

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA



**LESIONES EN EL MIEMBRO INFERIOR PRODUCIDAS POR EL USO
DE LAS ZAPATILLAS CON PLACA DE CARBONO EN
CORREDORES.**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

AUTOR: MAZARRO, LÓPEZ DE LOS MOZOS, JOSE MARIA.

TUTOR: PASCUAL, GUTIERREZ, ROBERTO.

DEPARTAMENTO Y ÁREA: CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO Y SALUD.

ENFERMERÍA

Curso académico 2023- 2024.

Convocatoria de Junio.



ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
1.INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	10
3.MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
3.1 ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA.....	11
3.2 CRITERIOS DE BÚSQUEDA.....	12
3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	12
4.RESULTADOS.....	13
4.1 TABLA DE RESULTADOS.....	13
5.DISCUSIÓN.....	16
5.1 LIMITACIONES Y DIRECCIONES FUTURAS DE LOS ESTUDIOS.....	18
6.CONCLUSIÓN.....	19
7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

RESUMEN

Introducción: el running es una de las prácticas deportivas más populares en el mundo, tanto por su facilidad para practicarlo como por sus beneficios físicos mentales y sociales. Existen diversos tipos de zapatillas para correr como zapatillas “rodadoras”,minimalistas y de competición, muchas de las cuales han incorporado la placa de fibra de carbono para mejorar el rendimiento. Sin embargo, este avance tecnológico también puede enfrentar a los corredores a nuevos riesgos significativos de lesión.

Objetivos: investigar los efectos del uso de zapatillas con placas de carbono en el aumento o producción de lesiones deportivas en corredores.

Material y Métodos: se llevó a cabo una revisión bibliográfica en PUBMED y MDPI con la búsqueda "running AND carbon fiber plate AND footwear", obteniendo 12 artículos. Se seleccionaron estudios completos enfocados en los efectos de zapatillas con placa de carbono en lesiones y biomecánica de corredores hasta 60 años, excluyendo revisiones y otros componentes de calzado.

Resultados y Conclusión: los estudios revisados indican que las zapatillas con placa de fibra de carbono pueden mejorar el rendimiento en ciertos corredores, pero su impacto en las lesiones y la biomecánica varía según la construcción de la zapatilla y el tipo de corredor. Se requiere más investigación para determinar quiénes se benefician o se perjudican en términos de riesgos de lesiones.

Palabras clave: running, placa de fibra de carbono, calzado.

ABSTRACT

Introduction: running is one of the most popular sports practices in the world, both for its ease and for its physical, mental and social benefits. There are various types of running shoes such as “rolling”, minimalist and racing shoes, many of which have incorporated the carbon fiber plate to enhance performance. However, these technological advances may also confront runners with significant new risks of injury.

Objectives: to investigate the effects of the use of carbon plate running shoes on the increase or production of sports injuries in runners.

Material and Methods: a literature review was conducted in PUBMED and MDPI with the search “running AND carbon fiber plate AND footwear”, obtaining 12 articles. We selected full studies focused on the effects of carbon fiber plate running shoes on injuries and biomechanics in runners up to 60 years of age, excluding reviews and other footwear components.

Results and Conclusion: the studies reviewed indicate that carbon fiber plate shoes may improve performance in certain runners, but their impact on injury and biomechanics varies by shoe construction and runner type. More research is needed to determine who benefits or is harmed in terms of injury risk.

Keywords: running, carbon fiber plate, footwear.

1.INTRODUCCIÓN

Correr es una de las prácticas deportivas más populares en todo el mundo, ya que no se necesita el uso de material, instalaciones, ni estructuras deportivas complejas, para ponerlo en práctica. En este deporte se quema energía a la vez que disfrutas realizando ejercicio, aportando beneficios para la salud física y social. De hecho, puede reducir el riesgo de mortalidad, lo que significa un aumento en la esperanza de vida y una menor probabilidad de desarrollar enfermedades crónicas graves ¹(Lee D chul et al. 2017).

En realidad el material que se necesita únicamente para poner en práctica el running son las zapatillas, en la actualidad podemos diferenciarlas en diferentes tipos entre las que destacamos:

- A. Zapatillas “rodadoras”: se caracterizan por ofrecer una amortiguación significativa y están diseñadas para proporcionar el máximo confort y soporte durante largas distancias. Estas zapatillas son ideales para corredores que valoran la protección y la capacidad de absorber impactos, facilitando una transición suave del talón al dedo durante la carrera ²(Nigg BM et al. 2015).
- B. Zapatillas Minimalistas: están diseñadas para imitar la sensación de correr descalzo, ofreciendo muy poca amortiguación y soporte para maximizar la sensación de contacto con el suelo. Favorecen una técnica de carrera que involucra aterrizajes en el antepié o mediopié ³(Muniz-Pardos B et al. 2021).
- C. Zapatillas de competición: en las últimas temporadas muchas marcas han empezado a utilizar la tecnología de placas de fibra de carbono en sus zapatillas de competición, entre estas marcas, Nike y Adidas se destacan como las mejores por sus ventajas en el rendimiento,

evidenciado en que los récords mundiales recientes, tanto femeninos como masculinos, han sido establecidos usando zapatillas de estas dos compañías ⁴(Rodrigo-Carranza V et al.2022). Insertar una placa de fibra de carbono en la mediasuela del calzado aumenta la rigidez de la suela, lo que se traduce en una mejora significativa de la economía de carrera. Esto se refleja en un ahorro energético durante la carrera a velocidades submáximas . Además, busca alterar las características biomecánicas del material de la mediasuela para ofrecer ventajas fisiológicas y perceptuales a los corredores ⁵(Farina EM et al. 2015).

Para entender estas mejoras es necesario entender las cualidades esenciales de un corredor:

- consumo máximo de oxígeno: define el límite superior del metabolismo aeróbico.
- umbral anaeróbico: es la máxima proporción del VO₂ máx que un atleta puede mantener en carreras de más de 3000 metros.
- economía de carrera: el oxígeno que se consume a una intensidad submáxima fija, típicamente al ritmo de maratón o justo por debajo ⁶(Joyner MJ et al. 1991) .

Esta tecnología ha sido eficaz para reducir la economía de carrera al mantener un esfuerzo constante en una intensidad absoluta del ejercicio. Los estudios indican que esta mejora es de aproximadamente un 4% en comparación con zapatillas convencionales sin placas de fibra de carbono ⁵(Farina EM et al. 2015).

El uso de zapatillas equipadas con este nuevo material ha mostrado una disminución aproximada del 1% en los tiempos de maratón para los atletas que las usaron comparándolo con aquellos que no, mientras otros factores como las condiciones ambientales y la edad se mantuvieron constantes ⁴(Rodrigo-Carranza V et al. 2022). Además, parece improbable que las recientes mejoras en los tiempos de carrera se deban a cambios biológicos ⁴(Rodrigo-Carranza V et al. 2022). Estas mejoras en el rendimiento están ligadas a una mejor economía de carrera proporcionada por este tipo de calzado ⁴(Rodrigo-Carranza V et al. 2022)

En el running como en cualquier deporte hay un riesgo de lesión, estas se entienden por un dolor musculoesquelético provocado por la carrera que impide a la persona seguir practicando la actividad durante al menos una semana y le obliga a buscar atención médica, la tasa de incidencia de lesiones en la carrera es de 7,7 por cada 1000 horas para corredores recreativos, y de 17,8 por cada 1000 horas para corredores principiantes ⁷(Videbæk S et al. 2015). Además entre el 30 % y el 70 % de los corredores experimentan lesiones cada año. Las lesiones más comunes incluyen dolor patelofemoral, síndrome de la cintilla iliotibial, síndrome de estrés tibial, tendinitis aquilea, fascitis plantar y fracturas por estrés. Todas estas se clasifican como lesiones por "uso excesivo" debido a un desequilibrio entre la carga repetitiva que soporta el tejido y su capacidad de adaptación ⁸(Ceysens L et al. 2019).

Existen diferentes tipos de causas, pero las más comunes están vinculadas principalmente con la fatiga, el uso excesivo o la sobrecarga musculoesquelética en las extremidades inferiores durante la carrera ⁹(Lopez AD et al. 2012).

Otra de las posibles causas que puede influir en su incidencia es la incorporación de tecnologías en las zapatillas como la fibra de carbono, de la que ya hemos hablado antes, para su producción y venta. Esta consecuencia se debe a la falta de conocimientos, asesoramiento y concienciación sobre las propiedades de este estilo de zapatillas para correr ¹⁰(Benca E et al. 2020). La reducción de la tasa de lesiones está estrechamente relacionada con concienciar sobre los diferentes tipos de calzado según el tipo de pie de los corredores .

Recomendar y guiar a los corredores hacia un calzado específico que se adapte a la morfología de su pie y a las características de cada tipo de zapatilla es una medida preventiva que podría ayudar a reducir el riesgo de lesiones relacionadas con la carrera ¹¹(Johnston CAM et al. 2003).

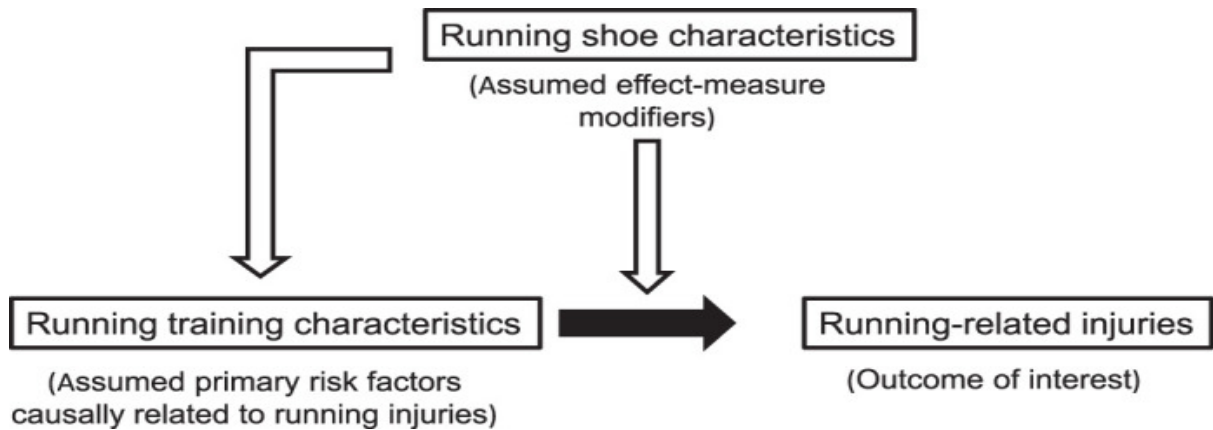


Figura 1: vínculo entre las características de la exposición a la carrera y factores no relacionados con el entrenamiento en la aparición de lesiones. Obtenido de: ¹²(Malisoux L et al. 2020)

Las zapatillas corresponden a uno de los factores extrínsecos que junto con factores intrínsecos afectan a la economía de carrera y al riesgo de sufrir lesiones deportivas.

Los factores intrínsecos están relacionados directamente con la biomecánica de carrera del individuo, los cuales pueden clasificarse a su vez en espacio-temporales (parámetros relacionados con los cambios y/o las fases del ciclo de la marcha, como el tiempo de contacto con el suelo y la longitud de la zancada); cinemáticos (los patrones de movimiento, como los ángulos de las articulaciones de las extremidades inferiores); cinéticos (las fuerzas que provocan el movimiento, como la fuerza de reacción del suelo [GRF]); y neuromusculares ¹³(Moore IS et al. 2016).

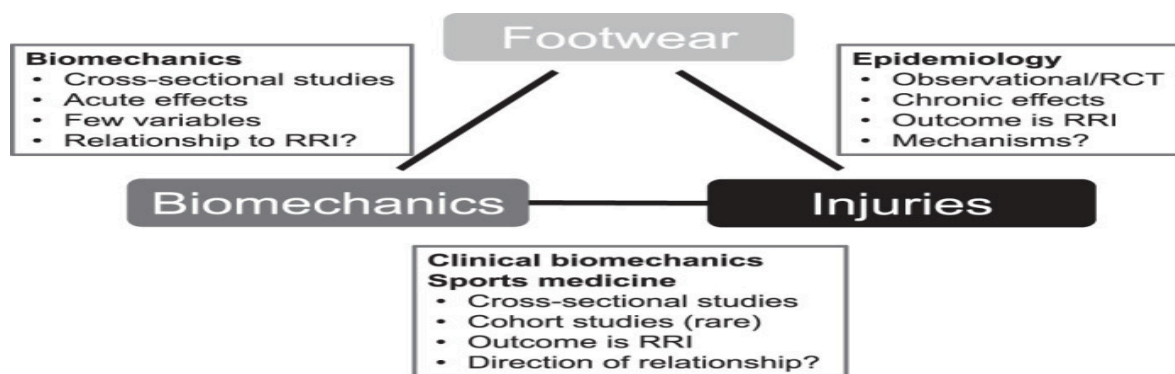


Figura 2: relación entre factores intrínsecos y extrínsecos con la lesión. Obtenido de: ¹²(Malisoux L et al. 2020)

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta revisión es investigar los efectos del uso de zapatillas con placas de carbono en el aumento o producción de lesiones deportivas en corredores.

Los objetivos secundarios son:

-Evaluar la influencia de las zapatillas con placas de carbono en la biomecánica de carrera y en la carga musculoesquelética .

-Examinar la relación entre la mejora en la economía de carrera y el riesgo de lesiones.

-Identificar los efectos de las zapatillas con fibra de carbono en diferentes tipos de corredores según su técnica y rendimiento .



PICO:

- **P:** corredores.
- **I:** uso de zapatillas con placas de carbono o derivados.
- **C:** uso de zapatillas sin placas de carbono.
- **O:** efectos relacionados con las lesiones deportivas en la carrera .

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura sobre los efectos de las zapatillas con placa de carbono en las lesiones deportivas de los corredores, buscando en bases de datos los principales artículos relacionados al tema.

3.1 ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva a través de las bases de datos “PUBMED” y “Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)”. La búsqueda inicial utilizó la siguiente ecuación de búsqueda: ("running" AND "carbon fiber plate" AND "footwear"). Esta búsqueda inicial arrojó un total de 12 artículos.

3.2 CRITERIOS DE BÚSQUEDA

Para mejorar la relevancia de los resultados, se aplicaron los siguientes filtros:

- **Rango de Fecha:** se limitó la búsqueda a artículos publicados en los últimos diez años. Sin embargo, debido a la novedad de la tecnología, el rango de fecha efectivo fue de 2020 a 2024.
- **Disponibilidad del Texto Completo:** se incluyeron únicamente artículos con texto completo disponible.
- **Tipo de Estudios:** se incluyeron únicamente estudios originales, excluyendo revisiones y artículos duplicados.

3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de inclusión y exclusión se definieron de la siguiente manera:

- **Criterios de Inclusión:**
- Artículos que discuten los efectos de las zapatillas con placa de carbono en las lesiones, biomecánica y carga musculoesquelética de corredores.
- Estudios que incluyan corredores, desde amateurs hasta profesionales, con una edad máxima de 60 años.

- **Criterios de Exclusión:**
- Artículos que traten de componentes diferentes a las zapatillas.
- Estudios que no se enfoquen en los efectos específicos de las zapatillas con placa de CFP.

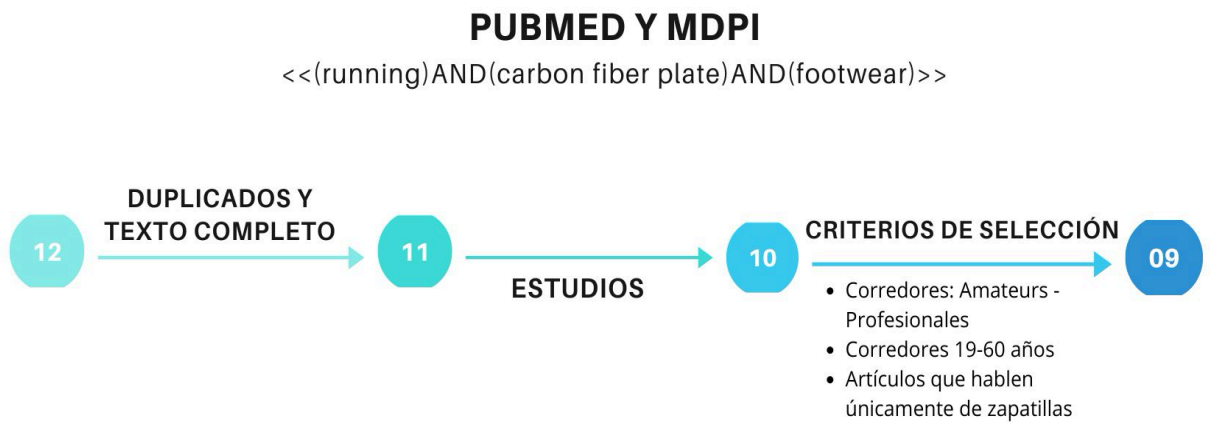


Figura 3: diagrama de flujo. Nota: elaboración propia.



4.RESULTADOS

4.1TABLA DE RESULTADOS

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA (Sexo,Tipo)	ZAPATILLAS	VARIABLES DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
T.Adam et al.2023	-Estudio clínico	-Crear conciencia sobre los posibles problemas de salud en torno a las zapatillas con fibra de carbono	-5 Corredores: (3 Masculino, 2 Femenino), (5 elite)	-Zapatilla con CFP	-Lesiones por estrés óseo.	1 Fractura por estrés en el navicular en atleta competitivo con CFP. 2 Fractura por estrés en el navicular en atleta experimentado tras cambio a CFP. 3 Fractura por estrés en el navicular en atleta competitivo con CFP. 4 Fractura por estrés en el navicular en corredor de larga distancia con CFP.. 5 Fractura por estrés en el navicular en atleta de élite tras cambio rápido a CFP.
F. Fengqin et al. 2021	-Estudio Experimental	-Comparar el efecto de la placa de carbono segmentadas y completas en la zapatillas, sobre la biomecánica de carrera	-15 Corredores : (15 masculinos), (resistencia)	-Zapatilla con CFP segmentada - Zapatilla con CFP completa	-Velocidad angular MTF. -ROM tobillo, rodilla, cadera. -Momentos articulares. -Fuerzas de reacción en el suelo. -Tiempo de contacto. -Presión máx entresuela. -Presión plantar.	-CFP segmentada aumentó V _{máx} de flexión plantar en MTF y trabajo positivo en rodilla vs. -CFP completa. -CFP segmentada redujo presión máxima en entresuela sin afectar rigidez ni retorno de energía.
Y. Song et	-Estudio	-Explorar cómo	-1 Corredor:	-Zapatillas con CFP.	-Presión y tensión plantar.	-Un grosor mayor y una posición baja reducen

al. 2023	Computacional	los cambios de espesor y ubicación de la CFP altera la presión plantar, la tensión en el antepié y el estado de estrés en los metatarsianos	(Masculino),(No específica)	-Espesor(1mm,2mm,3m) -Ubicación(alta,media,baja)	-Estrés en metatarsianos.	la presión plantar (hasta un 31,91%) y la deformación compresiva (hasta un 18,61%) sin aumentar el estrés metatarsiano.
N.B.Owen et al. 2020	-Estudio Experimental	-Establecer si las zapatillas CFP mejoran la economía de carrera y distinguir son diferentes grados de rigidez	-15 corredores: (15 masculinos), (no específica).	-Zapatillas con CFP (rigidez diferentes) -Zapatillas sin CFP	-Consumo de oxígeno. -Tiempo de contacto. -Ángulos articulares. -Momentos articulares. -EMG 7 músculos de la pierna -Dinámica del músculo sóleo -Potencia aeróbica	-Mayor rigidez de la suela con CFP alarga el tiempo de contacto ($p = 0.048$) sin afectar ángulos, momentos articulares, ni actividad muscular. -La rigidez de la suela no modifica el volumen activo del sóleo ($p = 0.538$) ni el gasto energético aeróbico al correr ($p = 0.458$).
H.Keiichiro et al. 2022	-Estudio Experimental.	-Investigar si la rigidez de las piernas durante la carrera difiere entre las zapatillas con CFP y Zapatillas tradicionales.	-18 Corredores: (18 masculinos),(No específica).	-Zapatillas CFP -Zapatillas sin CPF.	-Rigidez de las Piernas (kleg). -Oscilación Vertical del Centro de Masa (ΔCoM). -Tiempo de contacto. -Longitud de zancada. -Cadencia.	-La (kleg) fue un 4,8% menor en el zapato NVF en comparación con el TRAD, pero sin diferencia significativa. El desplazamiento del centro de masa (ΔCoM) y otros parámetros no mostraron diferencias significativas entre ambas zapatillas.
H. Iain et al. 2022	-Estudio Experimental	-Investigar si las zapatillas con CFP ofrecen el mismo beneficio metabólico cuesta arriba, en nivel y cuesta abajo	-18 Corredores: (18 masculino),(resistencia)	-Zapatillas CFP -Zapatillas sin CFP.	-Costo metabólico -Tiempo de contacto. -Tiempo de vuelo -Cadencia	-La CFP reduce el costo metabólico de manera similar en todas las inclinaciones (cuesta arriba, nivel y cuesta abajo). -No se encontraron correlaciones significativas entre los beneficios metabólicos individuales y las diferentes inclinaciones.
A.H.Laura et al.2022	-Estudio Experimental	-Determinar el efecto de la CFP segmentada y	-15 Corredores: (15 masculino), (no específica)	-Zapatillas con CFP segmentada. -Zapatillas CFP	-Economía de carrera -Cinética y cinemática MTF -Tiempo de contacto	-La economía de carrera no presentó diferencias significativas entre las condiciones de las zapatillas. -Las diferencias

		completa en la biomecánica y economía de carrera		completa		biomecánicas se observaron únicamente en la articulación MTP, con mayor dorsiflexión, velocidad angular y potencia negativa en la CFP segmentada
H. Keiichiro et al. 2024	-Estudio Experimental	-Aclarar la actividad EMG de los músculos flexores plantar GM y GL comparando una zapatilla CFP y tradicional.	-7 corredores: (7 masculino), (4 elite).	-Zapatillas con CFP -Zapatillas sin CFP	-Actividad EMG musculos flexores plantares y GL y GM.	-La actividad electromiográfica (EMG) de los músculos gastrocnemio medial (GM) y lateral (GL) fue un 50% menor durante la fase de impulso al correr con las zapatillas con CFP en comparación con las zapatillas sin CFP. -La reducción en la EMG sugiere que las zapatillas con CFP facilitan la propulsión y reducen el costo metabólico.
P. Kiesewetter et al. 2022	-Estudio Experimental	-Investigar la influencia de diferentes modelos de zapatillas CFP en parámetros fisiológicos y biomecánicos	-23corredores: (no específica), (alta resistencia)	-Zapatilla con CFP S1 -Zapatilla con CFP S2 -Zapatilla con CFP S3	-VO2 máx -Parámetros de zancada -Cinemática de carrera -Cinética de carrera	-Las diferencias entre los tipos de zapatillas con CFP afectaron los parámetros biomecánicos, pero no los fisiológicos. -Los corredores adaptaron su estilo de carrera según el tipo de calzado durante los 10 km para reducir la carga en las extremidades inferiores sin afectar el rendimiento de resistencia.

Tabla 1: *tabla de resultados de los artículos principales de la revisión:* Obtenido de: ¹⁴(Tenforde et al. 2023), ¹⁵(Fu F et al. 2021), ¹⁶(Song Y et al. 2023), ¹⁷(Beck On et al. 2020), ¹⁸(Hata K et al. 2022), ¹⁹(Hunter I et al. 2022), ²⁰(Healey La et al. 2022), ²¹(Hata K et al. 2024), ²²(Kiesewetter P et al. 2022)

5.DISCUSIÓN

A continuación se presentan los hallazgos claves de los documentos revisados:

-Efectos de las zapatillas con placa de carbono en las lesiones deportivas en corredores:

Se han documentado cinco casos de triatletas y corredores de media y larga distancia que mostraron dolor agudo durante o después de correr con este tipo de calzado, durante sesiones de entrenamiento y competiciones, además cuatro de los cinco casos han sido diagnosticados con fractura de estrés en el hueso navicular, esto sugiere una posible relación entre el uso de esta tecnología y la incidencia de la fractura por estrés, aunque también hay que señalar que las fracturas por estrés tienen causas multifactoriales ¹⁴(Tenforde A et al. 2023),¹⁶(Song Y et al. 2023). En otro estudio se ha llevado a cabo un análisis computacional sobre cómo el grosor y la ubicación de las placas de carbono afecta a la presión plantar y tensión en los metatarsianos. Los resultados muestran que una placa de 3mm de grosor y colocada en la zona del mediopié y retropié (cerca del talón) reduce la presión plantar y la tensión en los metatarsianos, sin embargo, una placa de 1 mm de grosor y colocada más hacia el antepié (cerca de los dedos) puede incrementar el riesgo de lesiones por estrés en el segundo y tercer metatarsiano, esto nos indica que esta nueva tecnología puede tener diferentes efectos según su grosor y ubicación en la zapatilla ¹⁶(Song Y et al 2023), ¹⁷(Beck ON et al. 2020).

En relación con la CFP se ha realizado un estudio en el que se examinan efectos biomecánicos con tres tipos de zapatillas diferentes en morfología y distribución, los corredores con placas más rígidas muestran mayores velocidades de eversión y esto está directamente relacionado con el riesgo de sufrir una lesión ²²(Kiesewetter P et al. 2022).

-Influencia de las zapatillas con CFP en la biomecánica de carrera y la carga musculoesquelética.

Las diferencias en la construcción de las placas (segmentada frente a completa) no afectaron significativamente a la flexión de la articulación metatarsofalángica (MTP) ni a la rigidez longitudinal de las zapatillas. Sin embargo, la placa segmentada aumentó la velocidad de dorsiflexión plantar de la MTP y el trabajo positivo en la rodilla, lo que sugiere una alteración biomecánica que podría reducir la presión máxima en el antepié ¹⁵(Fu F et al. 2021). Pero a su vez en otro estudio en el que se utilizó una zapatilla con CFP segmentada y otra completa, se observaron diferencias en la biomecánica de la articulación MTF, con mayores ángulos de dorsiflexión y mayor trabajo negativo en la zapatilla segmentada, lo que podía tener implicaciones en la salud articular y aumentar el riesgo de sufrir una lesión ¹⁵(Fu F et al. 2020),²⁰(Healey LA et al. 2022).

En este punto también se estudiaron diferentes grosores de placa de carbono (0,8mm, 1,6mm y 3,2mm) y su efecto en la dinámica articular de la cadera, rodilla y tobillo. No se encontraron diferencias significativas en los ángulos ni momentos articulares con diferentes grosores, aunque con las placas más rígidas se observó un tiempo de contacto con el suelo más largo incrementado generalmente la cadencia y la carga musculoesquelética ¹⁷(Beck ON et al. 2020).

Los resultados en cuanto a la actividad electromiográfica (EMG) del gastrocnemio medial (GM) y lateral (GL) mostraron una reducción del 50% del GM durante la fase de despegue en zapatillas con CFP, lo que indica una menor demanda muscular en la propulsión y potencialmente, una menor carga musculoesquelética ²¹(Hata K et al 2024).

En cuanto a la kleg las zapatillas con CFP redujeron la tasa de carga y la fuerza de impacto en un 12,4% y 13,8% respectivamente, esto al igual que en artículo de EMG sugiere una menor carga musculoesquelética, lo que podría reducir el riesgo de lesiones ¹⁸(Hata K et al. 2022) .

-Examinar la relación entre la mejora en la economía de carrera y el riesgo de lesiones.

-Identificar los efectos de las zapatillas con fibra de carbono en diferentes tipos de corredores según su técnica y rendimiento.

La mejora de rendimiento es uno de los principales motivos por los que los corredores optan por esta tecnología en lugar de una zapatilla tradicional ¹⁹(Hunter I et al. 2022), a partir de ahí se examinó la relación entre rigidez de las placas y el rendimiento, encontrando que los diferentes grosores de las placas no afectaron significativamente al consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca o economía de carrera.

Por lo que la variabilidad individual del rendimiento sugiere que los beneficios de las placas de carbono pueden depender en gran medida de factores personales, como la técnica de carrera y morfología del corredor, un ejemplo es que esta rigidez de la placa podría tener implicaciones en el riesgo de lesiones a largo plazo, especialmente en corredores con una economía y técnica de carrera menos eficiente ¹⁷(Beck On et al. 2020),²⁰(Healey LA et al 2022).

En corredores con pisada de antepié y mediopié, es decir con una técnica de carrera más pulida, las zapatillas con CFP redujeron el impacto y la tasa de carga sin comprometer la rigidez de las piernas, esto indica que este grupo de corredores se podrían beneficiar reduciendo el riesgo de lesiones por impacto ¹⁸(Hata K et al. 2022).

Un grupo de corredores con zapatilla CFP mostraron que pudieron ajustar su estilo de carrera y conseguir reducir las cargas durante el impacto, lo que propone que esto puede ayudar a disminuir el riesgo de lesiones en corredores con una pisada de retropié previa ²²(Kiesewetter P et al. 2022).

5.1 LIMITACIONES Y DIRECCIONES FUTURAS DE LOS ESTUDIOS

Las limitaciones de los estudios revisados incluyen tamaños de muestra pequeños, falta de datos longitudinales y variabilidad en las metodologías de análisis biomecánico. Además, algunos estudios no consideran las diferencias en la percepción subjetiva de comodidad de los corredores, lo que podría

influir en el rendimiento y riesgo de lesiones. Además cabe destacar la escasez de estudios sobre la placa de fibra de carbono en zapatillas deportivas.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo del uso de zapatillas con placa de fibra de carbono en lesiones deportivas. Asimismo, se deberían incluir muestras más amplias y representativas, analizando factores como la morfología, el tipo de pisada, la experiencia de los corredores y el tiempo de adaptación a la tecnología.

6.CONCLUSIONES

Los estudios revisados sugieren que las zapatillas con placa de fibra de carbono pueden mejorar el rendimiento en algunos corredores, pero su efecto en las lesiones no está claramente determinado ya que al igual que los efectos en biomecánica y la carga musculoesquelética, se ven afectados de manera diferente según la construcción de la placa, el grosor, el nivel de amortiguación, el tipo de corredor y su periodo de adaptación a la zapatilla. Se necesitan más investigaciones para identificar los corredores que más se benefician de este tipo de zapatillas y aquellos que menos se benefician en cuanto al riesgo de lesiones.

7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.Lee D chul, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee IM, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. Vol. 60, Progress in Cardiovascular Diseases. 2017. •

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28365296/>

2.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.” Vol. 49, British Journal of Sports Medicine. 2015.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26221015/>

3.Muniz-Pardos B, Sutehall S, Angeloudis K, Guppy FM, Bosch A, Pitsiladis Y. Recent Improvements in Marathon Run Times Are Likely Technological, Not Physiological. Sports Medicine. 2021;51(3). • <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33442838/>

4.Rodrigo-Carranza V, González-Mohino F, Santos-Concejero J, González-Ravé JM. Impact of advanced footwear technology on elite men’s in the evolution of road race performance. Journal of Sports Sciences. 2022;40(23). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36814065/>

5.Farina EM, Haigh D, Luo G. Creating footwear for performance running. Footwear Science. 2019;11(sup1). •

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19424280.2019.1606119>

6.Joyner MJ. Modeling: Optimal marathon performance on the basis of physiological factors. Journal of Applied Physiology. 1991;70(2). • <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2022559/>

7. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 45, Sports Medicine. 2015. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25951917/>
8. Ceyskens L, Vanelderden R, Barton C, Malliaras P, Dingenen B. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. Vol. 49, Sports Medicine. 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-019-01110-z>
9. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. Vol. 42, Sports Medicine. 2012 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22827721/>
10. Benca E, Listabarth S, Flock FKJ, Pablik E, Fischer C, Walzer SM, et al. Analysis of running-related injuries: The vienna study. Journal of Clinical Medicine. 2020;9(2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32041127/>
11. Johnston CAM, Taunton JE, Lloyd-Smith DR, McKenzie DC. Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. Canadian Family Physician. 2003;49(SEPT). <https://www.cfp.ca/content/49/9/1101.short>
12. Malisoux L, Theisen D. Can the “Appropriate” footwear prevent injury in leisure-time running? evidence versus beliefs. Journal of Athletic Training. 2020;55(12). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33064799/>

13. Moore IS. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. Vol. 46, Sports Medicine. 2016.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26816209/>

14. Tenforde A, Hoenig T, Saxena A, Hollander K. Bone Stress Injuries in Runners Using Carbon Fiber Plate Footwear. Sports Medicine. 2023;53(8).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36780101/>

15. Fu F, Levadnyi I, Wang J, Xie Z, Fekete G, Cai Y, et al. Effect of the construction of carbon fiber plate insert to midsole on running performance. Materials. 2021;14(18).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34576379/>

16. Song Y, Cen X, Chen H, Sun D, Munivra G, Bálint K, et al. The influence of running shoe with different carbon-fiber plate designs on internal foot mechanics: A pilot computational analysis. Journal of Biomechanics. 2023;153.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126883/>

17. Beck ON, Golyski PR, Sawicki GS. Adding carbon fiber to shoe soles may not improve running economy: a muscle-level explanation. Scientific Reports. 2020;10(1).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33051532/>

18. Hata K, Noro H, Takeshita T, Yamazaki Y, Yanagiya T. Leg stiffness during running in highly cushioned shoes with a carbon-fiber plate and traditional shoes. Gait and Posture. 2022;95.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35395621/>

19.Hunter I, Bradshaw C, McLeod A, Ward J, Standifird T. Energetics and Biomechanics of Uphill, Downhill and Level Running in Highly-Cushioned Carbon Fiber Midsole Plated Shoes. Journal of Sports Science and Medicine. 2022;21(1).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35250342/>

20.Healey LA, Hoogkamer W. Longitudinal bending stiffness does not affect running economy in Nike Vaporfly Shoes. Journal of Sport and Health Science. 2022;11(3).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34280602/>

21.Hata K, Hamamura Y, Noro H, Yamazaki Y, Nagato S, Kanosue K, et al. Plantar Flexor Muscle Activity and Fascicle Behavior in Gastrocnemius Medialis During Running in Highly Cushioned Shoes With Carbon-Fiber Plates. Journal of Applied Biomechanics. 2024;

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38458184/>

22.Kiesewetter P, Bräuer S, Haase R, Nitzsche N, Mitschke C, Milani TL. Do Carbon-Plated Running Shoes with Different Characteristics Influence Physiological and Biomechanical Variables during a 10 km Treadmill Run? Applied Sciences (Switzerland). 2022;12(15).

<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/15/7949>