

Influencia del IMC en la huella plantar de árbitros masculinos de fútbol

Influence of BMI on the Footprint of Male Soccer Referees

Brian Johan Bustos-Viviescas^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018>

Mónica Carolina Delgado Molina² <https://orcid.org/0000-0003-0655-7304>

Andrés Alonso Acevedo-Mindiola³ <https://orcid.org/0000-0003-0125-7265>

Leidy Estefanía Rodríguez Acuña³ <https://orcid.org/0000-0001-7684-112X>

Rafael Enrique Lozano Zapata³ <https://orcid.org/0000-0002-6239-5883>

¹ Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Colombia.

² Universidad Mariana. Pasto, Colombia.

³ Universidad de Pamplona. Colombia.

*Autor para la correspondencia: bjbustos@jdc.edu.co

RESUMEN

Introducción: Los árbitros desempeñan un rol fundamental y determinante dentro del sistema de juego competitivo del fútbol. Identificar la relación entre las modificaciones de la composición antropométrica con relación al estado nutricional podría mejorar la comprensión del rendimiento de los árbitros.

Objetivo: Determinar la influencia del índice de masa corporal en la huella plantar de los árbitros de fútbol.

Métodos: Estudio exploratorio-correlacional con análisis cuantitativo. La muestra estuvo conformada por 28 árbitros masculinos con una edad de $22,43 \pm 3,30$ años. Se recolectó información sobre talla y peso, con lo que se determinó el índice de masa corporal (IMC); además, se recolectó información para la huella plantar a partir de los indicadores de: ancho del antepié (X), ancho del mediopié (Y), anchura complementaria (AY), ancho del retropié (AT), índice de huella (% X) y longitud de pie (LP) en ambos pies. El análisis del coeficiente correlacional fue efectuado en PSPP (p-valor de 0,05).

Resultados: El promedio del IMC de los participantes fue normal y la clasificación del tipo de pie fue Normal/cavo para ambos; por otra parte, el IMC tiene una correlación significativa con X ($r = 0,50$; $p = 0,01$) y AT ($r = 0,46$; $p = 0,01$) del pie izquierdo, en cambio el IMC y X obtuvo una relación muy significativa ($r = 0,59$; $p = 0$), y evidenció una relación significativa ($r = 0,39$; $p = 0,04$) al igual que AT ($r = 0,40$; $p = 0,04$).

Conclusiones: Se considera que el IMC afecta la huella plantar de los árbitros de fútbol.

Palabras clave: deporte; índice de masa corporal; medicina deportiva; fútbol.

ABSTRACT

Introduction: Referees play a fundamental and determining role within the soccer competitive game system. Identifying the relationship between changes in anthropometric composition in relation to nutritional status could improve the understanding of referees' performance.

Objective: To determine the influence of the body mass index (BMI) on the footprint of soccer referees.

Methods: An exploratory-correlational study with quantitative analysis was carried out in 28 male referees aging 22.43 ± 3.30 years who made up the sample. Information on height and weight was collected, to determine their body mass index (BMI). In addition, information was collected for the plantar footprint from the indicators of forefoot width (X), midfoot width (Y), complementary width (AY), hindfoot width (AT), footprint index (% X) and foot length (LP) on both feet. The correlation coefficient analysis was carried out in PSPP (p -value of 0.05).

Results: The average BMI of the participants in this study was normal and the classification of the type of foot was normal / cavus for both. On the other hand, the BMI has significant correlation with X ($r = 0.50$; $p = 0.01$) and AT ($r = 0.46$; $p = 0.01$) of the left foot, while the BMI and X obtained a very significant relationship ($r = 0.59$; $p = 0$), and was significantly related ($r = 0.39$; $p = 0.04$) as well as AT ($r = 0.40$; $p = 0, 04$).

Conclusions: BMI is considered to affect the footprint of soccer referees.

Keywords: sport; body mass index; sports medicine; soccer.

Recibido: 27/05/2020

Aprobado: 5/8/2020

Introducción

El árbitro de fútbol actualmente cobra relevancia en la práctica deportiva del fútbol dado que desempeña el rol fundamental de juzgar y tomar decisiones en pocos instantes durante un partido.^(1,2) Esto debido principalmente a que al ejercer su función imparte justicia y está pendiente de todas las situaciones de juego para juzgarlas, con el propósito de garantizar que el juego sea lo más imparcial posible.

Por otra parte, el estudio de las características morfológicas posibilita comprender la relación entre la estructura del cuerpo y el rendimiento deportivo,⁽³⁾ de esta manera, el estudio de la huella plantar resulta de vital importancia para los profesionales de las ciencias de la actividad física, el deporte y la salud, teniendo en cuenta que la bóveda plantar del pie humano representa una estructura mecánica compleja que debe ser flexible en superficies irregulares, y a su vez, presentar suficiente rigidez para permitirle al pie ser un órgano propulsivo eficaz durante la marcha y la carrera.⁽⁴⁾ Diversas técnicas son útiles para analizar los arcos de la bóveda plantar del pie,⁽⁵⁾ dada su importancia en la función de apoyo, proporción y sostén del sistema humano,⁽⁶⁾ entre ellas se encuentra el análisis de la huella del pie.⁽⁷⁾

Algunas investigaciones previas se han orientado a determinar la validez de los métodos de análisis de huella,⁽⁸⁾ en el caso de aquellos escenarios académicos que no cuenten con la tecnología que caracteriza los laboratorios modernos, es recomendable el análisis de huellas estáticas a través del criterio HERZCO,⁽⁹⁾ algunos estudios enfocados en la huella plantar han evidenciado su prevalencia con respecto al estado nutricional (índice de masa corporal IMC),^(10,11) o a identificar las respuestas que se generan con la práctica de actividad físico-deportiva,⁽¹²⁾ sin embargo son escasos los estudios que permiten contrastar la

influencia del IMC con respecto a las respuestas en la huella plantar por la práctica de alguna actividad físico-deportiva.

A partir de esta investigación, el presente estudio tuvo como objetivo principal determinar la influencia del IMC en la huella plantar de los árbitros de fútbol.

Métodos

El presente trabajo es un análisis secundario de la investigación denominada “Descripción de las características morfológicas y técnica de carrera de los árbitros federados de fútbol de Norte de Santander”.

En consecuencia este estudio fue exploratorio-correlacional y tuvo un enfoque cuantitativo con una muestra a conveniencia conformada por 28 hombres (Edad de $22,43 \pm 3,30$ años; Masa corporal de $66,89 \pm 8,39$ kg; Talla de $1,76 \pm 0,06$ m; IMC de $21,49 \pm 2,52$ kg/m²; experiencia en el arbitraje de $6,17 \pm 6,54$ años), quienes participaron voluntariamente, todos los participantes son árbitros federados de la Corporación de Árbitros de Fútbol de Norte de Santander (COARNOS), igualmente, para poder participar de esta investigación los árbitros debían diligenciar un consentimiento informado por escrito que tenía descrito todas las pruebas a ser realizadas e igualmente que los datos recolectados a partir de la investigación se utilizarían con fines de investigación siempre que se respetara la confidencialidad de los participantes.

La recolección de los datos se hizo con la menor cantidad de ropa posible, para medir la talla se empleó un tallímetro de pared seca 206 (Precisión de 1 mm), mientras que el peso corporal fue evaluado con una báscula TANITA BC-730 (precisión de 100 g), a partir de estos dos valores se obtuvo el índice de masa corporal.

Por otra parte, la huella plantar fue evaluada a través del método HERZCO,⁽¹³⁾ este consiste en tipificar la huella plantar y a partir de este se obtuvieron las siguientes medidas: Ancho del antepié (X), ancho del mediopié (Y), anchura

complementaria de Y (AY), ancho del retropié (AT), índice de huella (%X), longitud de pie (LP) en ambos pies.

Consideraciones éticas

En el desarrollo de esta investigación se tuvieron en cuenta los principios de la declaración de Helsinki.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en PSPP para Windows 7, en este software se aplicó el coeficiente correlacional de Spearman para determinar la relación entre el IMC y las variables de la huella plantar (p-valor de 0,05), todas las gráficas fueron generadas en este mismo software.

Resultados

En la tabla 1 se presentan las características generales de los participantes; se puede identificar que la categoría promedio del IMC se clasificó en normal.

Tabla 1 - Características generales

Hombres (n=28)		
Variables	Promedio	DE
Edad	22,43	3,30
Masa corporal (kg)	66,89	8,39
Talla (m)	1,76	0,06
IMC (kg/m ²)	21,49	2,52
Experiencia en arbitraje (años)	6,17	6,54

DE: Desviación estándar

Los promedios y desviaciones estándar de la huella plantar de ambos pies se muestran en la tabla 2, el pie promedio de acuerdo al índice de huella se clasifica en Normal/cavo.

Tabla 2 - Datos de la huella plantar de ambos pies

Hombres (n=28)			
Variables		Pie izquierdo	Pie derecho
X (cm)	Promedio	9,59	9,57
	DE	0,48	0,64
Y (cm)	Promedio	4,18	4,35
	DE	1,38	1,05
AY (cm)	Promedio	3,82	3,84
	DE	1,09	0,87
AT (cm)	Promedio	6,41	6,33
	DE	0,55	0,83
LP (cm)	Promedio	25,09	25,24
	DE	1,30	1,14
%X (cm)	Promedio	56,64	54,61
	DE	13,32	10,32

DE: Desviación estándar

La relación entre el IMC y las variables obtenidas a partir de la huella plantar en el pie izquierdo se pueden observar en la tabla 3, mientras que la del pie derecho se evidencian en la tabla 4.

Teniendo en cuenta la tabla 3 es posible identificar que el IMC tiene una correlación significativa con la anchura del antepié ($r = 0,50$; $p = 0,01$), y la anchura del retropié ($r = 0,46$; $p = 0,01$); en consecuencia, aquellos participantes que presentaban mayores valores de IMC tenían una tendencia a obtener una anchura del antepié y retropié más elevada como se puede evidenciar en las figuras 1 y 2.

Tabla 3 - Correlación entre IMC y huella plantar del pie izquierdo

Pie izquierdo		
	Variables	IMC (kg/m ²)
X (cm)	Coefficiente de Spearman	0,50*
	Significación bilateral	0,01
Y (cm)	Coefficiente de Spearman	0,28
	Significación bilateral	0,14
AY (cm)	Coefficiente de Spearman	-0,22
	Significación bilateral	0,21
AT (cm)	Coefficiente de Spearman	0,46*
	Significación bilateral	0,01
LP (cm)	Coefficiente de Spearman	0,10
	Significación bilateral	0,61
%X (cm)	Coefficiente de Spearman	-0,22
	Significación bilateral	0,26

*Correlación significativa (p < 0,05)

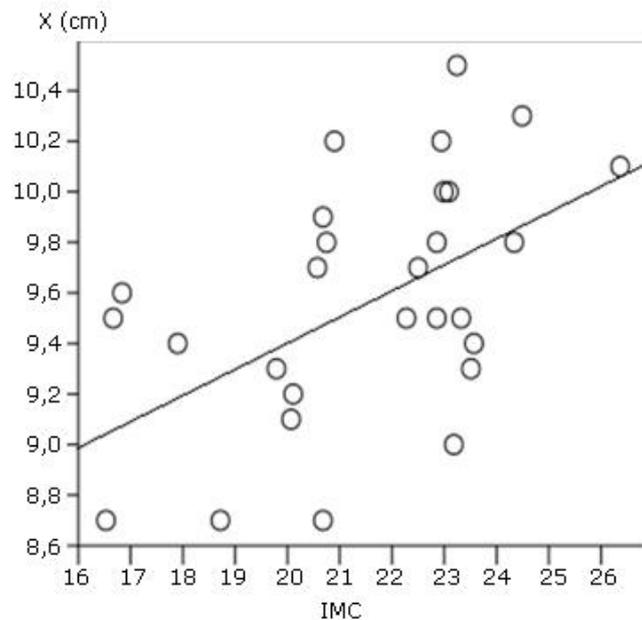


Fig. 1 - Relación entre el IMC y la anchura del antepié-pie izquierdo.

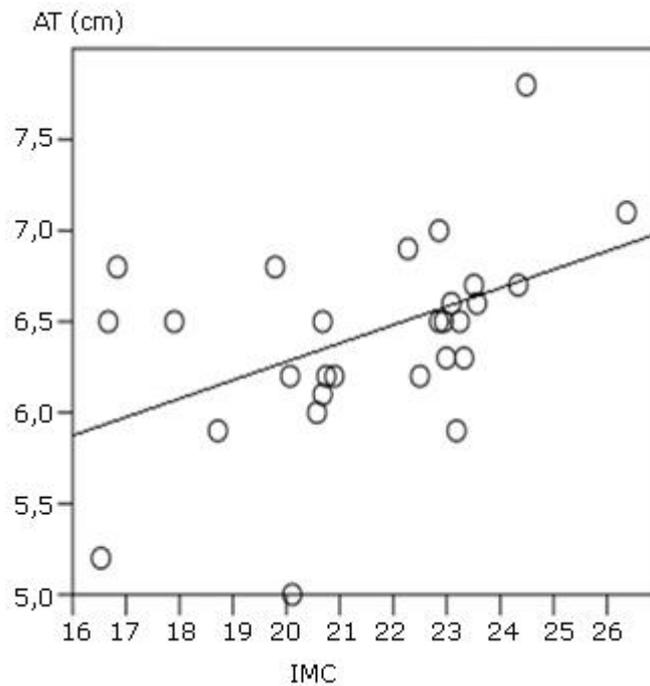


Fig. 2 - Relación entre el IMC y la anchura del retropié-pie izquierdo.

Por otro lado, de acuerdo con la tabla 4 se obtuvo una correlación muy significativa entre el IMC y la anchura del antepié ($r = 0,59$; $p = 0$), mientras que la anchura del mediopié evidenció una relación significativa ($r = 0,39$; $p = 0,04$) al igual que la anchura del retropié ($r = 0,40$; $p = 0,04$), por ende, la anchura del mediopié, antepié y retropié presentó mayores valores en aquellos sujetos que tenían mayor IMC, esta tendencia se puede constatar en las figuras 3, 4 y 5.

Tabla 4 - Correlación entre IMC y huella plantar del pie derecho

Pie derecho		
Variables		IMC (kg/m ²)
X (cm)	Coefficiente de Spearman	0,59**
	Significación bilateral	0,00
Y (cm)	Coefficiente de Spearman	0,39*
	Significación bilateral	0,04
AY (cm)	Coefficiente de Spearman	-0,12
	Significación bilateral	0,53
AT (cm)	Coefficiente de Spearman	0,40*
	Significación bilateral	0,04
LP (cm)	Coefficiente de Spearman	0,06
	Significación bilateral	0,75
%X (cm)	Coefficiente de Spearman	-0,13
	Significación bilateral	0,51

*Correlación significativa (p<0,05).

**Correlación muy significativa (p<0,01)

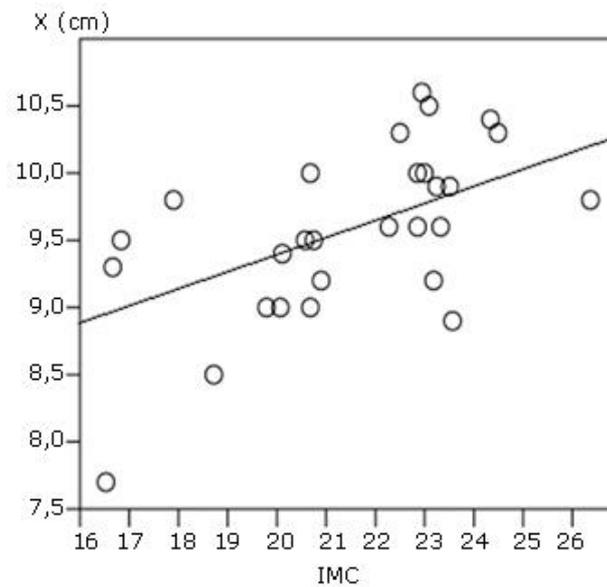


Fig. 3 - Relación entre el IMC y la anchura del antepié-pie derecho.

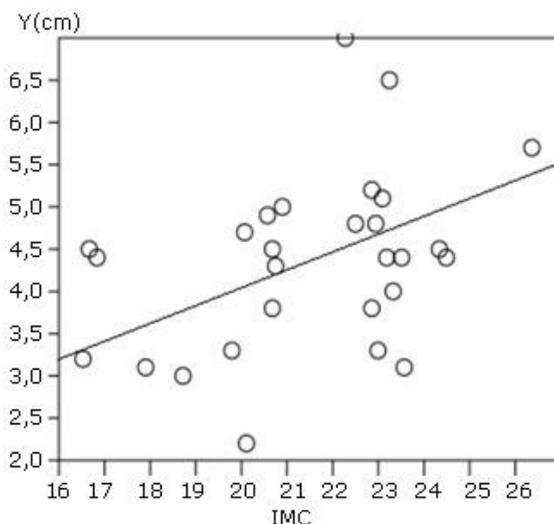


Fig. 4 - Relación entre el IMC y la anchura del mediopié-pie derecho el eje vertical.

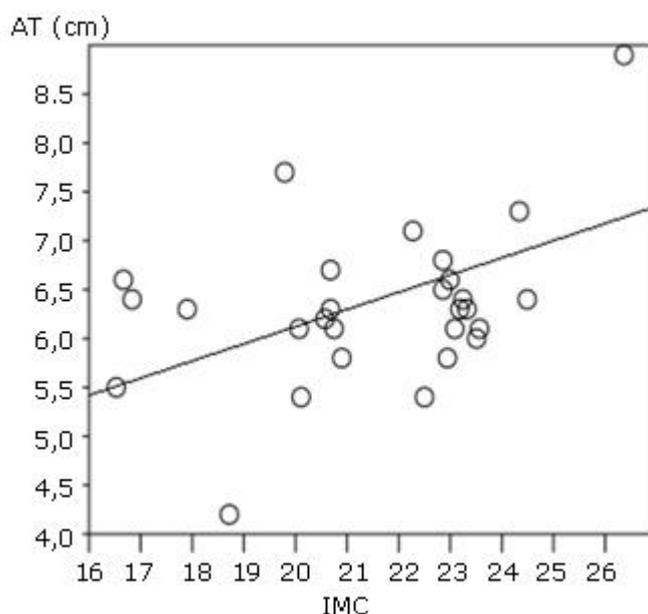


Fig. 5 - Relación entre el IMC y la anchura del retropié-pie izquierdo

Discusión

El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del IMC en la huella plantar de los árbitros de fútbol, entre los principales hallazgos de esta investigación se pudo constatar que el IMC se asocia significativamente con la anchura del mediopié y retropié ($p < 0,05$) del pie izquierdo.

De otra manera, el IMC se relacionó significativamente con la anchura del antepié ($p < 0,01$) y con la anchura del mediopié y retropié en el miembro inferior derecho ($p < 0,05$). Por consiguiente, a pesar de que no se obtuvo una influencia significativa entre el IMC y el índice de huella ($p > 0,05$), es importante destacar que el promedio sobre la tipificación de la huella plantar en los participantes fue Normal/cavo en ambos pies, por ende, los participantes de este estudio tienen más probabilidades de lesionarse que aquellos con pie plano, esto puede explicarse porque en algunos de los casos el pie cavo se acompaña de una supinación excesiva de la articulación tibioastragalina, que durante la fase de contacto de talón con el piso no permite el desbloqueo de la articulación transversa del tarso, haciendo que el pie se mantenga excesivamente rígido y no pueda absorber las fuerzas de reacción contra el suelo,⁽¹⁴⁾ por tanto, en este tipo de pies es frecuente encontrar esguinces de tobillo por inversión, síndrome tibial por sobrecarga porque la supinación excesiva limita la rotación interna de tibia, presencia de tendinitis y bursitis trocantérea.

Berna-Gascón⁽¹⁵⁾ y *Manoli y Graham*⁽¹⁶⁾ manifiestan que la mayoría de los futbolistas que tienen pie cavo presentan retracciones de cadena muscular posterior con retroversión pélvica, varo de rodillas y varo del calcáneo. Otros^(17,18) indican que los pies con supinación se asocian a una sobrecarga del músculo tibial posterior, en compensación a una debilidad del peroneo lateral corto, siendo evidente la rotación interna del pie, sin embargo, *Burns* y otros⁽¹⁹⁾ refieren que el pie supinado también se asocia a un aumento de la habilidad técnica en la práctica deportiva, ya que el aumento de la rigidez de este tipo de pies ayuda a la práctica del fútbol sala. En controversia, algunos autores plantean que un pie plano y por ende, pronado, también está fuertemente asociado a sintomatología dolorosa⁽¹⁵⁾ y a la aparición de la fascitis plantar,^(20,21) acortamiento del tendón de Aquiles, fractura de estrés, calambres en la pierna, dolor en el talón, rodilla y espalda,^(19,20,22) esguinces de tobillo⁽²³⁾ y síndrome de cintilla iliotibial.⁽²⁴⁾ Según *Bennett* y otros⁽²⁵⁾ la pronación prolongada y excesiva durante la fase ortostática al correr es una de las causas principales de las lesiones por sobrecarga.

Chuter y otros declaran que la fatiga muscular producto de la pronación genera disminución de la funcionalidad de la extremidad afectada,⁽²⁶⁾ por otro lado, los pies planos pueden asociarse a alteraciones propias de la columna vertebral, puesto que muchos de los deportistas desarrollan tirantez o retracción del músculo psoas iliaco aumentando las fuerzas de cizallamiento anterior de los cuerpos vertebrales l4 y l5,^(26,27) provocando, de igual manera, inhibición del glúteo mayor, el multifido y erector profundo de la columna, causando un dominio sinergista de los isquiotibiales⁽²⁸⁾ y del erector superficial de la columna durante la extensión de cadera^(14,29,30) con lo que disminuye la capacidad del glúteo mayor para desacelerar la rotación interna del fémur durante la fase de contacto del talón con el piso,⁽²²⁾ además de acompañarse de un déficit del glúteo medio (principal estabilizador de cadera).

Algunos estudios refieren que ante una debilidad de la musculatura abductora de cadera se adoptan movimientos compensatorios en la zona lumbar, cadera, rodilla y tobillo,^(31,32,33,34,35,36) que predisponen al deportista a una posible lesión de los ligamentos de rodilla por fuerzas anormales,⁽³⁷⁾ aparición del síndrome patelofemoral⁽³⁸⁾ e incremento del riesgo de esguinces de tobillo.^(39,40) En asociación, la retracción de las estructuras laterales representada por el acortamiento de la bandeleta iliotibial, tracciona el retináculo lateral y desplaza la rótula hacia afuera, incrementando el ángulo Q de la rodilla (valgo),⁽⁴¹⁾ esto también se produce por una rotación interna femoral excesiva que es producto de un glúteo medio en sus fibras posteriores deficiente,^(42,43) producto de la tirantez y del mayor desarrollo de fuerza del músculo tensor de la fascia lata,⁽³⁶⁾ siendo estas las causas de una pronación excesiva, asociada a una debilidad y dificultad de los músculos encargados de la dorsiflexión para contrarrestar la rotación excesiva del fémur y de la tibia hacia el interior, pues no son los suficientemente fuertes, lo que provoca un aumento de la pronación del pie.⁽²²⁾ Por tanto, se podría determinar que, las diferentes tipologías de pie tienen sus propias enfermedades asociadas.

Las malformaciones del pie producen determinados cambios en el movimiento de las extremidades inferiores, aumentando el riesgo de lesión,⁽²²⁾ es decir, la

patogenia de las lesiones está relacionada con la biomecánica del pie durante la carrera, pues existe una gran influencia de la biomecánica del pie en la cinemática del resto de la extremidad inferior y del cuerpo en general.⁽²⁰⁾

La relación entre el IMC y la anchura del antepié, encontrada en ambos pies en esta investigación, sugiere que es causada, probablemente, por la sobrecarga en el área metatarso-falángica ocasionada por factores como la fatiga muscular, aspectos antropométricos como la longitud del paso, salud ósea y propiedades del ejercicio como la duración o la frecuencia del entrenamiento o el tipo de pie.⁽⁴⁴⁾ Según *Padró y Moliné*,⁽⁴⁵⁾ en un pie normal se posibilita la acción de sobrecarga de peso que se produce sobre esta zona metatarsal, creando una estabilidad al segmento que permite la mantención del arco transversal o metatarsal, el cual permite una correcta amortiguación de la planta del pie durante la posición de bipedestación. Sin embargo, una mayor sobrecarga puede presentarse con facilidad en deportistas con arco plantar alto (supinación).

Korpelainen y otros⁽⁴⁶⁾ mencionan que en su estudio el 40 % de los corredores que presentaron mayor incidencia de fracturas por estrés metatarsiano, tenían esta condición; a esto se puede sumar la fatiga de los músculos dorsiflexores conduciendo a mayores fuerzas de impacto durante el aterrizaje.⁽⁴⁷⁾

Nagel y otros refieren que la sobrecarga producida depende del tipo de pie (arco plantar alto), y que en estos casos mientras mayor sea el tiempo de entrenamiento de carrera, mayor carga habrá sobre la zona metatarsal.⁽⁴⁸⁾ Esta relación indica que los metatarsianos se tienden a verticalizar⁽⁴⁵⁾ y el retropié se ve asociado positivamente con un mayor IMC. Partiendo de lo anterior, la anchura del talón formada por el calcáneo también se ve afectada, dado a que el déficit o debilidad del tríceps sural que suele estar presente en estas personas genera falta de tracción del tendón de Aquiles, por tanto, el calcáneo también tiende a verticalizarse para compensar.⁽⁴⁵⁾ Estas acciones biomecánicas pueden repercutir en mayor riesgo de lesión.

Chuter y otros refieren que deportistas con pies cavos son más propensos a sufrir lesiones por sobreuso como las ya mencionadas, en comparación con los deportistas con pies pronados.⁽²⁶⁾

Por otra parte, solamente en el pie derecho se presentó una relación positiva con el IMC, en consecuencia presentaba mayor ancho de la bóveda plantar, por lo que es posible que esta relación este asociada a la preferencia de un pie con relación a otro, esto se evidenció en un estudio realizado con futbolistas universitarios sobre las presiones plantares en carrera, corte lateral, corte de 45° grados y salto vertical, el cual concluyó que el pie preferencial tenía una función mayor sobre la fuerza de movimiento.⁽⁴⁹⁾

Según *Berdejo-del-Fresno* y otros, el pie dominante se encarga de realizar las funciones de conducción, control, pase y lanzamiento, mientras que el no dominante presenta un papel en la estabilización del cuerpo, es decir, se usa como apoyo.⁽⁵⁰⁾ Algunos autores refieren que las áreas de presión son diferentes en relación con el pie dominante y el no dominante;⁽⁵¹⁾ en los jugadores de fútbol que participaron de un estudio se encontró en el pie no dominante una mayor presión en el hallux, el retropié medial y el 5to. metatarsiano, con mayor presión en este pie con respecto al dominante.⁽⁵²⁾

Fujitaka y otros⁽⁵³⁾ refieren que una de las zonas donde el pie no dominante tiene mayor presión es sobre el quinto metatarsiano, siendo muy común su fractura –fracturas por estrés (por movimientos repetitivos) que son de baja incidencia, pero consideradas graves debido al tiempo que tardan en recuperarse por completo–, además de la alta tasa de recurrencia. Por otro lado, el estudio de *Hotfiel* y otros⁽⁵⁴⁾ demostró que con la carga de peso corporal el área definida de la parte media del pie demuestra el aumento relativo más alto de la presión máxima para el lado no preferido, el hallazgo sugiere que el área del mediopié parece ser un área sensible en cuanto al aumento del peso corporal y por tanto, del IMC, pues en el presente estudio se encontró una relación significativa del IMC con relación a la anchura del mediopié derecho, sin embargo, en otros estudios se determinó que el área de mayor presión era el antepié,^(55,56,57) en

asociación, el presente estudio tuvo una correlación significativa del IMC con la anchura del antepié de los dos pies, en controversia, el estudio de *Van Leeuwen* y otros menciona que el índice de masa corporal más alto se asocia con presencia de fascitis plantar.⁽⁵⁸⁾

Otros estudios también demuestran asociación entre obesidad y pie plano estadísticamente significativa ($p < 0,001$).^(59,60) Por esto, es necesario realizar futuras investigaciones que analicen durante partidos oficiales de fútbol las presiones plantares de pies dominantes y no dominantes en árbitros con respecto al IMC, además, es importante resaltar que este análisis puede ayudar a los entrenadores y terapeutas a minimizar los factores de riesgo de lesiones al promover la prevención temprana,⁽⁵²⁾ así como para mejorar las disfunciones presentes,⁽²¹⁾ *Acevedo* y otros mencionan que los deportistas de fútbol muestran patrones dinámicos de presión plantar y que la manipulación del calzado puede disminuir los riesgos de lesión.⁽⁶¹⁾ Esto permite resaltar que también es importante tener en cuenta todos los factores extrínsecos al deportista al momento del análisis y la intervención.⁽⁶²⁾

La principal limitación que se resalta de esta investigación consiste en que, actualmente, se conoce muy poco sobre la existencia de otros estudios que determinen la relación entre el IMC y la huella plantar en árbitros de fútbol, por lo que se dificultó la comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a otras; por consiguiente, se sugiere para futuras investigaciones relacionadas con esta temática el empleo de plantillas para medir la presión de la planta del pie, al igual que, estudiar las presiones del pie en estado dinámico.

La utilización de medidores de presión plantar en nuevas investigaciones permitiría identificar con mayor objetividad las áreas del pie que generan mayor presión de este en el gesto a evaluar y su posible asociación al IMC del sujeto. Por otro lado, considerar el pie preferencial y no preferencial para comparar las presiones ejercidas en ambos pies, puesto que la asimetría en la magnitud de las

presiones plantares son consideradas un factor de riesgo por el estrés generado en los metatarsianos.⁽⁵²⁾

Teniendo en cuenta los hallazgos obtenidos en este estudio se concluye que, el IMC si afecta la huella plantar en los árbitros de fútbol, en consecuencia un mayor índice de masa corporal en el árbitro repercutirá en alteraciones en la huella plantar y por ende, en la aparición de posibles lesiones, dadas las mayores presiones ejercidas en determinadas áreas del pie, por lo tanto, puede afectar la salud del árbitro y su buen desempeño durante el juego, para poder juzgar con precisión.

Se puede determinar que, las diferentes tipologías de pie asociadas a los diferentes IMC, tienen sus propias patologías asociadas, produciendo determinados cambios en la biomecánica y por ende, en el gesto deportivo, incrementando el riesgo de lesión como en los casos de pronación o supinación excesiva.

Agradecimientos

Los autores agradecen principalmente a los árbitros de la Corporación de Árbitros de Fútbol de Norte de Santander (COARNOS) por participar de esta investigación, igualmente, a la Universidad de Pamplona por apoyar el desarrollo de este estudio.

Referencias bibliográficas

1. Erikstad MK, Johansen BT. Referee Bias in Professional Football: Favoritism Toward Successful Teams in Potential Penalty Situations. *Front Sport Act Living*. 2020;2 (February):1-5.
2. Moktefi, A, Schang, F. On rules and refereeing in football. In: The road to universal logic. In: A. Koslow, A. Buchsbaum (Ed.). *The Road to Universal Logic*. Basel: Springer; (Studies in Universal Logic). 2015. p. 407-15.

3. Lozano-Zapata R, Bustos-Viviescas B, Acevedo-Mindiola A, Bautista-Ardila V. Composición corporal y somatotipo de los tenistas de mesa de norte de Santander que participaron en los XX Juegos Nacionales, Colombia. *EmásF Rev Digit Educ física*. 2017;46:50-60.
4. Kirby K. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Rev Española Podol.* 2017;28(1):37-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.repod.2017.03.002>
5. Muñoz-Neira M, Martínez-Parra A Ruiz-Adarme C, Triana-Castro C, Cornejo-Plata J. Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones en imágenes termográficas y de huella plantar para la identificación de pie plano en niños con edades entre cinco y seis años. *Rev científica*. 2019;3(36):313-24.
6. Giraldo-Mateos M, Palomo- López P. Análisis de la huella plantar en escolares de 8 a 10 años. *Rev Int Ciencias Podol.* 2016;10(2):70-84. DOI: http://dx.doi.org/10.5209/rev_RICP.2016.v10.n2.52306
7. Su K, Kaewwichit T, Tseng C, Chang C. Automatic footprint detection approach for the calculation of arch index and plantar pressure in a flat rubber pad. *Multimed Tools Appl.* 2016;75(16):9757-74.
8. Pita-Fernández S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, López-Calviño B, Pértega-Díaz S, Gil-Guillén V. Validity of footprint analysis to determine flatfoot using clinical diagnosis as the gold standard in a random sample aged 40 years and older. *J Epidemiol.* 2015;25(2):148-54.
9. Arcila-Arango J, Cardona-Nieto D, Ruíz- Rengifo G. Análisis de huella plantar bajo el método HERZCO. *Educ Física y Deport.* 2019;24(251):2-15.
10. López-Fuenzalida A, Rodríguez Canales C, Reyes Ponce Á, Contreras Molina Á, Fernández Quezada J, Aguirre Polanco C. Asociación entre el estado nutricional y la prevalencia de pie plano en niños chilenos de 6 a 10 años de edad. *Nutr Hosp.* 2016;33(2):249-54.
11. Aco-Luna J, Rodríguez-Jiménez F, Guzmán-Coli M, Enríquez-Guerra M, Chavarría-Bernardino I. Frecuencia de alteraciones de la huella plantar en escolares de una comunidad mexicana. *Acta Ortopédica Mex.* 2019;33(5):289-91.
12. Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Ruiz-Ariza A, Muñoz-Jiménez M, Cruz-Díaz D, Martínez-López E. Influencia de la práctica deportiva sobre la huella plantar

- en atletas españoles. Rev Int Med y Ciencias la Act Física y el Deporte. 2016;16(62):423-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.63.002>
13. Hernandez-Corvo R. Morfología funcional deportiva. España: Paidotribo; 1989. p. 400.
14. Prentice WE. Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. 4ta. parte. España: Paidotribo; 2009. p. 681.
15. Berna-Gascón J. Respuestas y adaptaciones de la huella plantar en fútbol y fútbol sala en alto rendimiento. [Tesis en acceso abierto en RediUHM]. España: Universidad Miguel Hernández; 2017. [Acceso: 18 Dic 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=123016>
16. Manoli A, Graham B. The subtle cavus foot, “the underpronator”, a review. Foot ankle Int. 2005;26(3):256-63. [Acceso: 21 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15766431>
17. Hansen S. The cavo-varus/supinated foot deformity and external tibial torsion: The role of the posterior tibial tendon. Foot Ankle Int. 2008;13:325-8. [Acceso: 21 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18457777>
18. Maynou C, Szymanski C, Thiounn A. The adult cavus foot. EFORT Open Rev. 2017;2(5):221-9.
19. Burns J, Hons B, Keenan A, Pod B, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. J Am Podiatr Med Association. 2005;95(3):235-41. DOI: <https://doi.org/10.7547/0950235>
20. Muñoz, J, Gómez, A, Cuevas, J, Martínez, A. Relación de la postura del pie con las lesiones más frecuentes en atletas. Un estudio piloto. Arch Med del Deport. 2015;32(2):76-81.
21. Park, S, Bang, H, Park, D. Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. J Exerc Rehabil. 2018;14(3):497-502.
22. Khodaveisi, H, Sadeghi, H, Memar, R, Anbarian, M. Comparison of selected muscular activity of trunk and lower extremities in young women’s walking on supinated, pronated and normal foot. Apunt Med l’Esport. 2016;51(189):13-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2015.10.002>

23. Feger M, Snell S, Handsfield G, Blemker S, Wombacher E, Fry R, *et al.* Diminished Foot and Ankle Muscle Volumes in Young Adults With Chronic Ankle Instability. *Orthop J Sport Med.* 2016;4(6):1-8.
24. Noehren B, Davis I, Hamill J. Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clin Biomech.* 2005;22(9):2-3.
25. Bennett J, Reinking M, Pluemer B, Pentel A, Seaton M, Killian C. Factors Contributing to the Development of Medial Tibial Stress Syndrome in. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2001;31(9):504-10.
26. Chuter V Xanne A Jonge J. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait Posture.* 2012;36(1):7-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.001>
27. Porterfield JA, DeRosa C. Mechanical low back pain perspectives in functional anatomy.pdf. Philadelphia: Saunders Co; 1991. p. 209.
28. Leetun D, Ireland M, Willson J, Ballantyne B, Davis I. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):926-34.
29. Vleeming A, Pool-Gondzwaard A, Stoeckart R, Wingerden J, Snijders C. The posterior layer of the thoracolumbar fascia.pdf. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(7):753-8.
30. Macchi V, Stecco A, Porzionato A, Masiero S, Stecco C, Tiengo C, *et al.* Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations. *Surg Radiol Anat.* 2009;31:35-42. [Acceso: 21 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18663404>
31. Nadler S, Malanga G, Bartoli L, Feinberg J, Prybicien M, Deprince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes : influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):9-16.
32. Carcia C, Eggen J, Shultz S. Hip-Abductor Fatigue, Frontal-Plane Landing Angle, and Excursion During a Drop Jump. *J Sport Rehabil.* 2005;14(4):321-31.
33. Heon-Seock C, Jae-Seop O, Oh-Yun K, Chung-Hwi Y. Effects of lumbar stabilization using a pressure biofeedback unit on muscle activity and lateral pelvic tilt during hip abduction in sidelying. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(November):1454-8.

34. Sadler S, Cassidy S, Peterson B, Spink M, Chuter V. Gluteus medius muscle function in people with and without low back pain: A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):1-17.
35. Mulchandani P, Warude T, Pawar A. Effectiveness of gluteal muscle strengthening on flat foot. *Asian J Pharm Clin Res*. 2017;10(6):219-21.
36. Zahran S, Aly S, Zaky L. Effects of bilateral flexible flatfoot on trunk and hip muscles' torque. *Int J Ther Rehabil*. 2017;24(1):7-14.
37. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sport Sci Med*. 2010;9(June):669-75.
38. Tiberio D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: A theoretical model. *Orthop Sport Phys Ther*. 1987;9(4):160-5.
39. Neelapala Y, Bhat V, Almeida S, Moily K. Relationship between gluteal muscle strength and balance in individuals with chronic ankle instability. *Physiother Pract Res*. 2017;38:1-5. [Acceso: 18 Ene 2020]. Disponible en: <https://content.iospress.com/articles/physiotherapy-practice-and-research/ppr083>
40. Powers, C, Ghoddosi, N, Straub, R, Khayambashi, K. Hip strength as a predictor of ankle sprains in male soccer players: A prospective study. *J Athl Train*. 2017;52(11):8.
41. Tiberio D. Pathomechanics of structural foot deformities. *Phys Ther*. 2018;68(12):1840-9. [Acceso: 21 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3194451>
42. Lee T, Anzel S, Bennett K, Pang D, Kim W. The influence of fixed rotational deformities of the femur on the patellofemoral contact pressures in human cadaver knees. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(302):69-74.
43. Souza R, Power C. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2009;39(1):12-9.
44. Arendt E. Stress fractures and the female athlete. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(372):131-8. [Acceso: 27 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10738422>

45. Padró L, Moliné M. Alteraciones de la bóveda plantar. *Rev Española Reumatol.* 2003;30(9):489-98. [Acceso: 27 Nov 2019]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-pdf-13055069>
46. Korpelainen R, Orava S, Karpakka J, Siira P, Hulkko A. Risk factors for recurrent stress fractures in athletes. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):304-10.
47. Kathryn C, Scott W, Louise G. Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. *Hum Mov Sci.* 2001;20(3):257-76. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(01\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(01)00048-3)
48. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait.* 2008;27(1):152-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.12.012>
49. Pui-lam W, Karim C, Anis C, De Wei M, Ulrik W, Youlian H. Difference in plantar pressure between the preferred and non- preferred feet in four soccer-related movements. *Br J Sports Med.* 2007;41(2):84-93.
50. Berdejo-del-Fresno D, Lara-Sánchez A, Martínez-López E, Cachón Zagalaz J, Lara-Diéguez S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Rev Int Med y ciencias la Act física y el Deport.* 2013;13(49):19-39.
51. Hotfiel, T, Golditz, T, Wegner, J, Pauser, J, Brem, M, Swoboda, B, et al. A cross-sectional study on foot loading patterns in elite soccer players of different ages. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2020;1:1-8.
52. Azevedo R, Rocha E, Franco P, Carpes F. Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. *Phys Ther Sport.* 2017;24:39-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.001>
53. Fujitaka K, Taniguchi A, Isomoto S, Kumai T, Otuki S, Okubo M, et al. Pathogenesis of Fifth Metatarsal Fractures in College Soccer Players. *Orthop J Sport Med.* 2015;3(9):1-7.
54. Hotfiel T, Carl H, Wendler F, Jendrissek A, Heiß R, Swoboda B. Plantar pressures increase with raising body weight: A standardised approach with paired sample using neutral shoes. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(3):583-9.

55. Husain E, Angioi M, Mehta R, Barnett D, Okholm K. A systematic review of plantar pressure values obtained from male and female football and the test methodologies applied. *Footwear Sci.* 2020;0(0):1-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/19424280.2020.1791977>
56. Low D, Dixon S. The influence of shock-pad density and footwear cushioning on heel impact and forefoot loading during running and turning movements. *Int J Surf Sci Eng.* 2016;10(1):86-99.
57. Okholm K, Jarratt V, Mitchell S, Forrester S. Can subjective comfort be used as a measure of plantar pressure in football boots? *J Sports Sci.* 2017;35(10):953-9.
58. Van Leeuwen K, Rogers J, Winzenberg T, Van Middelkoop M. Higher body mass index is associated with plantar fasciopathy/‘plantar fasciitis’: Systematic review and meta-analysis of various clinical and imaging risk factors. *Br J Sports Med.* 2016;50(16):972-81.
59. Saldívar-Cerón H, Garmendia-Ramírez A, Rocha-Acevedo M, Pérez-Rodríguez P. Obesidad infantil: Factor de riesgo para desarrollar pie plano. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2015;72(1):55-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bmhmx.2015.02.003>
60. Park S, Park D. Comparison of foot structure, function, plantar pressure and balance ability according to the body mass index of young adults. *Osong Public Heal Res Perspect.* 2019;10(2):102-7.
61. Azevedo R, Nery S, Stefanyshyn D, Carpes F. Plantar loading in the youth soccer player during common soccer movements and risk for foot injury. *Injury.* 2020;51(8):1905-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.06.009>
62. Martín-Moya R, Ruíz-Montero PJ. Demandas físicas centradas en factores externos del futbolista profesional. *Rev IbCC Act Fis Dep.* 2017;6(3):26-37.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Brian Johan Bustos-Viviescas. Concepción y diseño del estudio, adquisición, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito, supervisión general del desarrollo del trabajo y aprobación final.

Mónica Carolina Delgado Molina. Redacción del manuscrito, supervisión general del desarrollo del trabajo y aprobación final.

Andrés Alonso Acevedo-Mindiola. Redacción del manuscrito, adquisición, análisis e interpretación de los datos. Aprobación final del trabajo.

Leidy Estefanía Rodríguez Acuña. Redacción del manuscrito, adquisición, análisis e interpretación de los datos. Aprobación final del trabajo.

Rafael Enrique Lozano Zapata. Redacción del manuscrito, análisis e interpretación de los datos. Aprobación final del trabajo.