

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Médicas

Carrera de Terapia Física

"DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS QUE PRACTICAN CROSSFIT EN EL GIMNASIO EL BOX. CUENCA AGOSTO – ENERO 2023."

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Licenciado en Terapia Física

Modalidad: Proyecto de investigación

Autor:

Alisson Aylin Muentes Altamirano

Naddia Carolina Romero Sarango

Directora:

Verónica Vanessa Cárdenas León

ORCID: 0000-0003-0357-5953

Cuenca, Ecuador

2023-05-09

Resumen

Antecedentes: La morfología del pie está adaptada para cumplir las diversas exigencias de apoyo y movimientos complejos; por lo tanto, el CrossFit, como deporte de alta intensidad, puede comprometer su estructura y funcionalidad; siendo el pie plano y cavo las más comunes en la población y su presencia es indicio de desarrollar variaciones en su función articular. **Objetivo:** Determinar las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas que practican CrossFit en el gimnasio el Box. Cuenca agosto 2022 – enero 2023." **Metodología:** Se realizó un estudio de tipo cuantitativo, observacional, descriptivo y de tipo transversal en 50 deportistas que practican CrossFit en el gimnasio El Box, la recolección de información fue a través de un formulario, donde se colocaron los resultados del Índice Hernández y del Test Balance en Y. Los datos recolectados fueron procesados en el software SPSS 25.0 y las decisiones se tomaron con una significancia de 0,05 para caracterizar las variables y estandarizar resultados. **Resultados:** De la población de estudio hubo mayor frecuencia del sexo masculino, según el Índice de Hernández Corvo, se encontró una mayor prevalencia de pies cavos y planos, aunque no se encontró una relación estadísticamente significativa con las variables edad, sexo, IMC y riesgo de lesión. **Conclusión:** En nuestra población de estudio, predominó el pie cavo y el sobrepeso pudiendo existir una relación con el mayor riesgo de lesión que presentaron los deportistas en el test balance en Y.

Palabras clave: huella plantar, crossfit, índice de hernández corvo

Abstract

Background: The morphology of the foot is adapted to achieve the demands for support and complex movements; therefore, CrossFit, as a high intensity sport, can compromise its structure and functionality; being the flat foot and cavus the most common in the population and its presence is an indication of developing variations in its joint function. **Objective:** To determine the alteration of the plantar footprint and the risk of musculoskeletal injuries in CrossFit athletes at El Box gym. Cuenca, August 2022-January 2023. **Methodology:** A quantitative, observational, descriptive, and cross-sectional study was carried out in 50 CrossFit athletes at El Box gym. The information was collected through a form featuring the results of the Hernández Index and the Y Balance Test. The data were processed using the SPSS 25.0 software and decisions were made with a significance level of 0.05 to characterize the variables and standardize the results. **Results:** In the sample population there was a higher frequency of males; according to the Hernández Corvo Index, a higher prevalence of cavus and flat feet was found. No statistically significant relationship was found with the age, sex BMI, and risk of injury. **Conclusion:** In the sample population, cavus foot and overweight predominated, which might be related to the higher injury risk of athletes shown in the Y Balance Test.

Keywords: Plantar footprint, CrossFit, Hernández Corvo Index

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Índice de contenidos	4
Índice de figuras.....	7
Índice de tablas.....	8
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTO	11
CAPÍTULO I.....	12
1.1 INTRODUCCIÓN.....	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	16
CAPÍTULO II.....	18
2.1 ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR	18
2.1.1 EPIDEMIOLOGÍA	18
2.2 ANATOMÍA DEL PIE	19
2.3 ESTRUCTURA LIGAMENTOSA DEL PIE	20
2.3.1 ESTRUCTURA LATERAL.....	20
2.3.2 ESTRUCTURA MEDIAL	20
2.3.3 ESTRUCTURAS SUBTALARES.....	20
2.3.4 ESTRUCTURAS PLANTARES	21
2.3.5 ANTERIORES Y POSTERIORES DEL TOBILLO	21
2.4 BIOMECÁNICA DEL PIE	21
2.5 ANORMALIDADES DEL PIE Y PATOLOGÍA MECÁNICA CLÍNICA	22
2.5.1 ANTEPIÉ VARO	22
2.5.2 ANTEPIÉ VALGO	23
2.5.3 RETROPIÉ VARO	24
2.5.4 TIBIA VARA.....	24
2.5.5 PIE EQUINO.....	25
2.6 ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR	26
2.6.1 PIE PLANO.....	26
2.6.1.1 ETIOLOGÍA DEL PIE PLANO	26

2.6.1.2	SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL PIE PLANO	27
2.6.2	PIE CAVO.....	28
2.6.2.1	ETIOLOGÍA DEL PIE CAVO	28
2.6.2.2	SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL PIE CAVO	29
2.7	ENTRENAMIENTOS FUNCIONALES DE ALTA INTENSIDAD	29
2.8	CROSSFIT	30
2.9	IMPACTO FÍSICO DEL CROSSFIT	30
2.10	LA POSICIÓN DEL PIE EN EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	30
2.11	EVALUACIÓN DE LA HUELLA PLANTAR	31
2.11.1	FOTOPODOGRAMA	31
2.11.2	ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO.....	31
2.12	RIESGO DE LESIÓN-TEST DE BALANCE EN Y	31
2.12.1	PUNTUACIÓN	32
2.12.2	CRITERIOS DE FALLA	32
CAPÍTULO III.....		33
3.1	OBJETIVOS	33
3.1.1	OBJETIVO GENERAL	33
3.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
CAPÍTULO IV		34
4.1	Tipo de estudio	34
4.2	Área de estudio	34
4.3	Universo y muestra	34
4.4	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	34
4.4.1	Inclusión	34
4.4.2	Exclusión	34
4.5	Variables	35
4.6	Métodos y técnicas e instrumentos para recolección de datos	35
4.6.1	Métodos y técnicas	35
4.6.2	Instrumento.....	35
4.6.3	Procedimientos.....	36
4.7	PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS	36
4.8	ASPECTOS ÉTICOS	37
CAPÍTULO V		38
RESULTADOS		38
CAPÍTULO VI		47
DISCUSIÓN		47

CAPÍTULO VII.....	50
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
Referencias.....	52
Anexos.....	55
Anexo A. Operacionalización de variables	55
Anexo B. Formulario de recolección de datos	56
Anexo C. Consentimiento informado	57

Índice de figuras

Gráfico 1 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit según sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	38
Gráfico 2 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	40
Gráfico 3 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según Índice de Masa Corporal IMC. Gimnasio El Box Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023	41
Gráfico 4 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según alteraciones de la huella plantar. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	42
Gráfico 5 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según el Test balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023	43

Índice de tablas

Tabla 1 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	38
Tabla 2 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	39
Tabla 3 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según Índice de Masa Corporal (IMC). Gimnasio El Box Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	40
Tabla 4 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según alteraciones de la huella plantar. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 – enero 2023.....	41
Tabla 5 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según el Test balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	43
Tabla 6 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	44
Tabla 7 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	44
Tabla 8 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar e Índice de Masa Corporal. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	45
Tabla 9 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y el test de balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.....	46

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis padres Veronica y Siviardo que con todo su esfuerzo y cariño me han motivado siempre a seguir adelante y cumplir mis sueños, a mi hermana Nallely, a mi querido sobrino Nicolas, y a toda mi familia, amigos y pareja que siempre estuvieron apoyándome y motivándome a ser una buena persona y a nunca rendirme.

– Alisson Muentes

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y cariño a mis queridos padres por su gran esfuerzo y sacrificio, a mis hermanas por su perseverancia y a mi novio por su paciencia. A ellos que siempre creyeron en mí y logré crecer como profesional y lo más importante como ser humano.

– Naddia Romero

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios quién nos ha guiado y nos ha dado fortaleza para continuar con firmeza y seguir adelante a pesar de cada obstáculo.

A nuestros queridos padres que siempre nos apoyaron y han sido incondicionales a lo largo de nuestra carrera universitaria con sus estímulos constantes.

También nos gustaría agradecer a la Magister Verónica Cardenas, por su paciencia y valiosos aportes a nuestro proyecto de investigación; al CrossFit “El Box” por abrirnos las puertas y conjuntamente con sus deportistas ser partícipes de nuestra Tesis.

Por último, agradecer a nuestra querida compañera y amiga Mica que ha sido una pieza fundamental en nuestras vidas y que con su carisma todo fue más divertido en la Universidad.

-LAS AUTORAS

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La práctica deportiva reduce el riesgo de presentar problemas de salud e innegables beneficios físicos, por lo que, nuestro cuerpo está compuesto por diferentes organismos que se asocian entre sí para poder realizar las diversas actividades deportivas y de la vida cotidiana, ya que si bien el deporte nos aporta beneficios a la salud, el desarrollo de una inadecuada práctica deportiva sin los cuidados adecuados y preventivos puede llegar a implicar riesgos en la salud física, siendo el pie la base de nuestro cuerpo es por ello que los pies requiere un análisis detallado y profundo, por ser el único contacto que existe con la superficie de apoyo (1).

La importancia del pie en la locomoción humana y sus funciones estáticas y dinámicas hacen que sea crucial comprender su morfología y estructura para predecir los riesgos que enfrentan los deportistas durante la práctica deportiva. La función del pie está influenciada por su estructura, sobre todo por su arco interno, gracias a su forma de cúpula la bóveda plantar y sus puntos de apoyo en el talón y los metatarsianos, son capaces de soportar el peso del cuerpo sin hundirse, también la altura del arco longitudinal interno influye sobre otras estructuras del cuerpo humano como la espalda o la movilidad de la extremidad inferior (1,3).

Sin embargo, la práctica deportiva ha provocado alteraciones en la huella plantar en función de la disciplina practicada y a la técnica usada en cada uno de los deportes, por lo tanto, en el *CrossFit* el practicante somete a sus pies a una gran carga y esfuerzo conllevando a cambios estructurales en el sistema músculo-esquelético y ligamentoso al ser un entrenamiento en intervalos de alta intensidad (1).

Este tipo de ejercicios se realizan con un alto nivel y con tiempo de recuperación limitado o nulo entre los grupos musculares asociados causando fatiga muscular, lo que provoca una pérdida de concentración y destreza, lo que a su vez puede ocurrir mayor riesgo de lesiones músculo-esqueléticas (2).

El fisioterapeuta evalúa dos parámetros importantes: la postura dinámica o marcha y la evaluación estática corporal donde se incluye el diagnóstico de anomalías en la pisada el cual va a contribuir a prevenir futuras lesiones ya sean posturales como articulares; esto basándose en su conocimiento con la ayuda de herramientas e instrumentos que favorecen a que el diagnóstico sea preciso en la población en general que se va a estudiar. En el caso de los deportistas resulta muy importante el diagnosticar anomalías en la pisada para así mejorar el rendimiento y evitar lesiones a causa del calzado inapropiado u otros factores (4).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las alteraciones en la huella plantar puede ser la respuesta a varios factores, genéticos, de la práctica deportiva, el tipo de calzado, morfo-fisiología, el cuidado de los pies, entre otros.

Van a existir varias causas de la aparición de un pie patológico, como el hundimiento de la bóveda plantar que se da por la debilidad de los músculos y ligamentos que conforman el pie y que sirven de sostén. La literatura también menciona que una disfunción del músculo tibial posterior es uno de los trastornos que con frecuencia causa el aplanamiento del arco interno (3).

Hasta la actualidad se han descrito varios tipos de pies patológicos muchos de ellos en su mayoría no causan ninguna limitación funcional, pero a lo largo del tiempo pueden ser la causa de molestias en otras zonas corporales si no se lleva un control adecuado de los factores intrínsecos y extrínsecos de la población en general.

El pie plano flexible está presente en el 10 a 15 % de los adultos, por lo general no se presentan síntomas y no produce ningún tipo de limitación funcional. El 22% de los menores de 15 años tienen pies planos, sin embargo, predomina en niños de 3 años un 60%, aunque la disminución de esta alteración es progresiva conforme avanza la edad (3).

A nivel de América del sur se han realizado varias investigaciones en Colombia donde se afirma que el pie de una persona normal promedio puede soportar 61% en la parte posterior, un 35% en la parte anterior y el 4% en la parte media, en los pies patológicos como el pie plano entre el 17 al 30% de peso es soportado en la zona media, perjudicando la estabilidad y la postura que una persona tenga en las demás áreas del cuerpo (5).

Si bien la prevalencia de pie plano en Ecuador no está bien definida, esta varía dependiendo de varios factores en varios estudios realizados. Se ha reportado en varios grupos entre 2–6 años (37 a 59.7%) y de 8-13 años (4 a 19,1%) y esta alteración puede perdurar en el 3% de la población adulta (5).

Teniendo en cuenta estos datos y las investigaciones que se han venido realizando dentro de América latina, se resalta la importancia del estudio de la huella plantar en la población en general, enfocándonos en esta investigación en los entrenamientos de alta intensidad que requieren de rapidez en su ejecución y un mayor esfuerzo físico como lo es el *CrossFit* (5).

En un estudio realizado en América del norte 3.049 participantes, 931 personas (30,5%) informaron de una lesión relacionada con su participación en los ejercicios de *CrossFit*. Entre los que informaron lesiones, el 62,4% informó al menos una de estas en solo una parte del cuerpo, mientras que el 37,6% informó varias de estas en múltiples partes del cuerpo. En general, los participantes masculinos informaron un mayor número de lesiones que las participantes femeninas; Sin embargo, la localización de estas lesiones fue similar entre los dos grupos. Los hombros (39%), la espalda (36%), las rodillas (15%), los codos (12%) y las muñecas (11%) son los lugares más comunes de lesión (6).

Un estudio realizado en Países Bajos, 553 atletas holandeses de *CrossFit* informaron una tasa de lesiones del 50%, donde también mencionaron que los atletas con menos de 6 meses de experiencia tenían casi 4 veces la tasa más alta de lesiones comparadas con aquellos con más de 24 meses de experiencia (6).

Sabemos que en Ecuador el *CrossFit* es una nueva metodología de entrenamiento, lo cual se evidencia en la parte científica la escasez de estudios respecto a esta nueva práctica deportiva y por su reciente introducción al sistema nacional, trayendo consigo la necesidad de obtener la información detallada respecto a los resultados positivos que puede tener al realizar de una forma correcta y controlada esta actividad, como también analizar las consecuencias que conlleva realizar esta disciplina de manera empírica sin un control adecuado.

Al ser una práctica deportiva muy popular en el ámbito del fitness el *CrossFit* atrae a participantes de todos los géneros, edades y condiciones físicas, además, los participantes masculinos tienen más probabilidades de reportar lesiones que las participantes femeninas, mientras que los participantes del entrenamiento *CrossFit* con menos frecuencia (<3 días a la semana) y menos experimentados (<1 año) tienen más probabilidades de reportar lesiones que aquellos que estaban más comprometidos con este método de entrenamiento. Las tasas de lesiones dependen de cuánto tiempo pasaron los participantes entrenando *CrossFit*. Aquellos con 3 años de experiencia reportaron más lesiones (43,1%) que aquellos con 1 a 3 años (38,8%) y los menores de un año (18,0%) (7).

Dado que *CrossFit* es un entrenamiento rápido y de alta intensidad, no se puede subestimar la necesidad de que las unidades de músculo-tendinosas se efectúen de manera óptima, probablemente el estiramiento puede estar asociado con lesiones en los atletas de *CrossFit*. Las tasas de lesiones son similares a las observadas en otras formas de ejercicio de alta intensidad (8).

Es por ello la necesidad del estudio ya que al ser una nueva disciplina deportiva con una alta demanda física y los reducidos estudios científicos en el Ecuador con respecto a las alteraciones en la huella plantar en deportistas que practican *CrossFit* y esto que puede dar como resultado lesiones músculo-esqueléticas (8).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y por medio de los estudios revisados e investigados se manifiesta la necesidad de responder a nuestra incógnita de la investigación, sobre ¿Cuáles son las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesión que pueden presentar los deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*? procurando crear bases para posteriores investigaciones en el ámbito deportivo y cotidiano.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La huella plantar proporciona una forma legítima de analizar la estructura del pie siendo el fiel reflejo del estado de las estructuras anatómicas que conforman este complejo articular. Los pies son la base de nuestro cuerpo y es el primer contacto que tenemos con el suelo, cualquier desbalance en este segmento corporal desencadena un desequilibrio en otros segmentos corporales como son las articulaciones de las rodillas, caderas incluso la espalda (9).

La importancia de realizar esta investigación es el conocer las alteraciones de las huellas plantares en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio *El Box* por medio del fotopodómetro a través del análisis de las imágenes digitales obtenidas con la ayuda del Índice de Hernández Corvo; así como valorar el riesgo de lesiones que éstas pueden producir en el miembro inferior de los deportistas a través del test de balance en Y.

La presente investigación está enmarcada en las líneas de investigación de la Facultad de Ciencias Médicas, en la línea deseable de Telemedicina y salud, que aporta a la integración de varias ramas científicas para el desarrollo de nuevas tecnologías en el manejo de pacientes; y dentro de las líneas del Ministerio de Salud Pública relacionadas a la Atención primaria en Salud, la promoción y prevención de enfermedades y/o discapacidades.

Además de ello con el presente estudio contribuye a las investigaciones futuras con la utilización de fotopodómetro, permitiendo la continuidad a esta línea de investigación de la Universidad de Cuenca y con ello emitir criterios eficaces en el diagnóstico de alteraciones en la huella plantar y el riesgo de lesión en la población.

Este trabajo de gran importancia para los profesionales de la salud en el área de fisioterapia, podología y ortopedia, ya que nos expone de una manera confiable y rápida las imágenes de la huella plantar, fusionando la tecnología con los conocimientos de la fisioterapia, para que a través del Método de Hernández Corvo, podamos determinar las alteraciones de la huella plantar en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio *El Box* (6).

A través de la baropodometría podemos cuantificar la distribución de las presiones en la huella plantar determinando el tipo de pie de cada persona, siendo útil como complemento y conjuntamente con otras técnicas de evaluación, las mismas que nos permiten obtener un diagnóstico preciso de patologías relacionadas con el pie. El índice de Hernández Corvo al ser un método de evaluación basado en mediciones realizadas sobre la impresión de la huella que nos aporta una correcta valoración, análisis y clasificación del tipo de pie, facilita tanto el diagnóstico, intervención y prevención de las deformaciones y/o las alteraciones funcionales (10) (11).

Por lo tanto, el realizar el análisis de la huella plantar en el establecimiento de *CrossFit* en el gimnasio El *Box*, por medio del fotopodómetro y el Índice de Hernández Corvo, en edades comprendidas entre 18 años en adelante; determinará factores morfológicos que pueden provocar lesiones en deportistas que practican *CrossFit*; siendo aquello un referente para poder establecer un programas de prevención y tratamientos para evitar futuras complicaciones en los deportistas que practican este tipo de ejercicio.

Teniendo en cuenta que el *CrossFit* es cada vez más popular tanto en formas competitivas como no competitivas y que promueve muchos beneficios para la salud. El porcentaje de lesiones de *CrossFit* se puede comparar con otros deportes de entretenimiento o competitivos y lesiones que muestran un perfil similar (12).

Por todo lo mencionado, es muy importante desarrollar el estudio para analizar el gran impacto de esta práctica deportiva y el riesgo de lesiones músculo-esqueléticas que va a desencadenar las alteraciones en la huella plantar, y a su vez esto permitirá que el personal de salud conozca y esté familiarizado con esta práctica deportiva, para asesorar y tratar a los pacientes e incluso ejecutar actividades o programas de promoción y prevención en salud, uno de las profesiones que está enfocada es la fisioterapia, siendo la rama médica encargada también de la recuperación de lesiones músculo-esqueléticas (13).

CAPÍTULO II

2.1 ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR

2.1.1 EPIDEMIOLOGÍA

Un estudio realizado en México donde se evaluó el grado de pie plano y pie cavo en jóvenes deportistas en programas de la comisión municipal de cultura física y deporte se obtuvo un alto porcentaje de pie cavo en jóvenes deportistas, principalmente en mujeres. El 30.2% de las mujeres presentaban pie cavo normal en el pie derecho por el contrario los hombres presentaban un 19.2%, por lo cual las mujeres presentaban una mayor prevalencia de pie cavo extremo en relación con los diferentes grados de pie plano. La prevalencia de pie plano grado 1 fue de 3,8% en mujeres, 1,4% en hombres, 1,9% en mujeres grado 2 y 4,1% en hombres, 2,8% en mujeres y 8,2% en hombres. En este estudio los hombres presentaban un mayor porcentaje de pie normal 60.3% y las mujeres 50.9% respectivamente (14).

La morfología de la huella plantar en el pie izquierdo seguía una disposición igual a las del pie derecho, a excepción del pie plano grado uno donde la prevalencia era de 1.9% en mujeres y para hombres 5.5% (14).

En este mismo estudio realizado en México se muestran las alteraciones que habían sufrido los deportistas jóvenes, donde se observó que el 34% de los participantes habían sufrido una lesión en el tiempo dedicado a la actividad física, un 15.7% reportó haber sufrido dos, un 12% tres, 1.6% cuatro y 0.5% cinco lesiones. En el caso de las lesiones se evidenció que las mujeres presentaban un porcentaje elevado 35.7% y los hombres 31.6%. Las estructuras corporales con mayor prevalencia de alteraciones fueron las rodillas un 31.4%, como segundo lugar el tobillo 17.8%, en tercer lugar, el hombro un 13.6%, en cuarto lugar, la muñeca un 9.4%, en quinto lugar, la planta del pie un 8.9% y en el sexto lugar la pierna un 5.2% (14).

Por otro lado, la tasa de lesiones es del 20% entre los deportistas que practican *CrossFit* y el momento crítico que aparecen las lesiones son en los primeros 15 minutos de la rutina, sobre todo en los atletas que realizan levantamiento de pesas en un solo paso.

En aquellos gimnasios donde se imparten cursos de inducción y clases para los principiantes existe una tasa de lesión más baja del 18.5%, en comparación con aquellos gimnasios que ofrecen el entrenamiento estándar para todos los participantes.

En la bibliografía no se señala que exista alguna relación del riesgo de lesión con la edad, ni con el número de horas que se entrene por día o cuantos días de entrenamiento a la semana, aunque se señala que hay una mayor incidencia en hombres que mujeres, también se

menciona que existe un riesgo elevado de lesión cuando el practicante no recibe la atención requerida por parte del entrenador, con ello se puede relacionar el hecho de que las mujeres tienden a estar más cerca del entrenador y eso podría explicar la menor incidencia de lesiones en este género.

Una de las zonas corporales que se lesionan con frecuencia es el hombro con un 25% de lesiones, tendinitis, luxaciones de la columna, desgarros musculares y tendinosos un 14%, esguince lumbar, hernias de disco y rodilla un 13%, y en su mayoría lesiones en los ligamentos o meniscales (14).

2.2 ANATOMÍA DEL PIE

El pie está compuesto por 26 huesos, a los cuales se le suman la tibia y el peroné para conformar la articulación del tobillo, con un total de 28 huesos que forman 55 articulaciones y poseen múltiples ligamentos y músculos, esta estructura está perfectamente adaptada para satisfacer con las diversas exigencias de apoyo y locomoción del cuerpo, y realizar movimientos complejos (15).

El pie se puede dividir en tres segmentos anatómicos funcionales: el retropié, que está formado por el astrágalo que está articulado con el calcáneo y forma la articulación subastragalina. El medio pie, formado por el escafoides, que se articula con la cabeza del astrágalo, el cuboides articulándose con el escafoides y la base de los metatarsianos. El antepié está conformado por los 5 metatarsianos y sus falanges: proximales, medias y distales que forman los dedos del pie. La distribución de todos los huesos crea un arco en la parte media del pie, proporcionando gran resistencia y capacidad de carga, sostenido por tres puntos llamados trípode podálico (15).

Esta bóveda no está conformada por un triángulo equilátero perfecto, pero se puede comparar con esto, debido a que sus puntos de apoyo están incluidos en la zona de contacto con el suelo creando lo que conocemos como huella plantar. Los puntos de apoyo están conformados por la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y la apófisis del calcáneo. De estos puntos se forman tres arcos: arco externo, arco transversal anterior y el arco interno o longitudinal siendo el más alto y largo; y de los más importantes de los tres desde la perspectiva estática y dinámica; además clínicamente es el más visible de los tres (15).

El **arco longitudinal o interno** está conformado por cinco huesos: primer metatarsiano descansando en el suelo en el apoyo de su cabeza, la primera cuña sin contacto con el suelo, escafoides tarsal siendo un hueso clave en la formación de la bóveda del pie, el astrágalo

encargado de distribuir por medio de la bóveda los impulsos que se generan desde la pierna y el calcáneo que descansa sobre el suelo en la parte posterior del pie (16).

El **arco externo** está conformado por tres huesos: quinto metatarsiano, sobre su cabeza descansa el apoyo anterior, el cuboideo que está en suspensión y sin ningún contacto en el suelo, el calcáneo que con sus tuberosidades posteriores forman el punto de apoyo posterior. Es más rígido que el arco interno o longitudinal que permite el movimiento correcto de los impulsos motores del tríceps sural que está potenciado en su mayoría por el ligamento calcáneo-cuboideo plantar en sus fascículos profundo y superficial que evitan que las articulaciones calcáneo-cuboidea y cuboidea-metatarsiana se abran por la parte inferior por la influencia del peso del cuerpo (16).

El **arco interno o transverso** sus puntos de apoyo son la cabeza del primer y quinto metatarsiano, las cabezas de los demás metatarsianos usualmente no tienen contacto con el suelo. Sin embargo, en diversas patologías donde existe un desbalance en los músculos intrínsecos, se produce un aplanamiento de este arco, lo que favorece a la formación de los dedos en garra y callosidades plantares.

El arco interno mantiene su concavidad debido a los ligamentos y músculos que actúan como tensores, inicialmente el tibial posterior, peroneo lateral largo, flexor del primer dedo y el aductor. Por el contrario, el extensor propio del primer dedo como el tibial anterior lo aplanan (16).

2.3 ESTRUCTURA LIGAMENTOSA DEL PIE

2.3.1 ESTRUCTURA LATERAL

Los ligamentos colaterales que conforman la articulación del tobillo forman tres estructuras distintas; primero el ligamento peroneo astragalino anterior, segundo el ligamento peroneo calcáneo y tercero el ligamento peroneo astragalino posterior. En una visión lateral del pie y del tobillo se puede observar el ligamento peroneo astragalino anterior y peroneo calcáneo, pero este último en su parte posterior se encuentra oculto por el maléolo lateral (17).

2.3.2 ESTRUCTURA MEDIAL

El ligamento deltoideo es el principal ligamento colateral de la cara medial del tobillo. Esta estructura con su forma triangular, brinda el apoyo para ambas articulaciones tibio-peroneo-astragalina y astrágalo calcáneo (17).

2.3.3 ESTRUCTURAS SUBTALARES

La articulación subastragalina es mantenida por dos grandes ligamentos: el astrágalo-calcáneo interóseo y el cervical. El ligamento astrágalo-calcáneo interóseo es el ligamento de

forma cuadrilátera, espeso que se ubica en el canal del tarso, formado por un fascículo posterior en dirección más o menos transversal y que da fuerza por delante de la cápsula de la subastragalina posterior y un fascículo anterior, en dirección más sagital, ubicado en la profundidad del seno del tarso, más cercano a la subastragalina anterior. Sus fibras tienden a tensarse durante la pronación de la articulación subastragalina, evitando en parte la eversión del pie. El ligamento cervical es mucho más fuerte de los ligamentos entre el astrágalo y el calcáneo. Su origen se ubica en la vista antero-medial del seno del tarso, cercano al origen del extensor corto de los dedos. Sus fibras se dirigen medial y superiormente para insertarse en la parte medial e inferior del cuello del astrágalo. El ligamento cervical tiende a tensarse durante la supinación de la articulación subastragalina impidiendo por lo tanto la inversión del pie (17).

2.3.4 ESTRUCTURAS PLANTARES

Existen varias estructuras ligamentosas en la superficie plantar del pie. El ligamento plantar largo se origina en el calcáneo y se va hacia delante para insertarse en el cuboides hasta la base de los metatarsianos para el paso del tendón del peroneo largo cuando atraviesa la superficie plantar del pie para terminar insertándose en el primer metatarsiano. Por debajo del ligamento plantar largo descansa el ligamento calcaneocuboideo plantar, más conocido como plantar corto. Medial al plantar largo se observa el ligamento calcaneonavicular o calcaneoescafoideo, donde su elasticidad e inserción en la cabeza del astrágalo, hacen que se le conozca como ligamento *muelle*.

Estos ligamentos son los más fuertes, estando la función de soporte incrementada por los ligamentos interóseos subastragalinos, el ligamento en Y de Chopart que junta al calcáneo escafoides cuboides y ligamento de Lisfranc desde el segundo metatarsiano a la primera cuña. A estos se le une la aponeurosis plantar con la función de tirante el arco longitudinal, que junto a los anteriores ligamentos ayudan en el soporte de la bóveda plantar (17).

2.3.5 ANTERIORES Y POSTERIORES DEL TOBILLO

En la cara anterior del tobillo encontramos el ligamento tibioperoneo anterior y el fascículo anterior del ligamento anterior del ligamento lateral. En la cara posterior se ubica el ligamento tibioperoneo posterior, el fascículo profundo del ligamento deltoideo y el fascículo posterior del ligamento lateral.

2.4 BIOMECÁNICA DEL PIE

Desde el punto de vista funcional se distinguen en el pie dos tipos de articulaciones, las de movimiento constituidas por el tobillo y las articulaciones metatarso falángicas e interfalángicas de los dedos y las de adaptación, que están formadas por las articulaciones

del tarso posterior y el medio pie, cuyo objetivo es adaptar el pie en la marcha por los terrenos irregulares, desempeñando el papel de amortiguador en las exigencias mecánicas producidas durante la deambulaci3n.

En la articulaci3n del tobillo se realizan movimientos de flexi3n y extensi3n de unos 40° de flexi3n plantar y 30° de flexi3n dorsal. La articulaci3n subastragalina tiene un arco de movimiento entre 30° de eversi3n y 20° de inversi3n. La aducci3n y abducci3n consiste en acercar la punta del pie hacia el punto medio del cuerpo o alejarla de 3l, sin presentar modificaciones en el plano horizontal del apoyo. Estos movimientos se realizan de forma b3sica a favor de la articulaci3n subastragalina, aunque tambi3n intervienen las articulaciones que conforman parte del astr3galo.

La pronaci3n y supinaci3n son movimientos que se realizan principalmente en las articulaciones de Chopart y Lisfranc. La pronaci3n se caracteriza por aproximar el primer dedo al suelo de tal manera que la planta del pie va a mirar hacia fuera; por lo contrario, la supinaci3n realiza el movimiento contrario. Estos dos movimientos tambi3n se denominan eversi3n e inversi3n respectivamente (21).

Los movimientos que se realizan en los dedos son simplemente de flexi3n plantar y flexi3n dorsal. El rango de movimiento es de mayor amplitud en el primer dedo entre 35° de flexi3n y 80° de extensi3n y una limitaci3n presente da lugar al s3ndrome del dedo gordo r3gido, las dem3s articulaciones metatarsofal3ngicas poseen un movimiento de flexi3n y extensi3n de 40°.

En el estudio de la movilidad articular es importante tener en cuenta los grupos musculares m3s importantes que controlan el movimiento. El m3sculo Gastrocnemio realiza el movimiento de la flexi3n plantar en el pie, considerado como un m3sculo muy potente, cuya inserci3n se encuentra en el calc3neo y se prolonga a la planta del pie d3ndole lugar el sistema aquileo-calc3neo plantar (21).

2.5 ANORMALIDADES DEL PIE Y PATOLOGÍA MECÁNICA CLÍNICA

2.5.1 ANTEPIÉ VARO

La observaci3n cl3nica de esta anomal3a en el pie muestra un antepi3 invertido en la bisecci3n de la porci3n posterior del calc3neo cuando la articulaci3n subastragalina est3 en posici3n neutra.

Esta anomal3a de la articulaci3n mediotarsiana puede resultar de la destrucci3n de la cabeza y del cuello del astr3galo en sufrir la desrotaci3n total de su posici3n infantil original.

Esta rotación que se puede presentar en la vida adulta es en forma de torsión en valgo de 35° a 45° de inclinación de la cabeza y el cuello del astrágalo con relación a la tróclea.

La compensación que sucede en la articulación subastragalina durante la descarga de peso provoca que el componente medial del antepié realice el contacto con el suelo. La compensación puede ocurrir únicamente cuando es posible una adecuada pronación, posibilitando así, que el calcáneo realice eversión y provocando que toda la superficie plantar soporte el peso. Clínicamente, el antepié varo compensado se parece a un pie plano. Posteriormente, el calcáneo queda evertido. Medialmente el arco longitudinal no es visible, con la cabeza del astrágalo prominente (aducción y flexión plantar) y próxima a la tuberosidad del navicular. El cuello del astrágalo se encuentra por debajo de la segunda y tercera cabezas metatarsianas. La deformación del hallux en valgo está comúnmente relacionada con este tipo de pie dependiendo de la cantidad de pronación compensatoria necesaria y de la gravedad de la deformación. Esta pronación en la articulación subastragalina no sería posible, va haber un estado de descarga de peso no compensado. Durante la fase de apoyo, en función de la incapacidad de toda superficie del pie para hacer contacto con el suelo, las fuerzas de reacción del suelo se mantienen laterales, habiendo demasiada presión a lo largo de la cabeza del cuarto y quinto metatarsianos. La deformidad en varo en el antepié es un arquetipo del tipo de pie que sostiene la articulación subastragalina en pronación compensatoria anómala en la fase de apoyo de la marcha (17).

Esta compensación sucede en el plano frontal a lo largo del eje de la articulación subastragalina y del eje longitudinal de la articulación mediotarsiana. En reemplazo de la pronación normal de cuatro a seis grados de la articulación subastragalina que se dan durante la fase de contacto, le acompañan grandes variaciones de pronación (permitidas por la articulación subastragalina y mediotarsiana) en las fases de medio apoyo y propulsión.

La excesiva pronación que se da bloquea la función de rigidez del brazo de la palanca que es vital para la propulsión normal. En esta condición la salida del suelo se desarrolla en el pie astragalino (pie dinámico) y no en el pie calcáneo (pie estático) como normalmente debería ocurrir. En relación de esta inestabilidad presente, tanto en el antepié como en el retropié surgen fuerzas de cizallamiento entre las cabezas de los metatarsianos. Entre los síntomas resultantes de este pie identificamos la condromalacia patelar (17).

2.5.2 ANTEPIÉ VALGO

Esta deformidad en el pie puede identificarse como una eversión del antepié con relación al retropié. Esta anomalía en valgo del antepié contrasta directamente con el antepié varo,

ya que las estructuras mediales del pie están en relación con la superficie mientras la cara lateral está sin apoyo. Cuando el antepié no consigue ajustar este desequilibrio, la articulación subastragalina sufre una supinación en una fase de apoyo y pronación en la fase siguiente. El apoyo del medio pie durante la marcha usualmente no está afectado por el valgo del antepié por debajo de 6°. Así, con un cambio mayor del valgo, va a obligar una compensación en los ejes de la articulación subastragalina y mediotarsiana (longitudinal) durante la fase de contacto.

En la elevación del tobillo las fuerzas de reacción del suelo que trabajan lateralmente son enormes, dando como resultado un movimiento de pronación en la articulación subastragalina en el impulso. Esta pronación excesiva que ocurre en la fase de impulso del ciclo de la marcha puede desatar síntomas relacionados con excesiva movilidad en las articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas. La deformidad del antepié valgo rígido se asemeja a un pie cavo típico o arco alto, deformidad que puede estar asociada con el varo de retropié puede ser una causa del síndrome del túnel del tarso anterior. Estos tipos de pie será un mal absorbente de impacto y, consecuentemente, transmitirá un aumento de fuerzas del suelo hacia las estructuras de la articulación proximal (17).

2.5.3 RETROPIÉ VARO

Esta deformidad es el resultado de alteraciones en el calcáneo posterior que sufre una rotación completa de su posición original. Al valorar la relación retropié-antepié durante la carga, descubrimos un calcáneo invertido encontrándose la articulación subastragalina en posición neutra y la articulación mediotarsiana en pronación.

En el retropié varo compensado podemos observar la posición de aducción y flexión plantar del astrágalo, usada para llevar al calcáneo a una posición vertical. Por lo general, esta disposición vertical que el calcáneo presenta contribuye una pronación complementaria que se crea por la deformidad en varo. En comparación de las anomalías del pie que se describen, se produce la pronación compensatoria cuando el tobillo y el pie presentan un contacto con el suelo (17).

Cuando se eleva el tobillo la articulación subastragalina queda libre para supinar y recuperarse completamente durante la fase de impulso. La valoración clínica de la mayoría de los pies revela un grado moderado de varo y retropié de 2° a 3° (17).

2.5.4 TIBIA VARA

A diferencia de otros tipos de pie que causan pronación intrínseca en la fase de apoyo durante la marcha, la tibia vara es una alteración extrínseca que crea un desvío del tercio inferior de

la tibia en la dirección de la inversión del pie. La extremidad distal de la tibia se encontrará más cercana de la línea media del cuerpo que la porción proximal, provocará la deformidad común en varo. La valoración de esta condición en ausencia de carga, usualmente muestra una relación normal entre el retropié y el antepié. Mientras tanto, durante la carga las influencias de esta anomalía sobre el pie son iguales a la anomalía del retropié varo. En la marcha encontramos una pronación compensatoria en el contexto de la articulación subastragalina, mientras el pie y el tobillo están en contacto con el suelo. En un pie normal, a lo largo del apoyo, el calcáneo se torna perpendicular a la superficie de la marcha. Con la tibia en varo, la articulación subastragalina sufre una pronación de más de 4° para llevar el tobillo a la posición vertical. De igual manera que el retropié varo, esta deformidad puede causar alteraciones en la articulación de la rodilla, produciendo sobrecargas sobre la articulación femoro-patelar durante la realización de actividades deportivas y de ocio. Esta anomalía puede estar relacionada con algún grado de retropié varo y ha sido asociada como uno de los componentes del pie cavo (17).

2.5.5 PIE EQUINO

Es necesaria una amplitud mínima de 10° de dorsiflexión de la articulación del tobillo en la fase de apoyo durante la marcha, la deformación en equino de tobillo se puede definir como la limitación de estos 10° , cuando la articulación subastragalina está en posición neutra, el mediopié está pronado y la rodilla en extensión. El avance de la línea de la tibia mostrando 10° de anteversión en relación con el eje vertical sobre la cúpula talar en una posición neutra del pie, es uno de los factores de deformidad en equino en los deportistas, cuya causa es de origen funcional. Este hecho ocurre cuando el músculo gastrocnemio y/o sóleo, están reducidos en su longitud como consecuencia de un desequilibrio muscular, de tal forma estos músculos sufren una hipertrofia con acortamiento. Otros factores que influyen son las deformidades óseas congénitas o adquiridas en la articulación del tobillo, ya sea un acortamiento congénito en la musculatura que compensado con otras articulaciones de la extremidad inferior que posibiliten realizar una locomoción completa. La flexión dorsal del tobillo es vital en la fase intermedia de apoyo en la marcha, puesto que la tibia ha de deslizarse 10° sobre la bóveda plantar antes de la elevación del tobillo. Una de las limitaciones en este movimiento produce una pronación compensatoria sobre el eje de la articulación subastragalina, rápidamente antes de la elevación del tobillo. La compensación requerida es proporcional a la cantidad de limitación de dorsiflexión. Cuando la amplitud de movimiento de la articulación subastragalina no pueda ser adecuadamente compensada, la articulación mediotarsiana ayudará con un movimiento sobre su eje oblicuo (17).

Otras maneras de compensación contempladas en la deformidad en equino es la "marcha en salto" la valoración clínica de esta marcha muestra una elevación prematura del tobillo antes de la flexión de la rodilla. La pelvis y el tronco se muestran elevados durante la fase media del apoyo, esto le da una apariencia de salto durante la marcha. Esta elevación prematura del tobillo provoca un aumento en la fase de impulsión del ciclo de la marcha, considerándose estas formas de compensación las principales causantes de sintomatología en el pie humano, como el dolor en el arco medial, fascitis plantar y la fatiga de la pierna (17).

2.6 ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR

El pie considerado como estructura motriz y que es la base de nuestro cuerpo humano por ser ese primer contacto que tenemos con el suelo requiere de especial mención.

2.6.1 PIE PLANO

El pie plano valgo es el descenso del arco medial del pie a causa de la claudicación de los sistemas de amortiguamiento, por lo general la articulación astragalocalcaneoescafoidea. En la mayoría de los casos hay una lesión del ligamento calcaneoescafoideo plantar y del tendón del tibial posterior, no se puede precisar si se trata de una causa (lesión traumática inicial) o consecuencia (estiramiento degenerativo progresivo). Bonnel, la existencia de morfotipos óseos predisponentes como por ejemplo un astrágalo con mayor longitud que el calcáneo, lo que le da una mayor función de apoyo a la hamaca tendinosa ligamentosa plantar y medial de la articulación astrágalo escafoidea. Otra causa es la morfología de las articulaciones subastragalinas y la congruencia articular astragaloescafoidea. Un pie plano puede iniciar en la articulación cuneometatarsiana o escafocuneana, con la hiper movilidad dorsal del primer metatarsiano, o a nivel tibio tarsiano como resultado de una lesión ligamentosa media. Por lo cual, el pie desequilibra durante el desarrollo del paso, con el apoyo medializado que agrava la deformación: el valgo del retropié se intensifica en la supinación del antepié, la abducción lo hace por el apoyo medial sobre el primer metatarsiano y por el apoyo medial en el hallux, se desarrolla un hallux valgus. Varios pies planos presentan aumento considerable de la divergencia astragalocalcánea, lo que conlleva a la pérdida de apoyo de la cabeza del astrágalo por el sustentáculo astragalino y la pronación del calcáneo. Es importante mencionar también la posibilidad de una inestabilidad rotatoria de la articulación subastragalina por el estiramiento progresivo de las estructuras en la articulación (18).

2.6.1.1 ETIOLOGÍA DEL PIE PLANO

El pie plano valgo es fisiológico entres los dos o tres primeros años de edad, a medida que crece el niño el arco plantar se eleva, no requiere de tratamiento para este tipo de pie plano elástico que se presenta en los niños.

Entre las principales pruebas complementarias de diagnóstico podemos encontrar el fotopodograma y la observación por podoscopio entre otras que serán igualmente muy útiles (18).

El pie plano puede ser de origen congénito siendo el más frecuente y este puede ser flácido o rígido, el pie plano rígido es el resultado de alteraciones óseas como anomalías que se presentan en el escafoides, el astrágalo vertical o las coaliciones tarsianas.

En las alteraciones del escafoides accesorio o prominente, este tipo de anomalías puede provocar una alteración funcional del tendón del tibial posterior que derivará en un aplanamiento de este pie.

Astrágalo vertical esta malformación congénita el escafoides se encuentra luxado hacia arriba y el astrágalo en posición vertical, esto denota una deformidad con la planta del pie convexa y un astrágalo prominente en su parte interna, requiriendo tratamiento quirúrgico temprano.

La coalición tarsiana es una de las causas principales de pie plano rígido en niños y adolescentes, se presenta secundariamente a la unión anormal entre los huesos del tarso debida a la falta de diferenciación y segmentación del mesénquima primitivo seguido de la ausencia de la formación de la articulación. La coalición se puede presentar en diferentes formas esta puede ser fibrosa o sindesmosis, cartilaginosa o sincondrosis u ósea sinostosis. En ciertas ocasiones la coalición es adquirida, secundaria a un proceso traumático, infeccioso, enfermedad articular o cirugía (18).

Pie plano adquirido es el resultado a distintas afecciones como la hiperlaxitud articular, lesiones tendinosas, reumatismos inflamatorios crónicos, artropatías neuropatías o traumatismos y pueden ser también flexibles o rígidos. En el pie plano flexible o móvil muestra el hundimiento del arco plantar solo en posición de bipedestación, pero sin el tratamiento correcto puede aparecer un espasmo muscular peroneal que puede conllevar gradualmente a un pie plano rígido y espástico por contractura de estos grupos musculares.

Una disfunción del tibial posterior es una causa importante y poco reconocida del dolor en la cara interna del pie, en la parte posterior y medial, que va a condicionar discapacidad y conlleva finalmente a un pie plano siendo esta la causa más frecuente de pie plano adquirido en el adulto (18).

2.6.1.2 SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL PIE PLANO

Cuando nos referimos a la clínica, el inicio es generalmente insidioso, con presencia de dolor que va de leve a moderado y tumefacción localizados en la región medial del tobillo. El dolor tiende a agravarse con la actividad y puede mejorar en el reposo. Si la inflamación se cronifica se produce degeneración tendinosa y finalmente la rotura del tendón que da como resultado

una caída progresiva del arco plantar que se instaura en meses o años. El pie puede llevar a ser muy doloroso y resulta la dificultad para lograr una buena fase de despegue en la marcha. Cuando existe una rotura del tendón se presenta deformidad progresiva del pie en la posición plano valgo (retropié valgo, mediopié valgo, en abducción y antepié pronado), unos signos de rotura característicos que se aprecian fácilmente al explorar el pie desde la región posterior (19).

2.6.2 PIE CAVO

El pie cavo se origina por un desequilibrio entre la musculatura del pie, la extrínseca, intrínseca o ambas. Esta deformidad se da por un desequilibrio entre el peroneo largo y el músculo tibial anterior y al desequilibrio entre los músculos tibial posterior y peroneo breve. Ombredanne, tuvo en cuenta que una de las principales causas del pie cavo idiopático estaba en la existencia de un desequilibrio de los músculos extrínsecos largos con un tendón del tibial anterior débil, que provocaría la flexión plantar del primer radio. En ese caso la progresión de la deformidad es de manera distal a proximal, contrario a esto Bentzon y Hallgrimsson sostienen que la alteración primaria era un desequilibrio de la musculatura intrínseca, con la deformidad inicial en los dedos que posterior progresa de distal a proximal. Duchenne plantea una tercera teoría, donde describe la existencia de un desequilibrio entre los músculos extrínsecos como el tibial posterior o los músculos flexores largos más fuertes que sus antagonistas los extensores largos. Teniendo en cuenta la morfología de las deformidades, se pueden distinguir varios tipos de pie cavo: Anterior o cavo varo, posterior o calcáneo cavo y mixto (20).

2.6.2.1 ETIOLOGÍA DEL PIE CAVO

En presencia de un pie cavo podemos pensar en una enfermedad neurológica ya sea por desequilibrio muscular paralítico o espástico. Existen también el pie cavo idiopático, cavo hipertónico en deportistas o bailarinas, cavo congénito (raro, en pie zambo residual, artrogriposis) y el pie cavo secundario a traumatismos (cicatrices retráctiles, fractura, síndromes compartimentales). Otras causas de pie cavo son las neuropatías hereditarias sensitivas motoras (enfermedad de Charcot-Marie-Tooth) y las atrofas musculares espinales distales que causan constantemente un pie cavo, alteración que también se presenta en enfermedades neurológicas de diversa etiología, como la ataxia de Friedreich, poliomielitis, parálisis cerebral o las distrofias musculares (20).

Según la posición en un plano sagital el pie cavo se puede presentar en anterior, posterior o mixto. El más frecuente es el pie cavo anterior. En este tipo de alteraciones el desequilibrio entre los músculos que traccionan el pie causa la verticalización de los metatarsianos principalmente el primero lo que provoca que sus cabezas se encuentren marcadamente

descendidas en referencia al del talón. Los dedos están en garra con la primera falange en hiperextensión y la segunda en flexión forzada, a causa de la atrofia y el acortamiento de lumbricales e interóseos, que dejan de dar estabilidad y flexionar la articulación metatarsofalángica de los dedos trifalángicos y de extender las interfalángicas y así la acción del flexor de los dedos hace progresiva la deformidad (20).

El pie cavo posterior es común cuando existe una parálisis del tríceps sural y como consecuencia de la falta de tracción del Aquiles, el calcáneo se verticaliza y eleva por su parte anterior. La forma mixta se presenta cuando la caída del primer metatarsiano es más acusada en relación con los demás, aquí el retropié se coloca en gran supinación para compensarla y seguido el calcáneo se verticaliza (20).

2.6.2.2 SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL PIE CAVO

En los niños el pie cavo es aún flexible. Por esta razón, al apoyar disminuye la desnivelación y el peso del cuerpo se distribuye en la superficie plantar, lo que permite una marcha indolora. El motivo de consulta frecuentemente suele ser cansancio temprano y molestias en el pie y tobillo con dificultad al caminar y caídas fáciles. La desnivelación entre el ante y retropié queda ya fijada, de esta manera la carga máxima recae sobre las cabezas metatarsianas, y aparecen dolor y durezas en estas zonas. Si se mantiene el arco transversal anterior, las hiperqueratosis aparecen bajo las cabezas metatarsianas primera o quinta, y si el arco se encuentra aplanado las callosidades afectan también a las cabezas medias. En el pie cavo la articulación del tobillo no se encuentra afectada, pero la subastragalina puede encontrarse limitada. La fascia plantar y especialmente el extensor del primer dedo y el extensor común de los dedos se encuentran en mayor tensión de la habitual y los dedos se hallan contracturados en garra sin comunicación de los pulpejos con la superficie del suelo. La marcha, en los pies cavos neurológicos, muestra una inversión, de modo que el apoyo del antepié se presenta antes del apoyo del talón (19).

2.7 ENTRENAMIENTOS FUNCIONALES DE ALTA INTENSIDAD

La literatura señala que el *CrossFit* está considerado dentro de la categoría de entrenamientos funcionales de alta intensidad (HIFT) de sus siglas en inglés *High Intensity Functional Training*. Se ha probado ampliamente el potencial del *CrossFit* para fortalecer y aumentar la resistencia entre quienes lo practican.

Se incluye una extensa gama de ejercicios que van desde correr y rodar, hasta el levantamiento de pesas y movimientos de gimnasia. Este conjunto de ejercicios se combina

con rutinas de alta intensidad y repeticiones que implican numerosas repeticiones a gran velocidad con un mínimo o nulo tiempo de recuperación entre cada ejercicio (22).

2.8 CROSSFIT

Una nueva modalidad de entrenamiento que más auge ha tenido en estos últimos años ha sido el *CrossFit*. Este se diferencia por usar ejercicios de alta intensidad, movimientos explosivos y levantamientos de peso, donde se requiere mucha técnica y práctica. Esta modalidad de entrenamiento consiste en la realización de movimientos funcionales que varían constantemente, que son realizados con una alta intensidad de manera grupal. Este programa de acondicionamiento ha tenido un crecimiento muy rápido en todo el mundo desde que se creó en el año 2000 por Greg Glassman.

Aunque actualmente se conoce al *CrossFit* como una modalidad que tiene un gran efecto en la condición física de los participantes y es por ello que ha tenido una gran acogida (22).

Con todo lo mencionado anteriormente el objetivo del *CrossFit* de ser un programa en contra de las rutinas que se enfrenta desafíos y estímulos regularmente variados, el uso de plantillas de programas puede ser menos contradictorio, aunque, se pueden usar ciertas estructuras de trabajo que confieran estímulo y adaptación correcta sin perder lo variado y novedad que caracterizan a *CrossFit* (22).

2.9 IMPACTO FÍSICO DEL CROSSFIT

Este tipo de disciplinas podría considerarse de alto riesgo a causa de las cargas pesadas que se levantan, en especial cuando se realizan competencias de este tipo, y que a nivel celular crea un estrés que favorece el aumento de la masa muscular y la resistencia, pero al contrario también puede llegar a ser perjudicial cuando se sobrepasa la capacidad de las células o los tejidos que conforman al organismo (20).

2.10 LA POSICIÓN DEL PIE EN EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

La definición de equino de tobillo fue bien instaurada en el campo de la biomecánica del pie, donde se describe que los requerimientos para una flexión dorsal del tobillo en la marcha son de 10° para que se produzca de manera eficiente sin producir compensaciones en las articulaciones tanto en el miembro inferior como superior (13).

Las limitaciones en el rango de movimiento en la flexión dorsal de tobillo son comunes en la práctica deportiva, lo cual se relaciona con lesiones del tendón de Aquiles, que se encuentra entre las patologías más comunes en relación directa a los deportes más populares. El 96%

de los pacientes que presentan limitación en la flexión dorsal tienen una retracción del tríceps sural. El equino de tobillo está asociado a varias patologías en el miembro inferior y el pie, como las fascitis plantares, dolor crónico en el tobillo, atrapamiento de raíces nerviosas y una serie de condiciones morfofisiológicas del pie y tobillo.

En varios estudios relacionan la morfofisiología del pie con diversas patologías, tanto estáticas como dinámicas de la extremidad inferior, lo que nos da a entender que variaciones en la postura o posición del pie pueden influir de manera significativa en la funcionalidad de toda la extremidad inferior y con llevar a lesiones por sobreuso en la práctica deportiva (13).

2.11 EVALUACIÓN DE LA HUELLA PLANTAR

2.11.1 FOTOPODOGRAMA

Este método nos permite obtener un contorno objetivo del segmento del pie que se apoya, brindando una impresión de la huella sin la necesidad de ensuciar el pie con tintas u otros materiales de manera rudimentaria. Este instrumento nos ofrece la posibilidad de evaluar los tipos de pie y nos permite mantener un seguimiento objetivo de la evolución de las malformaciones podológicas. Los beneficios que nos brinda este tipo de instrumentos de evaluación de la huella plantar son su bajo coste y facilidad de uso (3).

2.11.2 ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO

Este método consiste en tipificar el pie según las medidas que se realizan basadas en una impresión de la huella plantar, este método permite cuantificar y definir el tipo de pie de una persona, ya sea pie plano o pie cavo.

El método consiste en seis pasos, donde primero se toma las muestras de la huella plantar de la persona, se traza una línea vertical en la parte interna del pie, que une el punto más alto del primer dedo hasta el borde inferior del talón, luego se traza una segunda línea vertical de la parte más externa del quinto metatarso y esta se une por medio de una línea horizontal hasta la línea vertical de la parte interna del pie y este punto será X. Seguido se traza una tercera línea vertical en el punto más alto del arco interno y el borde externos del medio pie y este punto será de Y; y así mediante una ecuación se saca el porcentaje para determinar el tipo de pie que tiene la persona (3).

2.12 RIESGO DE LESIÓN-TEST DE BALANCE EN Y

El *test de balance* en Y es una prueba que se usa para evaluar el equilibrio dinámico de las extremidades inferiores y el control neuromuscular con el fin de predecir lesiones en las

extremidades inferiores; esta prueba se basa en las investigaciones previas que se muestra de manera repetida en las ocho direcciones del *Star Excursion Balance test*, lo que recomienda una valoración eficiente donde se evalúe el equilibrio asimétrico y la estabilidad dinámicas en tres direcciones (anterior, posterior medial y posterior lateral). Para la ejecución de este test la persona debe estar descalzo y colocar sus manos en las caderas, después colocará el segundo dedo del pie de apoyo en el centro del eje de evaluación, haciendo que coincida la dirección del talón con la línea anterior, se debe mantener el equilibrio unipodal y la pierna contralateral estará paralela para realizar los desplazamientos, considerándose esta la posición de inicio.

Una vez que se establece la posición de inicio, se le solicita a la persona que desplace la pierna libre en los tres planos de movimiento realizando tres alcances para cada dirección con ambas piernas (23).

2.12.1 PUNTUACIÓN

Las distancias de alcance se calcularon como valores de alcance absolutos y valores de alcance normalizados a la longitud de las extremidades. Para expresar el alcance como un porcentaje de la longitud de la pierna, el valor normalizado se calcula como el alcance dividido por la longitud de la pierna y luego se multiplica por 100 %. La distancia de estiramiento compuesta es la suma de las 3 direcciones de estiramiento dividida por 3 veces la longitud del miembro, luego multiplicada por 100% (23).

El test balance en Y o *Star Excursion Balance test*, estudios comprobaron su fiabilidad índice de correlación intraclase (ICC) entre 0.84 y 0.93 (24).

2.12.2 CRITERIOS DE FALLA

- a) El sujeto se cae o pierde el equilibrio (el pie que alcanza toca el suelo).
- b) El sujeto cambia su peso en la extremidad de alcance cuando hace contacto con el suelo o hace contacto con el suelo varias veces o falla la cinta métrica.
- c) El pie se mueve o se eleva el talón o cualquier parte del pie se levanta del suelo.
- d) Las manos se retiran de las caderas (25).

CAPÍTULO III

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar por medio de la aplicación del fotopodómetro alteraciones en la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*. Agosto 2022– enero 2023.

3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar el Índice de Hernández Corvo en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.
- Establecer la frecuencia de las alteraciones de la huella plantar en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.
- Relacionar las alteraciones de la huella plantar con las variables: edad, sexo, IMC y riesgo de lesión en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.

CAPÍTULO IV

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio de tipo cuantitativo, observacional, descriptivo y de tipo transversal que permitió conocer los resultados de las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.

4.2 ÁREA DE ESTUDIO

El espacio establecido para la ejecución del estudio, fueron en las instalaciones del gimnasio El *Box* que se encuentra ubicado en la Calle Luis A. Martínez y González Suarez.

4.3 UNIVERSO Y MUESTRA

El universo está constituido por 50 participantes entre hombres y mujeres que actualmente practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.

El tamaño de la muestra incluye a deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box* y que cumplan con los criterios de inclusión.

4.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se han considerado los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

4.4.1 INCLUSIÓN

- Todas las personas que tengan edad ≥ 18 años.
- Todas las personas que entrenen *CrossFit* en el gimnasio El *Box*.
- Todas las personas que voluntariamente deseen formar parte del estudio y firmen el consentimiento informado.

4.4.2 EXCLUSIÓN

- Todas las personas que sean < 18 años de edad.
- Todas las personas que presenten en la actualidad cualquier tipo de lesión musculoesquelética que pueda alterar el resultado de la muestra tomada.
- Todas las personas que no accedan a firmar el consentimiento informado.

- Todas las personas que tengan sospecha o diagnóstico de COVID-19.

4.5 VARIABLES

Variable Dependiente:

- Índice Hernández Corvo
- Riesgo de lesión

Variables Independientes:

- Edad
- Sexo
- IMC

Operacionalización de variables (Anexo 1)

4.6 MÉTODOS Y TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Método

En el desarrollo de este estudio se desempeñó una amplia búsqueda y revisión de artículos científicos a través de buscadores académicos.

Técnicas

Obtención de datos personales; aplicación del Índice de Hernández Corvo y *Test Balance* en Y; y análisis de los valores obtenidos mediante pruebas estadísticas.

4.6.2 Instrumento

Se usó un formulario para la recolección de datos que permitió cuantificar y definir el tipo de pie de una persona y además predecir lesiones en las extremidades inferiores en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio *El Box*, mediante el Índice de Hernández Corvo y *Test Balance* en Y.

4.6.3 Procedimientos

Después de que el protocolo del proyecto de investigación fue aprobado se requirió la autorización de la autoridad correspondiente del gimnasio de *CrossFit El Box*. Esto se llevó a cabo en las instalaciones del gimnasio de *CrossFit El Box*. En horarios establecidos por las investigadoras, donde se verificó que la población del centro cumpliera respectivamente con los criterios de inclusión, dando a conocer de forma detallada a cada participante los beneficios, procedimientos, los objetivos y la aplicación del Índice y Test. En todo este procedimiento se cumplió con las medidas de bioseguridad establecidas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

El participante tuvo tiempo de aceptar o no ser parte del proyecto de investigación, asimismo en cualquier momento puede abandonar y no habrá ninguna consecuencia. Por lo tanto, al aceptar ser partícipes del proyecto de investigación se procederá a que firme el consentimiento informado (Anexo 3) de forma manual el cual fue entregado a cada participante para que lo lean y decidan su participación en esta investigación en el caso de que el participante necesite más tiempo para leer este documento se establecerá un tiempo máximo de recepción de dos días para que puedan entregar los documentos a las investigadoras constatando su participación o no, en el caso de que los participantes al momento de la intervención deseen firmar los respectivos documentos se les otorgó un esfero de color azul a cada participante. Posteriormente, se inició a llenar el formulario para la obtención de datos personales, la explicación, la aplicación y el llenado del Índice de Hernández Corvo y Test Balance en Y, que se han establecido para el proyecto de investigación.

En el día de la aplicación del Índice de Hernández Corvo y Test Balance en Y, se siguió las medidas de bioseguridad de desinfección en el espacio otorgado a previa autorización del gimnasio de *CrossFit El Box* de la ciudad de Cuenca, tanto los participantes como las investigadoras hicieron uso obligatorio de la mascarilla. Después se ingresaron todos los resultados obtenidos en una base de datos, otorgando códigos alfanuméricos a cada participante para proteger la privacidad y el anonimato de los participantes. Consecuentemente las investigadoras analizaron y representaron los datos obtenidos en tablas y gráficos que fueron plasmadas de acuerdo a las variables de este estudio.

4.7 PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS

Los datos recolectados fueron procesados para caracterizar las variables y estandarizar resultados usando representación de gráficos simples, tabla de frecuencias y porcentajes

maneja el programa de Microsoft Excel.

Además, para determinar la relación existente entre las alteraciones de la huella plantar con las variables cualitativas se obtuvo por medio del estadístico Chi cuadrado y el riesgo de lesión obtenido con el test de balance en Y, por lo tanto, se utilizó el software SPSS 25.0 con una significancia de 0,05.

4.8 ASPECTOS ÉTICOS

Antes de la aplicación del cuestionario y de la toma de muestras con el fotopodómetro se les hizo firmar el consentimiento informado a los deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio *El Box* y que desean participar en la investigación, en el cual se detalla la información de conocimientos básicos sobre la investigación. En lo que concierne a la confidencialidad en los cuestionarios que se apliquen no se solicitó datos que permitan la identificación de los participantes tales como sus nombres, apellidos o número de identificación. El procesamiento de la información a realizar por las investigadoras se realizó por medio de la asignación de códigos alfanuméricos únicos a cada participante.

Solo las investigadoras tienen acceso a la información recolectada durante el periodo de la investigación, se guarda absoluta confidencialidad de los datos. Los resultados obtenidos en el estudio fueron utilizados netamente con fines educativos.

Las investigadoras señalan no existir conflictos de interés en la presente investigación.

Con relación al balance riesgo beneficio, se evitó el filtrado de información de los participantes, no existe ningún riesgo que afecte a los participantes en el periodo de investigación; mientras que el beneficio en los participantes que se detecte o determine alteraciones de la huella plantar o con mayor riesgo de lesiones en la práctica del *CrossFit*, por lo tanto, por parte de las investigadoras se les ofreció a los participantes un protocolo de ejercicios basado en la evidencia científica con las pautas necesarias para el manejo de su tipo de huella la cual fue determinada según la clasificación del Índice de Hernández Corvo y riesgo de lesión según el test de balance en Y; o en el caso de que los participantes estén interesados en recibir un mayor manejo y deseen comenzar con rehabilitación fisioterapéutica para prevenir lesiones en la práctica deportiva estos serán delegados al Centro de Especialidades Médicas de la Universidad de Cuenca que está ubicado en la Av. Huayna Cápac entre Juan José Flores y República en la ciudad de Cuenca, y de esta manera los participantes puedan mantener la rehabilitación requerida según sus necesidades deportivas.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este estudio se realizó en 50 deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El *Box* mediante la aplicación del Índice Hernández Corvo con el uso del Fotopodómetro, junto con las variables edad, sexo y IMC y la evaluación de la prueba dinámica del *test de balance* en Y. Todos los datos obtenidos se tabularon mediante el programa SPSS.

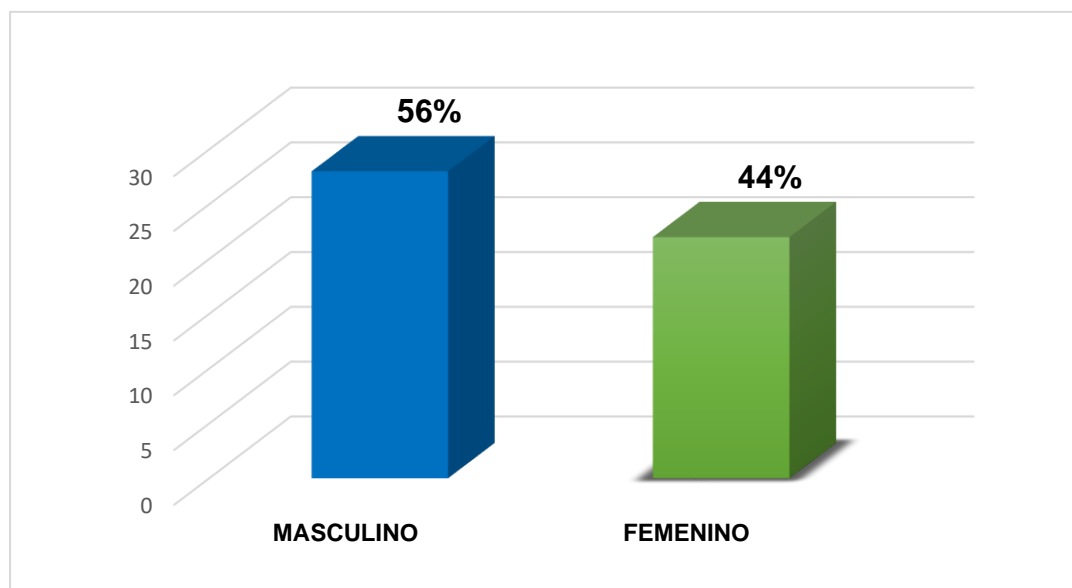
Tabla 1 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Sexo	N	%
Femenino	22	44,00
Masculino	28	56,00
TOTAL	50	100%

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Gráfico 1 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit según sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.



Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: De acuerdo al gráfico que antecede, se pudo encontrar que el mayor porcentaje de deportistas evaluados fueron varones, con un 56%, lo que indica que la mayoría de personas que practican Crossfit son del sexo mencionado.

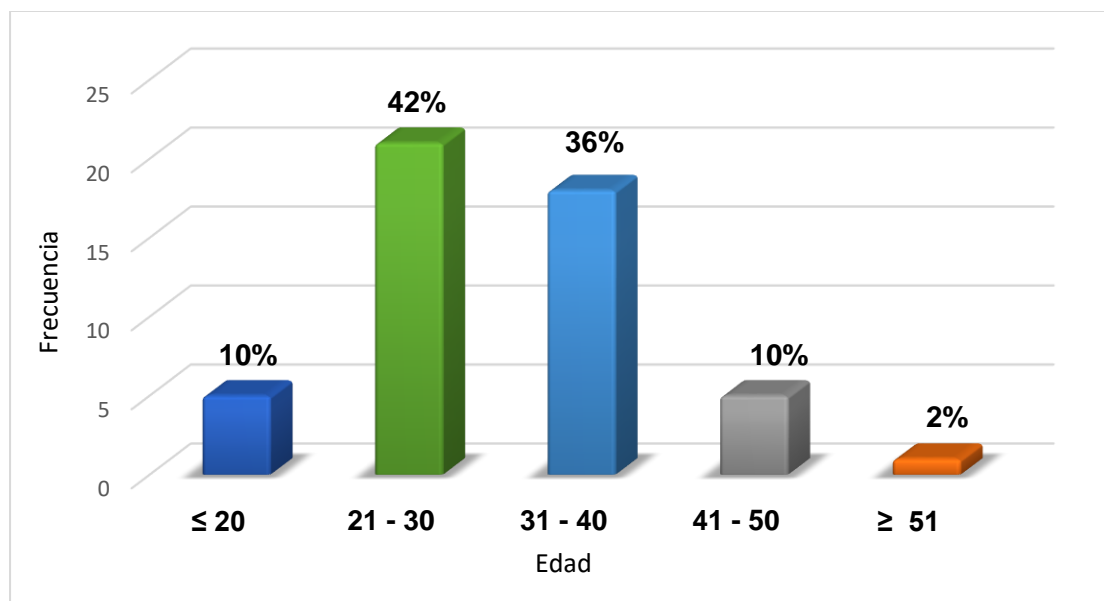
Tabla 2 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Rango de edad	<i>N</i>	%
≤ 20	5	10,0
21 - 30	21	42,00
31 - 40	18	36,00
41 - 50	5	10,00
≥ 51	1	2,00
TOTAL	50	100%
Mediana	29,5	
Mínimo	19	
Máximo	53	
Desviación estándar	8,3	

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Gráfico 2 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023



Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: De acuerdo al gráfico que antecede, el mayor número de personas que practican *CrossFit*, dentro de nuestra población de estudio, se encuentran entre los 21 a 30 años, con un 42% y la población con menor participación que practican este deporte están en un rango de ≥ 51 años, con un 2%.

Tabla 3 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según Índice de Masa Corporal (IMC). Gimnasio El Box Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

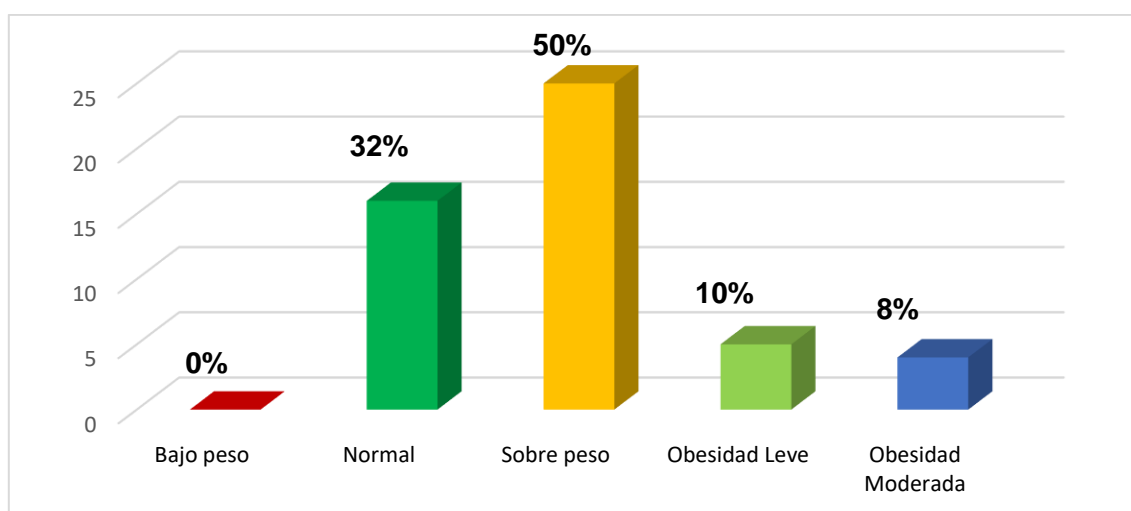
Índice de Masa corporal	N	%
Bajo peso	0	0,00
Normal	16	32,00
Sobrepeso	25	50,00
Obesidad Leve	5	10,00
Obesidad Moderada	4	8,00
TOTAL	50	100%

Mediana	26,55
Mínimo	21,10
Máximo	38,20
Desviación estándar	4,36

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Gráfico 3 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según Índice de Masa Corporal IMC. Gimnasio El Box Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023



Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: De acuerdo a los resultados presentados, dentro la población de estudio, según la evaluación del Índice de masa corporal existe un 50% de personas con un sobrepeso y con obesidad moderada un 8%, lo que indica que más de la mitad de la población presenta un peso no adecuado para su talla.

Tabla 4 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según alteraciones de la huella plantar. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 – enero 2023

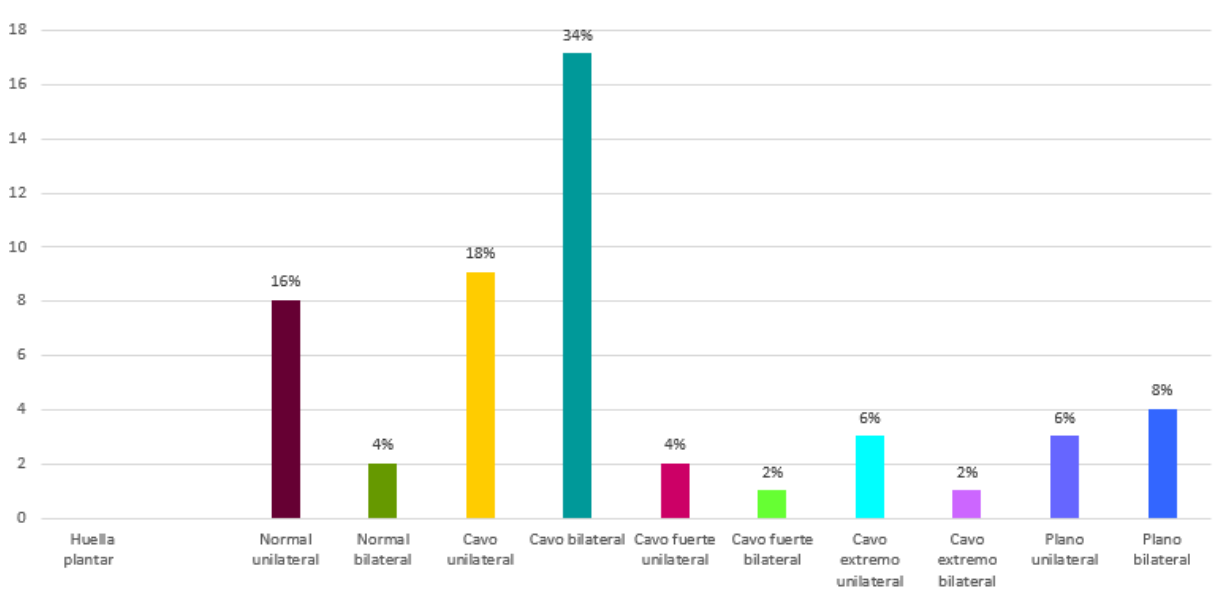
Huella plantar	N	%
Normal unilateral	8	16
Normal bilateral	2	4

Cavo unilateral	9	18
Cavo bilateral	17	34
Cavo fuerte unilateral	2	4
Cavo fuerte bilateral	1	2
Cavo extremo unilateral	3	6
Cavo extremo bilateral	1	2
Plano unilateral	3	6
Plano bilateral	4	8
TOTAL	50	100

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Gráfico 4 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según alteraciones de la huella plantar. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023



Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En la población de estudio, el 96% de los deportistas tienen una alteración de la huella plantar en uno de sus pies, pero con mayor predominio el cavo bilateral, con un 34% y mínimo porcentaje tienen la huella plantar normal en ambos pies con un 4%.

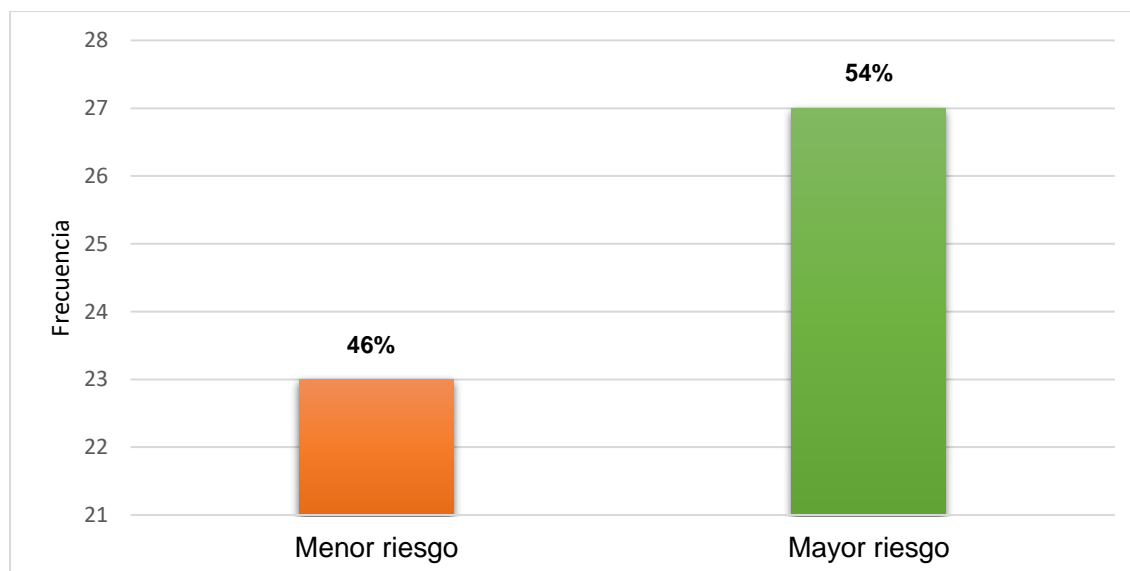
Tabla 5 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según el Test balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Riesgo de lesión	N	%
Menor Riesgo	23	46,00
Mayor Riesgo	27	54,00
TOTAL	50	100

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Gráfico 5 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según el Test balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023



Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En relación a la aplicación del Test balance en Y, se aprecia que en la población de estudio el 54% presenta una modificación del balance dinámico en miembros

inferiores, lo que determina un mayor riesgo de lesión relacionada con el complejo cadera, rodilla y tobillo.

Tabla 6 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y sexo. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Alteración de la huella plantar	Sexo				Chi ² IC: 95%
	Femenino		Masculino		
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Normal	2	9,1	8	28,6	Chi ² = 2,92 <i>p</i> = 0,087
Alteración en la huella plantar	20	90,9	20	71,4	
TOTAL	22		28		

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En cuanto a la relación entre la huella plantar y la variable sexo, se observa mayor alteración de la huella plantar en el sexo masculino con el 90,9%; obteniendo un Chi cuadrado de 2,92 con un valor *p*=0,087, lo que nos indica que no existe relevancia significativa entre las dos variables estudiadas.

Tabla 7 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y edad. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023.

Alteración de la huella plantar	Edad				Chi ² IC: 95%
	≤ 35		≥ 36		
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Normal	7	18,9	3	23,1	Chi ² = 0.10

Alteración en la huella plantar	30	81,1	10	76,92	$p = 0.747$
TOTAL	37		13		

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En relación a la huella plantar y la edad, se observa que existe una leve diferencia entre la alteración de las huellas plantares; los deportistas menores o igual a 35 años representan el 81,1%. No se evidencia asociación entre la edad y la huella plantar.

Tabla 8 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar e Índice de Masa Corporal. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Alteración de la huella plantar	IMC				Chi² IC: 95%
	≤ 24,9		≥ 25		
	n	%	n	%	
Normal	1	12,2	9	55,6	$Chi^2 = 2,780$ $p = 0,09$
Alteración en la huella plantar	15	87,8	25	44,4	
TOTAL	41		9		

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En cuanto a la huella plantar y el IMC, existe mayor alteración de huella plantar, en los participantes con un IMC ≥ 25 que representa el 44,4%, obteniendo un Chi cuadrado de 2,780 con un valor $p=0,09$ respectivamente. No existe relación ni significancia estadística entre la alteración de la huella plantar y el índice de masa corporal.

Tabla 9 Distribución de los deportistas evaluados que practican CrossFit, según las alteraciones de la huella plantar y el test de balance en Y. Gimnasio El Box. Cuenca. Agosto 2022 - enero 2023

Alteración de la huella plantar	Riesgo de Lesión				Chi ² IC: 95%
	Menor riesgo		Mayor riesgo		
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Normal	5	21,7	5	18,5	Chi ² = 0,081 <i>p</i> = 0,77
Alteración en la huella plantar	18	78,3	22	81,5	
TOTAL	23		40		

Fuente: Base de datos

Elaborado por: Las autoras

Interpretación: En cuanto a la relación entre la huella plantar y el test de balance en Y, se observa que existe mayor riesgo de lesión en las personas con alteración de la huella plantar con un 81,5 %, obteniendo un Chi cuadrado de 0,081 con un valor $p= 0.77$. No existe asociación entre la alteración de la huella plantar y el riesgo de lesión.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

El pie es la base de sustentación del cuerpo humano y una alteración presente en la morfología de este puede comprometer su correcto funcionamiento, en el *CrossFit* el practicante somete a sus pies a una gran carga y esfuerzo conllevando a cambios estructurales en el sistema músculo-esquelético y ligamentoso al ser un entrenamiento en intervalos de alta intensidad.

Nuestra investigación muestra un número significativo de participantes de esta modalidad de entrenamiento en diversas poblaciones: hombres, mujeres, personas sanas, con sobrepeso u obesas y atletas, debido a la naturaleza desafiante y motivadora de este tipo de entrenamiento.

Es de gran importancia el estudio de la alteración de la huella plantar, debido a que el *CrossFit*, es un deporte que requiere cambios de dirección, velocidad y por lo tanto, aumenta el impacto en la pisada. Estos cambios en la actividad física pueden provocar adaptaciones a nivel de la huella plantar como consecuencia a la práctica constante de este tipo de deporte (26,27).

Por otro lado, se ha visto un incremento en la participación del género femenino en los deportes de alto impacto como lo es el *CrossFit*, conforme a nuestra investigación donde se encontró que el 44% de participantes fueron de género femenino, en concordancia con el estudio realizado por Ocaña, en el cual 4 de 6 personas que practican *CrossFit*, eran mujeres (28).

En referente a la edad se destacó en nuestro estudio que el rango con mayores practicantes de *CrossFit* fue de 21 a 30 años, lo que concuerda con el estudio de Vidal y Palominos, en donde los rangos de edad oscilaron desde los 13 hasta los 74 años, existiendo un mayor porcentaje del grupo etario de 18 a los 53 años. Esta evidencia determina que los grupos de edad son muy diferentes en esta práctica deportiva, siendo un ejercicio de alta impacto que lo pueden realizar personas de diferentes edades (29).

Y a su vez se puede constatar que en nuestra investigación la mayoría de personas que practican *CrossFit*, presentaron sobrepeso en un 50%, lo cual concuerda con el estudio realizado por el Ricardo López et. al donde el 87% de deportistas que practican deportes de alto impacto similares al *Crossfit* tienen un IMC de sobrepeso y obesidad, lo que hace

indispensable la valoración nutricional en este tipo de deportes, así como la medición de impedancia eléctrica de los mismos (30).

Respecto a las alteraciones de la huella plantar pudimos encontrar que el 96% de los deportistas presentan una alteración en la huella plantar en uno de sus pies siendo predominante el pie cavo con un 52% resultados que concuerdan con la investigación de Lessby Gómez et al. Donde hubo una mayor tendencia de pies cavos en los deportistas que practican deportes similares al crossfit (levantamiento de pesas, atletismo) lo cual podría entenderse como el efecto de exigencia de estas disciplinas sobre la arquitectura del pie, relacionados con el impulso para saltar o correr, el requerimiento constante de sobrecargas a la que se somete los miembros inferiores que estarían causando una inadecuada absorción de los impactos (31).

Concerniente a, la alteración en la huella plantar y la variable sexo no se encontró una asociación estadísticamente significativa, sin embargo se observa mayor predominio del pie cavo en el sexo masculino con el 96,4%, lo cual concuerda con el estudio de Franco Manuel et al, en donde señala que los deportistas con mayor predominio de alteraciones fue el género masculino con un 62%; obteniendo una mayor prevalencia de pie cavo, sin embargo los autores de este estudio mencionan que el género no es causante de modificaciones o alteraciones de la huella plantar, porque dependerá del tipo de población o al estrés mecánico que es sometido el pie en la práctica deportiva (32).

Con respecto, a la edad y la presencia de alteraciones en la huella plantar en nuestro estudio no se encontró una asociación estadísticamente significativa, sin embargo, el 97,3% de participantes menores o igual a 35 años presentaron una mayor prevalencia de alteraciones de la huella plantar, siendo el más frecuente el pie cavo bilateral. Estos resultados concuerdan con los encontrados en el estudio de Lessby Gómez et al, en el cual menciona que en deportistas entre los 15 y los 46 años que realizan actividades similares al Crossfit (levantamiento de pesas, carreras y atletismo) presentan una mayor tendencia al pie cavo, por lo que esto se asociaría a una inadecuada absorción de los impactos como un resultado de la demanda deportiva sobre la arquitectura podal (33).

Por otro lado, la relación entre las variables IMC y alteraciones de la huella plantar no se encontró una relación estadística significativa, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente hubo una mayor tendencia del pie cavo y en una proporción menor pie plano; por lo tanto, el IMC puede no estar relacionado con la modificación de la huella plantar en las personas que practican crossfit pudiendo relacionarse más con los cambios de postura que requieren realizarse durante el entrenamiento. Contrario a lo mencionado por Celso Sánchez

en donde señala una mayor prevalencia de pies planos en hombres y pies cavos en mujeres, mencionando que a mayor peso corporal más bajo el arco plantar (34).

En cuanto al riesgo de lesión valorado por medio del test Balance en Y y las alteraciones de la huella plantar no se encontró una asociación estadísticamente significativa, no obstante se pudo constatar que existe un mayor riesgo de lesión en miembros inferiores en los deportistas que practican crossfit; así como menciona Dominsk et al. en su estudio y describen que existe evidencia de que la sobrecarga es un factor predisponente para las lesiones de las extremidades inferiores, ya que muchas personas con aumentos significativos en la masa corporal magra o IMC altos, generan mayor tensión biomecánica en las articulaciones que soportan peso y producen una sobrecarga muscular, lo que conlleva a una fatiga temprana y una cinemática alterada tanto estática como dinámica contribuyendo a un mayor riesgo de lesión músculo-esquelética, los cuales fueron resultados similares a los encontrados en nuestra investigación donde hay un mayor riesgo de lesión en los deportistas que practican Crossfit (35).

Dentro del presente estudio, la mayoría de los participantes que presentaron alteraciones de la huella plantar tienen un mayor riesgo de lesión evaluado a través del Test de balance en Y; lo cual puede repercutir en su práctica deportiva como lo mencionado por Lessby Gómez et al. en donde señala que un pie sin alteraciones morfológicas dentro de los rangos considerados como la normalidad es más “seguro” para la práctica deportiva, esto debido a que biomecánicamente presenta una mejor estructura que le va a permitir absorber impactos, evitando la aparición de lesiones no únicamente en el pie sino que también en otras articulaciones del miembro inferior y la columna vertebral. Además, indica que los pies planos o pies cavos van a facilitar la concentración de esfuerzos en zonas específicas del pie con ello elevando el riesgo de lesión, en especial en actividades que demandan un alto requerimiento biomecánico como lo realizado en la práctica de Crossfit (32).

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

- En los 50 deportistas del *CrossFit* El Box estudiados, existe una predominancia del sexo masculino, un 42% se situaron en edades comprendidas entre los 21 a 30 años, con una edad media de 29,5 y en referencia al IMC el 50% de los deportistas reportaron sobrepeso.
- Respecto a las alteraciones de la huella plantar prepondera el cavo bilateral con el 34% y seguido el pie plano bilateral con el 8% mostrándonos que la mayoría de los participantes presentan una alteración en la huella plantar en ambos pies.
- En lo que respecta al riesgo de lesión y las alteraciones en la huella planta no se encontró una relación estadística significativa, sin embargo, el 81,5% de los 50 deportistas que participaron en la investigación destacó un mayor riesgo de lesión musculoesquelética en extremidades inferiores en lo que respecta a los resultados obtenidos con el test balance en Y.
- No existe relación estadísticamente significativa entre las variables, edad, sexo, IMC y riesgo de lesión con las alteraciones de la huella plantar, sin embargo, al tener un IMC alto esto genera mayor tensión biomecánica en las articulaciones que soportan peso lo que provoca una fatiga temprana y por ende conlleva a lesiones en la práctica deportiva.
- La práctica de este deporte puede llegar a desarrollar alteraciones en la cinemática y estructura del pie, debido a que las demandas técnicas, conllevan a realizar cargas, para las cuales el pie no se encuentra preparado, lo que obliga al cuerpo a crear compensaciones que pueden evidenciarse en alteraciones de la huella plantar; sin embargo consideramos que para corroborar que la morfología del pie se ve modificada con la práctica de *CrossFit* o si al contrario está relacionado con antecedentes patológicos personales, ocupación o características propias de la población en general; es necesario considerar las alteraciones de la huella plantar desde edades tempranas y antes de practicar dicho deporte.

RECOMENDACIONES

- Impulsar el desarrollo de futuras investigaciones con la toma de la huella plantar antes, durante y después de la práctica de Crossfit para determinar las posibles relaciones de este deporte con la presencia de las alteraciones de la huella plantar.
- Así mismo se recomienda que se realicen estudios similares en diferentes disciplinas para determinar la presencia de alteraciones de la huella plantar en función del deporte practicado. Dentro de los mismos, es necesario considerar variables como la ocupación y antecedentes personales, que permitan determinar características anteriores del tipo de pie que presentan los participantes.
- Es importante la educación e intervención nutricional en el grupo de estudio, tanto para mejorar su estado de salud, rendimiento y a su vez la disminución de cargas sobre las estructuras óseas y pies.
- Al tratarse de un deporte de alto impacto, este conlleva a un mayor riesgo de lesiones en miembros inferiores, lo cual puede modificar tanto la postura estática y dinámica; por ello se recomienda continuar con la utilización del fotopodómetro a través del Índice de Hernández Corvo, e incorporar nuevas técnicas de evaluación y/o software que permitan una intervención global.
- Se sugiere que la población en general se realice desde edades tempranas, al menos una vez, el análisis de la huella plantar, para que conozcan sobre su estado de salud, la intervención temprana y evitar las posibles lesiones que puede conllevar en su edad adulta, si estas no son tratadas a tiempo.
- Es importante tener en cuenta la intervención fisioterapéutica en aquellos que presentan alteración de la huella plantar; ya que al ser el Crossfit un deporte de alta intensidad influye en la funcionalidad de toda la extremidad inferior, que cualquier desbalance, desencadena un desequilibrio en otros segmentos corporales como las articulaciones de rodilla, cadera e incluso la espalda. Es por esto que la fisioterapia es fundamental en el ámbito deportivo porque al tener un diagnóstico y prevención eficaz se logra disminuir el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas en el tren inferior, lo que conlleva a un desenvolvimiento óptimo para el deportista.

Referencias

1. Martínez-Amat et al. - 2016 - Influencia de la práctica deportiva sobre la huella.pdf [Internet]. [citado 7 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/542/54247310002.pdf>
2. Mehrab M, de Vos RJ, Kraan GA, Mathijssen NMC. Injury Incidence and Patterns Among Dutch CrossFit Athletes. *Orthop J Sports Med.* 18 de diciembre de 2017;5(12):2325967117745263.
3. Lara Diéguez S, Lara Sánchez AJ, Zagalaz Sánchez ML, Martínez-López EJ. Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar (Analysis of different methods to evaluate the footprint). *Retos.* 9 de marzo de 2015;(19):49-53.
4. Medina R, Bautista S, Zeas-Puga A, Morocho V. Aplicación de técnicas de visión por computador para apoyo al diagnóstico de la pisada: Fotopodómetro digital. *Maskana.* 29 de noviembre de 2017;8:93-101.
5. Vergara Amador E, Serrano Sánchez RF, Correa Posada JR, Molano AC, Guevara OA. Prevalence of flatfoot in school between 3 and 10 years. Study of two different populations geographically and socially. *Colombia Medica.* 1 de junio de 2012;141-6.
6. Feito Y, Burrows EK, Tabb LP. A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. *Orthop J Sports Med.* 24 de octubre de 2018;6(10):2325967118803100.
7. Alekseyev K, John A, Malek A, Lakdawala M, Verma N, Southall C, et al. Identifying the Most Common CrossFit Injuries in a Variety of Athletes. *Rehabil Process Outcome.* 22 de enero de 2020;9:1179572719897069.
8. Barranco-Ruiz Y, Villa-González E, Martínez-Amat A, Da Silva-Grigoletto ME. Prevalence of Injuries in Exercise Programs Based on Crossfit®, Cross Training and High-Intensity Functional Training Methodologies: A Systematic Review. *J Hum Kinet.* 21 de julio de 2020;73:251-65.
9. Huella plantar, biomecánica del pie y del tobillo: propuesta de valoración - Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). [citado 7 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://g-se.com/huella-plantar-biomecanica-del-pie-y-del-tobillo-propuesta-de-valoracion-bp-b57cfb26db4ec3>
10. Luengas LA, H MFD, M JLG. Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes. *Ingenium.* 2016;17(34):147-61.
11. Sánchez Ramírez C. Análisis de dos métodos de evaluación de la huella plantar: índice de Hernández Corvo vs. Arch Index de Cavanagh y Rodgers. *Fisioterapia.* 1 de septiembre de 2017;39(5):209-15.
12. Elkin JL, Kammerman JS, Kunselman AR, Gallo RA. Likelihood of Injury and Medical Care Between CrossFit and Traditional Weightlifting Participants. *Orthop J Sports Med.* 7 de mayo de 2019;7(5):2325967119843348.
13. Moral ML. Análisis de la relación entre la postura del pie y la presencia de limitación de la flexión dorsal de tobillo en jóvenes. *REDUCA [Internet].* 2014 [citado 8 de enero de 2022];6(1). Disponible en: <http://www.revistareduca.es/index.php/reduca/article/view/1686>

14. Miguel-Andrés I, Rivera-Cisneros AE, Mayagoitia-Vázquez JJ, Orozco-Villaseñor SL, Rosas-Flores A. Índice de pie plano y zonas de mayor prevalencia de alteraciones músculo-esqueléticas en jóvenes deportistas. *Fisioterapia*. enero de 2020;42(1):17-23.
15. Miguel MMC. ESTUDIO DE LA ROBUSTEZ MECÁNICA DEL SISTEMA TOBILLO-PIE. :11.
16. Camarena CÁ, Villegas WP. Desarrollo y biomecánica del arco plantar. 2010;6(4):8.
17. Peroni LA. DEPARTAMENTO DE ESPECIALIDADES MÉDICO-QUIRÚRGICAS. :219.
18. Toullec E. Pie plano del adulto. *EMC - Podología*. junio de 2012;14(2):1-8.
19. Larrosa Padró M, Mas Moliné S. Alteraciones de la bóveda plantar. *Rev Esp Reumatol*. 1 de noviembre de 2003;30(9):489-98.
20. PIE CAVO DEL ADULTO [Internet]. [citado 7 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/rpt.2100.fs070404-pie-cavo-del-adulto.pdf>
21. Millares Moreno, Rodrigo C. BIOMECANICA CLINICA DEL APARATO LOCOMOTOR. ESPAÑA: MASSON; 1998. 270-271 p.
22. Entrenamiento «funcional» y «core»: revisión de tópicos, mitos, evidencias y nuevas propuestas [Internet]. [citado 7 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://efdeportes.com/efd194/entrenamiento-funcional-y-core.htm>
23. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Military Medicine*. noviembre de 2013;178(11):1264-70.
24. Rocafort L. FIABILIDAD DEL TEST DE EQUILIBRIO EN DES- PLAZAMIENTO EN ESTRELLA (TEDE). :9.
25. Picot B, Terrier R, Forestier N, Fourchet F, McKeon P. The Star Excursion Balance Test: An Update Review and Practical Guidelines. *International Journal of Athletic Therapy & Training*. 22 de julio de 2021;26.
26. Bahr R, Maehlum S. Lesiones Deportivas; Diagnóstico, Tratamiento y Rehabilitación [Internet]. Tercera Ed. Madrid, España: Medica. Panamericana; 2007. 446 p. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=hwjl3fCHe7cC>
27. Demirbüken İ, Özgül B, Timurtaş E, Yurdalan SU, Çekin MD, Polat MG. Gender and age impact on plantar pressure distribution in early adolescence. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(3):215-20.
28. Ocaña M, Fuente M., Conde S., Vélez L. Acercamiento de la fisioterapia al crossfit: Estudio etnográfico. *RICCAFD*. 2020; 9 (3) 1-17. Doi: 10.24310/riccafd.2020.v9i3.10108
29. Vidal Fernández Nicolás, Vidal Espinoza Rubén, Marcelo Palominos Bastias, Méndez Cornejo Jorge, Rossana Gómez Campos. Systematic review of studies conducted on CrossFit training. *Rev.peru.cienc.act.fis.deporte*. 15 de septiembre de 2020;

30. García R, Carrasco J, García L, Orocio R. Tendencia al sobrepeso y obesidad en jugadores de fútbol americano universitario en México (Trending overweight and obesity in college football players in Mexico). *Retos*. 1 de abril de 2021;40:289-95.
31. Salazar L, Alvarez J, Portilla J, Esguerra E, Bonilla D, Hernández L. Características De La Huella Plantar En Deportistas Colombianos. *Entramado*. 2010;6(2):158-67.
32. Analisis descriptivo de las características de la huella plantar de los deportistas de natación, halterofilia, atletismo y estudiantes sedentarios [Internet]. *eFisioterapia*. 2011 [citado 8 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.efisioterapia.net/articulos/analisis-descriptivo-las-caracteristicas-la-huella-plantar-los-deportistas-natacion-halter>
33. Salazar LG, Alvarez JMF, Portilla JJN, Esguerra EAV, Bonilla DVV, Hernández LJ. Características De La Huella Plantar En Deportistas Colombianos. *Entramado*. 2010;6(2):158-67.
34. Dominski F, Siqueira T, Serafim TT, Andrade A. Injury profile in CrossFit practitioners: systematic review. *Fisioterapia e Pesquisa*. 17 de julio de 2018;25.
35. Sánchez Ramírez C. Caracterización Morfológica del Arco Plantar Longitudinal Medial del Pie en una Población Chilena. *Int J Morphol*. marzo de 2017;35(1):85-91
36. Rodríguez Ávila N, Rodríguez Ávila N. Envejecimiento: Edad, Salud y Sociedad. *Horizonte sanitario*. abril de 2018;17(2):87-8.
37. Escobar SG, López-Fuentes NIGA. Psychological meanings of sex, sexuality, men and women *PSICOLÓGICO DE SEXO*, in university students. 21:9.
38. Galeas MO, Barahona A, Lugo RS. Índice de masa corporal y porcentaje de grasa en adultos indígenas ecuatorianos Awá. :7.

Anexos

Anexo A. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
EDAD	La edad es un concepto lineal y la participación de cambios continuos en los humanos (36).	Tiempo	Años	>18 años
SEXO	Diferencias fenotípicas que distinguen a un hombre de una mujer (37).	Biológica	Fenotipo	Masculino Femenino
IMC	Índice de masa corporal que sirve para evaluar el peso del individuo en relación a su altura y edad (38).	Kg/m ²	Báscula con tallímetro	Cualitativa Bajo peso <18.5 Normo peso: entre 18.5 – 24.9 Sobrepeso: entre 25-29.9 Obesidad grado I: entre 30- 34.9 Obesidad grado II: entre 35- 39.9 Obesidad grado III: >= a 40
ÍNDICE HERNANDEZ CORVO	Herramienta fisioterapéutica que determina el tipo de pie tras realizar trazos en toda la huella plantar (3).	Ecuación	fotopodómetro	Cualitativo Pie plano: 0 a 34% Pie cavo: 60 a 100% Normal: 35 a 59%
RIESGO DE LESIÓN	Probabilidad de sufrir algún daño o estar en una situación de peligro, vulnerabilidad ante una situación que tiene un impacto negativo en la persona (23).	Equilibrio dinámico	Test de balance en Y	Cualitativo Menor riesgo: <4cm Mayor riesgo: >= 4cm

Anexo B. Formulario de recolección de datos**"DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS QUE PRACTICAN CROSSFIT EN EL GIMNASIO EL BOX. CUENCA AGOSTO 2022 -ENERO 2023."**

Lea detenidamente cada pregunta, revise todas las opciones, y elija la alternativa que más lo (a) identifique.

Fecha: _____

A. DATOS GENERALES

Edad: _____

Sexo: Masculino _____ Femenino _____

IMC: Peso _____ kg Talla _____ m

B. VALORACIÓN DEL INDICE DE HERNANDEZ CORVO

Valores obtenidos

Total: _____

C. VALORACIÓN DEL TEST BALANCE EN Y

Valores obtenidos

Total: _____

Anexo C. Consentimiento informado

<i>CONSENTIMIENTO INFORMADO.</i>			
FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO			
Título de la investigación: "DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS QUE PRACTICAN <i>CROSSFIT</i> EN EL GIMNASIO <i>EL BOX</i>. CUENCA AGOSTO 2022 – ENERO 2023."			
Datos del equipo de investigación:			
	Nombres completos	# de cédula	Institución a la que pertenece
Investigador Principal	ALISSON AYLIN MIENTES ALTAMIRANO	1313199901	UNIVERSIDAD DE CUENCA
Investigador Principal	NADDIA CAROLINA ROMERO SARANGO	0706413523	UNIVERSIDAD DE CUENCA
¿De qué se trata este documento?			
<p>Usted está invitado(a) a participar en este estudio que se realizará en el gimnasio de <i>CrossFit El Box</i>. En este documento llamado "consentimiento informado" se explica las razones por las que se realiza el estudio, cuál será su participación y si acepta la invitación. También se explica los posibles riesgos, beneficios y sus derechos en caso de que usted decida participar. Después de revisar la información en este Consentimiento y aclarar todas sus dudas, tendrá el conocimiento para tomar una decisión sobre su participación o no en este estudio. No tenga prisa para decidir. Si es necesario, lleve a la casa y lea este documento con sus familiares u otras personas que son de su confianza.</p>			
Introducción			
<p>El <i>CrossFit</i> al ser un entrenamiento funcional de alta intensidad, también pone a los participantes en mayor riesgo y gravedad de lesiones, debido a que el practicante somete a sus pies a una gran carga y esfuerzo conllevando a cambios estructurales en el sistema musculoesquelético y ligamentoso, es decir alteraciones en la huella plantar debido a la combinación de la fatiga muscular y los movimientos complejos que implica en esta modalidad deportiva.</p>			
Objetivo del estudio			
<p>Determinar por medio de la aplicación del fotopodómetro alteraciones en la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas que practican <i>CrossFit</i> en el gimnasio <i>El Box</i>. Agosto 2022–enero 2023</p>			

Descripción de los procedimientos

La recolección de datos y la aplicación del instrumento a probar (Fotopodómetro), se realizará en las instalaciones del gimnasio de *CrossFit El Box* ubicado en las calles Luis A Martínez y González Suarez, y esta información otorgada por los participantes se realizará de forma digital.

Primero las investigadoras recibirán la capacitación sobre el correcto uso del instrumento con el cual se va a realizar la investigación (fotopodómetro), posterior a esto las investigadoras mantendrá el contacto con el dueño del centro y por medio de este se coordinará charlas a las personas que acudan al gimnasio de *CrossFit El Box* donde van a dar a conocer temas relacionados al estudio sobre la huella plantar y su importancia en la investigación para así fomentar el interés de los participantes a ser parte del estudio, una vez que se encuentre definida la población que va a ser parte del estudio, se procederá a la entrega del consentimiento informado y el acuerdo de confidencialidad a los participantes para que se tenga conocimiento de lo que implica participar en esta investigación se estimara un tiempo de máximo dos días para que los participantes lean el consentimiento informado y el acuerdo de confidencialidad y puedan decidir su participación o no en la investigación, en el caso de que los participantes no requieran mucho tiempo para la firma de estos documentos al momento de la intervención se les otorgara un esfero color azul, el cual será receptado por las investigadoras en el gimnasio de *CrossFit El Box* en el tiempo estimado de entrega.

Cada participante llega al establecimiento previamente por un cronograma establecido por las investigadoras.

Una vez que acudan al gimnasio de *CrossFit El Box*, se sigue un protocolo de desinfección a los participantes; y, se da indicaciones del uso correcto de la mascarilla. Antes de iniciar la evaluación de la huella plantar al participante se le asignará un código alfanumérico único, el cual será el medio de identificación en todo el proceso de investigación. Después de esto, se procede a la toma de muestra de la huella plantar en el fotopodómetro donde se le pedirá al participante que de inicio se retire el calzado y medias; y, que se suba a una caja de metal y vidrio (fotopodómetro), que coloque sus pies sobre las huellas dibujadas en la base de vidrio del fotopodómetro, una vez que sus pies estén bien posicionados, se le pide que mire un punto fijo definido por las investigadoras y que en esa posición se mantenga por 5 a 10 minutos donde se va a capturar de forma digital la huella plantar, por lo tanto, debe permanecer en una posición erguida, una vez tomada la muestra de la huella plantar, el participante procederá a colocarse sobre una lona donde estará marcada una "Y" con cintas métricas y vamos a colocar las manos en las caderas, después colocará el segundo dedo del pie de apoyo en el centro del eje de evaluación, haciendo que coincida la dirección del talón con la línea anterior, se debe mantener el equilibrio unipodal y la pierna contralateral estará paralela para realizar los desplazamientos, considerándose esta lo posición de inicio. Una vez que se establece la posición de inicio, se va a solicitar que desplace la pierna libre en los tres planos de movimiento realizando tres alcances para cada dirección con ambas piernas. Todo este procedimiento le tomará 20 a 30 min y se podrá retirar ya del establecimiento.

Se enfatizará a los participantes que dicha información otorgada por los participantes será usada exclusivamente con fines académicos.

Riesgos y Beneficios

La toma de las huellas plantares con el fotopodómetro que se llevará a cabo por las investigadoras, las cuales darán a conocer las alteraciones que presente la huella plantar en deportistas que practican *CrossFit* en el gimnasio El Box y que desean formar parte de la investigación.

Con relación a los riesgos y beneficios, se soslayará el filtrado de información de los participantes, no existe ningún riesgo que afecte a los participantes en el periodo de investigación ya que en los cuestionarios que se aplique no se solicitará datos que permitan la identificación de los participantes tales como sus nombres, apellidos o número de identificación. El procesamiento de la información a realizar por las investigadoras se hará por medio de la asignación de códigos alfanuméricos únicos a cada participante; mientras que el beneficio en los participantes que se detecte o determine alteraciones de la huella plantar o con mayor riesgo de lesiones en la práctica del *CrossFit*, por lo tanto, por parte de las investigadoras se les ofrecerá a los participantes un protocolo de ejercicios basado en la evidencia científica con las pautas necesarias para el manejo de su tipo de huella la cual será determinada según la clasificación del Índice de Hernández Corvo y riesgo de lesión según el test de balance en Y; o en el caso de que los participantes estén interesados en recibir un mayor manejo y deseen comenzar con rehabilitación fisioterapéutica para prevenir lesiones en la práctica deportiva estos serán delegados al Centro de Especialidades Médicas de la Universidad de Cuenca que está ubicado en la Av. Huayna Cápac entre Juan José Flores y República en la ciudad de Cuenca, y de esta manera los participantes puedan mantener la rehabilitación requerida según sus necesidades deportivas. Este tipo de investigación favorecerá en la búsqueda de nuevas alternativas para el diagnóstico y prevención de lesiones a los que practican este deporte.

Otras opciones si no participa en el estudio

En caso de no desear participar usted es libre de retirarse de la investigación en cualquier momento dando aviso a las investigadoras de que usted ya no desea participar en esta investigación.

Derechos de los participantes *(debe leerse todos los derechos a los participantes)*

Usted tiene derecho a:

- 9 Recibir la información del estudio de forma clara;
- 10 Tener la oportunidad de aclarar todas sus dudas;
- 11 Tener el tiempo que sea necesario para decidir si quiere o no participar del estudio;
- 12 Ser libre de negarse a participar en el estudio, y esto no traerá ningún problema para usted;
- 13 Ser libre para renunciar y retirarse del estudio en cualquier momento;
- 14 Recibir cuidados necesarios si hay algún daño resultante del estudio, de forma gratuita, siempre que sea necesario;
- 15 Tener acceso a los resultados de las pruebas realizadas durante el estudio, si procede;
- 16 El respeto de su anonimato (confidencialidad);
- 17 Que se respete su intimidad (privacidad);
- 18 Recibir una copia de este documento, firmado y rubricado en cada página por usted y el investigador;
- 19 Tener libertad para no responder preguntas que le molesten;
- 20 Estar libre de retirar su consentimiento para utilizar o mantener el material biológico que se haya obtenido de usted, si procede;

- 21 Contar con la asistencia necesaria para que el problema de salud o afectación de los derechos que sean detectados durante el estudio, sean manejados según normas y protocolos de atención establecidas por las instituciones correspondientes;
- 22 Usted no recibirá ningún pago ni tendrá que pagar absolutamente nada por participar en este estudio.

Información de contacto

Si usted tiene alguna pregunta sobre el estudio por favor llame al siguiente teléfono 0979238730 o 0961619966 que pertenece a Alisson Muentes o Naddia Romero o envíe un correo electrónico a alisson.muentes@ucuenca.edu.ec

Consentimiento informado

Comprendo mi participación en este estudio. Me han explicado los riesgos y beneficios de participar en un lenguaje claro y sencillo. Todas mis preguntas fueron contestadas. Me permitieron contar con tiempo suficiente para tomar la decisión de participar y me entregaron una copia de este formulario de consentimiento informado. Acepto voluntariamente participar en esta investigación.

_____	_____	_____
Código del/a participante	Firma del/a participante	Fecha
_____	_____	_____
Código del testigo (<i>si aplica</i>)	Firma del testigo	Fecha
_____	_____	_____
Nombres completos del/a investigador/a	Firma del/a investigador/a	Fecha

Si usted tiene preguntas sobre este formulario puede contactar al Dr. Vicente Solano, presidente del Comité de Bioética de la Universidad de Cuenca, al siguiente correo electrónico: vicente.solano@ucuenca.edu.ec