

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



**Título del Trabajo Fin de Grado.**

Respuestas en la huella plantar en jugadoras de voleibol amateur.

**AUTOR:** Márquez Castaño, Sandra

**Nº expediente.** 757

**TUTOR.** Jose Antonio Berná.

**Departamento y Área.** Psicología de la salud.

**Curso académico** 2017 - 2018

**Convocatoria de Junio.**

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| Índice de figuras.....  | 3  |
| Índice de tablas.....   | 4  |
| Resumen.....  | 5  |
| Abstract.....   | 6  |
| 1 Introducción.....   | 7  |
| 1.1 El pie.....   | 7  |
| 1.2 Generalidades del pie.....  | 7  |
| 1.3 La bóveda plantar.....  | 11 |
| 1.4 Valoración del arco interno y obtención de la huella plantar..... | 13 |
| 1.5 Objetivos.....  | 15 |
| 2 Material y métodos.....   | 16 |
| 2.1 Variables del estudio.....  | 16 |
| 2.2 Criterios de inclusión y exclusión.....                           | 17 |
| 2.3 Instrumental utilizado.....                                       | 17 |
| 2.4 Protocolo de medición.....  | 18 |
| 2.5 Análisis estadístico.....   | 19 |
| 3 Resultados.....   | 20 |
| 4 Discusión.....  | 25 |
| 5 Conclusión.....   | 27 |
| 6 Referencias bibliográficas.....                                     | 28 |
| 7 Anexos.....   | 31 |
| 7.1 Consentimiento informado.....                                     | 31 |

## Índice de figuras.

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Principales huesos que componen la estructura del pie. En un visión lateral y superior.<br>.....                                | 9  |
| Figura 2: Zonas de la huella plantar Retropié, Mediópie y Antepié. ....   | 11 |
| Figura 3: Arcos que forman el pie (modificada por Thibodeau y Patton, 2007).....  | 13 |
| Figura 4: Detalle del sistema utilizado. ....   | 18 |
| Figura 5: Ejemplo de huella plantar obtenida mediante pedígrafo.....  | 18 |
| Figura 6: Resultados del tipo de huella pre partido. ....   | 20 |
| Figura 7: Resultado del tipo de huella post partido. ....   | 21 |
| Figura 8: Resultado de cambios en el tipo de huella del pie dominante y no dominante.....   | 22 |
| Figura 9: Media de cambios en la longitud ente el pie dominante y no dominante, antes del partido y después. Expresada en milímetros..... | 24 |

## Índice de tablas.

Tabla 1: Diferencia entre la longitud del pie dominante antes y después del partido. ....23

Tabla 2: Diferencia entre la longitud del pie dominante antes y después del partido. ....23



## Resumen.

Introducción: Este estudio se realiza para ver cómo cambian las dimensiones de la huella plantar antes y después de un partido de voleibol, para ello vamos a medir el índice del arco y la longitud del pie dominante y no dominante.

Objetivo: El objetivo de este trabajo es analizar como el voleibol afecta a la morfología del de la huella plantar en jugadoras de voleibol amateur. Se observaran los cambios a corto plazo.

Material y métodos: Han participado 10 niñas de 14 años jugadoras de voleibol, se les tomo la huella utilizando un pedígrafo, se escanearon y midieron siguiendo el protocolo de índice de arco Cavanagh y Rodgers (1997)

Resultados: Aunque se observan variaciones en todas las variables estudiadas a corto plazo según el ANOVA Factorial  $p < 0.05$  no son significativos los cambios que se producen ya que nos daba un p-valor de 0.585.

Conclusiones: A corto plazo no sufre cambios significativos en ninguna de las variables estudiadas.

## **Abstract.**

Introduction: This study is done to see how the dimensions of the footprint change before and after a game of volleyball, for this we will measure the arch index and the length of the dominant and non-dominant foot.

Objective: The objective of this work is to analyze how volleyball affects the morphology of the footprint in amateur volleyball players. Short-term changes will be observed.

Material and methods: 10 girls of 14 years of volleyball players participated, their fingerprint was taken using a pedigree, they were scanned and measured following the arch index protocol Cavanagh and Rodgers (1997)

Results: Although variations are observed in all the variables studied in the short term according to the Factorial ANOVA  $p < 0.05$ , the changes produced are not significant since it gave us a p-value of 0.585.

Conclusions: In the short term it does not suffer significant changes in any of the variables studied.

# 1 Introducción.

El voleibol es considerado un deporte caracterizado por un complejo conjunto de habilidades simples y movimientos constantes que requieren fuerza, flexibilidad, potencia, agilidad y el acondicionamiento aeróbico. Es uno de los deportes más populares, con aproximadamente 200 millones de practicantes mundialmente. Ya que es un deporte que en su desarrollo posee escaso contacto físico tanto entre los deportistas como con los elementos de juego, podría parecer que la incidencia de lesiones fuese menor, pero debido a la rapidez, potencia y exigencia de sus movimientos en sentido vertical y horizontal, la gran incidencia de lesiones, es inevitable. Las principales lesiones en voleibol se ubican en tobillo, rodilla, hombro, manos y en la columna vertebral.

La exigencia para el desarrollo de la técnica deportiva y los entrenamientos exhaustivos, asociado a la inadecuada preparación física y a la desorientación corporal, favorece la aparición o empeoramiento de las disfunciones biomecánicas preexistentes que pueden producir lesiones.

## 1.1 El pie.

El pie se define 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).

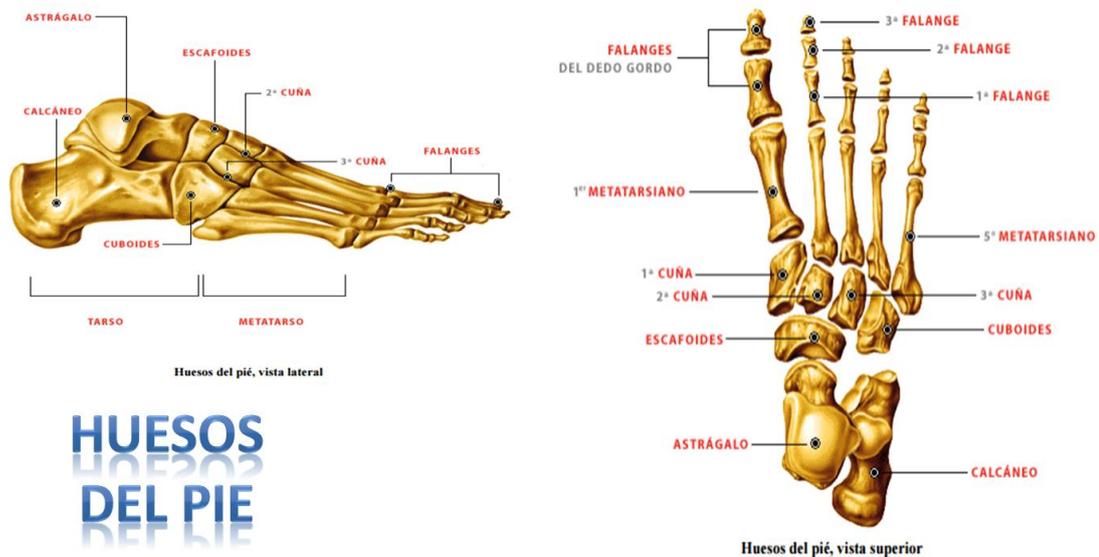
## 1.2 Generalidades del pie.

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 cm<sup>2</sup>, 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.

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, 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 (Cappaert, Rich y Roberts, 2007) y de la actividad física que se realice (Mc Whorter et al., 2003). 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:** Principales huesos que componen la estructura del pie. En un visión lateral y superior.

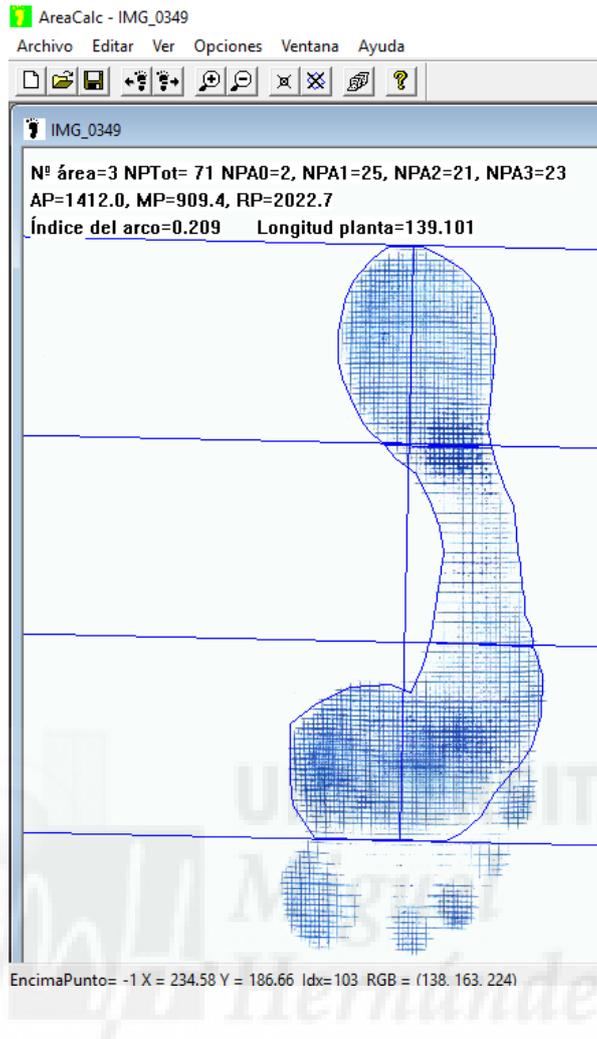
El pie está conformado por 28 huesos (figura 1), incluidos los sesamoideos, 107 ligamentos, 19 músculos intrínsecos y 30 articulaciones. El esqueleto está compuesto por los huesos del tarso (astrágalo, calcáneo, escafoides, cuboides y tres cuñas), los del metatarso (los cinco metatarsianos) y las falanges. 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 transversa o de Chopart. Está conformada por dos articulaciones, la astrágaloescafoidea, 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).



*Figura 2: Zonas de la huella plantar Retropié, Mediopié y Antepié.*

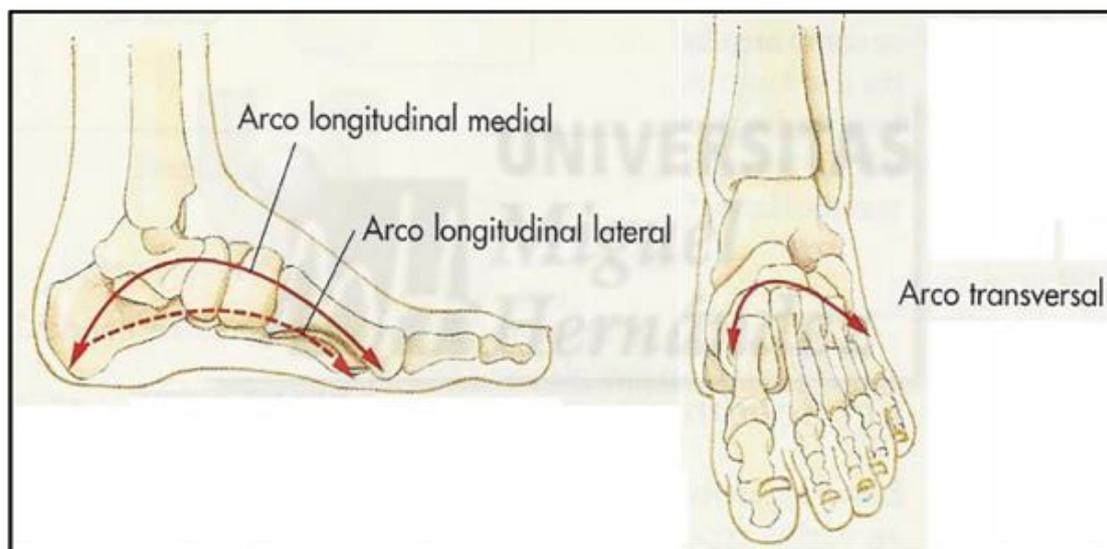
### 1.3 La bóveda plantar.

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:

- 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, calcaneoescafoidea inferior, calcaneoastagalina), 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.

- 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).
- 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).



*Figura 3: Arcos que forman el pie (modificada por Thibodeau y Patton, 2007).*

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 continúa 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 (Berna, 2017).

#### **1.4 Valoración del arco interno y obtención de la huella plantar.**

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.

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).

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 tanto en el pie dominante como en el no dominante. 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 (Clougley y Mawdsley, 1995; Mc Whorther et al., 2003), aunque estos cambios no se dan siempre tras cualquier actividad o en la misma forma.

El análisis de la huella plantar es útil como método indirecto de medición de la altura del arco longitudinal interno 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 aspectos importantes de la marcha.

Como método para la obtención de la huella plantar en nuestro estudio hemos usado:

- 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 peligráfica.

## **1.5 Objetivos.**

1. Determinar las respuestas que se producen en la huella plantar en jugadoras de voleibol.
2. Comprobar si se producen adaptaciones y respuestas en el índice del arco, longitud y área de antepié, mediopie y retropié en la huella plantar de jugadores de voleibol.

## 2 Material y métodos.

La investigación consistió en un estudio experimental longitudinal.

En nuestro estudio participo un equipo formado por 10 niñas del club de voleibol Olympia de Albaterra. Las mediciones se realizaron en niñas de 14 años jugadoras de voleibol, antes y después de un partido, siendo el procedimiento igual en las cuatro mediciones.

### 2.1 Variables del estudio.

Variables dependientes:

- 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).

Variables independientes:

- 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).

## 2.2 Criterios de inclusión y exclusión.

Los factores incluyentes en este estudio son los siguientes:

- Fueron incluidas todas las niñas pertenecientes a este equipo con 14 años de edad o que este mismo año cumplan 15.
- No hayan sufrido lesiones durante la temporada.
- Hayan firmado el consentimiento informado por escrito.

Los factores excluyentes del estudio son los siguientes:

- Niñas que realicen además de voleibol otros deportes.
- Haber sufrido alguna lesión previamente.
- Presentar intervención quirúrgica en alguno de los pies.
- Menores de 14 años.
- Mayores de 15 años.

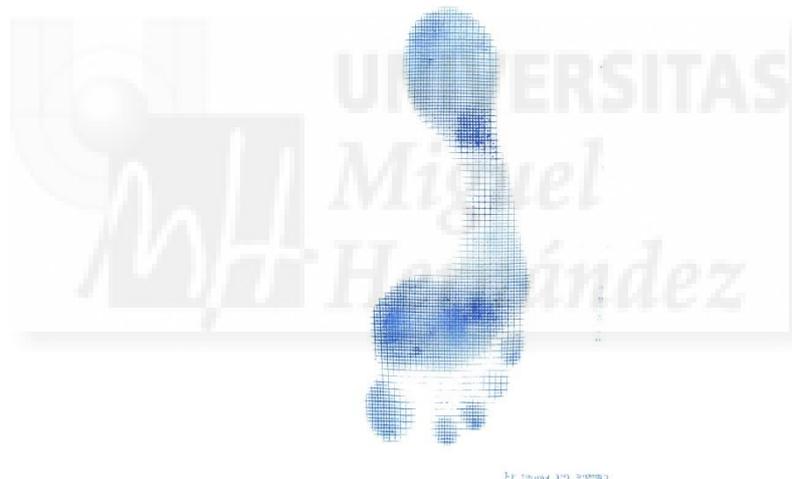
## 2.3 Instrumental utilizado.

El material utilizado para la medición consta de los siguientes elementos:

- Pedígrafo(figura4): se trata de un dispositivo de goma, impregnado de tinta, bajo el cual hay un papel que tras la pisada se impregna de tinta y señala la huella plantar.



*Figura 4: Detalle del sistema utilizado.*



*Figura 5: Ejemplo de huella plantar obtenida mediante pedígrafo.*

- Silla: utilice la misma silla de plástico para todas las participantes.

## **2.4 Protocolo de medición.**

1. La deportista se descalza y se sienta en la silla.
2. Colocamos primero el pie derecho en el pedígrafo, la jugadora se levanta y se mantiene en su posición para señalar la huella en el papel.

3. Repetimos después con el pie izquierdo.
4. La primera toma de la huella plantar se realiza antes del partido y la segunda después del partido en el mismo orden.

Una vez tomadas las huellas plantares, se escanearon las imágenes 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 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 (Cavanagh, 1997; Menz y Munteanu, 2005).

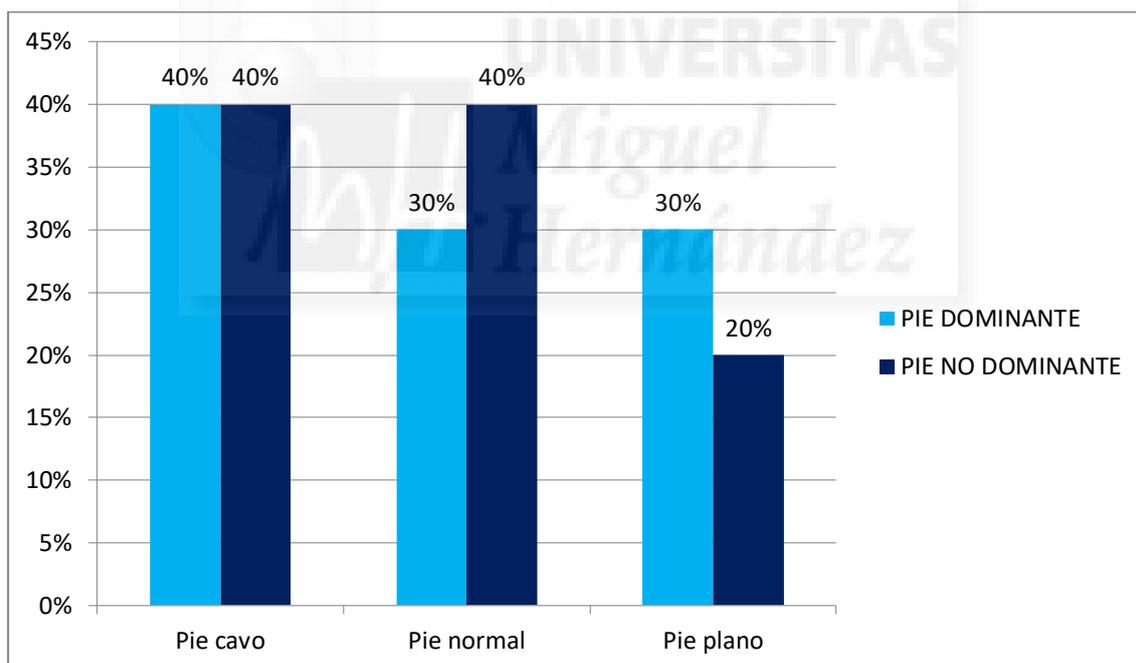
## **2.5 Análisis estadístico.**

Se utilizó el programa Excel tomando como significativo  $p < 0.05$ .

### 3 Resultados.

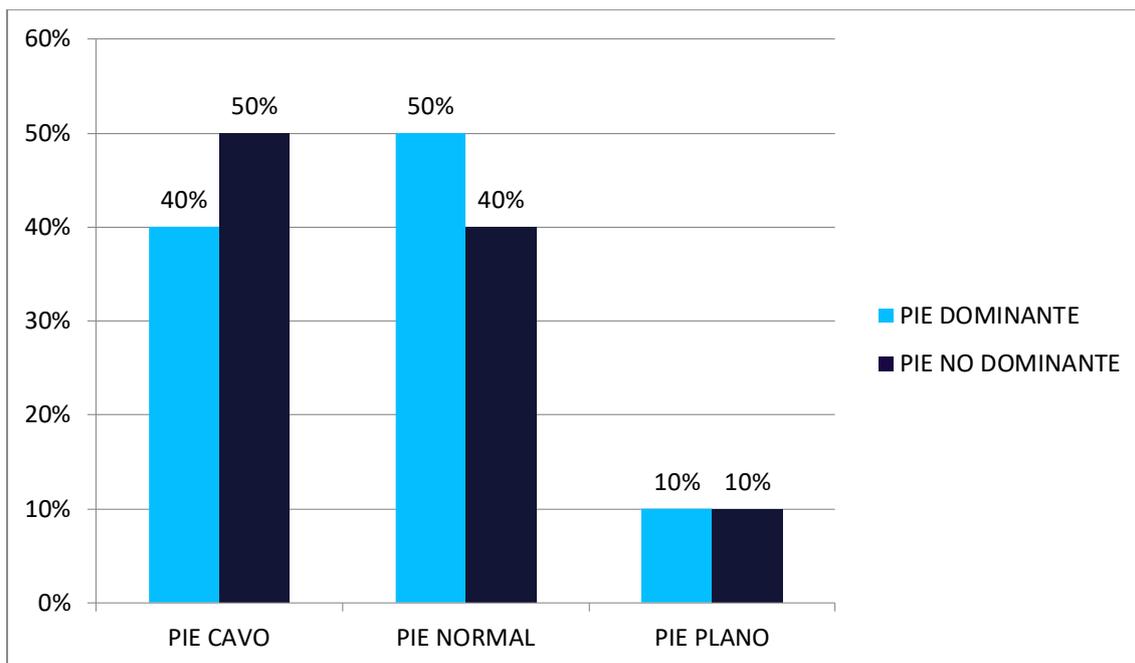
En el estudio participan 10 niñas en total, quienes representaron 20 huellas plantares (dos por cada niña) que representan el 100% de la muestra; de las cuales podemos ver en estos gráficos el tipo de huella plantar antes y después del partido correspondiente a cada pie. Vamos a valorar los cambios en el índice del arco y las diferencias entre el pie dominante y no dominante.

En cuanto a los resultados del índice del arco, clasificamos las huellas en pie plano, pie cavo y pie normal. Para poder clasificarlo seguimos el siguiente criterio pie cavo cuando el índice del arco es  $\leq 0.21$ ; el pie normal está comprendido entre  $0.21 < \text{índice del arco} < 0.26$  y por último pie plano se considera cuando el índice del arco  $\geq 0.26$ .



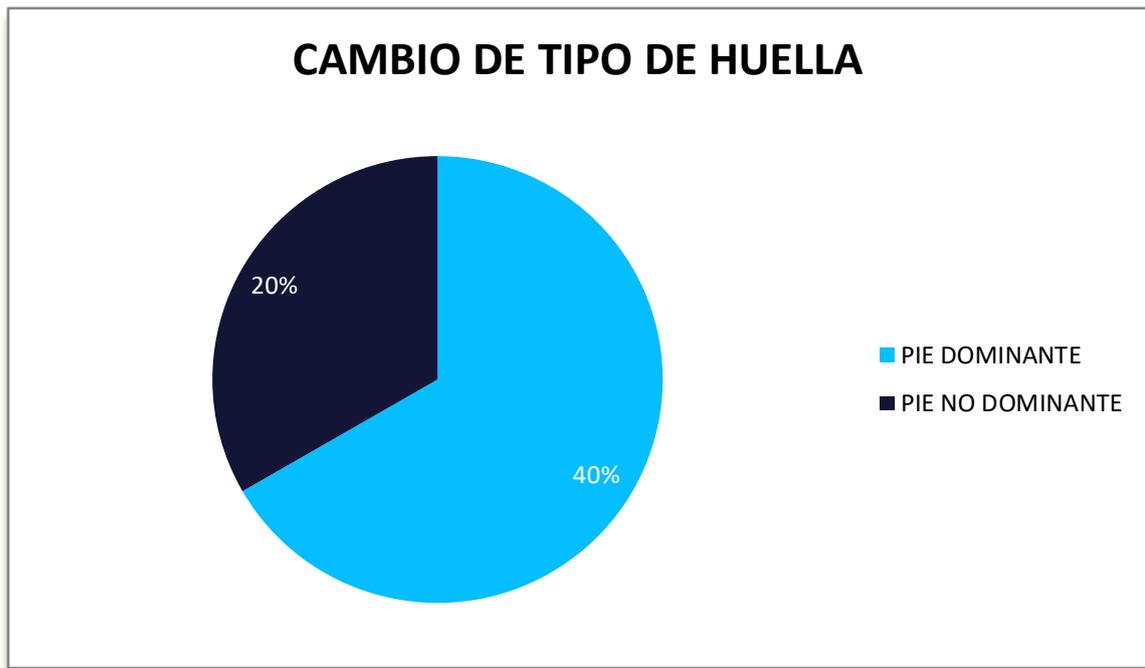
*Figura 6: Resultados del tipo de huella pre partido.*

En la medición antes del partido (figura 6), podemos observar como el 40% del pie dominante y no dominante tiene una huella cava, el 30% del pie dominante presenta una huella normal y un 40% del pie no dominante también presenta huella normal, en cambio pie plano presenta solo 30% del pie dominante y el 20% del no dominante.



*Figura 7: Resultado del tipo de huella post partido.*

Sin embargo en la medición de la huella plantar posterior al partido (figura 7), el 10% presenta pie plano en ambos pies, el 40% del pie dominante pie cavo y el 50% del pie no dominante pie cavo, el 50% de las chicas pie normal del pie dominante y en el dominante un 40% es normal.



*Figura 8: Resultado de cambios en el tipo de huella del pie dominante y no dominante.*

En cuanto a los cambios encontrados en la huella plantar (figura 8) anterior y posterior al partido del total de las 10 niñas, el 40% de las huellas cambian en el pie dominante y el 20% cambian del no dominante. Por lo tanto el índice del arco sufre un 60% de cambios en el tipo de pie del total. Tras analizar los datos hemos podido observar que no hay diferencias significativas, ya que nos daba un p-valor de 0,585.

A continuación, vamos a analizar los resultados de la longitud del pie dominante y no dominante para ver si hay cambios significativos.

*Tabla 1: Diferencia entre la longitud del pie dominante antes y después del partido.*

**LONGITUD EN MM PIE DOMINANTE**

| <b>TOMA DE HUELLA<br/>DESPUES</b> | <b>TOMA DE HUELLA ANTES</b> | <b>DIFERENCIA</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 137,807                           | 136,910                     | 0,897             |
| 138,296                           | 136,698                     | 1,598             |
| 144,200                           | 143,510                     | 0,690             |
| 135,544                           | 133,310                     | 2,234             |
| 153,225                           | 149,894                     | 3,331             |
| 145,976                           | 146,392                     | 0,416             |
| 149,876                           | 149,800                     | 0,076             |
| 146,896                           | 146,449                     | 0,447             |
| 140,602                           | 137,422                     | 3,180             |
| 137,197                           | 136,280                     | 0,917             |

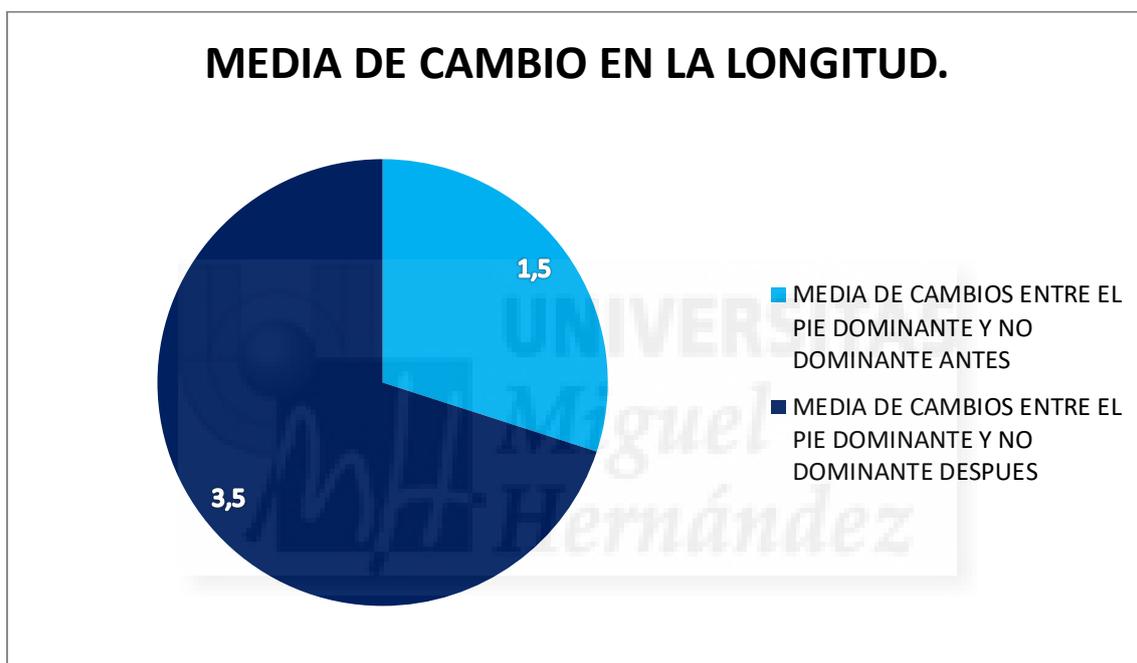
*Tabla 2: Diferencia entre la longitud del pie dominante antes y después del partido.*

**LONGITUD EN MM PIE NO DOMINANTE**

| <b>TOMA DE HUELLA<br/>DESPUES</b> | <b>TOMA DE HUELLA ANTES</b> | <b>DIFERENCIA</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 141,374                           | 136,910                     | 4,464             |
| 144,146                           | 139,474                     | 4,672             |
| 143,133                           | 138,433                     | 4,700             |
| 137,166                           | 133,606                     | 3,560             |
| 156,293                           | 155,715                     | 0,578             |
| 147,349                           | 144,796                     | 2,553             |
| 154,854                           | 153,885                     | 0,969             |
| 146,576                           | 143,129                     | 3,447             |
| 143,650                           | 141,351                     | 2,299             |
| 142,009                           | 138,109                     | 3,900             |

Como podemos comprobar en las tablas anteriores apenas hay cambios significativos en la longitud.

En la siguiente grafica (figura 8) de este estudio vamos analizar la media de cambios que sufre la longitud, entre el pie dominante y no dominante de antes del partido y del pie dominante y no dominante después del partido.



*Figura 9: Media de cambios en la longitud ente el pie dominante y no dominante, antes del partido y después. Expresada en milímetros.*

Se puede observar en la gráfica como después del partido hay un mayor cambio en la longitud del pie dominante y del no dominante de 3,5 milímetros; en cambio la media de antes del partido entre el pie dominante y no dominante la longitud solo cambia 1,5 milímetros.

## 4 Discusión.

En nuestro estudio hemos valorado dos situaciones; antes y después del partido, con el fin de valorar el índice del arco y la longitud del pie a corto plazo.

Respecto a los resultados obtenidos en este estudio, nos permite determinar que en el índice del arco no encontramos cambios significativos tanto en el pie dominante como en el pie no dominante, esto contradice los resultados de los estudios de Krauss et al. (2005, 2007) y Jiménez et al. (2011) donde el pie aumenta de volumen tendiendo a un aplanamiento.

Nuestros resultados son similares al estudio de Berna (2017) donde no encontró diferencias significativas en el índice del arco ni en el pie dominante ni en el no dominante en jugadores profesionales de fútbol y fútbol sala.

Hay que destacar que nuestros participantes no estaban en el límite de edad en la que el pie se considera estructuralmente formado (12-13 años) por lo que si hubiéramos encontrado cambios significativos esto nos hubiera indicado que sus pies seguían en crecimiento. El arco plantar ya debería estar establecido a estas edades, y si, cambia, como podría haber disminuido en nuestro grupo experimental, podría ser por el exceso de peso ya que está demostrado que la obesidad está asociada a un pie plano (Villarroya et al., 2009).

Son escasos los estudios que hayan valorado la huella plantar en el voleibol. El estudio de Aydog (2005a) nos dice que el índice del arco de los gimnastas es significativamente menor al de los futbolistas y el de los luchadores mayores que el de los gimnastas. Esto demuestra que el gesto deportivo afectará de forma diferente a unas zonas u otras.

En general, se ha demostrado que el volumen del pie aumenta tras una sesión de ejercicio (Cloughley & Mawdsley, 1995; McWhorter et al., 2003; Kunde et al., 2007) y que se producen cambios significativos en la huella plantar y en las dimensiones morfológicas del pie (Jiménez-

Ormeño et al., 2011; Delgado-Abellán et al., 2012) sobre todo en la zona del mediopié. Aunque estos estudios solo han evaluado cambios agudos en adolescentes, López Elvira et al. (2006) estudio adaptaciones crónicas en el pie durante tres meses en marchadores jóvenes que estaban en edad de crecimiento y obtuvo unos resultados con incremento significativo en la longitud del pie y el ancho del antepié. Resultados contrarios a los nuestros que apenas se produjeron cambios significativos en la longitud de la huella, aunque en algunos casos sí que hay un ligero aumento que 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.

Por otro lado, Sirgo & Aguado (1991b) demostraron adaptaciones agudas en el pie como consecuencia de una situación de competición deportiva (un partido de voleibol) con un aumento de la huella tanto longitudinalmente como transversal. Sin embargo, los estudios realizados con el ejercicio intermitente como el voleibol muestran resultados contradictorios. El trabajo de Sirgo & Aguado (1991b) no mostro diferencias en la dimensiones de la huella plantar tras el ejercicio; tampoco Chalk et al., (1995) encontraron cambios significativos del volumen del pie durante antes y después de la práctica intensiva de voleibol durante dos horas.

## 5 Conclusión.

- Tras la realización de este estudio podemos decir que los resultados obtenidos no han sido del todo concluyentes puesto que la muestra con la que contábamos era pequeña.
- La práctica del voleibol no produce cambios significativos a corto plazo en la huella plantar antes y después de un partido.
- El índice del arco no produce cambios significativos tras el ejercicio.
- La longitud no cambia de forma significativa tras el ejercicio ni en el pie dominante ni en el no dominante.



## 6 Referencias bibliográficas.

- 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.
- 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 realizada / 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.
- Berná Gascón, J.A. (2017) Respuestas y adaptaciones de la huella plantar en fútbol y fútbol sala en alto rendimiento. Tesis doctoral UMH.
- 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).
- Cavanagh, P.R., Rodgers, M.M. (1987) The arch index: a useful measure from footprints. J Biomech;20(5):547-51.
- Chalk, P.J. (1995) Variations in foot volume before and after exercise. J Am Podiatr Med Assoc. Sep;85(9):470-2.
- 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.

- 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.
- Jacobsson, S., Kjellmer, L. . Accumulation of fluid in exercising skeletal muscle . Acta Physiol Scand 1964 ; 60 : 286 – 292.
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- Lundvall J , Mellander S , Westling H , White T . Fluid transfer between blood and tissues during exercise . Acta Physiol Scand 1972 ; 85 : 258 – 269.

- McWhorter, J.W., Wallmann, H.W., Landers, M.R., Altenburger, B., LaPorta-Krum, L., & Alternburger, P. (2003) The effects of walking, running and shoe size on foot volumetrics. *Phys Ther Sport* 4:87-92.
- 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.
- Neuman K (2010). Explaining a foot posture index in arch plantar. Ph.D. thesis. pp 168. Wageningen University.
- Nordin, M. & Frankel, V.H. (2012). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- 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.
- Stick C, Stofen P, Witzleb. On physiological edema in man's lower extremity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.1985;54: 442-449.
- Urry, S.R, Wearing, S.C. (2005) Arch indexes from ink footprints and pressure platforms are different. *The Foot*. 15:68-73.
- 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.
- Viladot et al. Quince lecciones sobre patología del pie. 2a Ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2007.
- Villarroya MA, Assesment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study. *Eur J Pediatr*.2009: 168: 559-567.
- Wilkinson M.J, Menz H.B.(1997) Measurement of gait parameters from footprints: a reliability study. *The Foot*.7; 19-23.

## 7 Anexos.

### 7.1 Consentimiento informado.

#### Consentimiento Informado para Participantes del Estudio.

El presente estudio es conducido por Sandra Márquez Castaño de la Universidad Miguel Hernández, y tutorizado por el profesor José Antonio Berna. La meta de este estudio es ver las respuestas en la huella plantar en jugadoras de voleibol amateur.

Este estudio consiste en pisar sobre un dispositivo de goma, impregnado en tinta, bajo el cual hay un papel que tras la pisada se impregna de tinta y señala la huella plantar.

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 este estudio.

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

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto que mi hija participe voluntariamente en este estudio, conducido por Sandra Márquez Castaño. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es ver los cambios en la huella plantar.

Reconozco que la información que yo proporcione 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.

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.

Yo,

(padre/madre/tutor).....

..... autorizo a mi hija

..... a

participar en este estudio.



-----

--

Fecha:

Firma: