



Respuestas y adaptaciones de la huella plantar en fútbol y fútbol sala en alto rendimiento

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR:
Jose Antonio Berná Gascón

DIRIGIDA POR LOS DOCTORES:
José Luis López Elvira
Carolina Alonso Montero



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD
**UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ**





DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA DE LA SALUD

Programa de Doctorado en Psicología de la Salud

**RESPUESTAS Y ADAPTACIONES
DE LA HUELLA PLANTAR EN FÚTBOL
Y FÚTBOL SALA EN ALTO RENDIMIENTO**

Doctorando:

Jose Antonio Berná Gascón

Directores:

Prof. Dr. José Luis López Elvira

Prof. Dra. Carolina Alonso Montero





D. José Luis López Elvira y Dña. Carolina Alonso Montero, profesores del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “Respuestas y adaptaciones de la huella plantar en fútbol y fútbol sala en alto rendimiento”, realizado por D. José Antonio Berná Gascón ha sido llevado a cabo bajo nuestra dirección, y se encuentra en condiciones de ser leído y defendido como Tesis Doctoral en la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Lo que firmamos para los efectos oportunos en Elche a 19 de julio de 2017.

D. José Luis López Elvira

Dña. Carolina Alonso Montero





D. Juan Carlos Marzo Campos, director del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

AUTORIZA:

La presentación y defensa de la Tesis Doctoral titulada “Respuestas y adaptaciones de la huella plantar en fútbol y fútbol sala en alto rendimiento”, realizada por D. José Antonio Berná Gascón, bajo la dirección y supervisión de los doctores D. José Luis López Elvira y Dña. Carolina Alonso Montero, profesores del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Lo que firmo en Elche a 19 de julio de 2017.

Fdo. Dr. Juan Carlos Marzo Campos

Director del Departamento de Psicología de la Salud





DEPARTAMENTO: PSICOLOGÍA DE LA SALUD

Programa de Doctorado: Psicología de la Salud

RESPUESTAS Y ADAPTACIONES DE LA HUELLA PLANTAR
EN FÚTBOL Y FÚTBOL SALA EN ALTO RENDIMIENTO

El Doctorando

D. Jose Antonio Berná Gascón

Los Directores

Dr. José Luis López Elvira

Dra. Carolina Alonso Montero





....Una gota de pura valentía
vale más que un océano cobarde....

Miguel Hernández



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible este trabajo:

A mis directores, **José Luis López Elvira** y **Carolina Alonso Montero**, por ayudarme en todo, por la motivación que me han transmitido en este proceso, y por la paciencia infinita que han tenido conmigo. Sin ellos, la realización de este trabajo habría sido imposible.

A **Maite Serna Berná** por su colaboración imprescindible a la hora de hacer las mediciones.

Al cuerpo médico del Elche CF SAD, **César Quesada**, **Ángel Torres**, **Fran Martínez**, **David Abad** y **José María García**, por su ayuda los días de la toma de datos y por los buenos ratos cada semana en el club.

A **Eduardo Sao Thiago Lenz “Duda”**, a **Fran Escribá Segura** y al resto del cuerpo técnico de El Pozo Murcia Turística y el Elche CF SAD, por las facilidades para realizar este trabajo.

A los jugadores de las dos plantillas de los clubs El Pozo Murcia Turística y el Elche CF SAD por su buena predisposición a participar en este estudio.

A **Manu Mosqueira** por su ayuda en los momentos de duda.



DEDICATORIAS

A **Maite** mi mujer, por estar siempre ahí y acompañarme en este proceso que ella mejor que nadie sabe el sacrificio que ha supuesto.

A **Rut** mi hija por dedicarme cada mañana una sonrisa que hace que los momentos malos se transformen enseguida en buenos momentos y por hacerme ver la vida de una forma tan especial.

A mi familia en especial a mis padres y mis hermanas por que gracias a ellos y a su apoyo soy lo que soy.

A **Paco** un amigo en mayúsculas por recordarme cada día que esto, lo tenía que acabar.

A la gente con la que trabajo cada día en PDEPIE, **Isabel, Laura, Antonio, Isa y Joaquin** por tratarme como un compañero más y hacerme el día a día tan sencillo.



ABREVIATURAS

AAP: área del antepié

IA: índice del arco

ALI: arco longitudinal interno

AMP: área del mediopié

ARP: área del retropié

CV: coeficiente de variación

F: fútbol

FS: fútbol sala

MAI: índice del arco modificado

PD: pie dominante

PND: pie no dominante

POST: post-ejercicio

PRE: pre-ejercicio

TEM: error técnico de la medida





Índice

ÍNDICE

Índice de figuras (20)

Índice de Tablas (22)

Resumen (23)

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN (29)

1.1 El pie (32)

1.1.1 Generalidades (32)

1.1.2 Bóveda plantar (36)

1.2 Estudio del arco longitudinal interno (39)

1.2.1 Métodos directos de valoración del arco interno (40)

1.2.2 Métodos indirectos de valoración del arco interno (40)

1.2.2.1 Métodos de obtención de la huella plantar (41)

1.2.2.1.1 Fotopodograma (42)

1.2.2.1.2 Pedígrafo (42)

1.2.2.1.3 Podotrack (42)

1.2.2.1.4 Plataforma de presiones plantares (42)

1.2.2.2 Métodos de análisis de la huella plantar (42)

1.2.2.2.1 Índice del arco (42)

1.2.2.2.2 Índice del arco modificado (43)

1.2.2.2.3 Índice de Clarke (43)

1.2.2.2.4 Método Hernández Corvo (44)

1.3 Cambios en la huella plantar con la práctica deportiva (46)

1.4 Requerimientos físicos en el fútbol y fútbol sala (49)

1.4.1 Fútbol (49)

1.4.1.1 La huella en el fútbol (50)

1.4.2 Fútbol sala (51)

1.4.2.1 La huella en el fútbol sala (52)

1.5 El calzado deportivo (52)

1.6 Objetivos e hipótesis (54)

1.6.1 Objetivos generales (54)

1.6.2 Objetivos específicos (54)

1.6.3 Hipótesis (54)

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS (59)

2.1 Diseño experimental (59)

2.2 Las variables del estudio (59)

- 2.3 Participantes (60)
- 2.4 Criterios de inclusión (60)
- 2.5 Instrumentos de medición (61)
- 2.6 Protocolo de medición (63)
- 2.7 Análisis estadístico (65)

CAPÍTULO 3. RESULTADOS (67)

- 3.1 Efecto crónico (69)
- 3.2 Efecto agudo (74)

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN (79)

- 5.1 Efecto crónico (81)
- 5.2 Efecto agudo (83)
- 5.3 Calzado (84)

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES (87)

CAPÍTULO 6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN (91)

- 6.1 Nuevas líneas de investigación (93)
- 6.2 Limitaciones del estudio (93)

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA (95)

CAPÍTULO 8. ANEXOS (111)

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** Huesos que conforman la estructura del pie (Thibodeau y Patton, 2007). (33)
- Figura 2** Zonas de la huella plantar : antepié (AP), mediopié (MP), retropié (RP). (35)
- Figura 3** Arcos que forman el pie (Thibodeau y Patton, 2007). (37)
- Figura 4** Principales músculos que afectan al arco (Sobotta, 2000). (38)
- Figura 5** Huella pie plano, normal y cavo. (39)
- Figura 6** Evaluación de la huella plantar según el método de Hernández Corvo (Modificado por Berdejo del Fresno et al., 2013). (45)
- Figura 7** Diferencias entre el pre y el post en las cuatro situaciones: parado, sentado, caminando, bicicleta (Mc Whorther et al., 2006). (47)
- Figura 8** Diferencias entre fútbol sala y hockey hierba entre pie derecho y pie izquierdo en dos momentos de la temporada (Berdejo del Fresno et al., 2013). (52)
- Figura 9** Ejemplo de huella plantar obtenida mediante podotrack. (61)
- Figura 10** Sistema Podotrack. (62)
- Figura 11** Gráficos Bland-Altman de cada una de las variables estudiadas para comparar la fiabilidad de dos investigadores. (65)
- Figura 12** Resultados índice del arco en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (71)
- Figura 13** Resultados longitud en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (71)
- Figura 14** Resultados del área de antepié en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio. (72)
- Figura 15** Resultados del área de mediopié en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (72)
- Figura 16** Resultados área de retropié en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (73)

Figura 17 Resultados índice del arco en el efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (74)

Figura 18 Resultados longitud en el efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala. (74)

Figura 19 Resultados del área de antepié en el efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio. (75)

Figura 20 Resultados del área de mediopié en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio. (75)

Figura 21 Resultados del área de retropié en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio. (76)

Figura 22 Valores del índice del arco (IA) en el pie dominante (PD) y no dominante (PND) al inicio del estudio en fútbol y fútbol sala. (76)



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Método de análisis de la altura del arco interno. (44)

Tabla 2: Comparativa de variables para el pie derecho en jugadores de fútbol y Rugby (Soper et al., 2001). (51)

Tabla 3: Análisis de la fiabilidad de la medición. (64)

Tabla 4: Resultados variables efecto crónico. (70)

Tabla 5: Resultados variables efecto agudo. (73)





Resumen



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

El interés de esta tesis radica en ver cómo cambian las dimensiones de la huella plantar a lo largo de una temporada en deportistas profesionales de forma que estos cambios puedan servir para poder realizar un diseño del calzado más adecuado a las necesidades del deportista.

OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis es analizar cómo la práctica de fútbol y fútbol sala de alto nivel, afecta a la morfología de la huella plantar en deportistas de alto rendimiento. Se observan los cambios que se producen en jugadores de fútbol y fútbol sala, efecto agudo, durante un partido, y las adaptaciones y, efecto crónico, que se producen a lo largo de una temporada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Han participado 33 deportistas de los cuáles 19 son jugadores de fútbol y 14 de fútbol sala pertenecientes a equipos de la máxima categoría en sus respectivos deportes. Se midieron y pesaron, se les tomó la huella utilizando el sistema Podotrack, se escanearon y midieron siguiendo el protocolo de índice de arco de Cavanagh y Rodgers (1997).

RESULTADOS

Aunque se observan variaciones en todas las variables estudiadas tanto en el efecto agudo como en el crónico, solo son estadísticamente significativos según el ANOVA Factorial $p < 0.05$, los cambios que se producen en el efecto crónico en las tres áreas estudiadas: retropié ($p = 0.000$), mediopié ($p = 0.012$) y antepié ($p = 0.016$). En el efecto agudo se produce un cambio próximo a la significación en el antepié ($p = 0.050$).

CONCLUSIONES

El pie sufrirá adaptaciones (efecto crónico) en las áreas de antepié, mediopié y retropié en cambio no se producirán modificaciones en ninguna de las variables estudiadas en el

efecto agudo. Estos cambios que se provocan en el área son importantes desde el punto de vista del podólogo a la hora de recomendar el calzado, hasta ahora nos fijábamos en la longitud del mismo y de nuestros datos se desprende que hay que valorar también la anchura ya que al no haber cambios en la longitud del pie, el aumento del área se debe al cambio en la anchura.



ABSTRACT

INTRODUCTION

The interest of this thesis is to see how the dimensions of the plantar footprint change over a season in professional athletes so that these changes can be used to make a shoe design more appropriate to the needs of the athlete.

OBJECTIVES

The aim of this thesis is to analyze how the practice of football and high-level football, affects the morphology of plantar footprint in high-performance athletes. We observe the changes that occur in soccer players and football hall, acute effect, during a match, and adaptations, chronic effect, occurring throughout a season.

MATERIAL AND METHODS

33 athletes participated, of which 19 are football players and 14 football players belonging to teams of the highest category in their respective sports. They were measured and weighed, the footprint was taken using the Podotrack system, scanned and measured following the Cavanagh and Rodgers (1997) arc index protocol.

RESULTS

Although variations are observed in all variables studied in both the acute and chronic effects, they are only statistically significant according to Factorial ANOVA $p < 0.005$, changes occurring in the chronic effect in the three areas studied nearfoot ($p = 0.000$), midfoot ($p = 0.012$) and forefoot ($p = 0.016$). In the acute effect a change occurs close to the significance in the forefoot ($p = 0.050$).

CONCLUSIONS

The foot will undergo adaptations (chronic effect) in the forefoot areas. However, there will be no changes in any of the variables studied in the acute effect. These changes in the

area are important from the point of view of Podiatrist in recommending the footwear, so far we looked at the length of it and our data shows that we must also assess the width since there are no changes in the length of the foot, the increase in area is due to Change in width.





Capítulo 1 Introducción



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

Se ha dicho, y quizás con cierta exageración, que el Homo Sapiens adquiere condición de tal, gracias a la evolución filogenética de sus pies y con ello el aumento de la inteligencia y la especialización de sus extremidades superiores. No existe un prototipo morfológico de pie normal sabiendo que desde el punto de vista funcional debe considerarse normal cuando cumple con sus funciones primordiales sin provocar dolor. Es en "De Motu Animalium" (Borelli, 1690) donde se trata por primera vez la estática del ser humano y se habla del proceso de la marcha como un proceso de caída interrumpida.

El posterior desarrollo de las técnicas fotográficas y cinematográficas posibilitó registrar el movimiento del ser humano. Marey en 1873 pudo registrar una serie de pasos colocando la cámara en un ferrocarril lo que en la actualidad conocemos como travelling. Braume y Fischer en 1905 desarrollan la exposición múltiple de un sujeto en una sola placa fotográfica y en 1877 Mybridge obtuvo la primera serie de imágenes de la marcha humana en movimiento en series de 12 imágenes por segundo (Vezleysen, 1977).

Es a finales del s XIX y principios del s XX cuando comienza a utilizarse el estudio de las huellas plantares, esto constituye una herramienta importante para el estudio de la marcha. En la actualidad se dispone de diversas metodologías para la obtención de la huella plantar, que se comentarán en un apartado más adelante. Aunque en primera instancia la huella plantar se registra con fines industriales, es a partir de 1910 cuando Mckenzie lo recomienda para seguir la evolución del pie plano. Schwarz realiza en 1928 la primera barometría podográfica.

Últimamente se ha producido un desarrollo muy importante de los métodos de análisis de la huella plantar tanto en estática como en dinámica. Existen sistemas basados en sensores resistivos, piezoeléctricos o capacitativos que registran el paso y la presión plantar que ejerce el pie. Plataformas dinamométricas como las desarrolladas por el IBV en 1981 o anteriormente zapatos instrumentados diseñados por Spolek (1976) nos permiten un análisis de la pisada en dinámica hasta llegar a los últimos sistemas de podómetro electrónico o podometrías microprocesadas que nos permiten mediante cámaras un sistema de análisis biomecánico video-computerizado, lo que ha supuesto un avance en los métodos de análisis de la exploración podóloga y biomecánica.

1.1 EL PIE

Se puede definir al pie como: "Una estructura tridimensional variable, esencial para la posición bípeda humana, base del servomecanismo anti-gravitatorio y pieza fundamental para la marcha humana" (Viladot , 2007).

1.1.1 Generalidades del pie

De los 208-214 huesos del esqueleto, los más pequeños del aparato locomotor se encuentran en los miembros más móviles: las manos y los pies. Los huesos, las articulaciones, los músculos y los tendones del pie forman la construcción mecánica más compleja del cuerpo humano. Cuando un hombre está de pie, la superficie de sus plantas apenas alcanza los 30 cm², pero debe soportar con estabilidad un peso medio de 70 a 120 kilopondios al andar, el pie se adapta con flexibilidad a los desniveles de la superficie. Los ligeros cambios internos de la planta del pie nos permiten andar descalzos por la suave e inestable arena de la playa o por caminos accidentados y pedregosos. Así pues, el pie es una estructura que debe soportar muchos esfuerzos relativamente altos y poseer una capacidad de adaptación importante.

32

Las articulaciones del pie son numerosas y complejas, unen los huesos del tarso entre sí además de conectarlos con el metatarso. Encontramos la articulación subastragalina, la de Chopart, de Lisfranc y las articulaciones escafo cuboidea y escafo cuneales. Estas articulaciones cumplen dos funciones muy importantes, una de ellas es que el pie puede orientarse adecuadamente con respecto al suelo, sea cual sea la posición de la pierna y la inclinación del terreno. En segundo lugar, modificar tanto la forma como la curva de la bóveda plantar, otorgándole al pie esa característica de adaptabilidad creando un sistema de amortiguación de fuerzas entre el suelo y la pierna (Nordin y Frankel, 2012).

La funcionalidad del pie está influenciada por su estructura, sobre todo por el arco interno, ya que gracias a la forma triangular de la bóveda plantar (Kapandji, 2008), sus puntos de apoyo en talón y metatarsianos, es capaz de soportar todo el peso de nuestro cuerpo sin hundirse, pero tiene una característica dinámica, va a cambiar su forma dependiendo de la fuerza que desarrolle sobre él ya sea con la fuerza propia o con cargas externas

(Cheng et al., 1997; Tsung et al., 2003; Capaert, Rich y Roberts, 2007; Xiong et al., 2009) y de la actividad física que se realice (Mc Whorter et al., 2003 ;Kunde, Sterling y Milani, 2007). Además, la altura del arco longitudinal interno (ALI) tiene influencia sobre otras estructuras del cuerpo, como la columna vertebral o la movilidad de toda la extremidad inferior (Menz y Munteanu, 2005).

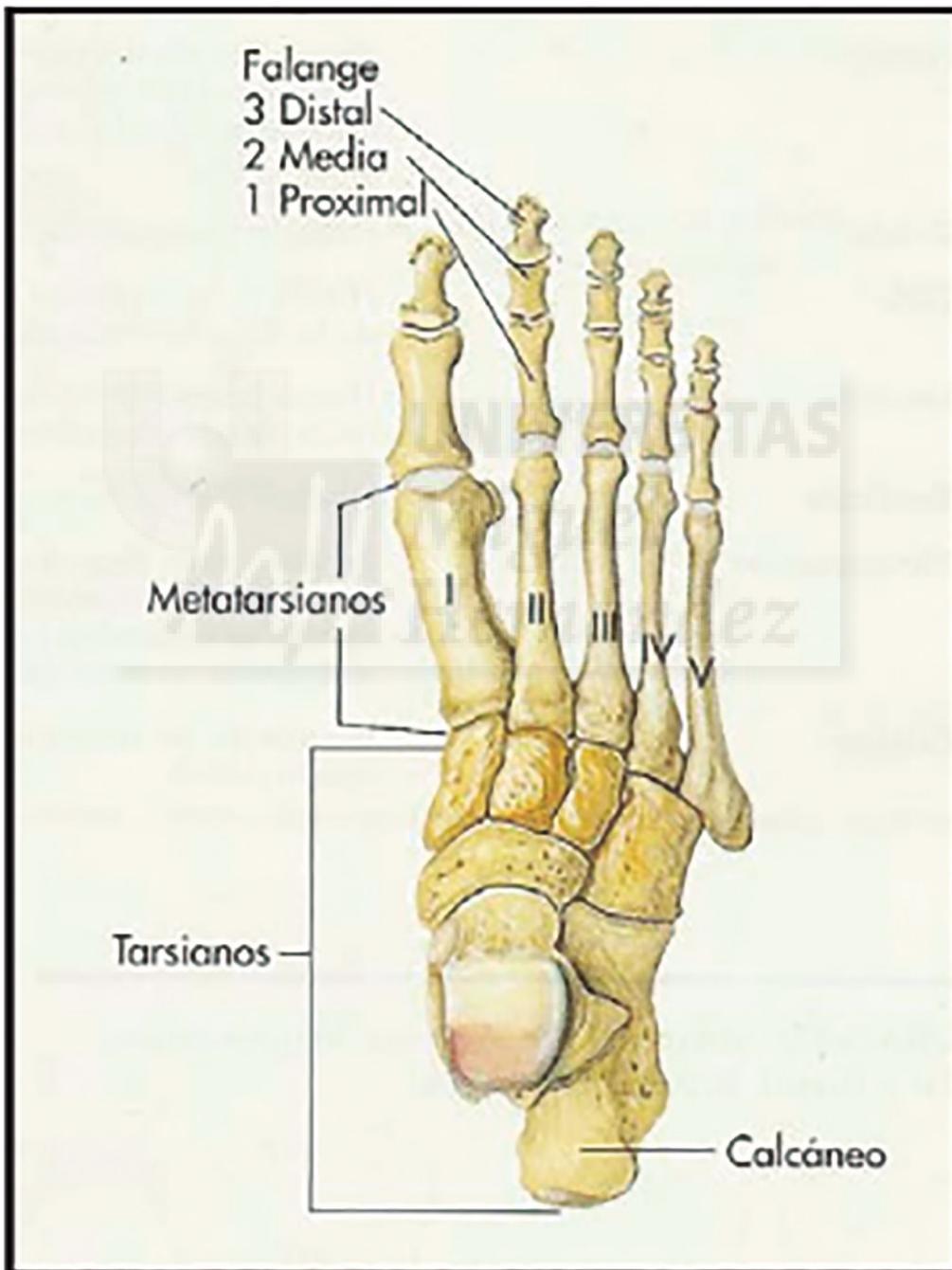


Figura 1. Huesos que conforman la estructura del pie (Thibodeau y Patton 2007).

El pie está conformado por 28 huesos (figura 1), incluidos los sesamoideos, 107 ligamentos, 19 músculos intrínsecos y 30 articulaciones. El esqueleto está compuesto por los huesos del tarso (astrágalo, calcáneo, escafoides, cuboides y tres cuñas), los del metatarso (los cinco metatarsianos) y las falanges. También presenta las siguientes articulaciones: subastragalina (calcáneo y astrágalo); Chopart o mediotarsiana (astrágalo-calcáneo y escafoides-cuboides); Lisfranc (entre cuñas y metatarsianos, escafo-cuboidea y escafo-cuneales, e interfalángicas).

El pie se divide en tres partes (figura 2):

1. Retropié: conformado por el astrágalo y el calcáneo. Aquí se encuentra la articulación subastragalina en la cual se dan los movimientos de inversión-eversión y aducción - abducción. La articulación subastragalina libera la parte inferior de la pierna para rotar en el plano transversal o balancearse de lado a lado en el plano coronal sin necesidad de que el pie se mueva del suelo. De esta manera aporta una plataforma estable y fija sobre el suelo con la capacidad de avanzar, balancearse, cambiar de dirección y funcionar sobre superficies irregulares (Nordin y Frankel, 2012).

2. Mediopié: formado por los huesos del tarso (escafoides, tres cuñas y el cuboides). Aquí encontramos la articulación mediotarsiana, tarsiana transversal o de Chopart. Está conformada por dos articulaciones, la astrágalo-escafoidea, la cual tiene un rango mayor de movimiento, y la articulación calcaneocuboidea, la cual tiene menor rango de movimiento. Es muy difícil obtener las medidas exactas de la amplitud de movimiento de la articulación mediotarsiana debido a su naturaleza compleja y por el pequeño tamaño de los huesos que la componen (Neuman, 2010). También encontramos la articulación de Lisfranc conformada por las tres cuñas, cuboides y las bases de los metatarsos. Es una articulación muy estable intrínsecamente. La relativa rigidez del segundo metatarso (y cierto grado de la base del tercer metatarso) permite que este funcione como la estructura rígida central del arco longitudinal del pie, participando como una palanca rígida para empujar y despegar en la etapa final de la fase de apoyo de la marcha (Cornwall y McPoil, 2002).

3. Antepié: incluye los metatarsos y las falanges. En esta región del pie se describen movimientos de flexo-extensión de los dedos del pie (Van Gheluwe y Kirby, 2010) 2006).

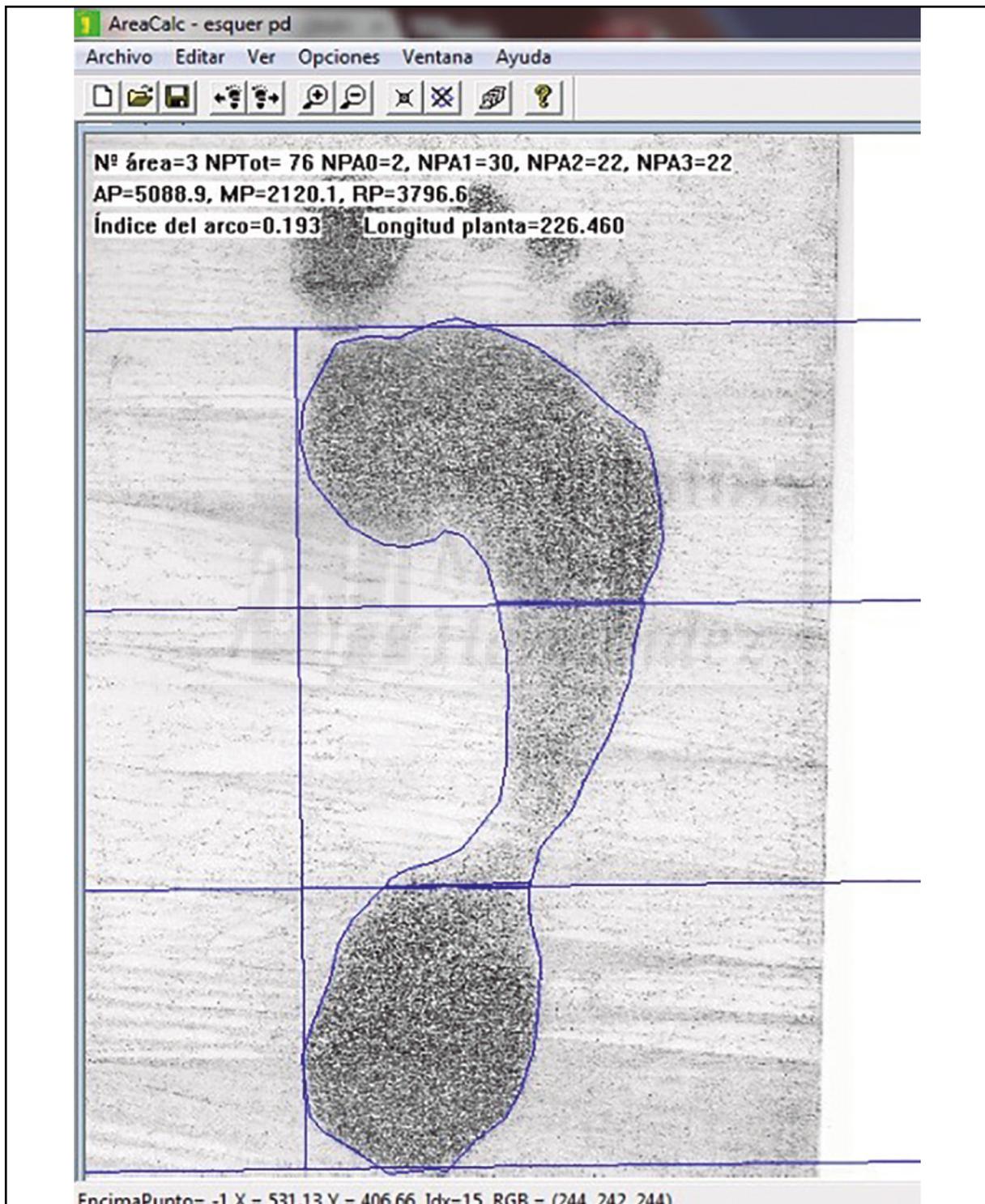


Figura 2. Zonas de la huella plantar:Antepié(AP), Mediopié (MP) y Retropié (RP).

1.1.2 La bóveda plantar

La estructura de la planta del pie se define como una bóveda longitudinal sujeta por tres arcos. Son estos arcos los que dan la forma y el dinamismo a la planta del pie, para ello debe existir una armonía perfecta entre todos los elementos que la conforman y así lograr el propósito de brindar el mejor contacto posible con el suelo. Las alteraciones de ésta pueden aumentar o disminuir las curvas de estos arcos, lo cual repercute en el apoyo con el suelo durante la marcha, la carrera o inclusive en la misma bipedestación (Kapandji, 2008). En la bipedestación la actividad muscular es poca y se mantiene fundamentalmente por elementos pasivos de apoyo y se produce una acción de transmisión del peso del cuerpo hacia el suelo por parte del arco plantar donde los elementos principales de soporte son los músculos (Aydog et al., 2004).

La bóveda plantar tiene una forma triangular con tres puntos de apoyo que forman tres arcos y que van de la cabeza del primer metatarso a la cabeza del quinto metatarso hasta la tuberosidad posterior del calcáneo (todos en sus caras plantares) (figura 3). Se describen a continuación:

i. Arco interno: se prolonga desde el calcáneo hasta la cabeza del primer metatarsiano. Atraviesa por cinco huesos: calcáneo, astrágalo, escafoides, primera cuña y la cabeza del primer metatarso. El arco interno conserva su concavidad gracias a estructuras ligamentosas y musculares. Por una parte ligamentos plantares que unen estas cinco piezas óseas (cuneometatarsiana, escafocuneal, calcaneoescaloidea inferior, calcaneoastragalina), y que resisten todas las fuerzas violentas de corta duración. Por otra parte, los músculos (tibial posterior, peroneo lateral largo, flexor propio del hallux y aductor del hallux) que se oponen a deformaciones prolongadas y actúan como verdaderos tensores del arco interno del pie.

ii. Arco externo: desde el calcáneo hasta la cabeza del quinto metatarsiano. Comprende tres huesos (calcáneo, cuboides y quinto metatarsiano). Su punto más alto es el hueso cuboides y contacta el suelo a través de partes blandas. El arco externo es mucho más rígido que el arco interno para así poder transmitir el impulso motor del tríceps sural. El arco está sostenido por un ligamento principalmente (ligamento calca-

neocuboideo plantar) que impide el bostezo inferior de la articulación calcaneocuboidea y cuboideometatarsiana, además de la tensión de tres músculos (peroneo lateral largo, corto y abductor del quinto dedo).

iii. Arco anterior o transverso: se localiza desde la cabeza del primer metatarsiano y se extiende hasta la cabeza del quinto metatarsiano atravesando las cabezas del segundo metatarsiano (punto más alto del arco anterior, tercer metatarsiano) y el cuarto metatarsiano. La concavidad de este arco está poco acentuada y contacta el suelo por medio de las partes blandas del antepié, constituyendo el llamado talón del pie. Este arco es tensionado por tres músculos (haz transverso del abductor del dedo gordo, el peroneo lateral largo y las expansiones plantares del tibial posterior).

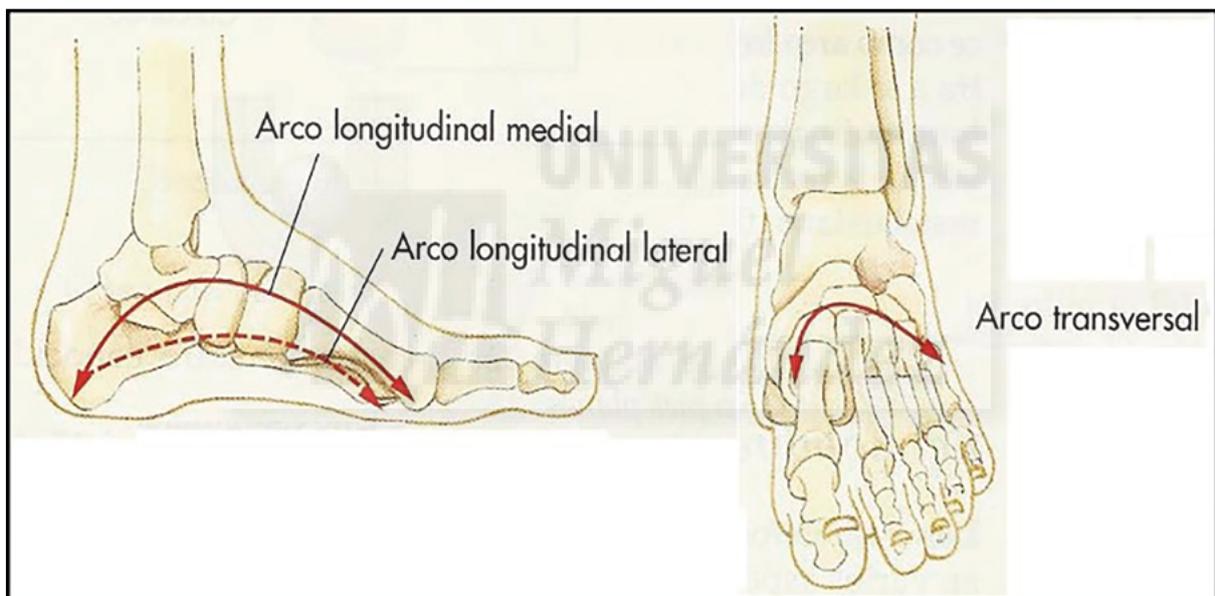


Figura3. Arcos que forman el pie (modificada por Thibodeau y Patton, 2007).

Dependiendo de la inserción de los músculos estos van a tener funciones diferentes, los que se insertan en la concavidad del arco (tibial posterior, peroneo lateral corto y largo, flexor propio del primer dedo, flexor común de los dedos, aductor del primer dedo y aductor del quinto dedo) forman y estabilizan el arco mientras que los que tienen una inserción en la parte convexa del arco, (peroneo anterior, tibial anterior, extensores propio y común de los dedos) tienen un efecto depresor (Forriol y Pascual, 1990; Kapandji, 2007) (figura4). Hay autores que defienden que la musculatura tiene una actividad secundaria

y que son los ligamentos los que realmente soportan la actividad del arco, y que cuando son sometidos a cargas importantes que los llevan a la fatiga superando su límite elástico son los desencadenantes del desarrollo de patologías (Staheli, Chew y Corbett, 1987; Dowling, Steele y Baur, 2001).

Si hablamos de la cinemática del pie, el tobillo y el pie se comportan como una unidad funcional con movimientos en los tres planos del espacio. Los músculos que se originan en la pierna y tienen una inserción final en el pie son los responsables del control de los movimientos en los tres planos del espacio: sagital (flexión dorsal y plantar); transversal (aducción-abducción) y frontal (pronación-supinación) mientras que la musculatura intrínseca es la que realiza los movimientos finos.

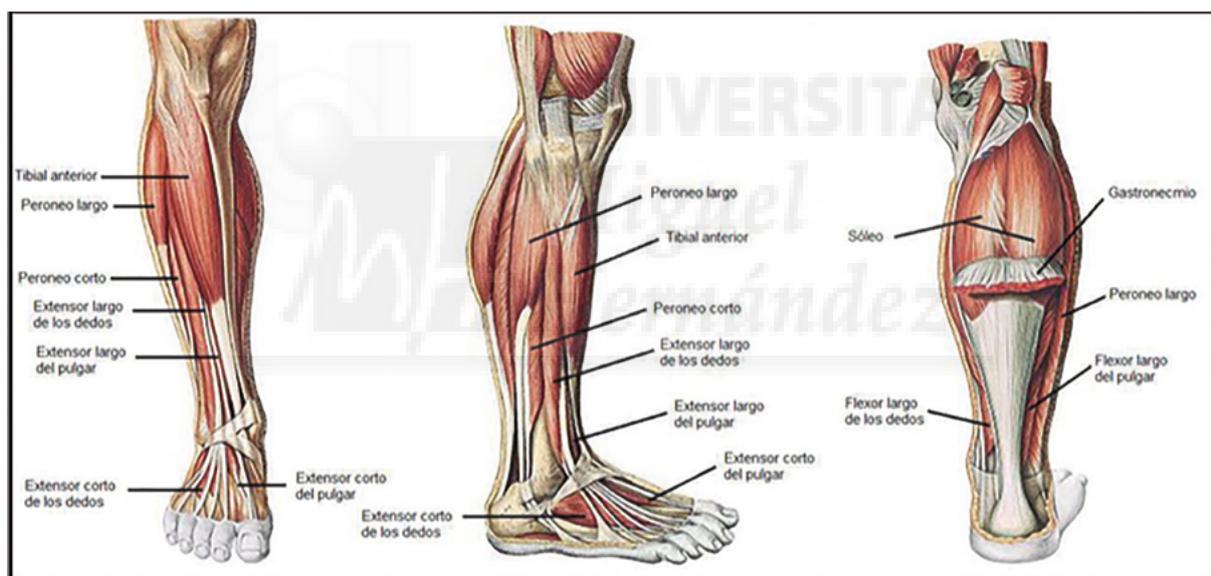


Figura 4. Principales músculos que afectan al arco (Sobotta 2000).

Si hablamos de la cinemática del pie, el tobillo y el pie se comportan como una unidad funcional con movimientos en los tres planos del espacio. Los músculos que se originan en la pierna y tienen una inserción final en el pie son los responsables del control de los movimientos en los tres planos del espacio: sagital (flexión dorsal y plantar); transversal (aducción-abducción) y frontal (pronación-supinación) mientras que la musculatura intrínseca es la que realiza los movimientos finos.

El pie se puede clasificar como normal morfológicamente cuando presenta un arco longitudinal interno y una huella plantar bien definida con zonas anchas como el antepié y el retropié unidos por una zona continua central llamada istmo.

Un pie en el que ha desaparecido el istmo se denomina pie cavo, si por el contrario es istmo es muy ancho se le denomina pie plano.

1.2 ESTUDIO DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO

Al estudiar el aparato locomotor, el pie merece un análisis detallado y profundo, ya que son los cimientos de nuestro cuerpo por ser el único contacto que tenemos con el suelo. Existe una gran variedad de métodos para la valoración estática de la huella, tipos de arco y clasificación del pie, pero no un consenso sobre cuál es el ideal (Urry y Wearing, 2005). Para evaluar cualquier relación entre la estructura del pie y su función, es esencial aplicar un sistema válido y fiable de clasificación del tipo de pie (Urry y Wearing, 2005). Se cree que el comportamiento dinámico del pie está influenciado por las características estructurales del pie, especialmente por la conformación del arco longitudinal interno, que es una de las estructuras más importantes del pie (Sakalauskaite y Satkunskiene, 2012).



Figura 5. Huella pie plano, normal y cavo.

El arco plantar varía con cada individuo debido a factores como la edad, el peso, la raza o el deporte (Menz y Munteanu, 2005). Kulthanan, Techakampuch y Donphongam (2004) demostraron que un arco muy elevado (pie cavo) o muy bajo (pie plano) tienen un gran riesgo de producir lesiones durante la actividad física.

Las mediciones del pie se suelen hacer con la intención de prescribir órtesis o ayudar en el descubrimiento de factores de riesgo y lesiones deportivas o de otro tipo. Hay muchos métodos para cuantificar y establecer una clasificación del arco del pie pero muchos no están validados (Lara-Diéguez et al., 2011).

1.2.1 Métodos directos de valoración del arco interno

-Inspección visual no cuantitativa. Es necesaria una experiencia clínica importante. Se suele utilizar el podoscopio para realizar la exploración. Se observa la pronación y supinación, la huella plantar y se valora la estructura general del pie. Se trata de un método subjetivo puesto que no se basa en medidas, y por lo tanto está sujeto al sesgo del examinador.

-Valoración antropométrica. Se utilizan referencias que se marcan directamente en el pie, como la altura del escafoide, el ángulo del retropié y el tibio-calcáneo.

-Valoración radiográfica. Se basa en la toma de medidas a partir de radiografías realizadas sobre el pie. Se mide la inclinación del calcáneo o el ángulo entre calcáneo y primer metatarsiano, la Línea de Feiss o ángulo Costa-Bartani. Esta técnica es posiblemente la que mayor validez presente, sin embargo supone una exposición a radiación ionizante que puede ser perjudicial para la salud del paciente.

1.2.2 Métodos indirectos de valoración del arco interno

El análisis de la huella plantar es útil como método indirecto de medición de la altura del arco longitudinal interno (Fan et al., 2011) y se ha utilizado en muchas ocasiones para evaluarlo (Wilkinson y Menz, 1997), ya que los parámetros calculados de la huella plantar son capaces de detectar la amplia variación en la morfología del pie y proporcionan la información necesaria para cuantificar la configuración del arco (Lara-Diéguez et al., 2011). También se ha utilizado para la clasificación del tipo de pie (Menz y Munteanu, 2005) y as-

pectos importantes de la marcha (Razhegui y Batt, 2000). Por otra parte, si los resultados obtenidos son compatibles con pie plano o cavo, esto no siempre se corresponde con un comportamiento biomecánico anormal o patológico del pie (Domianich et al., 2013).

Por lo tanto, si la huella en estática proporciona un método indirecto de analizar la estructura del pie, esto nos lleva a pensar que podemos utilizar esta huella plantar para evaluar cómo se comportará el pie en dinámica aunque no será el único factor a considerar (Nikolaidou y Boudolos, 2006). En un estudio se obtuvieron 3 huellas en estática y 3 en dinámica, en las que se compararon los valores de 3 índices (Stahelis, Chippaux-Smirak y Ángulo de la huella), donde se concluyó que la validez de estas medidas calculadas sobre la huella estática para revelar la dinámica del pie parece estar limitada (Nikolaidou y Boudolos, 2006).

Existe controversia en lo que concierne a la fiabilidad, validez y eficacia de los parámetros calculados a partir de la huella para predecir la altura del arco (Kulthanan, Techakampuch y Donphongam, 2004), que podría deberse a la influencia de otros factores, como la incertidumbre en la definición de algunos parámetros, a errores durante la adquisición de la huella o errores en la medición o el cálculo. El concepto de que los índices de la huella pueden ser utilizados para clasificar el pie en base a sus características estructurales hace que el uso de dichos parámetros se haya propagado, a pesar de la dificultad para alcanzar una medición cuantitativa del tipo de pie (Nikolaidou y Bodoulos, 2006) y la falta de evidencia en la que apoyarse (López Elvira et al., 2006).

1.2.2.1 Métodos de obtención de la huella plantar

A continuación se detallan algunos de los métodos de obtención de la huella más utilizados tanto en el ámbito clínico como en la investigación.

1.2.2.1.1 Fotopodograma: es un método que consiste en la obtención de la porción del pie que apoya sin la utilización de tinta y de una forma limpia. Puede orientar sobre las presiones plantares y permite evaluar el tipo de pie. Tiene un bajo coste y es sencillo de aplicar.

Una de las cosas más importantes por las que se aconseja utilizar este método, tiene que ver con la afirmación de Razeghi y Batt (2000). Estos autores consideran que este método de obtención de la huella plantar es un método útil para clasificar el tipo de pie en diferentes grupos, algo que otros métodos no son capaces de hacer (Lara-Diéguez et al., 2010).

1.2.2.1.2 Pedígrafo: es un dispositivo con una membrana de goma que se impregna en tinta bajo la cual se pone un papel en blanco, al pisar sobre la membrana se marca la huella plantar, a esta huella se le denomina peligrafía (Gómez et al., 2008).

1.2.2.1.3 Podotrack: es un sistema que se utiliza para la obtención de la huella plantar consta de una lámina de acetato y otra de calco sobre las que queda impresa la huella plantar. Se han utilizado para la obtención de huellas plantares en pacientes diabéticos (Schie et al., 1999) y para la obtención de huellas en medicina forense (Burrow, 2016).

1.2.2.1.4 Plataformas de presiones: sistemas basados en sensores resistivos, piezoeléctricos o capacitativos que registran el paso y la presión plantar que ejerce el pie.

1.2.2.2 Métodos de análisis de la huella plantar

Los métodos más utilizados incluyen el Índice del Arco (IA), Índice de Stahelis e Índice de Chippaux-Smirak (Nikoiladou y Boolaulos, 2005). Estos se basan en la hipótesis de que las alteraciones en la estructura del arco tienen influencia sobre la huella, la cual responde de manera predecible. Cavanagh y Rodgers (1987) afirmaron que el IA es un predictor válido de la altura del arco y que a su vez, presenta una alta fiabilidad intraobservador (Fan et al., 2011). En un estudio se calcularon los parámetros Índice del Arco, Índice de Martirossov, Ángulo de la huella e Índice de Chippaux-Smirak. El IA fue el parámetro que menor porcentaje de casos mal clasificados presentó, y mostró una fuerte capacidad para la clasificación, lo que apoya a los estudios que sugieren el IA como estimación válida de la altura del arco.

A continuación se describen los protocolos de obtención de cada medida (Tabla 1).

1.2.2.2.1 Índice del arco

Es un buen método para validar la altura del arco interno del pie, se define como la pro-

porción entre las áreas de contacto de las diferentes partes de la huella plantar excluyendo los dedos (Cavanagh y Rodgers, 1987). Es un método que apenas deja pies sin clasificar. Howard y Briggs (2006) lo definen como un buen sistema para la cuantificación de la estructura del pie en posición bipodal.

Para calcular el índice se tiene que definir primero el eje axial del pie, que es una línea que va desde el centro del talón hasta la parte más anterior excluyendo los dedos en dirección al segundo dedo. El IA se calcula como la proporción del área del medio pie entre la superficie total del pie exceptuando los dedos. Así, se obtienen los siguientes valores que determinan el tipo de pie:

- Pie cavo se considera cuando $IA \leq 0.21$
- Pie normal está comprendido entre $0.21 < IA < 0.26$
- Pie plano se considera cuando $IA \geq 0.26$.

La ecuación para obtener el IA es la siguiente:

$$IA = \frac{B}{A + B + C}$$

1.2.2.2.2 Índice del arco modificado (MAI)

Es un método alternativo al IA, se basa en el original de Cavanagh y Rodgers (1987). Tiene menor subjetividad que el IA y una mayor reproducibilidad (Chu et al., 1995).

El MAI utiliza la misma técnica que el IA, pero la diferencia radica en el instrumento con el que toma la huella. En el caso del IA se realiza sobre una impresión en papel o cualquier soporte físico. En cambio, el MAI se mide sobre una imagen digital obtenida con una plataforma de presiones (Lara-Diéguez et al., 2010). Esta técnica al contrario que pasa con el IA, dificulta la clasificación de los pies cavos (Urry y Wearing, 2005). El inconveniente de esta técnica es que es dependiente de la sensibilidad espacial en la medida de la plataforma de presiones.

1.2.2.2.3 Ángulo de Clarke

El ángulo de Clarke (Clarke, 1933) se basa en calcular un ángulo formado por la línea tangente a las dos zonas más salientes de la parte interna de la huella, con la línea que une

el punto más interno del antepié y el punto del arco que coincide con la zona metatarsal. El ángulo de Clarke representa un coeficiente de fiabilidad de 0.97 en test-retest. Sin embargo, es complejo y no permite clasificar pies extremos (Diéguez et al., 2010).

1.2.2.2.4 Método de Hernández Corvo

El método de Hernández Corvo (HC) (Hernández, 1989), consiste en tipificar el pie según unas medidas lineales que se realizan sobre la impresión plantar. Permite clasificar desde un pie plano hasta un pie cavo extremo (Sirgo y Aguado, 1991; Sirgo et al., 1997; Abián et al., 2005; López-Elvira et al., 2006; Abián, 2008).

Tabla 1: Métodos de análisis de la altura del arco interno.

Altura del Escafoides	Chu et al. (1995) Saltzman et al. (1995)	Se mide desde el tubérculo interno del escafoides hasta el suelo	Sencillo	Subjetivo
Índice del Arco	Cavanagh y Rodgers (1987); Hamil et al (1989); Nikolaidou y Bodoulus (2006)	Proporción entre las áreas de la huella plantar exceptuando los dedos	Útil y predictor válido de la altura del arco longitudinal interno.	Errores al hallar la huella del pie
índice del Arco Modificado	Chu et al. (1995)	Proporción entre las áreas de la huella plantar excluyendo los dedos	Útil y predictor válido de la altura del arco longitudinal interno.	Es cara ya que necesita plataformas de presiones
índice de Clarke	Clarke (1933)	ángulo formado entre las dos partes más externas del arco longitudinal interno y la zona metatarsal	Predictor de los diferentes tipos de arco	Complejo. No permite clasificar pies extremos
Método Hernández Corvo	Hernández (1989) Sirgo y Aguado (1991) López et al., (2006) Aguilar et al., (2009)	Clasificar el pie según las medidas que se toman de la huella plantar	Buena precisión en la medición y en la clasificación del tipo de pie	Basado en medida estática.

1.3 CAMBIOS EN LA HUELLA PLANTAR CON LA PRÁCTICA DEPORTIVA

El ejercicio físico puede alterar la biomecánica del pie y esto provocará alteraciones en el mismo (Cappaert, Rich y Roberts, 2006). La tendencia natural del pie con el ejercicio es al ensanchamiento de la huella plantar (López-Elvira et al., 2008a). Otro de los factores que puede influir en el cambio de la huella plantar son las fuerzas que actúan sobre el pie durante la práctica deportiva, que pueden llevar a provocar cambios permanentes en el pie si las mismas se prolongan en el tiempo (Cloughley y Mawdsley, 1995). Berdejo del Fresno et al. (2013) afirma lo mismo e indica que es normal que las modificaciones agudas se cronifiquen por la carga que soportan los pies del deportista durante la práctica deportiva y que provoque que el volumen de ambos pies se vuelva más homogéneo. En cambio López Elvira et al. (2006) hablan de cambios temporales en el pie debido a los esfuerzos mecánicos a los que se ve sometido durante la práctica deportiva, en ese caso concreto la marcha atlética. En deportes con gestos deportivos asimétricos se encontraron diferencias antes y después del ejercicio físico (Kunde, Sterling y Milani, 2007) tanto en el pie dominante como en el no dominante.

46

La mayoría de los estudios sobre cambios en la huella plantar antes y después de la práctica deportiva muestran cambios en las dimensiones del pie (Chalk et al., 1995; Cloughley y Mawdsley, 1995; Mc Whorther et al., 2003; Whorther et al., 2006), aunque estos cambios no se dan siempre tras cualquier actividad o en la misma forma. Mc Whorther en 2006 estudia cuatro situaciones diferentes, dos en carga, mantenerse de pie y andar, y dos en descarga, mantenerse sentado y en bicicleta. En cada una de las situaciones los participantes permanecían 12 min, observan, que tras las situaciones de carga hay cambios significativos, lo que no ocurre en las situaciones de descarga (Mc Whorther et al., 2006). Respecto a si hay más cambios longitudinales no encontramos una pauta clara. Jiménez Ormeño et al. (2011) observan que los mayores cambios se dan en el mediopié después de someter al pie a una actividad física con carga, concluyen que el peso del individuo no es determinante para que produzcan estos cambios. Sirgo y Aguado (1991) también encuentran cambios en sujetos mesomórficos, en cambio hay mayores cambios en sentido

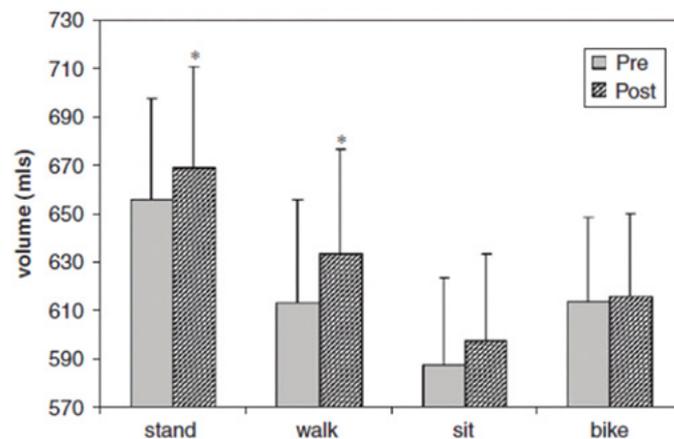


Figura 7. Diferencias entre el PRE y el POST en las cuatro situaciones, parado, sentado, caminando, bicicleta (Mc Whorther et al., 2006).

longitudinal en sujetos ectomórficos y demostraron adaptaciones agudas tras un partido de voleibol con aumentos longitudinales y transversales de la huella.

Jiménez Ormeño et al. (2011) y Delgado Abellán et al. (2012) encuentran cambios agudos en las dimensiones de la huella plantar tras el entrenamiento de fuerza y tras ejercicio continuo. Todas las variables estudiadas muestran valores significativamente mayores, cambiando más en anchura que en longitud.

Los estudios realizados a largo plazo nos muestran adaptaciones en el pie derivadas del entrenamiento, tanto en el IA como en la longitud. Sirgo y Aguado (1992) observaron cómo tras cuatro años, gimnastas de rítmica presentaban un pie más cavo que gimnastas de deportiva y que un grupo de mujeres sedentarias. Kulthanan, Techakampuch, Donphongam (2004) encontraron diferencias entre atletas de alto rendimiento y no deportistas. Sirgo et al. (1997) encontraron diferencias en la huella plantar entre nadadores y futbolistas. Aydog (2004) encontró una adaptación en los jugadores de baloncesto con una correlación negativa entre el IA y los años de entrenamiento, hallazgo similar al de Inoubili (2010) en jugadores de fútbol que sugiere una adaptación en el pie de los jugadores.

El estudio de Aydog (2005a) nos dice que el IA de los gimnastas es significativamente menor al de los futbolistas y el de los luchadores mayor que el de los gimnastas. Esto

demuestra que el gesto deportivo afectará de forma diferente a unza zonas u otras.

López Elvira et al. (2006) y Elvira, Vera y Meana (2008b) demostraron que la marcha atlética produce adaptaciones en el pie, se encontraron incrementos significativos en la longitud y anchura del antepié.

Al igual que el deporte, el calzado es uno de los factores que influyen en la modificación del volumen del pie. Es importante que el calzado se ajuste tanto en longitud como en anchura a las dimensiones del pie, un desajuste puede provocar una pérdida de estabilidad y cambios en las presiones plantares del pie (Houston et al., 2006). Por ello es importante para los diseñadores de calzado conocer los cambios que se producen durante la actividad física en el pie.

Hay que señalar que existen estudios en los que se analizan los cambios que se producen en el pie sin haber habido actividad física. En estos estudios no hay cambios en las variables estudiadas durante el mismo día (Moholkar y Fenelon , 2001). En el estudio de Mam et al. (2004) se observa que en las situaciones sin carga, 30 min sentado y 30 en decúbito supino no habían diferencias pero sí existían tras 30 min en carga de pie antes y después de la prueba en el volumen del pie.

Otra variable a tener en cuenta a la hora de valorar el efecto del ejercicio sobre el pie es el género. El pie plano se asoció con un 30% más de sintomatología dolorosa en hombres respecto a un grupo control, igual sucede en las mujeres en un 26%, esto concluye que un pie plano y pronado está asociado a sintomatología dolorosa. (Donphongam, 2004).

Varios estudios han mostrado diferencias de género en relación con las medidas anatómicas más importantes de los pies; afirmaron que los pies de los hombres son más largos y más anchos en relación a la altura con respecto a los de las mujeres (Kulthanan, Techakampuch, Donphongam, 2004). Además, otros han demostrado que en los pies de las mujeres se producen mayores cambios con soporte de peso, ya que son más flexibles. En cambio, en el estudio de Gómez et al., 2008 en mujeres sedentarias de la ciudad de Cali, Colombia, se evidenció un pie más largo y más ancho en mujeres deportistas que en sedentarias, la cual fue independiente de la estatura. El tipo de pie con mayor prevalen-

cia fue el pie cavo y no se presentaron diferencias estadísticamente significantes entre los deportes. Este hallazgo pone en discusión la influencia del deporte sobre la huella plantar y deja planteado un interrogante sobre si el pie cavo es una característica de la población femenina colombiana, lo que debe ser corroborado en estudios poblacionales posteriores. Aproximadamente en el 40% de las mujeres deportistas y sedentarias, se encontró un tipo de pie diferente en cada extremidad (derecha e izquierda), proporción que en las deportistas fue estadísticamente independiente del deporte practicado.

En el estudio de McWorther (2003) analizaron el efecto de andar y correr sobre el pie, en los resultados obtenidos se podía observar que hombres y mujeres respondían de forma diferente, ya que no existían diferencias en el grupo de hombres tras andar 12 min, y sí se producían diferencias en el grupo de mujeres. Esto parece indicar que las dimensiones de los pies de hombres y mujeres responden de forma distinta al ejercicio.

Estas diferencias en el comportamiento del pie con el ejercicio según el género, justifican no mezclar a deportistas masculinos y femeninas en el mismo estudio. En nuestro caso, nos decantamos por estudiar a deportistas masculinos por ser mayor la población y por lo tanto la muestra a la que podríamos acceder.

1.4 REQUERIMIENTOS FÍSICOS EN FÚTBOL Y FÚTBOL SALA

Cada deporte presenta unos condicionantes particulares que hacen que la exigencia física y fisiológica sobre el deportista presente unas características concretas. A continuación se hace un repaso sobre estos condicionantes que tienen que ver sobre la carga a la que se ven sometidos los pies de estos deportistas.

1.4.1 Fútbol

El fútbol es un deporte con un número de gestos deportivos variado y agresivos para el aparato locomotor: carrera, sprint, saltos, cambios de dirección, etc., lo que provoca que los jugadores necesiten mantener un estado óptimo de forma física para evitar lesiones. Todos estos gestos provocan en los jugadores una mayor retracción de la cadena muscular posterior con retroversión pélvica, varo de rodillas y varo del calcáneo. A esto hemos de añadir que el juego se desarrolla con el pie en un calzado con una superficie

de contacto muy baja debido a que la zona de contacto con el suelo se limita a los tacos y poca capacidad en su interior lo que va a someter al pie a compresiones constantes. En el fútbol, la adaptación entre el pie y la bota de fútbol es fundamental en la prevención de lesiones. El pie tiene las funciones de sostén, adaptación y movimiento y amortiguación, y está expuesto a una serie de condiciones y factores que influyen en su adaptación a la superficie de juego. La bota de fútbol va a ser uno de los factores que van a condicionar esta adaptación. En el fútbol, el césped requiere el uso de tacos y eso obliga a que la bota sea más rígida, lo que afectará a la adaptación del pie.

El estrés mecánico que debe soportar el pie está condicionado por los requerimientos físicos del deporte. El patrón de ejercicio que se desarrolla en el fútbol puede considerarse interválico y acíclico (Casajus, 2005). Durante los 90 min de un partido de fútbol los jugadores recorren una distancia que oscila entre 10-12 km (Bangsbo, 1994; Iaia, Rampini y Bangsbo, 2009; Williams et al., 2010), con 2-3 km a alta intensidad de carrera (Iaia et al., 2009) y con distancias recorridas muy cortas 10-20 m de unos 4 s cada una (Sánchez, 2005).

50

La posición que ocupan los jugadores en el campo influirá en la distancia que recorrerán durante un partido (Bangsbo et al., 1991; Di Salvo et al., 2012; Ekblom, 1986; Rampinini et al., 2007; Taskin, 2008). Dellal et al. (2010) concluye que son los defensas centrales, los que recorren menor distancia, mientras que los delanteros, son los que realizan el mayor número de sprints. En estudios similares, Di Salvo et al. (2012), establecen una diferencia entre centrocampistas y centrocampistas de banda siendo estos últimos los que más sprint o carreras a alta intensidad no larga.

1.4.1.1 La huella plantar en el fútbol

El fútbol es el deporte más practicado del mundo, con 265 millones de jugadores. Es un deporte que conlleva un alto riesgo de lesiones, ya sea por contacto con otros jugadores (abordajes y colisiones), sin contacto (correr, saltar, girar y chutar) o por sobrecarga. Los diferentes tipos de botas de fútbol también pueden provocar lesiones.

Hay varios estudios que han comparado la huella plantar entre futbolistas y no deportistas (López et al., 2005; Grabara, 2008; Inoubli, 2010; Mantini et al., 2012). López et al.

(2005) y Grabara (2008) observaron que no existían diferencias, sin embargo Inoubli (2010) y Mantini et al., 2012 sí mostraron diferencias entre ambos. Soper et al. (2001) compararon futbolistas con jugadores de Rugby y sí encontraron diferencias en todas las variables estudiadas: área de retropié, mediopié y antepié, longitud e IA.

Yamaner et al. (2011) por último compararon pie dominante y no dominante, encuentran-

Tabla 2: Comparativa variables para el pie derecho en jugadores de fútbol y rugby (Soper et al., 2001).

Variable	Jugador de Fútbol (n=146)	Jugador de Rugby (n=122)
Altura	174.3 ± 6.4	178.1 ± 6.1*
Peso	65.7 ± 9.2	82.5 ± 12.8*
Máx Anchura Retropié	5.6 ± 0.6	5.9 ± 0.5*
Máx Anchura Mediopié	3.2 ± 1.1	4.1 ± 1.3*
Máx Anchura Antepié	9.8 ± 0.7	10.2 ± 0.8*
Longitud el Pie	26.1 ± 1.5	27.2 ± 1.4*
Índice Impresión del Pie	0.33 ± 0.11	0.40 ± 0.13*

do diferencias de longitud y anchura entre el grupo de pie dominante derecho o izquierdo y entre pie dominante y no dominante.

Katrine et al. (2016), relacionan el confort de las botas de fútbol con las presiones plantares, haciendo referencia a que una zapatilla con menos amortiguación va a provocar un aumento de las presiones plantares pero el jugador no va a percibir esto como poco confortable.

1.4.2 Fútbol Sala

El fútbol sala se reconoce como un deporte acíclico con diferentes gestos técnicos (pases, lanzamientos, desplazamientos variados, contactos, cambios de dirección, etc.). La participación media de los jugadores que más minutos juegan es de 25 a 35 min por partido (Díaz y García 2002) con una duración real por partido de unos 55-67 min (Hernández, 2001).

Andrín (2004) determinó que un jugador de fútbol sala recorría durante un partido completo entre 3200 y 3400 m, de los cuales el 57% los realiza a intensidades altas y medias

y el 43% restante los realiza a bajas intensidades. Dejaba claro, por tanto, el carácter interválico de este deporte.

Hernández (2001) registró tiempos de intervención en situaciones de desplazamiento de entre 55 y 67 min para jugadores de campo y de 60 min para el portero, de tiempos máximos de duración de un partido entre 70 y 89 min. Los jugadores de campo recorrieron una media de 6 km, mientras que el portero recorrió alrededor de 3 km.

1.4.2.1 La huella plantar en el fútbol sala

Son realmente escasos los estudios que hayan valorado la huella plantar en fútbol sala. Berdejo de Fresno et al. (2013) observaron que desde el inicio de la pretemporada hasta el inicio de la temporada, jugadores de hockey modificaron su huella con un aplanamien-

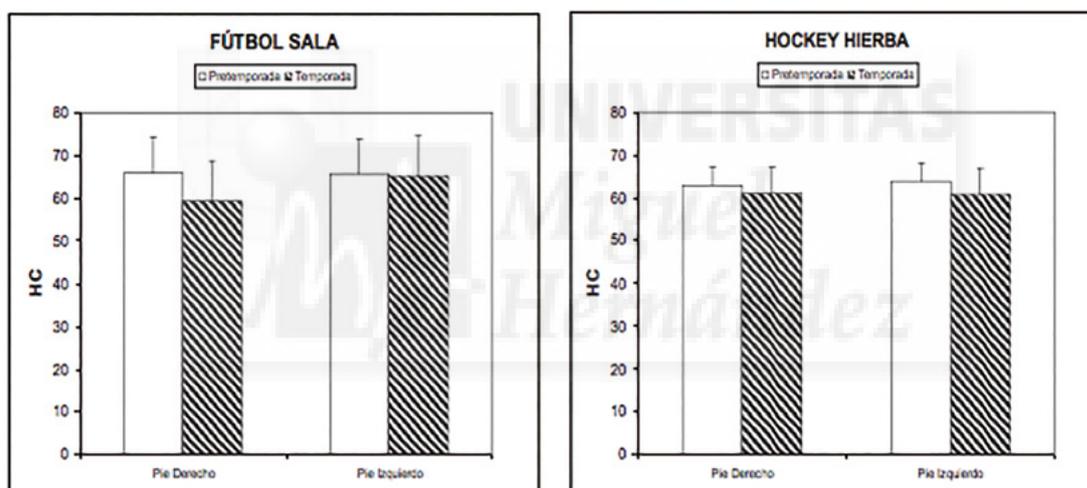


Figura 8: Diferencias entre fútbol y fútbol sala y hockey hierba entre pie derecho y pie izquierdo en dos momentos de la temporada (Berdejo del Fresno et al., 2013).

to mientras que las de fútbol sala solo mostraron diferencias en el pie dominante con la misma tendencia a un aplanamiento o aumento de la anchura.

1.5 EL CALZADO DEPORTIVO

Utilizar un calzado cómodo es un factor importante durante la práctica deportiva. El confort se describe como una percepción individual en la que influyen factores mecánicos, neurofisiológicos y psicológicos (Chen et al., 1995; Miller et al., 2000, Mündermann,

Stefanshyn y Nigg, 2001; Nigg, Nurse y Stefanshyn, 1999). La sensación de confort está relacionada con el ajuste, la estética, la estabilidad mecánica, el trabajo muscular para estabilizar el pie, la fatiga, la movilidad y la alineación del miembro inferior (Miller et al., 2000, Mündermann, Stefanshyn y Nigg, 2001; Nigg, Nurse y Stefanshyn, 1999; Reinschmidt y Nigg, 2000 ; Williams y Nester, 2006).

El confort es la primera cualidad que piden los usuarios respecto a una bota de fútbol. En cambio la protección contra la prevención de lesiones no es un factor tan reclamado (Hennig, 2014, 2011), a pesar de que es evidente la relación directa que existe entre un aumento de las lesiones provocadas por un uso excesivo de un calzado no confortable en jugadores de fútbol y rugby (Kinchington, Ball y Naughton, 2011, 2012). La sensación de incomodidad está también vinculada a una alteración de la carga en las extremidades inferiores, provocando una mayor fatiga muscular y un descenso del rendimiento deportivo (Kinchington, Ball y Naughton, 2012; Luo et al., 2009).

A pesar de la importancia que tiene la industria del fútbol, la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha intentan relacionar confort con presiones plantares (Sangos et al., 2001) y su relación con la aparición de lesiones en el antepié provocadas por la situación de los tacos (Debiasio, et al., 2013; Queen et al., 2008; Warden et al., 2007) olvidándose del resto de factores que influyen en el confort como el ajuste o la estabilidad del calzado. Katrine et al. (2016) destacan que un aumento de las presiones plantares no es percibido por los usuarios como no confortable, a pesar de la relación directa que existe entre un aumento de las presiones plantares con la aparición de fracturas por estrés metatarsales y metatarsalgias (Debiasio et al., 2013, Queen et al., 2007, Sims, Hardaker, y Queen, 2008, Warden et al., 2007). En un estudio con diferentes botas con diferente amortiguación, los usuarios fueron capaces de detectar pequeños cambios en las presiones plantares, pero no reflejaron que una u otra bota fuera significativamente más cómoda (Nunns, Dixon y Carré, 2015).

Las botas de fútbol y fútbol sala suelen ser ligeras para ayudar a optimizar el rendimiento y por ejemplo disminuir la fatiga durante las distancias recorridas, 3-4 km en fútbol sala (Andrin, 2004) y 10-12 km de media en fútbol (Bangsbo, 1994; Iaia et al., 2009; Williams et

al., 2010). Rocco (2005) opina que lo que causa en muchos casos la aparición de lesiones es una mala elección del calzado deportivo.

Como hemos visto, existen estudios que relacionan el confort con las presiones plantares en el fútbol. Lo mismo ocurre con otros deportes como el atletismo (Divert et al., 2005), el fútbol americano (Heidt et al., 1996) o el tenis (Schlaepfer et al., 1983; Nigg, lueti y Bahl- sen, 1989) , pero apenas encontramos estudios que nos hablen del calzado de fútbol sala a pesar de que la mayoría de lesiones que ocurren en el mismo, al igual que en el fútbol, se desarrollan en la extremidad inferior y más concretamente en el tobillo (Emmery y Meeuwisse, 2006). calzado deportivo específico para fútbol sala favorecerá una actividad más saludable (Sesmero, 2008).

1.6 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.6.1 Objetivos generales

- Determinar las adaptaciones que se producen en la huella plantar de jugadores de fútbol y fútbol sala a lo largo de una temporada.
- Determinar las respuestas que se producen en la huella plantar de jugadores de fútbol y fútbol sala durante un partido.

1.6.2 Objetivos específicos

- Comprobar si se producen adaptaciones y respuestas en el índice del arco, longitud y área de antepié, mediopié y retropié en la huella plantar de jugadores de fútbol y fútbol sala tras una temporada y tras un partido.
- Comprobar si hay diferencias entre el fútbol y el fútbol sala respecto a la modificación de la huella plantar tras su actividad física específica durante la temporada y tras un partido.
- Comprobar si se producen diferencias entre el pie dominante y el no dominante en cuanto a respuestas y adaptaciones tanto en fútbol como en fútbol sala.

1.6.3 Hipótesis

- El pie sufrirá adaptaciones (efecto crónico) en su huella plantar en el pie dominante y en

el no dominante tanto en fútbol como en fútbol sala al finalizar una temporada.

- El pie no sufrirá cambios (efecto agudo) en su huella plantar en el pie dominante como en el no dominante tanto en fútbol como futbol sala tras la práctica de un partido de fútbol.

- Habrá diferencias entre el fútbol y fútbol sala respecto a la modificación de la huella plantar tras su actividad específica durante la temporada y tras un partido

- No se producirán diferencias entre el pie dominante y el no dominante en cuanto a respuestas y adaptaciones tanto en fútbol como en fútbol sala.





UNIVERSITAS
Miguel
Hernández



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 2 Material y Métodos



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Diseño experimental

La investigación realizada consistió en un estudio experimental longitudinal.

Las mediciones se realizaron al principio y al final de una temporada de fútbol y fútbol sala, temporada 2014-15 y antes y después de un partido, siendo el procedimiento de medición igual en las cuatro mediciones.

2.2 Las variables de estudio

Las variables del estudio son las siguientes

Variables independientes

- Factor intra-sujeto tiempo durante la temporada, con dos opciones de medición, pre-temporada y posttemporada, con el que se valora el efecto crónico.
- Factor intra-sujeto tiempo durante un partido, con dos opciones de medición, prepartido y postpartido, con el que se valora el efecto agudo.
- Factor intra-sujeto lado, con dos opciones de medición, lado dominante (PD) y lado no dominante (PND).
- Factor inter-grupos deporte, con dos opciones, jugadores de fútbol (F) y jugadores de fútbol sala (FS).

Variables dependientes

- Área del antepié: área formada por los puntos seleccionados de contacto de un tercio de la longitud del pie excluyendo los dedos.
- Área del mediopié: área formada por los puntos seleccionados de contacto de un tercio de la longitud del pie excluyendo los dedos.
- Área del retropié: área formada por los puntos seleccionados de contacto de un tercio de la longitud del pie excluyendo los dedos.
- Longitud pie sin dedos: distancia entre el punto más posterior del talón y el punto más anterior del antepié (excluyendo los dedos).
- Índice del Arco (IA): el IA es calculado como la relación entre área del mediopié dividida

entre el área total excluyendo los dedos. Un arco normal tiene un valor entre 0.21 y 0.26, los valores superiores representan un arco plano y los inferiores un arco cavo (Cavanagh y Rodgers, 1987).

2.3 Participantes

La muestra inicial del estudio estuvo compuesta por 33 hombres jugadores de fútbol y fútbol sala de alto rendimiento. Los participantes que practicaban fútbol pertenecían al Elche CF SAD, equipo de la primera división española durante la temporada 2014-15. La muestra la formaban 19 participantes con las siguientes características: edad $27,12 \pm 3,46$ años, talla de 177 ± 8 cm y un peso cuya media fue de $76,41 \pm 6,54$ kg.

Los participantes que practicaban fútbol sala pertenecían a El Pozo Murcia Turística FS equipo de la primera división española, durante la temporada 2014-15. La muestra la formaban 14 participantes con las siguientes características: edad 21-34 años 26.6 ± 2.6 años, talla de 174 ± 8 cm., cuya media de peso fue de $73,41 \pm 4,34$ kg.

60

En los dos grupos todos llevaban al menos dos años en el deporte de alto rendimiento. En el estudio de los efectos crónicos participaron 33 deportistas (19 en fútbol y 10 en fútbol sala), mientras que en el estudio de los efectos agudos participaron 20 deportistas (10 en fútbol y 10 en fútbol sala). El estudio lo comenzaron 33 deportistas pero por motivos de lesión o porque causaron baja a lo largo de la temporada 4 jugadores de fútbol sala no completaron el estudio.

2.4 Criterios de inclusión

Como criterio de inclusión, los jugadores debían pertenecer a un equipo de la máxima categoría nacional en fútbol y fútbol sala, y completar la temporada sin sufrir lesiones que les mantuvieran parados más de 15 días sin entrenar a lo largo de la temporada.

Los factores excluyentes del estudio son los siguientes

- Haber sufrido alguna lesión articular, muscular o tendinosa en las extremidades inferiores en los 6 meses previos a las mediciones.
- Presentar alguna patología a nivel de las articulaciones como artritis reumatoide.

- Estar convalecientes o en proceso de rehabilitación de una lesión en dichas zonas.
- Llevar osteosíntesis u otros elementos médicos derivados de alguna intervención quirúrgica en dichas zonas.
- Presentar intervención quirúrgica en los pies.

Los sujetos de estudio han sido supervisados por un podólogo con experiencia. Para acceder a este estudio previamente se les presentó un consentimiento informado basado en la declaración del Helsinki, el cual firmaron libremente (ANEXO 1). Además del consentimiento informado, el examinador les explicó a cada uno las características del estudio que se iba a realizar, el procedimiento de medición y la posibilidad de abandonar libremente el estudio en cualquier momento.

2.5 Instrumentos de medición

El material empleado para las mediciones consta de los siguientes elementos:

- Podotrack: se trata de una hoja de papel de calco sobre el cual obtenemos la impresión de la huella. Se coloca bajo la superficie almohadillada sobre la cual el participante va a pisar. Este papel es material de calco que va protegido por una lámina de plástico que se retira para pisar y luego se utiliza para proteger la impresión (*figura 9*).

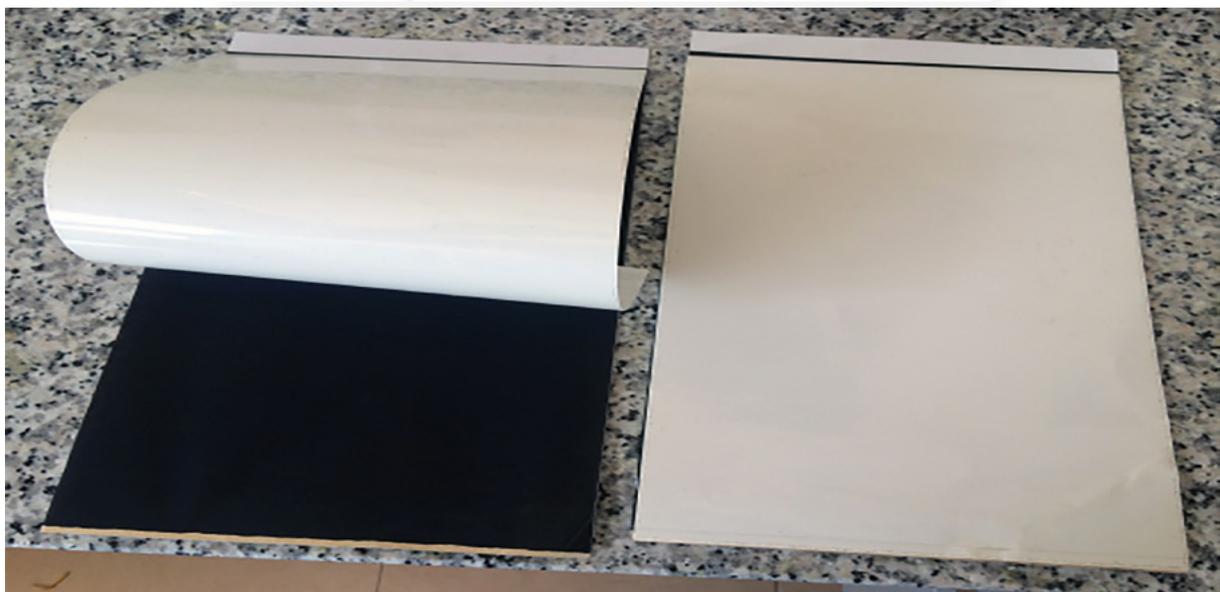


Figura 9. Detalle del sistema podotrack.



Figura 10. Ejemplo de huella plantar obtenida mediante podotrack.

- Silla: donde estará sentado el participante previo a la toma de la huella, es una silla de plástico blanca con brazos. Utilizamos siempre la misma silla.

2.6 Protocolo de medición

- El deportista se descalza y se sienta en la silla.

- Colocamos su pie dominante sobre el podotrack y le pedimos que se levante manteniendo una posición relajada de calcáneo en apoyo bipodal durante 10 s.

- Se sienta en la silla y se repite la maniobra con el pie no dominante.

La recogida de muestra tanto a principio de temporada como al final de temporada se realizaron antes del primer entrenamiento del día a la misma hora. Se midió en el primer entrenamiento de pretemporada (junio) y en el último antes de la última jornada del campeonato (mayo del año siguiente), en fútbol con lo que la intervención duró 11 meses. En fútbol sala la primera toma de muestras se realizó en agosto y la última en junio del año siguiente con lo que la intervención duró 11 meses.

La recogida pre y post-partido se realizó coincidiendo con la primera jornada de la segunda vuelta en el mes de enero. Las mediciones se realizaron 40 min antes del partido en la inicial y en los 15 min posteriores a la finalización.

Una vez tomadas las huellas plantares, se escanearon con una resolución de imagen de 200 pixels por pulgada y se guardaron en formato jpg, para poder trabajar sobre ellas y realizar las mediciones.

Las huellas plantares escaneadas se analizaron con el programa informático específico AreaCalc diseñado por Elvira et al. (2008). Este programa, AreaCalc, permite aplicar el protocolo de Cavanagh y Rodgers (1987), con el que se obtiene el índice del arco (IA) a partir de la medición. Se escoge el protocolo de Cavanagh y Rodgers porque ha demostrado buenas correlaciones con la altura del arco longitudinal del pie (Kanatli, Yetkin y Cila, 2001; McCrory, Young y Cavanagh, 1997; Menz y Munteanu, 2005; Shiang, Lee, y Chui, 1998). Además, al contrario que otros índices, el IA permite analizar huellas de pies cavos extremos (Chu et al., 1995) que según la bibliografía son muy frecuentes en los jugadores de fútbol (Casajus, 2005).

Para comprobar la fiabilidad y objetividad del investigador que analizó las huellas, éste y otro investigador experimentado digitalizaron cinco veces cada uno la misma huella. La fiabilidad del investigador se analizó a partir del coeficiente de variación, mientras que la objetividad se midió a partir del error técnico de la medida (TEM) en valor absoluto y en porcentaje respecto a la media, (Ulijaszek y Kerr, 1999). En la tabla 3 se presentan los resultados de dicho análisis.

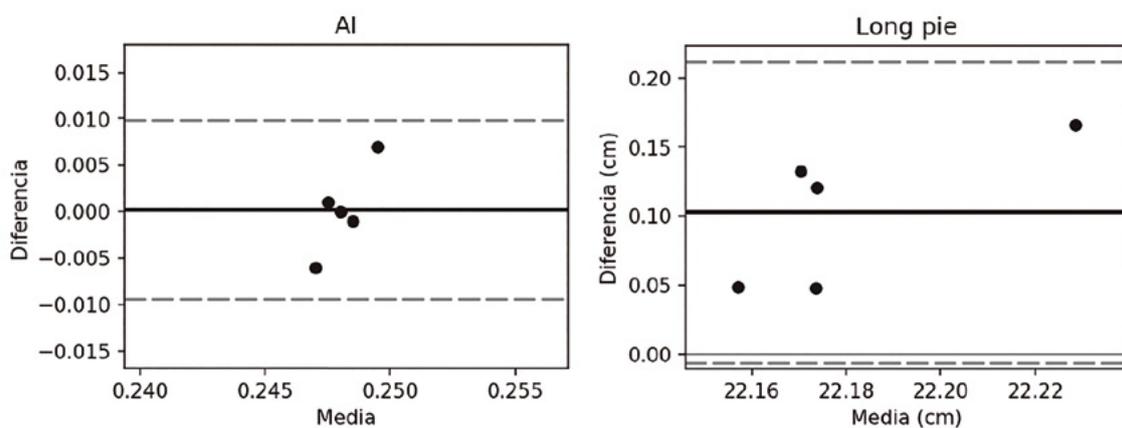
Tabla 3. Análisis de la fiabilidad de la medición.

	TEM	TEM%	CV%
AI	0.003	0.012	1.29
LongPie (cm)	0.08	0.004	0.23
Antepi	0.83	0.017	1.37
Mediopi	0.30	0.011	1.39
Retropi	0.04	0.001	0.49

TEM: error técnico de la medida inter-observador; CV: coeficiente de variación intra-observador; AI: índice del arco.

64

También para comparar entre los dos investigadores, se realizaron gráficos de Bland-Altman (Bland y Altman, 1999) para valorar el acuerdo entre dos medidas (figura 11).



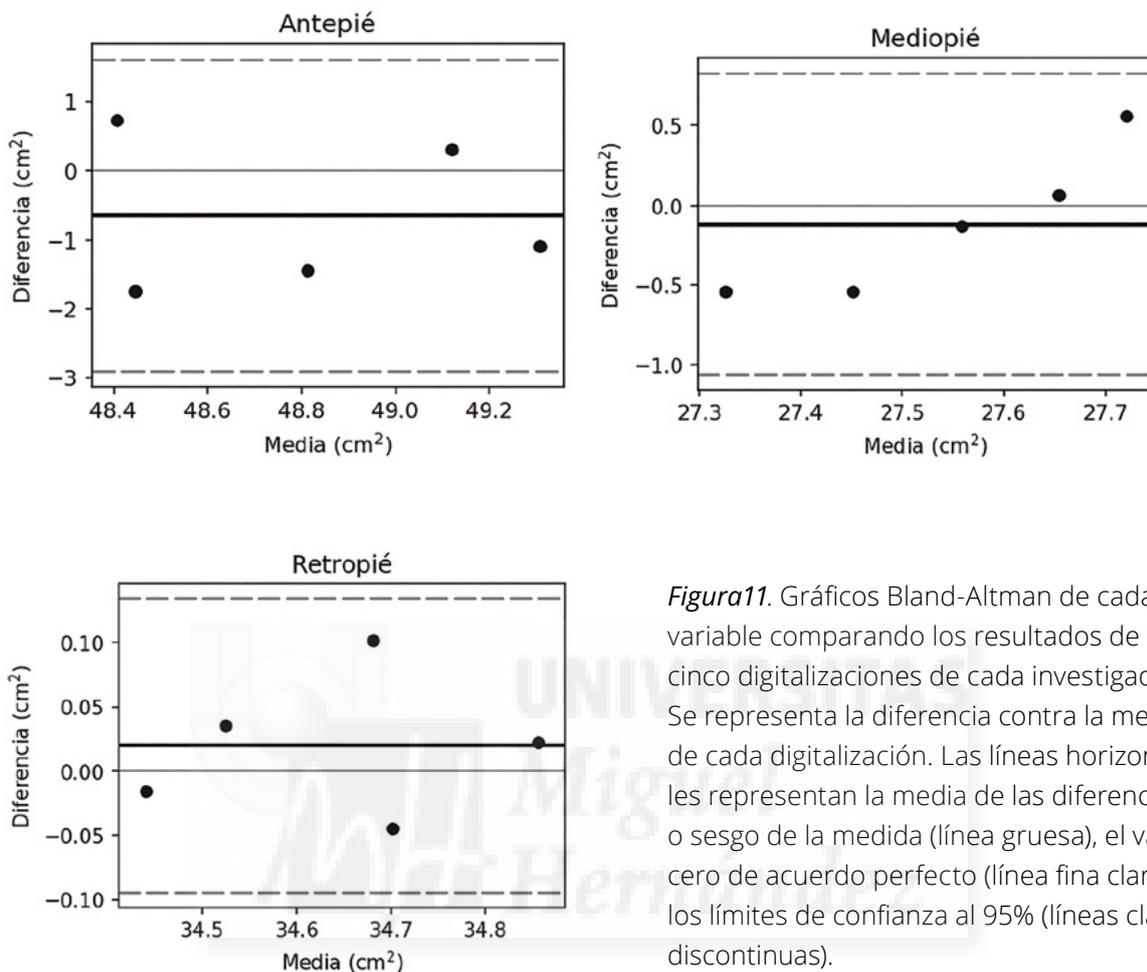


Figura11. Gráficos Bland-Altman de cada variable comparando los resultados de las cinco digitalizaciones de cada investigador. Se representa la diferencia contra la media de cada digitalización. Las líneas horizontales representan la media de las diferencias o sesgo de la medida (línea gruesa), el valor cero de acuerdo perfecto (línea fina clara) y los límites de confianza al 95% (líneas claras discontinuas).

Se observa que los valores de CV (coeficiente de variabilidad) son bajos, lo que indica una buena fiabilidad intra-observador. Por otra parte, los valores de TEM son muy bajos y en los gráficos de Bland-Altman en todas las medidas se observa que la media de las diferencias se encuentra próxima a cero, lo que indica que el acuerdo entre las medidas de los dos investigadores es grande. Por todo ello se puede asegurar que las mediciones son fiables y objetivas.

2.7 Análisis estadístico

Se utilizó el software SPSS v.19 para Windows tomando como nivel de significación $p < 0.05$. Se calcularon medias y desviaciones típicas de todas las variables. Se utilizó el test Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de la distribución de las variables. En el análisis

de las respuestas durante un partido, todas las variables presentaron una distribución normal, excepto el IA prepartido del pie D. En el análisis de las adaptaciones durante la temporada, todas las variables presentaron una distribución normal, excepto el IA del pie D en pre y posttemporada, y el del pie ND en pretemporada. A pesar de ello, se utilizó en todas las comparaciones el ANOVA por cumplirse el resto de supuestos y ser considerada una prueba suficientemente robusta.

Para analizar los posibles cambios en los podogramas se realizó un ANOVA mixto de tres factores: el deporte como factor inter-grupos (fútbol y fútbol sala); el tiempo como factor intra-sujeto (pre y postest), tanto durante la temporada (efecto crónico) como en un solo partido (efecto agudo); y por último otro factor intra-sujeto, lado (pie dominante y pie no dominante). En el factor inter-grupos (deporte) se comprobó la igualdad de las varianzas mediante la prueba de Levene, constatándose que todas las variables tienen una varianza homogénea.

Como medida del tamaño del efecto del ANOVA se calculó el omega parcial al cuadrado (Lakens, 2013) utilizando para su interpretación los umbrales recomendados por Cohen (1988) como pequeño ($\omega_p^2=0.010$), medio ($\omega_p^2=0.059$) y grande ($\omega_p^2 = 0.138$).



Capítulo 3 Resultados



UNIVERSITAS
MIGUEL
HERNÁNDEZ



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

3 RESULTADOS

En primer lugar analizaremos las adaptaciones que ha sufrido el pie en relación al índice del arco, la longitud y las áreas analizadas de la huella plantar tras 11 meses de intervención en fútbol y fútbol sala para pasar luego a analizar los cambios agudos que se han producido.

3.1 Efecto crónico

El ANOVA factorial realizado no encontró diferencias, el efecto de interacción entre los tres factores (Tiempo, Lado y Deporte) en ninguna de las variables $p > 0.05$, $\omega p^2 < 0.049$. En los posibles cambios que se produzcan va a cambiar igual si son jugadores de fútbol y fútbol sala y si se compara pre ejercicio y post ejercicio o en el PD o el PND.

Si analizamos la interacción de dos factores, hemos encontrado significación en los factores tiempo x deporte en retropié $F(1, 23) = 9.516$, $p = 0.005$, $\omega p^2 = 0.254$, el retropié no se comporta igual en los dos deportes en el pre ejercicio y en el post ejercicio. También encontramos interacción en los factores tiempo x lado en antepié $F(1, 23) = 5.059$, $p = 0.034$, $\omega p^2 = 0.140$, en este caso, el antepié en el PD y el PND no se comporta igual en el pre ejercicio que en el post ejercicio.

No hemos encontrado en cambio interacción en el análisis de los factores lado x deporte $p > 0.05$, $\omega p^2 < 0.050$.

En cuanto a los análisis factor a factor, en el factor tiempo, se encontraron diferencias significativas en el área de las tres zonas estudiadas: retropié ($F(1, 23) = 22.117$, $p = 0.000$, $\omega p^2 = 0.458$), mediopié ($F(1, 23) = 7.427$, $p = 0.012$, $\omega p^2 = 0.204$) y antepié ($F(1, 23) = 6.704$, $p = 0.016$, $\omega p^2 = 0.186$). aumentando en las tres zonas tanto en el PD como en el PND (Tabla 4).

En general observamos mayor crecimiento en el área en el FS que en el F.

No encontramos en cambio interacción el factor tiempo x lado $p > 0.05$, $\omega p^2 < 0.000$ y el factor tiempo x deporte $p > 0.05$, $\omega p^2 < 0.019$

En la Tabla 4 se muestra los cambios encontrados entre el PRE y el POST en cuanto a las medidas del pie estudiadas pasados los 11 meses de intervención.

En cuanto al factor tiempo, no se encontraron diferencias significativas en lo que hace relación al IA o a la longitud en ninguno de los dos deportes. Aunque la variación no es significativa sí que experimenta un cambio, un ligero aplanamiento del ALI y un aumento de la longitud.

También encontramos comportamientos no homogéneos respecto a la relación del tiempo con el lado y el deporte. El antepié del PD y PND no se comportan igual ($p=0.034$) en el PRE que en el POST. El retropié no se comporta igual ($p=0.005$) en F que en FS en el PRE que en el POST.

En la relación del lado por deporte tampoco se encontraron diferencias significativas ni tampoco entre los deportes.

Tabla 4: Resultados variables efecto crónico

IA						
	PRE F	POST F	CV %	PRE FS	POST FS	CV %
PD	0.235 ± 0.035	0.237 ± 0.030	0.84	0.243 ± 0.045	0.245 ± 0.061	0.81
PND	0.240 ± 0.044	0.246 ± 0.044	2.4	0.243 ± 0.038	0.249 ± 0.036	2.4
LONGITUD PIE (cm)						
PD	21.56 ± 0.84	21.61 ± 0.82	2.3	21.58 ± 1.03	21.95 ± 1.43	1.68
PND	21.80 ± 0.93	21.79 ± 0.90	-0.45	21.44 ± 0.96	21.68 ± 1.12	1.1
AAP (cm ²)						
PD	45.84 ± 3.49	47.29 ± 3.12*	3.16	47.48 ± 6.46	48.41 ± 7.80*	13.5
PND	46.87 ± 5.34	48.64 ± 5.21*	3.63	46.31 ± 4.67	49.76 ± 4.62*	6.93
AMP (cm ²)						
PD	24.29 ± 5.16	25.02 ± 4.90*	2.9	26.44 ± 7.23	28.11 ± 9.79*	5.9
PND	25.91 ± 8.88	27.49 ± 9.15*	5.74	25.89 ± 5.71	28.57 ± 6.34*	9.3
ARP (cm ²)						
PD	32.37 ± 2.74	32.64 ± 3.10*	0.8	33.42 ± 4.35	35.55 ± 4.50*	5.9
PND	33.25 ± 3.12	33.51 ± 3.44*	0.7	33.51 ± 3.37	35.27 ± 3.27*	4.9

IA:índice de arco; AAP;área de antepié; AMP:área de mediopié; ARP:área de retropié; D:pie dominante; PND:pie no dominante; PRE pre-ejercicio ; POST:post-ejercicio; F:fútbol; FS:fútbol sala ; CV%:coeficiente de variación en porcentaje

En el efecto crónico estudiado en cuanto al Índice del Arco, encontramos los siguientes resultados comparando el PD con PND en pretemporada y posttemporada en los deportes de F y FS, observamos (figura 12) que el índice de arco apenas crece en post-ejercicio respecto al pre-ejercicio en los dos deportes y tanto en el pie dominante como no dominante.

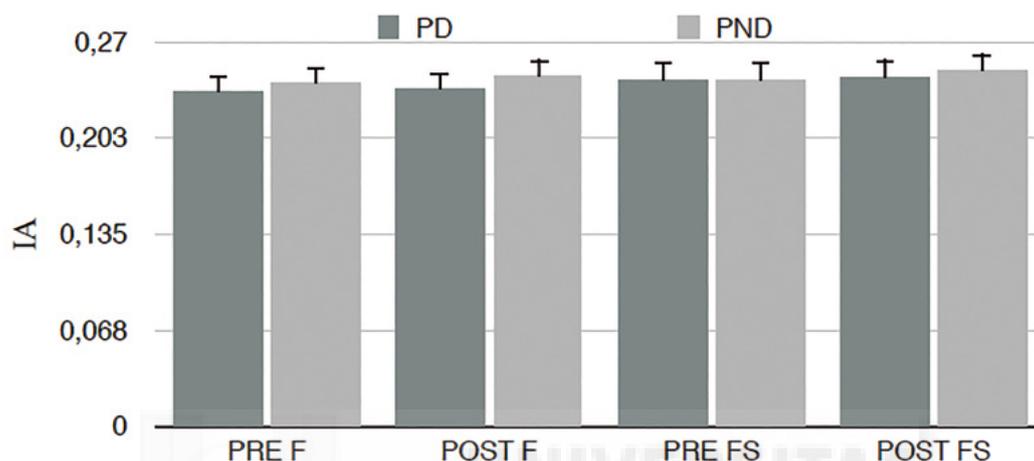


Figura 12. Resultados índice del arco en el efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

En el efecto crónico estudiado en cuanto a la longitud (figura 13), encontramos los siguientes resultados comparando PD con PND en pretemporada y posttemporada en F y FS. La longitud del pie aumenta en el POST en los dos deportes en el PD y en el PND sin ser cambios significativos. La longitud en el PD es mayor en FS que en F y en el PND es mayor en el F que en el FS.

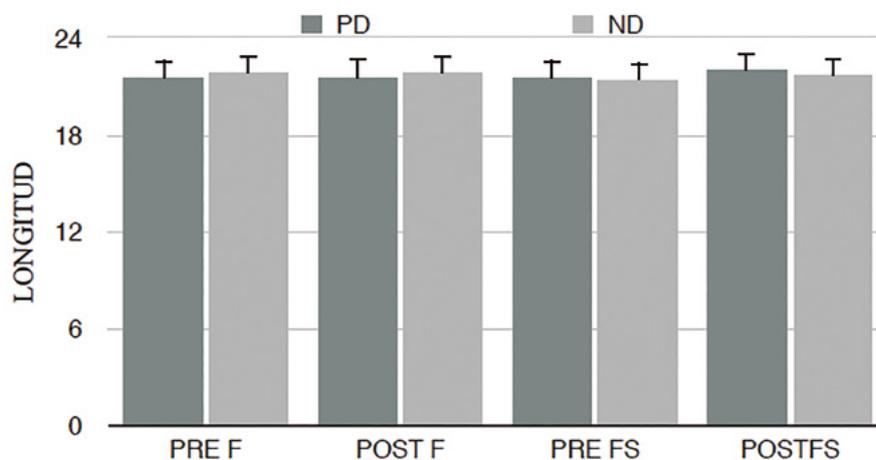


Figura 13. Resultados longitud (cm) efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

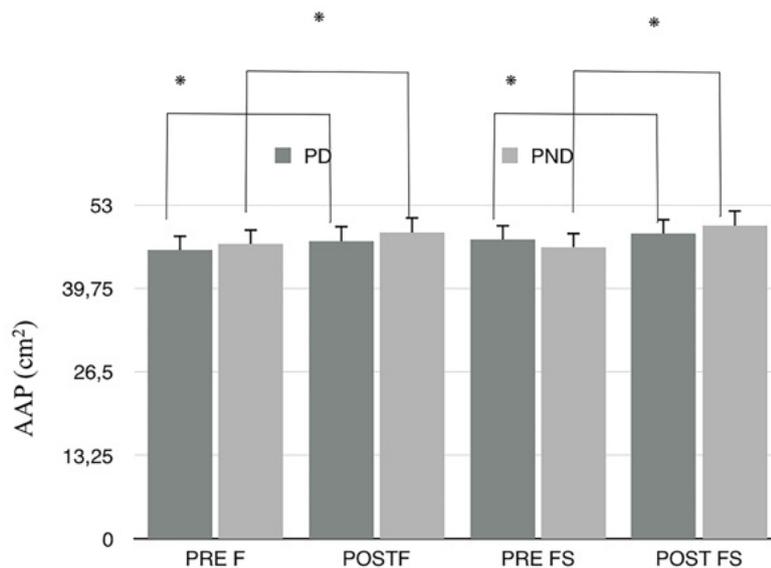


Figura 14. Resultados área antepié (cm²) crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

El área del antepié (figura 14) aumenta significativamente en el POST respecto al PRE tanto en el PD como en el PND en los dos deportes. Los cambios en el FS son mayores que en el F.

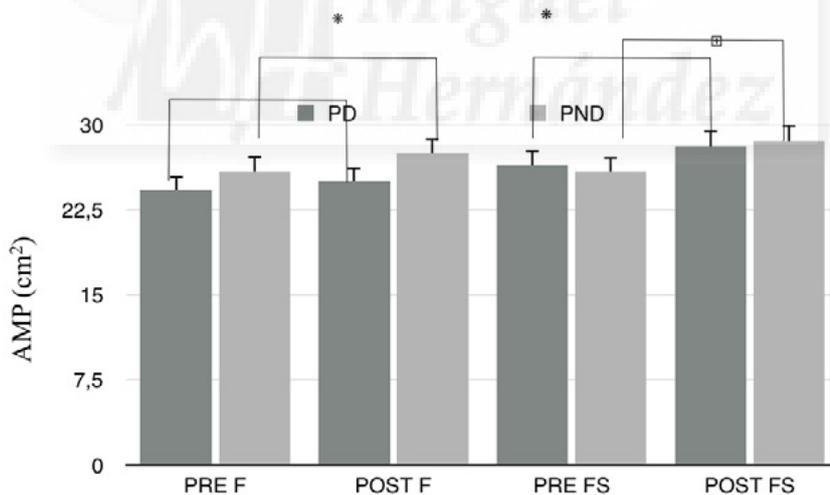


Figura 15. Resultados área del mediopie (cm²) efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

El área del mediopie (figura 15) aumenta en el POST tanto en el PD como en PND tanto en el F como en el FS. Los cambios son mayores en el FS que en el F y en mayor porcentaje en el PND que en el PD. El área del retropie (figura 16) aumenta en el POST tanto en el PD como en el PND y el cambio es mayor en el FS que en el F.

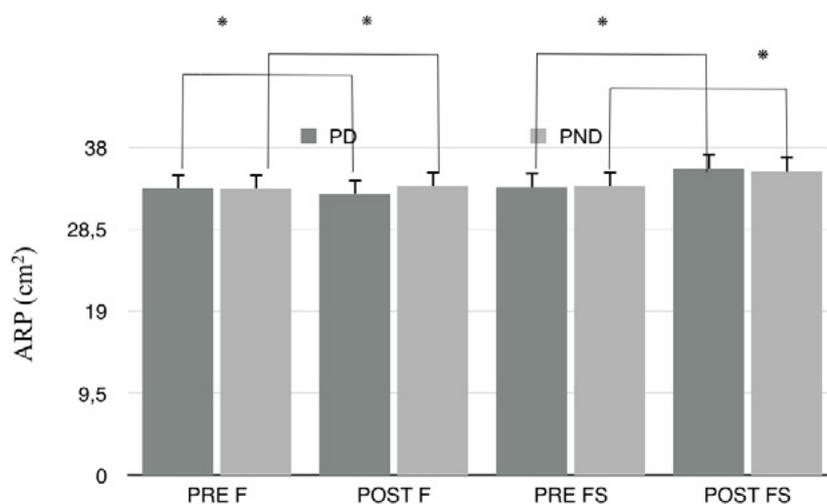


Figura 16. Resultados área retropié (cm²) efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

Tabla 5 : Resultados variables efecto agudo

AI	PRE F	POST F	CV %	PRE FS	POST FS	CV %
D	0.232 ± 0.032	0.229 ± 0.028	-1.3	0.245 ± 0.080	0.244 ± 0.061	-0.4
ND	0.232 ± 0.025	0.235 ± 0.027	1.3	0.253 ± 0.036	0.253 ± 0.038	0
LONGITUD PIE (cm)						
D	21.71 ± 0.81	21.66 ± 0.71	-0.23	21.84 ± 1.10	21.87 ± 1.49	0.13
ND	21.98 ± 0.80	22.05 ± 0.83	0.31	21.57 ± 1.07	21.67 ± 1.04	0.46
AAP (cm ²)						
D	47.11 ± 4.56	47.18 ± 4.47	0.07	50.15 ± 6.56	48.33 ± 7.48	-2.7
ND	48.28 ± 7.32	47.10 ± 5.21	-1.18	49.02 ± 5.36	49.40 ± 4.60	0.76
AMP (cm ²)						
D	24.51 ± 5.14	24.16 ± 5.14	-1.44	28.96 ± 11.49	27.99 ± 10.40	-3.46
ND	24.79 ± 5.21	24.81 ± 5.13	0.08	28.54 ± 6.12	28.81 ± 6.70	0.93
ARP (cm ²)						
D	33.29 ± 3.64	33.45 ± 3.85	0.47	35.18 ± 5.42	35.21 ± 4.73	0.08
ND	33.23 ± 3.25	32.99 ± 3.46	-0.72	34.62 ± 4.01	34.86 ± 3.44	0.24

IA:índice de arco; AAP: área de antepié; AMP:área de mediopié; ARP:área de retropié; PD: pie dominante; PND: pie no dominante;PRE: pre-ejercicio; POST :post-ejercicio; F:fútbol ; FS:fútbol sala;CV% coeficiente de variabilidad en porcentaje.

3.2 Efecto Agudo

Respecto al efecto agudo no encontramos efecto de interacción en ninguna de las variables estudiadas lado x tiempo x deporte, ni interacciones entre tiempo x lado, tiempo x deporte.

En el factor tiempo solo el antepié está próximo a la significación y con un tamaño del efecto grande ($F(1, 16)=4.492$, $p=0.050$, $\omega_p^2=0.162$).

Sí hay interacción lado x deporte en la variable longitud ($F(1, 16)=5.570$, $p=0.031$, $\omega_p^2 = 0.202$).

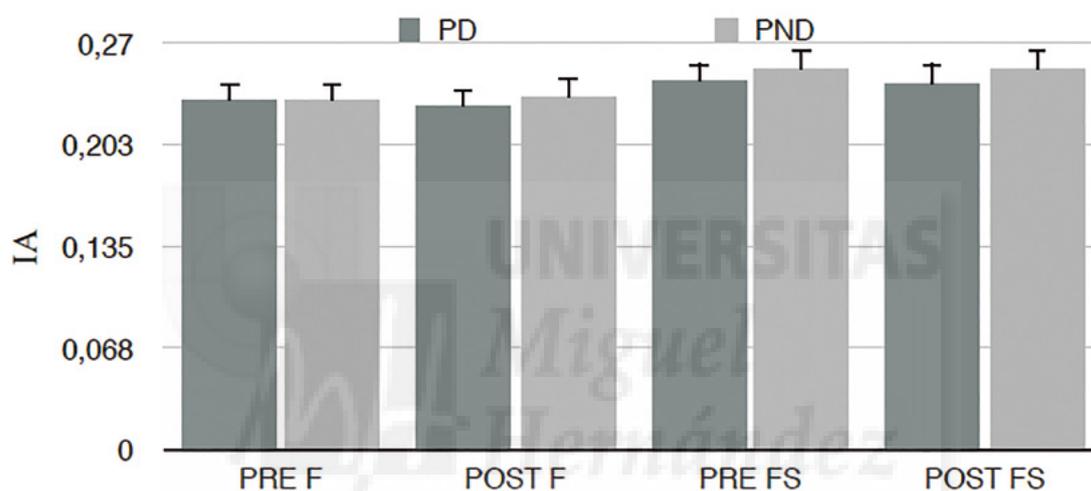


Figura 17. Resultados índice del arco efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

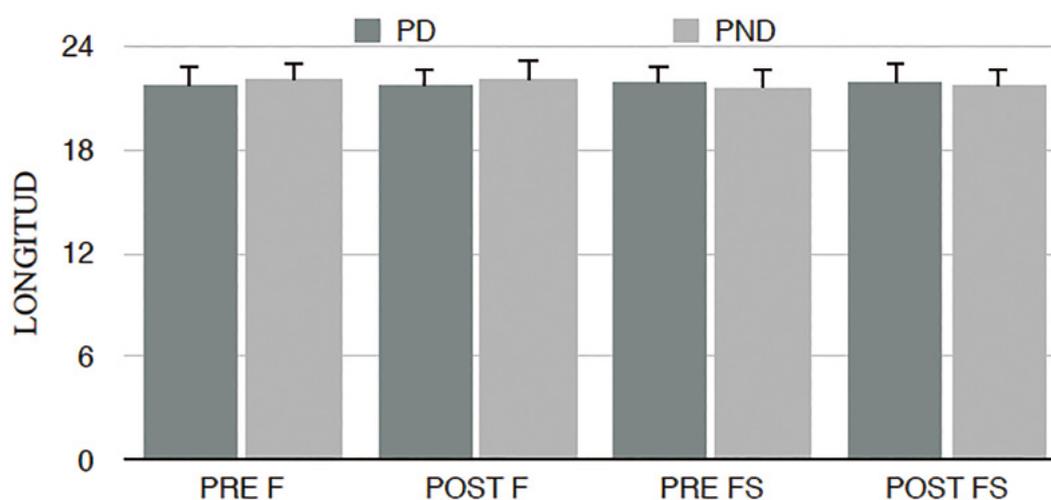


Figura 18: Resultados longitud (cm) efecto crónico pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

Respecto al IA (figura 17), apenas hay variación en el F y FS tras el ejercicio en el PD y PND. El IA es mayor en los jugadores de FS que en los de F pero no hay una diferencia significativa. Se observa una ligera reducción del IA en el PD y un ligero aumento en el PND sin ser significativo.

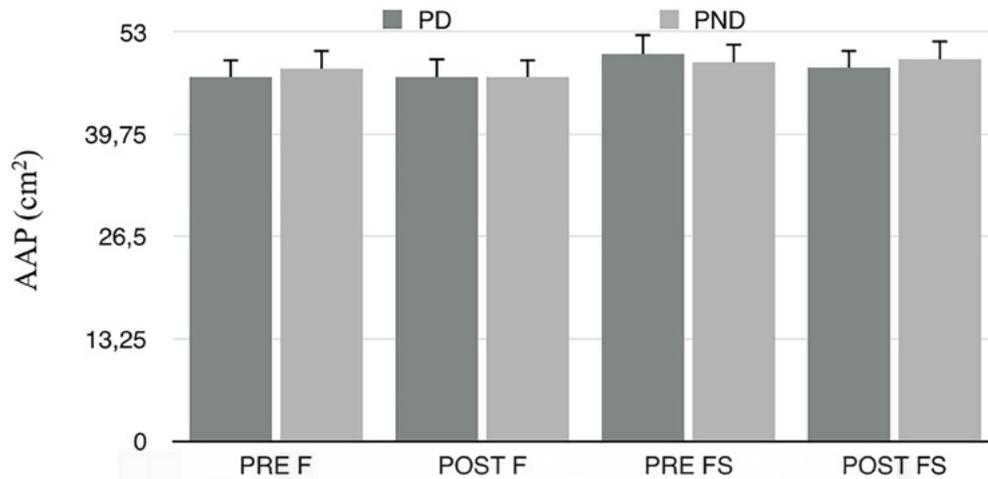


Figura 19. Resultados área antepié (cm²) efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

La longitud (figura 18) apenas varía entre el PRE Y POST en el PD y hay una ligera variación en el PND tanto en F como en FS sin llegar a ser significativa.

El área del antepié (figura 19) en el F disminuye tras el ejercicio en el POST respecto al PRE en el PD tanto en F como en FS, muy próxima a la significación.

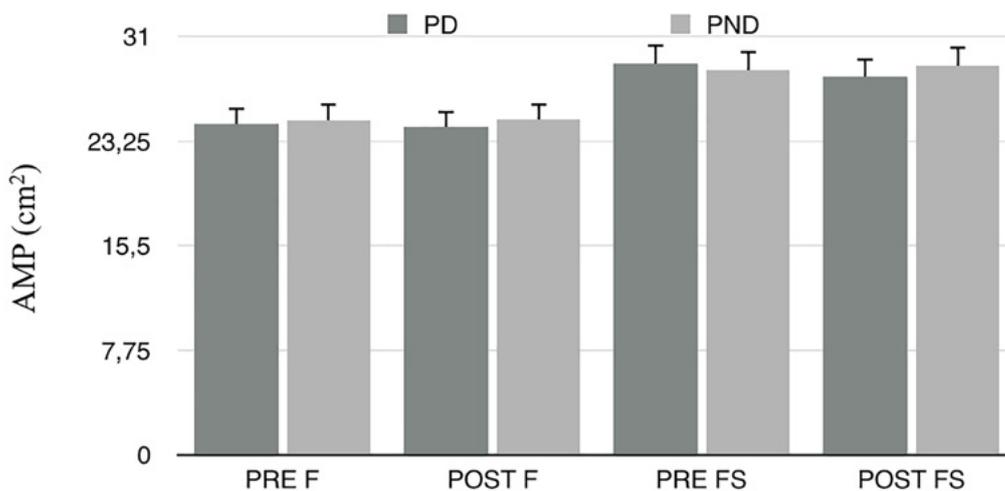


Figura 20. Resultados AMP (cm²) agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

En ambos deportes el área del mediopíe (figura 20), el POST disminuye respecto al PRE sin ser un cambio significativo en el PD . En el PND aumenta ligeramente sin ser significativo.

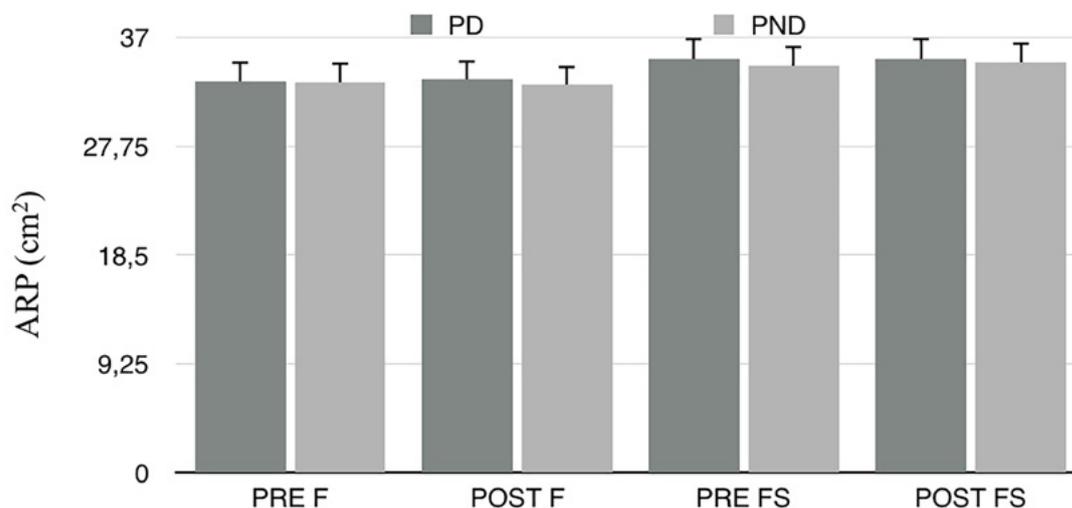


Figura 21. Resultados área retropíe (cm²) efecto agudo pre ejercicio y post ejercicio en fútbol y fútbol sala.

Respecto al área del retropíe (figura 21), no hay cambio tras el ejercicio en ambos deportes.

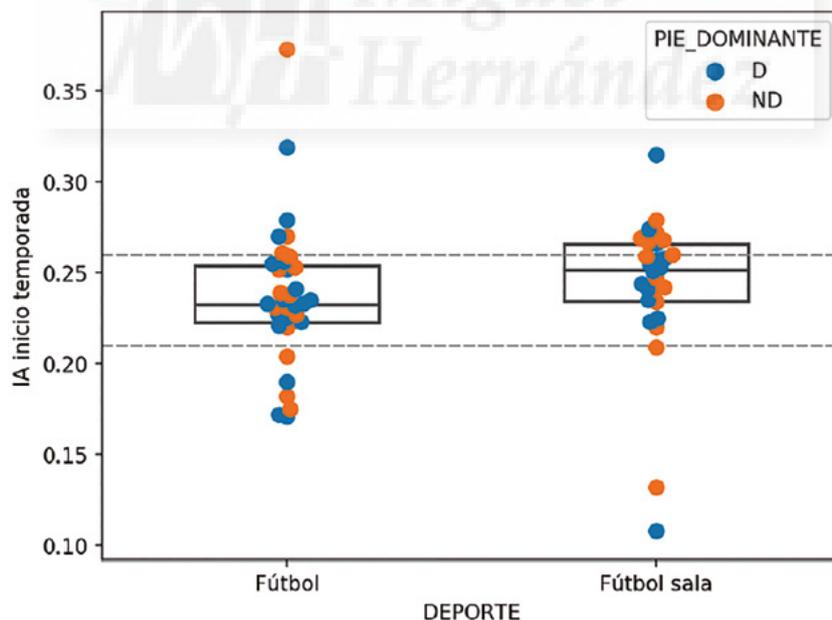


Figura 22. Valores del índice del arco (IA) en el pie dominante (D) y no dominante (ND) al inicio del estudio en fútbol y fútbol sala. Los puntos representan cada pie. Las cajas indican la media y el 1er y 2º cuartiles. Las líneas discontinuas horizontales señalan los límites entre arco bajo, normal y alto según Cavanagh y Rodgers (1987).

En la figura 22 se muestran caso a caso los valores del índice del arco separado por lado y deporte al inicio del estudio. No se aprecia una tendencia clara hacia el pie con arco bajo o alto según la clasificación de Cavanagh y Rodgers (1987).





UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 4 Discusión



UNIVERSITAS
MIGUEL
HERNÁNDEZ



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

4 DISCUSIÓN

En nuestro estudio hemos valorado dos situaciones, los cambios que sufre el pie, tanto en el PD como en el PND, ante la exposición a cargas propias de un deporte de alta competición, tanto prolongada en el tiempo (efecto crónico) como en un tiempo reducido (efecto agudo) en dos deportes similares aunque con características diferentes, el F y el FS.

Lo primero que observamos es que las medias de las huellas de los jugadores de fútbol y de fútbol sala al principio de temporada, presentan un IA que corresponde a un arco normal, entre 0.21 y 0.26. En nuestro caso, el IA era en el F de 0.235 y 0.240 para el PD y PND respectivamente, mientras que en FS era de 0.243 en ambos pies. Se trata de una muestra de deportistas experimentados de alto nivel que llevan muchos años practicando estos deportes, y dado que encontramos casos de arco alto y bajo en los dos deportes (figura 12), no se puede interpretar que el F o el FS supongan para el pie esfuerzos repetidos que implique una clara tendencia a modelarlo hacia uno u otro extremo.

Resultados similares presentó Ionubili (2010) quien encontró pies normales en deportistas comparándolos con el aplanamiento que presentaban los pies de personas sedentarias. Lopez et al. (2005) también encontraron pies con un arco normal utilizando el índice de Chippaux y el ángulo de Clarke en futbolistas de distintas categorías.

4.1 Efecto crónico

En cuanto al efecto crónico, se encuentran mayores cambios en las áreas estudiadas que en la longitud del pie en ambos deportes, siendo significativos en las tres áreas estudiadas, antepié, mediopié y retropié según el ANOVA factorial. Esto está en consonancia con los estudios de Cheng et al. (1997) y Morrison et al. (2007) en niños y Jiménez et al. (2011) en atletas con ejercicios de resistencia, ambos observaron cambios importantes en la zona del antepié mayor en las anchuras que en la longitud. Los cambios observados tanto en el PD como en el PND son similares de los estudios de Sirgo y Aguado (1991) en jugadores de balonmano y voleibol, y López Elvira et al. (2008) en marchadores. Encontramos diferencias con el estudio de Berdejo del Fresno et al. (2013) donde en jugadoras de

FS y hockey hierba medida la huella plantar a principio de la pretemporada y al final de la misma, mostraron cambios en el FS solo en el PD y en hockey hierba en ambos pies. Sirgo et al. (1997) y Aydog et al. (2005) encuentran diferencias en el PD con un arco que tiende hacia el aplanamiento en jugadores de fútbol.

En cuanto a la longitud del pie, observamos que es similar en los dos deportes y que no se producen cambios significativos tanto en el efecto crónico como en el agudo. Sin embargo, a pesar de no ser cambios estadísticamente significativos, debemos resaltar que se han encontrado casos en los dos deportes en los que la diferencia entre las mediciones al inicio, mitad y final de temporada llegaba a ser mayor de 1 cm. Teniendo en cuenta que las medidas se realizan excluyendo los dedos, probablemente si se incluyeran las diferencias podrían ser mayores. Además, estas diferencias no se pueden atribuir a errores del digitalizador, puesto que el TEM resultó ser de 0.08 cm para la medida de la longitud del pie. Teniendo en cuenta que el calzado en el F y el FS requiere un ajuste muy fino al pie para favorecer la sensibilidad en el control del balón, estos cambios individuales en la longitud pueden ser clínicamente relevantes, por lo que el podólogo deportivo debería valorarlo en momentos estratégicos de la temporada para recomendar cambios en el calzado si fuera necesario.

En cuanto al área en el efecto crónico encontramos cambios en los tres segmentos analizados, antepié, retropié y mediopié. Esto coincide con los estudios de López et al. (2006) en futbolistas, la tendencia habitual es hacia una dilatación del pie en todas sus partes. En nuestro estudio hemos medido las huella de los dos pies antes y después de la actividad física. A diferencia de otros estudios en los que solo se midió el PD (Hamil et al., 1989; Elvira, Vera-García y Meana, 2008b), hemos observado que en todas las situaciones el PD y el PND no se comportan exactamente igual por lo que consideramos que es necesario realizar la medición en ambos pies, sobre todo en deportes que no son cíclicos o simétricos como el F y el FS. En los estudios en otros deportes con gestos deportivos no simétricos donde también se encontraron diferencias midiendo los dos pies (Sirgo y Aguado, 1991; Sirgo et al., 1997; López et al. 2005; Aydog et al., 2005a y 2005b; López et al., 2006, Elvira et al., 2008a).

En el efecto crónico encontramos diferencias significativas en el área de antepié, mediopié y retropié pero no las encontramos en cuanto al IA, aunque sí hay una ligera variación, no es significativo y en ambos deportes y en ambos pies los cambios se producen por igual (figura 22). Estos datos contrastan con los de Berdejo del Fresno (2013) en jugadoras de FS y los de Aydog (2005) en futbolistas, en relación al IA, sólo encontraron diferencias en el PD. Justifican esto explicando que en el fútbol y el fútbol sala, el PD es el pie que más funciones realiza. Consideramos que en nuestro caso los cambios significativos en cuanto al área y los ligeros cambios que se producen en el IA en ambos pies, puede ser debida al alto nivel de los deportistas estudiados, jugadores de máximo nivel en ambos casos, con 4 campeones del mundo en el caso del FS, aunque el golpeo de la pelota la hacen normalmente con el PD, acciones como la conducción, el dribling o el pase es habitual que lo hagan con las dos extremidades inferiores.

En ambos deportes el área que más crece proporcionalmente en el PD, es el antepié mientras que en el PND es el mediopié.

4.2 Efecto agudo

Respecto al efecto agudo, el IA no encontramos cambios significativos tanto en el PD como en el PND, esto contradice los resultados de los estudios de Cavanagh (1990), Krauss et al. (2005, 2007) y Jiménez et al. (2011) donde el pie aumenta de volumen tendiendo a un aplanamiento. En todos estos estudios se analiza la marcha o la carrera, que son movimientos cíclicos y repetidos mientras que el fútbol es un deporte con un gesto deportivo complejo y de técnica variable.

Los resultados de nuestro estudio respecto al efecto agudo, indican que no hubo apenas diferencias en el porcentaje de cambio ni en las diferentes áreas del pie, ni cuando comparamos entre los dos deportes o el PD con el PND. El área del antepié fue la más propensa a cambiar, quedándose en el límite de la significación tras el ejercicio físico en los dos deportes mientras que el cambio de las otras áreas no es significativo. Contrastan nuestros datos con el estudio de Jiménez et al. (2011) en el que encuentran diferencias en todas las áreas del pie tras una sesión de entrenamiento de fuerza. Si comparamos los

datos con los de Berdejo del Fresno (2013) en su caso, el área del mediopié es la que más cambia en jugadoras de FS, si analizamos solo los datos de los jugadores de FS de nuestro estudio, en el PD, el área que más cambia porcentualmente también es el mediopié esto puede deberse a que es el área de menor tamaño y pequeños cambios implican un gran cambio porcentual.

Apenas se produjeron cambios ni en la longitud de la huella ni en el área del retropié de ninguno de los dos deportes ni de los dos pies.

Tanto en el efecto crónico como en el agudo, detectamos cambios en la huella plantar, en el IA, en la longitud y en las áreas estudiadas, siendo tan solo significativo el cambio en las áreas en el efecto crónico. Algunos autores atribuyen estos cambios al aumento del flujo sanguíneo en el músculo (Baker et al.1974; Lundvall et al.1972; Jacobson y Kjeellmer, 1964); Mc Whorther et al. 2003) y a un aumento de la filtración transcapilar del líquido intravascular (Jacobson y Kjeellmer, 1964; Stick et al., 1985) debido a los impactos del pie contra el suelo. Si evaluamos el gesto deportivo del F y del FS es difícil afirmar que los impactos que se producen sean de intensidad suficiente como para exceder 3 veces el peso corporal (Cavanagh, 1990) y activar el estado vascular.

4.3 Calzado

Según Milburn y Barry (1998) el calzado deportivo ha de cumplir tres funciones, buena adherencia entre el pie y la superficie deportiva, protección del pie, y permitir el movimiento normal del pie. Los estudios que hay en relación al calzado de fútbol se han basado sobre todo en la interacción del calzado y la superficie (Kuhlman et al., 2010) la influencia de la distribución de los tacos en la aparición de lesiones (Walter y Ng 2002; Wanop et al., 2009; Grund y Jenner, 2010; Müller et al., 2010) y la distribución de las presiones plantares (Ford et al., 2006) sin tener en cuenta la morfología del pie.

Para conseguir un buen ajuste debemos tener en cuenta la forma del zapato y la talla (Janisse et al., 1992). El confort y el ajuste es la segunda razón a la hora de escoger calzado (Goonetilleke y Luximon, 2001) y para conseguirlo se debe tener en cuenta la morfología del pie.

Según Soper et al. (2001), elegimos calzado en relación a la longitud. Nuestro estudio demuestra que se ha de adaptar más en anchura que en longitud, más al eje transversal que al longitudinal. De nuestro estudio se desprende que tanto en el efecto crónico como en el agudo el área del antepié es importante ya que es una de las que más cambia, con lo que es importante que el calzado tenga un correcto ajuste en esta zona del pie, ya que si los cambios en la longitud no son significativos, las modificaciones en el área se han de deber a la anchura. Este ajuste transversal del calzado ya se ha descrito como una necesidad en la anchura del calzado (Witana et al., 2004).

Un buen ajuste no sólo mejorará la comodidad del zapato, sino que también tiene implicaciones clínicas, como disminuciones en los problemas relacionados con el uso excesivo y la fatiga del calzado (Asplund et al., 2005; Mündermann et al., 2001)

En cuanto a las aplicaciones prácticas de nuestro estudio, los resultados que hemos obtenido pueden servir para que los fabricantes de calzado para fútbol y fútbol sala puedan conseguir una mejor adaptación de las hormas a la situación real que se produce en los pies de los deportistas.

El calzado ha de adaptarse a las dimensiones del pie y no al revés por lo tanto, pequeñas diferencias en la forma del pie deben ser incluidas en el diseño del calzado (Mauch et al., 2008b)

De nuestro estudio se desprende que la bota de fútbol y fútbol sala ha de ser ajustada al pie del deportista para tener una estabilidad adecuada que permita el correcto desarrollo de la actividad deportiva, pero al mismo tiempo ha de tener cierto grado de adaptación, sobre todo en la zona del antepié para recoger los cambios en el área que se producen a lo largo de la temporada. El calzado se ha de adaptar a la longitud como se hace habitualmente ya que aunque no hay cambios significativos en algunos sujetos a lo largo de la temporada hay diferencias de ± 1 cm pero hemos de vigilar especialmente la anchura ya que es lo que hemos visto que se modifica a lo largo de la temporada.



UNIVERSITAS
*Miguel
Hernández*



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 5 Conclusiones



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

5 CONCLUSIONES

- La práctica del fútbol y fútbol sala produce adaptaciones (efecto crónico) significativas en la huella plantar a lo largo de una temporada en el área de las tres zonas estudiadas, retropié, mediopié y antepié.
- El área de retropié, mediopié y antepie se adapta de forma significativa a lo largo de una temporada. El antepié es el área que más cambia, con mayores cambios en el fútbol sala que en el fútbol.
- La práctica del fútbol y fútbol sala provoca cambios (efecto agudo) no significativos en la huella plantar.
- El índice del arco no cambia significativamente tras el ejercicio ni en el efecto crónico, ni en el agudo en ninguno de los dos deportes y en ninguno de los dos pies.
- La longitud no cambia de forma significativa tras el ejercicio ni en el efecto crónico ni en el agudo ni en el pie dominante ni en el no dominante, tanto en fútbol como en fútbol sala pero en algunos casos la diferencia llega a ser de 1 cm.
- El área del antepié en el efecto agudo es la zona que más cambia estando próxima a la significación.



PORTOVIEJO
nace
de
ti

www.portoviejo.gob.ec



F.F.

ECUAT



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 6 Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

6.1 Limitaciones del estudio

aunque se confía en la representatividad de la muestra, por ser el más alto nivel el de los deportistas, su número es limitado. Se debería estudiar otros equipos de nivel similar y analizar más partidos para analizar el efecto agudo.

6.2 Futuras líneas de investigación

Teniendo como base esta tesis, se podrían abrir nuevas líneas de investigación con diferentes perspectivas:

- Realizar estudios en otras disciplinas deportivas con gestos deportivos acíclicos y cíclicos exigencias físicas para comprobar si se dan estos cambios y adaptaciones en deportistas de alto rendimiento sobre todo en el efecto a largo plazo.
- Estudiar si los cambios y adaptaciones encontrados se observan de igual forma en deportistas amateur para adaptar el calzado amateur a los cambios que se puedan producir.
- Comprobar si los cambios son progresivos o hay un momento en el que el pie no continúa cambiando.
- Estudiar si estos cambios se producen en función de la edad y del sexo.



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 7 Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Abian, J., Alegre, L. M., Lara, A. J., Jiménez, L. & Aguado, X. (2005). Fuerzas de reacción del suelo en pies planos y cavos. Archivos de Medicina del Deporte, 108, 285-292.
- Abian, J. (2008). Biomecánica del vendaje funcional preventivo de tobillo: elástico vs no elástico. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla la Mancha. Toledo.
- Andrín, G. (2004). Caracterización de los esfuerzos en el fútbol sala basados en el estudio cinemática y fisiológico de la competición. Lecturas: Educación Física y Deportes, no 77. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd77/futsal.htm>.
- Asplund, C.A, Brown, D.L . Munndermann. The running shoe prescription: fit for performance. Phys Sportsmed 2005 ; 33 : 17 – 24.
- Aydog, S.T., Tetik O., Demirel H.A., Doral M.N., Aydog E., Hascelik Z. (2004). The sole arch indices of adolescent basketball players. Saudi Med J. 25:1100-1102.
- Aydog, S.T., Tetik, O., Demirel, H.A., Doral, M.N. (2005) Differences in sole arch indices in various sports. Br J Sports Med. 39(2).
- Baker, M. D. & Bell, R. E. (1991). The role of footwear in childhood injuries. Pediatric emergency care, 7 (6), 353-5.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. Acta Physiol Scand Suppl, 619, 1-155.
- Bangsbo, J., Madsen, K., Kiens, B., & Richter, E. A. (1991). Muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in humans. Am J Physiol, 273(2 Pt 1), E416- 424.
- Berdejo-del-Fresno, D.; Lara Sánchez, A.J.; Martínez-López, E.J.; Cachón Zagalaz, J. y Lara Diéguez, S. (2013). Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física reali-

zada / Footprint modifications according to the physical activity practised. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol.13 (49) pp.19-39.

- Bland, J. M. y Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*, 8(2), 135-160.
- Burrow, J.G. (2016). The use of the Podotrack in forensic podiatry for collection and analysis of bare footprints using the Reel method of measurement. *Sci Justic e*,56,16-22
- Borelli G.A. *On the movement of animals*. Berlín Springer 1989.
- Cappaert. J.M., Rich, B., Roberts. S. (2007) . Variation in foot shape under various loading conditions. In: *Proceedings 8 th Footwear Biomechanics Symposium*. Taipei (Taiwan).
- Casajus, J. A. (2005). Demandas fisiológicas del juego y valoración de la condición física del jugador de fútbol. Master Universitario de Preparación Física en Fútbol.
- Cavanagh, P.R., Rodgers, M.M. (1987) The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech*;20(5):547-51.
- Cavanagh PR . *Biomechanics of distance running* . Champaign, IL:Human Kinetics Books ; 1990.
- Chalk, P.J. (1995) Variations in foot volume before and after exercise. *J Am Podiatr Med Assoc*. Sep;85(9):470-2.
- Che, H., Nigg, B. M., & de Koning, J. (1994). Relationship between plantar pressure distribution under the foot and insole comfort. *Clinical Biomechanics*, 9, 335–341.
- Chen, H., Nigg, B. M., Hulliger, M., & de Koning, J. (1995). Influence of sensory input on plantar pressure distribution. *Clinical Biomechanics*, 10, 271–274.
- Cheng, J.C., Leung, S.S., Leung, A.K., Guo, X., Sher, A., Mak, A.F. (1997) Change of foot size

with weight bearing. A study of 2829 children 3 to 18 years of age. *Clin Orthop Relat Res*:123-131.

- Chu, W. C., Lee, S. H., Chu, W., Wang, T. J. & Lee, M. C. (1995). The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42 (11), 1088-1092.

- Clarke, H. (1933). An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Research Quarterly*, 4, 99- 107.

- Cloughley, W.B., Mawdsley, R.H. (1995) Effect of running on volume of the foot and ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995 ; 22 : 151 – 154.

- Cornwall, M.Y. & McPoil, T.G. (2002). Motion of the Calcaneus, Navicular, and First Metatarsal During the Stance Phase of Walking. *Journal of the American Podiatric Medical Association*:2:67-76.

- DeBiasio, J. C., Russell, M. E., Butler, R. J., Nunley, J. A., & Queen, R. M. (2013). Changes in plantar loading based on shoe type and sex during a jump-landing task. *Journal of Athletic Training*, 48, 601–609.

- Delgado Abellán, L., Aguado, X., Jiménez Ormeño, E., Mecerreyes, E. Alegre, L.M.(2012) Efecto del ejercicio continuo e intermitente sobre la huella plantar:*Arch Med Deporte*:29;601-8.

- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong del, P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*:12 3219-3226.

- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2012). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.

- Díaz, J.A., García, J.J. (2002). Preparación física en alta competición. Madrid: Federación Madrileña de Fútbol Sala.
- Divert, C., Mornieux, G., Baur H, Mayer, F., Belli, A. Mechanical comparison of barefoot and shod running. .Int J Sports Med. 2005 Sep;26(7):593-8.
- Dowling, A.M., Steele, J.R., Baur, L.A. (2001) Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children. Int J Obes Relat Metab Disord .25 :845-852.
- Domjanic, J., Fieder. M., Seidler, H., Mitteroecker, P. (2013) Geometric morphometric footprint analysis of young women. J Foot Ankle Res. 25;6(1).
- Ducroquet R., J.P. y col - Marcha normal y patológica. Barcelona. Toray Masson Abril 1.972.
- Ekstrand J.(2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: Correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. Br J Sports Med. 2004;38:493-7.
- Elvira, J. L. L., Vera-García, F. J. & Meana, M. (2008b). Subtalar joint kinematic correlations with footprint arch index in race walkers. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 48 (2), 225-234.
- Elvira, J. L. L., Vera-García, F. J., Meana, M. & García, J. A. (2008a). Análisis Biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. European Journal of Human Movement, 20, 41-60.
- Emery, C.A., Meeuwisse .W.H.(1996) Differences in friction and torsional resistance in athletic shoe-turf surface interfaces. Am J Sports Med. 1996 Nov-Dec;24(6):834-42.

- Fan. Y., Fan. Y., Li, Z., Lv, C., Luo, D. (2011) Natural gaits of the non-pathological flat foot and high-arched foot:18; 6(3): 1-5.
- Ford, K.R., Manson, N.A., Evans, B.J., Myer, G.D., Gwin, R.C., Heidt, R.S., Hewett, T.E.(2006). Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and syntetic turf. J Sci Med Sport. 9.433-440.
- Forriol, F., Pascual, J. (1990). Footprint analisys between three and suntan years of age. Foot Ankle:11:101-104.
- Goonetilleke, R.S., Luximon, A. (2001).Designing for comfort: a footwear.Proceedings of the international Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety.Maui,Hawwai-i:ETSEIB-UPC,2001.
- Gómez, L., Franco, J.M., Nathy, J.J., Valencia, E., Vargas, D., Jiménez, L.(2008).Influencia del deporte en las características antropométricas de la huella plantar femenina. Revista Educación física y deporte; 28: 25-33.
- Grabara, M.(2008) Influence of football training on alignment of the lower limbs and shaping of the feet.Human Movement.2008:9:46-50.
- Grund T, Senner V. (2009) Traction behavior of soccer shoe stud designs under different game-relevant loading conditions.Procedia Engineering,Elsevier. 2:2783-2788.
- Hamill, J., Bates, B. T., Knutzen, K. M. & Kirpatrick, G. M. (1989). Relationship between selected static and dynamic lower extremity measures. Clinical Biomechanics, 4, 217-225.
- Heidt, R.S., Dormer, S.G., Cawley, P.W., Scranton, P.E., Losse G., Howard. M.(1996).In-jury rates, risk factors, and mechanisms of injury in minor hockey. Am J Sports Med Dec;34(12):1960-9.

- Hennig, E. M. (2011). The influence of soccer shoe design on player performance and injuries. *Research in Sports Medicine*, 19, 186–201.
- Hennig, E. M. (2014). Plantar pressure measurements for the evaluation of shoe comfort, overuse injuries and performance in soccer. *Footwear Science*, 6, 119–127.
- Hernández, J. (2001). Análisis de los parámetros espacio y tiempo en el fútbol sala. La distancia recorrida, el ritmo y dirección del desplazamiento del jugador durante un encuentro de competición. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 65, 32-44.
- Houston VL , Luo G , Mason CP , Mussman M , Garbarini M , Beattie AC .(2006) Changes in male foot shape and size with weightbearing. *J Am Podiatr Med Assoc.* ; 96 : 330 – 343
- Howard, J. S. & Briggs, D. (2006). The arch-height-index measurement system: a new method of foot classification. *Athletic Therapy Today*, 11 (5), 56-57.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Iaietal,E. (2009). High-intensity training in junior football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 150-154 .
- Igbigbi, P. S. & Msamati, B. C. (2002). The footprint ratio as a predictor of pes planus: a study of indigenous malawians. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 41 (6), 394-397.
- Inoubli, M. (2010) Adolescent young football players their sole arch indices. *Acta Kinesiológica*.:4:28-30.
- Jacobsson, S., Kjellmer, L. . Accumulation of fluid in exercising skeletal muscle . *Acta Physiol Scand* 1964 ; 60 : 286 – 292.
- Janisse DJ.(1992)The art and Science of lifting shoes.*Foot and Ankle*.13:257-259.

- Jimenez-Ormeño, E., Aguado, X., Delgado-Abellan, L., Mecerreyes, L., Alegre, L.M. (2011) Changes in footprint with resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2011 8;32(8):623-8.
- Kanatli, U., Yetlin, M., Cila, E. (2001). Footprint and radiographic analysis of the foot. *Journal of pediatric orthopaedics.*, 21: 285-228.
- Kapandji (2008) *Fisiología articular (Tomo2)*. Madrid:Editorial Médica Panamericana.
- Katrine, O., Kryger, V., Jarratt, S., Mitchell E., & Steph Forrester (2016): Can subjective comfort be used as a measure of plantar pressure in football boots?, *Journal of Sports Sciences*.
- Kinchington, M. A., Ball, K. A., & Naughton, G. (2011). Effects of footwear on comfort and injury in professional rugby league. *Journal of Sports Sciences*, 29, 1407-1415.
- Kinchington, M. A., Ball, K. A., & Naughton, G. (2012). Relation between lower limb comfort and performance in elite footballers. *Physical Therapy in Sport : Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 13, 27-34. doi:10.1016/j.ptsp.2011.02.001.
- Krauss I , Grau S , Janssen P , Maiwald C , Mauch M , Horstmann T .(2005). Gender differences in foot shape . In: 7 th Symposium on Footwear BiomechanicsCleveland, OH (USA).
- Krauss I , Valiant G , Horstmann T , Grau S .(2007) Female foot morphology –implications for last design . In: Proceedings 8 th Footwear BiomechanicsSymposium. Taipei, (Taiwan) 2007.
- Kuhlman SM, Sabick MB, Pfeiffer R, Cooper B, Forhan J.(2010). Effect of loading condition on traction coefficient between shoes and artificial turf surfaces.Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers.

- Kulthanan, T., Techakampuch, S., Donphongam, N.(2004) A study of footprints in athletes and non-athletic people.J Med Assoc Thai.87: 788-93.
- Kunde, S., Sterzing, T., Milani, T.L. (2007) The influence of body position and physical activity on foot dimensions measured by a foot scanning system. Footwear Biomechanics Symposium. Taipei(Taiwan), 2007.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. Frontiers in Psychology, 4: 1-12.
- Lara-Diéguez, S., Lara-Sánchez, A.J., Zagalaz-Sánchez, M.L., Martínez-López, E.J.(2011) Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar.Retos Nuevas tendencias en Educación Física,Deporte y Recreación.19:49-53.
- López Elvira, J.L., Meana Riera, M., Vera García. F.J., García Roca, J.A. (2006). Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. Cultura, ciencia y deporte. 4(2): 21-26.
- López,N., Alburquerque, F., Santos, M.,Sánchez, M., Dominguez, R.(2005)Evaluation and analysis of the footprint of young individuals.A comparative study between football players and no players.ur J Anat.:9:135-142.
- Luo, G., Stergiou, P., Worobets, J., Nigg, B., & Stefanyshyn, D. (2009). Improved footwear comfort reduces oxygen consumption during running. Footwear Science, 1, 25.
- Lundvall J , Mellander S , Westling H , White T . Fluid transfer between blood and tissues during exercise . Acta Physiol Scand 1972 ; 85 : 258 – 269.
- Mam, I.O., Glover, K., Nixon, P., Poyton, R., Terre, R., Morrissey, M.C. (2004). Effect of body position on foot and ankle volume in healthy subjects. Cli Physiol Funct Imaging. 24: 323-326.

- Mantini, S., Bruner, E., Colaiacomo, B., Ciccarelli A., Radaelli, A., Ripani, M. (2012) Preliminary baropodometric analysis of young soccer players while walking: geometric morphometrics and comparative evaluation. *J Sports Med Phys Fitness*:52:144-150
- Marey E.J.- *La machine animale*. París, Germer Baillière, 1873- *Le mouvement*. París, G. Masson 189.
- Mauch, M., Mickle, K.J., Munro, B.J., Dowling, A.M., Grau, S., Steele, J.R. (2008b) Do the feet of German and Australian children differ in structure? Implications for children's shoe design. *Ergonomics*. 2008b:51527-539.
- Mc Crory, J.L., Young, M.L., Boulton, A. J. M. & Cavanagh, P.R. (1997). Arch index as a predictor of arch height foot. *J Sports Med Phys Fitness*, 7, 79-81.
- McWhorter, J.W., Wallmann, H.W., Landers, M.R., Altenburger, B., LaPorta-Krum, L., & Altenburger, P. (2003) The effects of walking, running and shoe size on foot volumetrics. *Phys Ther Sport* 4:87-92.
- McWhorther, J.W., Wallmann, H., Landers, M., Altenburger, P., Berry, K., Tomkins, D., Higbee, C. (2006). The effects of loaded, unloaded, dynamic, and static activities on foot volumetric. *Physical Therapy in Sport*. 7:81:86.
- Menz, H.B. & Munteanu, S.E. (2005). Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(8), 479-486.
- Milburn, P.D., Barry, E.B. (1998) Shoe-surface interaction and the reduction of injury in rugby union. *Sports Med*. 25:319-317.
- Miller, J. E., Nigg, B. M., Liu, W., Stefanyshyn, D. J., & Nurse, M. A. (2000). Influence of foot, leg and shoe characteristics on subjective comfort. *Foot & Ankle International*, 21, 759-767.

• Moholkar, K., Fenelon, G. (2001) Diurnal variations in volume of the foot and ankle. *Foot & Ankle Surgeon*:40:302-304.

Morrison, S.C., Durward, B.R., Watt, A. F., Donaldson, M. D. Prediction of antropometric foot characteristics in children. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2009, 497-502.

• Muller, C., Sterzing, T., Lake, M., Milani, T.L. (2010). Differen stud configurations cause movement adaptations during soccer turning movement. *Footwear Science*.2:21:28.

• Mündermann, A., Nigg, B. M., Stefanyshyn, D. J., & Humble, R. N. (2002). Development of a reliable method to assess footwear comfort during running. *Gait & Posture*, 16, 38–45.

• Mündermann, A., Stefanyshyn, D. J., & Nigg, B. M. (2001). Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1939– 1945.

• Neuman K (2010). Explaining a foot posture index in arch plantar. Ph.D. thesis. pp 168. Wageningen University.

• Nigg, B. M., Luethi, S. M., Bahlsen, M. A. (1989). The tennis shoes. *Bio Mechanical Design Criteria*. 120-126.

• Nigg, B. M., Nurse, M. A., & Stefanyshyn, D. J. (1999). Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31, S5421–428.

• Nikolaidou, M.E., Boudolos, K.D. (2006) A footprint-based approach for the rational clas-sification of foot types in young schoolchildren. *The Foot*. 16; 82-90.

• Nordin, M. & Frankel, V.H. (2012). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.

• Nunns, M. P. I., Dixon, S. J., Clarke, J., & Carré, M. (2015). Boot-insole effects on comfort

and plantar loading at the heel and fifth metatarsal during running and turning in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 1–8.

• Queen, R. M., Charnock, B. L., Garrett, W. E., Jr, Hardaker, W. M., Sims, E. L., & Moorman, C. T., 3rd. (2008). A comparison of cleat types during two football-specific tasks on Field-Turf. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 278–284.

• Razeghi, M. & Batt, M. E. (2000). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait and Posture*, 15, 282-291.

• Reinschmidt, C., & Nigg, B. M. (2000). Current issues in the design of running and court shoes. *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 14, 71–81.

• Rocco, R. (2005). Calzado de fútbol y superficies de juego. En W. E. Garrett, D. T. Kirkendall y S. R. Contiguglia (Eds.), *Medicina del fútbol* (pp. 135-159). Badalona:Paidotribo.Rochera

• Sakalauskaite, R, Satkunskiene, D. (2012). Incosistencies of foot type classification. *SPORTAS*; 3 (86)81–86.

• Santos, D., Carline, T., Flynn, L., Pitman, D., Feeney, D., Patterson, C. & Westland, E. (2001). Distribution of in-shoe dynamic plantar foot pressures in professional football players. *The foot*, 11, 10-14.

• Sanchez, F. (2005) Análisis de la distribución de los centros de presión sobre la huella plantar. *Revista de Medicina y Cirugía del Pie*.

• Schie, V., Abbott. C.A., Vileikyte, L., Shaw, J.E., Hollis, S., Boulton, A.J. (1999). A comparative study of the Podotrack, a simple semiquantitative plantar pressure measuring device, and the optical pedobarograph in the assessment of pressures under the diabetic foot.. *Diabet Med*. 1999 Feb;16(2):154-9.

- Sesmero, C. M. (2008). Enfoque metodológico para el establecimiento de especificaciones de diseño en el calzado de fútbol sala. *Apunts. Educación física y deportes*, 4(94), 71-77.. 1997 Aug;18(8):471-6.
- Shiang, T. Y., Lee, S. H., Lee, S. J. & Chai, W. C. (1989). Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 17, 62-66.
- Sims, E. L., Hardaker, W. M., & Queen, R. M. (2008). Gender differences in plantar loading during three soccer-specific tasks. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 272–277.
- Sirgo, G. & Aguado, X. (1991). Estudio del comportamiento de la huella plantar en jugadores de voleibol después del esfuerzo considerando su composición corporal y somatotipo. *Apuntes Medicina del Deporte*, 18, 207-212.
- Schlaepfer, F. (1983). The frictional characteristics of tennis shoes. *Biomechanical Aspect of sport shoes and playing surfaces* (Calgary University). 153-160.
- Sirgo, G., Méndez, B., Egocheaga, J., Maestro, A. & Del Valle, M. (1997). Problemática en la clínica diaria en relación a varios métodos de análisis de la huella plantar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (61), 381-387.
- Soper, C., Hume, P., Cheung, K., Benschop, A.,(2001).Foot morphology of junior football players:implications for football shoe design.Australian Conference of Science and Medicine in Sport:15-16.
- Spolek GA (1976). Instrumented shoe as portable force measuring device. *Journal of biomechanics*. 12: 779-785.
- Sthaely, L.T, Chew D.E., Corbett, M. (1987). The longitudinal arch.A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children an adults.*J None Joint Surg Am*.69:426-428

- Taskin T. (2008). Changes in fitness profiles during a season of track and field training and competition. *Br J Sports Med*, 10(4), 217-222.
- Tsung, B.Y., Zhang, M., Fan, Y.B., Boone, D.A. (2003) Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *J Rehabil Res Dev*. 40 : 517 – 526.
- Urry, S.R, Wearing, S.C. (2005) Arch indexes from ink footprints and pressure platforms are different. *The Foot*. 15:68-73.
- Urry S.R., Wearing S.C.(2001) The accuracy of footprint contact area measurements: relevance to the design and performance of the pressure platforms. *The Foot*.11. 151-57.
- Van Gheluwe, B., Kirby, K. (2010).Research and clinical synergy in foot and lower extremity biomechanics and clinical synergy in foot and lower extremity biomechanics.*Footwear Science*:2 111-122.
- Verleysen Jules- Compendio de podología. Madrid Ed. Paraninfo 1977.
- Viladot et al. Quince lecciones sobre patología del pie. 2a Ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2007.
- Walter. J.H., Nigg G.K.(2002) The evaluation of cleated shoes with adolescent athlete in soccer.*The Foot*.12:158-165.
- Wannop JW, Luo G, Stefanyshyn D.(2009) Influences footwear traction properties in Canadian high school football.*Footwear Science*.1:121-127.
- Warden, S. J., Creaby, M. W., Bryant, A. L., & Crossley, K. M. (2007). Stress fracture risk factors in female football players and their clinical implications. *British Journal of Sports Medicine*, 41, i38–i43.

- Wilkinson M.J, Menz H.B.(1997) Measurement of gait parameters from footprints: a reliability study. *The Foot*.7; 19-23.
- Williams, J. D., Abt, G., Wilkinson M.J., Kilding, A. E. (2010). Ball-Sport Endurance and Sprint Test (BEAST90): validity and reliability of a 90-minute soccer performance test. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3209-3218.
- Williams, A. E., & Nester, C. J. (2006). Patient perceptions of stock footwear design features. *Prosthetics and Orthotics International*, 30, 61–71.
- Witana, C.P., Feng, J. , Goonetilleke, R.S . Dimensional differences for evaluating the quality of footwear fit. *Ergonomics* 2004 ; 47 : 1301 – 1317
- Xiong, S., Goonetilleke, R.S., Witana, C.P., Lee Au, E.Y. (2008) Modelling foot height and foot shape related dimensions. *Ergonomics*.51:1272-1289.
- Yamaner, F., Karacabey, K., Kavlav, Y., Sevindi, T. (2011) Foot morphology of Turkish football players according to foot preference. *African JB*:10 5102-5108.



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ



Capítulo 8 Anexos



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández



DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA
DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ

Consentimiento Informado

El **propósito de esta ficha** de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara **explicación** de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente **investigación** es realizada por **José Antonio Berná Gascón**, con DNI _____ . El **objetivo de este estudio** pretende **valorar los cambios que se producen en la huella antes y después de la práctica deportiva**.

Si usted accede a participar en este estudio, **se le realizará** en primer lugar una serie de preguntas y, posteriormente, una obtención de su huella antes y después de la práctica deportiva. Se realizarán 4 **tomas** principio y final de temporada y antes y después de un partido de la liga regular en un único día. Para este estudio se le realizará **huella sobre el papel**. En caso preciso fotos y videos sobre sus pies. Los datos no serán obtenidos en el momento, lo que significa que su huella pasará de manera anónima con la de otras personas para ser analizadas y posteriormente realizar un análisis de los datos.

La **participación** en este estudio es **estrictamente voluntaria**. La **información** que se recoja será **confidencial** y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, **puede hacer preguntas en cualquier momento** durante su participación en él. Igualmente, **puede retirarse del proyecto en cualquier momento** sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Yo, _____ con DNI _____ **acepto participar voluntariamente** en esta investigación, conducida por José Antonio Berná Gascón. He sido informado de que el objetivo de este estudio es el **análisis de la huella plantar antes y después de la práctica deportiva**.

Me han indicado también que **tendré que responder unas preguntas** previamente

antes de iniciar la toma de la huella para valorar si se cumplen los requisitos para poder colaborar en dicho estudio.

En caso de no desear continuar en el estudio tengo total libertad para abandonarlo libremente, sin recibir ninguna coacción y lo comunicaré por escrito al investigador.

En caso de **querer abandonar la investigación** se le proporcionará este mismo documento que usted firmó y solamente deberá completar el siguiente párrafo para dejar constancia de que ha abandonado la investigación:

Yo _____ con DNI _____ **rechazo continuar en el estudio** realizado por José Antonio Berná Gascón.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Nombre del Investigador

Firma del Investigador

Reconozco que **la información que yo provea** en el curso de esta investigación **es estrictamente confidencial** y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. **He sido informado de que puedo hacer preguntas** sobre el proyecto en cualquier momento **y que puedo retirarme** del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo realizarlas con total libertad y ser respon-

didias por José Antonio Berná Gascón .

Entiendo que **una copia de esta ficha** de consentimiento **me será entregada**, y que **puedo pedir información sobre los resultados** de este estudio cuando éste haya concluido.

He leído toda la información de este documento, la he comprendido y acepto participar en la investigación.

Nombre del Participante

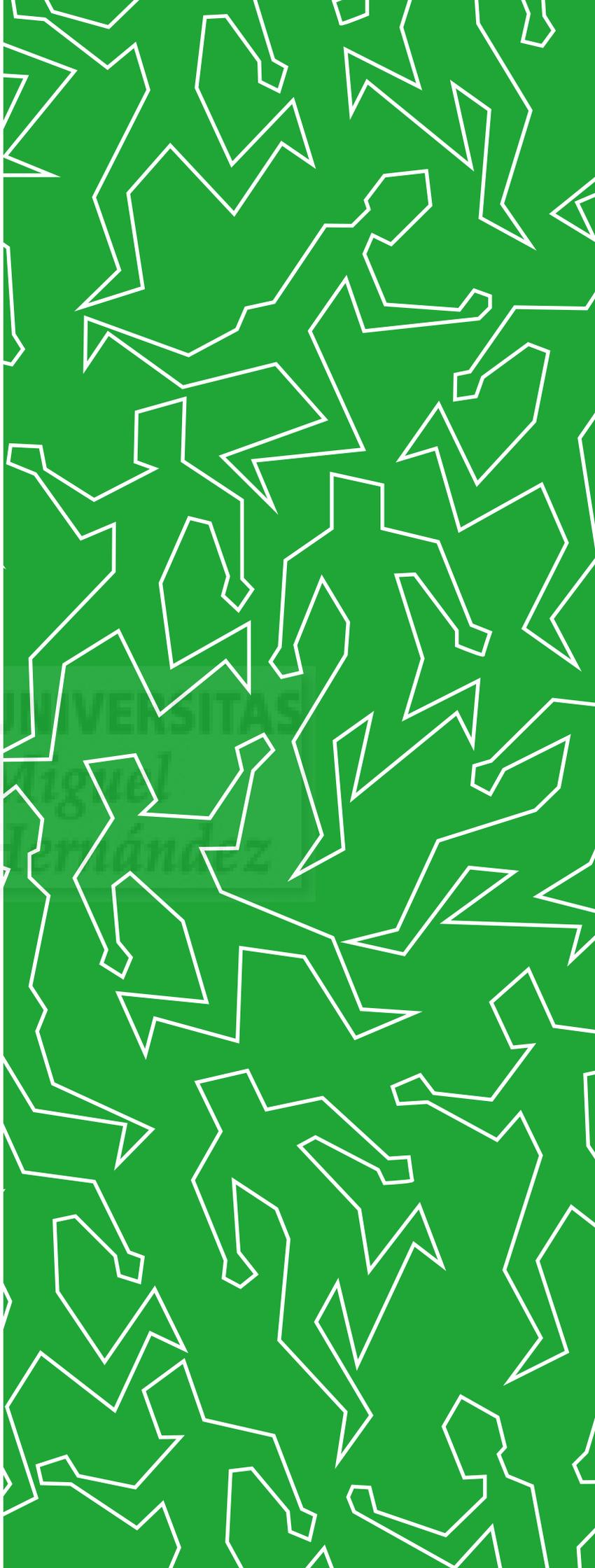
Firma del Participante

Fecha



Nombre del Investigador

Firma del Investigador



UNIVERSITAS
Miguel
Hernández