



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá

Maureen Pineda Oñate

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Maestría Fisioterapia del deporte y la actividad física
Bogotá, Colombia

2023

Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá

Maureen Pineda Oñate

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Fisioterapia Deportiva y Actividad Física

Director (a):

MD. MSc. Rodrigo Arghoty Buchelly

Fisioterapeuta. Magister en Ingeniería Biomédica. Docente programa Medicina del Deporte. Universidad Nacional de Colombia

Codirector (a): Dra Erica Mabel Mancera Soto

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Maestría Fisioterapia del deporte y la actividad física
Bogotá, Colombia

2023

A mis padres

*¡Cuán grande riqueza es, aun entre los pobres,
el ser hijo de un buen padre!*

Juan Luis Vives

Declaración de obra original

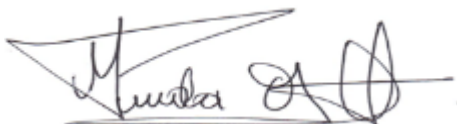
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maureen Pineda Oñate', with a horizontal line underneath.

Maureen Pineda oñate

Agradecimientos

En primer lugar, a las futbolistas participantes, quienes fueron indispensables para poder realizar esta investigación. Especialmente al entrenador Juan Carlos Sarria, que desde el primer momento estuvieron prestos a colaborar.

A mis tutores; Erica Mancera partícipe para poder sacar adelante el proyecto. Rodrigo Argothy por su paciencia, empatía y por estar en momentos cruciales, fue uno de los mayores apoyos durante este proceso.

A mi estadístico Sergio García quien me colaboró sin dudarle un segundo, con sus análisis y explicaciones.

A mi familia: Mis padres y hermanos, que desde lejos o cerca han estado brindando su apoyo moral y me han acompañado a superar los obstáculos que he tenido, sobre todo por creer en mis capacidades cuando yo no lo hacía.

A mis compañeros de maestría Anderson Vacca y Eduardo Rojas, quienes fueron lo mejor que me regaló la maestría.

Resumen

Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá.

RESUMEN: Los factores de riesgo asociados con cambios neuromusculares en la parte inferior del cuerpo debido a la fatiga acumulada son más acentuados en las jugadoras de fútbol. Las características anatómicas, hormonales, biomecánicas hacen que las mujeres sean más propensas a una mayor gravedad de lesiones en tren inferior. **PROPÓSITO:** Evaluar los efectos de la fase competitiva en el desempeño de las variables del perfil neuromuscular de tren inferior de futbolistas juveniles colombianas. **MÉTODOS:** Se realizó un estudio prospectivo en jugadoras de fútbol de la selección Bogotá (División Sub 17), que participan en la competencia nacional de fútbol colombiano (1 mes). Pre y post competencia con la prueba de salto con contramovimiento (CMJ) y prueba isométrica de isquiotibiales (IPF) a 90° - 90° de flexión de cadera y rodilla en decúbito supino, utilizando plataformas de fuerza uniaxial (PASCO - 1000Hz). En el CMJ, las variables analizadas fueron: altura de salto, pico potencia, potencia excéntrica media, fuerza media concéntrica, desaceleración excéntrica RFD, asimetría de pico de aterrizaje, asimetría de la fuerza media excéntrica y concéntrica. En la IPF se midió fuerza unipodal de pierna derecha e izquierda. El análisis estadístico se realizó con el software R. **RESULTADOS:** Se encontró disminuciones significativas (valor-p < 0.05) en las variables de desempeño del CMJ, la prueba IPF registró cambios neuromusculares significativos. **CONCLUSIONES:** El desempeño final de las variables CMJ indican fatiga muscular acumulada en la cadena extensora del tren inferior, que se relaciona con la fase excéntrica y concéntrica del salto vertical. El efecto de la carga en la prueba (IPF) aumentó significativamente la fuerza isométrica de isquiotibiales en la pierna dominante, sin embargo, identificó aumentó post competencia de asimetrías de fuerza en isquiotibiales entre miembros, que quizás se deba a mecanismos compensatorios de los movimientos lo cual puede causar lesiones a largo plazo.

Palabras clave: (Fútbol, fatiga neuromuscular, monitoreo en atletas, salto contra movimiento CMJ, plataformas de fuerza , Test isométrico Posterior IPF).

Abstract

Effect of the competition load on neuromuscular variables of the lower body in female soccer players of the Bogotá team.

SUMMARY: The risk factors associated with neuromuscular changes in the lower part of the body due to accumulated fatigue are more pronounced in female soccer players. Anatomical, hormonal, and biomechanical characteristics make women more prone to greater severity of lower body injuries. **PURPOSE:** To evaluate the effects of the competitive phase on the performance of the variables of the neuromuscular profile of the lower body of Colombian youth soccer players. **METHODS:** A prospective study was carried out on female soccer players from the Bogotá national team (U17 Division), who participated in the Colombian national soccer competition (1 month). Pre and post competition with the countermovement jump test (CMJ) and isometric hamstring test (IPF) at 90° - 90° of hip and knee flexion in the supine position, using uniaxial force platforms (PASCO - 1000Hz). In the CMJ, the variables analyzed were: jump height, peak power, average eccentric power, average concentric force, RFD eccentric deceleration, peak landing asymmetry, average eccentric and concentric force asymmetry. In the IPF, unileg strength of the right and left leg was measured. The statistical analysis was performed with the R software. **RESULTS:** Significant decreases (p -value < 0.05) were found in the CMJ performance variables, the IPF test recorded significant neuromuscular changes. **CONCLUSIONS:** The final performance of the CMJ variables indicate accumulated muscle fatigue in the extensor chain of the lower body, which is related to the eccentric and concentric phase of the vertical jump. The load effect on the test (IPF) significantly increased isometric hamstring strength in the dominant leg, however it identified post-competition increases in hamstring strength asymmetries between limbs, which may be due to compensatory mechanisms of the movements which can cause long-term injuries.

Keywords: (Football, neuromuscular fatigue, monitoring in athletes, jump against CMJ movement, force platforms, Posterior IPF isometric test).

Contenido

Contenido

Introducción	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. Definición del problema.....	6
1.2. Pregunta problema	9
1.3. Delimitación del problema	9
1.4. Hipótesis Nula.....	9
1.5. Hipótesis Alterna.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. Objetivo general.....	12
3.2. Objetivos específicos	12
4. MARCO TEÓRICO.....	13
4.1. Fútbol.....	13
4.2. Manifestaciones de la Fuerza	14
4.2.1. Fuerza Máxima (FM)	14
4.2.2. Fuerza Isométrica Máxima (FIM).....	14
4.2.3. Fuerza Absoluta y Fuerza Relativa.	14
4.2.4. Fuerza explosiva (FE)	15
4.2.4.1 Fuerza explosiva máxima:	15
4.5.1. Saltabilidad en el fútbol	19
4.5.2. Salto contra movimiento (CMJ).....	20
4.5.3. Variables del Salto contra movimiento (CMJ)	23
4.5.4. Prueba fuerza isométrica posterior (IPF)	25
5. MARCO DE REFERENCIA.....	26
6. MARCO METODOLÓGICO	28
6.1. Tipo de Estudio	28
6.2. Población y muestra	28
6.3 Instrumentos para obtención de los datos.....	29
6.4. Criterios de inclusión y exclusión	29
6.4.1 Criterios de inclusión:	29
6.4.2 Criterios de exclusión:	30

6.5 Procedimiento	30
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
7.1 Consideraciones éticas	34
7.2. Asentimiento informado	35
8. RESULTADOS.....	36
8.1. Análisis Univariado	36
9. DISCUSIÓN	46
10. CONCLUSIÓN	54
11. RECOMENDACIONES	56
A. Anexo: Asentimiento informado.....	57
B. Anexo: Consentimiento informado.....	60
C. Anexo: Concepto aprobatorio del Comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.....	62
BIBLIOGRAFÍA	64

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Solicitación del músculo semitendinoso y bíceps femoral en las distintas fases de la carrera.	16
Figura 2. Plataforma uniaxial Pasco.	21
Figura 3. Salto contramovimiento (CMJ). Descripción gráfica del CMJ y curvas de fuerza vs tiempo, velocidad vs tiempo y desplazamiento vs tiempo durante el salto.	22
Figura 4. Fases del CMJ y variables para evaluación del rendimiento y fatiga neuromuscular.	23
Figura 5. Prueba Isométrica Posterior (IPF) Supino 90°:90°	25
Figura 6. Diagrama de caja y bigote para la variable de Concentric Mean Force CMF (Fuerza concéntrica media).	37
Figura 7. Diagrama de caja y bigote para la variable de Jump Height JH (Altura del salto).	38
Figura 8. Diagrama de caja y bigote para la variable de tiempo de Peak Power PP (pico de potencia).	38
Figura 9. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Mean Power EMP (potencia media excéntrica).	39
Figura 10. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Deceleration ED (Desaceleración Excéntrica).	39
Figura 11. Diagrama de caja y bigote para la variable de Concentric Mean Force asymmetry FMCA (Asimetría de fuerza media concéntrica)	40
Figura 12. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Mean Force asymmetry EMFA (Asimetría de Fuerza media excéntrica)	40
Figura 13. Diagrama de caja y bigote para la variable de Peak Landing Force asymmetry PLFA (Asimetría de pico de Aterrizaje).	41
Figura 14. Diagrama de caja y bigote para la prueba IPF en pierna Izquierda	42
Figura 15. Diagrama de caja y bigote para la prueba IPF en pierna Derecha	42
Figura 16. Cambios porcentuales para cada variable	43
Figura 17. Diferencias promedio para cada variable posterior a la competencia de fútbol	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Caracterización de la población participante	28
Tabla 2. Variables del CMJ Utilizadas en el estudio.	33
Tabla 3. Variables evaluadas de forma unipodal en el test isométrico posterior (IPF)	33
Tabla 4. Perfil neuromuscular: Desempeño de variables CMJ y prueba IPF	37
Tabla 5. Cálculo de intervalo de confianza para las diferencias estadísticamente significativas post -pre.	44

Lista de abreviaturas

Abreviatura Término

FIFA	International Federation of Association Football
IPF	Maximal posterior isometric strength
CMJ	Countermovement jump
CEA	Ciclo estiramiento-acortamiento
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
(±)	Desviación estándar
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
JH	Jump High
CMF	Concentric Mean Force
EMP	Eccentric Mean Power
PP	Peak Power

CMFA	Concentric Mean Force asymmetry
EMFA	Eccentric Mean Force asymmetry
PLFA	Peak Landing Force asymmetry
DE	Eccentric Deceleration
PD	Pierna Derecha
PI	Pierna Izquierda

Introducción

El fútbol es el deporte más popular en el mundo, es un deporte acíclico que requiere episodios repetitivos y de alta intensidad de ejercicio máximo, habilidades tácticas, técnicas y físicas para tener éxito (Andersen et al; 2009). Todos los movimientos de los jugadores se relacionan con la posición del balón, lo que da lugar a que se le exija a los futbolistas movimientos muy diversos, como aceleraciones / desaceleraciones, que tienen un alto costo metabólico y en la carga mecánica, significativamente asociadas con la fatiga neuromuscular, que impacta en el rendimiento deportivo y el aumento del riesgo de lesiones (Lozano et al; 2020).

El fútbol femenino colombiano viene aumentando su participación internacional en diferentes torneos, principalmente por el subcampeonato de la Copa Mundial Femenina Sub-17 de la FIFA, subcampeonato de la Copa América en 2022 y la clasificación a las Copas Mundiales Femenina Sub-20 y absoluta, así mismo los factores de riesgo de lesión en esta población han aumentado de manera drástica (Crossley et al; 2020). La etiología de las lesiones en mujeres atletas es multifactorial y resulta de la interacción de varios factores de riesgo que incluye, hueso pélvico más grande que conduce a un aumento de la rotación interna del fémur, la muesca intercondílea más estrecha, así como la proporción de fuerza desfavorable de los músculos isquiotibiales frente al músculo cuádriceps, lo que conducen a un mayor riesgo de lesiones principalmente del ligamento cruzado anterior (LCA) en el fútbol femenino (Biedert et al; 2005).

Por lo tanto, es de vital importancia hacer evaluaciones biomecánicas que permitan monitorear las capacidades mecánicas máximas del sistema neuromuscular, en este caso de miembros inferiores, ya que es donde se presentan la mayor cantidad de lesiones. Entre las pruebas más utilizadas como indicadores de fuerza y potencia anaeróbica de los músculos de las extremidades inferiores se encuentran diversos test de saltabilidad utilizando plataformas de fuerza; los más empleados en los estudios por sus mediciones cuantitativas son el salto de contramovimiento (CMJ).

El CMJ permite analizar las características contráctiles (fase concéntrica y excéntrica) de miembros inferiores, el estudio realizado por Claudino et al (2017) evidenciaron que la alteración de las variables en el CMJ, son factores que están asociados con la disminución de capacidades neuromusculares y aumento en los factores de riesgos de lesiones de miembros inferiores. De igual manera, varios estudios demostraron que los programas de intervención basados en el entrenamiento neuromuscular o el fortalecimiento de los isquiotibiales pueden reducir la incidencia de lesiones (Zago et al; 2021). Por lo cual, un nuevo enfoque puede reducir el riesgo de lesiones musculares de la cadena posterior y de la lesión ligamentaria de rodilla, mediante la evaluación de la fuerza isométrica de los isquiotibiales (IPF) a través de plataformas de fuerza, con el fin de identificar cambios significativos que pueden representar fatiga muscular excesiva, recuperación o adaptación inadecuada (Matinlauri et al;2019).

De acuerdo con lo expuesto, para comprender mejor las interacciones entre fatiga, fuerza y vulnerabilidad a las lesiones durante los partidos de fútbol, este proyecto tiene como objetivo determinar los efectos de una carga de competencia sobre el desempeño neuromuscular del miembro inferior en futbolistas sub 17 de la selección Bogotá.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Definición del problema

La creciente participación de las mujeres en el fútbol ha generado un aumento en la profesionalidad del deporte, así como una disminución en la brecha de rendimiento entre el fútbol masculino y femenino (Liporaci et al; 2018); sin embargo, al tener en cuenta la exposición al fútbol, las mujeres tienen un perfil de riesgo de lesiones diferente al de los hombres. Las particularidades del organismo femenino, principalmente factores anatómicos, biomecánicos y hormonales, se han identificado como una serie de factores que pueden exponer preferentemente a las jugadoras de fútbol a lesiones más graves (Alahmad et al;2020), con una tasa 5,36 veces mayor en comparación con su contraparte masculina (Dan et al;2021). Reportando un 21% más de días totales perdidos y lesiones graves de ligamentos de rodilla y tobillo, principalmente lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) (Dan et al;2021).

La mayoría de las lesiones de fútbol ocurren en las extremidades inferiores (60-90%), Maqueda en 2021 encontró que las zonas frecuentemente más lesionadas en las mujeres fueron la rodilla (41.67%), el muslo (33.33%) y el tobillo (16.67%). Respecto al tejido afectado, las lesiones musculares y ligamentosas fueron las más frecuentes (36.11% y 30.56%, respectivamente). Siendo el 92% de las lesiones musculares en miembros inferiores, involucrando a los cuatro grupos musculares principales: isquiotibiales (37%), aductores (23%), cuádriceps (19%) y gemelos (13%) (Hagglund et al; 2013). Siendo según Hägglund et al. (2013) los músculos isquiotibiales los más lesionados durante la temporada competitiva.

Por consiguiente, las lesiones de las extremidades inferiores son una preocupación importante para esta población, puesto que cuando estas lesiones aparecen afectan considerablemente la salud, el rendimiento físico, la participación en los entrenamientos, competencias y por ende los logros deportivos (Vriend et al; 2017).

Por lo que, actualmente los estudios en fútbol femenino se han centrado en evaluaciones de las distintas manifestaciones de la fuerza y las asimetría entre estas, las más utilizadas son la fuerza explosiva y la fuerza isocinética, mediante dinamómetros isocinético, que suelen estar relacionadas con un equipo que tiene alto costo económico, (Nerín et al., 2007) (Santos-Silva et al., 2016) (Forthomme et al., 2018) y los test de saltabilidad, como el salto de contra movimiento (CMJ) (Martinez et al; 2018), que es la herramienta de valoración utilizada para investigar asimetrías en fuerza, potencia, o aterrizaje en los miembros inferiores.

Si bien, las lesiones de los isquiotibiales suelen estar relacionadas con la fatiga y puede ser un mecanismo potencial que contribuya a la lesión del LCA en atletas femeninas (Myer et al;2009). Recientemente, existe una mayor disponibilidad de herramientas de evaluación en la fuerza de los isquiotibiales de una forma más fácil, económica y portátil; utilizando placas de fuerza en diferentes ángulos de la rodilla (McCall et al., 2015; Read et al., 2019). Sin embargo, en las investigaciones, esta herramienta sólo parece haberse llevado a cabo con poblaciones masculinas de diversos deportes de equipo (Cuthbert et al; 2021), a pesar de las conocidas diferencias que podrían predisponer al sexo femenino.

No obstante, investigaciones recientes han identificado al manejo inadecuado de la carga externa como principal contribuyente de lesiones en el deporte (Moyano et al: 2020). Siguiendo lo aportado, la competencia deportiva es una carga externa que podría provocar una disminución del rendimiento a lo largo de la temporada, debido a las demandas físicas de alta intensidad propias de la naturaleza del fútbol, que se presentan con signos y síntomas de fatiga que pueden conducir a una disminución del rendimiento y/o lesión (Taylor et al;2012). Tal como lo demostraron, Sprouse et al;2020 afirmando que es mayor el riesgo de lesión durante la etapa competitiva en jugadoras de fútbol internacionales senior y juveniles, con una incidencia mayor de lesiones en partidos respecto a situaciones de lesiones por entrenamiento. Sin embargo, pese al alto riesgo de lesiones especialmente durante los partidos, existe escasez de estudios realizados en contextos competitivos (Izquierdo et al; 2020).

En cambio, han sido varios los estudios que se han llevado a cabo para describir los indicadores de rendimiento asociados con las habilidades físicas en jugadoras de fútbol de élite, (Datson et al., 2014; Sanz & Frattarolla, 2017; Hammami et al., 2019; Becerra et al; 2021). Muchas de estas variables están relacionadas con el análisis de secuencias de sprint repetidas durante partidos de fútbol femenino utilizando umbrales de velocidad fijos e individuales (Nakamura et al., 2017), perfiles de aceleración y desaceleración de jugadoras de fútbol de élite durante partidos competitivos (Mara et al., 2017), relaciones entre velocidad, agilidad y capacidad de salto en atletas femeninas (Vescovi & McGuigan, 2008) y, finalmente, estudios de la capacidad de cambio de dirección en jugadoras de fútbol de élite (Emmonds et al. al., 2019). Sin embargo, las reconstrucciones del LCA en realidad están aumentando entre las atletas adolescentes (Griffin et al; 2020; Di Stefano et al; 2018). De esta manera, es necesario desarrollar más investigaciones que consideren las variables que influyen en el rendimiento, no solo desde el punto de vista del desempeño (Pardos -Mainer et al., 2019) sino también para la prevención de lesiones (Wright and Laas, 2016).

Si bien hay muchos test que me permiten identificar factores de riesgos que son multifactoriales, se encontró poca evidencia en fútbol femenino de complemento entre test para determinar el comportamiento neuromuscular de los grupos musculares mayormente afectados en este grupo poblacional. Por lo cual es importante obtener información de cómo las futbolistas responden a las exigencias físicas de la competición, para así reducir el riesgo de lesiones mediante la identificación temprana de fatiga y la capacidad del deportista (Edwards et a; 2018). De esta forma, en deportistas colombianas aún no se han establecidos perfiles y protocolos de evaluación en futbolistas en desarrollo que puedan disminuir el desenlace de lesiones de tejidos blandos en esta población.

1.2. Pregunta problema

¿Cuáles son los efectos de participar en una competencia nacional de fútbol sobre las variables neuromusculares del tren inferior en futbolistas femeninas sub 17?

1.3. Delimitación del problema

El presente estudio se realizó con deportistas de resistencia (Futbolistas), de sexo femenino, con edades comprendidas entre 16 a 17 años. Esta población participó en una competencia deportiva lo cual posteriormente se registró y analizó cada una de las variables del salto contramovimiento (CMJ) junto con la prueba isométrica posterior (IPF). El tema está circunscrito únicamente al desempeño de las variables seleccionadas del (CMJ) y la (IPF) para identificar fatiga neuromuscular que repercute en el rendimiento y/o factores de riesgos de lesiones en jugadoras de fútbol. Las deportistas son individuos altamente seleccionadas de una población por su desempeño, por lo tanto, no representan el comportamiento poblacional de una variable y su muestra es por definición no probabilística, acercándose al valor total de deportistas en la modalidad escogida.

1.4. Hipótesis Nula

No existen diferencias entre los valores pre y post competencia de las variables neuromusculares del CMJ y la IPF.

1.5. Hipótesis Alterna

Existen diferencias entre los valores pre y post competencia de las variables neuromusculares del CMJ y la IPF.

2. JUSTIFICACIÓN

La alta propensión a lesiones en el fútbol femenino tiene graves consecuencias no solo para el bienestar propio de las jugadoras, sino también para los clubes deportivos y los sistemas de salud pública (Owoeye et al; 2020). El fútbol profesional requiere un alto nivel de inversión financiera en la estructura y mantenimiento, la cual está ligada a incidencia de lesiones y el gasto que éstas producen en los presupuestos de los clubes (Claudino et al; 2017).

De esta manera, La FIFA estima un promedio de costo por lesiones de 30 billones de dólares anuales (Correa et al;2013), este costo se relaciona únicamente con la atención médica, no estima el valor económico que conlleva la ausencia de los jugadores a partidos de competición o entrenamientos. Por cierto, son las jugadoras de fútbol quienes registran los costos más altos por lesiones de rodilla, con un promedio de US \$ 1861 por lesión (Loes et al (2000). Lo que convierte a este tipo de lesiones en una prioridad en la prevención de lesiones en esta población (Gebert et al; 2020).

Por lo que es importante poder intervenir en este aspecto y debido a que existe una clara falta de estudios de investigación publicados que documenten la epidemiología de las lesiones en el fútbol femenino de élite (Sprouse et al;2020). Es necesario realizar evaluaciones biomecánicas que permitan monitorear las capacidades del sistema neuromuscular de miembros inferiores ante las distintas cargas externas e identificar perfiles neuromusculares en atletas femeninas en desarrollo, para poder establecer medidas para la prevención de lesiones, monitoreo y optimización del rendimiento deportivo.

Por ello, resulta de gran interés llevar a cabo este trabajo, debido a que el suministro de esa información sería relevante y pertinente para los entrenadores, fisioterapeutas y profesionales del deporte, proporcionándoles información útil sobre el estado de la atleta,

la respuesta a la carga durante el entrenamiento o competencia y cuantificar la magnitud del efecto de intervenciones específicas (Cohen et al;2020). Así mismo, va a permitir optimizar el rendimiento en el campo, determinar el nivel de riesgo de lesiones e identificar a las jugadoras propensas a sufrir lesiones (Liporaci et al;2017).

De igual manera, servirá de referencia para permitir el éxito de cualquier medida futura de prevención de lesiones aplicada en un entorno nacional e internacional. Lo anterior puede constituirse en un beneficio tanto para el fútbol femenino, como para directivos de clubes deportivos, en términos de la reducción de costos, que, sin ser objeto del estudio, podrían resultar de una adecuada intervención terapéutica.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la carga de competencia sobre el desempeño neuromuscular del salto contra movimiento (CMJ) y la prueba isométrica de isquiotibiales (IPF), en futbolistas sub 17 de la selección de fútbol base Bogotá.

3.2. Objetivos específicos

- Valorar el test de salto vertical contra movimiento (CMJ) y prueba isométrica posterior (IPF) mediante el uso de plataformas de fuerza uniaxiales en futbolistas sub 17 de la selección de fútbol base Bogotá, al iniciar y terminar la competencia nacional de fútbol.
- Identificar el perfil neuromuscular del tren inferior de futbolistas sub 17 de la selección de fútbol base Bogotá mediante el uso de plataformas de fuerza en los test de salto contramovimiento (CMJ) y test isométrico posterior (IPF) previo al inicio de la competencia nacional de fútbol.
- Conocer los cambios del desempeño neuromuscular de las variables estudiadas del CMJ y del IPF y su posible influencia en el rendimiento deportivo en la competencia nacional de fútbol.

4. MARCO TEÓRICO

Según (Martínez et al; 2011) numerosos estudios han encontrado diferentes variables neuromusculares relacionadas con el éxito en modalidades deportivas colectivas o en deportes individuales, las más utilizadas para la cuantificación de la carga son la fuerza dinámica e isométrica máxima, potencia muscular y fuerza explosiva.

4.1. Fútbol

Es un deporte colectivo, en el que dos equipos compuestos por once jugadores se enfrentan entre sí. Cada equipo, dispone de diez jugadores que se mueven por el campo y de un portero, que tratarán de lograr que el balón ingrese en el arco (portería) del equipo rival, respetando diversas reglas. A grandes rasgos, se identifican tres categorías principales: los delanteros, cuya tarea principal es marcar los goles; los defensas, ubicados cerca de su portería, quienes intentan frenar a los delanteros rivales; y los centrocampistas, que manejan la pelota entre las posiciones anteriores (Milanovic et al;2017).

Debido a la duración de un partido regular (90 minutos), el fútbol depende principalmente de un componente aeróbico, pero mantiene un componente anaeróbico que puede ser el determinante en el resultado final (Stolen et al; 2005). Todos los movimientos de los jugadores se relacionan con la posición del balón, lo que da lugar a que se le exija a los futbolistas movimientos muy diversos, numerosas ráfagas explosivas de actividad, incluyendo saltos, patadas, giros, sprint, cambio de ritmo y mantenimiento de contracciones contundentes para mantener el equilibrio y el control de la pelota contra la presión defensiva.

Los futbolistas con frecuencia realizan sprints rápidos que duran menos de 6 s por cada 90 s de juego, y que oscilan en la distancia entre 1,5 y 105 m, realizan entre 1200-1400 cambios de dirección de alta intensidad (Andersen et al; 2018). Dentro de este contexto, los jugadores de fútbol necesitarán altos niveles de fuerza explosiva, especialmente en el tren inferior para un adecuado desempeño de las mismas (Jullien et al., 2008; Michailidis et al., 2013) llegando a ser consideradas como variables de predicción de éxito en el fútbol (Andersen et al; 2018).

4.2. Manifestaciones de la Fuerza

La fuerza tiene tal trascendencia en el gesto deportivo que solamente con la valoración de la misma es suficiente para poder dirigir correctamente muchos aspectos del entrenamiento. Según la clasificación de la fuerza (Gonzalez et, al. 2002) se definen:

4.2.1. Fuerza Máxima (FM)

Es la mayor fuerza que es capaz de desarrollar el sistema nervioso y muscular por medio de la contracción máxima voluntaria (Medina et al; 2015). Esta fuerza es la que se toma en cuenta para poder dosificar las cargas, generalmente mediante una repetición máxima (RM) del ejercicio (Sebastiani et al; 2000).

4.2.2. Fuerza Isométrica Máxima (FIM).

Es el pico máximo de fuerza que se mide cuando no hay movimiento. Esta fuerza es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). Esta fuerza se expresa en Newtons (N).

4.2.3. Fuerza Absoluta y Fuerza Relativa.

La fuerza absoluta se define como la capacidad de un deportista a ejercer la máxima fuerza sin tener en cuenta su peso corporal. Sin embargo, si hablamos de la fuerza relativa, esta sí lo tiene en cuenta y es representada por el cociente entre la fuerza absoluta y su peso corporal (Alonso-Molero, 2020).

4.2.4. Fuerza explosiva (FE)

Es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello (González-Badillo & Ribas-Serna 2002). Por lo que, la FE es en la que mayor incremento de tensión muscular (manifestación de fuerza) por unidad de tiempo, y, por tanto, está presente en todas las manifestaciones de la fuerza (Heredia et al; 2019).

4.2.4.1 Fuerza explosiva máxima:

Máxima producción de fuerza por unidad de tiempo en toda la producción de fuerza, que supone la mejor relación fuerza - tiempo de toda la curva.

4.2.4.2 Fuerza elástica explosiva: Se apoya en los mismos factores que la FE, uniendo a la misma el componente elástico, que actúa por efecto del estiramiento previo.

4.2.4.3 Fuerza elástico-explosivo-reactiva: Añade a la anterior un componente como el efecto reflejo miotático (de estiramiento), que intervienen debido al carácter del ciclo estiramiento acortamiento (CEA).

Cuando se somete a una carga de entrenamiento físico el organismo responde con una adaptación a nivel tisular. Todos los tipos de tejido, incluido el óseo, muscular, tendinoso, ligamentoso y cartilaginoso, desarrollan este proceso que, de producirse una sobrecarga física, puede verse reflejada en la disminución del rendimiento deportivo o la posibilidad de desarrollar un proceso lesivo (Giménez et al., 2014).

4.3. Mecanismos lesivos de no contacto relacionados con tren inferior en el fútbol.

A pesar de que el mecanismo desencadenante de una lesión en el fútbol es un proceso multifactorial y dependiente tanto de factores intrínsecos como extrínsecos, cabe destacar los factores de riesgo anatómicos, biomecánicos y neuromusculares, destacando la

tensión excéntrica durante la fase de swing en la carrera, aterrizajes y cambios de dirección (Donnelly, 2012).

La fase de swing se define como la fase de balanceo de la pierna libre de impacto. Numerosos autores han establecido en el final de esta fase un aumento de la probabilidad de sufrir una lesión en la musculatura isquiotibial debido a una mayor activación de la musculatura instantes antes del apoyo con el suelo (Yu et al., 2008; Chumanov et al., 2011). Los autores justifican este mecanismo debido a una extensión de rodilla acompañada de una flexión de cadera, lo que proporciona una solicitud extrema de la musculatura posterior del muslo, (Figura 1) se puede observar la sollicitación de la musculatura isquiotibial dependiendo de la fase de la carrera y puede observarse cómo en la fase de swing, la musculatura de la pierna que desacelera para preparar el siguiente apoyo manifiesta la mayor activación. Esta musculatura absorbe toda la energía del miembro inferior y favorece al proceso lesivo.

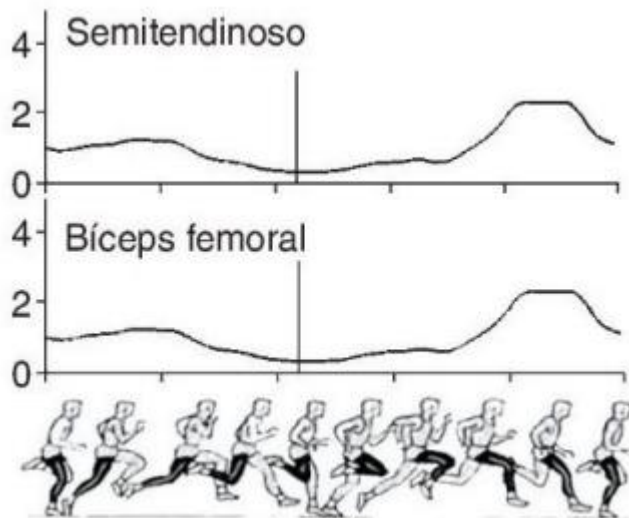


Figura 1. Sollicitación del músculo semitendinoso y bíceps femoral en las distintas fases de la carrera. Tomado de de Hoyo et al. (2013).

Aunque la fase de swing y la de frenado en cualquier gesto deportivo están relacionadas con el incremento del riesgo de lesión de rodilla en situaciones de no contacto, los autores coinciden en destacar los aterrizajes tras un salto y los cambios de dirección como las dos situaciones con mayor relación con lesiones de rodilla (Kristiansslund y Krosshaug, 2013),

siendo el momento de impacto contra el suelo el más determinante (Steinacker et al., 2001).

La estabilidad articular de la articulación de la rodilla depende tanto de las restricciones pasivas como activas; durante los aterrizajes y cambios de dirección, el LCA juega un papel crucial, como elemento de frenado, restringe la traslación tibial anterior en relación con el fémur. Los agonistas y antagonistas musculares activos del LCA son los isquiotibiales y los cuádriceps, respectivamente. La coactivación de los isquiotibiales y los cuádriceps protege la articulación no solo contra el cajón anterior sino también contra la abducción de la rodilla y el valgo dinámico de las extremidades inferiores, brindando estabilización de la rodilla durante acciones como correr, saltar o pivotaje (Mazumder et al; 2019).

Así mismo, acciones musculares como la dominancia del cuádriceps sobre los isquiotibiales durante el aterrizaje en ángulo de flexión de rodilla de 0 a 30°, empujan la tibia hacia adelante aumentando la tensión y riesgo del LCA (Hewett et al; 2008). Siendo así, la inestabilidad de rodilla la que provoca el cuadro lesivo en la articulación de rodilla y de tobillo (Feria A; 2015).

4.4. Factores de riesgo anatómicos, biomecánicos y hormonales de la mujer en el fútbol.

A diferencia del hombre, la mujer tiene un tamaño corporal más pequeño y corto. Esto hace que su centro de gravedad sea más bajo y su estructura corporal más ligera. La pelvis, es una de las áreas más características con diferenciación a la masculina, es mucho más ancha en las mujeres como consecuencia de su capacidad para el embarazo y el parto (Ortega; 1996). Debido a que su pelvis es más ancha y el fémur más corto, hace que se necesite un mayor valgo de rodilla para restablecer los ejes mecánicos a través de la cadera, la rodilla y el tobillo y, como consecuencia un aumento del ángulo Q. Este ángulo más grande hace que aumente el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla, siendo más vulnerable hacia adentro en los torques cuando pivotea, frena o después de un salto (Huston et al; 2000).

Como resultado de la estructuración de la pelvis, Las mujeres presentan mayor ángulo de aducción y rotación medial de la cadera debido a la debilidad de los músculos abductores y rotadores laterales de la cadera, lo que conduce a valgo de rodilla y rotación externa tibial, que se observa mayor aún durante las tareas atléticas (Tamura et al; 2017; Moreira et al; 2021). Curiosamente, la misma tendencia de alineación también se ha relacionado con lesiones repetitivas como el síndrome de fricción de banda iliotibial y síndrome de dolor patelofemoral (África et al; 2017; Ferreira et al;2016).

Lettun et al (2004) sugieren que la debilidad de la cadera y el tronco reduce la capacidad de las mujeres para estabilizar la cadera y el tronco. Por lo tanto, las mujeres atletas pueden ser más vulnerables a las grandes fuerzas externas experimentadas por estos segmentos durante la carrera, especialmente aquellas fuerzas en los planos transversales y frontales. Los deportes de aterrizaje y pivote implican una gran cantidad de movimientos rápidos de desaceleración y aceleración que empujan y tiran de la tibia anteriormente y colocan el LCA bajo estrés (Hewett et al;2006).

Las mujeres tienen innatamente una mayor proporción y reclutamiento de cuádriceps a masa de isquiotibiales, estos últimos deben responder al reflejo elástico en el LCA. Sin embargo, un isquiotibial más débil no resiste lo suficiente la tracción tibial anterior contra la tracción más fuerte del cuádriceps, lo que puede poner en riesgo el LCA creando un momento dinámico de valgus (Tamura et al; 2017).

Un análisis en vídeo realizado por Sutton et al en 2013, de las posiciones de aterrizaje en atletas femeninas confirma esta asimetría. En comparación con los hombres, las mujeres aterrizan con una postura más erecta por una mayor activación del cuádriceps durante las maniobras de aterrizaje y corte, que somete las rodillas a fuerzas que las ponen en riesgo de traducción tibial anterior y, por lo tanto, es probable que sea un factor que contribuya al riesgo elevado de lesión del LCA sin contacto que se observa en las atletas femeninas (Lettun et al; 2004; Bobbert et al; 1999).

Además de esto, las fluctuaciones cíclicas en hormonas reproductivas como estrógeno y progesterona pueden influir en los tejidos musculoesqueléticos como músculo, tendón, y ligamento. El ciclo menstrual ha sido teorizado como un factor que podría modificar el riesgo de lesiones en las atletas femeninas. Dan et al (2021), identificaron que las tasas

de incidencia de lesiones fueron un 47 y un 32% mayores en la fase folicular tardía (días previos a la ovulación), cuando las concentraciones de estrógeno son más altas. Así mismo, Dragoo et al (2011) encontraron que las mujeres con niveles más altos de relaxina tienen un riesgo 4 veces mayor de sufrir rotura del ligamento cruzado anterior (LCA), alcanzado estos altos niveles en la fase lútea del ciclo menstrual.

4.5. Evaluación de la Función Neuromuscular

Desde hace muchos años se ha estudiado la respuesta muscular en el fútbol, en especial a variables como la fuerza, velocidad y potencia, empleando para ello numerosas técnicas entre las que podrían destacarse la resonancia magnética nuclear, la actividad electromiografía, equipamientos isocinéticos con distintas velocidades y ángulos articulares, plataformas de fuerza, el uso de encoder para la medición y registro de la potencia, la ratio potencia-carga (Aladro et al; 2017 ; Díaz et al; 2015 ; Martínez et al; 2016). El uso de sistemas GPS para valorar las aceleraciones/desaceleraciones y su relación con la exigencia neuromuscular del entrenamiento y/o partido (Izzo & Lo Castro, 2015), el uso de la termografía para obtener información durante los procesos de prevención y readaptación de lesiones, así como en la asimilación de la carga de entrenamiento y la valoración de la capacidad de salto, incluso métodos invasivos como las biopsias, con objeto de analizar la relación entre las propiedades contráctiles e histológicas de los músculos (Harber et al., 2008).

4.5.1. Saltabilidad en el fútbol

La máxima potencia mecánica desarrollada por la musculatura es un elemento esencial en el rendimiento de muchos deportes. El fútbol es una modalidad deportiva en la que el salto es una acción repetida en múltiples ocasiones, debido a que los futbolistas suelen realizar acciones de salto sobre todo cuando se acercan al balón o lo disputan en el aire, corren, esprintan y/o disparan a portería. Todas estas actividades requieren un elevado grado de potencia generada por las extremidades inferiores, importantes en el rendimiento del fútbol. El rendimiento de estas acciones se ve favorecido por el ciclo de estiramiento - acortamiento (CEA), ya que maximiza la producción de fuerza muscular y mejora la eficiencia del movimiento (Falces et al., 2018).

El CEA consiste en la combinación de una contracción excéntrica (CE) a la que sigue inmediatamente una contracción concéntrica, con lo cual se obtiene una mejora del trabajo producido gracias al reflejo de estiramiento o miotático y a la elasticidad muscular o capacidad del músculo para almacenar energía elástica durante el estiramiento y utilizarla parcialmente en la contracción realizada inmediatamente después (Palao, Saenz, & Ureña, 2001; Svantesson et al., 1998).

Uno de los test más utilizados para evaluar la capacidad de aplicar fuerza del tren inferior mediante la aplicación del CEA, son los saltos verticales y más en concreto el salto contra movimiento (CMJ), (McMahon et al; 2018). El CMJ se usa ampliamente en fútbol como una prueba de campo porque es simple de realizar y está estrechamente relacionado con las acciones realizadas durante el juego (Quagliarella et al., 2011).

4.5.2. Salto contra movimiento (CMJ)

Es una prueba que permite evaluar la potencia de las piernas bajo el parámetro de dos ciclos lentos de estiramiento y acortamiento en condiciones de baja carga de estrés, los principales grupos musculares que participan en la capacidad de salto durante el test, son los extensores de rodilla, cadera y tobillo, los cuales contribuyen en valores aproximados al 49%, 28% y 23 %, respectivamente (Raya et al; 2017).

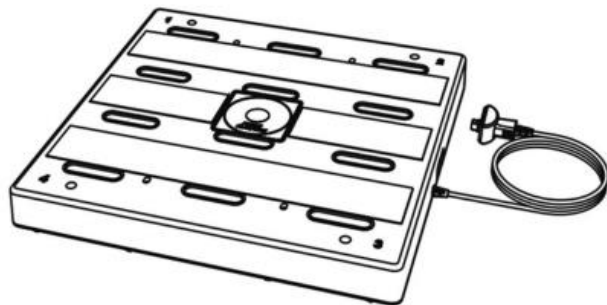
Esta prueba se realiza, a partir de una posición de pie y en posición vertical, el saltador realiza un movimiento flexionando las rodillas y las caderas, bajando su centro de masa. Inmediatamente después se extienden las caderas y las rodillas nuevamente para saltar verticalmente hacia arriba desde la superficie a través de un "movimiento de estirar acortar" (Quagliarella, et, al 2011).

Se hace indispensable contar con una plataforma de fuerza que recopile la información detallada de los saltos ejecutados a través de un software. Las plataformas de fuerza (Fig 2), son básicamente superficies planas cuadrangulares con transductores/sensores de presión (piezoeléctricos o extensiométricos) conectados a un sistema electrónico de amplificación y registro. Los traductores de presión arrojan un voltaje proporcional a la fuerza aplicada sobre la plataforma (Peña et al;2017), y permiten medir la fuerza de

reacción del suelo en los 3 ejes (según la 3ª Ley de Newton). Estos instrumentos son comúnmente considerados como la referencia “gold-standard” (García et al; 2017).

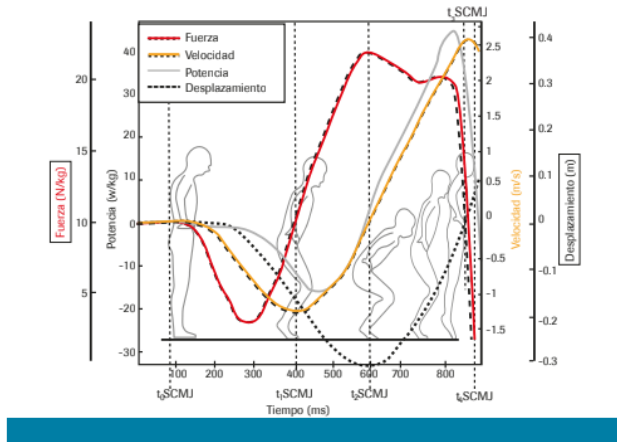
Gracias a ello, es posible analizar y obtener información del comportamiento mecánico del CMJ en cada una de sus fases, en donde se definen las variables que permiten valorar la función neuromuscular, proporcionando una ilustración efectiva de las relaciones entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, la aceleración, velocidad y desplazamiento durante su ejecución (Laffaye et al; 2014), como se observa en (figura 3).

Figura 2. Plataforma uniaxial Pasco.



Fuente: Pasco. Force Platform [Internet]. 2019 [citado 8 de julio 2019]. Disponible en: <http://www.manualsdir.com/manuals/340843/pasco-ci-6461-force-platform.html>

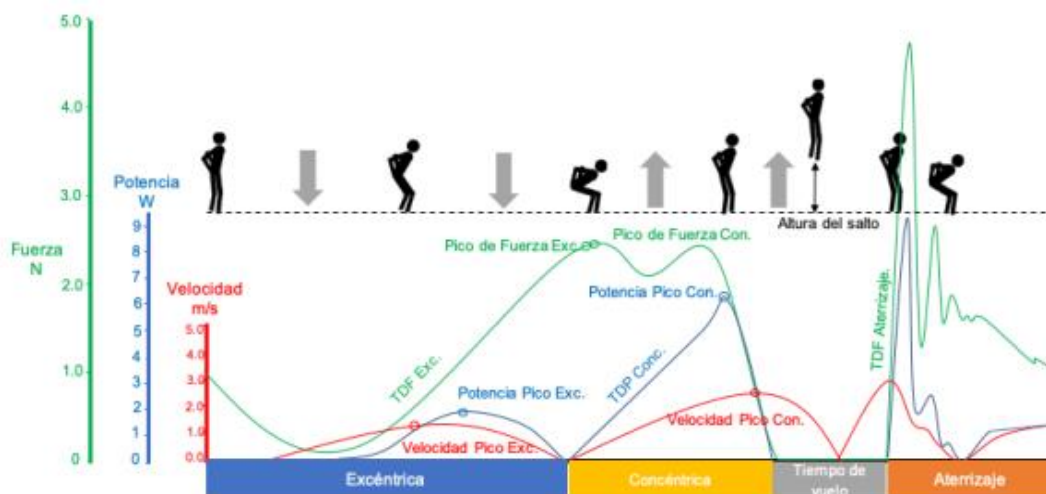
Figura 3. Salto contramovimiento (CMJ). Descripción gráfica del CMJ y curvas de fuerza vs tiempo, velocidad vs tiempo y desplazamiento vs tiempo durante el salto.



Fuente: Adaptado de Jakobsen et al, (2012)

Durante el CMJ se pueden evidenciar 4 fases (excéntrica, concéntrica, tiempo de vuelo y aterrizaje) según los movimientos descritos anteriormente, además en cada una de las fases se evalúan diferentes variables que permiten realizar un seguimiento con el fin de mejorar rendimiento y detectar fatiga neuromuscular. En la gráfica 4 se describe cada una de las fases y algunas de las variables utilizadas para su mayor comprensión.

Figura 4. Fases del CMJ y variables para evaluación del rendimiento y fatiga neuromuscular



Modificada de (Cohen, 2020; Gathercole et al., 2015; Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015) .

4.5.3. Variables del Salto contra movimiento (CMJ)

Las variables de CMJ calculadas usando plataformas de fuerza se pueden clasificar aproximadamente en: (a) rendimiento, (b) cinética y (c) cinemática. Sin duda, las variables de rendimiento son las más frecuentemente consideradas en la literatura científica y en el ámbito práctico (Perez et al; 2021). Una variable que se destaca de todas las métricas de rendimiento es la altura del salto, debido a su asociación directa con el rendimiento en una variedad de tareas específicas del deporte y la preparación física de los atletas. Las variables cinéticas (p. ej., fuerza media, fuerza máxima, impulso) han sido calculadas con frecuencia por científicos y practicantes del deporte debido a su capacidad para proporcionar una visión profunda de la mecánica de la ejecución del CMJ (Anicic et al;2023). Por otro lado, las variables cinemáticas (p. ej., duración del salto, duración de las diferentes fases) se han analizado para representar cuantitativamente la estrategia de salto utilizada para lograr un rendimiento de salto determinado. Sin embargo, parecen recibir

menos atención en la literatura científica en comparación con el rendimiento y las variables cinéticas (Anicic et al;2023).

Entre las variables más estudiadas se encuentra la altura del salto y la tasa de desarrollo de fuerza las cuales dan información sobre la fatiga neuromuscular reflejado en el rendimiento deportivo, la producción de fuerza por unidad de tiempo y, por lo tanto, la potencia que se le imprime al gesto (Serrato Roa & Galeano, 2015).

La fuerza media ayuda a evaluar la capacidad del músculo de generar tensión, y se puede determinar tanto en la fase concéntrica (cuando el músculo se acorta), como excéntrica (cuando el músculo aumenta su longitud). Relacionado con ello se encuentra la potencia media que nos ayuda a identificar que tan efectivo es el músculo produciendo trabajo, e igualmente se determina en la fase concéntrica y excéntrica (Heishman et al., 2019).

La tasa de desarrollo de la fuerza de frenado excéntrica es la tasa de desarrollo de la fuerza desde la mayor velocidad negativa hasta la velocidad cero al final de la fase excéntrica, permite estimar sobre la capacidad de reclutamiento de las unidades motoras, y la coordinación intra e intermuscular (Cabrera Garavito, 2021). Las asimetrías en la fuerza y la potencia, nos da información sobre las diferencias en estas capacidades en los dos miembros inferiores, las cuales pueden ser a causa de compensaciones, y generar mayor fatiga o sobrecarga muscular, y adicionalmente se relaciona con el riesgo de lesión, como se ha descrito antes (Serrato Roa & Galeano, 2015).

4.5.4. Prueba fuerza isométrica posterior (IPF)

Es una prueba de la fuerza muscular isométrica de los isquiotibiales, utilizando plataformas de fuerza. Se realiza tumbado en el suelo en decúbito supino, parte superior de la espalda y cabeza en contacto con el suelo. El talón de la pierna probada se coloca en la plataforma de fuerza con el tobillo en una posición neutral, el muslo y la cadera colocados para crear 90 ° de flexión de cadera y 90 ° de flexión de rodilla, la motivación verbal estandarizada es "empuja tan duro como sea posible" por 3.0 s, cada miembro se prueba dos veces (Fig 5).

La presente prueba representa una herramienta útil y práctica para determinar el nivel de fatiga inducida por los partidos, el daño muscular de los músculos posteriores de las extremidades inferiores y puede ser capaz de identificar a jugadores de fútbol "en riesgo", que exhiben grandes reducciones en la fuerza isométrica y asimetrías entre las piernas dominantes y no dominantes después del juego competitivo y durante todo el período de recuperación subsiguiente (Matinlauri et al; 2019).

De manera que, proporciona un modo simple y no invasivo para monitorear regularmente la producción de fuerza muscular en el complejo de los isquiotibiales y, por lo tanto, cuantificar la recuperación y las tendencias crónicas en la función neuromuscular de los jugadores de fútbol.

Fig 5. Prueba Isométrica Posterior (IPF) Supino 90°:90°



Fuente: Adaptado de Matinlauri et al, (2019).

5. MARCO DE REFERENCIA

Las variables del CMJ según la evidencia sobre entrenamiento y respuesta a la fatiga (Jordan et al; 2015; Jorda et al;2018; Taberner et al; 2019) demuestra que proporcionan información valiosa sobre la estrategia cinética y, en particular, el potencial para cuantificar el rendimiento. Según estudios realizados por Gathercole et al (2015) en atletas élite de snowboard Cross, la evaluación del rendimiento de CMJ mediante plataformas de fuerza, después de intervenciones de entrenamiento o de competencia, ha demostrado que en comparación con las variables típicas del CMJ como la altura del salto y la potencia máxima, existen "variables alternativas" que son marcadores más sensibles de fatiga aguda y residual y adaptaciones crónicas al entrenamiento. Así mismo demostró Cormack et al (2013) en jugadores de fútbol masculino que la fatiga aguda y residual después de la competencia o una actividad intermitente de alta intensidad, puede no manifestarse en una reducción en la altura del salto, pero se expresa en alteraciones en la estrategia del salto, incluyendo una mayor duración de las fases excéntricas, concéntricas, el tiempo total de contracción y cambios en otras variables cinéticas. Estudios más recientes realizados en futbolistas femenino y masculinos (Cohen et al; 2014; Hart et al;2019) muestran asociaciones similares entre asimetrías elevadas en las fases de despegue (excéntrico y concéntrico) y aterrizaje del CMJ en el ACLR previo y otras lesiones de las extremidades inferiores, aumentando así el riesgo potencial de lesiones no traumáticas y comprometiendo la eficiencia técnica del gesto deportivo (Loturco et al;2018).

Stearns et al (2014) investigaron los cambios en el rendimiento muscular de la cadera después de un programa de ejercicios pliométricos y de equilibrio en mujeres recreativamente activas, lo que resultó en una mejora de la fuerza isométrica de la cadera y mecánica de aterrizaje de salto de caída, que resulta en un mejor rendimiento del equilibrio dinámico de las extremidades inferiores y un número reducido de lesiones por LCA (Wingfield et al;2013).

Schache et al (2011) describieron una prueba de fuerza isométrica de cadena posterior (IPF) realizada en dos posiciones supinas flexión de cadera y flexión de rodilla a (90°:90°) y (90°:30°) respectivamente; McCall et al (2015) y Nedelec et al (2014) demostraron posteriormente la sensibilidad de ambas posiciones para detectar fatiga aguda y residual después del partido de fútbol. Wollin et al (2016) observaron disminuciones significativas en la IPF inmediatamente y después de 24 horas de la competencia en el fútbol masculino juvenil de élite con hallazgos similares reportados en el fútbol australiano (charlton et al;2018), sin embargo Matinlauri et al en 2019 observaron que los jugadores adultos semiprofesionales tenían un mayor decremento en IPF evaluado en una prueba en posición bípeda con flexión de cadera 90° y rodilla de 20 °, Los autores sugirieron que esto se debió a que la posición de 90°:20° inducía una mayor contribución relativa del bíceps femoral y una mayor extensión de la rodilla, alineándose con trabajos anteriores como el de cohen et al; 2015), además de reflejar mejor el grado de daño muscular 48 horas después del partido, proporcionando una mayor sensibilidad en la evaluación de la fatiga por el juego de partidos. Sin embargo, la prueba de 90:20 puede requerir un período más largo de familiarización que la prueba de la cadena posterior del puente supino de 90°:90°. La implementación de cualquiera de las pruebas similares puede ayudar a definir la tolerancia y la recuperación de la competencia y la carga de entrenamiento en atletas de fútbol y otros deportes de equipo, las consideraciones prácticas pueden favorecer el uso de los 90°-90° (constantine et al; 2019).

Estos hallazgos sugieren que la prueba de salto contra movimiento CMJ y la IPF, podría ser un método no invasivo adecuado para la evaluación biomecánica que permita monitorear la carga neuromuscular, en este caso de miembros inferiores en el fútbol femenino, determinantes en el rendimiento deportivo y donde aumenta la probabilidad de lesión.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. Tipo de Estudio

Esta investigación es observacional, analítica y longitudinal (Singh Setia, 2016).

6.2. Población y muestra

El presente estudio se realizó en Bogotá, en jugadoras de la selección de fútbol base Bogotá categoría sub-17, inscritas al Campeonato Nacional Femenino Sub 17 del año 2021, torneo que se realiza anualmente. Se implementó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con toma de los datos de una muestra intencional, teniendo en cuenta la disponibilidad y la participación voluntaria (López, 2004). El tamaño de la muestra corresponde a 21 deportistas integrantes de la selección de fútbol Bogotá sub-17. Las características generales de la población se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de la población participante

Variables	Unidad de medida	Media
Participantes	N (%)	21 (100%)
Edad	Años	16.9± (0.3)
Peso	Kg	56± 6.9
Talla	Cm	1.56±0.04
Dominancia	N (Izquierda -Derecha)	21 (Pierna Derecha)

± Desviación Estándar; N: número

Recolección de datos

Inicialmente se convocó una reunión a entrenadores y grupo de futbolistas convocadas al campeonato nacional con la selección de fútbol base Bogotá sub-17, con el fin de socializar los objetivos, metodología y beneficios del estudio, al igual que resaltar la importancia de la colaboración del grupo. Al finalizar, se realizó recolección de datos, entrega de asentimiento y consentimiento informado a las atletas que voluntariamente decidieron participar.

La información se obtuvo de las deportistas participantes en la etapa de tamizaje. Se tomaron los datos del instrumento de recolección y se digitalizaron en una base de datos en Excel. La información se recolecta en dos momentos: una primera toma de información se realiza en estado pre-competencia (pre-test) y posterior a la participación en la competencia (post-test).

6.3 Instrumentos para obtención de los datos

- Báscula OMROM HBF-516B.
- Plataformas de fuerza uniaxiales PASCO de 40 x 40 CM, referencia PS-2141
- Software ForceDecks Versión 1.0.101.

6.4. Criterios de inclusión y exclusión

6.4.1 Criterios de inclusión:

- Futbolista de la selección de fútbol base Bogotá, categoría sub-17.
- Inscritas al Campeonato Nacional Femenino Sub 17 del año 2021.
- Edad deportiva mayor a 2 años.
- Entregar el consentimiento informado firmado por acudiente legal.
- Firmar el asentimiento informado.

6.4.2 Criterios de exclusión:

- Haber presentado alguna lesión deportiva musculoesquelética de los miembros inferiores en los seis meses previos a la medición.
- Dolor moderado a severo durante la realización de las pruebas.
- Inestabilidad articular de rodilla o tobillo diagnosticada previamente.
- Evidente inflamación o lesión el día de la valoración en articulaciones de los miembros inferiores.
- Declarar haber consumido cafeína, sustancias psicoactivas, energizantes o tabaco el día de la valoración.

6.5 Procedimiento

Las participantes asistieron al lugar de entrenamiento regular del equipo, parque recreodeportivo el salitre en la ciudad de Bogotá, con el fin de recoger datos personales, medidas antropométricas básicas (estatura, peso), entrega de asentimientos y consentimientos firmados.

Antes de la ejecución del estudio, las deportistas junto a su director técnico, con una semana de anterioridad asistieron a la socialización de las pruebas, donde se explicó la técnica de los test y donde las futbolistas tuvieron la oportunidad de ensayar. Esto debido a que las deportistas tengan conocimiento previo de la ejecución adecuada y no obtener sesgos de medición del gesto deportivo

El día de las valoraciones se realizó una valoración física para determinar si presentaban alguno de los criterios de exclusión. Durante las valoraciones no se encontraron atletas que tuviesen inestabilidades de rodilla o tobillo, ni tampoco hallazgos que evidencian alguna patología. Se aplicaron las pruebas de CMJ y IPF en las primeras horas de la mañana entre 7 y 9 am, con el fin de evitar inconvenientes con la influencia o afectación de un test sobre otro, las mediciones se ejecutaron durante dos días para evitar fatiga o

sobrecarga, procurando que se realizarán en la misma franja horaria con el fin de reducir la influencia que podría tener las variaciones circadianas en el rendimiento físico en las pruebas.

Para la aplicación de las pruebas de salto vertical se realizó inicialmente un calentamiento, que consistió en movimiento articular, trote, y técnica de saltos correspondiente con la disciplina deportiva, con una duración de 10 minutos, posterior a ello se realizó la medición.

Para realizar las pruebas de salto vertical Contramovimiento (CMJ), las futbolistas se ubicaron sobre la plataforma de fuerza PASCO, en posición bípeda, erectas con manos sobre la cintura y luego se ordenó a las jugadoras que descendan a su profundidad autoseleccionada para saltar lo más alto y rápido posible. Las participantes mantuvieron sus manos en su cintura durante el salto para limitar la participación del balanceo del brazo, no se permite la flexión de las rodillas mientras están en el aire. Se registraron cinco ensayos con un período de descanso de 2 minutos entre cada intento de salto.

Al día siguiente del protocolo de CMJ, en posición tumbada en el suelo en decúbito supino, parte superior de la espalda y cabeza en contacto con el suelo. El talón de la pierna evaluada se coloca en la plataforma de fuerza, con el tobillo en una posición neutral y el muslo y la cadera colocados para crear 90 ° de flexión de cadera y 90 ° de flexión de rodilla, utilizando un goniómetro para mayor precisión. El evaluador ejerció presión sobre la pelvis de la futbolista en la extremidad relajada para asegurarse de que no levantarán glúteos del suelo. El fisioterapeuta dio a todas las participantes las mismas instrucciones, "empuja tan duro como sea posible" por 3.0 s, cada miembro se probó cinco veces. La evaluación de ambas piernas estuvo separada por 30 segundos mientras que el tiempo que separa los ensayos de la misma pierna fue de 1 minuto

Pasados 30 días de la medición inicial, finalizaron la participación en el torneo deportivo, se realizó la medición nuevamente (post competencia) bajo los mismos parámetros iniciales explicados anteriormente.

Se realizaron 5 intentos de cada prueba, del cual se escogieron las 3 repeticiones más homogéneas, para el registro del resultado se promediaron los datos obtenidos de las 3 repeticiones escogidas, debido a que proporciona un valor más estable, representativo y menos propenso al error Tipo II (Claudino et al; 2017).

De las múltiples variables del CMJ que arroja el software, se escogieron las relacionadas con el rendimiento y fatiga neuromusculares (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Variables del CMJ Utilizadas en el estudio

Fuente: Original de los autores. Las descripciones de las variables son tomadas de Heishman et al 2020.

Variables	Test CMJ / [Medidas]	Descripción
Variables de rendimiento	Jump Height (Altura del salto) (Tiempo de vuelo) [cmj]	Altura máxima del salto.
	Peak Power (Pico de potencia) / BM [W/kg]	Máxima generación de fuerza por velocidad durante el salto.
	Concentric Mean Force (Fuerza concéntrica media) / BM [N/kg]	Fuerza media durante la fase concéntrica
	Eccentric Mean Power (Potencia excéntrica media) / BM [W/kg]	Potencia media durante la fase excéntrica desde el inicio del movimiento hasta la velocidad cero.
	Eccentric Deceleration RFD (Desaceleración Excéntrica) / BM [N/s/kg]	Fuerza del periodo excéntrico generado durante el alargamiento muscular antagonista dentro del salto realizado.
Variables de asimetría	Eccentric Mean Force asymmetry (asimetría de la fuerza Media excéntrica) / [%, L, R]	Asimetría de la fuerza media durante la fase excéntrica.
	Concentric Mean Force asymmetry (asimetría de la fuerza concéntrica media) / [%, L, R]	Asimetría de la fuerza media durante la fase concéntrica
	Peak Landing Force asymmetry (asimetría de la fuerza Pico de aterrizaje) / [%, L, R]	Asimetría en la fuerza de acción del suelo donde la fuerza generada al momento de la caída es dividida por el peso del sujeto.

Tabla 3. Variables evaluadas de forma unipodal en el test isométrico posterior (IPF)

Variables	Unidades
Fuerza de isquiotibial pierna Derecha (PD)	Newtons
Fuerza de isquiotibial Pierna Izquierda (PI)	Newtons

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis de los datos se digitó la información obtenida en Excel 365, la normalización de los datos: Shapiro Wilk y Distribución de variables: (T- Student). El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico software R (R Core Team, 2022), Se realiza una descripción de la base de datos del pre y post, a través del cálculo de estadísticas y de gráficos descriptivos univariados (Zar, 2010). Así mismo, se calculan los intervalos de confianza del 95% para la media de acuerdo con

$$\bar{x} \pm z_{0,95} \frac{s_n}{\sqrt{n}}$$

donde \bar{x} y s_n corresponde respectivamente a la media y desviación estándar muestral, y $z_{0,95}$ Es el percentil 95 de una distribución normal estándar. La significancia se fijó en $p > 0,05$, a través de la aproximación de Wiel & Bucchianico (2001).

7.1 Consideraciones éticas

Todos los procedimientos desarrollados al interior del estudio tuvieron como referente las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, estipuladas en la Resolución 008430 de 1993 por el Ministerio de Salud, en su título II, Capítulo 1 artículos del 5 al 12, sobre los aspectos éticos de la investigación médica en seres

humanos. Esta investigación se clasifica en la categoría “b”. Investigación con riesgo mínimo”, ya que no incluye ningún procedimiento invasivo.

Además, nos acogimos a la ley 1581 de 2012, en la que se hace referencia a la protección de datos personales, para no vulnerar los derechos de autonomía e identidad de los participantes en el estudio, garantizando confidencialidad, proporcionalidad, transparencia, veracidad y seguridad de los datos, por lo que en la publicación final no se exponen datos personales y, durante el análisis, se creó un código para los datos personales. Los resultados se expresan como datos agrupados y no individuales. Las únicas personas con acceso a estos datos fueron los investigadores

La presente investigación fue sometida a la evaluación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y se cuenta con la aprobación según oficio N°. 013-118 del 08 de julio de 2021. Se requirió la aprobación de las deportistas incluidas en la investigación, entrenador y acudiente de las deportistas, el cual fue firmado, sin que ello impidiera el transcurso normal de la investigación.

No se recibió financiación alguna por grupos de interés

7.2. Asentimiento informado

Se informó a cada deportista sobre su participación voluntaria, objetivo de la investigación, beneficios, intervenciones y riesgos esperados, los cuales se dieron a conocer a través de un asentimiento informado; el cual fue aprobado y avalado por el comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Se dieron a conocer los resultados del proyecto a las deportistas, con la libre intención de que pudieran desistir de continuar con la investigación. (Anexo 1).

8. RESULTADOS

El análisis de los datos se realizó mediante una comparación exploratoria de los promedios de las variables pre y post competencia.

8.1. Análisis Univariado

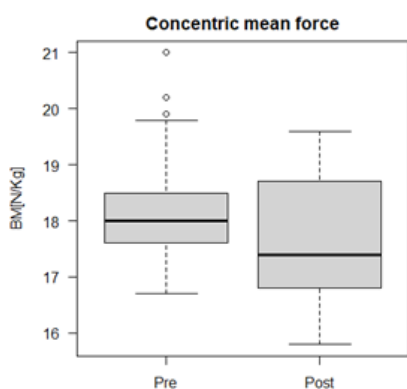
Se presentan a continuación gráficos de cajas para cada una de las variables en estudio con el fin de comparar el comportamiento de estas antes y después de la participación en el torneo de fútbol. Los respectivos análisis se soportan así mismo en la Tabla de estadísticas descriptivas.

Tabla 4. Perfil neuromuscular: Desempeño de variables de CMJ y prueba IPF.

Variable	Unidad de medida	Momento	Media	Varianza	Coefficiente de variación	Mediana	Mínimo	Máximo	Intervalo de confianza del 95%	
1	CMF	BM[N/Kg]	Pre	18,276	1,344	0,063	18	16,70	21	18,276 ± 0,495
			Post	17,571	1,314	0,065	17,40	15,80	19,60	17,571 ± 0,491
2	JH	[cm]	Pre	23,443	17,986	0,181	23,20	15,70	34,50	23,443 ± 1,813
			Post	21,862	13,325	0,167	21,80	14,00	31	21,862 ± 1,561
3	PP	BM[W/Kg]	Pre	39,329	21,638	0,118	38,80	32,80	52,60	39,329 ± 1,989
			Post	39,024	20,837	0,117	38,90	31,50	51,80	39,024 ± 1,952
4	EMP	BM[W/Kg]	Pre	5,470	0,622	0,144	5,48	4,22	6,76	5,470 ± 0,337
			Post	1,574	0,523	0,460	1,46	0,59	3,35	1,574 ± 0,309
5	CMFA	[%L,R]	Pre	5,652	42,444	1,153	5,80	-11,30	19,50	5,652 ± 2,786
			Post	6,200	60,574	1,255	5	-11,40	23,40	6,2 ± 3,328
6	EMFA	[%L,R]	Pre	8,271	248,239	1,905	5,90	-12,50	61	8,271 ± 6,738
			Post	5,886	181,468	2,289	4,90	-23,70	36,20	5,886 ± 5,761
7	PLFA	[%L,R]	Pre	13,014	208,330	1,109	11,10	-9,20	35,50	13,014 ± 6,173
			Post	7,952	310,983	2,218	5,70	-25,80	49,30	7,952 ± 7,542
8	ED	RFD/BM[N/s/Kg]	Pre	79,524	481,462	0,276	74	44	124	79,524 ± 9,384
			Post	84,714	725,714	0,318	93	42	122	84,714 ± 11,522
9	PI	CMF	Pre	146,667	881,933	0,202	145	85	194	146,667 ± 12,701
			Post	150,000	1124,200	0,224	153	72	218	150 ± 14,340
10	PD	CMF	Pre	148,857	1071,529	0,220	147	101	206	148,857 ± 14,001
			Post	173,619	1334,548	0,210	166	110	246	173,619 ± 15,624

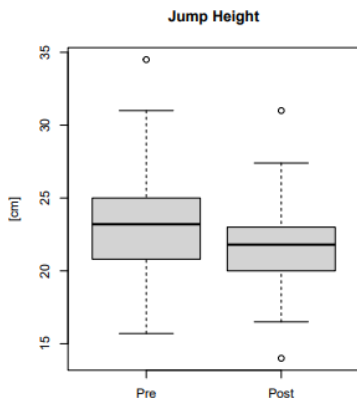
1. Concentric Mean Force **CMF** (Fuerza concéntrica media); 2. Jump Height **JH** (Altura del salto); 3. Peak Power **PP** (pico de potencia); 4. Eccentric Mean Power **EMP** (potencia media excéntrica); 5. Concentric Mean Force asymmetry **CMFA** (Asimetría de fuerza media concéntrica); 6. Eccentric Mean Force asymmetry **EMFA** (Asimetría de Fuerza media excéntrica); 7. Peak Landing Force asymmetry **PLFA** (Asimetría de pico de Aterrizaje); 8. Eccentric Deceleration **ED** (Desaceleración Excéntrica); 9. **PI**: Fuerza Isométrica Isquiotibial en pierna izquierda; 10. **PD**: Fuerza isométrica isquiotibial en pierna Derecha.

Figura 6. Diagrama de caja y bigote para la variable de Concentric Mean Force **CMF** (Fuerza concéntrica media).



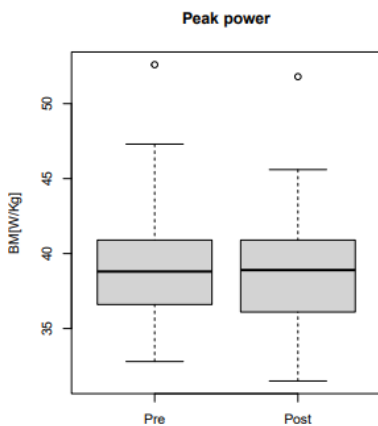
En la Figura 6. Se puede observar que, para la fuerza media concéntrica, posterior a la competencia, se presentó una disminución de su valor y un aumento en su grado de dispersión.

Figura 7. Diagrama de caja y bigote para la variable de Jump Height **JH** (Altura del salto)



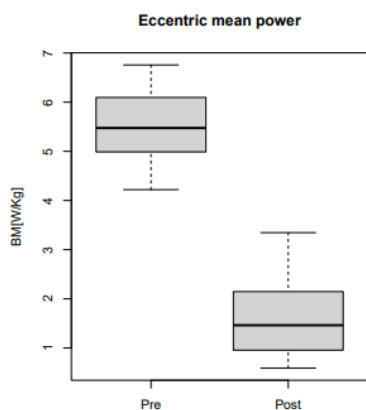
La altura de salto también presentó una disminución promedio en sus mediciones, la cual se hace menos evidente ya que, por ejemplo, las medianas de ambos momentos se mantienen alineados dentro de la caja de la otra. Obsérvese que a pesar de la presencia de un dato atípico, la media muestral y la mediana se mantienen bastante cercanas (\bar{x} pre = 23.4, M_{pre} = 23.2 para los previos y \bar{x} post = 21.9, M_{post} = 21.8 para los posteriores).

Figura 8. Diagrama de caja y bigote para la variable de tiempo de Peak Power **PP** (pico de potencia).



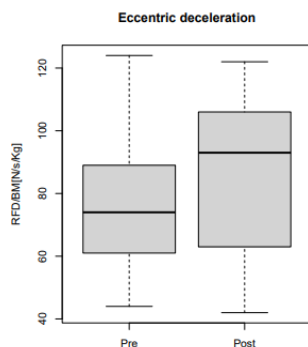
Contrario a las variables anteriores, la potencia máxima se mantuvo dentro de su mismo rango previo a la prueba, los individuos en estudio continuaron marcando una potencia superior a los 35W/kg. Esta variable es la más estacionaria del estudio en términos de variación casi nula entre lo previo y lo posterior.

Figura 9. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Mean Power **EMP** (potencia media excéntrica).



Los diagramas de cajas de la potencia media excéntrica son los que mejor reflejan el efecto de la carga de competencia. La disminución media de este indicador de 5.470 W/Kg a 1.574 W/Kg indica que esta variable se ve fuertemente afectada por el agotamiento físico, los individuos acabaron la prueba con menos de la mitad de su energía media excéntrica. El valor máximo posterior obtenido fue de 3.35W/Kg, el cual mantiene su distancia del mínimo previo 4.22W/Kg.

Figura 10. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Deceleration **ED** (Desaceleración Excéntrica).



La desaceleración aumentó más de 5 unidades de medida, pero sin trasladar la distribución de sus datos hacia valores más altos, véase el tamaño de la caja posterior de esta variable y la ubicación de su mediana. Esta también aumentó a la par de la media, pero el primer

cuartil se mantuvo alineado con el de las mediciones previas. Recuérdese que la altura de la caja tiene relación con la suma de desviaciones estándar, las cuales son monumentales en este caso.

Figura 11. Diagrama de caja y bigote para la variable de Concentric Mean Force asymmetry **CMFA** (Asimetría de fuerza media concéntrica)

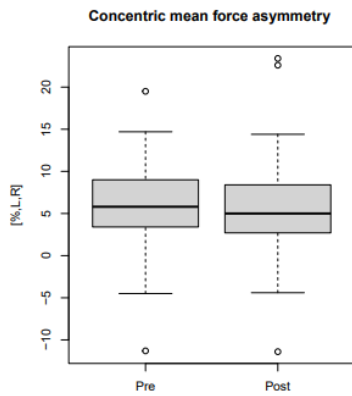


Figura 12. Diagrama de caja y bigote para la variable de Eccentric Mean Force asymmetry **EMFA** (Asimetría de Fuerza media excéntrica)

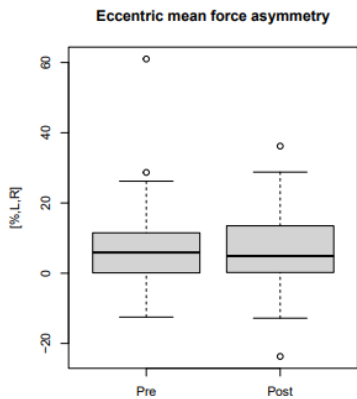
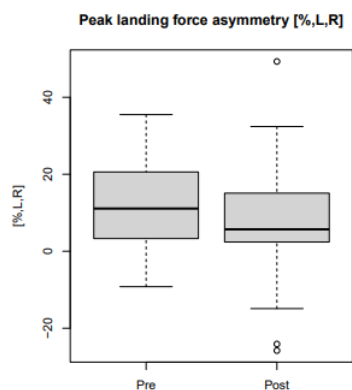


Figura 13. Diagrama de caja y bigote para la variable de Peak Landing Force asymmetry PLFA (Asimetría de pico de Aterrizaje).



Las siguientes tres variables que miden asimetrías toman también valores negativos dentro de su dominio, no obstante, no están centradas alrededor de cero, sino que se distribuyen mayoritariamente hacia los naturales superiores a 5. Tanto la asimetría de la fuerza media concéntrica, la de fuerza media excéntrica y la de fuerza de aterrizaje, tienen características en común. Las dos primeras variables indicadores se mantuvieron semejantes luego de la competencia con la prevalencia de observaciones outliers las cuales en este caso si afectan a la media muestral. Los máximos de 23.4, 61 y 36.2 son claros ejemplos de cómo se presenta asimetría a derecha haciendo que la media tome valores más grandes. Otro aspecto para resaltar en estas variables es la magnitud de la varianza y del coeficiente de variación. La dispersión de los datos es bastante alta y por ende la cuantificación de la incertidumbre también (razonamiento reflejado en el ancho del intervalo de confianza para la media muestral).

Figura 14. Diagrama de caja y bigote PRE y POST para la prueba IPF en pierna izquierda.

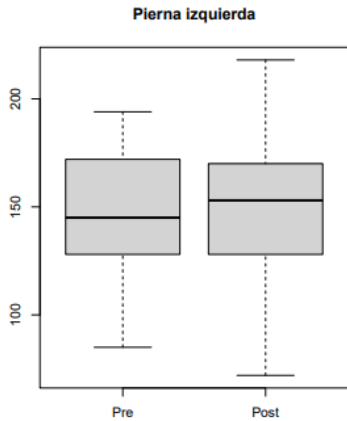
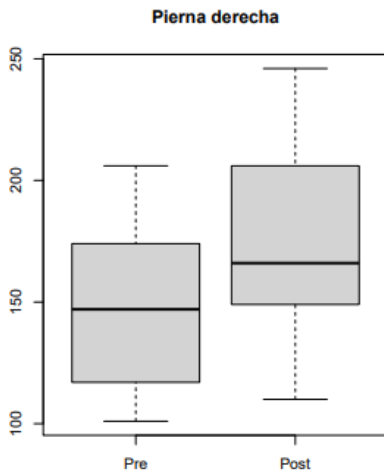


Figura 15. Diagrama de caja y bigote PRE y POST para la prueba IPF en pierna Derecha



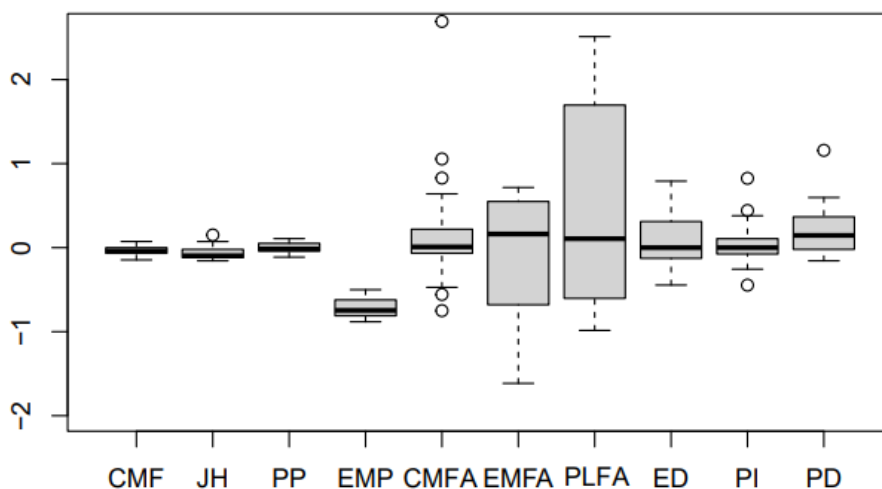
Por último, las mediciones para ambas piernas de las atletas participantes en el estudio presentaron un aumento significativo reflejado en las estimaciones puntuales de la media y la mediana junto con las diferencias de alturas de los diagramas de cajas y bigotes correspondientes. Los valores altos de las medias muestrales, los intervalos de confianza siguen siendo razonables a pesar de su gran ancho.

Ahora, con el fin de medir más formalmente ese cambio de observaciones obtenido luego de la prueba se decidió emplear la razón de cambios porcentuales. Esta proporción se define para este estudio como

$$\frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{pre}}$$

Vale la pena hacer una apreciación acerca de este cálculo. En el numerador se está restando lo posterior a lo previo, por lo que si el objetivo gira en torno a encontrar resultados que sustenten la disminución de lo posterior respecto de lo previo, se va a obtener un cambio negativo.

Figura 16. Cambios porcentuales para cada variable



Concentric Mean Force **CMF** (Fuerza concéntrica media); Jump Height **JH** (Altura del salto); Peak Power **PP** (pico de potencia); Eccentric Mean Power **EMP** (potencia media excéntrica); Concentric Mean Force asymmetry **CMFA** (Asimetría de fuerza media concéntrica); Eccentric Mean Force asymmetry **EMFA** (Asimetría de Fuerza media excéntrica); Peak Landing Force asymmetry **PLFA** (Asimetría de pico de Aterrizaje); Eccentric Deceleration **ED** (Desaceleración Excéntrica); **PI**: Fuerza Isométrica Isquiotibial en pierna izquierda; **PD**: Fuerza isométrica isquiotibial en pierna Derecha.

Este gráfico múltiple reafirma los análisis realizados de manera univariada previamente, dándole una interpretación más cercana a los datos. La variable EMP tuvo menor valor en su cambio proporcional, con lo que es la que más afectada. Nuevamente, las menos relacionadas con este desgaste físico serían las variables de asimetría.

Previamente se analizaron los cambios porcentuales de las variables luego de la competencia deportiva realizada, y con el fin de profundizar más en el efecto o no de esta carga, se analizan a continuación las diferencias promedio Post – Pre.

Finalmente, se calculan los intervalos de confianza para las diferencias promedio Post - pre (Tabla 5).

Tabla 5. Cálculo de intervalo de confianza para las diferencias post- pre

Variable	Diferencia media	Varianza	Coefficiente variación	Intervalo de confianza del 95%
CMF	-0,70	1,09	-148,32	-0,70 ± 0,45 (-1,15 , -0,26)
JH	-1,58	3,95	-125,76	-1,58 ± 0,85 (-2,43 , -0,73)
PP	-0,30	6,37	-830,19	-0,30 ± 1,08 (-1,38 , 0,77)
EMP	-3,90	0,76	-22,45	-3,90 ± 0,37 (-4,27 , -3,52)
CMFA	0,05	5,89	4610,46	0,05 ± 1,04 (-0,98, 1,09)
EMFA	0,06	77,02	14626,68	0,06 ± 3,75 (-3,69, 3,81)
PLFA	-6,08	211,73	-239,33	-6,08 ± 6,22 (-12,30, 0,14)
ED	5,19	566,76	458,67	5,19 ± 10,18 (-4,99, 15,37)
PI	3,33	1132,23	1009,56	3,33 ± 14,39 (-11,06, 17,72)
PD	24,76	1514,49	157,16	24,76 ± 16,64 (8,12 , 41,40)

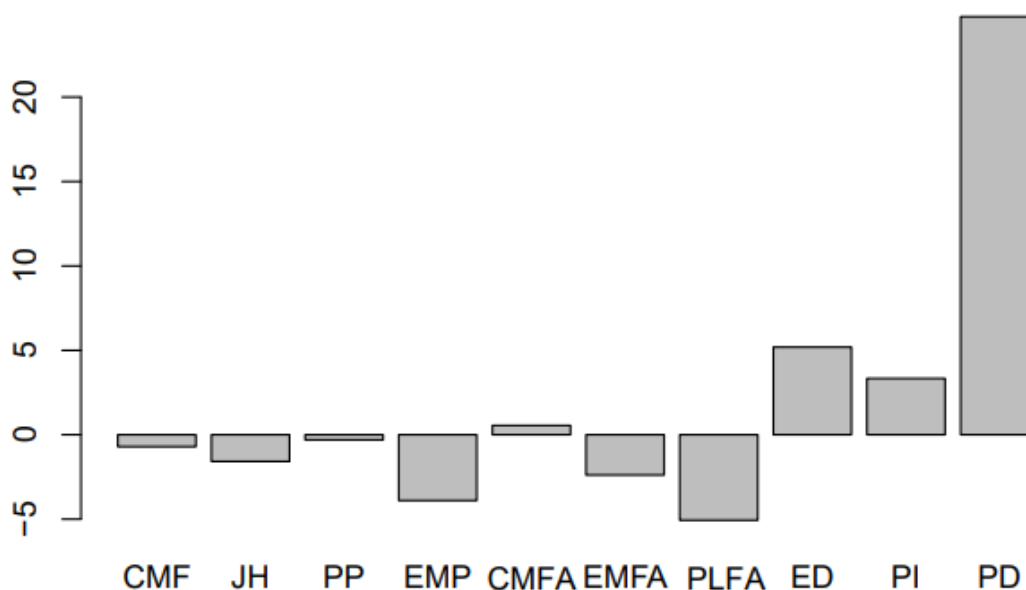
Concentric Mean Force **CMF** (Fuerza concéntrica media); Jump Height **JH** (Altura del salto); Peak Power **PP** (pico de potencia); Eccentric Mean Power **EMP** (potencia media excéntrica); Concentric Mean Force asymmetry **CMFA** (Asimetría de fuerza media concéntrica); Eccentric Mean Force asymmetry **EMFA** (Asimetría de Fuerza media excéntrica); Peak Landing Force asymmetry **PLFA** (Asimetría de pico de Aterrizaje) ;Eccentric Deceleration **ED** (Desaceleración Excéntrica); **PI**: Fuerza Isométrica Isquiotibial en pierna izquierda; **PD**: Fuerza isométrica isquiotibial en pierna Derecha.

Se puede observar de la Tabla 5. que cinco de las diez variables en estudio presentan en promedio una diferencia negativa entre las mediciones posteriores y las previas, confirmando la tendencia a disminuir luego del torneo.

Los intervalos de confianza para la diferencia promedio permiten identificar si el torneo tuvo efecto significativo estadísticamente hablando en la disminución de indicadores de rendimiento físico, ya que con una confianza del se dice que el verdadero valor del parámetro se encuentra entre sus límites. Los intervalos destacados en negrilla son aquellos que contienen al cero en su rango, por lo que resulta válido afirmar que, para estas variables, no se observó un cambio estadísticamente significativo.

Para ilustrar el comportamiento de estas diferencias se presenta el gráfico de barras correspondiente. El registro de la pierna derecha se cataloga como una diferencia anormal y habría que revisar si esta se debe a las altas unidades de medida o a algún error no probabilístico.

Figura 17. Diferencias promedio para cada variable posterior a la competencia de fútbol.



Concentric Mean Force **CMF** (Fuerza concéntrica media); Jump Height **JH** (Altura del salto); Peak Power **PP** (pico de potencia); Eccentric Mean Power **EMP** (potencia media excéntrica); Concentric Mean Force asymmetry **CMFA** (Asimetría de fuerza media concéntrica); Eccentric Mean Force asymmetry **EMFA** (Asimetría de Fuerza media excéntrica); Peak Landing Force asymmetry **PLFA** (Asimetría de pico de Aterrizaje); Eccentric Deceleration **ED** (Desaceleración Excéntrica); **PI**: Fuerza Isométrica Isquiotibial en pierna izquierda; **PD**: Fuerza isométrica isquiotibial en pierna Derecha.

9. DISCUSIÓN

El peso y talla encontrado en el presente trabajo de investigación presentó características comparables con estudios nacionales (Becerra et al;2020), caso contrario a lo hallado en estudios internacionales (Ingebrigtsen et al; 2011; Milanovic et al;2011). Según Castillo et al; 2012 estas diferencias se asocian a condiciones ambientales y factores hereditarios que son no modificables. Sin embargo, Saether et al;2017 afirma que un mayor o menor peso no repercute en un mejor rendimiento deportivo, no obstante, una mayor altura podría brindar ventaja según la posición de juego (Mielgo et al; 2015).

Durante la temporada competitiva, los partidos de fútbol se asocian a un aumento del volumen de ejercicio y al estrés fisiológico que se asocia con un mayor tiempo de juego (Kraemer, 2004), el atleta puede no lograr una recuperación adecuada, lo que puede conducir a una disminución del rendimiento a lo largo de la temporada, al tiempo que aumenta el riesgo de lesiones (Carling et al., 2015; Dupont et al., 2010; Carling et al; 2012). Así mismo, otros autores en las medidas de rendimiento físico durante una temporada competitiva han reportado disminuciones en la potencia (McLean et al; 2012), fuerza y velocidad (Kraemer et al; 2004).

Sin embargo, investigadores como Jajtner et al; 2013, han informado del mantenimiento o mejoramiento de las medidas de rendimiento físico durante una temporada de fútbol competitivo en mujeres de la División I de la NCAA, independientemente del tiempo de juego. Estos resultados apoyan el estudio de Morgans et al; 2017, donde el relevante incremento del rendimiento sugiere que la intensidad de la actividad que se asocia a partidos de la Premier League puede actuar como estímulo importante para la adaptación

neuromuscular. La alta variabilidad en los resultados sobre el rendimiento durante la competencia deportiva puede deberse al tiempo de exposición o alteraciones en la fuerza y madurez de cada jugador.

Una de las variables estudiadas del salto contramovimiento (CMJ) en la presente investigación es la altura de salto (HJ). Donde la muestra evaluada obtuvo un promedio ligeramente inferior a los valores del estudio de Becerra en atletas colombianas de la selección Bogotá de Fútbol Femenino sub 15, con un promedio HJ de 24,1 Cm \pm 4,5 (Becerra et al; 2022). Así mismo, presentaron valores inferiores a los del estudio de Torres y Escrivá (2018), en futbolistas españolas de la categoría juvenil de la liga Nacional, consideradas como deportistas de alto nivel, obteniendo un promedio HJ de 26,38 cm \pm 6,09, y valores por debajo de los observados en jugadoras tunecinas con un promedio de edad 16.5 \pm 0.4 años con HJ de 26.9 \pm 4.2 cm (Hammami et al., 2019).

Al comparar los hallazgos de la presente investigación con atletas femeninas adultas, Laffaye en su estudio obtuvo una media de HJ de 42.6 cm (DE 6.3 cm), observamos que los resultados en la muestra del presente estudio son cerca de 20 cm inferior. Pese a que las jugadoras eran jóvenes, las diferencias podrían estar más correlacionadas a una mayor preparación, teniendo en cuenta que nuestra población se consideraría semiprofesional. Así lo confirma la investigación de Capela et al (2005) donde concluyeron que la madurez tenía poco efecto en el rendimiento del salto y que era más probable que influyeran factores como la coordinación intermuscular. Por lo que es probable que la función del ciclo de estiramiento-acortamiento (CSS) de adolescentes con una mayor preparación, historial de juego y/o experiencia en entrenamiento de fútbol, sea similar a la de los adultos.

Spalding investigó los cambios en la altura de salto durante la participación en un calendario de partidos congestionado en jugadoras de fútbol juvenil, obteniendo diferencias estadísticamente significativas entre la pérdida de HJ antes y después de la competencia (2.663,11.724) = 9.061, $p < 0.001$). Estos hallazgos concuerdan también con la pérdida significativa de HJ post competencia en el presente estudio con (IC 95% - 2,43, -0,73, $p < 0.05$). De igual manera, otros estudios como los realizados por (Thomas et al., 2017; Watkins et al., 2017) encontraron disminuciones en el rendimiento de HJ en jugadores de fútbol después de un calendario de partidos congestionado. No obstante, los resultados de la investigación de Krstrup no están de acuerdo con estos estudios,

ya que no encontraron diferencias en la altura del salto. Sin embargo, estas jugadoras eran jugadoras de élite y el estudio solo incluyó un partido (Krustrup et al; 2010).

La variable de fuerza seleccionada en la fase concéntrica del CMJ en este estudio, fue la fuerza media concéntrica (CMF), obteniendo valores inferiores a los reportados por Laffaye en atletas adultas élite en deportes de equipo, con un promedio de 19.83 N/ Kg (Laffaye et al; 2014). Así mismo, Gathercole obtuvo en atletas masculinos de deportes en equipo a nivel universitario un promedio de CMF 14.92 N/Kg, el cual después de un protocolo fatigoso de ejercicio intermitente de alta intensidad presentó un aumento significativo de 19.4 ± 1.8 N/KG (Gathercole et al; 2015), contrario a la presente población de estudio quien presentó una disminución significativa de CMF a la participación en la competencia (IC 95%: -1,15, -0,26, $p < 0.05$).

En cuanto a las variables de potencia del CMJ, la potencia media excéntrica (EMP), los datos en la presente investigación fueron inferiores a los de Harper et al; 2020, donde identificó en atletas universitarios que participaban principalmente en deportes de equipo (fútbol y rugby), un promedio de EMP de 6.35 ± 1.10 w/kg (Harper et al; 2020). Esta diferencia puede explicarse por las diferencias estructurales en las propiedades elásticas del músculo, como el ángulo de penación muscular y la activación de la unidad motora, lo que contribuye a la producción de fuerza y la transferencia de potencia (Thomas et al; 2022). Específicamente, los mayores ángulos en hombres de peneación del vasto lateral y el gastrocnemio lateral se correlacionan con una mayor potencia en el CMJ (Alegre et al; 2009). Lonergan realizó una comparación del rendimiento del CMJ al comienzo y al final de una temporada internacional de Rugby en jugadores masculinos, obteniendo una disminución no significativa de la EMP al final de la temporada (Lonergan et al; 2022). De igual manera, en la presente investigación se observó una disminución, aunque significativa (IC 95%: -4,27, -3,52, $p < 0.05$).

El pico de potencia (PP) en la presente muestra fueron datos ligeramente inferiores a los descritos por Becerra en futbolistas sub 15 con un promedio de $40,56$ W/Kg $\pm 6,68$ y Merino en futbolistas profesionales adultas referenciando un promedio de 41.4 ± 4.0 W/Kg (Merino et al; 2022). Al finalizar la competencia, la producción del PP se mantuvo igual en la población de estudio, a pesar del deterioro de las demás variables neuromusculares evaluadas. Así mismo, Gathercole evaluó el rendimiento del CMJ antes y después de

un protocolo de ejercicio agotador en atletas elite de snowboard-cross revelando que la PP se mantuvo, a pesar de la fatiga aguda (Gathercole et al; 2015). Curiosamente, Cormack et al. (2008) informaron de ningún cambio en el PP después de un partido competitivo de fútbol australiano. Estudios previos han informado diferentes cambios en el PP después del ejercicio agotador, con aumentos (Boullosa et al; 2011), sin cambios (Hoffman et al; 2002; Hoffman et al;2003; Jakobsen et al; 2012; Thorlund et al; 2008) y disminuciones (McLellan et al; 2011; Gathercole et al; 2014), todas estas investigaciones utilizaron protocolos de fatiga diseñados específicamente o partidos competitivos, por lo que el grado de fatiga probablemente difería. En consecuencia, la actividad realizada, los mecanismos multifactoriales de la fatiga, el estado de entrenamiento del atleta, el tiempo de evaluación después del ejercicio agotador, probablemente contribuyan a las variadas respuestas.

La variable de Desaceleración excéntrica (DE) RFD los valores encontrados en la población de estudio, fueron similares a la reportada por Becerra en jugadoras de fútbol femenino bogotano sub-15 con $77,57 \pm 24,56$ N/s/Kg, sin embargo, los datos obtenidos no se encuentran dentro la línea benchmarks brindada por los lineamientos de Coldeportes de 82 N/s/Kg (Cohen et al;2018). En el presente estudio no se observaron cambios significativos al estímulo de la competencia deportiva, a diferencia del estudio de Lonigan en jugadores de rugby, el cual obtuvieron un promedio de 166.30 N/s/Kg y al finalizar la competencia obtuvieron un aumento significativo IC 95%:11.0 (9.9, 17.5; p: 0.01).

los valores alto de (DE) RFD permite un aumento en el nivel de fuerza al reclutar rápidamente unidades motoras, a través de una mayor precarga e interacción mejorada entre elementos contráctiles-elásticos, almacenamiento y utilización de energía elástica y activación del reflejo de estiramiento (Laffaye et al;2014; Harper et al; 2020). De manera que se podría inferir que, el desempeño post competencia en las variables del CMJ descritas anteriormente estarían influenciadas por la ausencia de esta eficiencia mecánica en la población de la presente investigación.

Podría explicarse este desempeño neuromuscular posterior a la competencia deportiva, por la especificidad del deporte. La práctica del fútbol incluye ejercicios de ciclo de estiramiento- acortamiento (CEA) submáximos y máximos, así como una necesidad

frecuente de acelerar, desacelerar, esprintar, tales actividades se asocian a un costo energético adicional y aún mayor daño muscular. El alto estrés mecánico producido por los movimientos de CEA induce fatiga aguda, que comúnmente se relaciona con la acumulación de metabolitos, el agotamiento de energía y cambios en la liberación/reabsorción de calcio (Sahlin, 1992; Williams y Klug, 1995). Esto resulta en un deterioro de la función muscular, lo que en consecuencia puede explicar la disminución de la altura del salto después de una competición deportiva (Nicol et al., 2006).

Teniendo en cuenta a Nicol et al (2006), los ejercicios exhaustivos de CEA inducen a menudo una reducción drástica de la fuerza y potencia muscular. Las acciones musculares de fuerza, como las que se realizan durante el fútbol, pueden provocar alteraciones estructurales dentro de las miofibrillas, mecanismo que contribuye al deterioro del CEA (Andersson et al; 2008). lo que puede explicar la alteración de la capacidad de generación de fuerza después de un partido de fútbol. Tal como concluyó Wadden et al. Después de un ejercicio agotador de CEA, las disminuciones en la fuerza concéntrica fueron el resultado de cambios mecánicos dentro del músculo en lugar de cambios centrales o metabólicos.

Es probable que la alta intensidad, el alto volumen de partidos y la falta de períodos de recuperación, conduzcan a una disminución de la rigidez de los músculos y los tendones alrededor de la articulación de la rodilla (Mate et al; 2017). Se ha documentado que el ejercicio excéntrico prolongado e intenso, principalmente con CEA, induce reducciones inmediatas y prolongadas en varias funciones musculares, como sensibilidad de reflejo de estiramiento y regulación de la rigidez articular (Nicol et al; 2006).

Por lo tanto, se puede sugerir que, durante la fatiga, la rigidez muscular reducida es, al menos en parte, responsable del debilitamiento del rendimiento muscular, lo que resulta en una utilización deficiente de la energía elástica (Avela et al; 1998). Esto está en línea con los resultados de Komi et al 1986; quienes sugirieron que las cargas de impacto repetitivo pueden disminuir la capacidad de los músculos extensores de las piernas para sostener esas cargas y, en consecuencia, el músculo puede perder sus características de retroceso. Por lo que se podría argumentar que la disminución del rendimiento EMP no solo es un efecto directo de la fatiga central o periférica, sino en parte debido a la utilización deficiente de la energía elástica mediada por la rigidez muscular.

En un salto vertical se espera que ambas extremidades contribuyan lo mismo en fuerza y potencia, de lo contrario el rendimiento disminuye y la probabilidad de lesión aumenta (Bell et al;2014). Sin embargo, esto no se cumple, ya que la mayoría de las veces se presentan asimetrías dadas de acuerdo con la extremidad dominante. Por lo que, las asimetrías de fuerza en las extremidades son un factor de riesgo para lesiones musculares.

Investigaciones anteriores han sugerido un umbral de asimetría del 15 % como un umbral crítico para la predicción de un mayor riesgo de lesiones (Read et al; 2018). Sin embargo, las sugerencias más recientes abogan por el 10% como un objetivo al que apuntar (Bromley et al; 2021). A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio sobre las variables de asimetrías seleccionadas del CMJ.

La Asimetría de fuerza media concéntrica (CMFA) obtenida en el presente estudio fueron valores similares a los mencionados por el estudio de Wrona et al (2023) en una población de atletas elite juveniles de fútbol sub-17 con un promedio de 5,0%. Mientras que, la asimetría de fuerza media excéntrica (EMFA) de la presente investigación fue valores menores a los de Wrona et al (2023), quienes obtuvieron un promedio de 11,3% en futbolistas sub-17. En el presente estudio, las mediciones de CMFA y EMFA no presentaron cambios significativos al finalizar la competencia de fútbol.

La asimetría de pico de aterrizaje (PLFA) encontrada en el estudio fueron valores menores a los obtenidos en cadetes mujeres que ingresaron a la Escuela Militar Jose María Cordova en Bogotá con un $\% 17,88 \pm 13,38$ (Rincón & Argothy, 2019). Sin embargo, en estudios realizados en poblaciones atletas elite, informan $\% PLFA$ en esquiadores alpinos de 1% (Challis et al; 2020), en baloncesto femenino $\% -1.79 \pm 15.56$ (Keogh et al 2022), en fútbol profesional masculino 8.7% (Read et al;2020). Un estudio realizado en jugadores adolescentes elite de una academia profesional de fútbol inglesa, investigó los efectos de un partido de fútbol competitivo sobre el rendimiento del CMJ y las asimetrías entre extremidades durante un período de 72 horas (h), informando un pre PLFA de 7%, que aumentó al finalizar a un 13%, significativamente diferente del valor previo al partido. Concluyendo así, que los efectos de un partido competitivo sobre el $\% PLFA$ resultaron en "aterrizajes más pesados", debido a una pérdida de control neuromuscular (Bromley et al;

2021). Aunque los resultados no pueden ser comparables por el tipo de estudio, y que solo incluyó un partido tipo competitivo, en la presente investigación se observó una disminución no significativa del % PLFA. Por lo que podríamos inferir que el efecto de la carga de competencia en las futbolistas estudiadas generó un efecto positivo en el control neuromuscular, que les permitió compensar estas asimetrías.

Las diferencias encontradas en el presente estudio sobre la magnitud de las asimetrías en las diferentes fases del CMJ post competencia, confirma trabajos previos en futbolistas de élite que muestran mayores asimetrías en la fase excéntrica y aterrizaje, que en la fase concéntrica (Cohen et al;2014).

Prueba fuerza isométrica posterior (IPF)

El promedio de la IPF obtenidos en la presente investigación fueron valores similares a los obtenidos por Becerra et al;2022 en fútbol femenino sub 15 con IPF $138,92 \pm 26,63$ en PI y $141,59 \pm 39,96$ en PD, e inferiores a los valores referenciados por Cuthbert et al;2021 en futbolistas sub 20 con un promedio en PI de $188.88 \text{ N} \pm 27.84$ y 189.70 ± 31.28 . Las diferencias podrían explicarse, aunque de forma especulativa, por diferencias en la experiencia y estado de entrenamiento de los atletas.

Se ha referenciado que el valor de fuerza de isquiotibiales debe ser entre 300 y 400 Newton en la población masculina (Cuthbert et al., 2020; Opar et al., 2015). Debido a las diferencias anatómicas, biomecánicas, neuromusculares entre hombres y mujeres, no se comparó los datos obtenidos con los valores sugeridos por la literatura.

La presente investigación no encontró valores de referencia normalizados en fútbol femenino, por lo que se deben crear perfiles de referencia por población específica, para crear guías de referencia para procesos de aumento de capacidades físicas, identificación de factores de riesgo y readaptación deportiva, estandarizando protocolos de intervención específicos que puedan llevar a realizar comparación con perfiles de jugadoras nacionales e internacionales. Con el presente estudio se pudo establecer perfiles de fuerza de isquiotibiales en jugadoras de fútbol base colombiano, permitiendo tener una guía de referencia.

El efecto de la competencia de fútbol sobre la prueba de IPF en el presente estudio, arrojó un aumento de la fuerza isométrica de isquiotibiales no significativo en PI y significativo en PD con IC 95% (8,12, 41,40; $p \leq 0,05$). Convirtiendo así, la competencia en un estímulo importante para las adaptaciones de la fuerza muscular. No obstante, cabe destacar el aumento de asimetría entre miembros post competencia, que si bien no llega a los valores sugeridos por Bourne et al;2015 afirmando que las asimetrías de fuerza mayor del 15 % en la musculatura isquiotibial tiene riesgo 2,4 veces de lesión. Sin embargo el aumento de asimetría observado, quizá se deba a mecanismos compensatorios, entre los que se encuentra la alteración de la técnica de los movimientos, lo cual puede causar lesiones a largo plazo.

La observación de una adaptación positiva a la competencia coincide curiosamente con el estudio de Constantino et al 2019, quienes informaron que luego de 90 min de partido en jugadores de fútbol juvenil de élite, realizaron test IPF unilateralmente a 90° de flexión de rodilla/cadera, antes y después del partido, +24 h, +48 h y +72 h después del partido, y a las 72 h, el IPF fue significativamente $p = 0,005$ más alto que los valores previos al partido, en contraste con el retorno a los valores previos al partido. Sugiriendo que el juego de partidos y, en particular, el volumen de movimientos explosivos repetidos que incluyen carreras de alta velocidad que se observan en el fútbol, es con el que la adaptación positiva estaba más fuertemente asociada (Morgans et al; 2018), representando así, la carga fisiológica más alta a la que está expuesto un jugador. Siendo este un estímulo importante para las adaptaciones de la potencia muscular.

Por lo que, una de las hipótesis manejadas para los resultados hallados en su estudio, es que cuando se combina una recuperación adecuada, los partidos pueden proporcionar un estímulo para el desarrollo de la fuerza muscular de la cadena posterior, medible con estas pruebas isométricas IPF.

10. CONCLUSIÓN

El presente estudio se perfila como una de las primeras aproximaciones en fútbol femenino colombiano que asocia la monitorización del rendimiento deportivo y riesgo de lesiones en tren inferior, mediante el análisis de las variables del (CMJ) y la prueba (IPF), evaluadas en plataforma de fuerza.

La carga de competencia deportiva provocó cambios en la mecánica del CMJ, a través de un deterioro de la función del ciclo de estiramiento-acortamiento, reflejado en la disminución significativa de la producción de fuerza y tanto, nuestros hallazgos indican que la eficiencia mecánica disminuyó posterior al campeonato, posiblemente por la disminución de las propiedades contráctiles del músculo que afectan su desempeño y la utilización excesiva de la energía elástica en el CMJ.

El test IPF 90°-90° fue sensible a cambios neuromusculares. Permitió identificar adaptaciones musculares de los isquiotibiales post competencia en la pierna dominante, así mismo, informó aumentó post competencia de asimetrías de fuerza en isquiotibiales entre miembros, que quizás se deba a mecanismos compensatorios, entre los que se encuentra la alteración de la técnica de los movimientos lo cual puede causar lesiones a largo plazo.

De esta manera, la evaluación de variables del CMJ y la IPF, podría considerarse un protocolo práctico y eficiente para identificar déficits neuromusculares residuales después

de una competencia y monitorear el rendimiento del atleta para el desarrollo óptimo de su desempeño deportivo.

11. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda establecer una mayor muestra poblacional de futbolistas e implementar monitoreo neuromuscular de manera más periódica (cada semana, cada 15 días) con el objetivo de evaluar los cambios y adaptaciones que sufre el sistema osteomuscular bajo las cargas de entrenamiento más competencia.

Realizar mediciones antropométricas y su posible influencia en los perfiles y adaptaciones neuromusculares post competencia.

A. Anexo: Asentimiento informado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MEDICINA

Departamento del Movimiento Corporal Humano

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Este formulario de asentimiento informado está dirigido a Jugadoras de la selección de fútbol base Bogotá, categoría sub-17, a quienes se invita a participar en el proyecto de investigación “Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá”.

Hola mi nombre es _____ soy fisioterapeuta, estudiante de la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Universidad Nacional. Actualmente estoy trabajando en un estudio que busca investigar relación entre pruebas de miembros inferiores que permitan identificar factores relevantes en el rendimiento neuromuscular asociadas al juego y entrenamiento, para ello queremos pedirte que nos apoyes.

Tu participación en el estudio consistiría en realizar al inicio del campeonato nacional y al finalizar la competencia, un test de salto contramovimiento y prueba isométrica de cadena posterior, las pruebas aplicadas corresponden a pruebas de investigación con riesgo mínimo, las cuales son válidas para hacer un registro de datos con procedimientos comunes, no invasivos y consistentes en exámenes generales de la fuerza muscular y biomecánica del gesto deportivo.

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando el técnico del equipo, tus papá o mamá hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que, si en un momento dado ya no quieres continuar en el estudio, no habrá ningún problema, o si no quieres responder a alguna pregunta en particular, tampoco habrá problema, ni tendrá consecuencias.

La información suministrada a lo largo de todos los procedimientos no será empleada con un uso diferente al académico y la identidad será anónima cuando sean usados los resultados, así mismo podrás presentar tus dudas o quejas con la investigadora principal, Maureen Pineda Oñate (mpinedaon@unal.edu.co) (cel: 3228607648).

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una (✓) en el cuadro de abajo que dice "Sí quiero participar" y escribe tu nombre.

Si no quieres participar, no pongas ninguna (✓), ni escribas tu nombre.

Sí quiero participar

Nombre: _____

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

Fecha: _____ de _____ de _____.

B. Anexo: Consentimiento informado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE MEDICINA

Departamento del Movimiento Corporal Humano

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Yo _____, identificado con número de C.C. _____ de _____ y en mi condición de padre/madre/tutor de la adolescente _____ identificada con TI _____, Manifiesto en forma libre y espontánea, que he sido informado(a) debidamente de la investigación titulada "Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá", que se llevara a cabo Mediante la toma de datos básicos como la edad, peso, talla y la realización de saltos en contra movimiento y prueba isométrica posterior sobre una plataforma de fuerza. Me han informado que estas pruebas se realizan con el fin de proporcionar información útil sobre el estado de la atleta, la respuesta a la carga durante el entrenamiento, que van a permitir optimizar el rendimiento en el campo, determinar el nivel de riesgo de lesiones e identificar a las jugadoras propensas a sufrir lesiones.

Hemos sido informados de que la información aportada a la fisioterapeuta durante el proceso evaluativo está aprobada para ser tratada solo con fines investigativos.

Aceptamos que como padres estaremos informados de los aspectos relacionados con el proceso terapéutico y con su evolución, manteniendo como confidenciales los datos que así hayamos acordado previamente entre nosotros, nuestra hija y la terapeuta.

Consciente de la información anterior, de los riesgos mínimos de la investigación, de manera libre y espontánea y en pleno uso de mis facultades mentales superiores, expreso mi consentimiento para que mi hija participe en la investigación titulada "Efecto de la carga de competencia sobre variables neuromusculares del tren inferior en Futbolistas Femeninas de la selección Bogotá", que será llevado a cabo por: Maureen Pineda Oñate, C.C 1.065.646.674.

He leído y comprendido este documento y entiendo los métodos del proceso que se realizarán; he tenido la oportunidad de hacer preguntas que se han contestado a mi satisfacción y por tanto doy mi consentimiento para que mi hija participe en el mismo.

Dado en Bogotá D.C a los _____ días, del mes _____ del año _____

C. Anexo: Concepto aprobatorio del Comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia

Vicedecanatura de Investigación y Extensión
Facultad de Medicina
Sede Bogotá



Comité de Ética

ACTA DE EVALUACIÓN: N°. 013-118
Fecha: 08 de julio de 2021

Nombre completo del proyecto: "EFECTO DE LA CARGA DE COMPETENCIA SOBRE VARIABLES NEUROMUSCULARES DEL TREN INFERIOR EN FUTBOLISTAS FEMENINAS DE LA SELECCIÓN BOGOTÁ".

Versión número: 01

Sometido por: la estudiante Mauren Pineda Oñate

Dirigido por: los profesores el profesor Rodrigo Esteban Argothy Bucheli, y Érica Mabel Mancera Soto

Presentado por: la profesora Érica Mabel Mancera Soto Coordinadora Académica

Departamento o Sección: Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Facultad de Medicina

Fecha en que fue sometido a consideración del Comité: 08 de julio de 2021

EL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE MEDICINA. Se constituyó mediante la Resolución 152, (Acta No. 43 del 5 de diciembre de 1996) actualizado mediante resolución 008 (acta 03 de 27 de enero de 2011), de Consejo de Facultad el Comité de Ética de investigación, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión del año 2000; y el código de regulaciones federales, título 45, parte 46, para la protección de los sujetos humanos, del departamento de salud y servicios humanos de los institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (Junio 18 de 1991).

1. Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:

- ✓ Carta de presentación del proyecto generada por la unidad básica o el departamento.
- ✓ Copia de la evaluación de los jurados o pares académicos que evaluaron y aprobaron el trabajo).
- ✓ Copia del proyecto completo de investigación,
- ✓ Dos resúmenes ejecutivos
- ✓ Dos copias del consentimiento informado (en español y cuando la investigación lo amerite).
- ✓ Hojas de vida resumidas de los investigadores y coinvestigadores del proyecto.
- ✓ Consideraciones éticas según resolución 8430 Ministerio de Salud.
- ✓ Resultados de evaluación por otros comités (si aplica).

2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por los siguientes miembros del Comité:

1	Alejandra Medina	Asesora Jurídica Facultad de Medicina
2	Campo Elias Robayo Cruz	Capellán de la Capilla de la UN Cristo Maestro
3	Carlos Arturo Guerrero Fonseca	Presidente Comité de Ética / Dpto. de Ciencias Fisiológicas
4	Clara Eugenia Arteaga Díaz	Pensionada Dpto. de Morfología
5	Luz Amparo Díaz Cruz	Departamento de Obstetricia y Ginecología
6	Mario Orlando Parra Pineda	Departamento de Obstetricia y Ginecología

3. El Comité considero que el presente estudio:

- a. Es válido desde el punto vista ético. La investigación involucra un riesgo igual al promedio para los sujetos que participan en ella. La investigación se ajusta a los estándares de la buena práctica clínica.
- b. El Comité considera que las medidas que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas

4. El Comité informará inmediatamente a las directivas institucionales:

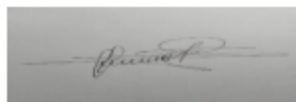
- a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.

5. El Comité informará inmediatamente a las directivas, toda información que reciba acerca de:

- a. Lesiones o daños a sujetos humanos con motivo de su participación en la investigación Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que haya sido revisado y aprobado por este comité

6. Cuando el proyecto sea aprobado, será por un periodo de un (1) año a partir de la fecha de aprobación.**7. El Investigador principal deberá:**

- a. Informar de cualquier cambio que se proponga introducir en el proyecto. Estos cambios no podrán ejecutarse sin la aprobación previa del COMITÉ DE ÉTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA) excepto cuando sean necesarios para minimizar o suprimir un peligro inminente o un riesgo grave para los sujetos que participan en la investigación.
- b. Avisar de cualquier situación imprevista que se considere implica algún signo de riesgo para los sujetos o la comunidad o el medio en el cual se lleva a cabo el estudio.
- c. Informar de cualquier evento adverso serio de algún paciente, comunicando la situación al secretario y al presidente del Comité de Ética), de acuerdo con la normatividad que el INVIMA ha generado a este respecto.
- d. Poner en conocimiento del comité toda información nueva importante respecto al estudio, que pueda afectar la relación riesgo/beneficio de los sujetos participantes.
- e. Comunicar cualquier decisión tomada por otros comités con respecto a la investigación que se lleva a cabo.
- f. Informar de la terminación prematura o suspensión del proyecto explicando las causas o razones.
- g. Presentar a este comité un informe cuando haya transcurrido un año, contado a partir de la aprobación del proyecto. Los proyectos con duración mayor a un año, serán reevaluados a partir del informe de avance integrado.
- h. Todos los proyectos deben entregar al finalizar un informe final de cierre del estudio, este cierre puede ser el informe final en formato completo o en formato de resumen de cierre de estudio, firmado por el investigador responsable del estudio.

8. Observaciones: El comité considera que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite **Concepto Aprobatorio**.

BIBLIOGRAFÍA

Alahmad TA, Kearney P, Cahalan R. Injury in elite women 's soccer: a systematic review. *Phys Sportsmed*. 2020 Sep;48(3):259-265. doi: 10.1080/00913847.2020.1720548. Epub 2020 Feb 6. PMID: 32027203.

Aladro-Gonzalvo, A.R., Esparza-Yáñez, D., Tricás-Moreno, J.M., & LuchaLópez, M.O. (2017). Validation of a force platform clinical for the assessment of vertical jump height. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(2), 367-379.

Alegre L.M., Lara A.J., Elvira J.L.L., Aguado X. (2009). Muscle Morphology and Jump Performance: Gender and Intermuscular Variability. *J. Sports Med. Phys.* ;49:320

Alonso-Molero, I. (2020). Fuerza relativa vs fuerza absoluta. *Oss Fitness Sport. Systems*. Recuperado de: <https://ossfitness.com/fuerza-relativa-vs-fuerzaabsoluta/>.

Africa D, Lluna L, Sánchez S, Medrano I, García E, Sánchez S, Abellán J. (2017). Anterior cruciate ligament injury in the female athlete: risk and prevention. *Arch Med Deporte* ;34(5):288-292.

Andersen, E., Lockie, R. G., & Dawes, J. J. (2018). Relationship of Absolute and Relative Lower-Body Strength to Predictors of Athletic Performance in Collegiate Women Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(4), 106. <https://doi.org/10.3390/sports6040106>.

Andersson, Helena; raastad, truls; nilsson, johnny; paulsen, gøran; garthe, ina; kadi, fawzi 1. (2008). Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40(2):p 372-380. | DOI: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.

Anicic, Zdravko, Danica Janicijevic, Olivera M. Knezevic, Amador Garcia-Ramos, Milos R. Petrovic, Dimitrije Cabarkapa, and Dragan M. Mirkov. (2023). "Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report?" *Life* 13, no. 1: 190. <https://doi.org/10.3390/life13010190>.

Avela, J., & Komi, P. V. (1998). Interaction between muscle stiffness and stretch reflex sensitivity after long-term stretch-shortening cycle exercise. *Muscle & nerve*, 21(9), 1224–1227. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4598\(199809\)21:9<1224::aid-mus19>3.0.co;2-r](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4598(199809)21:9<1224::aid-mus19>3.0.co;2-r).

Azcárate, U.; Los Arcos, A.; Yanci, J. (2018). Efectos del entrenamiento compuesto íntegramente por tareas de fútbol en el rendimiento neuromuscular y cardiovascular de futbolistas amateurs. *Journal of Sport and Health Research*. 10(2), 257-268.

Becerra Patiño, B, Sarria Lozano, J y Prada Clavijo, J. (2022). *Características morfofuncionales por posición en jugadoras de fútbol femenino bogotano sub-15*. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4668>.

Biedert, R. M., & Bachmann, M. (2005). Frauenfussball. Verletzungen, Risiken und Prävention [Women's soccer. Injuries, risks, and prevention]. *Der Orthopade*, 34(5), 448–453. <https://doi.org/10.1007/s00132-005-0789-6>.

Bobbert, M. F., & van Zandwijk, J. P. (1999). Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(2), 303–310. <https://doi.org/10.1097/00005768-199902000-00015>

Boullosa, D. A., Tuimil, J. L., Alegre, L. M., Iglesias, E., & Lusquiños, F. (2011). Concurrent fatigue and potentiation in endurance athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1), 82–93. <https://doi.org/10.1123/ijspp.6.1.82>.

Bourne, M. N., Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2015). Eccentric Knee Flexor Strength and Risk of Hamstring Injuries in Rugby Union: A Prospective Study. *The American journal of sports medicine*, 43(11), 2663–2670. <https://doi.org/10.1177/0363546515599633>

Bromley, T., Turner, A., Read, P., Lake, J., Maloney, S., Chavda, S., & Bishop, C. (2021). Effects of a Competitive Soccer Match on Jump Performance and Interlimb Asymmetries in Elite Academy Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 35(6), 1707–1714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002951>

Cabrera Garavito, J. M. (2021). Impacto de medidas encaminadas a mejorar la modulación simpática en el rendimiento del salto contra movimiento en atletas de voleibol. Universidad Nacional de Colombia.

Capela, C., Fragoso, I., Viera, F., Mil-Homens, P., Gomes Pereira, J., Charrua, C. et al. (2005). Physical performance tests in young soccer players with reference to maturation. In T. Reilly, J. Cabri, & D. Araujo (Eds.), *Science and football V* (pp. 429 – 433). Oxford: Routledge

Carling, C., Gall., L. & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Sports Science Magazine*, 30(4), 325-336.

Challis, G.R., & Barnert, J. (2020). ASSESSING VERTICAL JUMP FORCE-TIME ASYMMETRIES IN ATHLETES WITH ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY.

Charlton PC, Raysmith B, Wollin M, Rice S, Purdam C, Clark RA, et al. 2018. Knee flexion strength is significantly reduced following competition in semi-professional Australian Rules football athletes: Implications for injury prevention programs. *Phys Ther in Sports*. May;31(1):9–14.

Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(3), 525–532. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f23fe8>.

Cohen D, Burton A, Wells C, Taberner M, Diaz M, Graham. (2020). P. SINGLE VS DOUBLE LEG COUNTERMOVEMENT JUMP TESTS NOT HALF AN APPLE!. In the clinic: RETURN TO PERFORMANCE AFTER ACL RECONSTRUCTION TARGETED TOPIC.

Cohen D, Zhao B, Okwera B, Matthews M, Delextrat A. Angle-Specific Eccentric Hamstring Fatigue After Simulated Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 2015 : 10, 325-331 <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-008>.

Cohen D, Clarke N, Harland S, Lewin C. (2014). Are force asymmetries measured in jump tests associated with previous injury in professional football players? *Br J Sports Med.*;48(7):579–80.DOI: [10.1136/bjsports-2014-093494.53](https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093494.53)

Constantine, E., Taberner, M., Richter, C., Willett, M., & Cohen, D. D. (2019). Isometric Posterior Chain Peak Force Recovery Response Following Match-Play in Elite Youth Soccer Players: Associations with Relative Posterior Chain Strength. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(10), 218. <https://doi.org/10.3390/sports7100218>.

Correa,Juan; Galván-Villamarin; Muñoz Vargas,Edgar; López,Carlos; Clavijo,Margarita; Rodríguez,Aleyda. (2013).Muscle skeletal injuries incidence in professional soccer player. Vol. 27. Núm. 4 páginas 185-190.DOI: 10.1016/S0120-8845(13)70018-X.

Cormack, S. J., Newton, R. U., & McGuigan, M. R. (2008). Neuromuscular and endocrine responses of elite players to an Australian rules football match. *International journal of sports physiology and performance*, 3(3), 359–374. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.3.359>.

Cormack, S. J., Mooney, M. G., Morgan, W., & McGuigan, M. R. (2013). Influence of neuromuscular fatigue on accelerometer load in elite Australian football players. *International journal of sports physiology and performance*, 8(4), 373–378. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.4.373>

Correa J, Fernando Galván-Villamarina,b, Muñoz B, López B, Clavijo M, Aleyda Rodríguez. (2013). Muscle skeletal injuries incidence in professional soccer players. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*: Vol. 27. Núm. 4. páginas 185-190.

Clark R, Bryant A, Culgan J-P, Hartley B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Phys Therapy Sport.*;6:67–73. doi: 10.1016/j.ptsp.2005.02.003.

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>

Crossley K , Brooke E , Adam Gr, Bruder A, Mosler B, Mentiplay B. (2020) Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *Br J Sports Med*; 54(18): 1089–1098. doi: 10.1136/bjsports-2019-101587.

Cuthbert, M., Comfort, P., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., & Bishop, C. (2021). Unilateral vs. bilateral hamstring strength assessments: comparing reliability and inter-limb asymmetries in female soccer players. *Journal of sports sciences*, 39(13), 1481–1488. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1880180>.

Dai, B., Butler, R. J., Garrett, W. E., & Queen, R. M. (2014). Using ground reaction force to predict knee kinetic asymmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6), 974–981. <https://doi.org/10.1111/sms.12118>.

Dan Martin, D., Timmins, K., Cowie, C., Alty, J., Mehta, R., Tang, A., & Varley, I. (2021). Injury Incidence Across the Menstrual Cycle in International Footballers. *Frontiers in sports and active living*, 3, 616999. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.616999>.

De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J.J., Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre las lesiones de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1): 30-37.

De Loes M, Dahlstedt L , Thomee R. (2016). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scand J Med Sci Sports*.20001090–97.DOI: 10.1034/j.1600-0838.2000.010002090.x

Dewig, D. R., Goodwin, J. S., Pietrosimone, B. G., & Blackburn, J. T. (2020). Associations Among Eccentric Hamstrings Strength, Hamstrings Stiffness, and Jump-Landing

Biomechanics. *Journal of athletic training*, 55(7), 717–723. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-151-19>

DiStefano LJ, Dann CL, Chang CJ, et al. The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance: Descriptive Epidemiology of Injuries in US High School Girls' Soccer (2005-2006 Through 2013-2014) and National Collegiate Athletic Association Women's Soccer (2004-2005 Through 2013-2014). (2018) *J Athl Train*: 53(9):880-892. doi:10.4085/1062-6050-156-17.

Donnelly, C. (2012). Mechanism and prevention of anterior cruciate ligament injuries in Sport (Doctoral Thesis). University of Western. Australia.

Edwards, T., Spiteri, T., Piggott, B., Bonhotal, J., Haff, G. G., & Joyce, C. (2018). Monitoring and Managing Fatigue in Basketball. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(1), 19. <https://doi.org/10.3390/sports6010019>.

Falces-Prieto, M., Floria-Martín, P., Benítez-Jiménez, A., Revilla-Gil, R., Torres-Pacheco, M., & Fuster-Omella, A. Rodicio-Palma, J., Sáez de Villarreal, E. (2018). Reproducibilidad de un protocolo de pliometría en jugadores jóvenes de fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 28 (2), 11-20.

Feria Madueño A. (2015). VALORACIÓN DEL RIESGO DE LESIÓN DE RODILLA EN SUJETOS SANOS Y EFECTO DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO FÍSICO PARA LA MODULACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO. Facultad Ciencias de la Educación: Universidad de Sevilla, tesis doctoral.

Ferreira, D , Alexandre R., Gobbi C, Araújo A, Mantovani P, Souza C, Macedo G. McConnell Patellar taping in static and dynamic postural control of women with Patellofemoral Pain Syndrome: A Single-blinded Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy in Sport*, 18(2016), e4. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.11.013>

FIFA. (2018). Women's Football Strategy. Zurich, Switzerland: FIFA.

García-Orea, G.P., Heredia-Elvar, J.R., Dalla-Vecchia, A.A., Pérez-Caballero, C., & Aguilera-Campillos, J. (2017). Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento

del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos? Artículos y Blogs sobre Ciencias del Ejercicio y Salud - G-SE. Recuperado de: <https://gse.com/dispositivos-y-tecnicas-para-la-medicion-del-rendimiento-del-saltovertical-que-opciones-tenemos-2280-sa-259430c9460ba4>.

Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>.

Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>.

Gathercole RJ, Stellingwerff T, Sporer BC. (2015). Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes. *J strength Cond Res* ;29(1):37–46. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25029001>.

Gebert, A., Gerber, M., Pühse, U., Gassmann, P., Stamm, H., & Lamprecht, M. (2020). Costs resulting from nonprofessional soccer injuries in Switzerland: A detailed analysis. *Journal of sport and health science*, 9(3), 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.08.001>.

Giakoumis M, Pollock N, Mias E, McAleer S, Kelly S, Brown F, et al. Eccentric hamstring strength in elite track and field athletes on the British Athletics world class performance program. *Phys Ther Sport*. 2020;43:217–223. doi: 10.1016/j.ptsp.2020.03.008.

Gibbons, Jean Dickinson, and Subhabrata Chakraborti. (2003). *Nonparametric statistical inference*. New York: Marcel Dekker.

Giménez, L., Larma, A., Álvarez, J. (2014). Prevención de las tendinopatías en el deporte. *Revista Española de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 16(1): 205-212

Gonzalez B JJ, Gorostiaga E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: España, Editorial Inde.

González-Badillo, J.J., & Ribas-Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Publicaciones Inde. Barcelona, España.

González-Ravé, J. M., Juárez, D., Rubio-Arias, J. A., Clemente-Suarez, V. J., Martínez-Valencia, M. A., & Abian-Vicen, J. (2014). Isokinetic leg strength and power in elite handball players. *Journal of human kinetics*, 41, 227-233. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0050>

Griffin, Jesse¹; Larsen, Brianna¹; Horan, Sean²; Keogh, Justin^{3,4,5,6}; Dodd, Karl⁷; Andreatta, Melissa⁸; Minahan, Clare¹. (2020). Women's Football: An Examination of Factors That Influence Movement Patterns. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Volume 34 - Issue 8 - p 2384-2393 doi: 10.1519/JSC.0000000000003638.

Gutiérrez M. 2006. *Biomecánica deportiva*. Madrid: Síntesis.

Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *The American journal of sports medicine*, 41(2), 327–335. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>

Hammami, M.A., Ben Klifa, W., Ben-Ayed, K., Mekni, R., Saeidi, A., Jan, J., & Zouhal, H. (2019). Physical Performances and Anthropometric characteristics of young elite North-African female soccer players compared with international standards. *Sci Sports*, 35(2), 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.06.005>

Harber, M. P., Crane, J. D., Douglass, M. D., Weindel, K. D., Trappe, T. A., Trappe, S. W., & Fink, W. F. (2008). Resistance exercise reduces muscular substrates in women. *International Journal of Sports Medicine*, 29(9), 719-725.

Harper, D. J., Cohen, D. D., Carling, C., & Kiely, J. (2020). Can Countermovement Jump Neuromuscular Performance Qualities Differentiate Maximal Horizontal Deceleration Ability in Team Sport Athletes?. *Sports* (Basel, Switzerland), 8(6), 76. <https://doi.org/10.3390/sports8060076>.

Hart L, Cohen D, Patterson S, Springham M, Reynolds J, Read P. (2019). Previous injury is associated with heightened countermovement jump force-time asymmetries in professional soccer players. *Transl Sport Med*.

Heinrich K, Spencer V, Fehl N, Carlos Poston W. (2012). Mission Essential Fitness: comparison of functional circuit training to traditional army physical training for active duty military. *Military Medicine*. 177 (10): 1125-1130. DOI: <http://dx.doi.org/10.7205/milmed-d-12-00143>.

Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., Frantz, B. A., & Bemben, M. G. (2020). Countermovement Jump Reliability Performed With and Without an Arm Swing in NCAA Division 1 Intercollegiate Basketball Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(2), 546–558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002812>

Heredia-Elvar, J.R., & Peña-García-Orea, G. (2019). El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud. Editorial Círculo Rojo. Almería, España.

Huston, L. J., Greenfield, M. L., & Wojtys, E. M. (2000). Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clinical orthopaedics and related research*, (372), 50–63. <https://doi.org/10.1097/00003086-200003000-00007>

Hewett, T. E., Myer, G. D., & Zazulak, B. T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of science and medicine in sport*, 11(5), 452–459. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.04.009>.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med*. Feb;34(2):299-311. doi: 10.1177/0363546505284183. PMID: 16423913.

Hoffman JR, Maresh CM, Newton RU, Rubin MR, French DN, Volek JS, Sutherland J, Robertson M, Gomez AL, Ratamess NA. (2002). Performance, biochemical, and endocrine changes during a competitive football game. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1845–1853.

Hoffman JR, Nusse V, Kang J. (2003). The effect of an intercollegiate soccer game on maximal power performance. *Can J Appl Physiol* 28: 807–817.

Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19(19), 36–44.

Izquierdo, J. M., De Benito, A. M., Araiz, G., Guevara, G., & Redondo, J. C. (2020). Influence of competition on performance factors in under-19 soccer players at national league level. *PloS one*, 15(3), e0230068. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230068>.

Izzo, R., & Lo Castro, L. (2015). The study of acceleration and deceleration capacity decrease in repeated sprints in soccer. *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, 2(2), 2394-1685.

Jajtner, Adam R.; Hoffman, Jay R.; Scanlon, Tyler C.; Wells, Adam J.; Townsend, Jeremy R.; Beyer, Kyle S.; Mangine, Gerald T.; McCormack, William P.; Bohner, Jonathan D.; Fragala, Maren S.; Stout, Jeffery R.. Comparaciones de rendimiento y arquitectura muscular entre titulares y no titulares en el fútbol femenino de la División I de la National Collegiate Athletic Association. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(9):p 2355-2365, septiembre de 2013. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e31829bd7c5.

Jakobsen MD, Sundstrup E, Randers MB, Kjaer M, Andersen LL, Krstrup P, Aagaard P. (2012). The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. *Hum Mov Sci* 31: 970–986.

James P, Turner A, Clarke R, Applebee S, Hughes J. (2019). Knee Angle Affects Posterior Chain Muscle Activation During an Isometric Test Used in Soccer Players. *Sports (Basel)*: Jan; 7(1): 13.

Jordan M, Aagaard P, Herzog W. (2015). Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: A comparison between ski racers with and without ACL reconstruction. *Scand J Med Sci Sport*. Jun 1;25(3):e301–9.

Jordan M, Aagaard P, Herzog W. (2018). A comparison of lower limb stiffness and mechanical muscle function in ACL-reconstructed, elite, and adolescent alpine ski racers/ski cross athletes. *J Sport Heal Sci* ;7(4):416–24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30450249>

Kawamori N, Rossi SJ, Justice BD, et al. (2006). Fuerza máxima y velocidad de desarrollo de fuerza durante tirones isométricos y dinámicos de limpieza a mitad del muslo realizados a varias intensidades. *J Fuerza Cond Res* ; 20: 483-491.

Keenan, K. A. (2014). Prediction of knee kinematics during a stop jump-cut maneuver using trunk neuromuscular characteristics and kinematics in a healthy, physically active population (Tesis Doctoral). University of Pittsburgh, Pennsylvania, E.E.U.U.

Keogh, J. A. J., Ruder, M. C., Masood, Z., & Kobsar, D. (2022). The Ecological Validity of Countermovement Jump to On-Court Asymmetry in Basketball. *Sports medicine international open*, 6(2), E53–E59. <https://doi.org/10.1055/a-1947-4848>

Komi PV, Hyvaˆrinen T, Gollhofer A, Mero A. (1986). Man-shoesurface interaction: special problems during marathon running. *Acta Univ Oul.* ;A179:69–72.

Konrad, A., Reiner, M. M., Bernsteiner, D., Glashüttner, C., Thaller, S., & Tilp, M. (2021). Joint Flexibility and Isometric Strength Parameters Are Not Relevant Determinants for Countermovement Jump Performance. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2510. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052510>.

Kraska JM, Ramsey MW, Haff GG, et al. (2009). Relación entre las características de fuerza y la altura de salto vertical no ponderada y ponderada. *Int J Sports Physiol Perform*; 4: 461-473.

Kraemer, W. J., French, D. N., Paxton, N. J., Häkkinen, K., Volek, J. S., Sebastianelli, W. J., Putukian, M., Newton, R. U., Rubin, M. R., Gómez, A. L., Vescovi, J. D., Ratamess, N. A., Fleck, S. J., Lynch, J. M., & Knuttgen, H. G. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *Journal of strength and conditioning research*, 18(1), 121–128. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)018<0121:ciepah>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)018<0121:ciepah>2.0.co;2)

Kristianslund, E., Krosshaug, T. (2013). Comparison of Drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. *The American journal of Sport Medicine*, 41 (3):684-8.

Krustrup, P., Zebis, M., Jensen, J. M., & Mohr, M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 437–441.

Laffaye, G., Wagner, P. P., & Tombleson, T. I. (2014). Countermovement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *Journal of strength and conditioning research*, 28(4), 1096–1105. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1db03>

LEETUN D, IRELAND J, LLOYD M, BALLANTYNE B, MCCLAY I. (2004). Core Stability Measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes, *Medicine & Science in Sports & Exercise*: 36(6)p 926-934. doi: 10.1249/01.MSS.0000128145.75199.C3

Lyons Donegan, Max, Steven Eustace, Rhys Morris, Ryan Penny, and Jason Tallis. (2022) "The Effects of Soccer Specific Exercise on Countermovement Jump Performance in Elite Youth Soccer Players" *Children* 9, no. 12: 1861. <https://doi.org/10.3390/children9121861>

Liporaci, R., Saad, M., Bevilaqua-Grossi, D., & Riberto, M. (2018). Preseason intrinsic risk factors—associated odds estimate the exposure to proximal lower limb injury throughout

the season among professional football players. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000334.

Lonergan, Ben M. , Price, Phil D. B. , Lazarczuk, Stephanie , Howarth, David J. and Cohen, Daniel D (2022) *A comparison of countermovement jump performance and kinetics at the start and end of an international Rugby Sevens season*. *The Journal of Sport and Exercise Science*, 6 (2). pp. 79-89. ISSN 2703-240X.

Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Komatsu W, Cunha R, Arliani G, Ejnisman B, Pochini AC, Nakamura FY, Cohen M. (2018). Pruebas de detección funcional: interrelaciones y capacidad para predecir el rendimiento en salto vertical. *Int J Sports Med*; 39 (3): 189-197.

Oliva-Lozano, J. M., Fortes, V., Krstrup, P., & Muyor, J. M. (2020). Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PloS one*, 15(8), e0236959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236959>

Lubowitz, J., Appleby, D. (2011). Cost-effectiveness analysis of the most common orthopaedic surgery procedures: knee arthroscopy and knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 27(10): 1317–1322.

Matthew Cuthbert, Paul Comfort, Nicholas Ripley, John J. McMahon, Martin Evans & Chris Bishop (2021): Unilateral vs. bilateral hamstring strength assessments: comparing reliability and inter-limb asymmetries in female soccer players, *Journal of Sports Sciences*, DOI: 10.1080/02640414.2021.1880180

McMahon, J. J., Jones, P. A., Suchomel, T. J., Lake, J., & Comfort, P. (2018). Influence of the Reactive Strength Index Modified on Force–and Power–TimeCurves. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 220-227.

Maqueda A. (2021). Incidencia de lesiones en un equipo de fútbol: estudio de cohorte prospectivo. *Logía educación física y deporte*; 1(2): 1-15

Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PloS one*, 12(7), e0181855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>

Martínez I, Navalón R, Paredes M, Lomas J, Ferrer V. (2018). Fuerza isocinética y test de salto vertical en paracaidistas acrobáticos. *Arch Med Deporte* ;35(5):317-324.

Martínez-Moreno, A., Morales, V., Borrego, F. (2011). Factores neuromusculares relacionados con el rendimiento en lucha olímpica. *Revista de Ciencias del Deporte*, ISSN-e 1885-7019, Vol. 7, Nº. Extra 1. págs. 99-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3639436>.

Matinlauri A, Alcaraz P, Freitas T, Mendiguchia J, Abedin-Maghanaki A, Castillo A, Martínez E, Vivas J, Cohen D. (2019). A comparison of the isometric force fatigue-recovery profile in two posterior chain lower limb tests following simulated soccer competition. *PLoS One*. 3;14(5):e0206561. doi: 10.1371/journal.pone.0206561. PMID: 31050674; PMCID: PMC6499418.

Mazumder O, Chakravarty K, Chatterjee D, Sinha A, Poduval M.(2019). Musculoskeletal modeling to predict and reduce Anterior Cruciate Ligament injury during single leg drop jump activity: Synergistic muscle coactivation approach. In: 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE. p. 4108–12

McCall, A., Nedelec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1298–1304. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022579>.

McLean BD, Petrucelli C, Coyle EF. Maximal power output and perceptual fatigue responses during a Division I female collegiate soccer season. *J Strength Cond Res.* 2012 Dec;26(12):3189-96. doi: 10.1519/JSC.0b013e318273666e. PMID: 22996020.

McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. (2011). Markers of postmatch fatigue in professional rugby league players. *J Strength Cond Res* 25: 1030–1039.

Meckel, Yoav, Ofer Doron, Eyal Eliakim y Alon Eliakim. 2018. "Variaciones estacionales en la aptitud física y los índices de rendimiento de los futbolistas de élite" *Sports* 6, no. 1: 14. <https://doi.org/10.3390/sports6010014>

Medina-Maes, K. (2015). Influencia de la fuerza máxima en la fuerza explosiva. *Lecturas: Educación física y deportes*, 13(204), 1-4.

Meister S; Faude O; Ammann T; Schnittker R; Meyer T. (2013). Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scand J Med Sci Sports*; 23:156-163.

Menzel, Hans-Joachim; Chagas, Mauro H.; Szmuchrowski, Leszek A.; Araújo, Silvia RS; de Andrade, André GP; de Jesús-Moraleida, Fabianna Resende . Análisis de asimetrías de miembros inferiores mediante pruebas isocinéticas y de salto vertical en futbolistas. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(5):p 1370-1377, mayo de 2013. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e318265a3c8.

Merino, Pablo; Miarka, Bianca; and Aedo-Muñoz, Esteban (2022) "RELATIONSHIP BETWEEN EXTERNAL LOAD AND DIFFERENCES IN COUNTERMOVEMENT JUMP IN AN OFFICIAL MATCH OF PROFESSIONAL FEMALE SOCCER PLAYERS.," *ISBS Proceedings Archive*: Vol. 40: Iss. 1, Article 108. Available at: <https://commons.nmu.edu/isbs/vol40/iss1/108>

Milanović, Z., Sporiš, G., James, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sarmiento, H., Trecroci, A., & Mendes, B. M. B. (2017). Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 60, 77–83. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0091>.

Michailidis, Y., Fatouros, I. G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., & Leontsini, D. (2013). Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 38-49.

Mohr, Magni¹; Krstrup, Peter¹; Andersson, Helena²; Kirkendal, Donald³; Bangsbo, Jens¹. (2008). Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels, *Journal of Strength and Conditioning Research: Volume 22 - Issue 2 - p 341-349*.

Moreira S, Bordono D, Rodeghiero M, Días F. (2021) Dynamic Knee Alignment and Pelvic Balance: Comparison Regarding Gender in Young Soccer Athletes. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*; 56(2): 175–180.

Morgans, R.; Di Michele, R.; Drust, B. (2018). Soccer Match Play as an Important Component of the Power-Training Stimulus in Premier League Players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13, 665–667.

Moyano, D. Guillermo Peña García-Orea y D. Juan Ramón Heredia Elvar (2020). *Control de la Carga Interna en Deportes Colectivos. Relación con el Rendimiento, la Fatiga y la Prevención de Lesiones*. IJPEHS-Tr..

<https://g-se.com/control-de-la-carga-interna-en-deportes-colectivos-relacion-con-el-rendimiento-la-fatiga-y-la-prevencion-de-lesiones-2767-sa-V5e8bb61fa6a86>.

Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *J Strength Cond Res.* 28(6): 1517–1523.

Newcomer, R., Rockhill, B., Perna, F.M., Roh, J.L. (2009). Measuring postinjury depression among male and female competitive athletes. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31: 60-76.

Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle : a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(11), 977–999. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00004>.

Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *Journal of strength and conditioning research*, 22(3), 699–707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5eda>

Ortega R. (1996). *Medicina del Ejercicio Físico y del Deporte para la Atención a la Salud*. Madrid España: ediciones Díaz de Santos; pág. 535.

Owoeye OBA, VanderWey MJ, Pike I. (2020). Reducing Injuries in Soccer (Fútbol): Reducing Injuries in Soccer (Football): an Umbrella Review of Best Evidence Across the Epidemiological Framework for Prevention. *Sports Med Open*;6(1):46. doi:10.1186/s40798-020-00274-7.

Palao, J.M., Saenz, B., & Ureña, A. (2001). Efecto de un trabajo de aprendizaje del ciclo estiramiento-acortamiento sobre la capacidad de salto en voleibol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(3), 163-176.

Pasco CI6461. Force Platform [Internet]. 2019 [citado 8 de julio 2019]. Disponible en: <http://www.manualsdir.com/manuals/340843/pasco-ci-6461-force-platform.html>.

Peña García-Orea, Juan R. Heredia Elvar, Aurelio Arenas Dalla-Vecchia, Carlos Pérez-Caballero y Julián Aguilera Campillos (2017). *Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos?*. IJPEHS-Tr.. <https://gse.com/dispositivos-y-tecnicas-para-la-medicion-del-rendimiento-del-salto-vertical-que-opciones-tenemos-2280-sa-259430c9460ba4>.

Pérez-Castilla, A.; Fernández, JFT; Rojas, FJ; García-Ramos, A. (2021). Fiabilidad y Magnitud de las Variables de Rendimiento del Salto con Contramovimiento: Influencia del Umbral de Despegue. *medida física Educ. Ejercicio ciencia*, 25 , 227–235. [Google Académico] [CrossRef].

Quagliarella, L., Sasanelli, N., Belgiovine, G., Accettura, D., Notarnicola, A., & Moretti, B. (2011). Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*, 9(1), 40-46.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Raya-González, J.; Suárez-Arrones, L.; Moreno-Puente, M.; Ruiz-Márquez, J., & Sáez de Villareal, E. (2017). Efectos en el rendimiento físico a corto plazo de dos programas de entrenamiento neuromuscular con diferente orientación aplicados en jugadores de fútbol de élite U-17. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 48(13), 88-103.

Read, P. J., Oliver, J. L., Myer, G. D., De Ste Croix, M. B. A., & Lloyd, R. S. (2018). The Effects of Maturation on Measures of Asymmetry During Neuromuscular Control Tests in Elite Male Youth Soccer Players. *Pediatric exercise science*, 30(1), 168–175. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0081>.

Read, P. J., Michael Auliffe, S., Wilson, M. G., & Graham-Smith, P. (2020). Lower Limb Kinetic Asymmetries in Professional Soccer Players With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Nine Months Is Not Enough Time to Restore “Functional” Symmetry or Return to Performance. *The American Journal of Sports Medicine*, 036354652091221. doi:10.1177/0363546520912218

Rincón Medina, J. J., Argothy Bucheli, R. (2019). Asociación entre la asimetría del salto en contramovimiento y la altura del salto en militares de Colombia. Universidad del Rosario.

Rodríguez García PL. (2008). Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular: Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana.

Rowell AE, Aughey RJ, Clubb J, Cormack SJ. A Standardized Small Sided Game Can Be Used to Monitor Neuromuscular Fatigue in Professional A-League Football Players. *Front Physiol*. 2018 Aug 7;9:1011. doi: 10.3389/fphys.2018.01011. PMID: 30131704; PMCID: PMC6091256.

Sahlin, K. (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 99-107. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213020-00005>.

Šarabon N, Kozinc Ž and Perman M (2021) Establishing Reference Values for Isometric Knee Extension and Flexion Strength. *Front. Physiol.* 12:767941. doi: 10.3389/fphys.2021.767941.

Schache AG, Crossley KM, Macindoe IG, Fahrner BB, Pandy MG. (2011). Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* January;19(1):38–41 10.1007/s00167-010-1221-2.

Sebastiani, E.M., & González, C.A. (2000). Cualidades físicas. Editorial Inde.Barcelona, España.

Sebesi B, Fésüs Á, Varga M, Atlasz T, Vadász K, Mayer P, Vass L, Meszler B, Balázs B, Váczi M. (2021). The Indirect Role of Gluteus Medius Muscle in Knee Joint Stability during Unilateral Vertical Jump and Landing on Unstable Surface in Young Trained Males. *Applied Sciences*; 11(16):7421. <https://doi.org/10.3390/app11167421>.

Serrato Roa, M., & Galeano, E. (2015). Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Medicina. In Coldeportes.

Singh Setia, M. (2016). Methodology series module 3: Cross-sectional studies. *Indian Journal of Dermatology*, 61(3), 261–264. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.182410>

Spalding, Joanne, "Changes in Countermovement Jump and Sprint During a Congested Match Schedule in Female Youth Soccer Players" (2020). *Electronic Theses and Dissertations*. Paper 3695. <https://dc.etsu.edu/etd/3695>.

Sprouse, B., Alty, J., Kemp, S., Cowie, C., Mehta, R., Tang, A., Morris, J., Cooper, S., & Varley, I. (2020). The Football Association Injury and Illness Surveillance Study: The Incidence, Burden and Severity of Injuries and Illness in Men's and Women's International

Football. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 1–20. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01411-8>

Stearns KM, Powers CM. (2014). Improvements in hip muscle performance result in increased use of the hip extensors and abductors during a landing task. *Am J Sports Med*;42(3):602-609.

Steinacker, T., Steuer, M., Holtke, V. (2001). Orthopadische Probleme bei alteren Marathonlaufern [Orthopedic problems in older marathon runners. *Sportverletz Sportschaden*, 15:12–15.

Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*; 35(6), 501-536.

Struzik A, Pietraszewski B. Relationships between Hamstrings-to-Quadriceps Ratio and Variables Describing Countermovement and Drop Jumps. *Appl Bionics Biomech*. (2019) Jun 2;2019:4505481. doi: 10.1155/2019/4505481. PMID: 31281414; PMCID: PMC6589293.

Svantesson, U., Österberg, U., Thomeé, R., Peeters, M., & Grimby, G. (1998). Fatigue during repeated eccentric-concentric and pure concentric muscle actions of the plantar flexors. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 13(4-5), 336–343. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(98\)00099-0](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(98)00099-0)

Sutton K, Bullock J, Montgomery M. (2013). Anterior Cruciate Ligament Rupture: Differences Between Males and Females. *Journal of the American Academy of Orthopaedic*; 1 (21): 41-50. doi: [dx.doi.org/10.5435/JAAOS-21-01-41](https://doi.org/10.5435/JAAOS-21-01-41).

Taberner, M., van Dyk, N., Allen, T., Richter, C., Howarth, C., Scott, S., & Cohen, D. D. (2019). Physical preparation and return to sport of the football player with a tibia-fibula fracture: applying the 'control-chaos continuum'. *BMJ open sport & exercise medicine*, 5(1), e000639. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000639>

Tamura A, Akasaka K, Otsudo T, Shiozawa J, Toda Y, Yamada K. (2017). Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing. *PLoS One*;12(06):e0179810.

Tansel R. B., Salci Y., Yildirim A., Kocak S., Korkusuz F. (2008). Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10–12 year old male basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*;16(2):81–85. doi: 10.3233/IES-2008-0300.

Taylor K, Chapman D, Cronin J, Newton M, Gill N. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aust Strength Cond.* 2012;20:12–23

Thomas, Brownstein, C. G., Dent, J. P., Parker, P., Hicks, K. M., Howatson, G., Goodall, S., & Thomas, K. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue following Competitive Soccer Match-Play. *Frontiers in physiology*, 8, 831. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00831>

Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 462–472. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00710.x>

Torres, V; Escriva, F. (2018). El test de salto como valoración de la potencia de piernas en futbolistas juveniles. *Revista de Preparación Física en Fútbol*. ISSN: 1889-5050.

Thomas, C., Jones, P. A., Rothwell, J., Chiang, C. Y., & Comfort, P. (2015). An Investigation Into the Relationship Between Maximum Isometric Strength and Vertical Jump Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 29(8), 2176–2185. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000866>

Thomas, C., Jones, P. A; Dos Santos, T. (2022). Countermovement Jump Force-Time Curve Analysis between Strength-Matched Male and Female Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*, 19(6), 3352. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063352>

Tracey, J. (2003). The emotional response to the injury and rehabilitation process. *Journal of Applied Sport and Psychology*, 15: 279-293.

Váczai, M., Fazekas, G., Pilissy, T., Cselkó, A., Trzaskoma, L., Sebesi, B., & Tihanyi, J. (2022). The effects of eccentric hamstring exercise training in young female handball players. *European journal of applied physiology*, 122(4), 955–964. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04888-5>

Vriend I, Gouttebauge V, Finch C, Van Mechelen W, Verhagen E. (2017). Intervention Strategies Used in Sport Injury Prevention Studies: A Systematic Review Identifying Studies Applying the Haddon Matrix. *Sport Med*; 47(10):2027–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-017>.

Wadden, K. P., Button, D. C., Kibele, A., & Behm, D. G. (2012). Neuromuscular fatigue recovery following rapid and slow stretch-shortening cycle movements. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 37(3), 437–447. <https://doi.org/10.1139/h2012-020>

Watkins, C. M., Barillas, S. R., Wong, M. A., Archer, D. C., Dobbs, I. J., Lockie, R. G., Coburn, J. W., Tran, T. T., & Brown, L. E. (2017). Determination of Vertical Jump as a Measure of Neuromuscular Readiness and Fatigue. *Journal of strength and conditioning research*, 31(12), 3305–3310. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002231>

Wiel M, & Bucchianico A.(2001). Fast computation of the exact null distribution of Spearman's rho and Page's L statistic for samples with and without ties, *J. Stat. Plann. Inf.* 92, pp. 133-145.

Wiese-Bjornstal D. M. (2010). Psychology and socioculture affect injury risk, response, and recovery in high-intensity athletes: a consensus statement. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20 Suppl 2, 103–111. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01195.x>

Wingfield K. (2013). Neuromuscular training to prevent knee injuries in adolescent female soccer players. *Clin J Sport Med*;23(5):407-408.

Williams, J. H., & Klug, G. (1995). Calcium exchange hypothesis of skeletal muscle fatigue: a brief review. *Muscle and Nerve*, 18(4), 421-434. <https://doi.org/10.1002/mus.880180409>.

Wilson, G. J., & Murphy, A. J. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 22(1), 19–37. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622010-00003>

Wollin, M., Purdam, C., & Drew, M. K. (2016). Reliability of externally fixed dynamometry hamstring strength testing in elite youth football players. *Journal of science and medicine in sport*, 19(1), 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.01.012>

Wrona, Hailey L., Ryan Zerega, Victoria G. King, Charles R. Reiter, Susan Odum, Devon Manifold, Karyn Latorre y Timothy C. Sell. 2023. "Capacidad de saltos con contramovimiento para detectar asimetría bilateral en la fuerza de la cadera y la rodilla en jugadores de fútbol juvenil de élite" *Sports* 11, no. 4: 77. <https://doi.org/10.3390/sports11040077>

Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T., & Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of biomechanics*, 41(15), 3121–3126. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.005>.

Zago M, David S, Bertozzi F, Brunetti C, Gatti A, Salaorni F, Tarabini M, Galvani C, Sforza C and Galli M (2021) Fatigue Induced by Repeated Changes of Direction in Élite Female

Football (Soccer) Players: Impact on Lower Limb Biomechanics and Implications for ACL Injury Prevention. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9:666841. doi: 10.3389/fbioe.2021.666841

Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis*, 5th ed. Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.