

**INSTITUTO UNIVERSITARIO ASOCIACIÓN CRISTIANA DE JÓVENES**  
**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE**

**DIFERENCIAS EN LA TÉCNICA DE CARRERA DE**  
**JUGADORES DE VOLEIBOL PLAYA Y PISTA**

Trabajo Final de Grado presentado al Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes, como parte de los requisitos para la obtención del Diploma de Graduación en la Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte.

Tutor: Gustavo Bermúdez

FERNANDO ABDO

DARÍO GARCÍA

**MONTEVIDEO**

**2018**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

“Los abajo firmantes Fernando Abdo y Darío García, somos los autores y los responsables de todos los contenidos y de las opiniones expresadas en este documento, que no necesariamente son compartidas por el Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes.”

Fernando Abdo C.I.: 4.857.346-7

Darío García C.I.: 5.132.764-7

## RESUMEN

El voleibol es un deporte en equipo donde la carrera se utiliza para sacar provecho a los fundamentos de remate y bloqueo. En su modalidad de playa, se juega descalzo y sobre la arena, mientras que en la modalidad de pista, se juega sobre superficie dura y con calzado. Se han mostrado diferencias en la técnica de carrera al utilizar calzado o no y al correr sobre la arena o suelo. El objetivo del estudio fue analizar las diferencias en la técnica de carrera de voleibolistas playa y suelo. La muestra fueron 13 jugadores (7 playa y 6 pista). Se analizaron mediante imágenes en 2-D la velocidad media de los dos primeros pasos y el promedio de los tres primeros ángulos internos de la rodilla en carreras a máxima velocidad sobre arena y superficie dura. Se evaluó la amplitud de zancada, frecuencia de pasos, tiempo de contacto, excursión de la pronación, velocidad máxima de pronación y tipo de pisada en ambos pies en la carrera continua a velocidad autoseleccionada confortable durante 10 minutos con acelerómetros Runscribe®. Hubo diferencias significativas en el comportamiento de la rodilla al aterrizar en arena, presentando mayores grados de flexión ( $124,74 \pm 6,2$ ,  $p < 0,05$ ), en comparación con suelo. La amplitud de zancada fue mayor para las tres pruebas ( $p < 0,05$ ) y la excursión de la pronación fue mayor en arena (izquierda:  $-6,47 \pm 3,69$ , derecha:  $-3,34 \pm 4,66$ ,  $p < 0,05$ ) y en cinta (izquierda:  $-14,41 \pm 3,5$ , derecha:  $-14,08 \pm 4,15$ ,  $p < 0,05$ ) para el grupo de playa. Se mostraron tendencias en la velocidad máxima de pronación y tiempo de contacto, siendo mayor en el grupo de playa. Los resultados no son concordantes con la literatura, pudiendo estar explicadas por las características de cada modalidad deportiva y su superficie. Se recomienda destinar parte del entrenamiento en voleibolistas de pista sobre la arena, para generar un mayor control sobre el tobillo.

Palabras clave: Voleibol playa. Voleibol pista. Análisis de carrera. Carrera calzado. Carrera descalzo.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. ENCUADRE TEÓRICO .....	7
2.1. Voleibol.....	7
2.2. Carrera .....	8
3. MÉTODO .....	11
4. RESULTADOS .....	13
4.1. Participantes .....	13
Tabla 1.1: Características de los participantes .....	13
4.2. Pruebas de velocidad .....	14
4.3. Pruebas de carrera continua en arena .....	15
4.4. Pruebas de carrera continua en suelo.....	18
4.5. Pruebas de carrera continua en cinta.....	19
4.6. Comparación de las tres pruebas de carrera continua .....	21
4.7. Tipos de pisada .....	22
5. DISCUSIÓN .....	23
6. CONCLUSIÓN .....	29
7. REFERENCIAS.....	30
8. ANEXO 1: Consentimiento informado .....	34

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.1: Características de los participantes .....	13
Tabla 1.2: Análisis de las variables en las carreras de velocidad .....	14
Tabla 1.3: Análisis de las variables en la carrera continua en arena .....	16
Tabla 1.4: Análisis de las variables en la prueba de carrera continua en suelo .....	18
Tabla 1.5: Análisis de las variables en la prueba de carrera continua en cinta .....	19
Tabla 1.6: Análisis de las variables para las tres pruebas de carrera continua .....	21
Tabla 1.7: Tipos de pisada para las tres pruebas de carrera continua.....	22
Tabla 1.8: Amplitud de zancada en las pruebas de carrera continua según los grupos.	22
Gráfico 1.1: Comparación entre los grupos del promedio de los tres primeros ángulos internos de la rodilla al aterrizar en las carreras de velocidad en suelo y arena .....	15
Gráfico 1.2: Diferencias entre los grupos en la amplitud de los dos primeros pasos en las carreras de velocidad en suelo y arena.....	15
Gráfico 1.3: Análisis de la amplitud de zancada en la carrera continua en arena .....	17
Gráfico 1.4: Análisis de la excursión de la pronación en izquierda y derecha en la carrera continua en arena .....	17
Gráfico 1.5: Análisis de la amplitud de zancada en la carrera continua en suelo.....	19
Gráfico 1.6: Análisis de la amplitud de zancada en la prueba de carrera continua en cinta .....	20
Gráfico 1.7: Análisis de excursión de la pronación en la prueba de carrera continua en cinta .....	20

## 1. INTRODUCCIÓN

La técnica de carrera varía principalmente de la de marcha debido a la aparición de la fase de vuelo en supresión de la de doble apoyo (Novacheck, 1998); para facilitar su estudio se analiza mediante ciclos, los cuales comienzan con el primer contacto del pie en el suelo y finalizan cuando el mismo pie contacta con el suelo nuevamente.

Al intentar desfasar el ciclo de carrera para poder describirlo mejor, Müller y Ritzdorf (1996) escriben que en cada uno ocurre lo siguiente: “una fase de apoyo y una fase de vuelo. Las mismas se pueden dividir en fases de apoyo anterior y de impulso, para la pierna de apoyo; y fases de balanceo anterior y de recuperación para la pierna libre” (p. 5). El otro autor mencionado anteriormente, Novacheck (1998), diferencia las mismas partes que Müller y Ritzdorf (1996), pero al traducirlas cambian en su denominación: encontramos inicialmente la fase de contacto que ocurre cuando el pie contacta con el suelo, dividiéndose en fase de absorción del contacto (*stance phase absorption*) y fase de generación de contacto (*stance phase generation*); luego tenemos la fase de oscilación, que comienza con la fase de generación de la oscilación (*swing phase generation*), luego fase de inversión de la oscilación (*swing phase reversal*) y por último fase de absorción de la oscilación (*swing phase absorption*).

Se ha demostrado que ciertas variables de la carrera varían cuando se realiza con calzado en comparación a cuando se realiza sin él, tal como se ha encontrado en las siguientes investigaciones: Braunstein, Arampatzis, Eysel y Brüggemann (2010); Tam, Prins, Divekar, Lamberts (2017); De Wit, De Clercq, Aerts (2000); Lohman III, Balan Sackiriyas, Swen (2011); Thompson, Gutmann, Seegmiller, McGowan (2014). Así como también se ha demostrado que dichas variables difieren al desplazarse sobre la arena en comparación con el suelo, tal como se concluyó en un estudio realizado por Gaudino, Gaudino, Alberti y Minetti (2013).

Según la FIVB (2016) el voleibol pista es un deporte competitivo de acciones rápidas y explosivas en el cual dos equipos de seis jugadores cada uno, compiten en una cancha de 18x9 metros de ancho con una red que divide la misma en dos áreas iguales, mientras que en el voleibol playa, dos equipo de 2 jugadores cada uno, compiten en una cancha de 16x8 metros dividida por una red. Ambos deportes tienen características técnicas propias pero comparten algunas con otras modalidades deportivas, como la carrera y el salto.

En cuanto a los aspectos fisiológicos, el voleibol es un deporte intermitente en el cual se realizan acciones explosivas y técnicas alternadas con pausas: en el voleibol playa un partido ronda entre los 30 y 64 minutos por lo general, mientras que el número de *rallies* por partido ronda en los 78 y 96 (Palao, Valades y Ortega, 2012). En cada *rallie* ocurren gestos de manera explosiva, entre ellos, los característicos del deporte relacionados con el contacto

con el balón, saltos y desplazamientos previos o posterior al contacto (en el cual la carrera es utilizada). Cada *rallie* dura aproximadamente entre 7 y 8 segundos, y en cada partido ocurren entre 95 y 105 saltos en la modalidad de playa (Medeiros, Marcelino, Mesquita y Palao, 2014).

Las lesiones comunes en el voleibol son los esguinces de tobillo por inversión, sobre todo al aterrizar sobre el pie del rival luego de un bloqueo, luego se encuentra la tendinitis patelar, ocurrida por sobreuso, tendinitis del manguito corto rotador y bíceps braquial, neuropatía supraespinosa (propia del volleyball), lesiones en espalda baja y esguinces de mano, según lo estudiado por Briner y Kacmar (1997). Los mismos autores sugieren en su conclusión que competir en arena podría llegar a reducir el riesgo de lesiones (Briner y Kacmar, 1997).

Como se explicó brevemente con anterioridad, en Gaudino, et al. (2013) se analizaron las diferencias entre correr a máxima velocidad en arena, césped y césped artificial, obteniendo resultados que indican que al realizar una carrera a máxima velocidad en la arena, disminuye significativamente la velocidad, aceleración, amplitud de zancada, tiempo de vuelo, potencia mecánica (*mechanical power*), eficiencia mecánica y la rigidez, mientras que aumenta el tiempo de contacto, el costo de energía, la potencia metabólica (*metabolic power*) y la desaceleración. A su vez, se ha estudiado las características técnicas de movimientos como la marcha, carrera y salto sobre la arena, encontrando diferencias técnicas (en comparación con el suelo duro) en su dinámica, cinemática y energética, tal como expresan Tilp, Wagner y Müller (2008).

Sobre los cambios producidos por el correr descalzo y en calzado minimalista, Perkins, Hanney y Rothschild (2014) realizaron un metaanálisis que arrojó los siguientes resultados: existe evidencia científica moderada que supone que al correr descalzo en comparación con calzado existe una disminución de la máxima reacción vertical contra el suelo, menor momento de extensión y absorción de fuerza en la rodilla, menor dorsiflexión de pie y tobillo en el contacto inicial, menor tiempo de contacto, menor amplitud de zancada y mayor frecuencia, y un incremento en la flexión de rodilla al contacto con el suelo. De igual manera, la evidencia alcanza tan sólo niveles moderados, por lo que no se realizaron conclusiones definitivas sobre los beneficios o riesgos de correr descalzo o con calzado minimalista o no, debido a la falta de evidencia de alto nivel de calidad.

Thompson, Gutmann, Seegmiller y McGowan (2014) hallaron que ante la misma amplitud de zancada no se observaron diferencias en las variables cinéticas evaluadas al correr con calzado, o sin él; por lo que suponen y están convencidos de que el simple hecho de correr descalzo no disminuye el riesgo de lesiones provocadas por el alto nivel de reacción contra el suelo en el contacto inicial, sino que lo que hace que ello disminuya, es la disminución de la amplitud de la zancada. En otra publicación, encontrándose en

concordancia con lo expresado en la frase anterior, se explicó que al disminuir la zancada se reduce sustancialmente la carga hacia las caderas y las rodillas, pudiendo aportar beneficios en la prevención y tratamiento de las lesiones más comunes de la carrera (Heiderscheit et al., 2011).

En otro estudio realizado por Aibast (2017) analizaron la estructura y función del pie en niños y adolescentes de Kenia que habitualmente están descalzos y calzados, encontrando que el grupo que habitualmente se encuentra descalzo tiene mayor fuerza en el pie, mayor arco plantar y menor prevalencia de lesiones en miembros inferiores, entre otros hallazgos, sugiriendo post análisis que las condiciones de calzado pueden impactar en la estructura, función y salud general del pie.

Considerando lo expuesto con anterioridad, surge la propuesta intentando conocer qué sucede con la técnica de carrera en voleibolistas que usualmente entrenan y compiten calzados en suelo duro, en comparación con aquellos que lo realizan descalzos en la arena, teniendo como hipótesis que el hecho de entrenar en estas condiciones diferentes va a adaptar la técnica de carrera (aunque no se entrene para ello) de manera similar a lo encontrado en otras publicaciones cuando se comparan carreras y corredores descalzos y calzados, en suelo y arena.

Por tanto, el objetivo del estudio es analizar las diferencias en la técnica de carrera de voleibolistas de playa y pista.

## **2. ENCUADRE TEÓRICO**

### **2.1. Voleibol**

Los autores Magalhães, Inácio, Oliveira, Ribeiro y Ascensão (2011) definen al voleibol playa como un deporte intermitente jugado por dos equipos en un espacio delimitado de arena y que demanda *rallies* cortos pero explosivos, alternados por pausas o períodos de menor demanda física. Estas demandas ocurren de manera similar en el voleibol pista (Trajkovic, Sporiš y Krističević, 2016).

Los jugadores de voleibol previo al salto para realizar el remate o bloqueo, realizan una carrera de aproximación que beneficia al altura del mismo, ya que se genera cierta cantidad de fuerza, dependiente de la velocidad horizontal, que al contactar con el suelo previo a la batida y activándose el ciclo de estiramiento-acortamiento, se incrementan los almacenamientos de energía en los componentes elásticos del músculo para luego liberarse al extenderse para el salto, como lo explica Valadés, Palao y Bermejo (2013). Por consiguiente, cuanto mayor sea la velocidad de aproximación y la capacidad de acumular energía en los componentes elásticos del músculo, mayor ventaja se tendrá para el salto y



posterior remate o bloqueo de balón. De esta manera, la carrera previa al salto cobra cierta relevancia en el entrenamiento de voleibolistas.

De manera global, podemos decir que las características técnicas y los gestos motores son similares en ambas modalidades. De igual manera, podemos encontrar diferencias, tal como mencionan Tilp, Wagner y Müller (2008), quienes estudiaron en voleibolistas de élite (los cuales participaron en el campeonato Austrian Beach Volleyball) la técnica del remate y sus tres pasos previos de aproximación, comparando su realización en suelo con la de arena. Se encontraron diferencias significativas en la amplitud de zancada entre paso y paso (distancia entre los marcadores de izquierda o primer paso, y derecha o segundo paso), siendo menor en playa, así como menor velocidad, menor altura de salto y mayor tiempo de pasaje de excéntrica a concéntrica (previo al salto) para el remate en playa (Tilp, Wagner y Müller, 2008).

## **2.2. Carrera**

Podemos diferenciar los tipos de pisada en corredores, en función a la parte del pie que contacta primero con el suelo. Encontramos los corredores de retropié, aquellos que aterrizan con el talón o la tercera parte trasera de la suela, los de mediopié son aquellos que aterrizan con la parte de la mitad de la suela o bien toda la suela al mismo tiempo, mientras que los de antepié son los que aterrizan con la mitad o parte delantera de la suela, sin apoyar el talón en ningún momento (Hasegawa, Yamauchi y Kraemer, 2007).

Existen diferencias cinemáticas en cada una de estas pisadas. Sobre ellas, en un meta análisis realizado por Almeida, Davis y Lopes (2015), se concluyó que los corredores de retropié tienen una mayor tasa de carga vertical en el contacto inicial con el suelo.

Un estudio de cohorte transversal realizado en corredores recreacionales de San Pablo (n=514) analizó el tipo de pisada que los mismos tenían, en una situación de no competencia, a una velocidad autoseleccionada confortable, con calzado deportivo convencional y en una superficie dura, encontrando que: el 95,1% aterrizaban con retropié (mayor prevalencia en mujeres), 4,1% mediopié y el 0,8% con antepié (Oliveira, Tirrotti, Parma y Dias, 2015). Sobre el mismo tema, se estudió la pisada en corredores de élite (media maratón), encontrando que el 74,9% contactaba con retropié, el 23,7% con mediopié y el 1,4% con antepié (Hasegawa, Yamauchi y Kraemer, 2007).

Al correr aterrizando con retropié, se contacta con la parte lateral del talón y en ligera supinación, para luego, entre el contacto inicial y el 20% de la fase de apoyo, irse pronando y mantener dicha posición entre el 55 y 85% de la fase de apoyo, ocurriendo los máximos grados de pronación entre el 35% y 40% de dicha fase, es decir, cuando el total del centro de masa pasa por la base de sustentación (Rodgers, 1988). Como describe el mismo autor, Rodgers (1988), el fin de la pronación marca el fin de la fase de apoyo anterior o

amortiguación y el comienzo de la fase propulsiva o de impulso, si utilizamos la clasificación de las fases de la carrera de Müller y Ritzdorf (1996). Luego de dicha posición, el pie comienza a supinarse y vuelve a la posición neutral entre el 70% y 90% de la fase de apoyo, para luego asumir una posición supina previa el despegue del mismo de la superficie de apoyo (Rodgers, 1988).

Profundizando un poco más sobre la biomecánica del pie y tobillo, durante la marcha y luego del apoyo completo se genera una flexión dorsal del tobillo, generando un rodamiento anterior de la tibia y peroné sobre el astrágalo, y a su vez, previo a la fase de despegue del talón, la articulación subastragalina realiza una pronación en relación al pie, para posteriormente moverse en supinación continuando con el despegue del talón (Frankel y Nordin, 2003). En cambio, al compararlo con la carrera, al momento del primer contacto del talón, se pasa directamente a una flexión dorsal, lo que genera una mayor pronación de la articulación subastragalina y una menor supinación (Sheila, Dugan, Krishna y Bhat, 2005).

En el ámbito de la prevención de lesiones, el máximo grado de pronación y la velocidad máxima de pronación es un factor importante a tener en cuenta. Según un estudio realizado por Messier y Pittala (1988), el cual analizaba la técnica de carrera en corredores con diferentes lesiones, se encontraron mayores niveles de pronación en corredores con fascitis plantar (en comparación con el grupo control), así como mayores niveles de pronación y velocidad de pronación en corredores con síndrome de estrés medial tibial, siendo la velocidad de pronación un factor etiológico importante en el desarrollo de la lesión.

Los valores de pronación para el grupo control (expresado en grados,  $\text{media} \pm \text{desvío estándar}$ ) fueron de  $-6.13 \pm 0.86$ , teniendo en cuenta que se tomaron como valores positivos los de supinación y negativos a los de pronación, normalizando el ángulo a el posicionamiento de la articulación en posición de bipedestación neutra, mientras que, para la velocidad máxima de pronación (expresado en  $\text{grados/segundo}^{-1}$ ,  $\text{media} \pm \text{desvío estándar}$ ), en el grupo control fue de  $-424.30 \pm 44.17$  (Messier y Pittala, 1988).

En una investigación realizada por McClay y Manal (1997), se clasificó a los voluntarios en dos grupos según su tipo de pronación al correr: se consideró, según la bibliografía consultada, como mecánica normal del pie a aquellos con valores picos de pronación entre  $8^\circ$  y  $15^\circ$ , mientras que a los pronadores se los consideró como aquellos cuyos valores eran superiores a  $18^\circ$ . Se concluyó que una pronación excesiva podía irrumpir la cinemática normal del tobillo y la rodilla, llevando a incrementar la tensión en los tejidos blandos de la rodilla o las fuerzas de torsión sobre la tibia, llevando a una excesiva rotación interna de la rodilla (McClay y Manal, 1997).

En un estudio experimental de 12 semanas, aplicado a corredores sin experiencia en la carrera descalzo, realizaron un entrenamiento donde recibieron un volumen progresivo de

carrera sin calzado, encontrando diferencias en el post test sobre el tipo de pisada, con una tendencia hacia el mediopié, y el ángulo de inversión al aterrizar, con una tendencia hacia la neutralidad, es decir: disminuyó el ángulo de supinación en el primer contacto (Latorre, García, Soto y Muñoz, 2016).

Por otro lado, Squadrone y Gallozzi (2009), plantean que en el tiempo transcurrido entre primer contacto del pie con el suelo hasta que se despega, es decir, el tiempo de contacto, no se presentan diferencias significativas entre corredores descalzos y con calzado deportivo. A su vez, manifiestan una diferencia significativa en la amplitud de zancada (distancia entre el primer y segundo apoyo para el mismo pie) y la frecuencia de zancada (cantidad de pasos por minuto) en una relación inversamente proporcional, es decir, que cuando los sujetos de la muestra corrieron descalzo, presentaron una menor amplitud y mayor frecuencia de zancada, y viceversa para los que corrieron con calzado minimalista y de carrera (Squadrone y Gallozzi, 2009).

Para analizar la carrera, tradicionalmente se ha tenido que recurrir a situaciones de laboratorio o experimentales, lo que limita las posibilidades de generalizar los resultados a condiciones más naturales de la misma (Koldenhoven y Hertel, 2018). El objetivo del estudio mencionado anteriormente se buscó validar los resultados obtenidos del instrumento de análisis de carrera Runscribe, comparando los resultados del mismo con los resultados de un análisis de captura en 3D, encontrando excelentes coeficientes de correlación intraclase (ICC) para las variables de máxima velocidad de pronación, tiempo de contacto, tiempo de ciclo, mientras que la excursión de la pronación encontró un coeficiente de correlación no tan bueno (Koldenhoven y Hertel, 2018).

El instrumento Runscribe, utilizado para medir variables en la carrera, fue validado para las variables de tiempo de contacto, amplitud de zancada, frecuencia, grados de pronación y máxima velocidad de pronación en corredores que aterrizan con antepié, obteniendo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.98, 0.82, 0.98, 0.78 y 0.9 respectivamente (Giambrone, 2017). El mismo estudio analiza la validación del instrumento según la forma de colocarlo en el calzado, encontrando que los resultados más reales se recogieron cuando se colocaba en el talón del zapato en comparación con los cordones del (Giambrone, 2017).

El análisis de diferentes variables de la técnica de carrera en la literatura, también se ha llevado a cabo mediante software de análisis de imágenes, como lo es el Kinovea. El mismo, estas son algunas de las investigaciones en las que fue utilizado como método estándar de oro, para comparar y validar nuevos métodos de análisis de ciertas variables: Giambroni (2017), Ogueta, Morante, Rodríguez, García (2013), Padulo, Vando, Chamari, Chaouachi, Bagno, Pizzolato (2015).

Esperamos encontrar diferencias en la técnica de carrera en los dos grupos, debido a que las condiciones de entrenamiento son diferentes y por tanto, las adaptaciones serán en mayor medida específicas a la superficie en la que entrenan. Por tanto, esperamos encontrar una menor amplitud de zancada, menor amplitud entre paso y paso, mayor frecuencia, mayor tiempo de contacto, menor ángulo interno de la rodilla al momento del aterrizaje (es decir, mayor flexión de rodilla), mayor tendencia a la pisada con mediopié y retropié, menor excursión de la pronación y menor velocidad máxima de pronación en el grupo de voleibol playa. También esperamos encontrar una menor velocidad media en los dos primeros pasos de la carrera de velocidad en el grupo de voleibol playa. A su vez, al utilizar una superficie neutra, como lo es la cinta de correr, esperamos que los atletas adapten los patrones de carrera en base a las adaptaciones surgidas de la superficie en la cual entrenan.

### **3. MÉTODO**

Se trata de una investigación de diseño transversal de corte analítico con la comparación de dos grupos, atendiendo a la clasificación propuesta por Hernández, Fernández Collado y Baptista (2010).

Los criterios de inclusión que se tomaron fueron: al menos 2 años de práctica del deporte (playa o pista), últimos 6 meses de entrenamiento continuo en la misma modalidad y un mínimo de 6 horas de práctica semanal (incluida la competencia). En este último punto los jugadores de pista practicaron un promedio de 6 horas semanales (incluida competencia) y los de playa un promedio de 8 horas semanales (incluida competencia). Por otro lado, los criterios de exclusión del estudio fueron: lesión músculo esquelética en las últimas 6 semanas que impida el natural desarrollo de la carrera.

Los participantes, luego de haber firmado el consentimiento informado (ver Anexo I), tuvieron que rellenar un cuestionario auto administrado en el cual anotaron su sexo, fecha de nacimiento, deporte que realizaban, experiencia dentro de ese deporte y experiencia dentro del voleibol en cualquiera de sus modalidades. Luego se clasificaron según el deporte que practicaban en dos grupos: voleibol playa (n=7) y voleibol pista (n=6).

Se midió la talla parado de los participantes con un estadiómetro de pared marca Calibres Argentinos (precisión 0,1 centímetro) y la masa con una balanza digital marca Ohaus modelo SD200 (precisión 100 gramos), siguiendo el protocolo propuesto por Stewart, Marfell-Jones, Olds y de Ridder (2011). En base a las dos variables anteriores, se realizó el cálculo de Índice de Masa Corporal (IMC), siguiendo los estándares de la Organización Mundial de la Salud (Nuttall, 2015).

Se realizaron las siguientes pruebas a cada participante: 2 piques de velocidad de 10 metros en arena y suelo, carrera de velocidad autoseleccionada confortable de 10 minutos en arena, suelo y cinta de correr. Las pruebas de velocidad fueron realizadas a continuación de la carrera continua de la misma superficie. En su mayoría los participantes fueron evaluados en tres instancias diferentes (un día para cinta, suelo y arena), aunque hubieron 4 casos en los que se realizaron las pruebas de piso y arena o de cinta y arena el mismo día. El tiempo de descanso entre las pruebas fue el que el participante eligiera en base a su estado de fatiga, teniendo en cuenta que para comenzar las pruebas no debía de tener la percepción de estar cansado.

Las pruebas de arena se realizaron en la Playa Pocitos de Montevideo (Uruguay), dado que la arena se mantiene homogénea y esponjosa durante todo el año, las de pista, sobre el asfalto en la rambla de Montevideo y las de cinta en un caminador marca HK-1800 Home Electrical Treadmill.

Para las pruebas de carrera continua se les pidió a los voluntarios que corrieran a una velocidad autoseleccionada confortable, comenzando a contar los 10 minutos cuando ellos sintieran que llegaron a dicha velocidad. Para las carreras de velocidad se les solicitó a los voluntarios que se desplazaran a la mayor velocidad posible de cono a cono, en línea recta y que comenzaran cuando ellos eligieran. Los conos se encontraban separados a una distancia de diez metros y la cámara utilizada para registrar los datos se encontraba separada a la menor distancia posible (sin zoom) que lograra enfocar los dos conos.

En las pruebas de carrera continua de 10 minutos, se utilizó el instrumento de análisis de carrera Runscribe™ versión 1.7.0, el cual registraba las variables de la carrera. De ellas, las siguientes fueron analizadas: frecuencia (pasos por minuto), amplitud de zancada (distancia entre el apoyo de un pie hasta que vuelve a apoyarlo, expresada en centímetros), tiempo de contacto en izquierda y derecha (milisegundos), tipo de pisada (retropié, mediopié o antepié), excursión de pronación (rango total de recorrido articular que rola el pie desde el momento en el que contacta el suelo hasta el punto de máxima pronación; expresado en grados, donde el eje se encuentra perpendicular al suelo, supinación: positiva y pronación: negativa) y máxima velocidad de pronación en izquierda y derecha (grados por segundo).

Para el análisis de los piques en velocidad se dispusieron, en izquierda y derecha, marcadores (2x2cm de un color reflectante y visible) en la piel o ropa de los voluntarios en: tobillo (maléolo externo de la tibia), rodilla (cóndilo externo del fémur) y cadera (trocánter mayor del fémur). Realizaron la prueba dos veces, desplazándose de un cono a otro y viceversa, para que la cámara pudiera registrar ambos miembros. Para la captura de las imágenes se utilizó una cámara Casio Digital Camera Exilim ZR 1000 White EX-ZR 1000

WE (120 fps) fue colocada sobre un trípode a un metro de altura tan lejos de los conos como permitiera grabar los diez metros en su conjunto.

Para el análisis de todos los videos se utilizó el software Kinovea versión 0.8.15. Se registraron la velocidad media de los dos primeros pasos, las cuales fueron calculadas mediante el previo análisis de la amplitud y tiempo entre un contacto y el otro. Se tomó como inicio de la carrera el momento en el cual el pie trasero era despegado de la superficie, mientras que un apoyo comenzaba o terminaba en el primer momento en el cual el pie era contactado contra la superficie. La amplitud entre un paso y otro fue calculada utilizando la distancia entre el maléolo interno o externo entre el contacto inicial y final del paso calculado. También se registraron los primeros tres ángulos internos de la rodilla al momento de aterrizaje, realizando un promedio entre los tres para su análisis. Los ángulos fueron calculados por la intersección de las rectas proyectadas por el fémur (recta que pasa por el marcador de cadera y rodilla) y la tibia (recta que pasa por el marcador de rodilla y tobillo).

Para el análisis de datos estadísticos fue utilizado el software SPSS 25®. Se realizó a las variables el estudio de normalidad a través de la prueba Shapiro-Wilk. Para las variables que cumplieron con el supuesto de normalidad se las comparó a través de t de Student, mientras que para aquellas que no, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Para todos los análisis, se asumió un  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Participantes

Sobre las principales características de los grupos, encontramos en voleibol playa 3 personas de sexo femenino y 4 de masculino, de edad  $22 \pm 6$  y  $21 \pm 1$ , Índice de Masa Corporal (IMC)  $21,96 \pm 0,07$  y  $21,19 \pm 1,94$  respectivamente, mientras que en el de voleibol pista se incluyen 3 de sexo femenino y 3 de sexo masculino, de edad  $23 \pm 5$  y  $22 \pm 6$ , mientras que de IMC  $21,45 \pm 3,88$  y  $23,99 \pm 2,5$  respectivamente (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Características de los participantes

	Deporte							
	Voleibol Playa				Voleibol pista			
	Sexo				Sexo			
	Femenino		Masculino		Femenino		Masculino	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>Edad (años)</b>	22	6	21	1	23	5	22	6
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	21,96	0,07	21,19	1,94	21,45	3,88	23,39	2,50

<b>Experiencia en su modalidad deportiva (años)</b>	1,2		4,3		10,7		6,3	
---	-----	--	-----	--	------	--	-----	--

## 4.2. Pruebas de velocidad

En las carreras de velocidad, no se encontraron diferencias significativas entre las variables en comparación con las dos pruebas (sin discriminar por grupo), salvo en el promedio de los tres primeros ángulos internos de aterrizaje de la rodilla (Tabla 1.2).

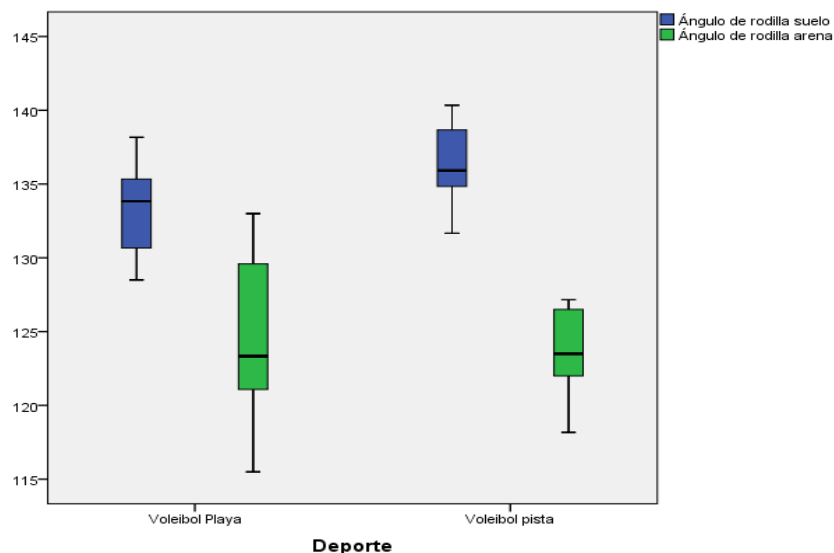
**Tabla 1.2: Análisis de las variables en las carreras de velocidad**

	<b>Deporte</b>			
	<b>Voleibol Playa</b>		<b>Voleibol pista</b>	
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>1.ª zancada arena (m/s)</b>	3,41	0,33	3,30	0,83
<b>2.ª zancada arena (m/s)</b>	3,65	0,54	3,89	0,46
<b>1.ª zancada suelo (m/s)</b>	3,48	0,54	4,34	0,90
<b>2.ª zancada suelo (m/s)</b>	4,25	0,45	4,58	0,90
<b>Ángulo de rodilla arena (°)*</b>	124,74	6,20	123,47	3,40
<b>Ángulo de rodilla suelo(°)*</b>	133,21	3,41	136,22	3,08

\*: entre los ángulos de rodilla en arena y ángulos de rodilla en suelo existen diferencias significativas.

Como se observa en el Gráfico 1.1, la diferencia entre el promedio del ángulo interno de la rodilla al aterrizar en los tres primeros pasos fue mayor ( $p < 0.05$ ) cuando el desplazamiento ocurrió en el suelo, en comparación con la arena, es decir, la rodilla presentó mayor flexión en el momento de aterrizar al desplazarse por la arena.

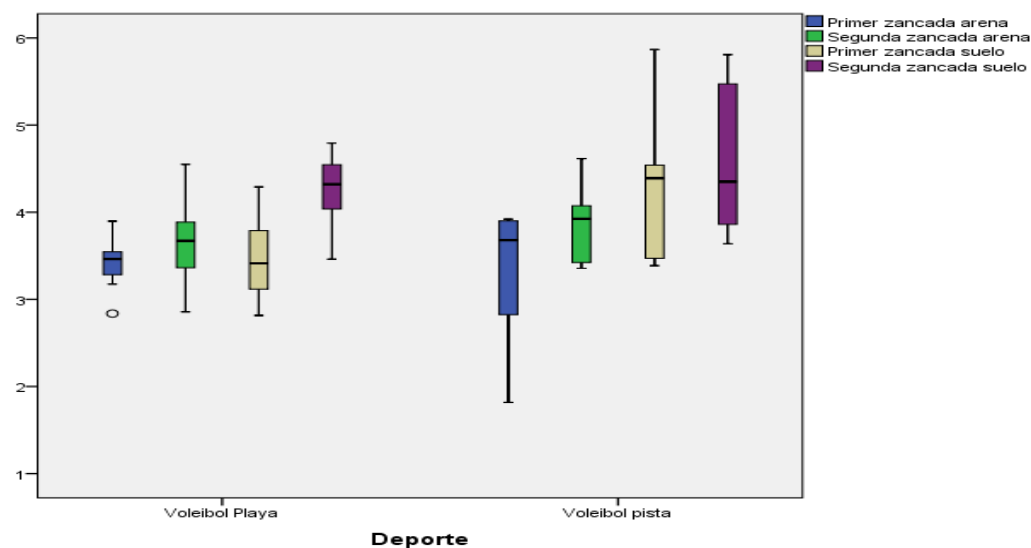
**Gráfico 1.1: Comparación entre los grupos del promedio de los tres primeros ángulos internos de la rodilla al aterrizar en las carreras de velocidad en suelo y arena.**



Eje y: ángulo expresado en grados.

En cuanto a los dos primeros pasos de la carrera de velocidad, como ya vimos, no se encontraron diferencias significativas entre la amplitud de los mismos (Gráfico 1.2).

**Gráfico 1.2: Diferencias entre los grupos en la velocidad media de los dos primeros pasos en las carreras de velocidad en suelo y arena**



Eje y: Velocidad media expresada en m/s.

### 4.3. Pruebas de carrera continua en arena

Para las variables de frecuencia, tiempo de contacto en izquierda, tiempo de contacto en derecha, velocidad máxima de pronación en izquierda y velocidad máxima de pronación



en derecha no se vieron diferencias significativas; sin embargo, para amplitud, excursión de pronación en izquierda y excursión de pronación en derecha, sí hubieron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.018$ ,  $p < 0.022$  respectivamente), como se puede observar en la Tabla 1.3.

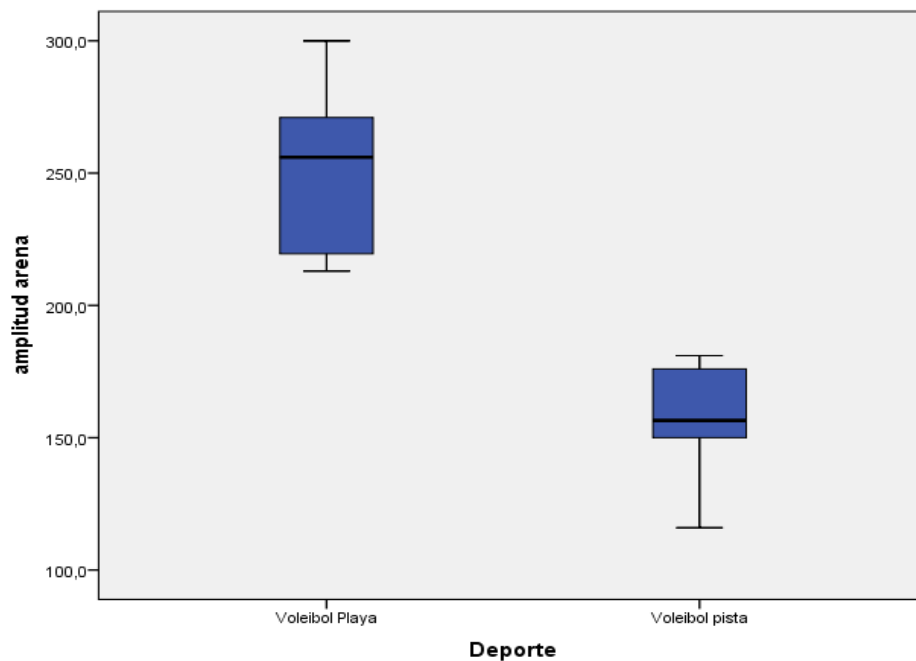
**Tabla 1.3: Análisis de las variables en la carrera continua en arena**

	Deporte			
	Voleibol Playa		Voleibol pista	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>frecuencia de pasos (pasos/minuto)</b>	160,71	6,85	157,17	5,34
<b>amplitud arena (cm)*</b>	250,00	33,40	156,00	23,44
<b>tiempo de contacto izq. arena (ms)</b>	323,00	35,59	326,00	34,30
<b>t contacto der arena (ms)</b>	316,43	41,36	332,50	41,79
<b>excursión de pronación izq. arena (°)*</b>	-6,47	3,69	1,73	5,51
<b>excursión de pronación der. arena (°)*</b>	-3,34	4,66	3,11	2,27
<b>velocidad máx. pronación izq. arena (°/s)</b>	391,57	254,22	399,00	270,63
<b>velocidad máx. pronación der. arena (°/s)</b>	358,00	156,46	383,83	121,41

\*:existen diferencias significativas entre ambos grupos.

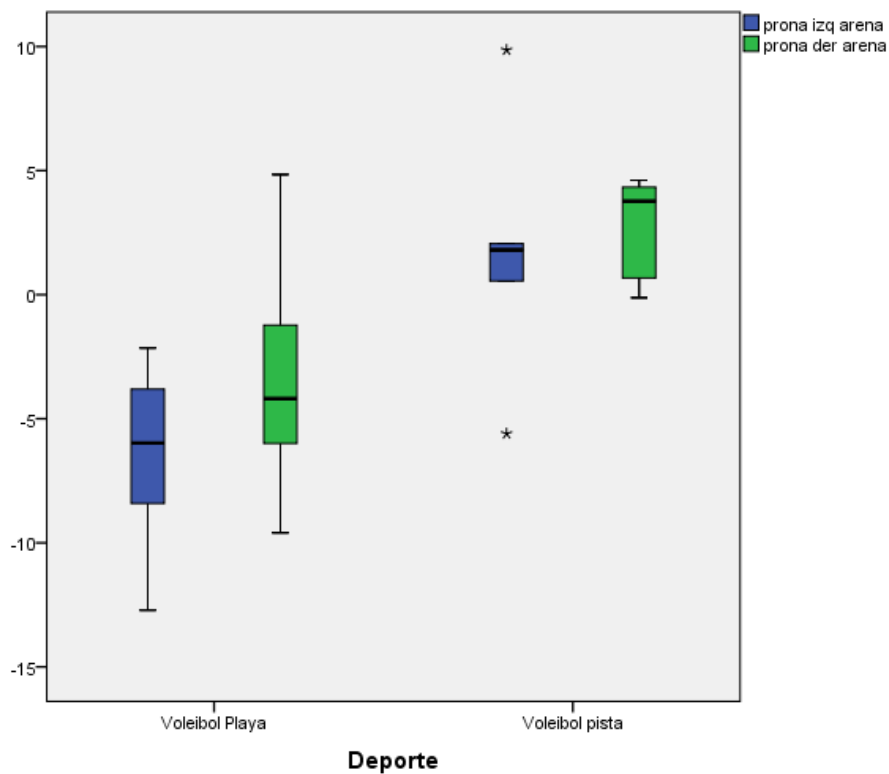
La amplitud de zancada fue mayor en el grupo de voleibol playa ( $p < 0.001$ ), y la excursión de la pronación en izquierda ( $p < 0.018$ ) y en derecha ( $p < 0.022$ ) fue menor para el mismo grupo, es decir, en el rolido del pie hacia la pronación, llegaban efectivamente hacia el pronado, mientras que el grupo de pista no lograba llegar al pronado, como podemos ver en los Gráficos 1.3 y 1.4, respectivamente.

**Gráfico 1.3: Análisis de la amplitud de zancada en la carrera continua en arena**



Eje y: amplitud de zancada expresada en cm.

**Gráfico 1.4: Análisis de la excursión de la pronación en izquierda y derecha en la carrera continua en arena**



Eje y: excursión de la pronación expresado en grados.

#### 4.4. Pruebas de carrera continua en suelo

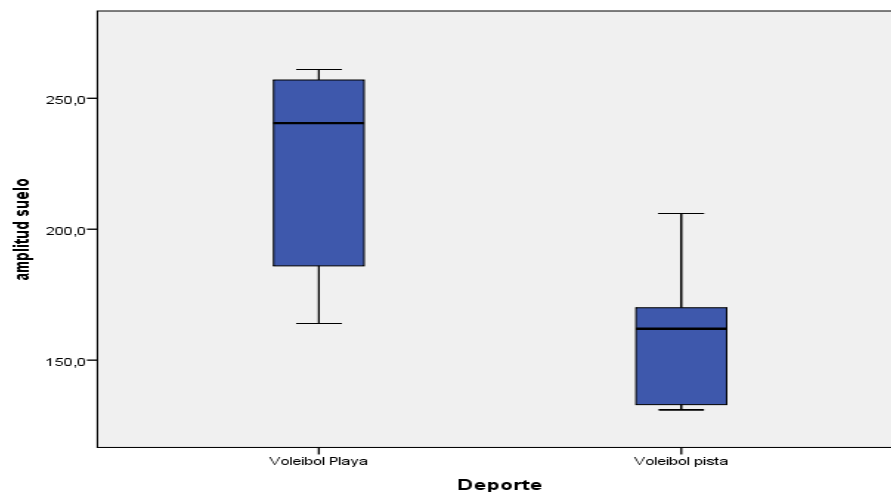
En esta prueba, como podemos ver en la Tabla 1.4 la única variable que mostro diferencias significativas fue la amplitud de zancada ( $p < 0,026$ ), siendo mayor en el grupo de voleibol playa (Gráfico 1.5).

Tabla 1.4: Análisis de las variables en la prueba de carrera continua en suelo

	Deporte			
	Voleibol Playa		Voleibol pista	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>Frecuencia (pasos/ minuto)</b>	160,3	5,6	158,2	5,6
<b>Amplitud zancada suelo (cm)*</b>	224,8	40,3	160,7	27,9
<b>Tiempo de contacto izq. suelo (ms)</b>	296,3	38,2	291,0	33,2
<b>Tiempo de contacto der. suelo (ms)</b>	297,0	34,3	280,0	40,5
<b>Excursión de pronación izq. Suelo (ms)</b>	-4,89	12,84	3,92	10,08
<b>Excursión de pronación der. Suelo (ms)</b>	-7,11	10,36	3,87	7,59
<b>Velocidad máx. pronación izq. suelo (°/s)</b>	676,7	207,9	824,8	147,3
<b>Velocidad máx. pronación der. suelo (°/s)</b>	715,2	193,8	802,8	253,3

\*: existen diferencias significativas entre ambos grupos.

Gráfico 1.5: Análisis de la amplitud de zancada en la carrera continua en suelo



Eje y: amplitud de zancada expresada en cm.

#### 4.5. Pruebas de carrera continua en cinta

Las variables de frecuencia, tiempo de contacto en izquierda, velocidad de pronación izquierda y derecha no presentan diferencias significativas. Si hubo para amplitud de zancada, tiempo de contacto en derecha, excursión de pronación en izquierda y derecha (Tabla 1.5).

Tabla 1.5: Análisis de las variables en la prueba de carrera continua en cinta

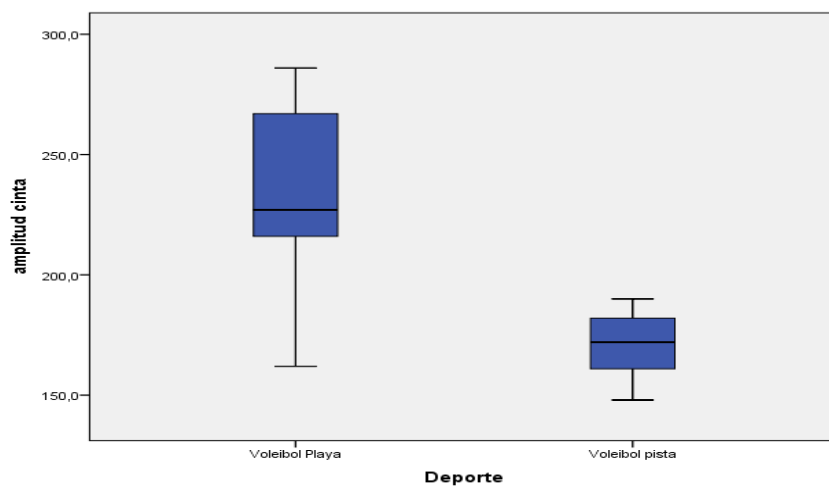
	Deporte			
	Voleibol Playa		Voleibol pista	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
<b>Frecuencia(pasos/minuto)</b>	154,1	3,3	151,3	8,2
<b>Amplitud de Zancada cinta (cm)*</b>	234,4	42,4	170,8	15,6
<b>Tiempo de Contacto izq. cinta (ms)</b>	351,4	40,3	311,0	37,3
<b>Tiempo de Contacto der. cinta (ms)*</b>	341,1	34,5	281,8	41,7
<b>Excursión de Pronación izq. cinta (°)*</b>	-14,41	3,50	9,31	7,88
<b>Excursión de Pronación der. cinta (°)*</b>	-14,08	4,15	7,30	7,50
<b>Velocidad máx. pronación izq. cinta (°/s)</b>	385,1	172,6	485,3	96,0

Velocidad máx. Pronación der. cinta (°/s)	399,6	179,9	493,7	246,1
---	-------	-------	-------	-------

\*: existen diferencias significativas entre ambos grupos.

La amplitud de zancada ( $p < 0,014$ ) nuevamente presentó diferencias significativas, siendo mayores en los voleibolistas de playa (Gráfico 1.6).

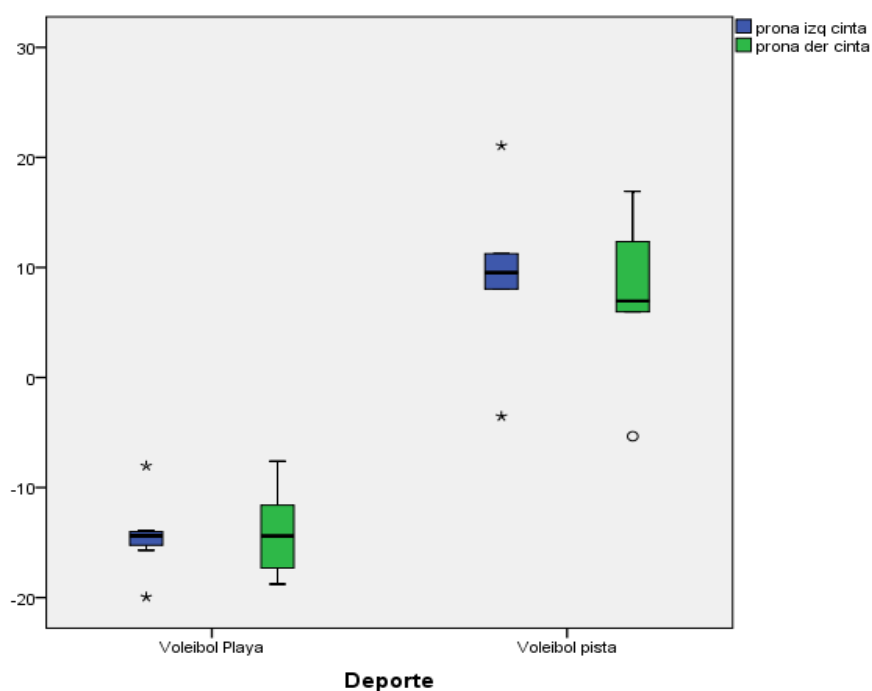
**Gráfico 1.6: Análisis de la amplitud de zancada en la prueba de carrera continua en cinta**



Eje y: amplitud de zancada expresada en cm.

La excursión de la pronación en izquierda ( $p < 0,001$ ) y derecha ( $p < 0,001$ ) también presentaron diferencias, siendo menor en los voleibolistas de playa. (Gráfico 1.7).

**Gráfico 1.7: Análisis de excursión de la pronación en la prueba de carrera continua en cinta**



Eje y: excursión de la pronación expresada en grados.

El tiempo de contacto en derecha ( $p < 0,035$ ) evidenció también diferencias, pero cuando se le realizó el promedio de la variable para las dos piernas y posterior análisis, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas.

#### 4.6. Comparación de las tres pruebas de carrera continua

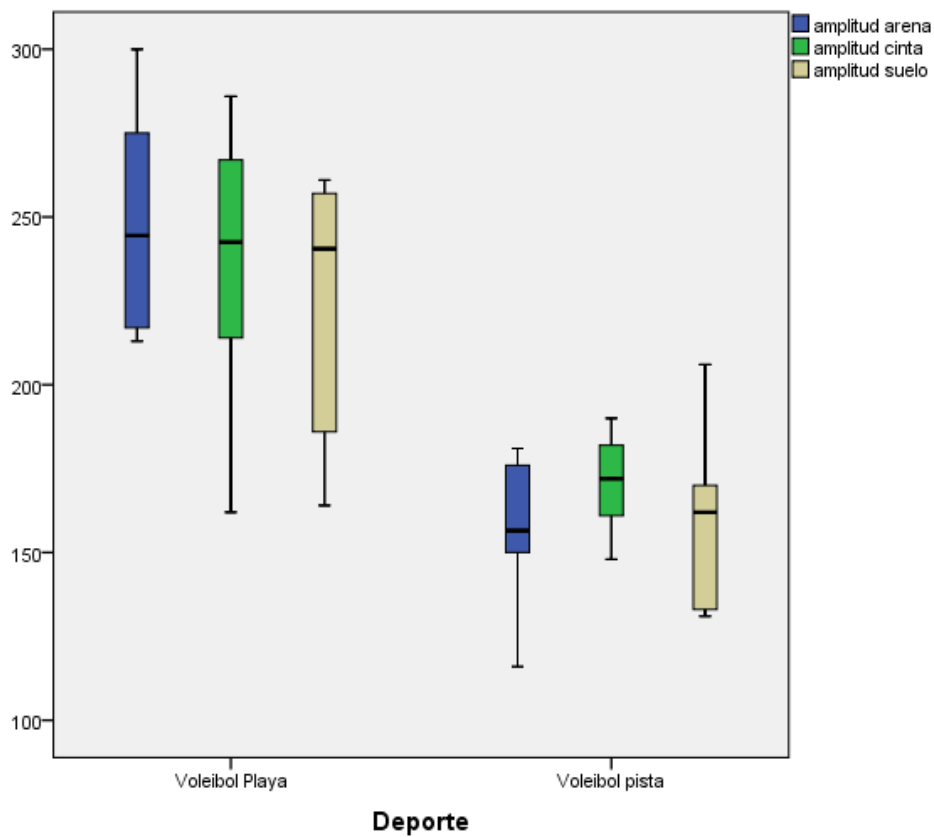
Al realizar la comparación entre las variables de las carreras en las tres superficies de prueba y sin discriminar por grupos, no se encontraron diferencias significativas (Tabla 1.6).

Tabla 1.6: Análisis de las variables para las tres pruebas de carrera continua

	Arena		Cinta		Suelo	
	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar
<b>frecuencia arena (pasos/min)</b>	159,1	6,2	152,8	5,9	159,3	5,5
<b>amplitud arena (cm)</b>	206,6	56,3	205,1	45,7	192,8	47,0
<b>Tiempo de contacto izq. arena (ms)</b>	324,3	33,5	332,8	42,8	294,2	34,4
<b>Tiempo de contacto der. arena (ms)</b>	323,8	40,6	313,8	47,6	288,5	36,9
<b>Excursión pronación izq. arena (°)</b>	-3,05	6,02	-3,46	13,55	-1,37	12,09
<b>Excursión pronación der. arena (°)</b>	-0,37	4,92	-4,22	12,45	-1,62	10,38
<b>Vel. Máxima pronación izq. arena (°/s)</b>	394,7	248,8	431,4	146,4	735,9	192,6
<b>Vel. máxima pronación der. arena (°/s)</b>	369,9	136,2	443,0	209,3	759,0	219,8

En el Gráfico 1.8 se compara la amplitud de zancada para las tres pruebas de carrera continua, según los dos grupos evaluados.

**Tabla 1.8: Amplitud de zancada en las pruebas de carrera continua según los grupos**



Eje y: amplitud de zancada expresada en cm.

#### 4.7. Tipos de pisada

Los resultados del tipo de pisada por grupo se encuentran en la Tabla 1.7. Dentro de cada celda se encuentran la cantidad de pies por grupo que contactaban de dicha manera.

En la prueba de arena, en ambos grupos se observa una tendencia hacia el mediopié, aunque el grupo de voleibol playa también tiende en mayor medida al aterrizaje con antepié en comparación con el de pista. En cinta, observamos una tendencia hacia la pisada en mediopié para el grupo de voleibol playa y hacia el retropié para el grupo de voleibol pista. Para las pruebas de suelo, ambos grupos tienden al aterrizaje con el mediopié.

**Tabla 1.7: Tipos de pisada para las tres pruebas de carrera continua**

	Deporte		
	Pisada	Voleibol playa	Voleibol pista
<b>pisada izq.</b>	antepié	4	0
<b>arena</b>	mediopié	3	5
<b>pisada der.</b>	antepié	5	2

<b>arena</b>	mediopié	2	4
<b>pisada izq. cinta</b>	antepié	1	0
	mediopié	4	2
	retropié	2	4
<b>pisada der. cinta</b>	antepié	2	0
	mediopié	5	1
	retropié	0	5
<b>pisada izq. suelo</b>	mediopié	4	3
	retropié	2	1
<b>pisada der. suelo</b>	antepié	1	1
	mediopié	4	3
	retropié	1	2

Los valores representan el número de pies apoyados de “x” manera.

## 5. DISCUSIÓN

En las pruebas de velocidad, no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables al comparar los dos grupos. Tampoco se encontraron diferencias cuando no se comparaban entre grupos, salvo para la variable de promedio de los tres primeros ángulos de aterrizaje de la rodilla. Estos resultados difieren con lo esperado, ya que cuando se compara la carrera de aproximación de voleibolistas en arena y superficie dura, en la primer superficie los movimientos son más lentos (Tilp et al. 2008).

La rodilla se comportó en la arena, de manera similar a lo encontrado en la literatura, ya que al correr descalzo, en el estudio de Pinnington, Lloyd, Besier y Dawson (2005), sobre carreras submáximas, la rodilla presentó mayor flexión al momento de contactar la arena en comparación con una superficie más dura.

La frecuencia de zancada, al igual que lo encontrado en Alcaraz, Palao, Elvira y Linthorne (2011) y Gaudino et al. (2013), permanece sin diferencias significativas, aunque difiere lo encontrado para la amplitud, ya que al comparar carreras de velocidad en arena con pista, en la primera se vieron menores distancias de zancada. Los autores, al explicar dicha reducción en la amplitud de zancada en arena, argumentan que ocurre debido a la disipación de las fuerzas tanto vertical como horizontal ejercidas por el atleta sobre la arena (Alcaraz et al. 2011).

Al realizar la estadística a las variables de frecuencia y amplitud de zancada, sin discriminar por grupos, no se encontraron diferencias significativas en la comparación de las tres pruebas de carrera continua. Estos resultados difieren con los encontrados en la literatura revisada. En el estudio realizado por Thompson, Gutmann, Seegmiller y McGowan



(2014), se encontró una menor amplitud de zancada, en la carrera descalzo ( $2,13 \pm 0,31$  m.) a velocidad autoseleccionada, en comparación con la carrera de los mismos sujetos con calzado deportivo ( $2,32 \pm 0,36$  m.). Resultados similares se encontraron en De Wit et al. (2000): correr descalzo resultó en una mayor frecuencia y menor amplitud de zancada en las tres velocidades analizadas, en comparación con correr calzado. De igual manera, los resultados para la variable frecuencia de pasos son similares a los encontrados en Squadrone y Gallozzi (2009). El hecho de que no exista diferencia en la variable de frecuencia podría estar explicado por las características propias del deporte, ya que no se precisan correr grandes distancias y las distancias recorridas son muy cortas, exigiendo amplitudes más cortas y mayor frecuencia.

Al discriminar por grupos, la frecuencia se comportó sin diferencias estadísticamente significativas, pero la amplitud mostró mayores resultados en el grupo de voleibol playa. Estos resultados contradicen nuestra hipótesis fundamentada en los valores encontrados en las carreras de individuos que habitualmente corren descalzos y en arena. Sin embargo, este resultado podría ser un indicador de una mayor eficiencia en la propulsión ocurrida en la fase de contacto. Una posible hipótesis de esta afirmación podría ser que los voleibolistas de playa son capaces de aplicar una mayor fuerza en la fase de propulsión. Además, y específicamente para la prueba de arena, la especificidad propia de la superficie en la cual entrenar y compiten, puede haber resultado en que haya mayores diferencias ( $250 \pm 33.40$ ,  $p < 0,001$ ) que con las demás superficies. Viceversa para el grupo de voleibol pista en la carrera en suelo, que por más que muestra diferencias significativas, éstas son menores ( $160.7 \pm 27.9$ ,  $p < 0,026$ ) que en las demás pruebas.

En Braunstein et al. (2010) analizaron el tiempo de contacto, entre otras variables, al correr descalzo y con diferentes calzados, encontrando que al correr sin calzado se tenía menor tiempo de contacto. A su vez, Alcaraz et al. (2011), explican que las propiedades de deformación sumadas a la menor velocidad horizontal, hacen que en la carrera en arena, se tenga un mayor tiempo de contacto. En Gaudino et al. (2013) también se encontraron mayores tiempos de contacto en arena en carreras de velocidad, en comparación con una superficie más dura (pasto natural). Nuestro estudio difiere con estos argumentos, ya que no se encontraron diferencias significativas en el tiempo de contacto para ninguna de las pruebas, salvo para el pie derecho al correr en cinta, que al promediar con los dos pies, eliminaba dichas diferencias. De igual manera, se logra observar una tendencia a tener mayor tiempo en el grupo de playa, coincidiendo estos resultados con lo encontrado en Gaudino et al. (2013). Una posible explicación podría ser que el tiempo de la prueba fue demasiado corto para mostrar valores más reales a la carrera de los sujetos. Otra posible causa, podría ser que las características del deporte y las condiciones de su entrenamiento no permitan generar adaptaciones en la variable tiempo de contacto.

Los valores de excursión de la pronación no presentaron diferencias significativas en las tres pruebas de carrera continua cuando no se discriminaba por grupo. Al realizar la estadística en los dos grupos, encontramos que la misma fue menor para las pruebas de cinta y arena en el grupo de voleibol playa. Esto quiere decir, que el pie tenía un mayor recorrido en relación al rodamiento ocurrido entre el primer contacto en supinación y el fin de la fase de amortiguación, es decir, cuando se llega al máximo grado de pronación. La pronación está muy relacionada a la absorción de las fuerzas de impacto que se generan al correr (Migg, 2001). Al estar los resultados del grupo de pista en número positivos, podríamos inferir que el rodamiento dado en el pie, no es lo suficientemente amplio para alcanzar valores de pronación (ya que el eje 0 se encuentra perpendicular al suelo), pudiendo resultar en un indicador de rigidez o falta de control en el pie. Una posible explicación de esta hipótesis, puede ser el hecho de que los voleibolistas de playa, al entrenar descalzos, estimulan los sensores del pie, requieren de mayor movilidad en las articulaciones del mismo y de mayor fuerza para adaptarse a la superficie tan moldeable, como lo es la arena; en cambio, los de pista, al utilizar calzado limitan el movimiento de las articulaciones del pie, minimizan la estimulación a los sensores del mismo y al utilizar una superficie dura y plana, no requieren de adaptar la pisada a un terreno cambiante.

Al tener mayores niveles en la excursión de la pronación en el grupo de playa, sumados a que los resultados en la excursión dan valores positivos, se puede inferir que el grupo de playa tiene mayores grados de pronación. En Messier y Pittala (1988) se encontraron mayores niveles de excursión de la pronación para los grupos de corredores con lesiones. De igual manera, se tendría que evaluar específicamente los valores de máxima pronación, además de evaluar los posibles riesgos de lesión para el grupo de pista, quienes obtuvieron valores positivos (+) en la excursión de la pronación.

La velocidad máxima de pronación tampoco se comportó de manera diferente en las tres pruebas de carrera continua cuando analizamos los datos en conjunto. Este hecho también ocurrió cuando se comparaban los dos grupos, aunque se puede observar una tendencia a que la variable sea mayor en el grupo de voleibol pista. En el mismo estudio de Messier y Pittala (1988), se obtuvieron menor valores de velocidad máxima de pronación ( $424.30 \pm 44.17$ ) para el grupo de corredores sin lesión, en comparación con el grupo de corredores con fascitis plantar ( $500.25 \pm 61.35$ ), síndrome de fricción de la banda iliotibial ( $524.25 \pm 63.49$ ) y síndrome de estrés tibial medial ( $587.35 \pm 60.69$ ). Una posible explicación para estos resultados, puede ser lo explicado en los párrafos anteriores: el hecho de que al no utilizar calzado y precisar de mayor estabilización y adaptación a la superficie de la arena, el grupo de playa desarrolle mayor fuerza, estabilidad y control sobre las articulaciones y músculos que rodean el pie.

El grupo de playa, para la prueba de arena, cinta y suelo obtuvo una tendencia hacia la pisada en mediopié, y para la prueba en arena hubo una tendencia menor también, hacia el antepié. El de pista, obtuvo una tendencia hacia el mediopié en arena y suelo, así como una tendencia hacia el retropié en la cinta. El hecho de la tendencia hacia la pisada en mediopié en arena, se relaciona con lo encontrado en la literatura sobre el tipo de pisada en corredores descalzos: Larson (2014), Latorre et al. (2016), Perkins, Hanney y Rothschild (2014). Las adaptaciones en agudo ocurridas al correr descalzo, sumado a las exigencias en la adaptación de la pisada por la inestabilidad de la superficie, pueden llegar a explicar los resultados obtenidos.

Sobre los resultados en cinta, se comportaron similar a lo esperado ya que suponíamos que cada jugador iba a transferir las adaptaciones de su superficie y calzado de entrenamiento a la carrera en la cinta, debido a que es una superficie a la que ninguno de los participantes se encuentra adaptado; de esta manera, los de playa tendieron a contactar con mediopié y los de suelo con retropié, similar a los patrones de pisada encontrados en corredores habitualmente descalzos y habitualmente con calzado deportivo (Lieberman et al., 2010).

La tendencia en suelo, difiere a lo encontrado en la literatura, ya que se ha encontrado que la mayoría de los corredores aterrizan con retropié: Hasegawa et al. (2007), De Almeida, Saragiotto, Yamato y Lopes (2015). De igual manera, esperábamos encontrar en el grupo de playa una tendencia hacia el mediopié, debido a lo encontrado en Latorre et al. (2016).

De manera contraria a la hipótesis planteada, la velocidad media de los dos primeros pasos en la carrera de velocidad no mostró diferencias entre grupos ni entre superficies. Estos resultados parecen indicar que para la muestra dada, los voleibolistas de playa y pista no mostrarían diferencias en la velocidad, por más que en su deporte realicen la carrera de remate a diferentes velocidades (en arena más lento y en suelo más rápido). El ángulo de la rodilla al aterrizar tampoco mostró diferencias intergrupo, aunque sí entre superficies. Parece ser que para la muestra, las diferencias en el comportamiento de la rodilla en la carrera de velocidad estuvieron presentes debido a las características del terreno recorrido, y que las adaptaciones de las dos modalidades del voleibol no muestran diferencias para el comportamiento de la articulación en esta prueba.

En cuanto a las carreras continuas, la amplitud mostró diferencias significativas para las tres pruebas, pero contrariamente a lo esperado, ya que el grupo de playa obtuvo mayores distancias. Este resultado podría ser un indicador de mayor eficiencia en la fase de propulsión, ya que ante similar tiempo de contacto, el grupo de playa fue capaz de ejercer más fuerza. Una posible causa de esto, puede ser el hecho de que los voleibolistas de playa, se hayan adaptado a los requerimientos de desplazarse en la arena, ya que por sus

características, requiere de mayor energía y de una aplicación de mayor fuerza para correr, en comparación con superficies más duras. Otra variable que puede haber llegado a influir en estos resultados, es el hecho de que el grupo de playa entrena en promedio 2 horas más que el de suelo, por lo que pueden llegar a estar en mejor condición física.

Frecuencia de zancada en cambio, al no mostrar diferencias tampoco se comportó de la manera esperada. El hecho de que el deporte no requiere de carreras continuas ni tampoco sea un factor muy presente en los entrenamientos del mismo puede ser el factor causal de que dicha variable no se comportara de igual manera a la literatura sobre corredores descalzos y calzados, en suelo y arena. El tiempo de contacto tampoco fue una variable que se comportara diferente, por lo que no se ajustó a la hipótesis planteada, aunque en suelo y cinta se mostró una tendencia a que ésta sea mayor para el grupo de playa, tal como se esperaba. En arena no se mostró dicha tendencia, posiblemente por un mayor grado de adaptación y especificidad a la superficie en comparación con el grupo de pista.

La excursión de la pronación mostró valores más elevados en el grupo de playa, contrario a lo esperado. El grupo de pista arrojó resultados positivos en la excursión de la pronación, presentando valores atípicos, como si no llegaran, en el rodamiento del pie, hacia la pronación como tal: si pensamos que, los valores negativos se atribuyeron a la posición prona del pie, y los positivos a la posición supina. Una posible causa a estos resultados puede ser rigidez en el pie y falta de control sobre el mismo, que impida el normal rodamiento del pie durante la fase de apoyo de la carrera. Este aspecto podría tener un impacto negativo en la prevención de lesiones, debido a la no utilización de este movimiento para absorber fuerzas de impacto. Velocidad máxima de la pronación no tuvo diferencias significativas aunque se observó una tendencia a que sea mayor en el grupo de pista, como se predijo en nuestra hipótesis. Estos resultados podrían estar explicados por las exigencias en estabilidad y control de la articulación del tobillo y pie de la arena.

Teniendo en cuenta lo escrito en el párrafo anterior, podríamos recomendar el realizar parte del volumen de entrenamiento en los voleibolistas de pista, en la superficie de arena, con el fin de generar un mayor control sobre las articulaciones de pie y tobillo, mejorando así los valores de excursión de la pronación y velocidad máxima de pronación, con el objetivo de prevenir futuras lesiones en dichas articulaciones. De igual manera, se deberá evaluar cada caso y su relevancia, teniendo en cuenta los resultados de este estudio y lo encontrado en Binnie et al. (2015) y Trajković, Sporiš y Krističević (2016).

El tipo de pisada en parte se comportó de manera similar en ambos grupos para la prueba de arena (aquí el grupo de playa también mostró tendencia, en menor medida, al antepié) y suelo. El grupo de playa se comportó como era esperado, de manera opuesta a el de pista, ya que se esperaba mayor tendencia a retropié, sobre todo en suelo. En cinta se

pudo observar una tendencia hacia el mediopié en grupo de playa y retropié en el de pista, tal como se esperaba.

Las pruebas de cinta ampliaron las diferencias encontradas en suelo y arena para los grupos, afirmando nuestra hipótesis de que el hecho de correr en un medio al que ninguno de los participantes está adaptado, reflejaría los patrones de carrera que adquirió o modificó al estar en contacto con las características y entrenamientos de su modalidad deportiva. De esta manera, el grupo de playa tendió al mediopié, mientras que el de suelo al retropié; se observó una tendencia a tener mayores tiempos de contacto y menores velocidades máximas de pronación en el grupo de playa, y se encontraron diferencias en la excursión de la pronación, siendo mayor en el grupo de playa.

Relacionado al ámbito de la prevención de lesiones, el grupo de playa demostró tener mejor valores, debido a los resultados en el tipo de pisada y velocidad máxima de pronación. Excursión de la pronación también mostró resultados más profilácticos en el grupo de playa, si pensamos que el grupo de pista mostro valores positivos, dando a entender que el rodamiento del pie no alcanzaba valores pronos como tal. Por más que no podemos afirmar esta hipótesis, ni se estudió que impacto tenía este hecho sobre la absorción de las fuerzas de impacto, creemos que no es un buen indicador para la absorción de dichas fuerzas (pensando en el rol amortiguador de la excursión de la pronación). Por tanto, en cuanto a fuerza, estabilidad y control de las articulaciones de tobillo y pie, los jugadores de voleibol playa tenderían a tener mejores resultados que los de pista.

En cambio para la amplitud de zancada, los jugadores de playa al tener una mayor distancia, tendría mayores niveles de fuerza de reacción contra el suelo que disipar, pudiendo, al pensar en esta variable, tener mayor riesgo de generar lesiones de impacto en la carrera que los de pista.

La muestra del estudio es muy pequeña para admitir generalizaciones hacia el deporte o hacia los deportes de playa en comparación con pista. Las diferencias en el volumen de entrenamiento de cada grupo limita la posibilidad de comparar entre grupos, ya que es probable que tengan una condición física diferente. Otra limitación del estudio es la calidad de los resultados obtenidos, ya que se recogieron por un accesorio de uso comercial y a través de imágenes en 2-D. Resultaría interesante realizar futuras investigaciones con otros deportes para ver si los resultados se asemejan a los encontrados en este estudio. Además, la muestra debería extenderse para poder observar si los hallazgos de esta esta investigación permanecen, se amplían o disminuyen.

## 6. CONCLUSIÓN

El objetivo del estudio fue analizar las diferencias en la técnica de carrera de voleibolistas de playa y pista, teniendo como hipótesis, que dichas diferencias se asemejarían a los valores encontrados en estudios comparativos de carrera en arena y superficies más duras, y corredores con calzado y sin calzado. Se encontraron diferencias significativas para la amplitud de zancada en las tres superficies, siendo mayor en el grupo de playa, excursión de la pronación en arena y cinta, siendo mayor en el grupo de playa. Se encontraron tendencias en el tiempo de contacto y velocidad máxima de pronación, siendo mayor en los voleibolistas de playa. En cuanto al tipo de pisada, los de playa tendieron a aterrizar con mediopié en cinta y los de pista con retropié en la misma superficie. Sobre la velocidad media de las dos primeras zancadas, no se encontraron diferencias entre disciplina ni tampoco entre superficies, contrario a lo esperado. El comportamiento de la rodilla al aterrizar en los primeros tres pasos, solamente mostró diferencias entre superficies, aterrizando con mayor grado de flexión en arena.

Se encontraron diferencias en algunas de las variables analizadas, pero no de la manera esperada. Por tanto, al comparar la técnica de carrera, sea en continuo como en velocidad, no podríamos generalizar lo encontrado en otros estudios comparativos sobre corredores calzados y sin calzado, y corredores en arena y suelo. Sin embargo, al existir diferencias, podemos decir que podrían estar explicadas por las características de cada modalidad deportiva y su superficie. En el tipo de pisada, las tendencias parecen encontrar resultados similares para la prueba de cinta, a lo encontrado en corredores habitualmente calzados y habitualmente descalzos.

En base a los hallazgos del estudio sobre el control de la articulación del tobillo, podríamos recomendar parte del volumen de entrenamiento en voleibolistas de pista sobre la arena, con el objetivo de obtener un mayor control sobre las articulaciones del pie y tobillo, ya que podrían contribuir a minimizar las lesiones en dicha articulación, la más afectada del deporte.

## 7. REFERENCIAS

- Aibast, H., Okutoyi, P., Sigei, T., Adero, W., Chemjor, D., Ongaro, N., ... Pitsiladis, Y. (2017) Foot Structure and Function in Habitually Barefoot and Shod Adolescents in Kenya. *Curr Sport Med Rep* 16(6). 448-458.
- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L. L., Linthorne, N. P. (2011) Effects of a sand running surface on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *Biology of Sport* 28(2). 95-100.
- Almeida, M. O., Davis, I. S., Lopes, A. D. (2015) Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Ortophaedic & Sports Physical Therapy* 45(10). 738-755.
- Binnie, M. J., Dawson, B., Arnot, M. A., Pinnington, H., Landers, G., Peeling, P. (2015) Effect of sand versus grass training surfaces during an 8-week pre-season conditioning programme in team sport athletes. *Journal of Sports Sciences* 32(11).1001-1012.
- Braunstein, B.; Arampatzis, A.; Eysel, P.; Brüggemann, G. (2010). Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *Journals of Biomechanics* 43, 2120-2125.
- Briner, W., Kacmar L., (1997) Common Injuries in Volleyball. Mechanisms of Injury, Prevention and Rehabilitation. *Sports Med* 24(1). 65-71.
- De Almeida, M. O., Saragiotto, B. T., Yamato, T. P., & Lopes, A. D. (2015). Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? *Physical Therapy in Sport*, 16(1), 29-33.
- De Wit B.; De Clercq D.; Aerts, P. (2000). Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics* 33, 269-278.
- Dugan, S. A., Bhat, K. P. (2005) Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 16. 603-621.
- FIVB (2016). Official Beach Volleyball Rules 2017-2020. Recuperado de [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/RulesOfTheGame\\_BVB.asp](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/RulesOfTheGame_BVB.asp)
- FIVB (2016). Reglas Oficiales de Voleibol 2017-2020. Recuperado de [http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/RulesOfTheGame\\_VB.asp](http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/RulesOfTheGame_VB.asp)
- Frankel, V. H., Nordin, M. (2003) Biomecánica básica del sistema músculo esquelético. Tercera Edición. Madrid, España: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Gaudino P.; Gaudino C.; Alberti G.; Minetti A. (2013). Biomechanics and predicted energetics of sprinting on sand: Hints for soccer training. *Journal of Science and Medicine in Sport* 16, 271-275.





- Müller, H.; Ritzdorf, W. (1996). *¡CORRER! ¡SALTAR! ¡LANZAR! Guía oficial de la IAAF para la Enseñanza del Atletismo*. Desconocido: Asociación Internacional de Federaciones Atléticas. Recuperado de <http://atletismomdp.com.ar/wp-content/uploads/2017/02/libro-iaaf-correr-saltar-y-lanzar.pdf>
- Novacheck, T. F. (1998). The biomechanics of running. *Gait and Posture* 7, 77-95.
- Nuttall, F. Q. (2015) Body Mass Index. Obesity, BMI and Health: A Critical Review. *Nutrition Today* 50(3). 117-128.
- Ogueta, A., Morante, J. C., Rodríguez, J. A., García, J. (2013) Validation of a New Method to Measure Contact and Flight Times During Treadmill Running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(5).1455-1462.
- Olivera, M., Tirrotti, B., Parma, T., Dias, A. (2015) Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? *Physical Therapy in Sport* 16. 29-33.
- Padulo, J., Vando, S., Chamari, K., Chaouachi, A., Bagnò, D., Pizzolato, F. (2015) Validity of the MarkWiiR for kinematic analysis during walking and running gaits. *Biology of Sports* 32(1). 53-58.
- Palao, J. M., Valades, D., Ortega, E. (2012). Match Duration and Number of Rallies in Men's and Women's 2000-2010 FIVB World Tour Beach Volleyball. *Journal of Human Kinetics* 34, 99-104.
- Perkins K. P.; Hanney W. J.; Rothschild C. E. (2014). The Risks and Benefits of Running Barefoot or in Minimalist Shoes: A Systematic Review. *Sports Physical Therapy* 6(6), 475-480.
- Pinnington, H. C., Lloyd, D. G., Besier, T. F., Dawson, B. (2005) Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand. *European Journal of Applied Physiology* 94. 242-253.
- Rodgers, M. M. (1988) Dynamic Biomechanics of the Normal Foot and Ankle During Walking and Running. *Physical Therapy* 68(12).1822-1830.
- Squadrone, R., & Gallozzi, C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *J Sports Med Phys Fitness*, 49(1), 6-13
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., de Ridder, H. (2011) *Protocolo internacional para la valoración antropométrica*. Portsmouth, Reino Unido: Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría.
- Tam, N.; Prins, D.; Divekar, N. V.; Lamberts R. P. (2017). Biomechanical analysis of gait waveform data: exploring differences between shod and barefoot running in habitually shod runners. *Gait and Posture* 58, 274-279.

- Thompson M. A.; Gutmann A.; Seegmiller, J.; McGowan, C. P. (2014). The effect of stride length on the dynamics of barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics* 47, 2745-2750.
- Tilp, M., Wagner, H., Müller, E. (2008) Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics* 7(3). 386-397.
- Trajković, N., Sporiš, G., Krističević, T. (2016) Does training on sand during off-season improves physical performance in indoor volleyball players? *Acta kinesiológica* 10(1). 107-111.
- Valadés, C., Palao, A., Bermejo, J. (2013) Mecánica de ejecución del remate en voleibol. *Movimiento humano* 5. 33-51.

## 8. ANEXO 1: Consentimiento informado

### Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

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 conducida por Fernando Abdo y Darío García, bajo la tutela del Lic. Gustavo Bermúdez, del Instituto Asociación Cristiana de Jóvenes. La meta de este estudio es analizar la técnica de carrera en diferentes superficies y con diferentes calzados de deportistas de beach e indoor volleyball.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá completar una encuesta. Esto tomará aproximadamente cinco minutos de su tiempo. Luego se realizarán las siguientes pruebas: sprint en arena y suelo de 10 metros, carrera a una velocidad autoseleccionada confortable durante 10 minutos en suelo y arena, carrera a una velocidad autoseleccionada confortable en cinta.

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. Sus respuestas al cuestionario y las pruebas serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

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.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Fernando Abdo y Darío García. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es analizar la técnica de carrera en diferentes superficies y con diferentes calzados de deportistas de beach e indoor volleyball.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y realizar algunas pruebas físicas.

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 contactar a Fernando Abdo (098926360) o Darío García (098140356).

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. Para esto, puedo contactar a cualquiera de los teléfonos anteriormente mencionados.

-----  
Nombre del Participante  
(en letras de imprenta)

Firma del Participante

Fecha