0.58	1.88 ± 0.65	1.43 ± 0.41	0.56
RFS injuries							
Mild	0 ± 0	2.27 ± 0.62	0.61 ± 0.51	1.51 ± 0.61	0.47 ± 0.39	1.93 ± 0.44	0.012
Moderate	0.69 ± 1.16	4.55 ± 1.07	0.81 ± 0.47	1.89 ± 0.67	0.78 ± 0.43	3.36 ± 0.68	0.001
Severe	2.75 ± 2.97	2.27 ± 0.83	1.01 ± 0.46	2.65 ± 0.66	1.41 ± 0.75	2.44 ± 0.53	0.26
Moderate and severe	3.43 ± 3.87	6.82 ± 1.35	1.82 ± 0.73	4.53 ± 0.86	2.19 ± 1.00	5.80 ± 0.84	0.006

Un estudio realizado en Taiwan utilizando a 12 personas que corrían sobre una cinta sin fin a 9 km/h determina, mediante electromiografía, que el CI del pie es un factor importantísimo en la función del pie y prueba que correr con un CI de antepié aumenta la elasticidad de la extremidad inferior y hace que se reduzcan las fuerzas de impacto sobre los miembros, disminuyendo así el riesgo de lesiones. Como conclusión establece que efectivamente desde el punto de vista cinemático es más importante el contacto inicial que ir o no calzado durante el *running* para evitar lesiones³².

Otro estudio, en este caso con el hándicap de que se hizo con una muestra de tan solo tres individuos, demostró que al reeducar el ciclo de la carrera desde un CI de talón hacia un CI de antepié se redujo la fuerza de impacto y esto, a su vez, eliminó el síndrome femoropatelar que sufrían los tres participantes previamente al reentrenamiento³³.

Por lo tanto, los datos apuntan a que es mejor realizar una corrección biomecánica para modificar el CI que utilizar zapatillas de deporte, aunque esta hipótesis aún no está muy explotada por lo que, en consecuencia, se requieren más estudios que puedan contestar a la pregunta.

La Figura 9 muestra cómo se transmiten las fuerzas a lo largo de la extremidad inferior cuando se realiza una técnica de carrera adecuada, la cual reduce la probabilidad de padecer lesiones de manera significativa.



Figura 9. Dirección adecuada de la fuerza de reacción del suelo a lo largo de la extremidad inferior³⁴.

4.2.2. Importancia del calzado en las lesiones de rodilla en corredores que usan calzado deportivo tradicional en función del arco plantar (relacionado con las alteraciones músculo-esqueléticas)

Es muy importante conocer la estructura personal del pie del corredor para poder determinar el riesgo lesional al que está expuesto ese deportista.

Como se ha dicho previamente, durante la carrera el pie es el encargado, no solo de producir el avance hacia adelante (propulsión), sino también de proporcionar estabilidad al cuerpo así como de absorber inicialmente la fuerza de impacto. La zona del pie que absorbe esta carga puede observarse mediante podobarometría (Figura 10) y, en función de la intensidad de esta carga y de la localización de la misma en la planta del pie, se puede establecer el riesgo de lesiones, así como aplicar un plan de prevención contra las mismas.

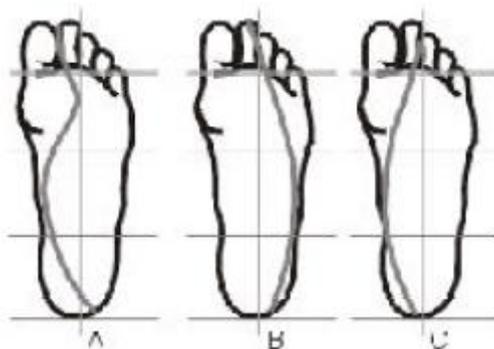


Figura 10. A. Pisada neutra. B. Carga lateral (arco plantar alto). C. Carga medial (arco plantar bajo). Modificada³⁵.

Si la localización de las fuerzas de carga se encuentra en la zona media, se dice que la pisada es neutra; si el arco longitudinal es más alto, la carga se desplazará hacia la zona lateral produciendo una supinación. En cambio, si los arcos son bajos (pie plano), se dirá que el corredor es pronador³⁶. Se debe tener en cuenta que cuando aumenta la fatiga los corredores tienden a la pronación del pie.

Estas características de los arcos plantares están estrechamente relacionadas con las lesiones en la extremidad inferior³⁷. De hecho, varios estudios apuntan a que las personas con tendencia a la supinación tienen mayor riesgo de sufrir

fracturas de estrés de los metatarsianos³⁸, mientras que las personas con pronación o hiperpronación tienen mayor riesgo de sufrir lesiones de rodilla distintas a las que sufren las personas con pisada neutra o supinadora^{40,41}.

Para poder demostrar esta hipótesis, Williams, McClay y Hamill (2001) plantearon un estudio en el cual analizaron a 40 corredores (hombres y mujeres sin sobrepeso y de edades entre 18 y 50 años) de los cuales 20 eran supinadores y 20 pronadores. Los resultados mostraron (Tabla 3) que las personas con el arco plantar alto tenían mayor predisposición a las lesiones del pie (principalmente fracturas por estrés y fascitis plantar), mientras que las personas con arco plantar bajo tenían mayor predisposición a sufrir lesiones de rodilla (sobre todo síndrome femoropatelar, tendinitis patelar y dolor medial de rodilla derivado del aumento del ángulo Q)³⁷.

Tabla 3. Número de lesiones y su localización en función de la altura del arco plantar³⁷.

PATOLOGÍA	ARCO ELEVADO	ARCO DISMINUIDO
Fascitis plantar	8	5
Fractura de estrés del quinto metatarsiano	3	0
Esguince lateral de tobillo	8	0
Tendinitis del tibial posterior	1	3
Dolor de rodilla	0	8
Tendinopatía rotuliana	3	6

En la misma línea de investigación, otros autores afirman que las personas con apoyo medial (pronación) tienen más susceptibilidad de padecer dolor femoropatelar en la carrera, ya que esta es la patología de rodilla más frecuente con origen en el pie⁴¹.

Para evitar las lesiones producidas por estas alteraciones en la alineación del tobillo, los fabricantes de calzado deportivo diseñan zapatillas que permitan corregir esas anomalías o estabilizarlas en la medida de lo posible. Dependiendo del tipo de arco plantar, y en consecuencia de la superficie de

apoyo en el suelo, las marcas comerciales fabrican tres tipos de zapatillas (Figura 11):

1. Zapatillas de control de movimiento o *“Motion Control”*: para arcos plantares bajos. Reducen la pronación. Se caracterizan por ser más rígidas, sobre todo en la zona del arco plantar para evitar que este se aplaste.
2. Zapatillas estabilizadoras o *“Stability shoes”*: para pisadas neutras (arcos normales) o con pronación moderada. Tienen un equilibrio entre amortiguación y estabilidad que permite al corredor mantener una pisada sin desviación durante sus sesiones de entrenamiento.
3. Zapatillas de amortiguación o *“Cushioning shoes”*: para arcos plantares altos. Permiten amortiguar los impactos a los que se ve sometido el pie en su parte lateral ya que va a ser esta zona la que reciba toda la carga en una superficie plantar relativamente pequeña.

Foot Type	Alignment	Shoe Type
 High Arch	 Supination	Cushioning Shoe
 Normal Arch	 Neutral	Stability Shoe
 Flat Foot	 Pronation	Motion Control Shoe

Figura 11. Tipo de zapatilla asignada a cada tipo de arco plantar⁴².

Los fabricantes de este tipo de zapatillas, evidentemente, dicen maravillas sobre estos productos, no solo en cuanto a la protección que pueden ejercer frente a posibles lesiones, sino también por su efectividad a la hora de mejorar el rendimiento deportivo, pero ¿qué dice la ciencia con respecto a estas afirmaciones vertidas por las marcas deportivas?

Los estudios científicos determinan que los diferentes tipos de zapatillas antes comentados pueden modificar la estática y la cinemática de la pisada; sin embargo, la efectividad de estas modificaciones puede que sea bastante limitada en comparación con lo que afirman los fabricantes^{43,44}. Las modificaciones que producen las zapatillas se centran sobre todo en la inversión-eversión del pie y en la rotación de la tibia.

Las investigaciones realizadas, por lo tanto, han tratado de establecer una relación entre el uso de zapatillas de *running* y las lesiones de la extremidad inferior en base a estos dos aspectos.

La rotación de la tibia está muy ligada al síndrome femoropatelar o “rodilla del corredor”; por esta razón, en esta patología las zapatillas de *running* sí se podrían considerar como un factor protector puesto que reducen la rotación interna de la tibia durante la carrera^{45,46}.

Para los estudios en las investigaciones recientes en este campo, una buena fuente de participantes ha sido el gremio de los militares, los cuales están acostumbrados a correr largas distancias bajo diferentes condiciones. Analizar lo que ocurre con ellos es, por tanto, una buena fuente de información.

El trabajo más interesante, y que cuenta con un gran tamaño muestral (n = 7203), fue uno realizado en 2014 en Estados Unidos. Se trata de un estudio aleatorizado realizado conjuntamente por la armada, la fuerza aérea y el cuerpo de marines. Primero, a todos los participantes se les examinaron los pies y después fueron asignados aleatoriamente o al grupo experimental (personas con zapatillas ajustadas a su forma del pie), o al grupo control (personas con zapatillas que no se ajustaban a su forma del pie). Posteriormente todos ellos realizaron la instrucción básica del ejército de los Estados Unidos utilizando el calzado asignado.

Una vez finalizada la instrucción, y habiendo separado la muestra por sexos, la tasa de los distintos tipos de lesiones producidas entre el grupo control y el grupo experimental determinó que no había diferencias significativas entre ambos grupos (Tabla 4) y que, por lo tanto, el uso de zapatillas ajustadas en función de la forma del arco plantar no es un factor determinante a la hora de

prevenir las lesiones, habiendo otros aspectos más determinantes a la hora de la producción de las mismas^{47,48}.

Otra serie de estudios⁴⁹, esta vez bajo la tipología de revisión sistemática con meta-análisis, determinan que las zapatillas de tipo “*Motion Control*” son capaces de reducir la eversión del pie unos entre 1,74° y 3,81°.

De los tipos de arco plantar, los corredores con pronación son los que tienen mayor riesgo de sufrir lesiones y, para estos, el uso de zapatillas de control de movimiento sí que es un factor que reduce las lesiones durante su práctica deportiva⁵⁰.

Tabla 4. Tasa de incidencia de lesiones por sobreuso entre grupo control y experimental en militares durante la instrucción básica. Modificada⁴⁷.

	Hombres			Mujeres		
	Número	Tasa de incidencia de lesiones*	CG/EG	Número	Tasa de incidencia de lesiones*	CG/EG
<u>Armada</u>						
CG**	1079	4.37	0.99	483	8.87	0.94
EG***	1089	4.55		468	9.16	
<u>Fuerza aérea</u>						
CG	913	5.25	0.89	345	8.50	0.81
EG	1042	5.86		373	10.55	
<u>Cuerpo de marines</u>						
CG	432	4.14	1.02	257	3.29	1.18
EG	408	4.06		314	2.80	

* Lesiones por cada 1000 participantes.

** CG: *Control group* / Grupo control.

*** EG: *Experimental group* / Grupo experimental.

Otra revisión sistemática⁵¹ exhaustiva determina que ninguno de los tres tipos de zapatillas es un factor importante a la hora de prevenir las lesiones para las personas que tienen alteraciones músculo-esqueléticas, como la desviación del arco plantar, y que, en consecuencia, la prescripción de zapatillas en función de este factor no está basada en la evidencia científica y atiende más a motivos de *marketing* y moda que a otras razones. Incluso, para estos investigadores

se trataría de un riesgo potencial para la producción de lesiones como así determinan estudios realizados en los campos de entrenamiento^{52,53}.

En definitiva, los estudios biomecánicos y epidemiológicos generan una serie de preguntas sobre la capacidad de las zapatillas (ya sean de control de movimiento, de estabilidad o de amortiguación) para prevenir las lesiones y mientras se sigan estudiando estos aspectos con un enfoque científico, deben considerarse como tecnología no basada en la evidencia que incluso puede llegar a perjudicar a sus portadores.

4.2.3. Otros factores

4.2.3.1. Superficie de entrenamiento y calzado

Los corredores modifican la biomecánica de sus carreras en función de la superficie sobre la que realizan su entrenamiento, bien sea hierba, arena, asfalto o una cinta sin fin. Se sabe que ciertas modificaciones de las características biomecánicas del individuo pueden predisponer a la aparición de lesiones por sobreuso que pueden llegar a apartar a los deportistas de su actividad temporal o definitivamente. Sin embargo, son necesarios más estudios para establecer qué zapatillas y qué superficies serían las deseables para obtener una mejor relación zapatilla/lesión⁵⁴.

4.2.3.2. Errores de entrenamiento

El aumento del volumen, la intensidad y la frecuencia del entrenamiento hacen que aumenten las fuerzas que deben absorber las articulaciones de la rodilla y, por lo tanto, estos parámetros son factores de riesgo importante en la aparición de lesiones en corredores⁵. Aunque las zapatillas pueden absorber hasta un 10% del pico de fuerza de impacto, es recomendable realizar una carrera biomecánicamente adecuada con el fin de prevenir lesiones independientemente del calzado que se use.

4.2.3.3. Sobrepeso

Al igual que en el apartado anterior, el sobrepeso genera un aumento de las fuerzas que deben absorber las articulaciones. Se recomienda hacer una

carrera biomecánicamente correcta y reducir el peso corporal para prevenir lesiones.

4.2.3.4. Edad, sexo, altura

No hay estudios científicos que determinen si el uso de zapatillas de *running* es un factor protector de la aparición de lesiones en función de estos parámetros.

4.2.3.5. Cordones

Las zapatillas de *running*, además de absorber las fuerzas de impacto, tienen la importante función de proporcionar estabilidad al tobillo de los corredores. Una buena técnica de lazada es aquella que aprieta el pie lo más arriba posible y, además, está realizada con fuerza. De esta manera se reducen la pronación del pie y también las fuerzas de impacto y, así, a su vez, se favorece una carrera biomecánicamente más adecuada.

Según una escala subjetiva de percepción de la fuerza de ajuste se puede determinar que esta fuerza debe ser aquella en la que el corredor sienta ceñida/ajustada la zapatilla y además la lazada esté realizada como se muestra en la Figura 12⁵⁵.

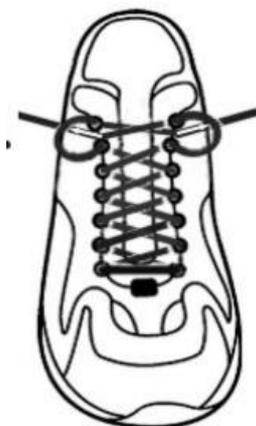


Figura 12. Lazada correcta: debe realizarse tal como se muestra, ajustando bien la fuerza de cierre y utilizando todos los agujeros disponibles en la pala⁵⁵.

4.2.3.6. Vida útil de las zapatillas

Se considera vida útil de la zapatilla aquella que varía entre los 560 km y los 965 km. A partir de estas distancias, debido al desgaste que sufren la suela

externa y la suela media, se producen modificaciones significativas en la forma de la zapatilla y, en consecuencia, estas modificaciones producen, a su vez, alteraciones biomecánicas en el corredor. Aunque el corredor es capaz de adaptarse a estos cambios, no se sabe si estas adaptaciones al grado de desgaste son beneficiosas o perjudiciales a la hora de producir lesiones^{56,57}.

4.3. DISCUSIÓN

Las lesiones de los corredores tienen un origen multifactorial y cada uno de los factores implicados puede reforzar a los demás. Estas lesiones varían en función de las características de cada individuo pero también de otras características ajenas al mismo; sin embargo, la evidencia científica refuerza la idea de que hay factores más importantes que las propias zapatillas de correr a la hora de no producirse daños.

El ser humano, como animal cazador en la antigüedad, ha evolucionado durante miles de años hacia la capacidad para recorrer largas distancias. Nuestra especie ha adaptado sus capacidades fisiológicas, anatómicas y biomecánicas a la situación de correr descalzos mientras que las zapatillas de *running* son relativamente nuevas para la historia de la humanidad (las primeras datan de los años 70). Esto supone que el ser humano aún no ha podido adaptarse a esta modificación externa de su biomecánica y la moda actual en relación con el *running* fomenta el aumento de lesiones en los practicantes de este deporte²⁴.

Ante el incremento de las lesiones, los deportistas buscan estrategias para evitarlas en la medida de lo posible. Por su parte, los fabricantes de ropa deportiva intentan promocionar la venta de zapatillas deportivas como factor protector frente a esas posibles lesiones. Sin embargo, salvo algunas excepciones, ningún estudio realizado aplicando el método científico es capaz de asociar zapatillas deportivas a protección frente a las lesiones.

Los resultados determinan que para prevenir lesiones es mucho más importante la técnica de carrera, y que cuando esta se realiza de forma descalza o con calzado minimalista hay menos riesgo de sufrir esas lesiones puesto que de esta manera se favorece el apoyo inicial de antepié o mediopié.

Por otro lado, los fabricantes también anuncian la capacidad de corregir las alteraciones músculo-esqueléticas de los corredores en función del arco plantar; sin embargo, los estudios científicos analizados, que en este caso sí son estudios aleatorizados, lo cual refuerza sus resultados, muestran que los diversos diseños no son un factor determinante en el momento de prevenir lesiones y que evitar la aparición de estas es más fácil desde otras vías ya comentadas previamente.

A las consultas de fisioterapia cada vez acuden más corredores lesionados, e incluso no lesionados, a modo de prevención, con el fin de tratar sus lesiones, en el primer caso, o de evitarlas, en el segundo. Conocer las evidencias científicas en cuanto al uso de zapatillas, o el tipo de estas, y su relación con afecciones del aparato locomotor es fundamental para el profesional puesto que así podrá asesorar de una manera más eficaz a sus pacientes. El conocimiento de las limitaciones de las zapatillas además debe hacer pensar al fisioterapeuta deportivo que debe conocer el gesto técnico relacionado con el *running* para poder enseñarlo a los usuarios y así ser capaz de dar soluciones a las lesiones más comunes de rodilla y de otras partes de las extremidades inferiores. Por lo tanto, es fundamental que el fisioterapeuta, dentro de la multitud de campos que debe abarcar, también se centre en su formación deportiva y concretamente en el atletismo debido al auge de esta práctica.

No obstante, se deben observar también las limitaciones de esta revisión bibliográfica debido a que la mayor parte de los estudios analizados son de carácter retrospectivo, con solo algunas excepciones de estudios aleatorizados. Además, el carácter multifactorial de las lesiones, comentado al principio de este apartado, limita también los resultados puesto que los sujetos analizados no representan a toda la comunidad del *running* y en muchos casos estos deportistas han sido analizados con cierto grado de heterogeneidad en cuanto a factores importantes como la edad, el sexo y el índice de masa corporal (IMC).

En consecuencia, está claro que se requieren estudios más exhaustivos que determinen de forma científica la relación zapatilla-lesión aunque los primeros

La importancia del calzado en las principales lesiones de rodilla en corredores.
Javier Izquierdo Peña.

indicios en función del material analizado determinen que no suponen un factor potencialmente protector.

5. CONCLUSIONES

En orden de mayor a menor importancia, las conclusiones que se pueden extraer para el presente trabajo son:

- 1) El uso de zapatillas modernas destinadas al *running* no supone un factor protector frente a lesiones de rodilla y otras partes de la extremidad inferior.
- 2) El mejor elemento de control para prevenir las lesiones es realizar una técnica de carrera biomecánicamente correcta. Una carrera biomecánicamente adecuada no solo previene lesiones indeseadas sino que también mejora el rendimiento de los deportistas.
- 3) A fin de mejorar la técnica de carrera es mejor correr descalzo o con zapatillas minimalistas.
- 4) La característica más importante en la técnica de carrera es la realización de un contacto inicial del paso con el mediopié o el antepié, lo que elimina el impacto transitorio, que es la principal fuerza responsable de la producción de lesiones. Sin embargo, incluso realizando una buena técnica de carrera, los deportistas no están exentos de sufrir lesiones por sobreuso en sus rodillas.
- 5) Las zapatillas modernas de *running* no previenen las lesiones derivadas de las alteraciones músculo-esqueléticas que pudieran padecer previamente sus usuarios, salvo en corredores pronadores, en los cuales sí que disminuyen el riesgo de padecer *rodilla de corredor* o síndrome femoropatelar porque reducen la rotación interna de la tibia durante la carrera.
- 6) Las personas con un arco plantar bajo (pronadores) son más propensas a padecer lesiones de rodilla durante la carrera.
- 7) Los corredores con arco plantar alto (supinadores) son más propensos a sufrir lesiones en los metatarsianos.
- 8) Existen otros factores importantes, como el peso, en el cual las zapatillas pueden influir, amortiguando hasta en un 10% la fuerza de impacto, pero siempre es más importante realizar la técnica correctamente que otros factores de riesgo.
- 9) Es importante realizar una buena lazada en las zapatillas y reemplazar las mismas cuando el desgaste haya superado su límite de vida útil.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) de Andrés García B, Aznar Minguet P. Actividad física, deporte y salud: factores motivacionales y axiológicos. *Apunts: Educación Física y Deportes* 1996; 46: 12-18.
- (2) Strohacker K, Fazzino D, Breslin WL, Xu X. The use of periodization in exercise prescriptions for inactive adults: a systematic review. *Preventive Medicine Reports* 2015; 2: 385-396.
- (3) Shanthikumar S, Low Z, Falvey E, McCrory P, Franklyn-Miller A. The effect of gait velocity on calcaneal balance at heel strike: Implications for orthotic prescription in injury prevention. *Gait Posture* 2010; 3:9-12
- (4) González Pacheco JM. El crecimiento de la afición a correr: algunos datos. *La república del running*. <https://runningdv.wordpress.com/2014/01/19/el-crecimiento-de-la-aficion-a-correr-algunos-datos/> (último acceso 28 de abril de 2016).
- (5) Van Middelkoop M, Kolkman J, Van Ochten J, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW. Risk factors for lower extremity injuries among male maratón runners. *Scandinavian journal of Medicine & Science in Sports* 2008; 18: 691-697.
- (6) Van der Worp MP, Ten Haaf DS, Van Cingel R, de Wijer A, Nijhuis-van der Sanden MW, Staal JB. Injuries in runners: a systematic review on risk factors and sex differences. 2015.DOI:10.1371.
- (7) Korbage de Araujo M, Maletta Baeza R, Benites Zalada SR, Benzan Rodrigues Alves P, de Mattos CA. Injuries among amateur runners. *Rev Bras Ortop*. 2015; 50(5): 537-540.
- (8) Van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2007; 41(8):469-80.
- (9) Van Mechelen W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Med*. 1992; 14(5):320-35.

(10) Nicolini AP, Teixeira de Carvalho R, Mitsuro Matsuda M, Sayum J, Cohen M. Common injuries in athletes knee: experience of a specialized center. *Acta Ortopédica Brasileira* 2014; 22(3): 127-131.

(11) Beutler A. *Patient information: Knee pain (Beyond the Basics)*. UpToDate. <http://www.uptodate.com/contents/knee-pain-beyond-the-basics> (último acceso 23 Mayo 2016).

(12) Portillo S. Guía rápida para elegir zapatillas de *running*. <http://www.runnics.com/blog/guia-rapida-elegir-zapatillas-running> (último acceso 23 Mayo 2016).

(13) Rosenbach R, Sheats G. Eligiendo calzado para entrenar En: Gordon Bakoulis y Candance Karu. *Guía Para Progresar Como Corredor*. 1.^a ed. Madrid: Editorial Paidotribo; 1996. p 61-72.

(14) Adidas. *Calzado · Running*. <http://www.adidas.es/calzado-running> (último acceso 23 Mayo 2016).

(15) Wakeling JM, Pascual SA, Nigg BM. Altering muscle activity in the lower extremities by running with different shoes. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34(9):1529-32

(16) Portillo S. *Zapatillas para pisada neutra*. <http://www.runnics.com/zapatillas-running/neutro> (último acceso 23 Mayo 2016).

(17) Mohd Yusof B, Mohd Sayuti MS, Adilah H. Proceedings of International Conference on Applications and Design in Mechanical Engineering. Presentado en: University Malaysia Perlis. *Biomechanics Analysis on Running*. 11 – 13 October 2009, Batu Ferringhi, Penang, Malasia.

(18) Lohman EB, Balan Sackiriyas KS, Swen RW. A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking. *Phys Ther Sport*. 2011; 12(4):151-63.

(19) Mann RA, Hagy J. Biomechanics of walking, running, and sprinting. *Am J Sports Med*. 1980; 8(5):345-50.

(20) Bergamini E. *Biomechanics Of Sprint Running: A Methodological Contribution*. 1.^a ed. Milán: Lap Lambert Academic Publishing; 2011.

(21) Universidad Autónoma de Nuevo León. *Facultad de organización deportiva*. <http://image.slidesharecdn.com/tecnica-110827132647-phpapp01/95/tecnica-de-salida-y-carrera-atletismo-10-728.jpg?cb=1314453093>. (último acceso 23 Mayo 2016).

(22) Hasegawa H, Yamauchi T, Kraemer WJ. Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):888-93.

(23) On line personal trainer. *¿Pie pronador, supinador o neutro?* <http://www.onlinepersonaltrainer.es/entrenamiento/pie-pronador-supinador-neutro/> (último acceso 23 Mayo 2016).

(24) Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, Mang'eni RO, Pitsiladis Y. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010; 463(7280):531-5

(25) Heiderscheit BC, Chumanov ES, Michalski MP, Wille CM, Ryan MB. Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine Science Sports Exercise*. 2011; 43(2):296-302

(26) Goss DL, Gross MT. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *US Army Med Dep J*. 2012: 25-30

(27) van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2007; 41(8):469-80

(28) Larson P. Vertical Impact Loading Rate in Running. http://runblogger.com/2011/02/vertical-impact-loading-rate-in-running_08.html (último acceso 23 Mayo 2016).

(29) Zami. Tienda especializada en calzado *barefoot*. <http://www.zapatillas-minimalistas.com/es/> (último acceso 23 Mayo 2016).

- (30) Bonacci J, Saunders PU, Hicks A, Rantalainen T, Vicenzino BT, Spratford W. Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *Br J Sports Med.* 2013; 47:387-392.
- (31) Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44:1325-34.
- (32) Shih Y, Lin KL, Shiang TY. Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? *Gait Posture.* 2013; 38:490-4.
- (33) Cheung RT, Davis IS. Landing pattern modification to improve patellofemoral pain in runners: a case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(12):914-9
- (34) Jee J. Ground Reaction Force: A definition. <http://jay-jee.blogspot.com.es/2009/11/ground-reaction-force-definition.html> (último acceso 24 Mayo 2016).
- (35) Chamlian TR, Nery C, Réssio C, Masiero D. Avaliação podobarométrica nas amputações do médio e antepé. http://www.actafisiologica.org.br/detalhe_artigo.asp?id=316 (último acceso 24 Mayo 2016).
- (36) Goonetilleke RS (Ed.). *The Science Of Footwear.* 1.^a ed. Boca Ratón, Florida: CRC Press; 2013.
- (37) Williams DS 3rd, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech.* 2001; 16(4):341-7.
- (38) Giladi M, Milgrom C, Stein M. The low arch, a protective factor in stress fractures. A prospective study of 295 military recruits. 1985.
- (39) Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med.* 1993; 2(7):773-7
- (40) Dahle LK, Mueller MJ, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991; 14(2):70-4.

- (41) Thijs Y, De Clercq D, Roosen P, Witvrouw E. Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. *Br J Sports Med*. 2008; 42(6):466-71.
- (42) Phillips M. The impact of footwear and foot type on injury prevention. *Runners Connect*. <https://runnersconnect.net/running-training-articles/footwear-and-foot-type/> (último acceso 24 Mayo 2016).
- (43) Fukano M, Fukubayashi T. Changes in talocrural and subtalar joint kinematics of barefoot versus shod forefoot landing. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2014; 7:42-50.
- (44) Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep*. 2010; 9(3):176-82.
- (45) Shorten MR. Running shoe design: protection and performance. *Biomechanica*. 2000. p.159-169.
- (46) Butler RJ, Hamill J, Davis I. Effect of footwear on high and low arched runners mechanics during a prolonged run. *Gait Posture*. 2007; 26(2):219-25.
- (47) Knapik JJ, Trone DW, Tchandja J, Jones BH. Injury-reduction effectiveness of prescribing running shoes on the basis of foot arch height: summary of military investigations. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014; 44(10):805-12.
- (48) Knapik JJ, Trone DW, Swedler DI, Villasenor A, Bullock SH, Schmied E, Bockelman T, Han P, Jones BH. Injury reduction effectiveness of assigning running shoes based on plantar shape in Marine Corps basic training. *Am J Sports Med*. 2010; 38(9):1759-67.
- (49) Cheung RT, Chung RC, Ng GY. Efficacies of different external controls for excessive foot pronation: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2011; 45(9):743-51.
- (50) Malisoux L, Chambon N, Delattre N, Gueguen N, Urhausen A, Theisen D. Injury risk in runners using standard or motion control shoes: a randomised controlled trial with participant and assessor blinding. *Br J Sports Med*. 2016; 50(8):481-7.

- (51) Richards CE, Magin PJ, Callister R. Is your prescription of distance running shoes evidence based? *Br J Sports Med.* 2009; 43(3):159-62.
- (52) Baycroft CM, Culp V. Running shoes – Design facts and functional fantasies. *Chiropractic Sports Medicine* 1993; 7(1):6-8.
- (53) Nigg BM, Wakeling JM. Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001; 29(1):37-41.
- (54) Dixon SJ, Collop AC, Batt ME. Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (11): 1919-26.
- (55) Hagen M, Hennig EM. Effects of different shoe-lacing patterns on the biomechanics of running shoes. *J Sports Sci.* 2009; 27(3):267-75.
- (56) Kong PW, Candelaria NG, Smith DR. Running in new and worn shoes: a comparison of three types of cushioning footwear. *Br J Sports Med.* 2009; 43(10):745-9.
- (57) Chambon N, Sevrez V, Ly QH, Guéguen N, Berton E, Rao G. Aging of running shoes and its effect on mechanical and biomechanical variables: implications for runners. *J Sports Sci.* 2014; 32(11):1013-22.