

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Médicas

Carrera de Fisioterapia

**DETERMINACIÓN DE LAS ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL
RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS DE
CROSSFIT DEL ESTABLECIMIENTO PULSO. CUENCA. JULIO – DICIEMBRE
2022**


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

Autor:

María de los Ángeles Ojeda Gutiérrez

Director:

Ana Lucía Zeas Puga

ORCID:  0000-0002-2593-2176

Cuenca, Ecuador

2023-10-04

Resumen

Antecedentes: en el CrossFit, el 80% de personas presenta lesiones en miembros inferiores, producto de alteraciones en pie y tobillo. Actualmente, va en aumento la prevalencia en patologías de la huella plantar.

Objetivo: determinar las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, a través de un fotopodómetro en deportistas de CrossFit.

Metodología: se realizó un estudio cuantitativo, observacional, descriptivo y de corte transversal en deportistas de CrossFit Pulso. Se valoró la huella plantar (HP) a través de, un fotopodómetro; mientras que, los datos demográficos fueron recolectados por formulario. El equilibrio se evaluó con el Test de Balance en Y (YBT) y mediante el software Move2perform se estableció el nivel de riesgo de lesión (RL). Las estadísticas de tendencia central, medidas de dispersión, frecuencia absoluta, porcentual, rho de Spearman para correlación, se analizaron en SPSS V25; para la elaboración de tablas y gráficos Microsoft Excel 2016.

Resultados: se evaluaron 60 deportistas de los cuales el 82% presentó pie cavo. No se evidenció una relación estadísticamente significativa de la HP entre sexo, edad e IMC. La interacción entre el RL y la HP no mostró significación estadística, solo hay una correlación positiva muy baja entre el pie izquierdo y derecho.

Conclusión: los resultados del YBT arrojaron que, el 63,3% tiene riesgo moderado y un 26,7% presenta riesgo sustancial. Estas dos categorías forman parte del grupo de alta probabilidad de sufrir lesiones a causa de un pie cavo.

Palabras clave: crossfit, deportistas, fotopodómetro, huella plantar, método hernández corvo



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Background: in CrossFit, 80% of people have injuries in the lower limbs, caused by alterations in the foot and ankle. Currently, the prevalence of plantar footprint pathologies is increasing.

Objective: to determine the alterations of the plantar footprint and the risk of musculoskeletal injuries, through a photopedometer in CrossFit athletes.

Methodology: a quantitative, observational, descriptive and transversal study was carried out in CrossFit Pulse athletes. The footprint (FP) was assessed through a photopedometer; while demographic data were collected using a form. The balance was evaluated with the Y Balance Test (YBT) and the software Move2perform established the level of injury risk (IR). The statistics of central tendency, measures of dispersion, absolute frequency, percentage, Spearman's rho for correlation, were analyzed in SPSS V25; Microsoft Excel 2016 was used for the preparation of tables and graphs.

Results: 60 athletes were evaluated, of which 82% presented cavus foot. There was no of a statistically significant relationship between FP and sex, age and BMI. The interaction between IR and FP did not show statistical significance, there is only a very low positive correlation between left and right foot.

Conclusion: the results of the YBT showed that 63.3% were at moderate risk and 26.7% were at substantial risk. These two categories are part of the high probability of injury due to a cavo foot.

Keywords: crossfit, athletes, photopedometer, footprint, hernández corvo method



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Capítulo I	9
1.1. Introducción.....	9
1.2. Planteamiento del Problema.....	10
1.3. Justificación.....	12
Capítulo II	14
2. Fundamento Teórico	14
2.1. Entrenamiento Crossfit.....	14
2.2. Pie.....	16
2.3. Método de Hernández Corvo.	25
2.4. Fotopodómetro.....	26
2.5. Test de Balance en Y	27
2.6. Longitud del Miembro Inferior	28
Capítulo III	29
3. Objetivos	29
3.1. Objetivo General:	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	29
Capítulo IV	30
4. Diseño Metodológico.....	30
4.1. Tipo de Estudio:	30
4.2. Área de Estudio:.....	30
4.3. Universo y Muestra	30
4.4. Criterios de Inclusión y Exclusión	30
4.5. Variables	31
4.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos.....	31
4.7. Tabulación y Análisis.....	33

4.8. Aspectos Éticos.....	34
4.9. Recursos Materiales y Humanos.....	35
Capítulo V.....	37
5. Resultados.....	37
Capítulo VI.....	49
6. Discusión.....	49
Capítulo VII.....	53
7. Conclusiones y Recomendaciones.....	53
7.1. Conclusiones.....	53
7.2. Recomendaciones.....	54
Referencias.....	55
Anexos.....	60
Anexo A. Operalización de Variables.....	60
Anexo B. Oficio de Aprobación del Establecimiento Crossfit Pulso.....	63
Anexo C. Consentimiento Informado.....	64
Anexo D. Formulario de la Recolección de Datos.....	68
Anexo E. Fotografías de la Recolección de Datos.....	70

Índice de tablas

Distribución de la población de estudio (n=60) en relación al sexo, edad e Índice de Masa Corporal (IMC) de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	38
Distribución de la población de estudio (n=60) según el historial de lesiones de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	39
Distribución de la población de estudio (n=60) según rendimiento en el “Test Balance en Y” de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	40
Distribución de la población de estudio (n=60) según nivel de riesgo de lesiones en miembros inferiores de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	41
Distribución de la población de estudio (n=60) según el tipo de huella plantar de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	42
Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre la edad, el sexo, el Índice de Masa Corporal (IMC) y el tipo de huella plantar de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	44
Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el historial de lesiones y la frecuencia de entrenamiento de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	45
Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el tipo de huella plantar y el nivel de riesgo de lesiones en miembros inferiores de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	46
Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el sexo y la edad con el riesgo de lesión de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	47
Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y el riesgo de lesión de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.....	48

Agradecimiento

A mis padres y hermana, por sostenerme y acompañarme.
A tú familia.

A los docentes de la carrera, en especial, a la Mgt. Ana Lucía Zeas por su consejo y guía durante este proyecto.

De igual manera a CrossFit Pulso por brindarnos las facilidades para el desarrollo de esta investigación.

A ti. Juntas fuimos parte de esto. Gracias, hoy, mañana y siempre.

Y a todos quienes fueron parte de este viaje.

Dedicatoria

A mi familia, a pesar del tiempo y la distancia siguen a mi lado y me han apoyado incondicionalmente.

A Chiri y Lupi.

A Jimel, Kevin y a *tí*. Una pequeña fortuna que nació por la casualidad de nuestros caminos entrecruzados. Me enseñaron el significado y la apreciación de la palabra amistad. Me sostuvieron, sin ustedes en realidad no lo hubiera logrado. Los quiero por siempre y un día más.

María Isabel

Recordarte, siempre. Las palabras no son suficientes. Fuiste y serás luz. Te echaré de menos hasta que te encuentre en la región de las estrellas de verano....

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El *CrossFit* como programa de entrenamiento, fue diseñado inicialmente para personas cuyo trabajo requiere una condición física y fuerza muscular, generando niveles de esfuerzo bajos a altos en un lapso corto de tiempo. Esto indica que se basa en ejercicios sincrónicos de elevada intensidad que optimizan la competencia física de quien lo practica. Al hablar de condición física, se hace referencia a diferentes disciplinas deportivas, siendo relevante en este estudio, el *CrossFit*, que incluye diez dominios de aptitud física como fuerza, potencia, resistencia muscular, resistencia cardiovascular y/o respiratoria, velocidad, agilidad, flexibilidad, coordinación, equilibrio y precisión, y que al realizarlo de manera incorrecta se da la aparición de disfunciones musculares y con ello aumenta el riesgo de sufrir lesiones (4,5).

Sin embargo, a pesar de ser un programa en auge desde su inicio en el año 2000, no es posible estimar un recuento a nivel oficial de cuántas personas lo practican. No obstante, se ha considerado que este tipo de entrenamiento se utiliza en más de 2.000 instalaciones en todo el mundo, mismas que irán creciendo con el pasar del tiempo (4).

Se debe agregar que, el pie como estructura fundamental y afiliada a este deporte, es considerado como una parte indispensable en el desarrollo del ser humano, estableciéndose su forma a la edad de 4 años, lo que permite que se adapte a la superficie del terreno para el comienzo de la marcha y se implanten patrones frente a la misma, por lo que se determina que a partir de esa edad se pueden detectar alteraciones tanto funcionales como estructurales del mismo (4,6).

De modo complementario, el pie, como estructura corporal del aparato locomotor, tiende a ser fundamental al desempeñar funciones básicas como estabilización, propulsión y absorción de fuerzas activas, demostrando ser una estructura impecable para cumplir con las diversas exigencias de apoyo y soporte para los desplazamientos cotidianos, logrando posicionarse como un transmisor de fuerzas desde y hacia la superficie. Al estar formado por elementos articulares, musculares y ligamentosos que le entregan movilidad en todos sus planos, es el arco plantar longitudinal medial el principal componente encargado de la devolución de fuerzas gravitacionales, además de la distribución del peso corporal cuando el pie se contacta con la superficie (2,3).

Cabe mencionar que, el proceso de la marcha se ve afectado por factores extrínsecos e intrínsecos, donde la condición física es un punto a tomar en cuenta en esta investigación, puesto que estudios demuestran que los atletas son capaces de modificar la marcha con el fin de mejorar su rendimiento o prevenir lesiones, donde, dependiendo de la modalidad deportiva, el pie se irá adaptando hacia un trabajo que exija más estrés y por ende genere mayor fatiga o aumento en la flexibilidad del mismo (7).

Desde esta perspectiva, las características morfológicas de esta pieza varían acorde a cada individuo como el peso, funciones básicas y la edad, recalcando que estas diferencias no son fácilmente observables por lo que el análisis de las mismas, a más de ser indispensables requieren de instrumentos que sean adecuados para un estudio más profundo (4,8).

Por consiguiente, el análisis de la huella plantar nos ayudará a la identificación de patologías relacionadas al arco del pie, fundamentándose en conocer de manera minuciosa la condición podológica de la persona respecto a su dinámica postural, esto, con la ayuda del Método de Hernández Corvo y una plataforma basada en la obtención de imágenes con visión por computadora, cuyo resultado es la clasificación de la morfología del pie y por ende, la identificación a tiempo de posibles alteraciones y con ello evitar lesiones (8,12).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema principal radica en que gran parte de la población que practica *CrossFit*, presenta en algún momento de su vida una lesión a nivel de los miembros inferiores, lo cual se relaciona con los tipos de movimientos que se llevan a cabo en este deporte, y con la presencia de una alteración en alguna de las estructuras inferiores, particularmente, el pie. Biomecánicamente, el pie posee un papel importante dentro del *CrossFit*, ya que durante los movimientos de aterrizaje y desaceleración permite la absorción de las fuerzas de reacción del suelo y la distribución uniforme de la carga en todo el trayecto de las extremidades inferiores; sin embargo, una modificación en los arcos plantares, específicamente del arco longitudinal implica un mayor esfuerzo por parte de estructuras de soporte de peso tensional al procurar mantener el equilibrio corporal; en el arco del tríceps sural se producirá una absorción anormal de las fuerzas de reacción del suelo, deduciendo un mayor estrés mecánico a nivel de la articulación de la rodilla, lo cual afecta a su vez a elementos pasivos de la estabilización de esta estructura (4).

De igual manera, los deportistas que presenten pies con un arco plantar demasiado elevado o disminuido en excedencia pueden lesionarse; el primer punto indica la probabilidad de daño óseo en la cara lateral del miembro inferior, mientras que aquellos con descenso del

arco tendrían afectación de tejidos blandos de la extremidad inferior, esto, infiere en la disminución del rendimiento físico del deportista, por lo que se requiere de un equipo de atención médica especializado en el desarrollo y toma de decisiones clínicas, aunque la intervención puede presentar un precio elevado (4,14,15).

En base a lo descrito, se han registrado diversos estudios que buscan conocer el tipo de huella plantar por medio de un procesador semiautomático de imagen: fotopodómetro. No obstante, la literatura señala la necesidad de dar catalogación a los resultados arrojados por la cámara y por el Método de Hernández-Corvo. Nirenberg *et al.*, emplean tres métodos de evaluación con el fin de comparar los resultados arrojados por los mismos, encontrando que el porcentaje del error medio del Método de Hernández-Corvo fue del 9,43%, lo cual evidenció un buen desempeño por parte de este (5,8,12).

De acuerdo a datos internacionales, las lesiones de miembro inferior más comunes en *CrossFit* incluyen lesiones meniscales, fracturas por estrés acetabular, avulsiones de las espinas ilíacas anterosuperiores, y rupturas o micro rupturas de los músculos isquiotibiales. La Federación Ecuatoriana de Médicos del Deporte, informó que cada mes existe un mínimo de 6 atenciones dadas a practicantes de *CrossFit* lesionados. No obstante, en el país no existen cifras estadísticas nacionales y locales que indiquen cuáles son las articulaciones que se lesionan con más frecuencia dentro de esta disciplina, lo cual conduce a pensar que se le resta importancia a este tema y que por tanto no se establecen medidas preventivas para evitar o reducir el riesgo de lesión dentro de esta población (7,14).

Existe una serie de factores que aumentan el riesgo de lesión en este deporte, un ejemplo de ello sería, la tendencia a adoptar ciertas posturas, el aumento de la base de sustentación, que conlleva a un incremento de las fuerzas de compresión en las articulaciones femorrotuliana y femorotibial; por otra parte, el tener una base de sustentación disminuida se traduce a un incremento en las fuerzas de cizallamiento anterior en todo el eje inferior del cuerpo. De acuerdo con Palazón *et al.*, otro factor es el historial de lesión, ya que en individuos que realizan ejercicios de alto impacto con experiencia en la práctica dentro de un rango de 6 meses y con antecedentes de lesión de los miembros inferiores existe una mayor predisposición a lesionarse nuevamente en la misma región corporal (6, 15,18).

En Ecuador no existen estudios sobre el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en *CrossFit* con base al tipo de huella plantar a través de un fotopodómetro, por ende, el grado de credibilidad y validez es discutible. Cabe señalar que varios artículos científicos indican datos correlacionales, más no relaciones directas sobre los factores desencadenantes de

una lesión en este ámbito deportivo. A partir de lo planteado, se presenta la necesidad de realizar esta investigación con el afán de conocer ¿cuál es la relación entre el tipo de huella plantar y la función del pie sobre el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en los usuarios de *CrossFit Pulso*?, esperando crear una base para futuras investigaciones que beneficiarán a las personas que entrenan este deporte y a los profesionales que puedan verse beneficiados de la misma.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se lleva a cabo principalmente por motivos de investigación y aprendizaje, aportando nuevas bases para la ciencia en el deporte y la relación que existe entre la huella plantar como punto de sustentación y el riesgo a adquirir diferentes lesiones, sobre todo en deportes de alta demanda física y social como es el *CrossFit* (2,3).

El *CrossFit*, al ser un deporte que ha adquirido gran demanda y popularidad en los últimos tiempos pero que carece de estudios relacionados a lesiones por la estructura del pie y a las diversas adaptaciones del mismo, se considera como una modalidad de entrenamiento interválico de elevada intensidad donde movimientos funcionales deficientes, aumentarían el riesgo de lesión en deportistas de esta disciplina (2,3).

Señalando que las presiones plantares en deportistas no son similares a una persona que no practica deporte, ya que estamos frente a demandas físicas superiores, propias de la actividad, generando a su vez una distribución, en muchos casos, desequilibrada en los tres puntos de soporte fundamentales del pie, tales como: arco transversal anterior, arco longitudinal lateral y arco longitudinal medial. Este último punto, es quien recibe la mayor magnitud de presión, seguida de la carga excesiva del antepié con pronación lo que puede causar dolor y con ello lesiones osteomusculares (9).

Por ello, además de constar en las Prioridades de Investigación en Salud 2013-2017, del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, en lo que corresponde al Área 19, Atención Primaria de Salud; también se encuentra enmarcado en las líneas investigativas que persigue la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas y Carrera de Fisioterapia que hace referencia a la línea de Investigación de Telemedicina e Innovación Tecnológica, buscando priorizar la salud desde la promoción y establecer los riesgos de manera oportuna y temprana y generar un nivel de actuación idónea, este estudio es fundamental al momento de categorizar disfunciones de miembros inferiores para poder desarrollar una propuesta accesible a la población de estudio y demás usuarios próximos a practicarlo, con el fin de disminuir, prevenir o retrasar el porcentaje de riesgo de lesiones debido a una mala

biomecánica, siendo una puerta de entrada al empleo de nuevos métodos que provoquen la devolución a la armonía muscular y de esa manera evitar sufrir lesiones que provocan un gasto económico, laboral, ergonómico y emocional elevado (4,6).

En esa misma línea, se determina que algunas de las lesiones ocurren por accidente y otras son el resultado de malas prácticas de entrenamiento. Así pues, el trabajo del fisioterapeuta está dirigido a diseñar programas de prevención de lesiones y reducción de factores de riesgo según el deporte. Esto permite un mejor abordaje de los deportistas, proporcionando estrategias tanto individuales como grupales, más aún, la importancia de mencionar dicho trabajo se basa en la recuperación y reintegración del deportista a sus actividades, mismas que deben ser ejecutadas con pericia y bajo la técnica adecuada de cada movimiento (10).

El presente trabajo de titulación es pertinente, dado que además de ajustarse a las líneas de investigación de la Carrera de Fisioterapia haciendo uso de nuevas tecnologías y con ello un estudio más objetivo del tema central de este proyecto, se ejecutará acogiendo las medidas de bioseguridad debido a la situación actual por COVID-19. Dentro del análisis, la extracción de la huella plantar usando un fotopodómetro para la obtención del Método de Hernández Corvo resultan buenos indicadores de confiabilidad y validez que permitirá la clasificación de la morfología del pie y con ello un estudio más convincente y guía para prevenir lesiones asociadas a este deporte y, por tanto, el proyecto a desarrollar es viable (3,11).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ENTRENAMIENTO CROSSFIT

En el marco de estos últimos años, el *CrossFit* ha ido ganando aprobación a nivel mundial; abriendo sus puertas por primera vez en el año 2000 en California y desde entonces se data un total de 13.000 gimnasios de *CrossFit* en 142 países, recalcando su auge en que más de 3.5 millones de deportistas entrenan con este programa deportivo. El *CrossFit* fue diseñado como un nuevo régimen de fuerza para promover el acondicionamiento físico cuya metodología se basa en entrenamientos diarios de cortos periodos y de elevada intensidad. De esta manera, se mejora la salud centrada en la variabilidad del ejercicio y movimientos funcionales (12).

El objetivo de este entrenamiento radica en la mejora de las capacidades y aptitudes físicas como la resistencia cardiorrespiratoria, la fuerza, la agilidad, la velocidad, la potencia, la coordinación, el equilibrio y la flexibilidad. Además, los ejercicios varían desde sentadillas, levantamiento de pesas, lanzamientos, ejercicios aeróbicos y movimientos gimnásticos (16).

Personas con diferentes niveles de resistencia y competencia pueden ejercitarse en las mismas sesiones de entrenamiento, puesto que, las cargas se adaptan de manera individual tomando en cuenta su nivel y acondicionamiento (12,13).

2.1.1. GENERALIDADES DEL CROSSFIT

Es una disciplina deportiva, que fue utilizada en sus inicios como parte del entrenamiento de militares y policías. Sin embargo, desde que fue popularizado en el año 2000, ha ganado una gran aceptación y se ha disparado entre la población general. Las personas que practican este deporte reciben la denominación de *CrossFiteros*.

Los entrenamientos se realizan en formas de WOD (Workout Of the Day, cuyo significado en español es: entrenamiento del día), usualmente tienen una duración de aproximadamente 20 minutos. Cada sesión implica diversos ejercicios que implican cargar y trasladar pesos, realizar movimientos gimnásticos, y desarrollar precisión y potencia (13).

Cada WOD consta de dos partes, A y B. La primera (A) trata de una entrada en calor, seguido del mejoramiento de la técnica y la fuerza muscular. La parte B utiliza ejercicios explosivos y

de alta intensidad, demanda un mayor gasto energético, y aumenta la frecuencia respiratoria (17).

2.1.2. IMPACTO FÍSICO DEL CROSSFIT

La práctica constante del *CrossFit* incorpora entrenamiento aeróbico y anaeróbico para mejorar la composición corporal de los deportistas, alcanzando beneficios fisiológicos al practicarlo, mismos que han sido corroborados a través de diferentes investigaciones y/o estudios (14,17).

Respecto a esto, autores como Bellar *et al.*, realizaron un estudio basado en probar la capacidad aeróbica máxima y la potencia anaeróbica durante el entrenamiento en intervalos de alta intensidad lo que generó respuestas significativas en la frecuencia cardíaca (FC) e incremento de la resistencia durante el entrenamiento. Los beneficios fisiológicos no fueron alcanzados solo en adultos, sino también en jóvenes y adolescentes que desarrollaron elevados niveles de masa corporal, mejoraron su aptitud cardíaca y respiratoria e incrementaron su flexibilidad y aptitud muscular (14).

Al poner en práctica los diferentes ejercicios que incluyen el programa de entrenamiento, se ha verificado mediante un estudio realizado por Shaw *et al.*, el incremento de la frecuencia cardíaca, del lactato en sangre y ausencia de incrementos de glucosa en la sangre de los individuos sometidos al entrenamiento de *CrossFit* (17).

2.1.3. INCIDENCIA DE LESIONES EN EL CROSSFIT

El American College Sports Medicine señala que, el *CrossFit* es un deporte de gran exigencia física que reporta altas tasas de lesiones musculoesqueléticas. Esto, coincide con la naturaleza del entrenamiento; es decir, los movimientos son ejecutados a gran intensidad y con pocos tiempos de recuperación entre ejercicios. Dichas condiciones producen sobrecarga, lo que a su vez ocasiona fatiga prematura, estrés oxidativo adicional, poca resistencia a la exigencia del ejercicio repetitivo, y la aparición de movimientos inestables y riesgosos. Debido a todo lo mencionado, existe el riesgo de lesiones por estrés articular, sobreentrenamiento y sobreuso (15).

El estudio epidemiológico de Brigman menciona que, el índice de lesión es de aproximadamente el 30% y es comparable al de disciplinas como el power-lifting, la gimnasia y la halterofilia. La zona mayormente afectada fue la articulación de la rodilla, y el tipo de

lesión más común es de tipo agudo. Los resultados indicaron que el 47% de las lesiones se ubican en la rodilla, 28% en la columna lumbar, y el 25% en los hombros (19).

2.1.4. FACTORES DE RIESGO

Al hablar de factores de riesgo se distinguen dos tipos: intrínsecos y extrínsecos. La presencia de cualquiera de ellos puede llegar a alterar las propiedades biomecánicas de los tejidos y hacer que el deportista sea mucho más vulnerable a una lesión.

Se conoce como factores intrínsecos a aquellos que son propios de cada deportista, entre ellos se encuentran: la condición física de la persona, la existencia de un defecto de alineación corporal, alteraciones en el pie, la presencia de lesiones previas, el sexo, la edad, los aspectos psicológicos y constitucionales. En cambio, los factores extrínsecos son los aspectos relacionados al ambiente externo que afectan al atleta, tales como: la superficie de contacto, el tipo de deporte, factores ambientales (14).

2.2. PIE

2.2.1. ARTICULACIONES DEL PIE

El pie se encuentra compuesto por articulaciones que conectan a los huesos del tarso y del metatarso. Estas son:

- Articulaciones escafo-cuboidea y escafo-cuneales
- Articulación calcaneo-astragalina

Este grupo de articulaciones comprenden las carillas anteriores, posteriores y medias del calcáneo y astrágalo. Estas estructuras permiten que el pie tenga una movilidad independiente y funcional para ejecutar las actividades rutinarias, principalmente al subir escaleras, permanecer de pie y mantener la postura ante perturbaciones externas. El movimiento que se produce en las superficies articulares de la articulación calcaneo-astragalina implica un deslizamiento entre los tres conjuntos de carillas, dando como resultado un arco curvilíneo formado entre el astrágalo y el calcáneo. Este último, realiza movimientos de pronosupinación sobre el astrágalo; sin embargo, también ejecuta la acción contraria al encontrarse el pie apoyado de manera perpendicular al eje rotacional (20,21).

- Articulación mediotarsiana (*Chopart*)

Está compuesta por dos articulaciones funcionalmente relacionadas entre sí, las cuales son descritas a continuación:

1. Articulación calcaneocuboidea: consiste en la unión de la superficie proximal del cuboides y distal del calcáneo. Estas superficies poseen una relación cóncava-convexa que actúan a manera de un bloqueo que limita el deslizamiento.
2. Articulación astragalonavicular: su origen parte del contacto entre la convexidad de la cabeza del astrágalo y la concavidad que tiene el navicular en su lado proximal, sitio que es recubierto por el ligamento calcaneonavicular en su porción proximal.

- Articulación tarsometatarsiana (*Lisfranc*)

Consta de cinco articulaciones tarsometatarsianas ubicadas entre los metatarsianos y las porciones distales del cuboides y tres cuneiformes. En las articulaciones tarsometatarsianas periféricas el rango de movimiento se da al máximo, específicamente durante la flexión plantar y dorsal en conjunto con la eversión e inversión. En base a estos movimientos la cara medial del pie puede contactar sobre superficies irregulares y adaptarse a las mismas (20).

2.2.2. LIGAMENTOS DEL PIE

Los ligamentos, en esencia permiten conservar la forma pasiva de los arcos del pie y de esta forma prevenir alteraciones como pie plano o cavo (20).

Ligamentos que limitan la eversión extrema de la articulación subastragalina:

- Fibras mediales del ligamento interóseo (astrágalo-calcáneo).
- Porción tibio-calcáneo del ligamento deltoideo.

Ligamentos que limitan la inversión extrema de la articulación subastragalina:

- Ligamento cervical.
- Ligamentos calcáneo-peroneos.

Ligamentos que mantienen los arcos del pie:

- Ligamento calcaneoescafoideo plantar.
- Ligamento plantar largo.
- Ligamento calcaneocuboideo plantar.

Este último ayuda a sostener de manera pasiva el arco longitudinal medial del pie (20).

2.2.3. MÚSCULOS DEL PIE

Los músculos del pie tienen tres funciones importantes: conservación de la forma, acción anti gravitatoria y acción propulsora (22).

Se puede distinguir dentro de esta categoría dos sistemas musculares:

1. El Sistema Muscular Extrínseco: está integrado por los siguientes compartimentos:

- Anterior: constituido por los músculos extensores del pie y del tobillo.
- Externo: conformado por los músculos peroneos.
- Posterior: por el tríceps sural y músculos flexores.
- Interno: por los músculos tibiales, especialmente el tibial posterior.

2. El Sistema Muscular Intrínseco: integra los músculos cortos del pie y de los dedos.

Formado por los músculos que se fijan en los extremos de los huesos del pie, cuyo cargo es sostener el peso corporal y mantener la bóveda plantar, trabaja en conjunto con los ligamentos (22).

2.2.4. EL PIE COMO TRÍPODE PLANTAR

Este segmento tiende a representar una base de soporte relativamente pequeña, sobre la cual toda la estructura corporal mantiene el equilibrio. De esta manera se diferencia al pie como un triángulo equilibrado, compuesto por: el arco transversal anterior, el arco longitudinal lateral y el arco longitudinal medial, mismos que actúan como absorbentes elásticos de choque, mientras que, la bóveda del pie constituye un componente dinámico para el pie en marcha (21).

El arco longitudinal puede ser dividido en medial y lateral, acompañado por una curvatura transversal, donde:

- **El Arco Longitudinal Interno**

Es más elevado, móvil, flexible y funciona como resorte. Está compuesto por el calcáneo, astrágalo, navicular, cuneiformes y los primeros tres metatarsianos. Su característica se basa en la transmisión y absorción de fuerzas, que cuando se aplana suscita una gradual rigidez del ligamento calcaneonavicular plantar y de la fascia plantar. El sostén activo del arco interno es aportado principalmente por el músculo tibial posterior. Los arcos elevados se asocian con lesiones óseas del pie, dolor en los pies y lesiones del tobillo (20,22).

- **El Arco Longitudinal Externo**

Se comprende por el calcáneo, cuboides y los metatarsianos cuarto y quinto. A diferencia del arco medial, éste es bajo, con movilidad limitada y diseñado para la transmisión de fuerzas a la superficie de marcha, más que para la absorción de peso e impulso. La parte dinámica está compuesta por los músculos peroneo corto, peroneo largo y el abductor del quinto dedo, mismos que actúan para tensarlo (20).

- **Arco Transverso**

Es una curvatura transversal de los huesos tarsianos y los metatarsianos en la longitud del pie, dando una apariencia “abovedada”. Dividida en la porción anterior, la cual es flexible y comprende las cabezas de los metatarsianos. El sostén muscular del arco transverso incluye el aductor del primer dedo, el tibial posterior y el peroneo largo que actúa sobre los tres componentes del sistema de arcos (20).

2.2.5. SINERGIAS FUNCIONALES DEL SISTEMA REPARTIDOR DE CARGAS EN LOS ARCOS PLANTARES.

Durante las diferentes actividades de carga de peso, tanto el arco longitudinal interno y externo necesitan cambiar de forma para poder acoplarse a las irregularidades del terreno para permitir la absorción y devolución de fuerzas gravitacionales durante los apoyos. De la misma manera, el arco longitudinal debe ser bastante rígido para que las fuerzas musculares del tríceps sural se puedan transferir de manera eficiente a lo largo de todo el pie, para transformarse en una fuerza propulsiva mecánicamente efectiva durante actividades como la marcha, la carrera, el salto y otras que impliquen carga.

Al ser una estructura de soporte, se pueden generar alteraciones en la rigidez del arco longitudinal, las mismas que deben ser reguladas por el SNC de manera continua para poder optimizar la magnitud y localización de las cargas plantares del pie, de manera que, funcione óptimamente como un órgano de carga durante la bipedestación (20,21,23).

Para que se dé una función biomecánica eficiente, la estructura del pie debe aportar tanto flexibilidad como rigidez, para permitir una deformación y propulsión eficaz durante la primera y segunda mitad de la fase de apoyo de la marcha. Las capas de reparto de cargas constituidas por la fascia plantar, los músculos plantares intrínsecos, los músculos plantares extrínsecos y los ligamentos plantares forman el sistema de reparto de cargas del arco longitudinal que trabajan de manera sinérgica, activa y pasivamente, para formar un sistema de distribución de cargas que mantienen la integridad y mejora de la función durante las actividades que implican carga (24).

2.2.6. BIOMECÁNICA ARTICULAR DEL PIE

A nivel funcional, las articulaciones del pie tienen como objetivo adaptar este complejo por diferentes superficies irregulares, desempeñando un papel de amortiguación en las solicitudes mecánicas producidas durante la marcha. La relación que existe entre las articulaciones del tobillo y del pie hacen referencia a la asociación que tienen entre éstas; Por tanto, dentro de los movimientos que generan, la articulación del tobillo realiza un flexo extensión plantar de 40° y 30° de dorsiflexión. La articulación subastragalina posee un arco de movimiento entre 30° de eversión y 20° de inversión (22).

Los movimientos de aducción y abducción radican en aproximar la punta del pie hacia la línea media del cuerpo o separarse de la misma, sin generar modificaciones en el plano horizontal de apoyo. Movimientos que se dan a expensas de la articulación subastragalina. La pronación y supinación del pie se originan a nivel de las articulaciones de *Lisfranc* y de *Chopart*. A breves rasgos, el movimiento de pronación hace referencia a la aproximación del primer dedo al suelo de forma que la planta del pie tiende a mirar hacia externo o fuera, por el contrario, el movimiento de supinación se da a la inversa de este. En cuanto a los movimientos que se generan a nivel de los dedos del pie, mismos que son flexión dorsal y plantar, es el primer metatarsiano el que produce el mayor movimiento con 35° de flexión y 80° de extensión, cuya limitación da paso a un *hallux rigidus*. Las articulaciones metatarsofalángicas restantes tienen un movimiento de flexión y extensión de unos 40°.

En conjunto, permiten ejecutar una deambulaci3n suave y estable, mientras que el tobillo es el principal en trasladar la carga de la extremidad inferior al pie e intervenir en su orientaci3n con el suelo (22).

2.2.7. EL PIE EN EL DEPORTE

La biomecánica del pie durante la práctica deportiva depende de factores tanto intrínsecos como extrínsecos, estos aspectos se traducen en una mayor demanda mecánica, lo cual a su vez conlleva a cambios temporales que con el tiempo se convierten en permanentes a nivel de esta estructura. Por este motivo es importante identificar la especificidad de un pie individual o de toda la extremidad inferior, a través de un patr3n de pisada graduado (27).

Las disimetrías de los miembros inferiores son comunes en personas que practican cualquier tipo de deporte, principalmente en aquellos que trabajan con cargas superiores a las de su peso corporal. Estas diferencias en la longitud de las extremidades se correlacionan con alteraciones del apoyo podal, lo que a su vez modifica el eje vertebral en toda su extensi3n (25).

Los deportistas usan diferentes sistemas adaptativos en funci3n de la morfología de su pie y de sus necesidades de movimiento, como, por ejemplo: el pie direccional, el cual mejora la precisi3n; el pie de apoyo, encargado de reforzar y estabilizar el equilibrio; el pie frenador, lleva a cabo el freno y control del desplazamiento; y el pie propulsor, aumenta la velocidad del movimiento. Durante un examen físico es imprescindible estudiar el tipo de pie presente (plano, cavo, varo o valgo) para determinar qué sistema de adaptaci3n se utiliza y analizar cómo aquello afecta al rendimiento deportivo, porque a menudo un pie plano puede significar una ventaja como una desventaja a la hora de entrenar. Por ejemplo, una persona que corre y a su vez posee un descenso del arco plantar, en su búsqueda por aumentar la longitud de la zancada incrementará la flexi3n dorsal del tobillo al contacto del pie, de igual manera, en el despegue, el tobillo realizará una mayor flexi3n, mientras que, durante el apoyo la rodilla permanecerá en hiperextensi3n, por consiguiente, el centro de gravedad se elevará y el eje corporal equilibrará esta situaci3n haciendo que la pelvis se incline lateralmente, por tanto, el desempeÑO se verá afectado (25,26).

2.2.8. DISTRIBUCI3N DE LAS CARGAS A NIVEL DE LA B3VEDA PLANTAR

El peso corporal de los individuos en bipedestaci3n es trasladado por las extremidades inferiores sobre el tarso posterior a nivel de la tr3clea astragalina, por medio de la articulaci3n

talo crural; Desde ahí, las fuerzas de reacción se dividen hacia los puntos de apoyo en tres direcciones (21):

- Hacia el apoyo anterior e interno, por medio del cuello del astrágalo, en la región anterior del arco interno.
- Hacia el apoyo anterior y externo, a través de la cabeza del astrágalo y la apófisis mayor del calcáneo, en la región anterior del arco externo. La dirección de estas dos fuerzas llega a constituir un ángulo agudo de 35-40°.
- Hacia el apoyo posterior, por intermedio del cuerpo del astrágalo, mediante la articulación subastragalina y el cuerpo del calcáneo, en los bordes posteriores que están unidos a los arcos interno y externo (21).

Las distribuciones de las fuerzas de compresión del pie en posición bípeda son: (20).

- Retropié: 60%
- Antepié: 28%
- Medio pie: 8%

2.2.9. TIPOS DE HUELLAS PLANTARES

2.2.9.1. PIE PLANO

Se caracteriza por la pérdida de la bóveda plantar. Generalmente, se acompaña de valgo talar y, se asocia con la disminución del arco longitudinal interno durante la fase de apoyo en la marcha. Además, es importante reconocer que independientemente de la etiología del pie plano, todos presentan deformidades similares.

Alteraciones óseas - Malformaciones congénitas

- Astrágalo vertical: conocido como pie en mecedora, puesto que se observa una luxación rígida de la articulación astrágalo- escafoidea generando dolor, rigidez y convexidad plantar. Por lo que su tratamiento es netamente quirúrgico.
- Sinostosis óseas: fusión entre estructuras óseas, generalmente entre calcáneo-escafoides y calcáneo-astrágalo. Presenta retracción tendinosa y dolor subastragalino.

Alteraciones capsulo-ligamentosas

- Pie plano laxo o infantil: se ocasiona por la laxitud.
- Pie plano por alteración endocrina: personas que lo padecen por lo regular tienen obesidad, hiperlaxitud. Es más común en el sexo femenino.
- Pie plano flexible: el sujeto presenta el arco, sin embargo, al caminar sobre superficies irregulares o no, el mismo desaparece dando una percepción de pie plano.

Alteraciones neuromusculares

- Disfunción del tibial posterior: este músculo es el encargado de mantener la estructura correcta de la bóveda plantar, puesto que ante una inflamación o degeneración del mismo puede dar paso a un pie plano.
- Alteraciones como la retracción del tendón de Aquiles, poliomielitis y parálisis espástica también pueden dar paso a la formación de pie plano.
- En el pie plano, a nivel del retropié se observa descenso del astrágalo con desplazamiento hacia delante y adentro.
- Valgo del talón y lesiones del tibial posterior.

2.2.9.2. PIE CAVO

Este se caracteriza por un aumento anormal de la bóveda plantar.

De origen neurológico

- Poliomielitis (factor paralítico).
- Enfermedad de *Friedrich* (factor espástico).

Alteraciones osteoarticulares

- Pie cavo congénito
- Pie cavo adquirido por factores mecánicos externos como traumatismos o el calzado.

- Pie cavo por enfermedades osteoarticulares como artritis reumatoide.

Por retracciones de tejidos blandos

- Cicatrices plantares.
- Enfermedad de *Ledderhose*.
- Lesiones vasculares.

Clasificación morfológica

En el plano sagital

- Pie cavo posterior: se observa la caída del talón por insuficiencia del tendón de Aquiles debido a la verticalización del calcáneo.
- Pie cavo anterior: es el más frecuente y se caracteriza por la caída del antepié. Se produce por el declive de los metatarsianos.
- Pie cavo mixto: se da por la verticalización del calcáneo y de los metatarsianos.

En el plano transversal

Según la dirección del talón

- Pie cavo varo: presente en alteraciones neurológicas.
- Pie cavo valgo: clínicamente se caracteriza como pie plano y pie cavo con el talón vertical o alineado con desnivelación atenuada.

En la porción media del tarso

- Pie cavo de primer grado: con descenso de la amplitud en el tercio medio del pie.
- Pie cavo de segundo grado: desaparece la impresión plantar.

En las articulaciones metatarsofalángicas

- Dedos en garra por un pie cavo muy pronunciado. Producido por el calzado pequeño.

2.2.9.3. PIE NORMAL

Ausente de alteraciones y/o problemas biomecánicos notorios (1, 23).

2.3. MÉTODO DE HERNÁNDEZ CORVO.

El Método Hernández Corvo (HC) actualmente, es uno de los métodos con mayor precisión, siendo el más utilizado. Su finalidad se basa en tipificar el pie mediante un protocolo en el cual se establecen medidas que se obtienen gracias a la impresión de la huella plantar, dando como resultado un rango de diferentes tipos de pie que van desde pie plano hasta pie cavo extremo (25).

Sobre cada huella se aplica el protocolo de valoración donde se da el cálculo entre dos longitudes, que se describe a continuación:

- Primera longitud: es el ancho de la huella estimada en la zona del antepié (distancia entre el ancho de la región del metatarso y se denota como **X**).
- Segunda longitud: ancho de la huella en la región del medio pie y se denota **Y**.

Procedimiento

- a) Es necesario marcar dos puntos, el primero se ubica en las prominencias más internas de la huella plantar (antepié y retropié).
- b) Luego se unen estos dos puntos para después empezar a marcar un punto en la parte más anterior de la huella, es decir, el dedo con mayor longitud y se traza una línea horizontal hacia la parte lateral del pie.
- c) Esta medida se repite hasta el retropié.
- d) Quedando el pie de esta manera, dividido en tres cuadrantes: medida fundamental, medida fundamental 1 y medida fundamental 2.
- e) Inmediatamente se traza una vertical sobre el punto más sobresaliente de la parte más externa del antepié.
- f) Localizar el punto que más sobresalga de la parte externa del mediopié y retropié y trazar una vertical.

- g) La distancia entre los dos puntos del antepié es X (ancho del metatarso); el punto más interno del mediopié y retropié es Y (25).

Ecuación para el índice del arco

Con las medidas que resultan de la gráfica se incluye la ecuación 2 que se manifiesta de la siguiente forma:

$$HC (\%) = (X-Y) / X * 100$$

Valores referenciales para determinar el tipo de huella plantar

- **Pie plano:** 0-34%
- **Pie plano/normal:** 35-39%
- **Pie normal:** 40-54%
- **Pie normal/cavo:** 55-59%
- **Pie cavo:** 60-74%
- **Pie cavo fuerte:** 75-84%
- **Pie cavo extremo:** 85-100% (25).

2.4. FOTOPODÓMETRO

El análisis de la huella plantar basado en imágenes es un procedimiento válido para la clasificación del pie y de su estado anatómico, por lo que el uso de un fotopodómetro nos da una valoración exacta y más objetiva acerca del mismo (3).

El fotopodómetro es un instrumento que tiene una estructura rectangular en la que se apoya un cristal de 8mm de espesor, el mismo que tiene una iluminación lateral proporcionada por un *Light Diodo* de intensidad luminosa, y que, además, hace uso de una cámara digital fija y un espejo para adquirir la imagen de la huella del pie y, mediante un dispositivo conectable a una computadora personal facilitará visualizar la captura de imágenes de la huella plantar, así como estimar de manera inmediata el Método de Hernández Corvo y con ello facilitar la estimación del tipo de pie (28).

Este instrumento, da acceso a obtener imágenes válidas de larga duración y alta calidad de la huella que permitirá profundizar la altura de los arcos del pie, siendo el arco longitudinal medial el principal para una evaluación clínica (3,28).

Se puede señalar, que los índices que se basan en diferentes mediciones en la zona plantar son importantes debido a la cuantificación de las variaciones en la postura del pie que se llega a asociar a cambios en las extremidades inferiores, más aún, si se trata de una población de deportistas (28,29).

2.5. TEST DE BALANCE EN Y

El test de balance en Y es una herramienta que mide el equilibrio dinámico de una sola pierna y la distancia que existe a nivel de 3 direcciones: anterior, posterolateral y posteromedial. La prueba descrita se modificó a partir de la prueba *Star Excursion Balance Test (SEBT)* puesto a la redundancia de medición en sus 8 direcciones, lo que sugiere que el *YBT* es una prueba clínica con mayor confiabilidad entre evaluadores e intra evaluadores en cuanto a la predicción de lesiones en atletas o deportistas preadolescentes, adolescentes tardías y adultas (32,33).

Tanto el protocolo *SEBT* como el *YBT* realizan movimientos de valoración similares, sin embargo, el protocolo e instrumentación de cada uno varía significativamente. La diferencia radica en que el protocolo *YBT* permite que se levante el talón de la pierna de apoyo durante un alcance porque esta variación aumentó la confiabilidad general, mientras que el protocolo *SEBT* requiere que el pie de la pierna de apoyo esté en contacto completo durante el intento de alcance. Esta variación puede afectar la distancia de alcance y la estrategia de control motor del usuario participante (34).

2.5.1. PUNTUACIÓN DEL TEST DE BALANCE EN Y

Se necesitan tres medidas para calificar el *YBT*; la distancia de alcance total de cada dirección, la distancia de alcance relativa de cada dirección (se expresa la distancia de alcance absoluta como porcentaje de la longitud de la extremidad inferior), la distancia de alcance compuesta que se representa de forma porcentual (la sumatoria de las tres distancias de alcance absoluto se divide para tres veces la longitud de la extremidad inferior y se multiplica por 100), finalmente el promedio bilateral de la distancia de alcance compuestos.

El Test de Balance en Y es considerado como intento fallido bajo las siguientes condiciones:

- No se mantiene una posición unilateral.

- Existe despegue de las manos sobre la cintura.
- Durante el intento el sujeto pierde el equilibrio o sufre una caída.
- El deportista no puede retornar a la posición inicial.
- Si antes de regresar a la posición inicial el pie se apoya.
- Aterrizaje brusco sobre el indicador (32).

2.6. LONGITUD DEL MIEMBRO INFERIOR

La medición se lleva a cabo con la persona en decúbito supino sobre la camilla. Primeramente, se eliminan las posiciones compensatorias; se le solicita al paciente apoyar los pies sobre la superficie, flexionar las rodillas y elevar la pelvis. Después, el evaluador estira las extremidades inferiores del paciente a lo largo de la camilla. Finalmente, el examinador mide la distancia comprendida entre la espina ilíaca anterosuperior y el maléolo interno, los datos se anotan en centímetros. Esta medición se denomina medida real del miembro inferior (32,33).

La toma de la longitud del miembro inferior es un dato que se registra en el algoritmo utilizado por el software Move2Perform, con la finalidad de catalogar a cada persona en base a categorías (óptimo, leve, moderado, sustancial) que determinan el nivel de riesgo de lesión de forma individual (34).

CAPÍTULO III

3. OBJETIVOS**3.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas de *CrossFit* del establecimiento Pulso en la ciudad de Cuenca, en el periodo julio-diciembre 2022.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar a la población de estudio de acuerdo al sexo, edad, índice de masa corporal e historial de lesiones.
- Determinar el tipo de huella plantar mediante el fotopodómetro con el análisis del Método de Hernández Corvo.
- Clasificar a los participantes en base al riesgo de lesiones en miembros inferiores de acorde al rendimiento obtenido en el test, por medio del puntaje del software Move2Perform.
- Correlacionar los resultados obtenidos del análisis del fotopodómetro a través del Método de Hernández Corvo con variables como: sexo, edad, índice de masa corporal, historial de lesiones, frecuencia de entrenamiento y Test de Balance en Y.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO METODOLÓGICO**4.1. TIPO DE ESTUDIO:**

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, cuantitativo, observacional y de corte transversal.

4.2. ÁREA DE ESTUDIO:

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones de *CrossFit* Pulso, en la ciudad de Cuenca.

4.3. UNIVERSO Y MUESTRA

El universo estuvo conformado por 60 deportistas de la modalidad *CrossFit* que acudieron al establecimiento Pulso. Se realizó un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, por ende, se trabajó en el estudio con el total de los 60 participantes que asistieron a *CrossFit* Pulso durante el periodo de evaluación.

4.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**4.4.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Grupo de personas que practiquen *CrossFit* con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana en *CrossFit* Pulso.
- Personas que tengan >18 años.
- Todas las personas que voluntariamente deseen formar parte del estudio y firmen el consentimiento informado.

4.4.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Personas que presenten al momento de la evaluación cualquier tipo de lesión musculoesquelética que pueda alterar el resultado de la investigación.
- Individuos con presencia de deformidades congénitas a nivel de extremidades inferiores.
- Individuos con trastornos congénitos o neurológicos.

- Personas que no tengan un entrenamiento regular.
- Personas que practiquen otra actividad deportiva en forma rutinaria.

4.5. VARIABLES

4.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Sexo.
- Edad.
- Índice de masa corporal (IMC).
- Frecuencia de entrenamiento.
- Historial de lesiones.

4.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Tipo de huella plantar.
- Riesgo de lesiones en miembros inferiores.

4.5.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES: (Anexo 1)

4.6. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1. MÉTODO

Para la elaboración del marco teórico se llevaron a cabo revisiones bibliográficas, tanto de material digital como físico relacionado al tema de estudio. La investigación también se enfocó en la elección adecuada de instrumentos de valoración, con el fin de poder caracterizar el tipo de huella plantar y el riesgo de lesión.

4.6.2. TÉCNICAS

Valoración de la huella plantar por medio del HERZCO en la población de estudio, medición y aplicación del Test de Balance en Y.

4.6.3. INSTRUMENTOS

- Formulario de registro de datos personales y de información de aspectos como: sexo, peso, talla, IMC, historial de lesiones, frecuencia de entrenamiento, longitud de miembros inferiores (Anexo 4).
- Cinta métrica.
- Test de Balance en Y.
- Fotopodómetro.
- Cámara digital *Logitech R HD* con resolución de 1280 x 960 pixeles.
- Software *Move2perform*.

4.6.4. PROCEDIMIENTOS

1. La autora investigó de manera adecuada sobre información relacionada al tema en bases científicas tanto físicas como digitales, en idiomas inglés y español, procurando obtener la información más actual.
2. Aprobación del proyecto de investigación por parte del establecimiento Pulso (Anexo 2).
3. Autorización por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca.
4. Una vez obtenidos todos los parámetros anteriores se realizó una reunión informativa de forma presencial en el establecimiento Pulso en la que se dio a conocer sobre la importancia, beneficios y objetivos del proyecto expuesto e invitándolos a formar parte del estudio. En la reunión se enfatizó acerca de las medidas de bioseguridad adoptadas para la toma de datos, debido a la presencia de COVID-19 que aún atraviesa el país. Las medidas a tomarse fueron: mascarillas KN-95, alcohol, gel desinfectante y guantes de látex.
5. Se realizaron capacitaciones bajo la supervisión de la investigadora, Mgt. Ana Lucia Zeas Puga acerca del uso del fotopodómetro, para llevar a cabo óptimamente la investigación.

6. Posteriormente, delimitada la muestra, se procedió directamente a que los participantes lean minuciosamente el consentimiento informado. Estos documentos fueron entregados de manera presencial a cada uno de los asistentes para que puedan ser firmados.
7. La toma de datos se llevó a cabo en el establecimiento Pulso lo cual requirió de la adecuación de un espacio amplio para colocar los implementos necesarios.
8. Después, se procedió a la entrega de los formularios y a la recolección de datos. Una vez concluido, se registró la medición de la talla y el peso.
9. Se solicitó al paciente que se recueste sobre la camilla de evaluación para medir la longitud de miembros inferiores.
10. Se indicó al paciente que se retire las medias, y suba al fotopodómetro manteniendo los brazos a los costados del cuerpo y mirase al frente hacia un punto fijo al frente. Con la persona en dicha posición se realizó la captura de la huella plantar a través del fotopodómetro.
11. Una vez finalizado lo anterior, se analizó el equilibrio dinámico mediante el Test de Balance en Y, indicando al paciente que se mantuviera en pie sobre una sola pierna, mientras que la otra realizaba movimientos en tres direcciones (anteroposterior, anteromedial y anterolateral) en tres intentos. Se registró los resultados obtenidos.
12. Todos los materiales se desinfectaron para cada participante, antes y después de la toma de datos. Estas tomas se realizaron en horarios de la mañana, tarde y noche, se recibió a los deportistas según el día y la hora acordado.

4.7. TABULACIÓN Y ANÁLISIS

Las variables obtenidas por medio del algoritmo empleado por el software Move2perform se ingresaron en un base de datos del programa SPSS V25. En las variables cuantitativas se calcularon las medidas de tendencia central y dispersión como: la media aritmética; para la correlación se empleó el estadístico Rho de Spearman. Mientras que, para las variables de tipo cualitativa se realizó un análisis de frecuencia absoluta y relativa. Los datos se presentaron en tablas estadísticas en el programa Microsoft Excel 2016.

4.8. ASPECTOS ÉTICOS

4.8.1. CONFIDENCIALIDAD

Los datos obtenidos fueron manejados con absoluta confidencialidad, garantizando la privacidad de cada uno de los participantes. Estos datos se usaron únicamente para fines y con propósitos académicos, los cuales aportarán a futuras investigaciones direccionadas al análisis y la importancia de la huella plantar en deportistas de *CrossFit* y a la posible relación con las lesiones musculoesqueléticas en esta disciplina, con enfoque en la prevención o en la disminución de dicho problema. El acceso a los datos fue únicamente por parte de la investigadora y tutora del proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca, además se tomaron las medidas necesarias para asegurar su anonimato ya que no se solicitaron datos personales como cédula de identidad y nombres, sino que fueron registrados en la ficha de recolección de datos mediante códigos.

4.8.2. BALANCE RIESGO-BENEFICIO

Las personas que cumplieron los criterios de inclusión no se vieron expuestas a ningún riesgo durante la realización de la evaluación, por el contrario, se beneficiaron al conocer si presentan o no riesgo de sufrir una lesión musculoesquelética, y con base en estos resultados, poder establecer medidas preventivas.

4.8.3. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

1. Se tomaron en cuenta todas las normativas vigentes del COE nacional con respecto a la situación de la pandemia COVID-19.
2. En el primer encuentro con los participantes se dio a conocer el procedimiento a realizarse.
3. Se les facilitó un documento en donde constó el consentimiento informado, y se otorgó un tiempo estimado para la lectura y aprobación del mismo (Anexo 3).

4.8.4. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

La autora declaró que no existe ningún conflicto de intereses y se garantizó el asesoramiento permanente por parte de la docente tutora de tesis.

4.9. RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS

4.9.1. HUMANOS

Directos: María de los Ángeles Ojeda Gutiérrez.

Tutora: Mgt. Ana Lucía Zeas Puga.

4.9.2. MATERIALES

RUBRO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cinta métrica	1 dólar	1 dólar
Balanza digital	20 dólares	20 dólares
Fotopodómetro	0 dólares (instrumento facilitado por la Universidad de Cuenca)	0 dólares
Luces LED	20 dólares	20 dólares
Software Move2Perform	40 dólares	40 dólares
Transporte	5 dólares	100 dólares
Impresiones	0,2 centavos de dólar	7 dólares
Resma de papel	5 dólares	10 dólares
Esferos	0,50 centavo de dólar	3 dólares
Implementos de bioseguridad (mascarillas KN95, alcohol, gel desinfectante y guantes de látex)	20 dólares	20 dólares
Camilla de evaluación	0 dólares (instrumento facilitado por la propietaria de CrossFit Pulso)	0 dólares

Test de Balance en Y	10 dólares	10 dólares
Computadora	600 dólares	600 dólares
Total		831 dólares

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

Este estudio fue realizado a deportistas (n=60) de CrossFit Pulso que acudieron al establecimiento durante el periodo septiembre - octubre 2022 y cumplieron todos los criterios de inclusión necesarios. Se llevó a cabo, la medición de la huella plantar mediante el fotopodómetro junto con la recolección de otras variables (sexo, edad, IMC, historial de lesiones, frecuencia de entrenamiento y riesgo de lesión). Los datos obtenidos fueron registrados en una base de datos en el programa Microsoft Excel 2016 para posteriormente ser procesados en el programa SPSS V25 mediante medidas de dispersión y de tendencia central; medidas de frecuencia absoluta y porcentual; y para la correlación entre las distintas variables, se utilizó el estadístico Rho de Spearman.

Tabla 1

Distribución de la población de estudio (n=60) en relación al sexo, edad e Índice de Masa Corporal (IMC) de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Variables		F	%
Sexo	Masculino	15	25,0
	Femenino	45	75,0
Edad	18 – 25	24	40,0
	26 – 33	17	28,3
	34 – 41	15	25,0
	42 – 49	4	6,7
IMC	Normopeso	27	45,0
	Sobrepeso	30	50,0
	Obesidad grado I	3	5,0

Variables	Media	DE
Edad	29,18	7,995
IMC	25,428	2,6676

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: del total de los 60 deportistas que asistieron a *CrossFit Pulso*, existió una diferencia porcentual significativa entre ambos sexos; predominó el sexo femenino con un 75,0% (n=45) frente al sexo masculino que representó el 25% (n=15). La media de edad fue 29 años (DE=7,995) y la media del IMC fue de 25 kg/m², por tanto, la mitad de la población evaluada son adultos jóvenes con sobrepeso.

Tabla 2

Distribución de la población de estudio (n=60) según el historial de lesiones de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Criterio	F	%
Si	47	78,3
No	13	21,7
Total	60	100,0

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: de acuerdo a los datos obtenidos, se concluye que, del total de la población evaluada (n=60), el 78,3% presentó una lesión en algún momento de su vida a nivel del miembro inferior. En consecuencia, 47 personas tienen un factor de riesgo intrínseco que aumenta la probabilidad de lesión dentro del *CrossFit*.

Tabla 3

Distribución de la población de estudio (n=60) según rendimiento en el “Test Balance en Y” de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

	F	%
Menor al estándar	52	86,7
Pasa rendimiento	8	13,30
Total	60	100,0

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en cuanto al algoritmo utilizado por el software Move2perform, se determina que, el 86,7% (n=52) de los deportistas tiene un rendimiento por debajo del estándar y que el 13,3% (n=8) pasa el rendimiento en el test, sin embargo, ninguno de los participantes obtuvo la calificación óptima.

Tabla 4

Distribución de la población de estudio (n=60) según nivel de riesgo de lesiones en miembros inferiores de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

	F	%
Leve	6	10
Moderado	38	63,3
Sustancial	16	26,7
Total	60	100,0

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en lo que respecta a esta variable, se observa que los 60 deportistas son vulnerables a sufrir un daño; sin embargo, la diferencia entre ellos es el nivel de riesgo al que están expuestos. Los niveles más alarmantes dentro de la clasificación son: moderado y sustancial. En este estudio tenemos un total de 54 participantes ubicados en estos rangos. El 63,3% (n=38) presenta un riesgo moderado y el 26,7% (n=16) tiene un riesgo sustancial.

Tabla 5

Distribución de la población de estudio (n=60) según el tipo de huella plantar de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Pie derecho	F	%	Pie izquierdo	F	%
Pie plano/normal	-	-	Pie plano	5	8,3
Pie plano	1	1,7	Pie plano/normal	2	3,3
Pie normal	13	21,7	Pie normal	6	10,0
Pie normal/cavo	10	16,7	Pie normal/cavo	10	16,7
Pie cavo	28	46,7	Pie cavo	21	35,0
Pie cavo fuerte	7	11,7	Pie cavo fuerte	10	16,7
Pie cavo extremo	1	1,7	Pie cavo extremo	6	10,0
Total	60	100,0	Total	60	100,0

Huella plantar total	F
Pie plano	6
Pie plano/normal	2
Pie normal	19
Pie normal/cavo	20
Pie cavo	49
Pie cavo fuerte	17
Pie cavo extremo	7

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en esta tabla, se puede observar la distribución de los participantes, por tipo de huella plantar, en la misma se aprecia el hecho de que el 47% (n=28) de los usuarios presenta un pie derecho cavo. Este valor no difiere mucho de la extremidad contralateral, ya que el

35% (n=21) presenta un pie izquierdo cavo. Por tanto, se registran un total de 49 pies cavos en el grupo de estudio (n=60).

Tabla 6

Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre la edad, el sexo, el Índice de Masa Corporal (IMC) y el tipo de huella plantar de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

		Tipo de huella plantar	
		Pie derecho	Pie izquierdo
Rho de Spearman	Edad	,138	,102
	Sexo	,231	-,116
	IMC	,249	,061

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: de acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que no existe significancia estadística entre las variables sociodemográficas (edad, sexo, IMC) y el tipo de huella plantar registrada en el grupo de estudio (n=60).

Tabla 7

Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el historial de lesiones y la frecuencia de entrenamiento de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Características	Coef. De correlación
Rho de Spearman	0,003
p	0,983

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en lo que corresponde a la relación entre el historial de lesiones y la frecuencia de entrenamiento de la población de esta investigación, existe una correlación positiva muy baja, sin significancia estadística.

Tabla 8

Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el tipo de huella plantar y el nivel de riesgo de lesiones en miembros inferiores de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022

	Nivel de riesgo de lesión	Tipo de huella plantar	
		Pie derecho	Pie izquierdo
Rho de Spearman	MMII DERECHO	,250	-,106
	MMII IZQUIERDO	-,156	-,056

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: según los resultados obtenidos, no existe significancia estadística en la relación entre el tipo de huella plantar y el riesgo de lesión en los miembros inferiores, con una correlación positiva muy baja entre la huella plantar izquierda y huella plantar derecha; y una correlación negativa muy baja para el resto de las variables.

Tabla 9

Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el sexo y la edad con el riesgo de lesión de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Características		Riesgo de lesión				
		Alto		Bajo		P
		F	%	F	%	
Sexo	Masculino	12	20,0	3	5,0	2,548
	Femenino	45	75,0			
Edad	18 - 32	38	63,3	2	3,3	,075
	33 - 49	19	31,6	1	1,6	

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en esta tabla se observa la relación entre el riesgo de lesiones y las variables sexo y edad. Una investigación catalogó al bajo riesgo de óptimo y leve; y denominó de moderado y sustancial al alto riesgo. En el presente estudio, se tomó como referencia esta información. Los resultados obtenidos indican que el sexo femenino tiene mayor probabilidad de sufrir lesiones debido a que, el 75% (n=45) presenta un alto riesgo. Es una cifra considerable ante el bajo porcentaje del sexo masculino, un 20% (n=12) que corresponde a un alto riesgo y solo un 5% (n=3) se cataloga como bajo riesgo. Por otro lado, tenemos la edad. El rango etario que abarca entre los 18 a 32 años mostró un alto porcentaje 63,3% (n=38) de posibilidad de daño. No obstante, p-valor es mayor a 0,05 y, por ende, no existe relación entre las variables descritas.

Tabla 10

Distribución de la población de estudio (n=60) de acuerdo a la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y el riesgo de lesión de los deportistas de CrossFit Pulso. Cuenca, 2022.

Características	Riesgo de lesión					p
	Alto		Bajo			
	F	%	F	%		
IMC	Normopeso	26	43,3	1	1,6	1,153
	Sobrepeso	28	46,6	2	3,3	
	Obesidad grado I	3	5,0			

Fuente: base de datos.

Elaborado por: la autora.

Análisis: en la tabla N° 10 se analiza la relación entre el riesgo de lesión y el índice de masa corporal (IMC) de los 60 deportistas. Acorde a las estadísticas, el p-valor es mayor a 0,05 por consiguiente, no existe una relación entre ninguna de las variables.

CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN

El *CrossFit* es un programa de entrenamiento de fuerza constantemente variado que incorpora movimientos funcionales realizados a altas intensidades en el menor tiempo posible. Este deporte de impacto requiere cambios repentinos en la velocidad, fuerza y equilibrio. Estos cambios conllevan a que existan adaptaciones a nivel de la huella plantar que modifican la postura y la distribución de la carga del peso corporal, aspectos que pueden propiciar que los deportistas se lesionen en la práctica deportiva (13). No obstante, es necesario contemplar la interacción entre factores intrínsecos y extrínsecos para tener un acercamiento multidimensional sobre el riesgo de lesión (RL).

En esta investigación, los factores intrínsecos que se contemplaron fueron: sexo, edad, índice de masa corporal (IMC) e historial previo de lesiones. Entre tanto, los factores extrínsecos que afectan a la mayoría de deportistas desde el ámbito externo son: la frecuencia de entrenamiento, la planificación de entrenamiento, el uso de una mala técnica deportiva, la alimentación y otros (19,30).

Con respecto al sexo, la literatura indica que, el ratio de lesiones deportivas es significativamente mayor en hombres que en mujeres indistintamente del tipo de deporte. Cambert *et al.* (41) señala que, fisiológicamente las mujeres tienen menos masa muscular en comparación a los hombres; también la fuerza absoluta es inferior por lo que, al manipular cargas, podría aumentar la probabilidad de error durante el entrenamiento y dar paso a la aparición de daño en el tejido músculo esquelético (41). Otro estudio, realizado en un box de *CrossFit* en Madrid utiliza el Test de Balance en Y (YBT), el desempeño en las pruebas de equilibrio arrojó que, tanto hombres (51,3%) como mujeres (48,6%) presentaban un alto riesgo de lesión, cabe destacar que, todos los participantes entrenaron bajo las mismas condiciones de intensidad, volumen y frecuencia a lo largo de 6 meses, que se contrasta con la investigación anterior (43).

En base a lo mencionado, nuestra investigación cuenta con resultados que contradicen a lo generalmente señalado por la bibliografía y se asemejan a los datos obtenidos en el estudio realizado en Madrid. Puesto que, si bien es cierto que de alguna forma tenemos una muestra “sesgada”, ya que participaron 45 mujeres y 15 hombres, al medir el RL ambos grupos presentan probabilidad de lesionarse, con una diferencia porcentual muy significativa; en la que son las mujeres las que tienen el mayor riesgo, todas ellas (75%) tienen un alto riesgo lo cual indica que, es muy alta la posibilidad de que en cualquier momento ocurra una lesión.

Esto a su vez se relaciona con la disparidad observada en gran parte de las investigaciones sobre *CrossFit*, en donde la mayoría de poblaciones de estudio son hombres.

En cuanto a la edad, Cash menciona el rango de 26 – 30 años como aquel en el que se registra el mayor número de lesiones en la práctica de *CrossFit* (44). Este hallazgo concuerda con la media de edad (29 años) de los deportistas de *CrossFit* Pulso en la que el grupo dentro de este rango etario registró un riesgo de lesión de un 63,3% y se catalogó como alto.

Por otra parte, Rován *et al.*, establecen la relación entre el índice de masa corporal y las lesiones de rodilla en 48 deportistas de *CrossFit*. Los sujetos se clasificaron en base al riesgo: bajo (normal y leve) y alto (moderado). El 83% se identificó como de alto riesgo (AR); además, la media del IMC de este grupo fue 26,7 kg/m^2 (sobrepeso). Los autores determinan que el índice de masa corporal es proporcional al daño, a mayor IMC la posibilidad de lesión incrementa; y concluyen que, el sobrepeso y el *CrossFit* se asocian a lesiones en la articulación de la rodilla (41).

En contraste al párrafo anterior, tanto Rován *et al.* como el presente estudio contradicen a Vernom, quien señala que este factor no es determinante ante la aparición de lesiones y disminución del rendimiento deportivo en el *CrossFit*. (44).

Por tanto, los resultados de Rován *et al.* se correlacionan en cierta medida con los datos obtenidos en el IMC de nuestra población debido a que, la media del Índice de Masa Corporal fue de 25,42 kg/m^2 (sobrepeso), de la cual el 54,90% tiene un alto riesgo de lesión (42).

En cuanto al historial de lesiones, una revisión sistemática indica que actualmente este aspecto representa el 38,2% de las causas totales de daños en “CrossFiteros”. Esto coincide con los hallazgos de otras investigaciones relacionadas al *CrossFit*. Por ejemplo, Ledger manifiesta que, los deportistas que han sufrido una lesión con anterioridad, tienen 3,7 veces más posibilidades de lesionarse, frente a quienes no poseen antecedentes. Esta información coincide con los datos que se obtuvieron en *CrossFit* Pulso, dado que el 63,3% presentó un riesgo moderado de lesión y más de la mitad de la muestra (78,3%) tuvo en algún momento una lesión a nivel del miembro inferior (41,45).

En esa misma línea, Cruz *et al.* señalan a la interacción entre las lesiones previas, la frecuencia del entrenamiento y la experiencia del deportista, como factores de riesgo. Aunque, en nuestro este estudio la experiencia no fue considerada, es interesante observar que las altas tasas de lesiones moderadas en novatos son producto del poco desarrollo de las capacidades físicas en comparación a alguien con experiencia en *CrossFit*, por las exigencias de esta actividad (41).

En un estudio desarrollado con 70 atletas de *CrossFit* por 4 años, se encontró que, la mayor tasa de lesiones se registra en sujetos con un historial previo de lesiones con menos de 6 meses de práctica y que participan de entrenamientos 3 veces a la semana. En cambio, la menor tasa de riesgo se detecta en aquellos con antecedentes de lesiones, que se han preparado durante 6 meses o un año y cuya frecuencia de entrenamiento es menor a 3 veces por semana. Cabe señalar que, el grupo con el mayor riesgo (69,7%) informó que las lesiones anteriores fueron adquiridas desde su iniciación en este deporte, y pocos recibieron atención de un médico, especialista o fisioterapeuta. Estos resultados concuerdan con el presente estudio, ya que se determinó una correlación positiva entre el historial lesivo y la frecuencia de entrenamiento; el 78,3% tiene un antecedente y entrena de 2 – 3 veces a la semana.

En mi opinión, considero estos datos relevantes porque en el *CrossFit* la mayoría de horas son dedicadas a entrenamiento y no a nivel competitivo; las lesiones aparecen durante los primeros 15 minutos del WOD y al levantar peso; de ahí que, se reporten 30,1 lesiones por cada 1000 horas de ejercicio. Por consiguiente, es importante realizar un análisis del movimiento y observar cuáles son las deficiencias, de esa manera se puede plantear un plan de entrenamiento seguro enfocado en la mejora del rendimiento. También se debe considerar que, si una lesión no tiene una recuperación adecuada es muy probable que vuelva a existir otro daño a nivel del tejido en la misma zona o en otra parte del cuerpo (45).

En lo referente a la huella plantar (HP), es importante identificar cómo las características plantares influyen en el equilibrio corporal. Sander señala que, los hombres poseen una mayor tendencia a pie cavo. En cambio, Loret indica que; la HP de las mujeres se adapta mejor ante las deformaciones y presiones. Aunado al tema, un estudio descriptivo exploratorio evaluó la HP a 169 practicantes de *CrossFit* de 23 – 35 años, con un IMC de 24,27 kg/m², antecedente de lesión y 6 meses de entrenamiento previo. Se utilizó un fotopodómetro, con una cámara Samsung modelo ST65 de 14,2 megapíxeles y a una distancia de 43 cm sobre el vidrio, el análisis fue a través del software AreCal. Los resultados determinaron que, la prevalencia de pies cavos fue mayor en el sexo femenino y la prevalencia de pies planos fue mayor en el sexo masculino.

Otro estudio muestra que, en el *CrossFit* hay una baja prevalencia de pies planos en adultos, 10,5% pie derecho y 13% pie izquierdo. Al igual que la investigación anterior, las mujeres presentan una alta prevalencia de pie cavo (46,47,48).

Acorde con diferentes autores, existen varios sistemas de evaluación en cuanto al tipo de pie. Entre los más utilizados se tiene el índice de Staheli, el índice de Hernández Corvo y el ángulo de Clarke; los cuales constan de algoritmos complejos. En esta investigación se trabajó con

imágenes obtenidas mediante un fotopodómetro con una cámara digital fija y cuyo software permitió automatizar la etapa de análisis de la huella plantar utilizando el índice de Hernández Corvo (11,48).

En el mismo marco, este estudio consta con las medidas de los dos pies, porque suelen darse variaciones entre ellos ya que, el pie dominante es el que mayormente cambia su morfología en función de los cambios que se generan en el sistema ligamentoso y musculoesquelético ante las exigencias de plantiflexión en el *CrossFit*. Sin embargo, los resultados fueron muy similares en ambas extremidades inferiores. El 47% (n=28) de los participantes mostró un pie derecho cavo y 35% (n=21) un pie izquierdo cavo; es decir, que existió una alta prevalencia de pies cavos (n=49) en la muestra.

No se hallaron estudios en donde evaluaran el equilibrio con el Test de Balance en Y, y lo relacionaran con el tipo de huella plantar en deportistas de *CrossFit*, pese a ello, se encontró una investigación realizada en otra disciplina bajo los aspectos descritos, halterofilia. En este deporte se ejecutan movimientos similares al *CrossFit* por ello, la posición y presión de los pies varía en función de la técnica utilizada y de los aspectos morfo-fisiológicos de los atletas. Es así como, el YBT aplicado a 237 atletas, muestra que el 83,6% de participantes tienen pies cavos. El sexo femenino obtuvo el peor desempeño frente al sexo masculino, los cuales tuvieron un rendimiento estándar en el YBT. Eso significa que el tipo de huella influyó en el equilibrio dinámico de las mujeres (49).

Una de las mayores limitaciones de nuestro estudio radica en la parte metodológica, ya que hay una diferencia significativa en la muestra de la investigación. La conformación de esta fue hecha de forma aleatoria, no obstante, solo una cuarta parte de la población es de sexo masculino, en consecuencia, se dificulta el obtener varios resultados al correlacionar el sexo con otras variables. Otra limitación es el índice de masa corporal (IMC) porque este solo se reduce a la medición de la talla y peso; siendo necesario la obtención de más datos antropométricos para poder clasificar a los participantes en base al somatotipo, ya que, no todos los somatotipos responden igual a un entrenamiento de alta intensidad.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Según los hallazgos obtenidos en esta investigación, se determinó que de los 60 deportistas de *CrossFit* Pulso el 75% corresponde al sexo femenino y que la población de estudio fue muy heterogénea en relación al rango de edad. Todos los participantes presentan factores de riesgo en mayor o menor medida, entre ellos están: sexo, edad, índice de masa corporal (IMC), historial de lesiones, frecuencia de entrenamiento, rendimiento deportivo y el tipo de huella plantar (HP). En este escenario, los resultados del Test de Balance en Y (YBT) arrojaron que el 10% presenta un riesgo leve, el 63,3% tiene un riesgo moderado y un 26,7% presenta un riesgo sustancial, cabe señalar que, estas dos últimas categorías forman parte del grupo de alta probabilidad de sufrir lesiones en el miembro inferior.

En ese mismo contexto, el 86,7% logró un desempeño menor al estándar en el YBT, siendo el sexo femenino quien peor ejecutó la prueba y cuya probabilidad de sufrir lesiones es mayor, debido a que, el 75% presenta un alto riesgo. Mientras que, los atletas masculinos presentes en menor proporción tienen de igual forma riesgo a lesionarse. Las variables sexo, edad e IMC no permiten apreciar una relación estadísticamente significativa ($p=0,05$) como factores de RL.

Finalmente, uno de los resultados más interesantes es la alta prevalencia (82%) de pie cavo en los sujetos de estudio, quienes en su mayoría son mujeres. Aunque, no se evidencia una relación significativamente importante con respecto a la huella plantar frente al sexo, edad e IMC; algo que, podría asociarse a limitaciones de la muestra. Por el contrario, la interacción entre el RL y la HP no mostró significación estadística, sólo hay una correlación positiva muy baja entre la huella plantar izquierda y la huella plantar derecha. Estos hechos sugieren que, cuando una persona entrena *CrossFit* el pie estará sometido a las cargas transmitidas por las estructuras que le dan funcionalidad. La HP se modificará para permitir la transmisión de fuerzas.

Los resultados permiten observar que en este deporte el arco plantar aumenta en respuesta a las necesidades de estabilidad y de reparto de cargas plantares. El pie cambia su arquitectura podal a través de la adaptación del sistema locomotor, ante situaciones de estrés al que están expuestas las estructuras óseas, musculares y tendinosas. En consecuencia,

aumenta el RL por sobrecarga del eje mecánico inferior, dándose un incremento en la aparición de lesiones como: esguinces, fascitis plantar e inestabilidad lateral de la rodilla.

Para concluir, considero necesario recalcar que la práctica deportiva e intervención fisioterapéutica deben tener un enfoque preventivo, por ello es necesario realizar una valoración inicial de las capacidades físicas de quienes deciden iniciar o formar parte del mundo del *CrossFit*, para poder plantear programas de entrenamiento enfocados a las necesidades y objetivos de cada persona; y, a la disminución de los factores de riesgo extrínsecos e intrínsecos de los practicantes; y así, contrarrestar el riesgo de lesión y sus implicaciones en el contexto físico, social y laboral de quien la presente.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere educar a entrenadores y deportistas de *CrossFit* sobre la incidencia de lesiones en miembros inferiores y los factores de riesgo relacionados a esta práctica deportiva.
- Promover la importancia de la valoración de la huella plantar a través del fotopodómetro en federaciones deportivas o centros deportivos como método preventivo, por parte de estudiantes y fisioterapeutas capacitados en la utilización del equipo como instrumento de evaluación.
- Impulsar investigaciones con este tipo de población, principalmente estudios prospectivos que cuenten con intervenciones fisioterapéuticas posterior a la evaluación de la huella plantar mediante el fotopodómetro, y así demostrar la importancia de la fisioterapia en la prevención de lesiones y ampliar la referencia bibliográfica.
- Contemplar otros aspectos que repercuten en el rendimiento deportivo y son causa de lesión, tales como: el componente mental y el bienestar emocional. Muchas de las veces los factores psicológicos son dejados a un lado por enfocarse mayormente en la parte física. Sin embargo, el estrés y la ansiedad, la autoconfianza, el grado de atención y la adherencia al grupo, pueden influir tanto positiva como negativamente en el desarrollo de las capacidades físicas.

Referencias

1. Rivera A, Mayagoitia J, Orozco S, Rosas A. Índice de pie plano y zonas de mayor prevalencia de alteraciones músculo-esqueléticas en jóvenes deportistas. *Fisioterapia*. 2020;42(1):17-23.
2. Márquez Díaz J, Moreno A, Yomayusa H, Rodríguez L, Bohórquez A, Hernández A, et al. Educación, ciencia y tecnologías emergentes para la generación del siglo 21. 2020.
3. Medina R, Zeas A, Morocho V, Bautista S. Level–Set Segmentation of Footprint Images Aimed at Insole Design. *Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*. 2018: 1-6.
4. Andrés M, Portugal M, Vázquez J, Siller E, Rodríguez M. Assessment of flatfoot index and prevalence of musculoskeletal disorders of the foot in young athletes: swimming, rowing and weightlifting. *Revista Europea de Podología*. 2020;6(2):58-63.
5. García K, Castellanos J, Muñoz S, Villada F. Análisis podométrico y estabilométrico de un deportista de artes marciales. Estudio de casos. *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*. 2021; 12.
6. Mayagoitia J, Orozco S, León M, Samayoa D. Efecto de la morfología de las plantas de los pies en la distribución de presión plantar en atletas jóvenes con diferentes tipos de pie. *Fisioterapia*. 2021;43(1):30-7.
7. Sánchez C, Alarcón E, Morales H, Sánchez C, Alarcón E, Morales H. Características morfofuncionales del pie de deportistas universitarios chilenos en diez disciplinas deportivas. *International Journal of Morphology*. 2017;35(4):1403-8.
8. Sánchez, C. Morfología del pie de deportistas que practican descalzos versus deportistas que practican con calzado. *Revista Argentina de Anatomía Online*. 2017; 8(1).
9. Hawrylak A, Gronowska H. Plantar Pressure distribution in female olympic-style weightlifters. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(8):2669.
10. Castañón F. Importancia y beneficios de la intervención fisioterapéutica en jugadores de fútbol americano. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 2019; 57(4).

11. La Cruz A, Zeas A, Quishpi E, Campoverde J, Guamán H, Morocho V. Clinical validation of footprint analysis using the low cost photo-podoscope JHECA NAWE. *Revista Científica Maskana*. 2016; 5:95–102.
12. García R., Toledo D. Valoración del perfil funcional en atletas de *CrossFit*. Estudio piloto. *Acción mot*. 2019; (23): 100–8.
13. Claudino G, Gabbett , Bourgeois , Souza HdS, Miranda, Mezêncio. *CrossFit* Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine Open*. 2018; 4(1).
14. Meyer J, Morrison J, Zuniga J. Los beneficios y riesgos de *CrossFit*: una revisión sistemática. *Workplace Health Saf*. 2017;65(12):612-8.
15. Aasa U, Svartholm I, Andersson F. Lesiones entre levantadores de pesas y levantadores de pesas: una revisión sistemática. *Br J Sports Med*. 2017;51: 211-9.
16. García R., Toledo D. Valoración del perfil funcional en atletas de *CrossFit*. Estudio piloto. *Acción mot*. 2019; (23): 100–8.
17. De César P, De Oliveira J, Ellera J. Altura del arco longitudinal del pie y lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2018; 22(6):312-314.
18. Ferreira M, Manzoli J. Evaluación radiológica de lesiones deportivas. *ISAKOS*. 2021; 28 (1): 544.
19. Barranco Y, Villa E., Martínez A, Da Silva E. Prevalencia de lesiones en programas de ejercicio basados en metodologías *CrossFit*, *Cross Training* y *High Intensity Functional Training*: una revisión sistemática. *J Hum Kinet*. 2020; 73 (1): 251–65.
20. Neumann DA, Rowan EE, González del Campo Román P. *Cinesiología del sistema musculoesquelético: fundamentos de la rehabilitación física*. Badalona, España; México: Paidotribo; 2007.
21. A.I. kapandji. *Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana*. 6ta ed. Madrid: Médicas Panamericana; 2010. Vol. 2.
22. Miralles R.C, Puig M. *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. 1ra ed. España: Masson, S.A; 2000.

23. Hawrylak G. Plantar Pressure Distribution in Olympic-Style Weightlifters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(8).
24. Kirby K. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Revista Española de Podología*. 2017;28(1):37-45.
25. Taborri J. Aplicaciones de biomecánica deportiva que utilizan sensores de inercia, fuerza y EMG: una descripción general de la literatura. *Biónica aplicada y biomecánica*. 2020.
26. Payton Carl, Burden A. Evaluación biomecánica del movimiento en el deporte y el ejercicio: la guía de la Asociación Británica de Ciencias del Deporte y el Ejercicio. 2017.
27. Fascione J, Tripulaciones R, Wrobel J. Asociación de mediciones de huella con cinética plantar: un modelo de regresión lineal. *Revista de la Asociación Médica Estadounidense de Podología*. 2017;104 (2):125-133.
28. Medina R, Bautista S, Zeas A, Morocho V. Aplicación de Técnicas de Visión por Computador para Apoyo al Diagnóstico de la Pisada: Fotopodómetro. *Revista Científica Maskana*. 2017;8.
29. Medina, Rubén, et al. "Aplicación de técnicas de visión por computador para apoyo al diagnóstico de la pisada: Fotopodómetro digital." *Maskana* 8; 2017: 93-101.
30. Da Costa T, Louzada C, Miyashita G, Da Silva P, Sungaila H, Lara P, et al. *CrossFit*: Injury prevalence and main risk factors. *Clinics*. 2019;74.
31. Butcher S, Neyedly T, Horvey K, Benko C. Do physiological measures predict selected *CrossFit* benchmark performance? *J Sports Med*. 2017; 6:241-7.
32. Lai W, Wang D, Chen JB. Lower Quarter Y-Balance Test Scores and Lower Extremity Injury in NCAA Division I Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2017; 5(8).
33. Greenberg ET, Barle M, Glassmann E, Jung MK. Interrater y Test-Retest de la Prueba y Balance en Deportistas Saludables en la Primera Adolescencia. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2019; 14(2).

34. Smith C, Quimera N, Warren M. Asociación de la asimetría del alcance de la prueba de equilibrio y la lesión en atletas de la división I. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2015; 47(1).
35. Martínez J. Sexo, género y derechos: del “derecho a la orientación sexual y la identidad de género” al “derecho a la libre determinación del género”. 2022: 23-64.
36. Salvador M. Hacia un concepto integral de calidad de vida: Universidad y los mayores. Primera ed. plana Cdl, editor. España: Universitat Jaume I; 2003.
37. Bengtsson H, Hagglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion an 11-year follow-up of the UEFA Champions League. *Injury Study*. *Br J Sports Med*. 2013; 47:743-7.
38. Prieto M. Variables deportivas y personales en la ocurrencia de lesiones deportivas. Diferencias entre deportes. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF). 2015; 2(28).
39. Shaffer SW, Teyhem DS, Lorenson CL, Warren L, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Military Medicine*. noviembre de 2019;178 (11):1264-70.
40. Hak P, Hodezovic E. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. 2020: 39-43.
41. Cambert M, Kraan G, Grand A. Injury Incidence and Patterns Among Dutch CrossFit Athletes. *Orthop J Sport Med*. 2019; 5(12):1-13.
42. Garcia S, Roadal A. Factores de riesgo de lesión en atletas. *Retos*. 2018;(23):70-4.
43. Gonell A, Romero J, Soler L. Relationship between the Y Balance Test Scores and soft tissue injury incidence in CrossFit. *Int J Sports Phys Ther*. 2019; 10(7): 955-666.
44. Migliorini S. Risk factors and injury mechanism in CrossFit. *J Hum Sport Excer*. 2021;6(1):309-312.
45. Kleber C, Ashbeck C, Brook J, Durall C. Are injuries more common with CrossFit training than other forms of exercise? *Sport Rehabil*. 2018; 27(3): 295-330.

46. Sander M. Alteraciones de la huella plantar en función del deporte. *Rev Int Med Act Fis.* 2021: 19-39.
47. Loret S. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar. *Cultura Ciencia y Deporte.* 2019.
48. Berdejo F, Lara A, Martínez E. Análisis de dos métodos de evaluación de la huella plantar: Índice de Hernández Corvo vs. Arch Index de Cavanagh y Rodgers. *Fisioterapia.* 2020; 39(5):209–2015.
49. Miller M, Trapp J. The Effect of Specialization and Sex on Anterior Y-Balance Performance in Weightlifting Athletes. *Sports Health.* 2022;9 (4): 375-82.

Anexos

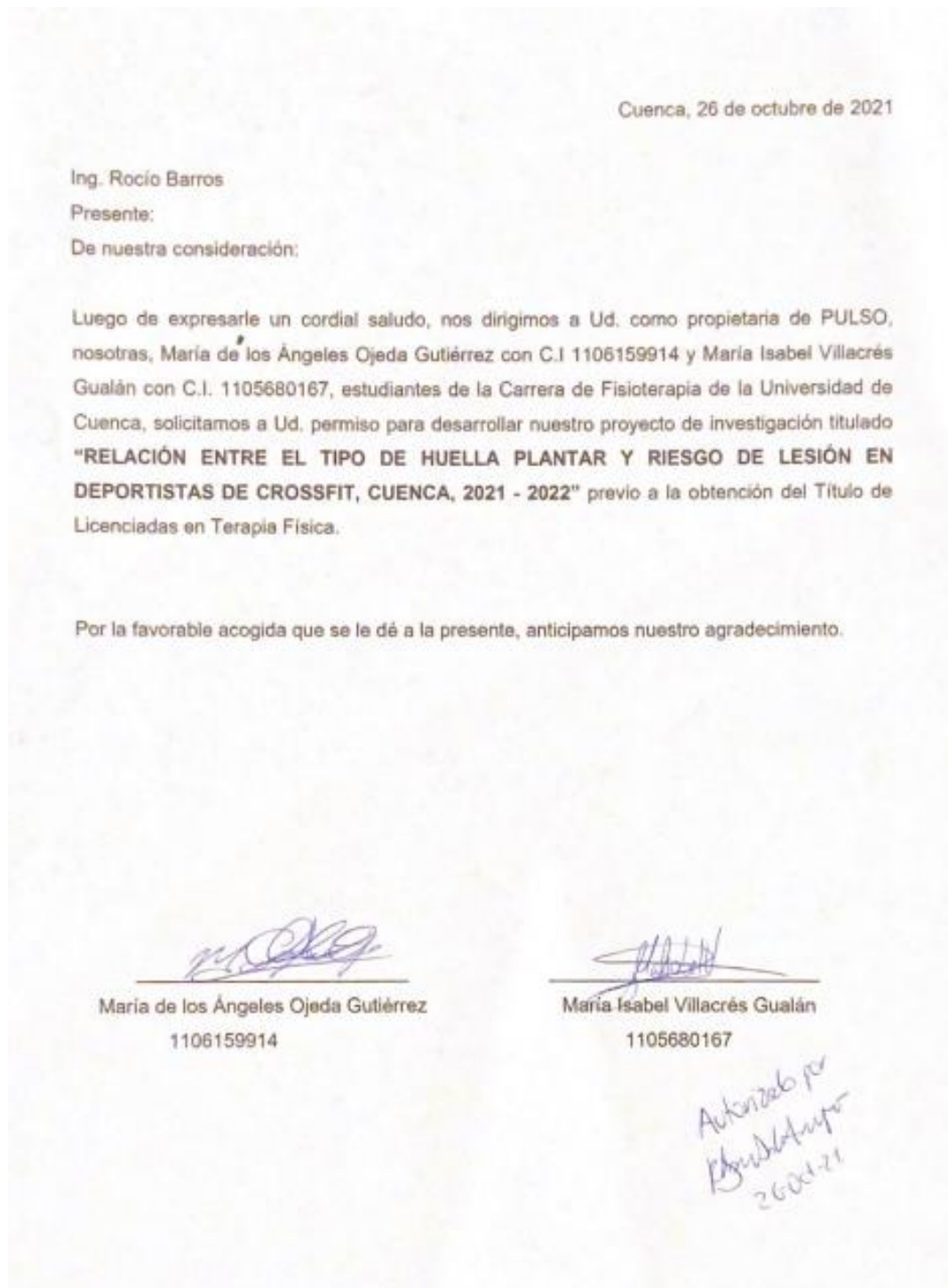
Anexo A. Operalización de Variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala
Sexo	Características biológicas, físicas, fisiológicas y anatómicas que definen a los seres humanos como hombre y mujer (35).	Fenotipo	Cédula de Identidad	Variable cualitativa nominal dicotómica <ul style="list-style-type: none"> • Mujer • Hombre
Edad	Tiempo que ha transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo (36).	Edad en años	Cédula de Identidad	Variable cuantitativa continua de intervalo <ul style="list-style-type: none"> • 18 – 25 años • 26 – 33 años • 34 – 41 años • 42 – 49 años
IMC	Índice de masa corporal que sirve para evaluar el peso del individuo en relación a su altura y edad (37).	Estado nutricional	IMC = kg/m ²	Variable cualitativa <ul style="list-style-type: none"> • 18,5 kg/ m² = infrapeso • 18,6-24,9 kg/m² = normopeso • 25-29,9 kg/m² = sobrepeso • 30-34,9 kg/ m² = obesidad I • 35-39,9 kg/ m² = obesidad II • ≥ 40 kg/ m² = obesidad III
Frecuencia de	Tiempo destinado a la	Horas semanales	Formulario	Variable cuantitativa continua

entrenamiento	preparación física dentro de la práctica deportiva (37).	dedicadas al entrenamiento		
Historial de lesiones	Registro de afecciones músculo-esqueléticas que impiden el buen desenvolvimiento deportivo (38).	Historial de lesiones	Formulario	Variable cualitativa <ul style="list-style-type: none"> • SI • NO
Método de Hernández Corvo	Medida que ayuda a la medición exacta y detallada de cada región del pie (25).	Tipo de huella plantar	Es la aplicación de la fórmula del Índice del Arco: $HC(\%) = \frac{(X-Y)}{X} * 100$	Variable cuantitativa nominal <ul style="list-style-type: none"> • Pie plano = 0-34% • Pie plano/normal = 35-39% • Pie normal = 40-54% • Pie normal/cavo = 55-59% • Pie cavo = 60-74% • Pie cavo fuerte = 75-84% • Pie cavo extremo = 85-100%
Test de Balance en Y	Prueba utilizada para medir la estabilidad de los miembros inferiores que requiere fuerza, flexibilidad y propiocepción (39).	Equilibrio dinámico de la extremidad inferior.	Sumatoria de las tres distancias de alcance, dividido para tres veces la longitud de la extremidad inferior.	Variable cuantitativa <ul style="list-style-type: none"> • < 94% = asimetría • > 4 cm = inestabilidad o mayor riesgo de lesión. • < 4 cm = menor riesgo de lesión.

Nivel de Riesgo de lesión	Tendencia de un deportista a sufrir lesiones que afecten al rendimiento deportivo e impidan la práctica deportiva (39).	Estabilidad de la extremidad inferior	Resultados obtenidos del software Move2perform	Variable cualitativa <ul style="list-style-type: none"> • Ordinal • Óptimo • Leve • Moderado • Sustancial
Rendimiento en el Test de Balance en Y	Desempeño de cada individuo en la evaluación del equilibrio dinámico del Test de Balance en Y (39).	Evaluación del rendimiento	Resultados obtenidos del software Move2perform	Variable Ordinal <ul style="list-style-type: none"> • Menor al Estándar • Pasa • Óptimo

Anexo B. Oficio de Aprobación del Establecimiento Crossfit Pulso



Anexo C. Consentimiento Informado

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación: **DETERMINACIÓN DE LAS ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS DE CROSSFIT DEL ESTABLECIMIENTO PULSO. CUENCA. JULIO-DICIEMBRE 2022.**

Datos del equipo de investigación:

	Nombres completos	Número de cédula	Institución a la que pertenece
Investigadora Principal	María de los Ángeles Ojeda Gutiérrez	1106159914	Universidad de Cuenca
Tutora	Ana Lucía Zeas Puga	0104645668	Universidad de Cuenca

¿De qué se trata este documento?

Usted está invitado(a) a participar en este estudio que se realizará en el establecimiento Pulso, con el objeto de tener más control sobre el fotopodómetro y calibración de la cámara. En este documento llamado "consentimiento informado" se explica las razones por las que se realiza el estudio, cuál será la participación de su representado y si acepta la invitación. También se explica los posibles riesgos, beneficios y derechos en caso de que él/ella participe. Después de revisar la información en este consentimiento y aclarar todas sus dudas, tendrá el conocimiento para tomar una decisión sobre la participación o no en este estudio. No tenga prisa para decidir, lea este documento con sus familiares u otras personas que son de su confianza.

Introducción

Este proyecto está encaminado a obtener información sobre qué tan susceptibles son las personas que practican *CrossFit* a lesionarse durante la práctica deportiva en relación al tipo de huella plantar que presentan, ya que una modificación en la huella del pie altera la distribución de las cargas corporales. Dicha interrogante nace a raíz de

que en el Ecuador cada vez va en aumento el número de centros de *CrossFit* y de pacientes que acuden por lesiones musculoesqueléticas, las cuales se producen durante el entrenamiento realizado en este deporte.

Objetivo del estudio

Determinar las alteraciones de la huella plantar y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en deportistas de *CrossFit* del establecimiento Pulso en la ciudad de Cuenca, en el periodo julio-diciembre 2022.

Descripción de los procedimientos

Primero cada participante llenará un formulario de recolección de datos. Para poder obtener la fotografía de la impresión plantar se hará uso de un fotopodómetro, el cual se encontrará en el establecimiento Pulso, esta se tomará de forma ordenada contando con las medidas de seguridad como: guantes, mascarillas KN95, alcohol y gel desinfectante. Se adecuará un espacio, durante el procedimiento los participantes deberán estar con la menor cantidad de ropa, sin accesorios ni artículos tecnológicos ya que necesitamos medir su peso y talla.

Para ello el participante deberá pisar con los pies descalzos en el centro de la balanza mirando al frente. Luego el deportista se ubicará por delante de la cinta métrica para proceder a tomar los datos respectivos, colocándose en una posición de espaldas con los pies descalzos y los talones juntos formando un ángulo de 45 grados, procurando que las superficies: nuca, espalda, cintura, y talones se encuentren en contacto con el respaldo del instrumento.

Durante la toma de la impresión plantar los pies se colocarán sobre el envase que contenga alcohol durante aproximadamente 5 segundos. Luego, con los pies totalmente secos se procederá a la toma fotográfica de la huella plantar a través del fotopodómetro. Finalmente se aplicará el Test de Balance en Y para lo cual primeramente se requerirá de la medición de la longitud de las extremidades inferiores y después la ejecución de la prueba. El tiempo en el que se empleará este procedimiento será alrededor de 10 minutos máximo.

Riesgos y beneficios

Los datos obtenidos serán manejados con absoluta confidencialidad, garantizando la privacidad de cada uno de los participantes. Estos datos se usarán únicamente para

finés y con propósitos académicos, los cuales aportarán a futuras investigaciones direccionadas al análisis y la importancia de la huella plantar en deportistas de *CrossFit* y a la posible relación con las lesiones musculoesqueléticas en esta disciplina, con enfoque en la prevención o en la disminución de dicho problema. El acceso a los datos será únicamente por parte de la investigadora y tutora del proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca, además se tomarán las medidas necesarias para asegurar su anonimato ya que no se solicitarán datos personales como cédula de identidad y nombres, sino que serán registrados en la ficha de recolección de datos mediante códigos.

Otras opciones si no participa en el estudio

Usted está en todo su derecho de no aceptar la participación en este estudio.

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

Usted tiene derecho a:

1. Recibir la información del estudio de forma clara.
2. Tener la oportunidad de aclarar todas sus dudas.
3. Tener el tiempo que sea necesario para decidir si quiere o no participar del estudio.
4. Ser libre de negarse a participar en el estudio, y esto no traerá ningún problema para usted.
5. Ser libre para renunciar y retirarse del estudio en cualquier momento.
6. Tener acceso a los resultados de las pruebas realizadas durante el estudio, si procede.
7. El respeto de su anonimato (confidencialidad).
8. Que se respete su intimidad (privacidad).
9. Recibir una copia de este documento, firmado y rubricado en cada página por usted y el investigador.
10. Tener libertad para no responder preguntas que le molesten.
11. 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 0960952158 que pertenece a María de los Ángeles Ojeda o envíe un correo electrónico a maria.ojedag98@ucuenca.edu.ec.

Consentimiento informado *(Es responsabilidad del investigador verificar que los participantes tengan un nivel de comprensión lectora adecuado para entender este documento. En caso de que no lo tuvieran el documento debe ser leído y explicado frente a un testigo, que corrobora con su firma que lo que se dice de manera oral es lo mismo que dice el documento escrito)*

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.

Nombres completos del/a participante	Firma del/a participante	Fecha
Nombres completos de la investigadora	Firma de la investigadora	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

Anexo D. Formulario de la Recolección de Datos

DETERMINACIÓN DE LAS ALTERACIONES DE LA HUELLA PLANTAR Y EL RIESGO DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN DEPORTISTAS DE CROSSFIT DEL ESTABLECIMIENTO PULSO. CUENCA. JULIO- DICIEMBRE 2022.

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

Nº de formulario:

Código del paciente:

Fecha de evaluación:

Sexo:

Edad:

TALLA (m)	PESO (Kg)	IMC

1. ¿Qué tiempo lleva practicando *CrossFit*? (Colocar el tiempo en meses)

.....

2. ¿Cuántas veces por semana entrena?

1 a 2 veces por semana

3 a 5 veces por semana

6 veces por semana

3. ¿Ha presentado algún tipo de lesión en el miembro inferior?

SI NO

4. Si la respuesta a la pregunta 3 fue afirmativa responda ¿Cuántas veces se ha lesionado y hace cuánto tiempo fue su última lesión?

Número de lesiones.....

Última lesión.....

5. Valoración del Método de Hernández Corvo.

Valor obtenido:

Interpretación

- **Pie plano** = 0-34%
- **Pie plano/normal** = 35-39%
- **Pie normal** = 40-54%
- **Pie normal/cavo** = 55-59%
- **Pie cavo** = 60-74%
- **Pie cavo fuerte** = 75-84%
- **Pie cavo extremo** = 85-100%

7. Valoración del Test de Balance en Y

INTENTOS	MEDIDAS		
	Anterior	Posterolateral	Posteromedial
PRIMERO			
SEGUNDO			
TERCERO			

Valor obtenido:

Interpretación

- **< 94%** = asimetría
- **> 4 cm** = inestabilidad o mayor riesgo de lesión.
- **< 4 cm** = menor riesgo de lesión

Anexo E. Fotografías de la Recolección de Datos

Imagen 1

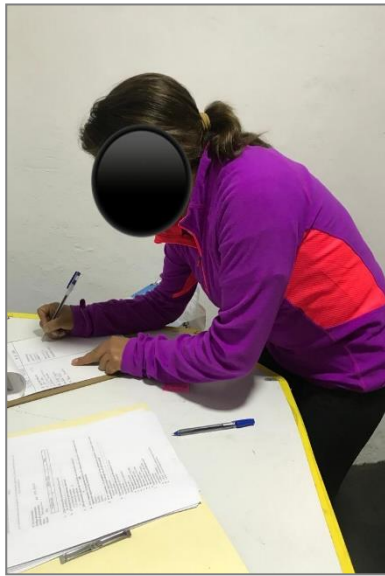


Imagen 2

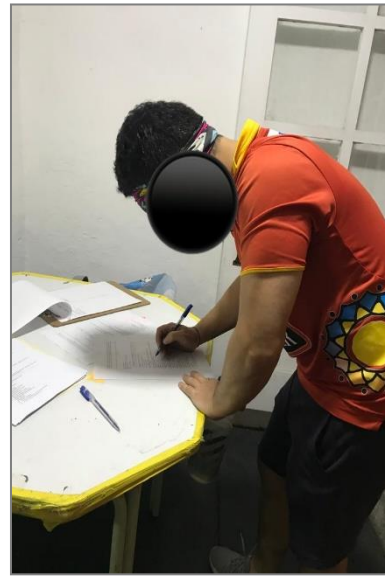


Imagen 3



Imagen 4



Imagen 5

