

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**PRESIÓN PLANTAR Y POTENCIA DURANTE EL SERVICIO EN DOS GRUPOS
DE TENISTAS**

PROYECTO DE GRADO

JUAN FERNANDO NIETO R.
HECTOR ADOLFO SÁNCHEZ B.
LAURA DANIELA TÁUTIVA C.

UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y REHABILITACIÓN
PROGRAMA FISIOTERAPIA
CHÍA-CUNDINAMARCA

2016

**PRESIÓN PLANTAR Y POTENCIA DURANTE EL SERVICIO EN DOS GRUPOS
DE TENISTAS**

PROYECTO DE GRADO

JUAN FERNANDO NIETO R.
HECTOR ADOLFO SÁNCHEZ B.
LAURA DANIELA TÁUTIVA C.

ASESORADO POR:

FT. MG. ADRIANA CASTELLANOS
FT. MG. MARGARETH ALFONSO

UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y REHABILITACIÓN
PROGRAMA FISIOTERAPIA
CHÍA-CUNDINAMARCA

2016

AGRADECIMIENTOS

A las docentes Margareth Lorena Alfonso Mora y Adriana Lucia Castellanos Garrido por su asesoría y compromiso.

Al Director de tenis de campo Uber Valbuena del club Laverdieri y al profesor Fernando Suarez de la selección de tenis de la Universidad de La Sabana por su colaboración y disposición para la realización de las pruebas y recolección de datos.

A los integrantes de la selección de tenis de la Universidad de La Sabana, y jugadores de tenis del club Laverdieri por su disposición y colaboración durante el proceso.

CONTENIDO

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.0 MARCO DE REFERENCIA..... | 2 |
| 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 2.2 JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| 2.3 OBJETIVOS | 6 |
| 3.0 MARCO TEORICO CONCEPTUAL | 7 |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL..... | 7 |
| 3.2 MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4.0. MARCO METODOLÓGICO | 18 |
| 5. RESULTADOS | 26 |
| 6. DISCUSIÓN..... | 31 |
| 7. CONCLUSIÓN | 33 |
| 18. ANEXOS | 35 |
| 19. REFERENCIAS:..... | 39 |

PRESIÓN PLANTAR Y POTENCIA DURANTE EL SERVICIO EN DOS GRUPOS DE TENISTAS

Resumen: El tenis, también conocido como el deporte blanco, es una práctica deportiva, en donde la exigencia, no sólo física sino mental, es esencial para su desarrollo. El interés en cuanto al servicio de tenis ha aumentado en los últimos años, debido a que este movimiento implica la utilización de los diferentes segmentos del cuerpo de una forma sincrónica por cadenas cinéticas. El objetivo del presente trabajo de investigación fue establecer la diferencia entre la presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas. Se realizó un estudio de tipo cuantitativo descriptivo, en donde analizaron los datos numéricos y estadísticos obtenidos por medio de las plantillas Moticon® utilizando el software SPSS V. 21 Licenciado por la universidad de La Sabana. Los resultados del estudio mostraron que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las variables analizadas de forma comparativa entre el grupo de escuela de formación y el grupo amateur, de este modo se rechazó la hipótesis alterna, teniendo en cuenta que el valor $p > 0.05$.

Palabras clave: Tenis, deporte, fisioterapia, pie.

Abstract: Tennis, also known as the white sport, is a sport practice, where the requirement is not only physical but also mental, and essential for its development. Interest in the tennis service has increased in recent years, because this movement involves the use of different segments of the body in a synchronous way by kinetic chains. The objective of the present research was to establish the difference between plantar pressure, power and mass center during service in two groups of tennis players. A descriptive quantitative study was carried out, where they analyzed the numerical and statistical data obtained through the Moticon® insoles using the software SPSS V. 21 Licensed by La Sabana University. The results of the study showed that there was no statistically significant difference between the variables analyzed in a comparative way between the training school group and the amateur group, therefore the alternative hypothesis was rejected, taking into account that the p-value was > 0.05 .

Keywords: Tennis, sport, physiotherapy, foot

1. INTRODUCCIÓN

El servicio en el tenis ha recibido mucha atención de varios investigadores alrededor del mundo, debido a que este movimiento implica la utilización de los diferentes segmentos del cuerpo de una forma sincrónica por cadenas cinéticas; en el cual son determinantes factores de presión plantar y potencia; teniendo en cuenta que una buena producción de golpes comienza desde los pies; y la optimización de estos factores puede ser la diferencia en este gesto entre un deportista amateur y uno elite(1). Parte de esa popularidad del servicio en tenis puede deberse al continuo esfuerzo por identificar los factores asociados con el mejoramiento de la velocidad y/o las características biomecánicas que pueden influir en el mejoramiento de las habilidades del deportista(1). Se realizó un estudio de investigación cuyo objetivo fue establecer la diferencia entre la presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas, en donde se incluyeron diferentes variables físicas y antropométricas las cuales complementaban la investigación; se obtuvo como resultado que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las variables analizadas de forma comparativa entre el grupo de escuela de formación y el grupo amateur.

2.0 MARCO DE REFERENCIA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tenis, también conocido como el deporte blanco, es una práctica deportiva, en donde la exigencia no sólo física sino mental, es esencial para su desarrollo. Este deporte cada día adquiere más fuerza y los atletas que se dedican a esta disciplina están en la continua búsqueda de la perfección. El nacimiento del deporte de tenis data del Siglo XVII, gracias al coronel inglés Walter Clopton Wingfield, pero la actividad ya tenía un largo recorrido desde épocas que, según algunos descubrimientos, llega incluso a años de antigüedad, donde ya se practicaba este juego, pero al transcurrir los años fue monopolizado y modificado(2).

La técnica fundamental del tenis se basa en un patrón motor de golpeo, en el que se produce la colisión de dos objetos en movimiento (raqueta y pelota) con diferentes

características morfológicas y mecánicas practicada entre dos o cuatro jugadores en el terreno de juego, intentando ubicar la pelota en un lugar donde se dificulte su devolución, donde se ponen en juego adaptaciones relacionadas con la cantidad de fuerza, velocidad y sentido del giro de la pelota, y trayectoria a las diversas situaciones del juego. Estas situaciones de juego son: servicio, remate, golpe a una mano (derecha y revés), y golpe a dos manos (derecha y revés). Se trata de acciones que se ejecutan a elevada velocidad y en un corto espacio de tiempo, que requieren un componente de precisión debido a las limitaciones impuestas por las medidas de la pista, estas características hacen que el tenis sea definido como un deporte complejo dispuesto a principios que hacen referencia a las reglas internas del juego (reglamento), las reglas externas del universo (física universal), los principios del movimiento (mecánica), y las propiedades de los objetos con los que interacciona el deportista (biomecánica aplicada)(3).

El rendimiento en el tenis viene determinado principalmente por la ejecución del servicio con la mayor velocidad y precisión posible, debido a que este, es el único movimiento en el cual el jugador tiene control total sobre la sincronización, la velocidad, la dirección y la rotación de la pelota, sin ninguna influencia del opositor. Es también uno de los movimientos del gesto deportivo más complejos y requiere años de práctica para realizarlo con eficacia durante una competencia, por este motivo ha sido objeto de investigación desde diferentes disciplinas (4).

Hablando específicamente de la técnica del servicio de tenis, ésta ha recibido mayor atención en la literatura que los demás golpes, probablemente porque es el golpe más fácil para estudiar, pues se inicia desde una posición fija y el jugador tiene control total. Desde el punto de vista mecánico, se define como una acción de interacción entre dos objetos: raqueta – pelota, el cual se denomina choque o colisión. El objetivo principal se centra en la proyección de la pelota con la mayor velocidad posible y en la dirección adecuada para obtener el punto. El servicio incluye una sumatoria de fuerzas, secuenciadas en gran medida de manera proximal a distal (pies, piernas, tronco, brazo/raqueta); esto requiere una secuencia de movimientos coordinados con el ritmo adecuado de cada segmento(5).

Dentro de la parte biomecánica del saque en el tenis se puede analizar de manera general que se realizan los siguientes movimientos: el jugador lanza la pelota con la

mano izquierda con el pie izquierdo delante (si es diestro), realiza una leve flexión de tronco, y en secuencia extiende el hombro y golpea la pelota. Al iniciar el segundo pasó, se desplaza hasta quedar con los pies juntos, quedando la carga distribuida y colocándose perpendicular a la línea de eje, los dos brazos son llevados atrás en un movimiento de péndulo. El tercer paso consiste que al momento de golpear la pelota con la raqueta el brazo continúa su recorrido hacia abajo se realiza el movimiento de péndulo y en algunos casos hay un salto, con aterrizaje de semiflexión de rodillas y alerta para la carrera(6).

Adicionalmente se ha investigado acerca de la relación entre velocidad y precisión en la ejecución de diferentes habilidades motrices, variables que parecen ser muy relevantes para el rendimiento del servicio en el tenis, de ahí radican las principales diferencias en este gesto entre un deportista amateur y uno elite.

Definiendo un deportista amateur como el que practica su modalidad deportiva sin tener un carácter de profesional, es decir, se hace por placer, por gusto o por satisfacción personal, sin ánimo de lucro. Por otra parte los deportistas elites son los que se han dedicado al deporte como profesión, recibiendo lucro económico por esto(7).

Dentro de la biomecánica del servicio se han encontrado diferencias que podrían ser claves para el análisis de este en los deportistas elite, que debido a años de dedicación han logrado obtener mejorías en la mecánica corporal optimizando su desempeño en el campo. Según la literatura se han realizado electromiogramas de la extremidad inferior y han determinado los perfiles de la fuerza de reacción del suelo que caracterizan el servicio de tenis y hallaron que el saque de los jugadores de elite se distinguía del de los jugadores de nivel inferior por patrones de coordinación neuromuscular más refinados(8).

Estos patrones de coordinación neuromuscular, se ven reflejados al utilizar el cuerpo de manera fluida e integral contribuyendo a mejorar la potencia del golpe. Una buena producción de golpes comienza en los pies, fluye por las rodillas y piernas, usa la cadera, depende en parte del peso corporal y permite que la parte superior del cuerpo le impacte la pelota, todo esto dependiente del trabajo de cadenas cinéticas. De tal manera que una buena producción del servicio inicia en la base de sustentación, dado que la transmisión de cargas se produce de manera sincrónica a través de las

cadena muscular que facilitan la producción del gesto, teniendo en cuenta desde la base de sustentación variables como la fuerza de presión del pie, además la potencia y centro de masa durante el servicio que pueden llegar a ser la diferencia entre un deportista amateur y elite(9).

Es por esto que se desarrolló un proceso investigativo realizando un planteamiento donde se identificaron las diferencias entre los diferentes niveles de atletas tenistas con respecto a las variables mencionadas donde la pregunta de investigación fue:

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la diferencia en la presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas?

2.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se fundamentó en la teoría del movimiento como sistema complejo(10), integrando conceptos del medio en el que se desarrolla la persona para realizar una acción motora determinada(11). Haciendo referencia a la importancia del contexto y del ambiente ecológico para el desarrollo del movimiento corporal humano, planteada como una sumatoria de áreas físicas, motoras, orgánicas, funcionales y cognitivas en otras palabras es la unión de las características objetivas y subjetivas. Siendo el movimiento corporal la forma de interacción activa de la persona con el medio, es ahí donde los fisioterapeutas realizaron el análisis de la dinámica plantar de los jugadores de tenis durante la ejecución del servicio, para potenciar su rendimiento deportivo, viendo el movimiento corporal como la base en que se desenvuelve, en este caso sería el campo de tenis, siendo el fisioterapeuta en el área deportiva quien desde su objeto de estudio, uno de los profesionales que puede correlacionar estas variables. (10)

Para lograr esto se tuvo en cuenta que el movimiento corporal humano se puede abarcar desde muchos puntos de vista: psicológico, filosófico, sociológico, biológico, físico y anatómico. Tradicionalmente, el estudio que concierne a las bases biológicas y mecánicas del movimiento humano se conoce como "cinesiología". Abarca fundamentalmente los cuerpos de conocimiento de la anatomía, fisiología y mecánica. El conocimiento que se obtiene puede ser de gran utilidad para conocer los

mecanismos que subyacen en las adaptaciones neuromusculares al entrenamiento(5).En este sentido este trabajo será de gran utilidad para los tenistas que fueros estudiados, para entender el comportamiento del cuerpo durante la realización del servicio, teniendo así un punto de partida para mejorar el gesto deportivo, la eficacia en su ejecución, y parámetros que permitan disminuir el riesgo de lesión basado en el análisis, corrección y mejoría de cada una de las variables analizadas en el estudio. Adicionalmente en la revisión de literatura se evidenció la utilidad de realizar análisis de presiones plantares y de las fuerzas de reacción del suelo, utilizando nuevas tecnologías en cada deporte y así disminuir el riesgo de lesiones, no obstante estos estudios se encuentran ausentes en modalidades deportivas como el tenis a nivel nacional e internacional(5).

Por otra parte, con el desarrollo de este proyecto se realiza un aporte para el estudio biomecánico del gesto del servicio del tenis, con la utilización de nuevas tecnologías para la investigación; de este modo se garantiza una adecuada elección de intervenciones fisioterapéuticas que permiten potenciar el desempeño de los tenistas en la ejecución del gesto, y prevención de lesiones sin importar su nivel deportivo. Este estudio realiza una medición objetiva del comportamiento de la presión plantar durante el servicio y de este mismo modo puede ser utilizado de base para futuras investigaciones en este tipo de población ya sea desde el campo de la fisioterapia, las ciencias aplicadas al entrenamiento y demás ramas de la ciencias del deporte.

2.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer la diferencia entre la presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la presión plantar y potencia durante el servicio en tenistas amateur.
- Identificar la presión plantar y potencia durante el servicio en tenistas de escuela de formación.
- Caracterizar la condición física de los grupos a evaluar.
- Comparar el comportamiento de las variables estudiadas entre los dos grupos de tenistas.

3.0 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Gesto deportivo del tenis: El tenis como muchos otros deportes tiene características especiales las cuales permiten un buen rendimiento en el juego. A continuación se describen los gestos deportivos del tenis.

Servicio: Se inicia desde una posición fija y es el único sobre el que el jugador tiene control total, el saque incluye una sumatoria de fuerzas, secuenciadas en gran medida de manera proximal a distal (piernas, tronco y brazo/raqueta). Esto requiere una secuencia de movimientos coordinados con el ritmo adecuado de cada segmento.
(13)

Aceleración: Magnitud que expresa la variación de la velocidad en la unidad de tiempo, y cuya unidad en el sistema internacional es el metro por segundo cada segundo.(14)

Fuerza de reacción: La rapidez con la que se realiza cierto trabajo, en donde el trabajo es el producto de la fuerza ejercida sobre un objeto por la distancia que el objeto recorre en la dirección en la cual se ejerce la fuerza(15)

Presión plantar: Es el área de presión entre el pie y la superficie de apoyo durante las actividades cotidianas del aparato locomotor.(16)

Centro de masa: Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo.

Fisioterapia deportiva: conjunto de métodos, técnicas y actuaciones, que mediante el uso y la aplicación de agentes físicos previenen, recuperan y readaptan a personas con disfunciones del aparato locomotor, producidas por la práctica del deporte o ejercicio físico en sus diferentes niveles.

Deportista Amateur: el que practica su modalidad deportiva sin tener un carácter de profesional, es decir, se hace por placer, por gusto o por satisfacción personal, sin ánimo de lucro.

Escuelas de formación: Las Escuelas de Formación Deportiva se definen como estructuras pedagógicas que incluyen programas educativos extraescolares

implementados como estrategia para la enseñanza del deporte en la población inscrita en ellas, principalmente el niño, la niña y el joven, buscando su desarrollo motriz, cognitivo, psicológico y social, mediante procesos metodológicos que les permitan su incorporación a la práctica del deporte de manera progresiva.

3.2 MARCO TEÓRICO

Walter Clopton Wingfield fue el oficial inglés que adoptó el deporte, y por lo mismo es considerado el inventor del tenis moderno, provocando una escalada de modificaciones y masificación que, si bien es cierto mantuvieron a este juego como uno destinado a las clases sociales altas, de todas formas se ganó la aceptación y admiración por su ritmo y competitividad.(2) El tenis es definido como el juego practicado entre dos personas, que se lanzan alternativamente una pelota, utilizando raquetas, por encima de una red, con el propósito de que la otra parte no acierte a devolverla. Se caracteriza por tener varias habilidades específicas de las que depende la consecución del éxito en el resultado como lo son la técnica, táctica, estado físico y factores psicológicos.(14)

La técnica del servicio en el tenis, es una de las más investigadas desde la parte biomecánica, por ser una de las técnicas más explosivas con relación al tipo de fibras musculares que se deben reclutar para su ejecución y se clasifica de dos formas dependiendo del nivel de experticia del jugador.

La diferencia entre las dos ejecuciones básicamente son el tipo de cadena muscular que se usa: en la primera, el tenista hace flexo extensión de rodillas, gira un poco la cadera y tronco, lo que permite un impulso sobre brazo, y al finalizar el movimiento eleva los talones quedando en puntas asegurando que los pies queden uno por delante del otro y así evitar una interrupción del timing correcto de la rotación de cadera, esto le va a permitir un correcto control del movimiento, trabajando en cadena cinética cerrada para miembros inferiores y cadena cinética abierta.

En la segunda, el tenista se impulsa hacia arriba generando un pequeño salto, esto es debido a las fuerzas de impulsión dadas a partir de la rotación de brazo, al empuje hacia arriba del tronco y a la flexo-extensión de rodillas trabajando en cadena cinética cerrada en un solo miembro inferior (el que queda en apoyo en el suelo) y abierta en

el que eleva, y cadena cinética abierta en miembro superior para la segunda ejecución.

Dentro de cada ejecución, se observan las variaciones en cada segmento, entendiendo estas como los determinantes en la consecución de la transferencia de las fuerzas en la potencia del golpe, la trayectoria del lanzamiento de la bola, la velocidad y el impulso del golpe de raqueta, para al finalizar concluir cuál método es más eficaz y que determine una cierta ventaja para la competencia.(17)

En cuanto al análisis biomecánico del servicio de tenis se encuentran 3 fases y 8 sub fases, dentro de las cuales se encuentran:(18)

3.2.1. Fase de preparación:

Inicia desde el primer signo de movimiento hasta la máxima rotación externa del hombro. Que coincide con el punto en el que el punto de la cabeza de la raqueta apunta hacia el suelo. La fase de preparación a su vez se encuentra dividida en 3 sub fases, dentro de las cuales se encuentran:

- ✓ Liberación: desde el inicio de la fase con la pelota y la raqueta en reposo, hasta que la pelota es lanzada desde la mano que no realiza el servicio.
- ✓ Carga: desde la sub fase de liberación hasta una posición inferior del cuerpo en plena carga. Esta posición coincide con el codo más bajo en posición vertical y también con la flexión máxima de la rodilla.
- ✓ Amartillamiento: desde el fin de la subfase de carga hasta la máxima rotación externa de hombro, coincide con la punta de cabeza de la raqueta apunta hacia el suelo.

3.2.2. Fase de aceleración:

Empieza desde la máxima rotación externa del hombro hasta el contacto final de la pelota. A su vez esta fase cuenta con dos sub fases:

- ✓ Aceleración: desde el final de la subfase de amartillamiento hasta el contacto.
- ✓ Contacto: el periodo más corto en donde la raqueta impacta la pelota.

3.2.3. Fase de acompañamiento:

Empieza inmediatamente después del contacto con la pelota y continúa hasta el final del movimiento de servicio. Esta fase cuenta con dos sub fases:

- ✓ Desaceleración: después del contacto hasta la desaceleración de los miembros inferiores y el miembro superior del servicio.
- ✓ Finalización: El corto periodo al final de la desaceleración antes del movimiento inicial para preparar el siguiente golpe.

Para el presente estudio de investigación fue necesario realizar un análisis biomecánico de variables tales como la presión plantar, potencia y centro de masa durante el servicio de tenis de los dos grupos de tenistas teniendo en cuenta que la biomecánica es una disciplina que estudia y hace análisis físicos de los movimientos del cuerpo humano, cuyo objetivo dentro de las actividades deportivas es la caracterización y la mejora de las técnicas del movimiento a partir de conocimientos científicos. Actualmente, esta ciencia tiene mucha importancia y ha realizado múltiples contribuciones al deporte, entre las cuales es posible citar el análisis y la mejora de las técnicas de los deportes, la prevención de lesiones, la mejora del desempeño de los implementos deportivos entre otros. (19)

3.2.4. BIOMECÁNICA

En la actualidad, la Biomecánica es una disciplina de gran auge en la que concurren profesionales de muy diversos ámbitos debido a su pluri-disciplinariedad. Entre ellos participan físicos, biólogos, médicos, ingenieros, entrenadores, licenciados en educación física, ergónomos e informáticos, en este caso estudiantes de fisioterapia en el estudio de la biomecánica plantar durante el servicio de tenis. Por esta razón es importante que en las investigaciones biomecánicas participen en equipo, personas de diferentes áreas del conocimiento. La biomecánica según la ICSSPE (International Council for Sports and Physical Education), es la mecánica de los sistemas vivos. Comprende el conocimiento del papel que desempeñan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte anatómico, iniciación neuronal, control integrado, percepción, así como su diseño central.(5)

La biomecánica suele dividirse de la misma forma que lo hace la mecánica: la parte de la biomecánica que describe los movimientos se denomina “cinemática”, la cual sitúa espacialmente los cuerpos mediante coordenadas y ángulos y detalla sus movimientos basándose en los términos de desplazamientos (recorridos), velocidades y aceleraciones; describe, por ejemplo, las técnicas deportivas o las diferentes habilidades y destrezas que puede ejecutar el hombre. Cuando el movimiento, o falta de éste, se relacionan con la fuerza que lo provocan se habla en forma genérica de “cinética”, la cual estudia, por ejemplo, las fuerzas implicadas en la marcha, en la carrera, al subir escaleras, en un golpeo de fútbol o en un lanzamiento de baloncesto o las fuerzas que se ejercen sobre un pedal de bicicleta en diferentes fases del ciclo de pedaleo. Dentro de ésta a las fuerzas que provocan el movimiento se le denomina “dinámica” y al estudio de las fuerzas que determinan que los cuerpos se mantengan en equilibrio, “estática”. (5)

El estudio del movimiento humano se puede abarcar desde muchos puntos de vista: psicológico, filosófico, sociológico, biológico, físico y anatómico. Tradicionalmente, el estudio concierne a las bases biológicas y mecánicas del movimiento humano se conoce como “cinesiología”. Abarca fundamentalmente los cuerpos de conocimiento de la anatomía, fisiología y mecánica. El conocimiento que se obtiene puede ser de gran utilidad para conocer los mecanismos que subyacen en las adaptaciones neuromusculares al entrenamiento. (5)

3.2.5. BIOMECÁNICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Esta subdisciplina de la Biomecánica se ocupa de la mecánica implicada en actividades humanas tan cotidianas como andar, correr o saltar. En muchas ocasiones, detrás de una actividad deportiva hay algunos aspectos mecánicos que explican situaciones deportivas, tales como calcular el ángulo adecuado en un lanzamiento de peso para un deportista determinado o para que su alcance sea máximo o calcular el desarrollo que debe emplear un ciclista según la carretera sea horizontal o inclinada o dependiendo que el viento sople en contra del sentido de avance. En otras ocasiones demuestra cómo puede obtenerse ventajas en el análisis de técnicas deportivas, en los implementos utilizados y/o los objetos que el deportista lanza o golpea entre otros. La investigación biomecánica se dirige a varias áreas del movimiento humano y del movimiento animal como:(5)

- Mecánica del movimiento humano.
- Funcionamiento de los músculos, tendones, ligamentos, cartílagos y huesos.
- Carga y sobrecarga de estructuras específicas de sistemas vivos.
- Factores influyentes en el desarrollo.

En la actualidad, el campo de aplicación de la Biomecánica de la actividad física y el deporte se realiza tanto en atletas como en no atletas, en capacitados y discapacitados y en temas que abarcan a sujetos desde la niñez hasta la senectud. Dentro de la Biomecánica deportiva pueden establecerse diferentes objetivos en relación con el propio deportista, con el medio (sea terrestre, acuático o aéreo) y con el material deportivo (zapatillas raquetas, bicicletas o balones).

En relación con el deportista:

- Describir las técnicas deportivas
- Ofrecer nuevos aparatos y metodologías de registro
- Corregir defectos en las técnicas y ayudar en el entrenamiento
- Evitar las lesiones aconsejando sobre cómo ejecutar las técnicas deportivas de forma segura
- Proponer técnicas más eficaces

En relación con el medio:

- Minimizar las fuerzas de resistencia
- Optimizar la propulsión en diferentes medios
- Estudiar las fuerzas de acción-reacción y sustentación para optimizar el rendimiento deportivo.
- Definir la eficacia en diferentes técnicas deportivas en función de las fuerzas de reacción en el suelo.
- Estudiar las fuerzas de reacción del suelo en relación con las lesiones deportivas.

En relación con el material deportivo:

- Reducir el peso del material deportivo sin detrimento de otras características
- Aumentar en algunos casos la rigidez, flexibilidad o elasticidad del material
- Aumentar la durabilidad del material
- Conseguir materiales más seguros
- Conseguir materiales que permitan lograr mejores marcas

El material deportivo está relaciona con nuestro estudio en este caso con el calzado de los tenistas, no es el caso de esta investigación pero en futuras se podría tener en cuenta ya que puede que algunos deportistas usaron un calzado inadecuado para el deporte, suela muy pesada, o la suela esta desgastada y no permite una adecuada ejecución del servicio en el tenis, también podría ser útil para saber en qué pie el deportista está generando mayor apoyo y fuerza de reacción con el suelo, y determinar la zona de mayor desgaste del calzado y como crear un refuerzo para o un material con mayor duración o más ligero para que se pueda ejecutar el servicio de manera más efectiva y pueda generar mayor fuerza de impulso en el salto durante el servicio. Teniendo en cuenta la aplicación y el objetivo de la biomecánica en el deporte mencionado anteriormente y las variables que serán analizadas en el presente estudio, se describe a continuación algunos de los sistemas y tecnología que ha sido utilizada en el estudio del gesto deportivo, de presiones plantares del ante pie y su relación con las lesiones por sobrecarga provocadas por el calzado de carrera, la fuerza de reacción del suelo, entre otras.

3.2.6. SISTEMAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS DE PRESIONES

Las presiones resultantes de la interacción del deportista con los productos y el entorno son otro tipo de variables cinéticas de gran interés y que en los últimos años, gracias a la aparición de instrumental para su medición, han sido objeto de numerosos estudios. Actualmente existen diversas tecnologías que se utilizan para la medición de presiones: (5)

- Transductores capacitivos: constan de dos superficies conductoras separadas por un dieléctrico flexible. Al aplicar presión sobre el dispositivo, la distancia entre las superficies conductoras se reduce, lo que provoca una respuesta del sensor que se recoge y se relaciona con la presión. Como ventaja fundamental se destaca el comportamiento lineal.
- Transductores piezoeléctricos: el principio de funcionamiento de este tipo de transductores se basa en ciertas estructuras cristalinas son activas piezoeléctricamente y funcionan bajo carga mecánica como un paquete de dipolos, de modo que la separación de cargas es proporcional a la fuerza aplicada sobre el material. Las principales ventajas de este tipo de sensores son la mínima deformación a la que son sometidos durante la carga y una alta linealidad de respuesta.
- Transductores resistivos: son transductores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo generada por factores mecánicos. Dentro de este tipo de sensores se encuentran los reactores piezorresistivos también llamados Strain Gages.

Además se describen algunos de los equipos comerciales existentes en la actualidad. Estos sistemas se han empleado tradicionalmente en el ámbito médico y científico aplicado o no al deporte:(5)

- Las plantillas EMED Pedar de la compañía Novel emplean de 256 a 1.024 sensores capacitivos por cada pie en función de la talla del calzado. La frecuencia medida es de 20-80 Hz, como novedad respecto al resto de sistemas presenta varios tipos de interfaz inalámbricos con el PC: fibra óptica/USB y Bluetooth TM. Este sistema ha sido aplicado para el análisis de presiones en el lanzamiento de jabalina (Bartlet et al., 1995) o para el análisis de fuerzas de reacción del suelo (Fortner et al., 2004). (5)

- El sistema Dinatto emplea 64 sensores resistivos por plantilla (2mm de espesor), permitiendo con ello una frecuencia de muestreo de 50-70 Hz. La emisión de la señal se hace mediante ondas de radio, lo que confiere mayor versatilidad al equipo al no requerir cables. (5)
- El sistema de plantillas Footscan se basa en cuatro pares de plantillas, una data logger para el registro de los datos de presión, un control remoto, una tarjeta de adquisición y una tarjeta de memoria. El equipo permite la medición a 100 Hz durante 40 s, o a 500 Hz durante 8s. Este equipo se ha empleado para el análisis de las presiones plantares en el ante pie y su relación con las lesiones por sobrecarga provocadas por el calzado de carrera.(5)
- El sistema F-Scan de la empresa Tekscan emplea 960 sensores resistivos por cada pie, permitiendo con ello una frecuencia de muestreo de hasta 165 Hz en el rango de 0 a 1.034 KPa. Los sensores tienen un espesor de 0,15 mm y su calibración es posible mediante la aplicación controlada de una carga conocida. Este equipo se ha empleado en algunos estudios científicos, como el análisis de fuerzas verticales y su comparación con las medidas de una plataforma de fuerzas. (5)
- Parotec-System utiliza de 16 a 24 sensores piezorresistivos por plantilla dependiendo de la talla. La frecuencia de muestreo puede variar de los 100 a los 200 Hz, midiendo el rango de 0 a 625 KPa. La calibración es posible mediante la aplicación controlada de una carga conocida. (5)
- El sistema Biofoot/IBV consta de plantillas instrumentadas con 64 cerámicas piezoeléctricas de reducido tamaño y un espesor de 0,7 mm, un amplificador de señal y un equipo electrónico que transmite la señal por medio de telemetría al PC portátil. El equipo permite medir presiones de hasta 2.000 KPa y una frecuencia de muestreo máxima de 500 Hz. (5)

Algo común en todos estos sistemas de medida se refiere a las aplicaciones informáticas que permiten la toma y explotación de datos o la exportación de archivos para su posterior tratamiento. Esta parte de los sistemas de medida es fundamental para su correcta utilización. La principal aplicación de este instrumental ha ido encaminada al estudio de las presiones que suceden bajo la planta del pie. Dadas las condiciones en que se desenvuelven los deportes, es decir, movimientos muy rápidos y de gran energía cinética, los sensores que mejor se adapta a las acciones deportivas

son las cerámicas piezoeléctricas. Además, dada la alta velocidad a la que se desarrollan un gran número de acciones deportivas, es necesario emplear frecuencias de muestreo superiores a 150 Hz, ya que la mejor tecnología para el análisis deportivo debe tener una frecuencia de muestreo elevada. Todos estos equipos permiten el análisis del apoyo mediante el estudio de diversas variables de tipo general o dividiendo la planta del pie en zonas. Las principales variables del estudio son:(5)

- Evolución temporal del apoyo plantar.
- Tiempo de apoyo.
- Evolución del baricentro.
- Presión máxima por zonas del pie.
- Presión media por zonas del pie.

Lo anterior con relación a lo descrito anteriormente buena producción de golpes comienza en los pies que son el centro de apoyo y avanza por cadenas cinéticas.

A continuación se describe la tecnología que será utilizada para el análisis de la presión plantar y potencia durante el servicio de tenis:

3.2.7 Open Go Physio:

Desarrolladas por la empresa Moticones el primer sistema de plantillas en el mundo en medir la distribución de presiones plantares, cargas totales, y trayectoria del centro de gravedad de manera simultánea, precisa e inalámbrica, además permite la marcha completamente móvil y el análisis de movimiento para su uso en fisioterapia, entrenamiento deportivo y la atención clínica:(20)

- Durante la marcha y la carrera características como fuerzas de contacto, líneas de marcha, distribución de la presión media y simetría.
- Sensibilidad propioceptiva en el entrenamiento del equilibrio.
- Desempeño en el salto-poder de salto, resistencia muscular y fatiga, puntos de despegue y aterrizaje.
- Visualización de la potencia de la extensión de la pierna y simetría.

3.2.8 Sensores de las plantillas:

Los sensores completamente inalámbricos miden la distribución de la presión, el peso, el equilibrio y el movimiento. Es controlado por un PC y se ejecuta en tres modos de funcionamiento. En modo directo, los datos se transmiten en tiempo real para la retroalimentación y puntos de vista en vivo. En el modo de grabación, los datos se almacenan en la memoria integrada para el uso móvil independiente y posterior descarga. Si la plantilla no está funcionando o no se movió, se vuelve al modo de reposo para ahorrar energía de forma automática. Cada plantilla contiene 13 parches de detección de presión capacitivos y un acelerómetro 3D para la detección de movimiento, los datos de sensor se procesa en el microsistema integrado. A partir de estos datos, una variedad de parámetros esenciales de la marcha y el movimiento se calculan. Las plantillas son ultra planas, sólidas y tienen un ajuste ergonómico perfecto. No se necesitan dispositivos externos para operar el sistema que se traduce en una excelente resistencia al desgaste, están disponible en cinco tamaños y poseen una capa superior lavable e intercambiable.(20)

4.0. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de estudio:

El presente estudio fue de tipo cuantitativo, ya que se realizó un análisis de los datos obtenidos por medio de las plantillas Moticon® utilizando el software SPSS versión 21 Licenciado por la Universidad de La Sabana.

4.2. Diseño del estudio:

El presente estudio fue de diseño descriptivo, teniendo en cuenta que no se pretendía manipular ninguna de las variables objeto de estudio, solo se realizó un análisis descriptivo a partir de los datos obtenidos de las plantillas open Go.

4.3. Población:

Tenistas de escuelas de formación del Club Laverdieri y tenistas amateur de la Universidad de La Sabana

4.4. Muestra:

8 Tenistas de escuela de formación del club Laverdieri y 8 tenistas amateur de la Universidad de La Sabana.

4.5. Muestreo:

A conveniencia, debido a que se seleccionaron a los participantes que cumplieran con los criterios de inclusión en el estudio y quienes eran cercanos a los integrantes de la investigación por términos de viabilidad.

4.6. Criterios de inclusión:

- ✓ Hombres
- ✓ Menores de 25 años
- ✓ Clasificados en tenistas de escuelas de formación y tenistas amateur. De acuerdo con su nivel de competencia, la frecuencia de entrenamiento y la continuidad en el deporte.
- ✓ Haber aceptado voluntariamente participar en el estudio.
- ✓ Tenistas que actualmente estén entrenando y compitiendo.

4.7. Criterios de exclusión:

- ✓ Haber presentado alguna lesión durante el último mes

- ✓ Síntomas activos que impidan la correcta ejecución de la técnica del servicio (dolor localizado en el hombro, pinzamiento o tendinitis del manguito rotador, dolor irradiado en la columna vertebral).
- ✓ Haber tenido competencia en las últimas 24 horas.

4.8. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

| Variable | Concepto | Definición operacional | Tipo de variable |
|-------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------|
| Presión plantar | Es el área de presión entre el pie y la superficie de apoyo durante las actividades cotidianas del aparato locomotor.(15) | Newton | Razón |
| Centro de masa | Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo.(14) | mm | Razón |
| Fuerza de reacción del suelo | La rapidez con la que se realiza cierto trabajo, en donde el trabajo es el producto de la fuerza ejercida sobre un objeto por la distancia que el objeto recorre en la dirección en la cual se ejerce la fuerza | Watt | Razón |
| Índice de masa corporal | Es la relación entre el peso y la talla de una persona | Kg/(cm) ² | Razón |

4.9. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- Tallímetro
- Báscula
- **Plantillas Moticon®:** Es el primer sistema de plantillas en el mundo en medir la distribución de presiones plantares, cargas totales y trayectoria del centro de gravedad de manera simultánea, precisa e inalámbrica, además permite la marcha completamente móvil y el análisis de movimiento para su uso en fisioterapia, entrenamiento deportivo y la atención clínica(20)
- **Test de salto vertical a pie junto o detente vertical:**
 - Fase I (marcado de altura)
 - Posición inicial: el ejecutante debía estar de frente a una pared. Con los pies totalmente apoyados y juntos, el tronco recto y los brazos extendidos por encima de la cabeza, a la anchura de los hombros, las manos abiertas y con las palmas apoyadas sobre la pared, con el fin de señalar con los dedos medios impregnados de agua, la altura máxima del sujeto.
 - Fase II (para salto).
 - Posición inicial: El evaluado se encontraba lateralmente junto a la pared, a 20 cm aproximadamente, con el tronco recto, los brazos caídos a lo largo del cuerpo y las piernas extendidas, los pies paralelos a la pared, con una apertura aproximada de hasta la anchura de los hombros.
 - Ejecución: a la señal del controlador, el ejecutante podía inclinar el tronco, flexionar varias veces las piernas (sin despegar los pies del suelo), y balancear los brazos para realizar un movimiento explosivo de salto hacia arriba. Durante la fase de vuelo, debía extender al máximo el tronco y el brazo más cercano a la pared, marcando en la pizarra, con el dedo medio impregnado de agua, la mayor altura posible.
- Se midió el número de centímetros que existe entre las dos marcas realizadas por el sujeto. No se podrá girar el cuerpo durante la ejecución.
- Se realizó un calentamiento completo. Se realizarán varios intentos sin valoración, considerándose la mejor marca de dos intentos tras descanso mínimo de 45seg.(21)
- **Test de 30 metros con salida lanzada:** Inicialmente, el examinando se ubicó en posición de salida alta, detrás de una línea situada a 15 o 20 m previa a la línea de cronometraje. A la señal del examinador el ejecutante comenzó a correr lo más rápido posible con el objetivo de alcanzar la máxima velocidad al

comenzar los 30 m cronometrados (señalados con banderines). Se cronometró el tiempo empleado en recorrer los últimos 30 m.

Los últimos 30 m debían estar señalados correctamente, utilizando banderines o postes para que el examinando pueda ver con claridad el espacio cronometrado.

El cronometrador debía estar situado en la línea de meta, y activar el cronómetro a la señal de un segundo cronometrador situado al inicio de los 30 m, el cual bajó el brazo enérgicamente en el instante de pasar el examinando.(21)

➤ **Test de la “y”(22)**

La Prueba de Equilibrio de Y es un test confiable que permite de una manera fácil evaluar el control motor de una persona, así como demostrar la simetría funcional. La prueba de equilibrio Y nos permite dividir el cuerpo y observar cómo el núcleo y cada extremidad funcionan bajo cargas de peso corporal.

Este test se desarrolló después de años de investigación en prevención de lesiones e identificación de los cambios de control motor que se producen después de la lesión. El objetivo de esta prueba es mantener el equilibrio de una sola pierna en posición monopodal, mientras se alcanza lo más lejos posible con la pierna contra lateral en tres direcciones diferentes. Las tres direcciones de movimiento son anteriores, posteromedial y posterolaterales, realizadas en cada pierna. Por lo tanto, hay seis pruebas a realizar, en el siguiente orden:

- Alcance anterior derecho
- Alcance anterior izquierdo
- Alcance posteromedial Derecho
- Lado izquierdo de Posteromedial
- Alcance posterolateral derecho
- Alcance Posterolateral Izquierdo

4.10PROCEDIMIENTO

1. Firma del consentimiento informado

2. Calentamiento global: puede definirse como un conjunto de ejercicios realizados inmediatamente antes de un partido, entrenamiento o actividad física exigente que proporciona al cuerpo un período de ajuste que va del descanso al ejercicio.(23)
- ✓ Trote suave (2 minutos).
 - ✓ Carrera lateral Sin cruzar los pies: mirando hacia dentro y hacia fuera de la pista. Recorrer dos veces el ancho de la pista repitiendo este ejercicio.
 - ✓ Carrera lateral cruzando pies: al trote, dar un paso por delante y otro por detrás, con movimiento contrario de brazos. Variar la amplitud y la frecuencia de los pasos.
 - ✓ Carrera de espaldas.
 - ✓ 2 Progresiones Sprints en velocidad progresiva, sin llegar a la velocidad máxima.
 - ✓ Movilidad articular de cuello: de pie, realizar rotaciones suaves con la cabeza hacia ambos lados y realizar flexión y extensión.
 - ✓ Movilidad Articular de Hombros: de pie, realizar rotaciones externa e interna, flexión y extensión de hombro alternando.
 - ✓ Movilidad Articular de Codo: de pie, realizar pronaciones y supinaciones, y flexión y extensión alternativas.
 - ✓ Movilidad Articular de Muñecas: de pie, realizar círculos sólo con las manos hacia un lado y hacia el otro, flexión, extensión y desviación radial y cubital.
 - ✓ Movilidad Articular: Cadera De pie, con las piernas abiertas superando la altura de los hombros, realizar círculos con la cadera en un sentido y luego en otro, sin mover el tronco ni bascular.
 - ✓ Movilidad Articular de Rodillas: de pie, realizar flexo-extensión alternando las piernas.
 - ✓ Movilidad Articular de cuello de pie: de pie con una punta del pie apoyada en el suelo, describir círculos con cada tobillo en un sentido y luego en otro, dorsiflexión y plantiflexión.

3. Caracterización: Índice de masa corporal, Test de la “Y”, test de salto vertical a pie junto o detente vertical, Test de 30 metros con salida lanzada.
4. Calentamiento específico: Alternancia de servicios a la zona demarcada por parte de cada jugador (una canasta completa).(23)
5. Evaluación del servicio: Grabar 5 servicios con marcación en la zona marcada con efecto top spin, se tomará el mejor servicio de cada participante para el análisis de los datos.

4.11. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante el análisis realizado con la herramienta estadística SPSS V2,1 se llevó a cabo una comparación de pruebas no paramétricas para muestras independientes (Uman de Withiney); no se encontraron diferencias con significancia estadística en el comportamiento de las variables en general, excepto en el tiempo promedio del ciclo de carrera en el test de los 30 metros lanzados y en el promedio de la fuerza de reacción del suelo en la pierna izquierda en el salto del servicio, ya que $p < 0,05$. La distribución del balance antero posterior en el “Y” test es homogénea en los 2 grupos.

Posteriormente se realizó el análisis mediante Pruebas T para muestras independientes; obteniendo resultados de forma comparativa entre los grupos, en donde la desviación estándar indica heterogeneidad en los resultados, interpretando que en el grupo de escuelas de formación la variabilidad es mayor que en el grupo amateur. Los valores Sig o valor p se encuentran por encima de 0.05, lo que sugiere que el comportamiento de los 2 grupos en términos de su desviación estándar fue homogéneo.

4.12. HIPOTESIS

H₁: La presión plantar, potencia y centro de masa es diferente en uno de los dos grupos de tenistas.

H₀: La presión plantar, potencia y centro de masa es igual en los dos grupos de tenistas.

4.13. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El desarrollo de este trabajo está basado en la siguiente reglamentación:

Ley 528 de 1999 por medio de la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión, se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones. (24).

Resolución 008430 de 1993: Importancia social, científica o clínica de nuestra Investigación. (25)

Validez científica: El método de investigación coherente con el problema que se plantea, que exista un marco teórico suficiente el cual nos valide o nos soporte la investigación. se debe tener en cuenta el lenguaje utilizado para hacer el reporte de lo investigado, Riesgos y beneficios del estudio: Resolución 008430 de 1993.(26)

La primera consagración normativa específica se encuentra en la ley 23 de 1981, conocida como Ley de Ética Médica, en la cual se consagra el principio general de que ningún médico intervendrá, ni clínica ni quirúrgicamente a un paciente, sin obtener su previa autorización.(27)

Declaración de Helsinki 2013: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Por la que se reglamenta que la investigación desde el campo de la salud está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos, para proteger su salud y derechos individuales.(28)

Por tal razón son deberes del profesional de la salud: proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que participan en investigación, de este modo se hace responsable de los riesgos o efectos adversos el profesional de la salud y nunca los participantes en la investigación, aunque hayan otorgado su consentimiento. (28)

5. RESULTADOS

El grupo de estudio estuvo conformado por un total de 16 tenistas divididos en dos grupos, 8 tenistas de escuela de formación del club Laverdieri y 8 tenistas amateur de la selección de tenis de la Universidad de La Sabana, en donde el promedio de edad fue de $18,4 \pm 2,8$ años, el promedio de índice de masa corporal de la muestra fue $21,5 \pm 3,4$ kg/cm² siendo esto considerado como normopeso, sin embargo dos de los participantes presentaban sobrepeso; con respecto al promedio de edad deportiva de los tenistas fue de $7,9 \pm 4,3$ años (Tabla 1).

Tabla No 1 Información demográfica

| Variable | \bar{X} | (DS) |
|----------------|-----------|------|
| Edad | 18,4 | 2,8 |
| IMC | 21,5 | 3,4 |
| Edad deportiva | 7,9 | 4,3 |

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba del balance por medio del “Y” test sólo se tuvo en cuenta el desplazamiento del centro de presión de cada tenista en sentido antero-posterior pero no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos, teniendo en cuenta que el valor promedio del desplazamiento del centro de presión del grupo 1 fue -50mm y para el grupo 2 fue -15mm, en donde según las indicaciones del test, entre mayor sea el desplazamiento del centro de presión hacia el talón (entre más negativo sea el valor) habrá una mejor ejecución del mismo (Tabla 2).

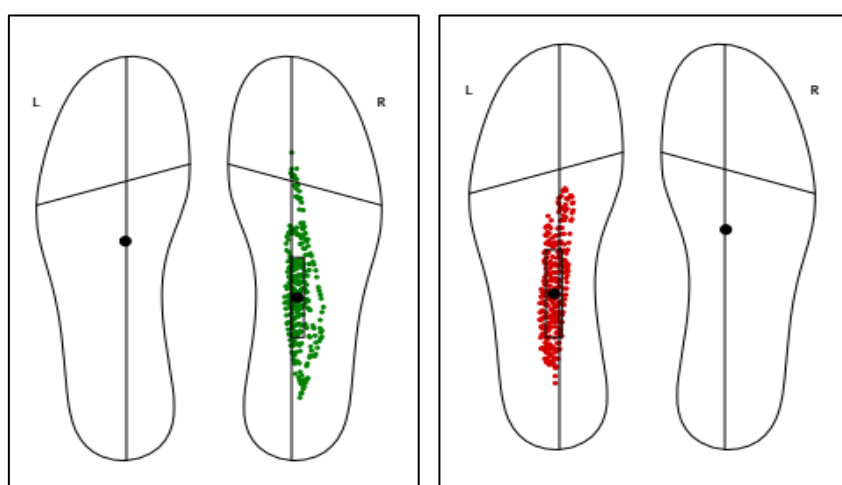
En la (Figura 1) se observa el comportamiento del centro de presión de uno de los deportistas en un plano cartesiano, en el pie derecho (color verde) y el pie izquierdo (color rojo) representan el pie de apoyo en la prueba del Y test, la zona marcada con color indica el desplazamiento del centro de presión en sentido anteroposterior sobre el eje Y, se observa que el comportamiento es similar en ambos pies.

Tabla 2: Comparación de balance COP “Y” test

| Pruebas físicas | Variable | Grupo 1 | | Grupo 2 | | Valor Estadístico |
|-----------------|--------------------------------|-----------|--------|-----------|------|-------------------|
| | | \bar{X} | (ds) | \bar{X} | (ds) | |
| “Y” Test | Y test anterior derecha (cm) | 60,5 | (8,4) | 62,3 | (4) | 0,17 |
| | Balance (ap) [mm] | -50 | (20,4) | -15 | (33) | 0,21 |
| | Balance (ml) [mm] | 0,16 | (2) | -0,75 | (2) | 0,66 |
| | Y test anterior izquierda (cm) | 66 | (6) | 64 | (5) | 0,80 |
| | Balance (ap) [mm] | -8 | (18,2) | -15 | (34) | 0,27 |
| | Balance (ml) [mm] | 1 | (3,3) | -0,17 | (3) | 0,26 |

Grupo 1: Escuelas de formación - Laverdieri Grupo 2: Amateur- Tenistas Universidad de La sabana

Fig. 1: Desplazamiento del centro de presión en el “Y” test en un deportista del grupo 1.



Se tomó el promedio de los tres intentos del salto vertical y posteriormente se comparó este resultado en ambos grupos, encontrando que no hay una diferencia estadísticamente ya que el promedio en altura del salto de los dos grupos fue de 48 centímetros y el promedio del tiempo en el aire para el grupo 1 fue 0,47 segundos y para el grupo 2 fue de 1 segundo (Tabla 3).

Tabla 3: Salto vertical

| <i>Pruebas físicas</i> | <i>Variable</i> | <i>Grupo 1</i> | | <i>Grupo 2</i> | | <i>Valor Estadístico</i> |
|------------------------|--|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------|
| | | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | |
| <i>Salto vertical</i> | <i>Altura (cms)</i> | 48 | (5) | 48 | (8) | 0,10 |
| | <i>Salto [promedio de tiempo en el aire] (s)</i> | 0,47 | (0,1) | 1 | (0,2) | 0,62 |

Grupo 1: Escuelas de formación - Laverdieri **Grupo 2:** Amateur- Tenistas Universidad de La sabana

Para la realización del análisis de la carrera se tomaron en cuenta las variables descritas en la tabla 4, donde el promedio del tiempo de carrera para los dos grupos fue de 4 segundos lo que no muestra diferencia estadísticamente significativa ($p=0,19$). Por otro lado el tiempo promedio del ciclo de carrera para el grupo 1 fue de 0,8 segundos y para el grupo 2 fue de 1,1 segundos, lo que indica que hubo diferencia estadísticamente significativa, con valor $p=0,02$.

En el análisis estadístico de la prueba del servicio se tomaron en cuenta las variables descritas en la tabla 5, encontrando que no hay diferencia estadísticamente significativa excepto en la simetría, promedio de la fuerza de reacción del suelo con el pie izquierdo, ya que el valor p fue $<0,05$. Lo anterior debido a que el grupo 1 presentó una media de 118,3N y el grupo 2 una media de 125N, es decir que el suelo está generando una mayor fuerza de reacción en la fase de impulso en el servicio del grupo 2, esto relacionado con una mejor realización de la técnica en comparación con el grupo 1. (Tabla 5)

Tabla 4: 30 metros lanzados

| <i>Pruebas físicas</i> | <i>Variable</i> | <i>Grupo 1</i> | | <i>Grupo 2</i> | | <i>Valor Estadístico</i> |
|------------------------|--|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------|
| | | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | |
| 30 m lanzados | Tiempo de carrera (s') | 4 | (1) | 4 | (0,3) | 0,19 |
| | Carrera [tiempo promedio ciclo de la carrera] (s) | 0,8 | (0,3) | 1,1 | (0,1) | 0,02 |
| | Carrera [tiempo promedio de tiempo de doble soporte] (s) | 0,2 | (0,3) | 0,5 | (0,2) | 0,19 |
| | Carrera [tiempo promedio duración fase de apoyo pie derecho] (s) | 0,5 | (0,3) | 1 | (0,2) | 0,12 |
| | Carrera [tiempo promedio fase de apoyo pie izquierdo] (s) | 0,5 | (0,2) | 1 | (0,2) | 0,17 |
| | Carrera [tiempo promedio fase de balanceo pie derecho] (s) | 0,3 | (0,1) | 0,3 | (0,1) | 0,63 |
| | Carrera [tiempo promedio de la fase de balanceo en el pie izquierdo] (s) | 0,3 | (0,1) | 0,3 | (0,1) | 0,14 |

Tabla 5: Servicio COP Salto, Fuerza de presión

| <i>Pruebas físicas</i> | <i>Variable</i> | <i>Grupo 1</i> | | <i>Grupo 2</i> | | <i>Valor Estadístico</i> |
|------------------------|---|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------------------|
| | | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | <i>X</i> | <i>(ds)</i> | |
| <i>Servicio</i> | Salto [promedio de tiempo en el aire] (s) | 1 | (0,2) | 0,5 | (0,3) | 0,74 |
| | Salto - Distribución de la presión [durante el despegue pie izquierdo] (n/cm2) | 2 | (2) | 4 | (2,2) | 0,62 |
| | Salto - Distribución de la presión [durante el despegue pie derecho] (n/cm2) | 2 | (2) | 3 | (2) | 0,92 |
| | Salto- Distribución de la presión [durante el aterrizaje pie izquierdo] (n/cm2) | 2 | (2) | 6 | (2) | 0,96 |
| | Salto- Distribución de la presión [durante el aterrizaje pie derecho] (n/cm2) | 2 | (2,1) | 5 | (3) | 0,39 |
| | Simetría-Potencia de salto (n*s) | 166 | (45) | 163,2 | (44) | 0,83 |
| | Simetría- Promedio de fuerza de reacción del suelo [pie izquierdo] (n) | 118,3 | (13,4) | 125 | (29) | 0,02 |
| | Simetría- Promedio de fuerza de reacción del suelo [pie derecho] (n) | 114 | (21,1) | 114 | (21,4) | 0,75 |

6. DISCUSIÓN:

Los hallazgos encontrados al analizar las variables de presión plantar, potencia y centro de masa en dos grupos de tenistas durante movimientos seleccionados relacionados con el deporte de tenis, incluyendo saltos, velocidad y balance muestran que no hay diferencia estadísticamente significativa; excepto en las variables de duración del ciclo de carrera durante la prueba de velocidad de 30 m y el promedio de la simetría de la fuerza de reacción del suelo del pie izquierdo durante la fase de salto del servicio con valores de $p < 0.05$.

Teniendo en cuenta lo anterior, investigaciones donde se ha delimitado la presión plantar como variable en relación con el pie dominante en otros deportes como el fútbol y el atletismo, han demostrado que la distribución de las presiones plantares en los participantes es homogénea en ambos pies en un gesto que implica tantas activaciones de cadenas musculares; esta distribución ha sido analizada con herramientas como las plantillas EMED Pedar de la compañía Novel, y el sistema de plantillas Footscan (29)(30). No obstante, las plantillas descritas anteriormente, sólo miden la presión plantar (10), mientras que las plantillas Open Go Physio, utilizadas en el trabajo actual permiten medir la distribución de presiones plantares, cargas totales y trayectoria del centro de gravedad de manera simultánea, precisa e inalámbrica (31).

Es importante resaltar que las presiones plantares se ven influenciadas por la interacción del deportista con el entorno en términos de calzado deportivo específico, el tipo de movimiento, impulso y/o la naturaleza de la superficie del suelo (cancha), lo que puede modificar la forma en que se distribuye la carga y se desplaza el centro de masa(5); esto dificulta la comparación directa de presiones plantares con otros estudios como los desarrollados con las plantillas EMED Pedar y Footscan donde el análisis de estas presiones se realizaron en un ambiente controlado, debido a que no son inalámbricas, pues no permiten el desplazamiento a otros campos(29)(30). Por el contrario, las plantillas Open Go Physio, permiten la toma de datos de variables cinéticas y cinemáticas en el campo de juego con superficie de polvo de ladrillo y cancha dura, que son específicas para el juego de tenis, como fue el caso del presente trabajo. (32)

Por otra parte hay otros estudios como el realizado por Girard(1) sobre análisis de presiones plantares durante el servicio de tenis con uso de técnicas electromiografías, el cual concluyó que el 80% de la carga total del pie delantero se concentró en el hallux, los dedos de los pies y el ante pie, lo que sugiere que la zona anterior del pie delantero puede contribuir significativamente al buen desempeño en el servicio, mientras que por otro lado en el pie posterior, las cargas relativas se distribuyen a través del pie de manera similar y con una menor variabilidad. Esto es concordante con los resultados obtenidos en el presente trabajo donde se evidenció que el desplazamiento del centro de masa de los participantes en ambos grupos fue mayor hacia la parte anterior del pie que hacia la posterior del mismo, en la fase del salto durante el servicio, con valores positivos en el análisis obtenido con el uso de las plantillas Open GO Physio.

Con relación a lo descrito, se recomienda para futuras investigaciones que el tamaño de la muestra sea representativo para el total de la población, que se realicen los estudios en superficies con las mismas características, además realizar capacitaciones a los investigadores acerca del uso específico de las plantillas y el análisis de datos obtenidos del software, adicionalmente el presente estudio busca preceder futuras investigaciones en relación a otros jugadores de tenis profesionales, teniendo en cuenta otros criterios como diferenciación entre técnicas y entre sexos; así como también puede replicarse en otros deportes.

Para ello, deberá tenerse en cuenta los factores limitantes que se tuvieron al realizar el presente estudio, entre los cuales se destaca el tamaño de la muestra debido a que no es representativo para el total de la población, especificaciones de las plantillas debido a que no se pueden usar en terreno húmedo o en clima lluvioso, la diferencia en las superficies de las pruebas debido a que se realizaron en terreno llano y césped, mientras que en el servicio se desarrolló en cancha dura y en polvo de ladrillo.

7. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que no hay diferencia estadísticamente significativa en las variables evaluadas en ambos grupos, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula que corresponde a que la presión plantar, potencia y el centro de masa es igual en los 2 grupos de tenistas.

Se establece que no hay diferencia estadísticamente significativa entre la presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas, adicionalmente que la presión plantar, potencia y centro de masa durante el servicio en tenistas amateur y de escuela de formación son variables que se mantienen homogéneas en general sin cambios estadísticamente significativos con comportamiento similar y constante en términos de variabilidad.

En la caracterización realizada de la condición física se pudo establecer que el 25% de la muestra correspondiente a los deportistas amateur presento sobrepeso según la clasificación del IMC; adicionalmente en las pruebas físicas de salto vertical, balance y 30 mts lanzados; no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Carta de autorización dirigida al Director de tenis de campo del club LAVERDIERI.

Bogotá, 8 de octubre de 2016

Señor,

Uber Valbuena,

Director de tenis de campo, club LAVERDIERI.

Asunto: Autorización uso de las canchas de tenis para proyecto de grado.

Estimado señor Uber,

Somos estudiantes de fisioterapia de IX y X de la Universidad de La Sabana y estamos desarrollando nuestro proyecto de grado titulado “Presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas” el cual tiene como propósito comparar las variables mecánicas del pie durante el servicio de tenis en dos grupos de deportistas, por lo tanto queremos solicitar amablemente su autorización para hacer uso de las canchas de tenis del club LAVERDIERI para llevar acabo dicho proyecto.

Gracias por tu atención y colaboración.

Atentamente,

Juan Fernando Nieto

Héctor Adolfo Sánchez

Laura Daniela Táutica

18. ANEXOS

ANEXO 1: Consentimiento informado para padres de familia.

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y REHABILITACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACION MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN
INVESTIGACIONES**

Cartilla informativa del estudio: “Presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas”

Contacto: Juan Fernando Nieto Rodríguez Tel: 3138181311

Héctor Adolfo Sánchez –Laura Daniela Táutiva

Directores del proyecto: F.t Adriana Lucia Castellanos Garrido – F.tMargareth Lorena Alfonso Mora 3142583014

Estimado padre de familia:

Lea detenidamente el presente documento.

Somos estudiantes de fisioterapia de 9 y 10 semestre de La Universidad de La Sabana y estamos desarrollando nuestro trabajo de grado titulado “Presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas” el cual tiene como propósito comparar las variables mecánicas del pie durante el servicio en tenis en tres grupos de deportistas, por lo tanto queremos solicitar su autorización para monitorizar dichas variables, por medio de la colocación de unas plantillas dentro del zapato de su hijo y así analizar la velocidad, la potencia, y el balance. La investigación no tiene ningún riesgo diferente al de la práctica deportiva en sí. No recibirán ningún tipo de remuneración. Se entregarán los resultados en un tiempo no mayor a 15 días a cada participante explicando el comportamiento de la mecánica del pie durante el servicio. Los datos se utilizarán con fines netamente académicos y no se revelará la identidad de ningún participante, también es necesario aclarar que se tomarán videos para poder contrastarlos con los datos que arrojan las plantillas, estas filmaciones se guardarán en las bases de datos de la Universidad guardando la identidad de los participantes y no se reproducirán en medios públicos de ninguna índole. Para lo cual requerimos de sus datos personales y su firma a continuación.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ identificada/do con cédula de ciudadanía
No _____ de _____, a los _____ días del mes de _____ del año
_____, autorizo a mi hijo _____ para
participar en el estudio de investigación, titulado “Presión plantar y potencia durante
el servicio en dos grupos de tenistas”, dirigido por Juan Fernando Nieto Rodríguez,
Laura Táutica y Héctor Sánchez estudiantes de IX Y X semestre del programa de
Fisioterapia de la universidad de La Sabana, asistiendo a las pruebas físicas
propuestas en donde se realizará un análisis del gesto del servicio con fines
estrictamente académicos.

Firma Padre de Familia

**ANEXO 2: Consentimiento informado para deportistas mayores de edad.
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y REHABILITACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACION MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO
CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN
INVESTIGACIONES**

Cartilla informativa del estudio: “Presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas”

Contacto: Juan Fernando Nieto Rodríguez Tel: 3138181311

Héctor Adolfo Sánchez –Laura Daniela Táutica

Directores del proyecto: F.t Adriana Lucia Castellanos Garrido – Margareth Lorena Alfonso Mora 3142583014

Estimado deportista:

Lea detenidamente el presente documento.

Somos estudiantes de fisioterapia de 9 y 10 semestre de La Universidad de La Sabana y estamos desarrollando nuestro trabajo de grado titulado “Presión plantar y potencia durante el servicio en dos grupos de tenistas” el cual tiene como propósito comparar las variables mecánicas del pie durante el servicio en tenis en dos grupos de deportistas, por lo tanto queremos solicitar su autorización para monitorizar dichas variables, por medio de la colocación de unas plantillas dentro de su zapato y así analizar la velocidad, la potencia, y el balance. La investigación no tiene ningún riesgo diferente al de la práctica deportiva en sí. No recibirán ningún tipo de remuneración. Se entregarán los resultados en un tiempo no mayor a 15 días a cada participante explicando el comportamiento de la mecánica del pie durante el servicio. Los datos se utilizarán con fines netamente académicos y no se revelará la identidad de ningún participante, también es necesario aclarar que se tomarán videos para

ANEXO 3: Formato de evaluación de los deportistas.

Formato de Evaluación

1) Fecha: _____

2) Hora de inicio: _____ Hora de finalización: _____

3) Información general

3.1) Nombres y Apellidos: _____

3.2) Documento de identidad: _____

3.3) Edad: _____

3.4) Sexo: F _____ M _____

3.5) Lateralidad: Diestro _____ Zurdo _____

4) Del deporte:

4.1) Edad deportiva: _____

4.2) Categoría deportiva en tenis: _____

4.3) Lesiones Recientes: _____

4.4) Fecha Última Competencia: _____

5) Características Antropométricas:

5.1) Peso: _____

5.2) Talla: _____

5.3) IMC: _____

6) Cualidades Físicas:

Prueba 30 metros lanzados: _____

| Test | Intento 1 (cms) | Intento 2 | Intento 3 |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Salto vertical a pie junto | | | |

| Test de la "Y" | Anterior | | | Posterior - Derecha | | | Posterior izquierda | | |
|----------------|----------|---|---|---------------------|---|---|---------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Derecha | | | | | | | | | |
| Izquierda | | | | | | | | | |

19. REFERENCIAS:

1. Girard O, Eicher F, Micallef J-P, Millet G. Plantar pressures in the tennis serve. *J Sports Sci.* junio de 2010;28(8):873–80.
2. Martínez BJS-A. Historia y evolución del Tenis = History and Evolutation of Tennis. *Mater Para Hist Deporte.* el 15 de octubre de 2013;0(11):52–6.
3. Frutos JB. Análisis estructural del golpeo en tenis: una aproximación desde la biomecánica. *Eur J Hum Mov.* 2013;(31):111–33.
4. Infantes TU, Davó HH, Hernández FJM. Variabilidad cinemática en relación con el rendimiento en el saque en jóvenes tenistas. *Eur J Hum Mov.* 2012;(29):49–60.
5. Izquierdo M, Redín MI. Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Ed. Médica Panamericana; 2008. 796 p.
6. Gómez, M., & Mihai, Z. I. S. S. U. Evaluación biomecànica del saque de tenis de campo ejecutado por atletas participantes en el torneo internacional future. *Matchponit.* 2007;
7. Menayo R, García JPF, Hernández FJM, Clemente R, Calvo TG. Relación entre la velocidad de la pelota y la precisión en el servicio plano en tenis en jugadores de perfeccionamiento. *Eur J Hum Mov.* 2008;(21):17–30.
8. Ellenbecker TS, Roetert EP, Reid M. Biomecánica del Saque de Tenis: Consecuencias para el Entrenamiento de Fuerza. *PubliCE Stand [Internet].* el 20 de enero de 2010 [citado el 11 de marzo de 2016]; Disponible en: <http://g-se.com/es/biomecanica/articulos/biomecanica-del-saque-de-tenis-consecuencias-para-el-entrenamiento-de-fuerza-1207>
9. Abrams GD, Harris AH, Andriacchi TP, Safran MR. Biomechanical analysis of three tennis serve types using a markerless system. *Br J Sports Med.* febrero de 2014;48(4):339–42.
10. García Puello, Floralinda. Reflexiones en Torno al Movimiento Corporal Humano desde una Perspectiva Multidimensional y Compleja. *Cienc E Innov En Salud.* junio de 2013;
11. Prieto Rodríguez A, Polania N, Patricia S. The body, in fisiotherapy educational field. *Rev Fac Med.* abril de 2005;53(2):57–71.
12. Roetert EP, Ellenbecker TS, Reid M. Biomechanics of the Tennis Serve: Implications for Strength Training: *Strength Cond J.* agosto de 2009;31(4):35–40.
13. Fuentes García JP, Menayo Antúnez R. Los golpes del tenis de la iniciación al alto rendimiento. Sevilla: Wanceulen; 2009.
14. ASALE R-. Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario [Internet]. Diccionario de la lengua española. [citado el 11 de julio de 2016]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=0MH5ien>

15. Baechle TR, Earle RW. Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Ed. Médica Panamericana; 2007. 676 p.
16. Abdul Razak AH, Zayegh A, Begg RK, Wahab Y. Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. *Sensors*. el 23 de julio de 2012;12(12):9884–912.
17. mquirolgal. Biomecanica Del Tenis [Internet]. temasdebiomecanica. 2014 [citado el 12 de julio de 2016]. Disponible en: <https://temasdebiomecanica.wordpress.com/2014/09/29/biomecanica-del-tenis/>
18. Kovacs M, Ellenbecker T. An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve: Implications for Performance Enhancement and Injury Prevention. *Sports Health Multidiscip Approach*. el 1 de noviembre de 2011;3(6):504–13.
19. Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos [Internet]. [citado el 4 de septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd170/biomecanica-aplicada-al-deporte.htm>
20. Physio & Pro Sports - Moticon [Internet]. [citado el 1 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.moticon.de/products/physio-pro-sports>
21. López EJM. PRUEBAS DE APTITUD FÍSICA. Editorial Paidotribo; 2002. 370 p.
22. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Mil Med*. noviembre de 2013;178(11):1264–70.
23. Álvarez JA. Calentamiento y vuelta a la calma en el tenis. *Universitas MH*. octubre de 2011;
24. Ley 528, por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de fisioterapia se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones. - 20 de Septiembre de 1999 - Diario Oficial de Colombia - Legislación - VLEX 43293259 [Internet]. vLex. [citado el 3 de abril de 2016]. Disponible en: <http://diario-oficial.vlex.com.co/vid/ley-528-43293259>
25. ALTHOUSE R.: A Critical Approach to Medical Research. How to Evalúate Medical Studies. Oxford Med. School. Gazette. 1981. 32: 48-52.
26. ANTÓN, LM. et al “Enseñanzas medico-quirúrgicas en la diplomatura de fisioterapia “; *Fisioterapia*, Vol.16, nº 1, págs. 43 a 46, Enero-Marzo de 1994.
27. APARICIO JJ.: Memoria y adquisición del conocimiento. *Cuadernos dePedagogía*. 1985; 130: 13-16.
28. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]. 2013 [citado el 3 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/>

29. Berna Gascón JA. Análisis de la presión plantar entre el pie dominante y no dominante en jugadores de fútbol profesional. 2014.
30. Hong Y, Wang L, Li JX, Zhou JH. Comparison of plantar loads during treadmill and overground running. *J Sci Med Sport*. noviembre de 2012;15(6):554–60.
31. Stöggli T, Martinier A. Validation of Moticon's OpenGo sensor insoles during gait, jumps, balance and cross-country skiing specific imitation movements. *J Sports Sci*. el 24 de marzo de 2016;1–11.
32. Natali AN, Forestiero A, Carniel EL, Pavan PG, Dal Zovo C. Investigation of foot plantar pressure: experimental and numerical analysis. *Med Biol Eng Comput*. diciembre de 2010;48(12):1167–74.