

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA



Revisión bibliográfica: Las zapatillas de running y las lesiones en el corredor.

AUTOR: Pérez Pérez David.

Nº expediente: 959.

Tutor: Raúl Blázquez Viudas.

Departamento: Psicología de la salud. Área de enfermería.

Curso académico: 2018/ 2019.

Convocatoria: Junio.

ÍNDICE

RESUMEN/ ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Marco teórico.....	7
1.2. Justificación del trabajo.....	13
1.3. Objetivos.....	14
2. MATERIAL Y MÉTODO.....	15
2.1. Diseño del estudio.....	15
2.2. Estrategia de búsqueda.....	15
2.3. Criterios para la selección de artículos.....	16
3. RESULTADOS.....	19
4. DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIÓN.....	30
6. BIBLIOGRAFÍA.....	31

RESUMEN

Introducción: Lo corredores experimentan lesiones cada año, la incidencia varía entre el 19,4% y el 79,3% debido al estrés repetido que soporta el organismo. Con el fin de reducir esta sobrecarga, se ha pensado en el calzado para variar el estrés que soportan las estructuras. Las zapatillas han ido evolucionando a lo largo de los años y su diseño ha ido haciéndose más específico, estando compuestas por diferentes partes y existiendo en el mercado distintos modelos. Estas mejoras han ido encaminadas a reducir las fuerzas de impacto y la pronación del pie, dos de los factores que la bibliografía ha asociado con el riesgo de lesión en el corredor. La literatura científica sugiere que el calzado tiene la capacidad de influir en la cinética y cinemática del corredor, por lo que usar las zapatillas como una medida contra las lesiones parece apropiado y merece ser considerado.

Objetivos: Se busca determinar qué características de las zapatillas de *running* pueden poner a los corredores en un mayor riesgo de sufrir lesiones. Además, se pretende valorar cuales de sus características tienen la capacidad de reducir las lesiones relacionadas con la carrera.

Material y método: Se realiza una revisión bibliográfica de la literatura científica sobre la posible asociación de las lesiones del corredor y las zapatillas de *running* en los buscadores: PubMed y Scopus. Los artículos seleccionados fueron evaluados en base a los criterios de inclusión.

Resultados: Se revisaron un total de 14 artículos que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión.

Conclusiones: A pesar de que existen artículos que muestra que las zapatillas pueden poner a los corredores en un mayor o menor riesgo de lesión, estos estudios utilizan muestras de

pequeño tamaño y, en muchos de los casos, la relación entre las zapatillas y las lesiones es contradictoria. Se necesitan más investigaciones que ayuden a esclarecer si las zapatillas de *running* tienen una influencia significativa en las lesiones de los corredores.

Palabras clave: Shoe, running, midsole, motion control, boost energy, maximalist y maximal.



ABSTRACT

Introduction: Runners experience injuries every year, the incidence varies between 19, 4 % and 79, 3 % due to the repeated stress that organism supports. In order to reduce this overload, it has been thought of footwear to vary the stress that structures support. Trainers have evolved over the years and their design has become more specific, being composed of different parts and existing on the market different models. These improvements have been aimed at reducing impact forces and the pronation of the foot, two of the factors that the bibliography has associated with the risk of injury in the runners. The scientific literature suggests that footwear has the ability to influence the kinetics and kinematics of the runner, so using the shoes as a measure against injuries seems appropriate and deserves to be considered.

Objectives: We seek to determine what characteristics of running shoes can put runners at greater risk of injury. In addition, it is intended to assess which of its characteristics have the ability to reduce injuries related to the race.

Material and method: A bibliographic review has been realized of the scientific literature about the possible relation of runner injuries and running shoes in search engines: PubMed and Scopus. The selected articles were evaluated based on the inclusion criteria.

Results: A total of 14 articles were reviewed that meet the inclusion and exclusion criteria.

Conclusions: Although there are articles that show that trainers can put runners at a greater or lesser risk of injury, these studies use small-sized models and, in many cases, the relationship between shoes and injuries is contradictory. More research is needed to help clarify whether running shoes have a significant influence on runner injuries.

Keywords: Shoe, running, midsole, motion control, boost energy, maximalist y maximal.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco teórico.

Muchos corredores experimentan lesiones cada año, la incidencia en las extremidades inferiores varía entre el 19,4% y el 79,3%; la mayoría de ellas se producen en el pie y en la rodilla (1, 2). Malisoux et al. consideran el *running* como una actividad que “se caracteriza por la repetición de un gran número de movimientos casi idénticos con muy pocas variaciones” (3, p. 110), por lo que la mayoría de las lesiones en la carrera se podrían clasificar como de uso excesivo (4). Esto se debe a que el estrés repetitivo que soporta el tejido va seguido de microtraumatismos que el cuerpo no es capaz de reparar en un breve período de tiempo (4). Con el fin de reducir esta sobrecarga en el organismo, se han pensado en diferentes herramientas como el calzado para variar el estrés generado en las estructuras (3).

Las zapatillas de *running* han ido evolucionando a lo largo de los años, ya en los Juegos Olímpicos de la Antigua Grecia los deportistas comenzaron a usar sandalias para mejorar la tracción y con ello su rendimiento (5). En los primeros Juegos Olímpicos modernos, los corredores compitieron con zapatos pesados de cuero disminuyendo su rendimiento y provocando lesiones en el corredor (5). Con el fin de darle solución a esta problemática, los fabricantes comenzaron a innovar para crear un producto más cómodo y ligero que mejorara el rendimiento de los deportistas (5). Actualmente, las zapatillas de carrera son obras maestras técnicas y de ingeniería (6).

Figura 1: Zapatillas de correr de 1914 (izquierda) y de 2014 (derecha). Se observa la evolución sufrida a lo largo de los años.



Fuente: Nigg BM, Baltich J, Hoerzer S, Enders H. Running shoes and running injuries: Mythbusting and a proposal for two new paradigms: “Preferred movement path” and “comfort filter.” [Internet]. 2015 [consultado 11 mayor 2019]. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/49/20/1290>.

Las partes de una zapatilla de *running*.

Con la evolución del calzado, su diseño se ha hecho cada vez más específico y actualmente podemos diferenciar los siguientes componentes:

- El *upper* (caña o parte superior): es la parte que cubre el dorso del pie (7, 8). Se usan materiales transpirables, como el nailon, que permitan la disipación del calor y con la suficiente anchura para evitar el roce con los dedos (7). En el *upper* también nos encontramos con la lengüeta, los cordones, la plantilla, los paneles intermedios y el contrafuerte (7, 8). La lengüeta está acolchada para proteger al pie del contacto con

los cordones (7). Los paneles intermedios, el contrafuerte y los cordones proporcionan estabilidad al pie durante la locomoción (7, 8).

- La *midsole* (mediasuela o entresuela): es uno de los componentes más importantes (7, 8); proporciona amortiguación y estabilidad (controla la pronación y la supinación del pie) (7). Para su construcción se utilizan diferentes materiales como cámaras de aire o gel, pero el más usado es el EVA (7, 8). También se suelen añadir piezas de plástico para aumentar la rigidez medial de la zapatilla y evitar que el arco longitudinal interno del pie se colapse (5, 7). Recientemente, se han comercializado mediasuelas de poliuretano termoplástico expandido, conocidos como *boost energy return* (sistema de retorno de energía), que se cree que aumenta el retorno de energía del suelo, reduce el consumo de oxígeno y mejora el rendimiento del corredor (9).
- La *outsole* (suela): suelen ser de caucho reforzado; proporciona adherencia y protege a la mediasuela ya que tiene una duración mayor que esta (8).
- El drop: es la diferencia que existe entre el grosor del talón y del antepié en la mediasuela (8, 10). Actualmente nos encontramos con drops que varían entre 0 y 12 mm (10).

Figura 2: Anatomía de una zapatilla de *running*.



Fuente: Imagen disponible en: <https://believe-app.com/partes-zapatillas-running/>.

[Consultado el 11 de mayor de 2019].

El calzado de *running* y las lesiones en el corredor.

La relación entre el calzado de *running* y las lesiones en el corredor ha sido un tema abordado por diversas investigaciones con el fin de establecer una causalidad (6). La edad, el Índice de Masa Corporal (IMC), las lesiones previas, el volumen y la intensidad del entrenamiento han sido considerados como factores que aumentan el riesgo de lesión (2, 11). No obstante, según Benno M. Nigg et al. (6) las fuerzas de impacto y la pronación del pie han sido las dos variables más estudiadas, ya que se pensaba que estaban asociadas a las lesiones del corredor.

Las fuerzas de impacto se han considerado como un factor precipitante en las lesiones de la carrera, las cuales se dividen en externas e internas (4, 6, 12). Las fuerzas externas han sido las más estudiadas en la literatura, y se describen como el pico de fuerza que se genera entre el choque del pie contra el suelo producida por la desaceleración de este durante la carrera

(8). Aunque las fuerzas internas se han dejado de lado, son las más importantes puesto que se relacionan con la carga mecánica que soporta el tejido (12).

Benno M. Nigg et al. definen la pronación “como la rotación hacia dentro del pie alrededor del eje subtalar” (12, p. 5). La pronación es un mecanismo natural del cuerpo humano necesario para la absorción de impactos durante la locomoción bípeda (10). Sin embargo, se ha considerado su exceso como un factor precipitante de lesiones ya que se relacionaba con una rotación tibial interna, lo que provocaba un aumento de la carga en las estructuras anatómicas (4, 8, 10).

Con el fin de reducir las lesiones en el corredor, se han ido introduciendo características específicas en el diseño del calzado para:

- a) Mejorar la estabilidad de la zapatilla con el propósito de reducir el exceso de pronación del pie (11, 13, 14).
- b) Aumentar la amortiguación y reducir el pico de impacto de manera que se atenúen las fuerzas reactivas del suelo (13).

Para conseguir estos objetivos, las empresas han creado variedades de zapatillas con el fin de dar a los corredores una receta que se adecue a sus necesidades individuales. Actualmente, es posible encontrar en el mercado los siguientes tipos (7, 8, 12, 14):

- Zapatillas con *motion control* (control de movimiento o de pronación): son las zapatillas más rígidas y pesadas (7). Están elaboradas con una mediasuela de alta densidad con un soporte medial y una talón reforzado con un posteo en la parte media (7). Ofrecen estabilidad y están orientadas hacia personas con un exceso de pronación y peso elevado (7).

- Zapatillas *stability* (estabilidad): son zapatillas acolchadas, que aportan buena estabilidad al retropié y flexibilidad al antepié (7). Suelen tener un posteo medial o una mediasuela de doble densidad encargada de controlar la pronación (7). Están recomendadas para corredores de peso medio con una pronación moderada (7).
- Zapatillas *neutral* (neutras o de amortiguación): son las más flexibles, con una mediasuela más blanda construida con materiales para absorber el impacto (EVA, gel, silicona, etc.) (7). Indicada para corredores de peso bajo o medio y con muy poca pronación (7).

Por otro lado, existe en el mercado lo que se conoce como zapatillas maximalistas (15). En palabras de C. D. Pollard “actualmente no existe una definición académica de calzado maximalista, pero en la industria, la característica definitoria es mayor amortiguación en la mediasuela” (15, p. 2).

Figura 3: Zapatilla maximalista (izquierda) y zapatilla neutra (derecha).



Fuente: Pollard CD, Ter Har JA, Hannigan JJ, Norcross MF. *Influence of Maximal Running Shoes on Biomechanics Before and After a 5K Run*. [Internet] 2018. [Consultado el 11 de

mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.runnersworld.com/uk/a776340/how-running-in-maximal-shoes-can-affect-your-5k-time-and-potentially-cause-injury/>

La literatura científica sugiere que las características del calzado tienen la capacidad de influir en la cinética y cinemática del corredor. La densidad de la mediasuela puede reducir las fuerzas de impacto y el movimiento de pronación del corredor (16). En el artículo publicado por Roy T.H. Cheung et al. (17) concluyeron que las zapatillas con control de movimiento redujeron el exceso de pronación en comparación con las zapatillas neutras.

Los nuevos paradigmas.

Recientemente han surgido en la literatura nuevos paradigmas que intentan explicar cómo la zapatilla puede influir en las lesiones (6, 12, 13). Este nuevo paradigma es la “la ruta de movimiento preferente”, que afirma que durante la carrera el cuerpo se mantiene en una trayectoria de movimiento, es decir, la cinemática de la extremidad cambia muy poco para un actividad dada con el fin de reducir el gasto energético y la consiguiente fatiga muscular (6, 12). Las fuerzas de impacto actuarían como una señal de entrada a las que el aparato locomotor reacciona adaptando la actividad muscular para mantener una “trayectoria de movimiento preferida” (6, 12), por lo que las características del calzado podrían influir en la actividad muscular afectando a la fatiga, la comodidad y al rendimiento (6, 12).

1.2. Justificación del trabajo.

El *running* es un deporte que conlleva un alto índice de lesiones, por lo que se deben buscar medidas que ayuden a los corredores a reducirlas. Los fabricantes de calzado están constantemente innovando para ofrecer a los deportistas un producto que mejore su rendimiento. Existe en el mercado una amplia gama de zapatillas con diferentes

características que tienen la capacidad de influir en el usuario, por lo que usar el calzado como una medida contra las lesiones parece apropiado y merece ser considerado.

1.3. Objetivos.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica para:

- Determinar qué características de las zapatillas de *running* pueden poner a los corredores en riesgo de sufrir una lesión relacionada con la carrera.
- Valorar qué características de las zapatillas de *running* pueden ayudar a los corredores a reducir el riesgo de lesiones relacionadas con la carrera.



2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño del estudio.

Este trabajo es una revisión bibliográfica de la evidencia científica sobre la relación existente entre las zapatillas de *running* y el riesgo de lesión que pueden tener los corredores.

2.2. Estrategia de búsqueda.

La búsqueda de los documentos ha sido realizada entre noviembre y diciembre de 2018 en las bases de datos electrónicas relacionadas con la salud de PubMed y SCOPUS.

Las palabras clave utilizadas para las búsquedas de los artículos utilizados en este trabajo fueron: “*shoe*”, “*running*”, “*midsole*”, “*motion control*”, “*boost energy*”, “*maximalist*” y “*maximal*”. Los operadores booleanos que se usaron para combinar los términos y dar sentido a la búsqueda fueron “AND” y “OR”.

Seguidamente, en la Tabla 1 se muestra cada una de las búsquedas realizadas en cada base de datos, así como los resultados que se han obtenido y los artículos seleccionados que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 1. Búsquedas realizadas y artículos que cumplen los criterios de selección.

Nº de búsqueda	Palabras clave y operadores booleanos	Base de datos	Nº resultados	Artículos que cumplen los criterios de selección
1º búsqueda	“maximalist” OR “maximal” AND “shoe” AND “running”	PUBMED	50	2
		SCOPUS	57	3
2º búsqueda	“shoe” AND “midsole”	PUBMED	51	3
		SCOPUS	108	4
3º búsqueda	“shoe” AND “boost energy”	PUBMED	1	0
		SCOPUS	8	1
4º búsqueda	“shoe” AND “motion control” AND “running”	PUBMED	55	6
		SCOPUS	65	5
5º búsqueda	“shoe” AND “drop” AND “running”	PUBMED	35	3
		SCOPUS	46	3

Fuente: elaboración propia.

2.3. Criterios para la selección de artículos.

Con el fin de centrar el tema tratado en este trabajo se han recurrido a los siguientes criterios para la selección de los artículos.

2.3.1 Criterios de inclusión.

- Artículos publicados entre 2010 y 2018 (ambos inclusive).
- Artículos con acceso al texto completo.

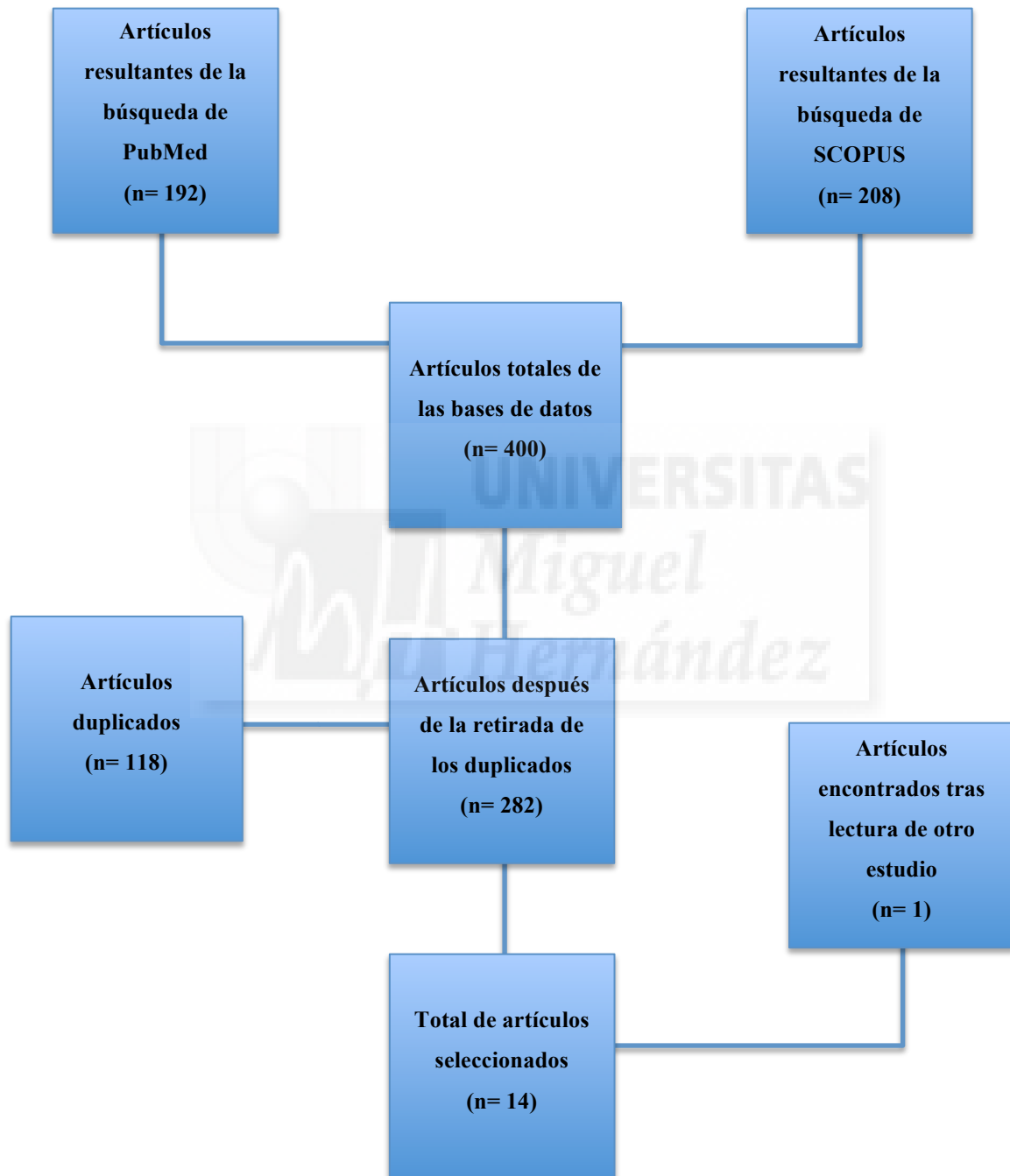
- Artículos cuyo idioma utilizado sea el inglés o el español.
- Estudios en cuya metodología se utilicen humanos.
- Estudios empíricos.
- Artículos que comparen dos o más de las siguientes características y/o tipos de zapatillas: el drop, la densidad de la mediasuela, zapatillas neutras, zapatillas con control de la pronación, zapatillas maximalistas y/o zapatillas con sistema boost.
- Estudios en los que se analice la muestra corriendo.
- Artículos que analicen la cinética, la cinemática, la rigidez articular, la actividad muscular y/o el índice de lesiones.

2.3.2. Criterios de exclusión.

- Revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Artículos cuya muestra tenga enfermedades sistémicas y/o lesiones musculoesqueléticas.
- Estudios en cuyo investigación se utilicen plantillas, prótesis, calzado con cuñas, botas de fútbol, zapatillas de baloncesto, zapatillas de tenis, calzado con “*rocker soles*” y/o calzado minimalista o se haga descalzo.
- Artículos en los que análisis de la muestra se haga andando, realizando saltos (verticales y/o laterales), subiendo/bajando cuestas y/o esprintando.

En la Figura 1 se expone el diagrama de flujo de selección de artículos, donde se especifican los resultados de las búsquedas, los artículos duplicados y descartados.

Figura 4: Diagrama de flujo.



Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS

Tras la revisión de la bibliografía, se exponen los resultados de los artículos seleccionados, los cuales se han dividido en diversos apartados en función de las características de las zapatillas. En la Tabla 2 se muestra un resumen de los artículos analizados en el trabajo.

Tabla 2. Resumen de los artículos analizados en el trabajo.

AUTORES AÑO	TÍTULO	TIPO DE ESTUDIO Y N° MUESTRA	OBJETIVO	RESULTADOS
- A. Rose. - I. Birch. 2011 - R. Kusima.	Effect of motion control running shoes compared with neutral shoes on tibial rotation during running.	Estudio controlado de laboratorio. N= 24	Determinar si una zapatilla con control de movimiento reduce la rotación tibial en el plano transversal durante la carrera en cinta rodante	El rango total de rotación tibial fue menor cuando se usó una zapatilla con control de movimiento en comparación con una zapatilla neutra.
- C. D. Pollard. - J. A. Ter Har. 2018 - J. J. Hannigan. - M. F. Norcross.	Influence of maximal running shoes biomechanics before and after a 5K run.	Estudio controlado de laboratorio. N =15	Examinar la influencia biomecánica de las zapatillas maximalista antes y después de una carrera de 5 km en comparación con unas zapatillas neutras.	Los corredores mostraron un aumento de las fuerzas de impacto y de la velocidad de carga cuando corrían con una zapatilla maximalista en comparación con una neutra.
- D. Theisen. - L. Malisoux. 2013 - J. Genim. - N. Delattre. - R. Seil.	Influence of midsole hardness of standard cushioned shoe on running-related injury risk.	Estudio prospectivo. N= 247	Probar si los corredores que usan zapatillas con mediasuelas menos compatibles tienen un mayor riesgo de lesiones relacionadas con la carrera.	La dureza de la mediasuela no parece influir en el riesgo de lesiones de los corredores.

- A. Urhausen.				
- G. Weir. - C. Jewell. - H. Wyatt. 2018 - M. B. Trudeau. - E. Rohr. - G. Brüggeman. - J. Hamill.	The influence of prolonged running and footwear on lower extremity biomechanics.	Estudio controlado de laboratorio. N=14	Investigar la influencia en la biomecánica de las zapatillas neutras y de estabilidad durante una carrera de 42 minutos.	Las zapatillas de estabilidad puede mantener al corredor en su movimiento lineal y/o compensar cuando la musculatura no esté funcionando de manera óptima, beneficiando a los corredores a reducir la exposición a las lesiones.
- J. Baltich. - C. Maurer. 2015 - B. M. Nigg.	Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes.	Estudio controlado de laboratorio. N= 93	Cuantificar el efecto de la dureza de la mediasuela en la rigidez articular del tobillo y de la rodilla, y de la fuerza de reacción del suelo.	El pico de impacto vertical y la rigidez articular aumentan a medida que disminuye la dureza de la mediasuela.
- J. Kulmala. - J. Kosonen. 2018 - J Nurminen. - J. Avela.	Running in highly cushioned shoes increases leg stiffness and amplifies impact loading.	Estudio controlado de laboratorio. N=12	Examinar la carga de impacto y la mecánica de carrera con una zapatilla maximalista y con una zapatilla de control convencional a dos velocidades.	Las zapatillas maximalistas modifican la mecánica de carrera y amplifican, en lugar de atenuar, la carga de impacto.
- J. Sinclair. - C. Franks. 2014 - J.F. Goodwin. - R. Naemi. - N. Choclingman.	Influence of footwear designed to boost energy return on the kinetics and kinematics of running compared to conventional running shoes.	Estudio controlado de laboratorio. N= 15	Examinar la cinética y la cinemática de un calzado con retorno de energía en comparación con un calzado de <i>running</i> convencional.	La aceleración tibial fue mayor en el calzado con retorno de energía, así como la eversión y la rotación tibial interna.
- K. Lilley.	The influence of	Estudio	Investigar el efecto	La zapatilla con

- V. Stiles. 2013 - S. Dixon.	motion control shoe son the running gait of mature and young females.	controlado de laboratorio. N= 15	de las zapatillas con control de movimiento en mujeres jóvenes y maduras.	control de movimiento redujo la eversión máxima del talón y la rotación interna de la rodilla en los dos grupos de edad.
- L. Malisoux. - J. Ramesh. - R. Mann. 2015 - R. Seil. - A. Urhausen. - D. Theisen.	Can parallel use of different running shoes decrease running-related injury risk?	Estudio prospectivo. N= 264	Determinar si los corredores que usan diferentes pares de zapatillas están en un menor riesgo de lesiones relacionadas con la carrera.	El uso paralelo de más de un par de zapatillas para correr fue un factor protector de lesiones.
- L. Malisoux. - P. Gette. - N. Chambon. 2017 - A. Urhausen. - D. Theisen.	Adaptation of running pattern to the drop of estándar cushioned shoes: a randomised controlled trial with a 6-moth follow-up.	Ensayo controlado aleatorio doble ciego N= 59	Investigar si el drop de las zapatillas estándar induce a adaptaciones específicas en la técnica de carrera durante 6 meses.	No hay adaptación específicas en las variables espacio temporales y cinemáticas entre las diferentes condiciones de calzado a excepción de la abducción de rodilla.
- L. Malisoux. - N. Chambon. 2016 - A. Urhausen. - D. Theisen.	Influence of the heel-to-toe drop of standard cushioned running shoe son injury risk in leisure-time runners: a randomized controlled trial with 6-month follow-up.	Ensayo controlado aleatorio. N= 553.	Determinar si el drop de la zapatilla estándar influye en el riesgo de lesión.	En general, el riesgo de lesiones no se modificó con el drop del zapato. Sin embargo, las zapatillas con drop bajos podrían ser más peligrosos para corredores regulares y más preferible para los ocasionales.
- L. Malisoux.	Injury risk in runners using	Ensayo controlado	Investigar si el uso de zapatillas con control	El riesgo global de lesión fue menor en

<p>- N. Chambon. - N. Delattre. 2016 - N. Gueguen. - A. Urhausen. - D. Theisen.</p>	<p>estándar or motion control shoes: a randomised controlled trial with participant and assessor blinding.</p>	<p>aleatorio. N= 372.</p>	<p>de la pronación modifica el riesgo de lesión en comparación con las zapatillas estándar, y si esto depende de la morfología del pie.</p>	<p>participantes que habían recibido zapatillas con control de movimiento.</p>
<p>- M. B. Ryan. - G. A. Valiant. 2010 - K. McDonald. - J. E. Taunton.</p>	<p>The effect of the three different levels of footwear stability on pain outcomes in women runners: a randomised control trial.</p>	<p>Estudio aleatorio controlado prospectivo. N= 81</p>	<p>Examinar las lesiones en mujeres corredoras asignadas con zapatillas neutras, de estabilidad o con control de movimiento.</p>	<p>Las zapatillas con control de movimiento para los tipos de pie neutro o pronado conllevan un riesgo significativo de experimentar dolor relacionado con la carrera. Las corredoras neutras pueden beneficiarse de las zapatillas de estabilidad.</p>
<p>- R. T. H. Cheung. - G. Y. F. Ng. 2010</p>	<p>Motion control shoes delays fatigue of shank muscles in runners with overpronating feet.</p>	<p>Estudio controlado de laboratorio. N=20</p>	<p>Investigar la activación muscular de la pierna con diferentes tipos de zapatillas.</p>	<p>La zapatilla con control de movimiento puede facilitar un patrón de activación muscular más estable y una mayor resistencia a la fatiga de los músculo tibial anterior y peroneo lateral largo en individuos con pronación excesiva durante la carrera.</p>

Fuente: elaboración propia.

Zapatilla maximalista y con “boost system”.

Se encontraron dos artículos que estudiaron la influencia de las zapatillas maximalistas en los corredores. Pollard et al. (15) compararon el calzado maximalista y la zapatilla neutra, antes y después de una carrera de 5 km, mientras que Kulmala et al. (18) la compararon con una zapatilla con control de movimiento a dos velocidades distintas. Los resultados de ambos estudios muestran una mayor tasa de carga, pico de impacto y rigidez de la pierna con la zapatilla maximalista que con la zapatilla neutra. Además, se observó que la carga de impacto y la rigidez de la pierna se vieron muy aumentadas a velocidades altas (14,5 km/h), mientras que a velocidades más lentas esto no sucedía (10 km/h) (18).

En cuanto a las zapatillas con “boost system”, solo se encontró un artículo que analizara los cambios cinéticos y cinemáticos del calzado con retorno de energía, el cual se comparó con un calzado de running convencional (9). Los datos obtenidos por J. Sinclair et al. (9) muestran que la aceleración tibial, la eversión del tobillo y la rotación tibial fueron significativamente mayores con las zapatillas “boost” que con el calzado convencional.

Uso de más de un par de zapatillas.

L. Malisoux et al. (3) estudiaron si los corredores que usaban concomitantemente diferentes pares de zapatillas están en un menor riesgo de lesiones relacionadas con la carrera. Los resultados que obtuvieron fueron que el uso paralelo de más de un par de zapatillas y la participación en varios deportes estuvo asociado a un menor riesgo de lesiones, mientras que las lesiones previas se vincularon a un mayor riesgo de lesión (3).

La dureza de la mediasuela.

En el estudio de laboratorio de J. Baltich et al. (19), se cuantificó el efecto de tres durezas diferentes de entresuela en el tobillo y en la rodilla. Las durezas utilizadas fueron: Asker C-40, Asker C-52 y Asker C-65 (19). Las comparaciones revelaron que a medida que disminuye la dureza de la mediasuela aumentaba el pico de impacto y la rigidez del tobillo (19). En cuanto a la rodilla, las mujeres aumentaron la rigidez con entresuelas más duras (19). Sin embargo, en el artículo de D. Theisen et al. (20) en el que se estudió el riesgo de lesión entre dos zapatillas con durezas de mediasuela diferentes (Asker C-64 y Asker C-57), no se encontró asociación. Si que fue un factor de riesgo de lesión el Índice de Masa Corporal, las lesiones previas y la intensidad del entrenamiento, mientras que la carrera regular y la práctica de otros deportes fueron factores protectores (20).

El drop de la zapatilla.

L. Malisoux et al. (21) investigaron si el drop de las zapatillas estándar induce a adaptaciones específicas durante seis meses en corredores de tiempo libre. No hubo cambios en las variables espacio-temporales y cinemáticas entre los diferentes drop, a excepción de una disminución de la abducción de rodilla en posición de apoyo medio con drop 0, la cual aumentó con drop 6 y 10. En cuanto al riesgo de lesión y el drop de la zapatilla, los datos obtenidos muestran que, en general, el riesgo de lesión no fue diferente entre los participantes con diferentes drops (22). Sin embargo, según la regularidad de la carrera, los corredores ocasionales que usaron drops bajos (6 mm y 0 mm) se asociaron con un menor riesgo de lesiones, mientras que estos tipos de drops se asociaron con un mayor riesgo de lesiones en corredores regulares (22).

Zapatillas con control de la pronación.

En los artículos donde se analizó la cinemática, K. Lilley et al. (24) investigaron el efecto de las zapatillas con control de la pronación en mujeres jóvenes y adultas. Los resultados que obtuvieron para ambos grupos fue una disminución significativa de la eversión del tobillo y de la rotación interna de rodilla en comparación con la zapatilla neutra (24). Los datos obtenidos por A. Rose et al. (23) en su estudio de laboratorio revelaron que los corredores con zapatillas con control de la pronación tuvieron una menor rotación tibial interna con zapatillas con control de la pronación en comparación con los corredores que usaron zapatillas neutras. Por su parte, G. Weir et al. (13) que estudiaron la influencia del calzado neutral y de estabilidad durante una carrera de 42 minutos, observaron cambios individuales entre los dos tipos de zapatillas. La abducción de rodilla aumentó durante la carrera para los participantes 11, 13 y 14 al usar la zapatilla neutra pero no con la de estabilidad (13). Los individuos 5, 6 y 12 tuvieron una rotación externa de rodilla más cerca de la neutralidad con la zapatilla de estabilidad que con la zapatilla neutra (13). Los participantes 4, 6 y 10 desde el minuto 24 al 44 aumentaron la eversión del calcáneo con la zapatilla neutra (13). Sin embargo, al usar la zapatilla de estabilidad, no se observaron cambios en los participantes 4 y 6, lo cual fue similar en todos los participantes excepto en el 10 y 11 (13). El participante 13 tuvo un aumento significativo de la aducción máxima del pie durante la carrera con la zapatilla neutra, sin embargo, se observó un cambio mínimo en el zapato de estabilidad (13). Los datos obtenidos muestran que la zapatilla de estabilidad puede mantener a los corredores en su movimiento lineal (13).

En cuanto a la activación muscular, R. T. H. Cheung et al. (25) encontraron diferencias significativas en la electromiografía de los músculos tibial anterior y peroneo lateral largo a lo largo de la carrera. Los valores medios para la activación del tibial anterior fueron un

10,5% más altos con la zapatilla neutra que con la de control de movimiento, mientras que la del peroneo lateral largo fue un 9,6% mayor con la zapatilla neutra (25).

Los dos últimos artículos son estudios de campo basados en los ratios de lesión entre corredores con zapatillas con control de la pronación y el tipo de pie. M. B. Ryan et al. (14) examinaron las lesiones que se producían en mujeres corredoras que habían utilizado zapatillas neutras, de estabilidad o con control de la pronación. Las corredoras muy pronadoras que llevaban un calzado con control de la pronación se lesionaron el 100%, mientras que en el caso de las corredoras diagnosticadas como neutras, tuvieron menos lesiones las que llevaban un calzado con ligero control de la pronación (14). Las corredoras pronadoras funcionaron mejor con un calzado neutro que con un calzado con ligero control (14). Sin embargo, en el artículo de L. Malisoux et al. (11) se compararon las zapatillas con control de la pronación y las zapatillas estándar. En general, el riesgo de lesión fue menor entre los participantes que usaron las zapatillas con control de la pronación (11). En el grupo de corredores con pies pronados, la tasa de lesiones fue significativamente menor entre los participantes que utilizaron zapatillas con control de movimiento (11). No se observó este efecto en corredores con pies neutros o supinados (11). Por otro lado, los corredores con pies pronados que usaron zapatillas estándar tuvieron un mayor riesgo de lesión que los corredores con pies neutros (11).

4. DISCUSIÓN

La bibliografía nos muestra que las zapatillas con sistema de retorno de energía, cuyo diseño está pensado para mejorar el rendimiento en carrera reduciendo el consumo de energía, producen un aumento de la aceleración tibial, de la eversión del tobillo y de la rotación tibial interna (9). El exceso de estas variables cinéticas y cinemáticas se han considerado como factores que pueden estar relacionados con las lesiones de los corredores (4, 8, 10).

Respecto a los modelos maximalistas, y a pesar de que están diseñados para ofrecer una mayor amortiguación, los estudios sugieren una mayor tasa de carga, rigidez de la pierna y pico de impacto con este tipo de calzado (15, 18). En estos artículos se obtienen resultados similares a los publicados por J. Baltich et al. (19), cuyos datos revelan que a mayor amortiguación de la zapatilla, mayor es el pico de impacto y de la rigidez del tobillo. Estos estudios entran en conflicto con suposiciones de que una alta amortiguación ayuda a reducir la carga de impacto (26). Sin embargo, y a pesar de los resultados de los artículos anteriores, en el estudio prospectivo de Theisen et al. (20) no se encontró asociación entre las lesiones y la densidad de la mediasuela. No obstante, Theisen et al. (20) utilizaron densidades de mediasuela muy parecidas (Asker C- 64 y Asker C- 57) a diferencia de las utilizadas en el estudio de Baltich et al. (19) (Asker C- 40, Asker C- 52 y Asker C- 65).

En relación al drop, los estudios muestran que esta característica de la zapatilla no parece tener una relación significativa con las lesiones de los corredores, pudiendo ser beneficioso drops bajos para corredores regulares y drops altos para corredores ocasionales (21, 22).

En cuanto al uso de más de un par de zapatillas para correr y el riesgo de lesiones, solo existe una investigación que haya analizado esta relación (3). Los datos obtenidos muestran que alternar varias zapatillas puede ayudar a los corredores a disminuir el riesgo de lesión (3).

Acerca de las zapatillas con control de la pronación, los resultados muestran una reducción de la eversión del tobillo, de la rotación interna de la rodilla y la tibia con este tipo de calzado (23, 24). Por su parte, R. T. H. Cheung et al. (25) y G Weir et al. (13) concluyeron que las zapatillas con control de la pronación pueden mantener a los corredores en un patrón más estable tanto a nivel electromiográfico como cinemático. Estos datos guardan semejanza con publicaciones anteriores en las que se concluyó que las zapatillas con control de movimiento reducen el exceso de pronación en comparación con las zapatillas neutras (17). A pesar de lo anterior, existen publicaciones contradictorias sobre si las zapatillas con control de pronación pueden reducir el riesgo de lesiones (11, 14). Mientras que B. Ryan et al. (14) manifiestan que los deportivos con control de movimiento conllevan un riesgo significativo de experimentar dolor relacionado con la carrera, L. Malisoux et al. (11) concluyen que el riesgo global de lesión fue menor entre los participantes que habían recibido zapatillas con control de movimiento.

Los resultados del presente trabajo muestran que existen características de las zapatillas que tienen repercusiones cinéticas y cinemáticas en el usuario. Sin embargo, la relación entre las zapatillas y el riesgo de lesión es aún incompleta (27). Una de las razones es el diseño de los estudios para abordar problemas tan complejos, así como intentar combinar análisis biomecánicos con seguimientos a largo plazo de un gran número de corredores con características tan dispares (mecánica de carrera, condiciones ambientales, lesiones previas, etc.) es una de las limitaciones de los estudios (27). Además, el riesgo de lesión del corredor es multicausal (2, 11), por lo que la zapatilla puede no ser un factor de riesgo por si misma (27).

Por último, hay autores que ponen en duda que exista una relación entre la pronación del pie, las fuerzas de impacto y las lesiones del corredor, pues afirman que en la literatura hay

poca evidencia que refuerce esta asociación, y proponen nuevos paradigmas que ayuden a explicar este dilema (6, 12). Es más, en el estudio prospectivo publicado por Nielsen et al. (28) mostraron que los pies moderadamente pronados son los que menos lesiones tuvieron.



5. CONCLUSIONES

A pesar de que existen artículos que muestran que las zapatillas influyen en la mecánica del usuario y que pueden poner a los corredores en un mayor o menor riesgo de lesión, estos estudios han sido realizados con muestras de pequeño tamaño y, en muchos de los casos, la relación entre las zapatillas y las lesiones de los corredores es contradictoria.

Por lo tanto, se concluye que la realización de este estudio no ha permitido satisfacer los objetivos propuesto al inicio del trabajo, y que se necesitan más investigaciones que ayuden a dar respuesta a si las zapatillas de *running* tiene una influencia significativa en las lesiones de los corredores.



6. BIBLIOGRAFÍA

1. Messier SP, Martin DF, Mihalko SL, Ip E, DeVita P, Cannon DW, et al. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). *Am J Sports Med.* 2018; 46(9): 2211–21.
2. Van Gent RN, Siem D, Van Middeloop M, Van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review. *Sport en Geneeskd.* 2007; 40(4): 16–29.
3. Malisoux L, Ramesh J, Mann R, Seil R, Urhausen A, Theisen D. Can parallel use of different running shoes decrease running-related injury risk? *Scand J Med Sci Sport.* 2015; 25(1): 110–5.
4. Hreljac A. Impact and Overuse Injuries in Runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(5): 845–9.
5. Werd M, Knight E. Athletic footwear and orthoses in sports medicine. Springer; 2017.
6. Nigg BM, Baltich J, Hoerzer S, Enders H. Running shoes and running injuries: Mythbusting and a proposal for two new paradigms: “Preferred movement path” and “comfort filter.” *Br J Sports Med.* 2015; 49(20): 1290–4.
7. Asplund CA, Brown DL. The Running Shoe Prescription. *Phys Sportsmed.* 2010; 33(1): 17–24.
8. Ruello O. Pie y zapatillas del corredor a pie. *EMC - Podol.* 2015; 15(3): 1–8.
9. Sinclair J, Franks C, Goodwin JF, Naemi R, Chockalingam N. Influence of footwear designed to boost energy return on the kinetics and kinematics of running compared to conventional running shoes. *Comp Exerc Physiol.* 2014; 10(3): 199–206.
10. Kirby K. Biomecánica del Pie y la Extremidad Inferior IV: Artículos de Precision Intracast, 2009-2013. Arizona: Precision Intracast, Inc; 2015.

11. 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.
12. Nigg BM, Mohr M, Nigg SR. Muscle tuning and preferred movement path- a paradigm shift. *Current Issues in Sport Science*. 2017; 2 (007): 1-12.
13. Weir G, Jewell C, Wyatt H, Trudeau MB, Rohr E, Brüggemann GP, et al. The influence of prolonged running and footwear on lower extremity biomechanics. *Footwear Sci [Internet]*. 2018; 0(0): 1–11.
14. Ryan MB, Valiant GA, McDonald K, Taunton JE. The effect of three different levels of footwear stability on pain outcomes in women runners: A randomised control trial. *Br J Sports Med*. 2011; 45(9): 715–21.
15. Pollard CD, Ter Har JA, Hannigan JJ, Norcross MF. Influence of Maximal Running Shoes on Biomechanics Before and After a 5K Run. *Orthop J Sport Med*. 2018; 6(6): 1–5.
16. Nigg BM, Bahlsten A. Influence of Heel Flare and Midsole Construction on Pronation, Supination, and Impact Forces for Heel- Toe Running. *International Journal of Sport Biomechanics*. 1988; 4(3): 205-219.
17. Cheung RTH, Ng GYF. Efficacy of motion control shoes for reducing excessive rearfoot motion in fatigued runners. *Phys Ther Sport*. 2007; 8(2): 75–81.
18. Kulmala JP, Kosonen J, Nurminen J, Avela J. Running in highly cushioned shoes increases leg stiffness and amplifies impact loading. *Sci Rep*. 2018; 8(1): 1–7.
19. Baltich J, Maurer C, Nigg BM. Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes. *PLoS One*. 2015; 10(4): 1–11.
20. Theisen D, Malisoux L, Genin J, Delattre N, Seil R, Urhausen A. Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. *Br J*

- Sports Med. 2014; 48(5): 371–6.
21. Malisoux L, Gette P, Chambon N, Urhausen A, Theisen D. Adaptation of running pattern to the drop of standard cushioned shoes: A randomised controlled trial with a 6-month follow-up. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2017; 20(8): 734–9.
 22. Malisoux L, Chambon N, Urhausen A, Theisen D. Influence of the Heel-to-Toe Drop of Standard Cushioned Running Shoes on Injury Risk in Leisure-Time Runners. *Am J Sports Med*. 2016; 44(11): 2933–40.
 23. Rose A, Birch I, Kuisma R. Effect of motion control running shoes compared with neutral shoes on tibial rotation during running. *Physiotherapy* [Internet]. 2011; 97(3): 250–5.
 24. Lilley K, Stiles V, Dixon S. The influence of motion control shoes on the running gait of mature and young females. *Gait Posture* [Internet]. 2013; 37(3): 331–5.
 25. Cheung RTH, Ng GYF. Motion Control Shoe Delays Fatigue of Shank Muscles in Runners with Overpronating Feet. *Am J Sports Med*. 2010; 38(3): 486–91.
 26. Yamashita MH. Evaluation and selection of shoe wear and orthoses for the runner. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2005; 16(3): 801–29.
 27. Theisen D, Malisoux L, Gette P, Nührenbörger C, Urhausen A. Footwear and running-related injuries - Running on faith? *Sport Orthop Traumatol*. 2016; 32(2): 169–76.
 28. Nielsen RO, Buist I, Parner ET, Nohr EA, Sørensen H, Lind M, et al. Foot pronation is not associated with increased injury risk in novice runners wearing a neutral shoe: A 1-year prospective cohort study. *Br J Sports Med*. 2014; 48(6): 440–7.