



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

Assen, Luciana Magali

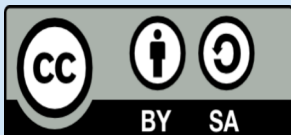
Perfil isocinético de fuerza muscular en jugadoras de fútbol femenino y su relevancia en la prevención de lesiones

2022

Instituto: Instituto de Ciencias de la Salud

Carrera: Licenciatura en Kinesiología y

Fisiatría



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Assen, L. M. (2022). *Perfil isocinético de fuerza muscular en jugadoras de fútbol femenino y su relevancia en la prevención de lesiones* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/1993>

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

TESINA DE GRADO

Título:

**“Perfil isocinético de fuerza muscular en jugadoras de fútbol femenino y su relevancia en la
prevención de lesiones”**

Autora:

Assen, Luciana Magali

Número de legajo: 22041

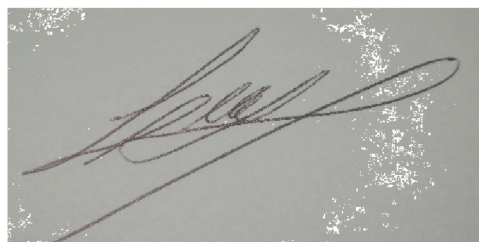
Director:

D ´Abundo, Fernando

Fecha de presentación:

14/06/22

Firma del autor:



Agradecimientos

A mi mamá, Alejandra y a mi papá, Luis por su amor y su apoyo incondicional, sobre todo por enseñarme a ser perseverante y a luchar por mis sueños.

A mis hermanos, Fernanda, Maximiliano y Kiara por acompañarme y alentarme.

A mi gran familia, y a mis amigas que me acompañaron desde el primer momento en que decidí aventurarme en esta hermosa carrera. En especial a Mayra y Paula.

A las personas que tuve el placer de conocer en la facultad, quienes hoy en día son mis amigos y amigas. Aquellos con los que compartí horas de estudio, mates y sobre todo risas. Especialmente a dos personitas que fueron mis pilares en la carrera, Antonela y Rocío.

A todos los kinesiólogos y kinesiólogas que tuve el placer de conocer y quienes formaron parte de mi construcción profesional.

A mi tutor, Fernando, por guiarme y aconsejarme, no solo en la elaboración de la tesina, sino también por ser uno de los primeros docentes en formarme durante mis primeros años universitarios.

A mi casa de estudios la UNAJ, por darme la posibilidad de convertirme en una profesional.

Assen Luciana Magali

Abreviaturas

AFA: Asociación de Fútbol Argentino

CCA: Cadena cinética abierta

CCC: Cadena cinética cerrada

Con: Concéntrica

D: Dominante

EEII: Extremidades inferiores

Ecc: Excéntrica

FA: Football Association

FIFA: Fédération Internationale de Football Association

H/Q: Relación isquiotibiales/ cuádriceps

IFAB: International Football Association Board

IMC: Índice de masa corporal

J: Joule

Kg: Kilogramos

LCA: Ligamento cruzado anterior

LCL: Ligamento colateral lateral

m: Metros

N: Newton

n: nervio

ND: No dominante

ROM: Rango de movimiento

TP: Torque pico

UEFA: Union of European Football Associations

W: Watts

WEA: Women's Football Association

Índice

I. Introducción	7
II. Problema de investigación	8
III. Objetivos	8
III.1. General.....	8
III.2. Específicos.....	9
IV. Justificación	9
V. Marco Teórico	10
V.1. Capítulo I Fútbol.....	10
V.1.a. Historia del Fútbol Femenino.....	10
V.1.b Reglas de juego.....	11
V.2. Capítulo II Lesiones en el fútbol.....	12
V.2.a. Lesión.....	12
V.2. b. Epidemiología.....	13
V.2.c. Factores de riesgo.....	14
V.2.d. Lesiones femeninas vs. Masculinas.....	15
V.3. Capítulo III Anatomía y biomecánica de la rodilla.....	17
V.3.a Reseña Anatómica.....	17
V.3.a.1. Componentes óseos.....	17
V.3.a.2. Componentes articulares.....	18
V.3.a.3. Componentes musculares.....	21
V.3.b Reseña biomecánica.....	23
V.4 Capítulo IV Dinamometría Isocinética.....	25
V.4.a. Definición.....	25
V.4.b. Historia.....	26
V.4.c. Movimientos.....	27
V.4.d. Dinamómetros Isocinéticos.....	28
V.4.e. Metodología.....	28
V.4.f. Aspectos biomecánicos.....	30
V.4.g. Análisis del gráfico.....	32
V.4.h. Proporción H/Q.....	33

V.4.i. Validez de los ratios de fuerza isocinética.....	34
VI. Estrategia metodológica	37
VII. Contexto de análisis	39
VIII. Resultados	78
IX. Conclusiones	79
X. Referencias Bibliográficas	81
XI. Anexos	86

Índice de figuras

Figura 1: Ligamentos de la articulación de la rodilla.....	19
Figura 2: Articulación de la rodilla	19
Figura 3: Curva de Hill.....	27
Figura 4: Test de torque isocinético concéntrico de H/Q.....	29
Figura 5: Prueba de la fuerza isométrica máxima	30
Figura 6: Gráfico de momento de fuerza.....	31
Figura 7: Gráfico de trabajo.....	32

Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de músculos extensores de rodilla.....	22
Tabla 2: Resumen de músculos flexores de rodilla.....	22
Tabla 3: Resumen de las principales variables en dinamometría isocinética.....	33
Tabla 4: Resumen de magnitudes físicas empleadas en dinamometría isocinética.....	33
Tabla5: Palabras clave utilizadas en la investigación.....	37
Tabla 6: Combinación de palabras clave.....	38
Tabla 7: Síntesis de artículos.....	70

I. Introducción

El fútbol es considerado uno de los deportes más populares del mundo y es creciente la participación de las mujeres en él. Actualmente el organismo rector de este deporte, la Federación Internacional de Fútbol Asociado, conocida como FIFA presenta 208 asociaciones y representa a 250 millones de jugadores federados, de los cuales 40 millones son mujeres ¹. El fútbol se caracteriza por ser un deporte de contacto, presentando constantes esfuerzos de alta intensidad, acciones de habilidad con el balón, movimientos explosivos, disputas con el adversario, agilidad, saltos, sprint, etc. ².

Dichas características hacen a que este deporte tenga una alta tasa de incidencia de lesiones. Con lo que respecta al fútbol femenino, un estudio epidemiológico dio a conocer una incidencia general de 6,1 lesiones por 1000 hs. de exposición para las futbolistas. En su gran mayoría las lesiones se asocian con la parte dominante del cuerpo frente a la no dominante. Siendo estadísticamente más frecuentes en la rodilla y el tobillo, así como los músculos del muslo y la pantorrilla ³. Con lo que respecta al género el riesgo de una lesión grave en la rodilla es al menos el doble en las mujeres que en los hombres, independientemente del nivel de participación o exposición ⁴.

Desde hace tiempo, en el ámbito de la kinesiología y de la medicina deportiva, ha sido imprescindible el estudio del rendimiento muscular. Para ello numerosos autores han optado por la evaluación isocinética, un sistema informático y robótico que se utiliza para procesar los datos cuantitativos obtenidos de la capacidad muscular al ejecutar un movimiento. Para su medición se han propuesto diversos protocolos de evaluación y parámetros tanto de velocidad como de tipo de contracción utilizada, entre ellos se destacan los índices convencional y funcional ^{5 6 7}.

Estos índices de fuerza isocinética proporcionan información relevante: sobre la función articular de la rodilla; el riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior (LCA), musculatura isquiosural y estabilidad dinámica de la rodilla. También permiten monitorizar la eficacia de un programa de rehabilitación y determinar si un deportista puede regresar al entrenamiento o competición tras haber superado un proceso de rehabilitación ⁸.

La magnitud de un torque máximo de isquiotibiales-cuádriceps (H/Q) puede reflejar los patrones de movimiento durante la carrera o salto. Una H/Q concéntrica isocinética típica para deportistas sanos oscila entre 0,50 y 0,80 dependiendo de la velocidad angular e indica el equilibrio muscular entre ambos músculos ⁹.

Dado que la musculatura flexora de rodilla actúa como un estabilizador dinámico durante las acciones de sprints, cambios de dirección, golpes, podría ser razonable considerar que una reducida fuerza de dicha musculatura o una variación en los valores de fuerza pudiera teóricamente predisponer a un paciente o deportista a sufrir lesiones, tales como desgarros de los músculos isquiotibiales y del LCA ⁸.

A su vez, luego de sufrir una lesión o pasar por una intervención quirúrgica, como lo es típicamente la reconstrucción del LCA, los jugadores pueden presentar un déficit en la fuerza muscular a largo plazo del cuádriceps y los isquiotibiales. Pudiendo ocasionar una demora de hasta 12 meses después de la cirugía para que el atleta pueda recuperar su nivel competitivo ¹⁰.

A pesar de la vasta evidencia científica publicada acerca del desequilibrio muscular y los valores normativos de la población no atlética, siguen siendo escasos los estudios dedicados al fútbol femenino y a la prevención de lesiones en este deporte.

Esta tesina se realiza con la finalidad estimar los valores normativos de fuerza de la musculatura de la rodilla en jugadoras de fútbol sanas como método de prevención de lesiones.

II. Problema de investigación

Por lo expuesto previamente, este trabajo planteó como problema de investigación:

¿Cuál es el perfil isocinético de fuerza muscular H/Q en jugadoras de fútbol femenino para identificar desbalances musculares?

III. Objetivos

III.1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es analizar los índices de fuerza unilateral y bilateral realizando contracciones isométricas e isotónicas a diferentes velocidades angulares en la articulación de la rodilla, para valorar la relación agonista/ antagonista y los posibles desbalances musculares en jugadoras de fútbol femenino.

III.2. Objetivos específicos

Para poder cumplir con el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Indagar sobre la incidencia de lesiones de rodilla en las jugadoras y su relación con los desequilibrios musculares.
- Describir las diferencias relacionadas al género que presentan las jugadoras de fútbol en comparación con los hombres.
- Entender el desbalance de fuerza muscular H/Q como factor de riesgo de lesiones modificable.
- Establecer valores de referencia sobre la relación óptima H/Q para las deportistas.

IV. Justificación

El fútbol femenino ha aumentado en popularidad en todos los niveles de juego. Si bien la investigación sobre fútbol femenino, las lesiones y la prevención ha incrementado significativamente, todavía sigue siendo limitada. Como consecuencia de ello la jugadora sigue siendo menos comprendida en esos ámbitos que la contraparte masculina.

Al contabilizar en horas la exposición al fútbol, las mujeres tienen un perfil de riesgo de lesiones diferente al de los hombres^{11 12}. Estas se producen debido a una interacción dinámica de múltiples factores de riesgo, de los cuales algunos de ellos pueden ser modificables, como los desbalances musculares¹³.

El balance de la fuerza de los cuádriceps e isquiotibiales son una parte importante en la capacidad funcional de las atletas y contribuye en la biomecánica y el rendimiento de las extremidades inferiores. La relación isquiotibiales/cuádriceps ha sido utilizada para evaluar la capacidad funcional de la rodilla y el balance muscular. La activación muscular en grupo e individual precisa un adecuado movimiento. La ejecución de movimientos armónicos lleva al atleta a generar mayor velocidad de ejecución, mayor fuerza, a costa de un menor gasto de energía, llevando al atleta a ser eficiente. Esto implica que los músculos agonista y antagonista deben ser entrenados de forma correcta^{14 15}.

El objetivo propuesto en esta investigación permitiría tener datos normativos de fuerza en las jugadoras, lo cual le concederá al kinesiólogo/a tener un valor de referencia para poder evaluar, potenciar las capacidades físicas, determinar el alta deportiva, pero sobre todo para

incluirse como una herramienta de detección temprana para la prevención de lesiones en las jugadoras de fútbol.

V. Marco teórico

V.1. Capítulo I. Fútbol

V.1.b. Historia del Fútbol Femenino

A nivel mundial la historia del fútbol femenino se remonta a la primera mitad del siglo XX. Aunque no es del todo claro su comienzo exacto, la información data de sus inicios en Londres, Europa. El primer partido internacional de fútbol femenino se disputó el 9 de mayo de 1981 entre Inglaterra vs. Escocia, en Easted Road, Edimburgo.

Pese al éxito y la popularidad del deporte, en el año 1921, The Football Association (FA), Federación Inglesa de Fútbol, prohibió a los equipos femeninos de la liga y asociaciones afiliadas continuar jugando. Debido a que, consideraba al fútbol un deporte masculino e inadecuado para las mujeres.

Fue recién en 1969 donde se creó la Federación Inglesa de Fútbol Femenino, Women's FA (WFA), la cual organizó en 1970 la primera Copa. Un año después por recomendación de la UEFA (Unión de Federaciones de Fútbol Europeas) cada partido debía estar bajo el control de las asociaciones nacionales de cada país.

Finalmente, en 1971, el Consejo de la FA levantó la prohibición del año 1921, y permitió que los clubes asociados tengan equipos femeninos. También, reconoció a la WFA como único órgano regente de fútbol femenino en el país.

En el año 1987 la FIFA reconoce oficialmente el fútbol femenino y crea normas para su organización. Luego, en 1991 en China se celebró la primera Copa Mundial de Fútbol Femenino organizada por la FIFA. Para luego en 1996 en los Juegos Olímpicos de Atlanta conquistar la condición de modalidad olímpica.

En Argentina, este deporte comenzó a desarrollarse hace unos 30 años. En 1991 fue el primer campeonato de fútbol femenino, del cual participaron 8 equipos: River Plate, Boca Juniors, Excursionistas, Independiente, Yupanqui, Deportivo Español, Deportivo Laferrere y Sacachispas.

En la actualidad participan 19 equipos del Campeonato de la primera división A, organizado por la Asociación de Fútbol Argentino. Entre ellos se encuentran Boca Juniors, Comunicaciones, Defensores de Belgrano-UBA, Deportivo Español, El Porvenir, Estudiantes, Excursionistas, Gimnasia y Esgrima, Huracán, Independiente, Lanús, Platense, Racing Club, River Plate, Rosario Central, San Lorenzo, S.A.T, UAI Urquiza y Villa San Carlos.

Fue en año 2019 donde tuvo lugar un momento clave para la historia del fútbol en nuestro país, ya que el 16 de marzo de ese mismo año la AFA anunció el inicio de la profesionalización de la liga de fútbol femenino ^{16 17 18}.

V.1.c. Reglas de juego

El fútbol es el deporte más popular del mundo. Se juega en todos los países a distintos niveles. Sin embargo, en todas partes se siguen las mismas reglas de juego ya sea en una Copa Mundial o en un partido infantil.

El balompié debe tener reglas que hagan que el juego sea “limpio”: la deportividad es un elemento clave de la belleza del deporte.

Estas reglas están reguladas por el IFAB (The International Football Association Board), El cual está compuesto por cuatro federaciones de fútbol británicas (Federación Inglesa de Fútbol, Federación Escocesa de Fútbol, Federación Galesa de Fútbol y Federación Irlandesa de Fútbol).

La manera de disputar y arbitrar el juego debe ser la misma en todo el mundo. Sin embargo, las necesidades del fútbol en cada país deben determinar la duración de un partido, el número de participantes y cómo se penaliza ciertos comportamientos antideportivos.

Este deporte, tiene diferentes niveles (fútbol juvenil, de veteranos, de personas con discapacidad, fútbol base). Principalmente se van a distinguir el profesional y el amateur.

Disputarán los partidos dos equipos, cada uno de ellos con un máximo de 11 jugadores, uno de los cuales será el arquero.

El terreno de juego debe ser una superficie natural o artificial de forma rectangular, la cual deberá cumplir con reglas de marcación y dimensiones estandarizadas establecidas por la IFAB.

La supervisión del juego estará a cargo de un equipo arbitral. En el cual, el árbitro constituye la máxima figura de autoridad dentro de la cancha y es la encargada de dirigir el partido, posee plena autoridad para hacer cumplir las reglas del juego.

Cada partido tendrá una duración de dos períodos iguales de 45 minutos cada uno, con una pausa no superior a 15 minutos entre medio. Sumado a ello el tiempo suplementario que el árbitro considere, teniendo en cuenta el tiempo en el cual el partido estuvo detenido.

El principal objetivo del juego es desplazar un balón esférico (el cual debe cumplir con ciertas dimensiones) con los miembros inferiores a través del campo de juego e introducirlo en la portería del equipo contrario. Éste se considerará un gol válido cuando el balón haya atravesado completamente la línea de meta de la portería, y siempre y cuando el equipo que marcó el gol no haya cometido previamente ninguna infracción. El equipo que haya marcado la mayor cantidad de goles será el ganador. Si ambos equipos marcan el mismo número de goles o no marcan ninguno, el partido terminará por empate ¹⁹.

V.2. Capítulo II Lesiones en el fútbol

La fama y el grado de profesionalismo del fútbol ha aumentado considerablemente la frecuencia, la intensidad y la competitividad, ya sea en los entrenamientos como en los partidos. Al ser éste un deporte de contacto y de alta intensidad supone la exposición de jugadores, tanto de élite como amateur, a continuas exigencias físicas, técnicas, tácticas, psicológicas y fisiológicas. Como todo deporte competitivo, exige demandas físicas importantes, al combinar dentro de sus acciones motoras capacidades físicas condicionales como coordinativas, sumado a ello implica un continuo e intensivo ciclo de entrenamiento y competición que predispone a los jugadores a un mayor riesgo de lesiones, debido a la acumulación de fatiga o sobrecarga ²⁰.

V.2.a. Lesión

El Sistema Nacional de Registro de Lesiones Atlético de Estados Unidos definió como lesión a cualquier queja física asociada con el fútbol (recibida durante un entrenamiento o un partido) que limite la participación atlética durante al menos el día posterior al día de inicio. Así mismo, una jugadora se definió como lesionada hasta que pudo volver a participar plenamente en los juegos y/o en las sesiones de práctica ²¹.

Las lesiones se pueden clasificar por uso excesivo si es consecuencia de microtraumatismos repetidos y como traumática si es causada por un solo incidente traumático.

También, se van a clasificar de acuerdo a la gravedad de las lesiones. Las cuales varían acorde al tiempo de ausencia en entrenamientos y/o partidos de las jugadoras. Considerando lesión leve o menor (menos de 7 días), moderada (entre 7-30 días) y grave o mayor (más de 30 días)

21.

V.2.b. Epidemiología

Para incorporar estrategias para la prevención de lesiones en el fútbol femenino es necesario comprender la epidemiología de las mismas (22). Actualmente, un estudio dio a conocer una incidencia general de 6,1 lesiones por 1000 hs. de exposición, con una incidencia de entrenamientos de 3,5 lesiones por 1000 hs. de exposición al entrenamiento y una incidencia de partidos de 10,2 lesiones por 1000 hs. de exposición a partidos para las futbolistas ³.

Sumado a ello, un estudio realizado en futbolistas de la Federación Española de Fútbol reveló una tasa incidencia de lesiones menor en jugadoras sub-18 en comparación con sus homólogas adultas. Además, del número total de lesiones reportadas en un año (45,7%) ocurrieron durante los entrenamientos y (53,9%) ocurrieron durante los partidos. Las lesiones con o sin contacto variaron de acuerdo a los entrenamientos o partidos. La proporción de lesiones sin contacto fue mayor en las lesiones graves. La proporción de lesiones por contacto fue mayor en las clasificadas como leves ²³.

Con respecto al nivel de juego, la tasa de incidencia de lesiones en los partidos es siempre significativamente mayor a la incidencia en los entrenamientos. Esto podría deberse a las mayores exigencias físicas de las jugadoras, la variabilidad e incertidumbre generada en las atletas cuando compiten con sus rivales, el número de contactos y colisiones y el cansancio generado durante los partidos. Siguiendo la misma línea, los números también han demostrado una tasa de incidencia mayor durante los partidos internacionales en comparación con los partidos jugados a nivel nacional ³.

Dentro de las lesiones más frecuentes, las estructuras que se ven más comprometidas son las articulaciones y/o ligamentos. Las lesiones óseas y del sistema nervioso fueron las que se presentaron con menos frecuencia. Según el sitio anatómico, la mayoría de

las lesiones se localizan en los miembros inferiores, siendo más frecuente en la rodilla y el tobillo.

De las lesiones localizadas en el tobillo, la más habitual fue el esguince de tobillo. En rodilla, fue mayor la lesión en el LCA (39,2%) seguida del LCL (35,6%). (en su mayoría sin contacto). Y en muslo, las distensiones musculares, siendo las más frecuentes las distensiones en cuádriceps para las mujeres. Estudios previos han revelado que las atletas que practican deportes de equipo intermitentes, como el fútbol, tienen 2-6 y 2-5 mayor probabilidad de sufrir desgarros de LCA y esguinces de tobillo graves ^{3 21 23}.

Al tratarse de un deporte de contacto con muchas colisiones durante el juego, es lógico pensar que éstos van a influir en la tasa de lesiones. Diversos estudios han comprobado que entre el 51% y el 83% de las lesiones se deben al contacto físico con el adversario y, entre el 19% y el 39% se dan por juego sucio ¹⁴. Sin embargo, un estudio reveló que las lesiones por mecanismo de contacto representaron sólo 1 de 4 lesiones en las jugadoras. En su mayoría, las lesiones por contacto fueron consecuencia de una situación de entrada (no sancionada como juego sucio) o juego sucio, mientras que correr o cambio de dirección, causaron la mayoría de las lesiones sin contacto (más frecuentes las de LCA) ²¹.

En cuanto al mecanismo de lesión el número de lesiones traumáticas es mayor que las lesiones por uso excesivo ³.

V.2.c. Factores de riesgo

Las causas de las lesiones en el fútbol suelen ser complejas y afectadas por una interacción multifacética de factores de riesgo. Los factores pueden clasificarse como intrínsecos (los que están relacionados con la jugadora) o extrínsecos (los que se relacionan con el medio ambiente) o de hecho modificable o no modificable. Para establecer estrategias preventivas, es fundamental identificar estos factores ^{2 13 24}.

Dentro de los factores intrínsecos la lesión previa es uno de los factores claves (aumento de riesgo de lesión del 74%). Aunque se deben destacar los factores de riesgo posiblemente modificables, ya que se pueden tomar medidas para reducir su impacto, con el objetivo de minimizar el número de lesiones iniciales. Dentro de los factores intrínsecos modificables se encuentra un valgo dinámico aumentado, disminución de ángulos de flexión de rodilla y cadera durante el aterrizaje, una relación baja H/Q, hipermovilidad articular generalizada (laxitud) e hiperextensión de rodilla ^{13 25}.

Otros factores de riesgo, tanto modificables como no modificables, incluyen: la edad, aumento del IMC, disposición familiar, posición de juego (los delanteros y defensores presentan mayor riesgo) alta exposición durante entrenamientos o partidos, fluctuaciones hormonales y factores psicológicos como la ansiedad y estrés por eventos negativos ¹³.

V.2.d. Femenino. vs Masculino

Las diferencias en cuanto al sexo siguen siendo un tema de discusión en la incidencia de lesiones entre las y los atletas. Aún siguen predominando los estudios realizados en hombres, siendo menor el número de estudios realizados en las mujeres. También siguen siendo escasos los estudios en donde se compara la incidencia entre ambos grupos. A continuación, se desarrollarán las principales diferencias encontradas en la literatura actual.

Uno de los primeros estudios que compara ambas poblaciones fue realizado por Hägglund en la primera división sueca, el cual mostró una tendencia hacia una mayor incidencia de lesiones en los jugadores masculinos. Se documentó un porcentaje de entre el 78% y 66% de lesiones entre hombres y mujeres, respectivamente, coincidiendo con estudios posteriores al mismo ^{26 27}.

En cuanto al tipo de lesión, su ubicación y circunstancia. El muslo fue el sitio más frecuente en sufrir una lesión entre los atletas masculinos, por otro lado, las lesiones de rodilla fueron las más comunes en las jugadoras. Se observó una mayor proporción de lesiones y contusiones de tendones en hombres. A su vez, las sinovitis de las articulaciones y las quejas por uso excesivo fueron más frecuentes en las jugadoras. Siguiendo esta línea, las lesiones de articulaciones/ligamentos (dislocación, esguince de ligamentos y lesión de menisco/ cartílago combinados) fueron más comunes en las jugadoras. Mientras que, la incidencia de lesión por distensión muscular fue mayor para los jugadores de fútbol, debido a una mayor tasa de distensión en la ingle.

Los 5 diagnósticos más frecuentes entre los jugadores masculinos fueron: lesiones en el tendón de la corva, lesión en los aductores, esguince por inversión de tobillo, dolor de ingle, lumbalgia y distensión del cuádriceps e isquiotibiales ^{26 27}.

En particular, la distensión de isquiotibiales fue la lesión más común y la principal causa de ausencia en hombres ²⁶. Esto podría atribuirse a que los jugadores realizan carreras de mayor intensidad, mostrando un tiempo recuperación más lento en dichos músculos. Sumado a ello, una mayor fatiga en los hombres puede provocar una disminución en la fuerza excéntrica y cambios en la mecánica de velocidad, lo que se cree que aumentaría el riesgo de lesión.

Las lesiones en la ingle en los futbolistas masculinos a menudo se pueden atribuir a la deficiencia de la pared abdominal. El predominio en la pubalgia atlética en hombres ha sido descrita y atribuida principalmente al sexo, diferencias en la anatomía pélvica en la mujer hace que éstas tengan una pelvis más liviana, más ancha y un ángulo subpúbico más grande, lo que ayuda a la transferencia de fuerzas desestabilizadoras desde la región púbica hasta las extremidades inferiores ²⁸.

Las lesiones más frecuentes en mujeres fueron las distensiones de los cuádriceps, roturas de LCA, lesiones en tobillo y lesiones por conmoción cerebral ²⁶.

La distensión en los cuádriceps, podría atribuirse a factores extrínsecos, como el estilo de juego, o contenido de entrenamiento. Se ha señalado la importancia de la activación de los flexores de cadera para proteger a los cuádriceps durante la fase de balanceo, en este sentido, las mujeres muestran una menor activación del ilíaco en comparación con los hombres durante el gesto de pateo de la pelota. Esto podría predisponer a las mujeres a sufrir distensiones en los cuádriceps y a los hombres a sufrir lesiones en la cadera o ingle.

Investigaciones anteriores han comprobado que las lesiones ligamentosas ocurren con mayor frecuencia en mujeres que en hombres. Esto es debido, principalmente, a factores hormonales (estrógeno, progesterona y relaxina) asociado con las fases menstruales. Estas hormonas aumentan la laxitud ligamentosa y disminuyen el rendimiento neuromuscular, ello podría influir en la estabilidad pasiva y activa de la rodilla en las atletas ^{21 23}.

En cuanto a la proporción de lesiones por contacto fue mayor en los hombres, sobre todo durante los partidos. El 31% de las lesiones traumáticas producidas en los clubes masculinos y el 21% de las mismas, producidas en los clubes femeninos, se debieron a juego sucio según la decisión del árbitro. Estos datos reflejan la naturaleza del fútbol masculino, el cual tiene una mayor intensidad y más situaciones de contacto, pero también podría atribuirse a un menor juego limpio.

Otro dato a tener en cuenta, según un estudio realizado por Larruskain, en jugadores de élite españoles, mostró que los jugadores masculinos tienen más carga horaria de exposición a entrenamientos y partidos con un porcentaje 20% sobre las jugadoras femeninas ²⁶.

Las atletas femeninas tuvieron un 21% más de días totales perdidos, esta ausencia se debió a una incidencia mayor en lesiones graves, roturas de LCA, esguince medial de rodilla y esguinces tobillo. Los hombres presentaron una mayor incidencia en lesiones mínimas, en su mayoría contusiones. Los hombres parecen tener un riesgo 2 veces mayor a sufrir una lesión al abordar una situación de juego ²⁶. Estudios anteriores han informado un riesgo 2 y 6 veces mayor de sufrir lesiones de LCA en mujeres. Debido a diferencias del sexo en la biomecánica y el control neuromuscular del tronco, cadera y rodilla ²⁶.

Se han observado tiempos más largos de regreso al juego debido a distensiones en los músculos del muslo, roturas de LCA y distensiones de la pantorrilla en las mujeres ²⁶. Un detalle a tener en cuenta es que en el fútbol femenino de elite hay mucha más presión por el éxito, por lo que, las jugadoras se ven obligadas un regreso más rápido al juego, lo que podría implicar períodos de rehabilitación insuficientes y, en consecuencia, mayor riesgo de futuras lesiones ²¹.

V.3. Capítulo III. Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla

V.3.a. Reseña Anatómica

La articulación de la rodilla es una articulación sinovial. Posee líquido sinovial, cartílago hialino, meniscos, cápsula y membrana sinovial.

Conforman a este complejo dos articulaciones: la femorotibial (bicondílea doble) y la femorrotuliana (troclear). Una articulación bicondílea doble está dada por dos cóndilos de una epífisis que se enfrentan a dos superficies articulares prácticamente planas, ubicadas en los cóndilos de otro hueso. Por otro lado, en una articulación troclear una de las superficies articulares tiene forma de polea en cuyo surco (garganta) se aloja la saliente de la superficie articular opuesta ²⁹.

V.3.a.1. Componentes Óseos

Las estructuras óseas que la conforman son: el fémur, la tibia y la rótula o patela.

-**Fémur**: es un hueso largo que se encuentra a nivel del muslo. Presenta una epífisis proximal, el cuerpo y una epífisis distal. La epífisis proximal está conformada por la cabeza del fémur, los trocánteres mayor y menor, la línea y cresta intertrocantérica, y el tubérculo cuadrado. El cuerpo femoral presenta una cara anterior, una posteromedial y una posterolateral. La epífisis distal presenta dos cóndilos, medial y lateral.

-**Rótula (patela)**: es equivalente a un hueso sesamoideo que se ubica en el extremo superior del ligamento rotuliano. Presenta una cara anterior y una posterior o articular. La cara anterior está en contacto con el tendón del cuádriceps y la cara articular está orientada hacia el fémur. La rótula tiene un borde superior más ancho denominado base rotuliana, un borde lateral y otro medial, y un vértice inferior, por lo que adquiere una forma casi triangular.

-**Tibia**: es un hueso largo, que está ubicado a nivel de la pierna en dirección medial al peroné. Presenta una epífisis proximal, un cuerpo y una epífisis distal. En la epífisis proximal se encuentra la cara articular superior. El cuerpo presenta tres caras, la cara medial, lateral y posterior. A su vez presenta tres bordes, que separan las caras entre sí: medial, anterior e interóseo. En la epífisis distal está ubicado el maléolo medial. El cual presenta una superficie articular para el astrágalo: la cara articular del maléolo medial ²⁰.

V.3.a.2. Componentes articulares

Las superficies articulares están unidas entre sí por una cápsula articular y ligamentos que la refuerzan.

Cápsula articular

La cápsula articular se inserta adelante: por debajo de la rótula, desde el borde inferior de su cara articular hasta el borde anterior de los tubérculos intercondileos, y por encima desde el borde posterosuperior de la tróclea hasta la base de la rótula.

En dirección lateral: desde la extremidad superior de la tróclea y el borde posterior de los epicóndilos hasta la carilla articular superior de la tibia.

En la región posterior: se inserta arriba del fémur profundizando en la fosa intercondílea entre ambos cóndilos, y se extiende hasta la inserción del ligamento cruzado anterior.

Figura 1. **Ligamentos colaterales de la articulación de la rodilla derecha. A. Vista medial. B. Vista lateral. Pró EA. Anatomía Clínica. 2014.**

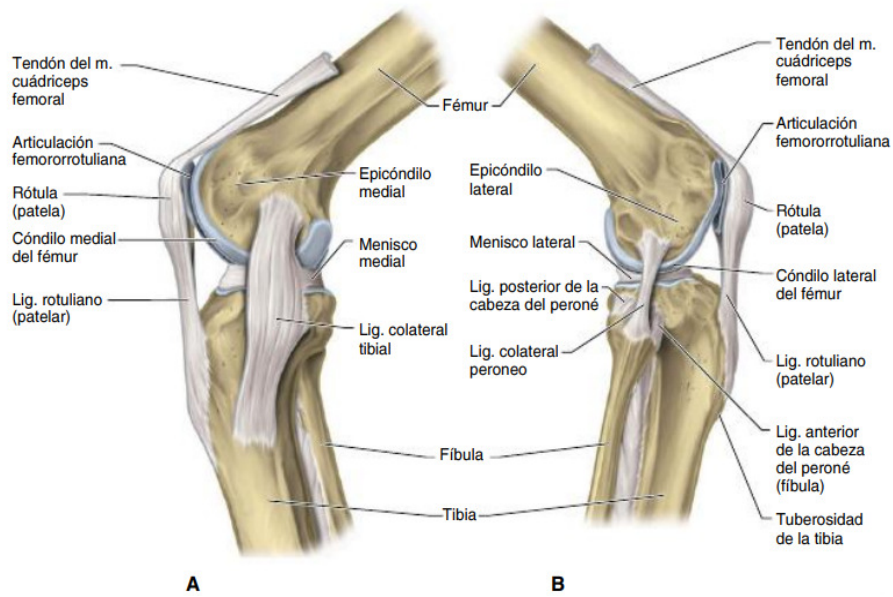
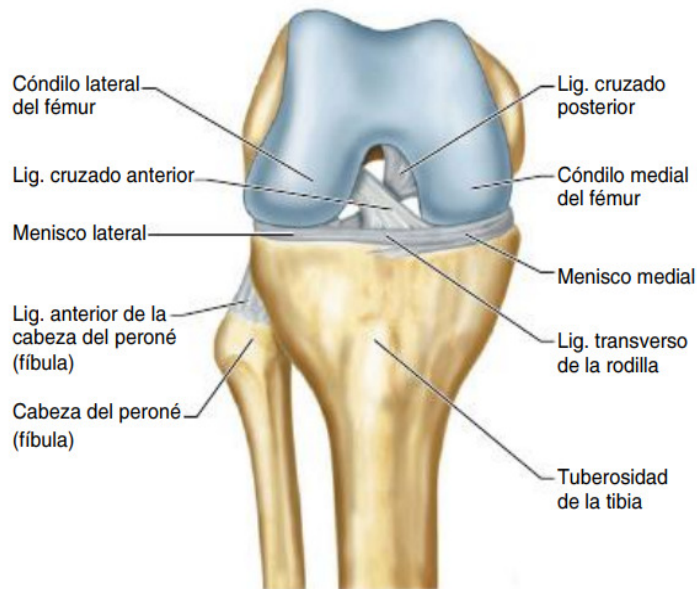


Figura 2. Articulación de la rodilla derecha flexionada en 90°. Se retiraron la cápsula y la rótula. Vista anterior. Pró EA. Anatomía Clínica. 2014.



Ligamentos

Los ligamentos anteriores están conformados por el ligamento rotuliano y el retináculo rotuliano lateral.

- Ligamento rotuliano: es la continuación del tendón del músculo cuádriceps femoral, que se extiende desde el vértice de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia.
- Retináculo rotuliano lateral: está formado por las fibras de las aponeurosis de los músculos vasto lateral y recto femoral, y del tracto iliotibial. Se extiende desde el borde lateral de la rótula hasta la porción lateral de la tuberosidad tibial.
- Retináculo rotuliano medial: está formado por las fibras del músculo vasto medial. Se extiende desde la porción medial de la tuberosidad tibial hasta el borde lateral de la rótula.

Los ligamentos posteriores son el ligamento poplíteo oblicuo y poplíteo arqueado.

- Ligamento poplíteo oblicuo: se extiende desde la inserción del músculo semimembranoso en dirección superior y lateral, reforzando la pared posterior de la cápsula articular.
- Ligamento poplíteo arqueado: se extiende desde la cabeza del peroné hasta la pared posterior de la cápsula articular.

Los ligamentos colaterales tibial y peroneo refuerzan la cápsula articular en sus caras medial y lateral.

- Ligamento colateral tibial: se extiende desde el cóndilo femoral medial hasta la tibia.
- Ligamento colateral peroneo: se extiende desde el cóndilo femoral lateral hasta la cabeza del peroné.

Los ligamentos cruzados, anterior y posterior, son dos ligamentos fuertes, que están ubicados en la profundidad de la articulación de la rodilla.

- Ligamento cruzado anterior: se extiende desde la porción superior y posterior de la región intercondílea anterior, hasta la cara medial del cóndilo femoral lateral.
- Ligamento cruzado posterior: une la región intercondílea posterior con la porción anterosuperior de la cara lateral del cóndilo femoral medial.

Estos dos ligamentos son extrasinoviales y se cruzan en dirección anteroposterior y transversal, en el cóndilo femoral lateral se inserta el ligamento anterior y en el cóndilo femoral medial el ligamento posterior²⁹.

Sinovial

La membrana sinovial reviste la cápsula articular por su cara medial, alcanzando el fémur, la rótula y la tibia. En dirección anterior forma un receso por encima de la rótula. En dirección inferior a la rótula forma un repliegue que contiene tejido adiposo, el pliegue sinovial infrarrotuliano. El cual se extiende desde el cuerpo adiposo infrarrotuliano hasta los ligamentos cruzados. A nivel del cuerpo adiposo infrarrotuliano el pliegue sinovial se divide en los pliegues alares, que terminan en los bordes laterales de la rótula.

Meniscos

Entre estas superficies articulares se encuentran los meniscos, dos fibrocartílagos, cuya función es aumentar la profundidad de las superficies articulares y mejorar la distribución de la carga.

El menisco lateral es un arco fibrocartilaginoso casi circular que está ubicado por debajo del cóndilo femoral lateral. Su cara lateral está adherida a la cápsula articular, presenta un cuerno anterior y un cuerno posterior.

El menisco medial es un fibrocartílago en forma de C, que está ubicado por debajo del cóndilo femoral medial y está adherido al ligamento colateral tibial. Presenta un cuerno anterior y un cuerno posterior.

Están unidos por:

- Ligamento meniscofemoral anterior: se extiende desde el extremo posterior del menisco lateral hasta el cóndilo medial del fémur.
- Ligamento meniscofemoral posterior: se extiende desde el menisco lateral hasta la superficie peronea del cóndilo femoral medial.
- Ligamento transverso de la rodilla: formado por fibras de tejido conjuntivo que unen los extremos anteriores de ambos meniscos ²⁹.

V.3.a.3. Componentes musculares

En la siguiente tabla se agrupan las características de los músculos involucrados en el complejo articular de la rodilla. Detallando el origen, inserción, función e inervación de dichos músculos.

Tabla 1: Músculos extensores de rodilla.

Músculo	Origen	Inserción	Función	Inervación
Recto Anterior	Espina ilíaca anterior inferior y surco supraacetabular	Tuberosidad de la tibia	Extensión de rodilla	n. Femoral
Vasto Lateral	Trocánter mayor y labio lateral de la línea áspera	Tendón del cuádriceps	Extensión de rodilla	n. Femoral
Vasto Medio	Cara anterior del fémur	Tendón del cuádriceps	Extensión de rodilla	n. Femoral
Vasto Medial	Línea intertrocantérica y labio medial de la línea áspera	Tendón del cuádriceps	Extensión de rodilla	n. Femoral

Tabla 2: Músculos flexores de rodilla.

Músculo	Origen	Inserción	Función	Inervación
Bíceps Femoral	-Cabeza larga: tuberosidad isquiática -Cabeza corta: labio lateral de la línea áspera	-Cabeza del peroné	Flexión y rotación lateral de rodilla	n. Tibial
Semimembranoso	Tuberosidad isquiática	Cóndilo medial de la tibia y lig. Poplíteo oblicuo	Flexión y rotación medial de rodilla	n. Tibial
Semitendinoso	Tuberosidad isquiática y lig. Sacrotuberoso	Medial a la tuberosidad de la tibia	Flexión y rotación medial de la rodilla	n. Tibial
Sartorio	Espina ilíaca anterior superior	Medial a la tuberosidad de la tibia	Flexión y rotación medial de rodilla	n. Femoral

Tensor de la Fascia Lata	Espina ilíaca antero superior	Tracto iliotibial hasta el cóndilo lateral de la tibia	Abductor y rotador medial de muslo. Estabiliza lateralmente la rodilla	n. Glúteo superior
Grácil	Rama inferior del pubis	Medial a la tuberosidad de la tibia	Flexión y rotación medial de la rodilla	n. Obturador
Poplíteo	Epicóndilo femoral lateral	Cara posterior de la tibia por encima del labio superior de la línea del sóleo	Flexión y rotación medial de la pierna sobre el muslo	n. Poplíteo

V.3.b. Reseña Biomecánica

La rodilla es una articulación intermedia del miembro inferior. Tiene un solo grado de libertad, la flexoextensión, que se da en el eje transversal. Es una articulación que trabaja, principalmente, en compresión bajo la acción de la gravedad. De manera secundaria, posee un segundo grado de libertad: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que sólo se da cuando la rodilla se encuentra flexionada.

Desde el punto de vista mecánico debe conciliar dos imperativos contradictorios: poseer una gran estabilidad en extensión máxima y adquirir una gran movilidad a partir de cierto ángulo de flexión.

Presenta los siguientes movimientos:

-Extensión: movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo. No existe una extensión absoluta ya que el miembro inferior está en su máxima posición de alargamiento. Es posible realizar pasivamente, una extensión de 5 a 10°.

-Flexión: movimiento que aproxima la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo. La amplitud es distinta según la posición de la cadera. La flexión activa alcanza los 140° si la cadera está previamente flexionada, y solo llega a 120° si la cadera se encuentra extendida. La flexión pasiva alcanza una amplitud de 160°.

Los movimientos de rotación sólo se pueden realizar con la rodilla flexionada.

-Rotación interna: movimiento que dirige la punta del pie hacia dentro. La rotación activa es de 30° y pasiva de 30-35°.

-Rotación externa: movimiento que dirige la punta del pie hacia afuera. Su amplitud de movimiento activo es de 40° y pasivo de 40-45°.

Los cóndilos femorales constituyen dos eminencias convexas en ambas direcciones y alargadas de adelante atrás. Éstos no son estrictamente idénticos. En cuanto a las glenoides, la interna es cóncava hacia arriba y la externa es convexa hacia arriba. Durante los movimientos, el punto de contacto entre los cóndilos y las glenoides retrocede sobre las glenoides en el caso de la flexión y avanza en el caso de la extensión. En el transcurso de esta acción los cóndilos ruedan y resbalan a la vez sobre las glenoides. A partir de una extensión máxima, el cóndilo empieza a rodar sin resbalar, a continuación, el deslizamiento comienza a predominar sobre la rodadura, de tal manera que al final de la flexión el cóndilo resbala sin rodar. En el caso del cóndilo interno dicha rodadura no se da más en que los primeros 10-15° de flexión. A su vez, en el cóndilo externo persiste hasta los 20° de flexión.

En la rotación externa de la tibia bajo el fémur, el cóndilo externo avanza sobre la glenoides externa, mientras que el cóndilo interno retrocede en las glenoides interna. En la rotación interna se produce el fenómeno inverso.

En cuanto a los meniscos, éstos acompañan los movimientos de los cóndilos sobre las glenoides. En extensión la parte posterior de las glenoides está al descubierto, sobre todo la externa. En flexión los meniscos cubren la parte posterior de la glenoide, sobre todo el externo, el cual retrocede más. Al mismo tiempo que retroceden los meniscos, se deforman.

Estos fibrocartílagos cumplen la función de medios de unión elásticos transmisores de las fuerzas de compresión. En extensión los cóndilos tienen a las glenoides en su mayor radio de curva y los meniscos están perfectamente intercalados entre las superficies articulares. Por otro lado, en flexión, los cóndilos tienen en las glenoides su menor radio de curva y los meniscos pierden parcialmente el contacto con los cóndilos.

Durante los movimientos de rotación los meniscos siguen exactamente los desplazamientos de los cóndilos sobre las glenoides. En la rotación externa de la tibia sobre el fémur el menisco externo está impulsado hacia la parte anterior de la glenoide externa, mientras que el menisco interno se dirige a la parte posterior. Durante la rotación interna ocurre lo contrario.

Estabilizan la rodilla transversalmente, los ligamentos colaterales, el ligamento colateral tibial y el ligamento colateral peroneo. Éstos estabilizadores pasivos se tensan durante la extensión y se distienden durante la flexión.

La estabilidad anteroposterior de la rodilla está asegurada por los ligamentos cruzados. El LCP está tenso en flexión, mientras que el LCA se tensa en extensión y es uno de los frenos de la hiperextensión. Durante la rotación interna, los ligamentos cruzados se enrollan uno alrededor del otro y se tensan mutuamente, bloqueando la rotación interna. Lo contrario ocurre en la rotación externa, éstos se distienden, y no limitan tal movimiento ^{30 31}.

V.4. Capítulo IV. Dinamometría Isocinética

V.4.a. Definición

La dinamometría isocinética es la técnica que evalúa la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable ^{7 32}.

Una de las mejores ventajas es la posibilidad de objetivar en una gráfica, las curvas de fuerza/arco de movimiento y relacionar los diferentes valores obtenidos. Constituyendo una herramienta para evaluar la medida de fuerza muscular, y con ello los programas de entrenamiento y rehabilitación ⁷.

El ejercicio isocinético puede ser utilizado para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o un momento torsional y como una modalidad de ejercicio para reestablecer el nivel de fuerza tras una lesión o, simplemente como entrenamiento ^{5 7 14 32}.

Es un sistema que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Constituye un modo objetivo de medir la fuerza realizada tanto en un movimiento analítico sobre un eje articular, como un movimiento complejo en el que intervienen varias articulaciones. Su fin es expresar el movimiento en términos de momentos de fuerza, de potencia, de trabajo, etc., como variables cuantitativas. Los sistemas isocinéticos permiten evaluar las diferentes modalidades de ejercicios como el movimiento continuo pasivo, isométrico,

isotónico e isocinético, tanto en modalidad concéntrico como excéntrico, en cadena cinética cerrada o abierta ^{7 14}.

El uso de esta tecnología se ha enfocado en tres áreas: valoración de déficit, monitorización del tratamiento rehabilitador, utilización como ayuda diagnóstica.

V.4.b. Historia

A lo largo de la historia médica se ha intentado definir la capacidad de un grupo muscular, la fuerza, la potencia y el trabajo que desarrollaba. Se han empleado numerosos medios, ya sea técnicas de exploración manual, electrodiagnóstico de estimulación, métodos de balanza en resorte, sistemas de presión, levantamiento de pesas, etc.

En 1904 fue un momento de plenitud con el desarrollo del dinamómetro de Zander y previamente con el dinamómetro de García Fraguas en 1987, los cuales hacían considerar de una manera gráfica la fuerza y potencia desarrolladas por un grupo muscular.

En el año 1912 se emplean las exploraciones manuales para este fin. Lovett, considerando la gravedad y la resistencia, graduó la fuerza muscular en 6 grupos. Posterior a ello, surgieron diversos métodos, los Métodos de Brunstron y la Escala de Daniels, en la que se plantea un sistema ordinal de valoración muscular en 5 grados, uno de los más usados en la práctica clínica. Todos estos métodos tenían un componente subjetivo que los caracterizaba, aún continuaba la necesidad de buscar un método puramente objetivo.

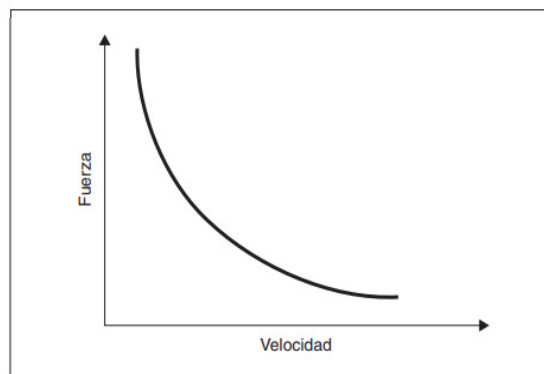
Los sistemas isocinéticos nacieron en 1927 cuando Levyn y Gimán crearon el primer ergómetro isocinético para la determinación de las propiedades viscoelásticas de un músculo.

Con la creación de la curva fuerza/velocidad por Hill en 1938, se estableció el inicio del método isocinético. En dicha curva, se define como las fuerzas musculares desarrollan menos fuerza a medida que aumenta su velocidad de contracción.

Apoyándose en esa base Hettinger creó el primer sistema de medidas, seguido por Perrine en 1967 quien habló del “ejercicio cibernético”. Thistley fue el primero en emplearlos en la potenciación muscular y en 1970 J.David lo utilizó en la medicina deportiva.

Dentro de este mundo, se establecen dos escuelas bien definidas por su metodología de actuación: la escuela americana y la escuela europea. Dentro de ésta última se considera un grupo con características muy similares, formado por italianos y españoles, con utilización de protocolos y actuaciones parecidos. Las bases de la isocinesia fueron desarrolladas en el Primer Seminario Internacional sobre la Revolución Isocinética Europea, celebrado en Suiza en 1984 ⁷.

Figura 3. Curva de Hill. F. Huesa Jiménez; J. García Díaz; J. Vargas Montes (2005).



V.4.c. Movimientos

La realización de los gestos por las articulaciones en el ser humano se puede clasificar en tres categorías. En primer lugar, ejecución estática, sin movimiento, que se expresa como fuerza isométrica. En segundo lugar, las ejecuciones dinámicas, en la cual entran las dos categorías restantes, como movimiento isocinético y movimiento isotónico.

- **Contracción muscular isométrica:** la distancia entre el origen y la inserción muscular permanece constante, es decir, no hay movimiento como resultado de la contracción (la velocidad de movimiento es cero y el trabajo muscular también es cero).
- **Movimiento isotónico:** se produce una contracción contra una carga o masa constante. Como consecuencia se produce un cambio entre la distancia que existe entre el origen y la inserción del músculo.
- **Contracción isotónica concéntrica:** es aquella en la cual se produce un acortamiento de la distancia entre el origen y la inserción muscular.

- **Contracción isotónica excéntrica:** es aquella en la que se produce una elongación del músculo.

En estos casos, la velocidad es variable, manteniéndose constante la resistencia que se desplaza durante todo el recorrido.

- **El movimiento isocinético:** se define por mantener una velocidad angular de movimiento constante durante todo el recorrido articular. Puede realizarse de forma concéntrica y excéntrica⁷.

V.4.d. Dinamómetros isocinéticos

Podemos dividir los dinamómetros en dos categorías: sistema activo y sistema pasivo.

El sistema pasivo utiliza freno mecánico, magnético, hidráulico o eléctrico para disipar las fuerzas y puede usarse en las modalidades de ejercicio isocinético concéntrico, isotónico o isométrico. Los sistemas activos disipan la fuerza producida por una persona o producen fuerza para trabajar sobre la persona. Además de contar con las facultades de un sistema pasivo, pueden realizar ejercicios de modalidad isotónica excéntricos y pasivos.

Actualmente permite evaluar las diferentes modalidades de ejercicio, como el movimiento continuo pasivo, isométrico, isotónico e isocinético.

El sistema de evaluación isocinética está formado por tres elementos:

- Goniómetro: facilitará la medida del arco de movimiento.
- Taquímetro: indicará la velocidad de realización del movimiento.
- Dinamómetro: capaz de ofrecer el valor del momento de fuerza desarrollado en cada instante⁷.

V.4.e. Metodología

Al momento de realizar la prueba se deben tener en cuenta los siguientes aspectos. En primer lugar, la instalación del paciente en la máquina debe ser de una forma óptima para aislar los grupos musculares que se quieren estudiar y evitar las compensaciones, se realizará una fijación a través de cinchas lo más estables posibles.

Es sumamente necesario una perfecta alineación entre el eje de rotación de la articulación sometida a estudio y el eje de rotación del dinamómetro.

Todos los sistemas cuentan con una corrección de la gravedad, que se realiza de una forma automática una vez colocado al paciente. La corrección de la gravedad influye en las fuerzas y en las relaciones de los grupos de los músculos recíprocos de las extremidades.

La fase de calentamiento articular, previo a la prueba, se realiza por el movimiento continuo pasivo de la articulación.

Existen dos contraindicaciones para la realización de la prueba: la existencia de un ROM muy limitado y/o la existencia de lesiones de tejidos blandos u óseos en curación.

Los protocolos de estudio en la realización de la prueba van a variar de acuerdo con el individuo y el objetivo del estudio. Generalmente, se realiza en el siguiente orden: se determina el ROM en que se va a realizar el estudio (arco de movimiento fisiológico). Luego se realiza la prueba para la corrección del componente de gravedad, posteriormente se realiza la prueba propiamente dicha, comenzando con la realización del movimiento continuo pasivo, para luego realizar el movimiento isotónico e isocinético, respectivamente, a diversas velocidades, finalmente se termina con el estudio isométrico. A lo largo del protocolo se llevan a cabo una serie de intervalos de reposo entre cada serie de repeticiones, que varían de 30 a 60 segundos.

Durante el análisis isocinético, se llevará a cabo el estudio en velocidades de movimiento baja, media y alta, para evaluar la coherencia total de la prueba cuando se requiere definir un déficit muscular. El ejercicio de baja velocidad movilizará principalmente, fibras de tipo I, mientras que el ejercicio a altas velocidades movilizará las fibras tipo II ⁷.

Figura 4. Test de torque isocinético concéntrico de cuádriceps e isquiotibiales en el sistema Biodex 3.

Kabacinski J, Murawa M, Mackala K, Dworak LB. 2018



Figura 5. Prueba de fuerza isométrica máxima. Kabacinski J, Murawa M, Mackala K, Dworak LB. 2018.



V.4.f. Aspectos biomecánicos

Torque máximo o momento de fuerza: constituye la fuerza desarrollada por el grupo muscular multiplicada por la distancia existente desde el eje de rotación al eje de la aplicación de la fuerza. Corresponde al momento de fuerza más alto que se desarrolla durante el movimiento. Este momento, vendrá registrado para cada ángulo de ROM y gráficamente viene representado por una curva en función del tiempo (curva de momento de fuerza o curva MAP). La punta del momento de fuerza indica el valor más alto del momento de fuerza registrado durante el test. Se obtiene a partir del punto más alto de una o varias curvas de momento de fuerza isocinética. Se expresa en Newton por metro (Nm)⁵⁷.

Torque= Fuerza x Brazo de palanca = Distancia del punto de giro al punto de aplicación de la fuerza

Trabajo: expresa el producto del momento de fuerza por la distancia angular, en el gráfico va a corresponder al área o espacio debajo de la curva del momento de fuerza. Se expresa en Joule (J).

Trabajo Muscular = Cantidad de energía que entrega el musculo durante la actividad.

Potencia: va a estar dada por el producto del valor del trabajo por la unidad de tiempo. Se presenta como potencia media obtenida, dividiendo el trabajo total entre el tiempo empleado en la ejecución del test. Se expresa en Watts (W). La potencia máxima se calcula multiplicando el torque máximo por la velocidad angular.

Velocidad angular: se expresa en radianes por segundos o grados por segundo.

Resistencia a la fatiga: es la capacidad de un músculo para producir fuerza durante una serie de contracciones isocinéticas consecutivas.

Índice de fatiga: presenta una medida de la fatiga durante el ejercicio muscular. Representa el descenso del trabajo efectuado por el músculo durante una serie de contracciones máximas en un período de tiempo prefijado.

En resumen, estos serán los datos que mostrará la prueba isocinética en forma de gráficos y tablas numéricas.

Figura 6. Gráfico de momento de fuerza. Huesa Jiménez; J. García Díaz; J. Vargas Montes (2005).

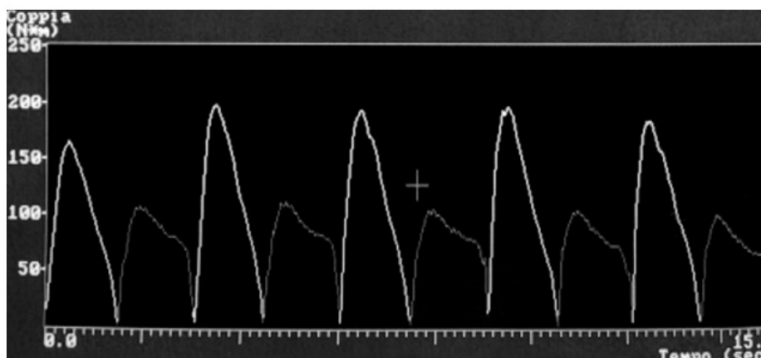
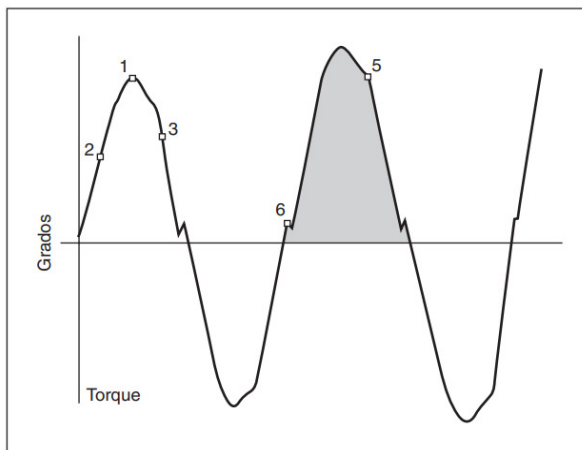


Figura 7. Gráfico de trabajo. Huesa Jiménez; J. García Díaz; J. Vargas Montes (2005).



V.4.g. Análisis del gráfico

En el estudio de la curva se analizará: la pendiente de la primera parte de la curva, el espacio intercurva, la pendiente de la segunda parte de la curva y la morfología de la curva.

La pendiente de la primera parte de la curva representa la rapidez con la cual el músculo es capaz de conseguir el máximo momento de fuerza (time rate to torque development) e indica el tiempo transcurrido desde la contracción muscular y el instante del máximo momento de fuerza.

Los trazados convexos son signos de normalidad contráctil, por otro lado, los cóncavos indicarán una velocidad lenta para obtener un torque máximo, es decir, un estado de hipotrofia muscular o hipofunción.

El **espacio intercurva** es el tiempo transcurrido entre el cese de la actividad por parte del grupo muscular agonista y el inicio de la actividad muscular antagonista (reciprocal innervation time). Se distinguen dentro de éste dos sectores: el reciprocal delay, correspondiente al tiempo de innervación recíproca y el delay time, referente al intervalo de tiempo transcurrido entre el inicio del movimiento del segmento testado y la producción de un momento de fuerza registrado por el equipo. Su duración varía entre 0,1 y 0,3 ms y es menor en los sujetos entrenados y mayor en sujetos con déficits sensoriales.

En cuanto a la alteración de la morfología de la curva, para que ésta sea significativa, debe aparecer regularmente en las diversas contracciones efectuadas. Las alteraciones del trazado deben coincidir en las diversas series de estudio y corresponder al mismo grado de ROM.

Los datos obtenidos tendrán que ser analizados desde distintas perspectivas: relacionándolos con los valores normativos establecidos, realizando una evaluación comparativa con el miembro contralateral.

Tabla 3. Resumen de las principales variables en dinamometría isocinética.

Velocidad de movimiento	Velocidades lentas (hasta 60°/s); velocidades intermedias (90°/s- 150°/s) y velocidades rápidas (mayores a 180°/s).
Rango de movimiento	Establecido para cada articulación, limitado en caso de patología específica.
Tipo de contracciones	Isométrica e isotónica (concéntrica y excéntrica).

Tabla 4. Resumen de magnitudes físicas empleadas en dinamometría isocinética.

Fuerza (newton)	Producto de la masa desplazada por la velocidad adquirida.
Momento (newton x metro)	Momento torsional e indica el resultado externo. Cuando la fuerza se realiza a lo largo de un eje de rotación.
Trabajo (joule)	Fuerza ejercida por la distancia de desplazamiento. Es la energía desarrollada.
Potencia (watts)	Trabajo producido por el tiempo empleado.

Se puede estudiar el momento de cada ángulo determinado obteniéndose los momentos angulares específicos. Los momentos se pueden expresar de forma aislada o relacionando los grupos musculares antagonistas.

Para poder comparar los datos de diversas poblaciones, se deben expresar en función del peso corporal total o del peso muscular, la llamada fuerza relativa o momento relativo ¹⁴.

V.4.h. Proporción H/Q

La fuerza muscular es definida como: la cantidad de fuerza o tensión que un músculo o grupo muscular ejerce contra una resistencia a una velocidad específica durante una contracción voluntaria máxima.

Como ya se mencionó, la dinamometría isocinética puede utilizarse para evaluar el equilibrio de la fuerza entre los grupos musculares isquiotibiales y cuádriceps, calculado como la proporción de H/Q convencional o funcional.

La proporción H/Q **convencional** es calculada dividiendo la fuerza de la flexión máxima de rodillas entre la fuerza máxima de la extensión de rodillas, esta proporción está calculada en la misma velocidad angular y modo de contracción. Generalmente se utiliza se utiliza la contracción concéntrica para ambos grupos musculares ⁶.

Por otro lado, la proporción **funcional** H/Q utiliza la contracción concéntrica para el cuádriceps y la contracción excéntrica para los isquiotibiales. La proporción ideal debe ser 1.0, lo que indica que los isquiotibiales pueden resistir tanta fuerza como el cuádriceps pueda producir ⁵. Esta proporción puede variar con el ángulo articular y el valor 1.0 puede derivarse de los picos en los diferentes ángulos para acciones concéntricas y excéntricas.

Ambas proporciones se pueden utilizar para identificar el equilibrio del músculo funcional y la estabilidad de la articulación de la rodilla. Una mayor fuerza muscular respecto a la proporción de H/Q funcional para estabilizar la articulación de la rodilla es importante en la prevención de lesiones, con una proporción de H/Q que va entre el 41 y el 81% en jugadores de fútbol, que dependen de la velocidad angular del movimiento. Una proporción de H/Q ideal del 60% ha sido sugerida.

En la investigación clínica la función de la articulación de la rodilla y de la musculatura del muslo han sido evaluadas utilizando una variedad de técnicas. Las cuales incluyen la inspección visual de la curva momento-ángulo articular, el punto máximo de momento en un ángulo específico de la articulación de la rodilla y más comúnmente, el momento pico de la proporción isquiotibiales/ cuádriceps.

Heiser afirmó que la prevención por detección de desequilibrio muscular deberá ser basado sobre un índice mínimo H/Q de 0.60 a una velocidad angular de 1.05 rad.s (60°/seg) ⁶.

En base a lo mencionado anteriormente, se desarrollará en el siguiente apartado la validez de los índices de fuerza isocinética.

V.4.i. Validez de los ratios de fuerza isocinética

Los índices de fuerza de la articulación de la rodilla pueden agruparse en dos categorías:

Índices de fuerza bilateral: estudian el posible desequilibrio muscular que podría existir entre la fuerza de un segmento corporal en comparación con su homónimo opuesto (desequilibrio bilateral).

Índices de fuerza unilateral: hacen referencia a la posible modificación- alteración que podría existir entre la fuerza de la musculatura agonista y antagonista al movimiento articular.

La validez de un instrumento de medida puede ser definida como el grado de exactitud por el cual un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado por el cual se cumple su objetivo.

Desde la literatura científica se ha descrito el índice de fuerza bilateral de 3 formas, en base a la relación existente entre: la pierna lesionada/ pierna no lesionada; pierna derecha/ pierna izquierda; y la pierna dominante (fuerte)/ pierna no dominante (débil).

A pesar de la escasa y en ciertos casos imprecisa literatura existente, el índice bilateral de la flexión de rodilla medido de forma concéntrica a velocidades angulares bajas ($60^\circ/s$) podría ser lo suficientemente sensible para detectar desequilibrios musculares.

En este sentido, numerosos autores consideran que una diferencia de fuerza contralateral menor del 10% podría ser considerada como normal.

Houweling et al. realizaron un análisis de diferentes puntos de normalidad en lo referente al porcentaje de desequilibrio. Los resultados mostraron que el punto de normalidad o valor de referencia del 12,5% de desequilibrio bilateral expresado mediante el índice FR/FR con60 era el que mayor sensibilidad y especificidad presentaba, con valores de 0,73 y 0,80, pudiendo ser considerado como umbral de normalidad.

La evaluación unilateral de la relación existente entre la máxima fuerza de la musculatura extensora y flexora de la articulación de la rodilla ha sido expresada cuantitativamente por, el ya mencionado, índice de fuerza convencional (FR/ERcon). En términos conceptuales, el índice de fuerza convencional considera que la contracción concéntrica tiene lugar simultáneamente en la flexión y en la extensión de rodilla. Sin embargo, el verdadero movimiento articular únicamente permite que la flexión de rodilla excéntrica se combine con la extensión de rodilla concéntrica (durante la extensión) o viceversa (durante la flexión).

Es por ello que varios autores cuestionan este índice, argumentando que grupos musculares realizan acciones opuestas, no actúan simultáneamente de forma concéntrica. Por lo tanto, podría ser más funcional considerar el índice entre el momento pico de fuerza excéntrico de la flexión de rodilla y el concéntrico de la extensión de rodilla (FRexc/ ERcon). Este índice recibe el nombre de índice funcional o dinámico.

Este índice de fuerza unilateral funcional podría reflejar con mayor precisión los patrones de movimiento presente durante la mayoría de las acciones deportivas, donde la musculatura flexora de la rodilla actúa como sinergista y elemento protector del LCA mediante su contracción excéntrica para contrarrestar las fuerzas de traslación anterior de la tibia producidas como consecuencia de la rápida y potente contracción concéntrica de la

musculatura extensora de la rodilla durante los movimientos de carrera y salto o patadas al balón, por ejemplo.

Para determinar la validez de ambos índices de fuerza unilateral como herramientas de estimación de desequilibrios musculares Yeung et al. observaron que valores del índice de fuerza convencional FR/ERcon180, inferiores a 0,60 incrementaban 17 veces el riesgo de lesión. Knapkin et al encontraron que un índice de fuerza convencional FR/ERcon180 menor a 0,75 incrementaba 1,6 veces el riesgo de padecer lesiones del miembro inferior.

Siguiendo la misma línea, un estudio retrospectivo con jugadores de fútbol amateurs sugirió que un índice de fuerza FR/ ERcon60 mayor de 0,55 fue un valor de normalidad apropiado para el retorno seguro a la práctica deportiva tras una lesión.

En lo relativo a la validez del índice de fuerza unilateral funcional, Dauty et al. encontraron que un ratio funcional FRexc60/ ERcon60 menor de 0,60 podría ser un buen indicador de lesiones previas de la musculatura isquiosural en jugadores profesionales de fútbol.

Croisier et al. encontraron que los jugadores de fútbol con un desequilibrio muscular medido a través del índice funcional FRexc/ ERcon presentaban 4,7 veces más riesgo de sufrir lesiones de la musculatura isquiosural. Este estudio informó que los jugadores con un índice de fuerza FRexc/ ERcon superior a 1,40 no sufrieron lesión alguna del tren inferior durante el año deportivo estudiado. Estos autores también emplearon valores de normalidad muy estrictos para el índice de fuerza funcional, considerando la existencia de un déficit muscular los valores inferiores a 0,98 ⁸.

VI. Estrategia Metodológica

En la presente tesina, se realizó una revisión bibliográfica, seleccionando artículos emitidos en los idiomas inglés y español, publicados en el período de los años 2010-2020. Los artículos fueron extraídos de las bases de datos de PubMed, Scielo y de la Biblioteca Virtual en Salud. Para ello se emplearon términos MeSH, DeCSy de término libre.

A continuación, se mencionan en la tabla 5 las palabras claves que se utilizaron en la investigación:

Tabla5. Palabras claves.

	<i>DeCS</i>	<i>MeSH</i>	<i>Término Libre</i>
#1	Fútbol	Soccer	Fútbol
#2	Mujeres	Women	Mujeres
#3	Epidemiología	Epidemiology	Epidemiología
#4	Atletas	Athletes	Atletas
#5	Fuerza Muscular	Muscle Strength	Fuerza Muscular
#6	Rodilla	Knee	Rodilla
#7	Músculo Cuádriceps	Quadriceps Muscle	Cuádriceps
#8	Músculos Isquiotibiales	Hamstring Muscles	Isquiotibiales
#9	Torque	Torque	Torque
#10	-	-	Desbalance Muscular
#11	-	-	Ratios de Fuerza
#12	-	-	Isocinética

En la siguiente tabla se encuentra la combinación de utilizada de palabras clave:

Tabla 6. Combinación de palabras claves.

#1 AND #2 AND #12

#1 AND #2 AND #5 AND #6
#5 AND #6 AND #7 AND #8 AND #2 OR #4
#4 AND #2 AND #9 AND #10 AND #11 AND #12

Los criterios de inclusión empleados en la búsqueda fueron los siguientes:

- Estudios que incluyan futbolistas mujeres, tanto amateur como de élite.
- Estudios que utilicen dinamometría isocinética como método de evaluación para desbalances musculares en diferentes ángulos.
- El período de publicación de los artículos debe estar comprendido entre los años 2010-2020.
- Ensayos clínicos y reportes de casos.

Por otro lado, los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Artículos que no evalúen desbalances musculares con dinamometría isocinética como método de evaluación.
- Artículo que no cuenten con futbolistas femeninas dentro de la población evaluada.
- Que al año de publicación esté fuera del rango establecido de búsqueda.
- Revisiones sistemáticas y/o metaanálisis.

VII. Contexto de análisis

En el transcurso de este apartado se desarrollará el análisis de los artículos que cumplieron con los criterios de inclusión mencionados con anterioridad. Los artículos serán analizados según el año de publicación, comenzando por los más añosos, hasta culminar con los más actuales.

“Capacidad de fuerza rápida de isquiotibiales/cuádriceps en futbolistas de élite masculinos vs. femenino”. (“RAPID HAMSTRING/QUADRICEPS FORCE CAPACITY IN MALE VS. FEMALE ELITE SOCCER PLAYERS”).

Autores: Zebis MK, Andersen LL, Ellingsgaard H, Aagaard P. *Rapid* 2011;25(7):1989–93.

Este artículo refiere que la capacidad de desarrollar fuerza rápida (RFD) es más relevante en relación con los movimientos dinámicos de rodilla. Ya que, tradicionalmente la relación de fuerza H/Q estaba basada en la fuerza máxima durante una contracción voluntaria máxima (MVC), tanto dinámica como estática. Aún existe una discrepancia entre la relación H/Q basada en la fuerza máxima y el potencial para estabilizar la rodilla durante situaciones de juego rápido. Se plantea que la fuerza máxima durante una MVC se alcanza a 500 ms (milisegundos) desde el inicio de la contracción, siendo necesarios menos de 50 ms para estabilizar la articulación de la rodilla durante situaciones de contacto rápido con el suelo. Siguiendo esta línea, se estima que el tiempo aproximado de lesión de LCA oscila entre 17 y 50 ms después del contacto inicial con el suelo. Entonces, la relación de fuerza tradicional MVC H/Q puede no reflejar el potencial de estabilización dinámica, sino la capacidad de activar rápidamente los isquiotibiales en relación al cuádriceps puede ser más importante.

El objetivo de este estudio fue introducir e investigar una relación de fuerza RFD H/Q rápida y compararla con la relación de fuerza tradicional MVC H/Q en jugadores de fútbol de élite masculinos y femeninos.

Se plantea la hipótesis que la relación de fuerza RFD H/Q es menor en la fase inicial de la contracción muscular en comparación con la relación de fuerza MVC H/Q. También, se plantea una segunda hipótesis en donde las jugadoras de fútbol femenino en comparación con los masculinos tienen una relación de fuerza RFD H/Q más baja en la fase inicial de la contracción, lo que las predispone a un mayor riesgo de lesión del LCA.

Este estudio transversal se realizó en Copenhague, Dinamarca. Incluyó a un total de veintitrés jugadores de fútbol (11 mujeres y 12 hombres), los cuales fueron reclutados de las dos divisiones principales de la selección de fútbol danesa. Los mismos no presentaban antecedentes de lesión en la rodilla.

Al momento de realizar la evaluación, la MVC isométrica se realizó para H/Q en la pierna preferida para patear. Se utilizó un dinamómetro KinCom, bloqueado en el ángulo de 70° de la articulación de la rodilla. Los participantes fueron evaluados sentados en una silla rígida con una flexión de cadera de 80° y brazos cruzados. La cadera y el miembro inferior se fijaron mediante correas unidas a la silla y al brazo de palanca del dinamómetro. El eje de rotación del dinamómetro se alineó con el epicóndilo femoral lateral y la parte inferior de la pierna se unió al brazo de palanca del dinamómetro por encima del maléolo medial. Se realizó un

calentamiento de 15 minutos en un cicloergómetro, seguido de una serie de ensayos de contracción submáxima en el dinamómetro. Se dieron instrucciones a los sujetos para que realizaran todas las contracciones lo más rápido y contundente posible para obtener tanto la fuerza máxima como la RFD. Para cada tipo de contracción muscular (flexión y extensión isométrica de rodilla) se realizaron 3 pruebas máximas, separadas por un período de descanso de 4 segundos. Todos los momentos registrados fueron corregidos por el efecto de la gravedad en el miembro inferior. La MVC se definió como el valor de torque pico más alto de 3 intentos máximos.

A partir de las contracciones isométricas voluntarias máximas, la RFD contráctil se definió como la pendiente de la curva momento- tiempo en períodos de tiempo crecientes de 0-10, 0-20, 0-30 . 0-250 ms desde el inicio de la contracción. El inicio se definió como el momento en el que el momento superó el valor inicial en 6,0 y 3,0 Nm para los cuádriceps y los isquiotibiales. La RFD contráctil para cualquiera de los períodos de tiempo examinados se determinó como el valor más alto obtenido en cualquiera de los 3 ensayos. La relación de fuerza RFD se calculó dividiendo RFD de isquiotibiales con RFD de cuádriceps en los períodos de tiempo examinados.

En cuanto a los resultados la RFD y MVC expresadas por kilogramo de peso corporal fueron más bajas para las mujeres que para los hombres. A su vez, las pruebas mostraron una relación de fuerza RFD H/Q reducida durante la fase inicial de la contracción (hasta 50 ms desde el inicio) en comparación con la relación de fuerza MVC H/Q. No hubo diferencias significativas entre jugadores masculinos y femeninos.

Entonces, este estudio muestra un potencial reducido para la estabilización de la articulación de la rodilla durante la fase inicial de la contracción muscular voluntaria en ambos sexos. Por lo tanto, la relación de fuerza RFD H/Q en comparación con la relación de fuerza MVC H/Q se redujo en 50 ms iniciales en jugadores masculinos y femeninos, lo que indica un potencial reducido para la protección agonista de los isquiotibiales al LCA.

Diferentes estudios han demostrado que, durante una maniobra de corte lateral, donde ocurren la mayoría de las lesiones de LCA sin contacto, la activación neuromuscular de los isquiotibiales es solo del 30 a 50% de la activación máxima (en MVC), lo que respalda que la RFD contráctil de los isquiotibiales más que la fuerza máxima, es un parámetro importante para el potencial de estabilización muscular en la articulación de la rodilla. Por lo tanto, la evaluación de la función de la rodilla mediante dinamometría isocinética debe incluir datos

sobre las relaciones de fuerza dinámica o estática MVC H/Q combinadas con datos sobre la fuerza muscular absoluta. Ninguno de éstos tiene en cuenta la capacidad de fuerza rápida en la fase inicial de la contracción. La alta confiabilidad de la relación de fuerza RFD H/Q indica que los cambios a lo largo del tiempo se pueden rastrear con un alto nivel de precisión, haciendo que el método sea una herramienta relevante en la evaluación clínica estandarizada de la relación agonista- antagonista de la articulación de la rodilla.

En contraste con la hipótesis planteada a priori, no se observaron diferencias de género en las proporciones de fuerza RFD H/Q o MVC H/Q en los jugadores de fútbol que participaron en la evaluación.

En el presente estudio 2 jugadoras de fútbol sufrieron una lesión de LCA al año siguiente de la prueba. Aunque la relación de fuerza MVC H/Q de estas jugadoras no fue sustancialmente diferente de la media del grupo femenino antes de la lesión, mostraron una relación de fuerza RFD H/Q marcadamente más baja en la fase inicial de la contracción en el momento de la prueba. Aunque, con 2 casos no sea suficiente, podría especularse que la fase inicial (50 ms) de la curva de tiempo RFD H/Q puede usarse para identificar jugadores con riesgo potencialmente mayor de lesión de rodilla. Este estudio sugiere que la relación de fuerza MVC H/Q es importante para la estabilización dinámica de la rodilla durante los movimientos rápidos de fútbol.

Para concluir, este estudio muestra un potencial reducido para la estabilización de la articulación de la rodilla durante la fase inicial de la contracción voluntaria, lo que sugiere un potencial deteriorado para la protección agonista de los isquiotibiales al LCA. La alta confiabilidad de la relación de fuerza RFD H/Q introducida hace que el método sea una herramienta relevante en la evaluación clínica de la relación H/Q. Finalmente, el entrenamiento de la resistencia de alta intensidad, cuyo objetivo es aumentar la RFD de los isquiotibiales en la fase temprana de la contracción, puede ser esencial en la prevención de lesiones del LCA ³³. **Tabla 8. ANEXOS.**

“Relación de torque máximo isocinético de isquiotibiales a cuádriceps: la influencia de la modalidad deportiva, el género y la velocidad angular”. (“Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity”).

Autores: Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. 2012;30(6):547–53.

Como se ha mencionado anteriormente, se sabe que la activación del cuádriceps combinada con una debilidad de los isquiotibiales juega un papel importante en el mecanismo patológico de las lesiones de rodilla. Se estima que una relación típica de par máximo H/Q de una rodilla sana oscila entre el 50% y el 80%, según el ángulo de la rodilla y la velocidad angular. Se establece que una relación de par máximo H/Q (evaluada en 1,05 rad - s⁻¹ o 60°) del 60% o más es deseable en rehabilitación.

Para los atletas las relaciones de torque van a variar según el género. Ya que, hombres y mujeres van a presentar un desarrollo diferente de la fuerza durante la pubertad. Los hombres presentan un aumento en el torque máximo de los isquiotibiales durante la madurez, por otro lado, permanece estable durante la maduración en las mujeres. Esta aparente debilidad en los isquiotibiales crea un desequilibrio de la fuerza muscular en las rodillas de las mujeres.

El objetivo de este estudio fue comparar las relaciones de torque pico H/Q, evaluadas a 1.05 rad - s⁻¹ (60°/s) y 5,23 rad - s⁻¹ (300°/s) entre atletas de diferentes disciplinas y sexo (judocas, jugadores de hándbol y futbolistas) para determinar si existen diferencias debidas a el género, el deporte y la velocidad de prueba.

Se incluyeron en este estudio un total de 166 atletas. De los cuales 58 eran judocas (26 mujeres y 32 hombres), 39 jugadores de handball (22 mujeres y 17 hombres) y 69 jugadores de fútbol (17 mujeres y 52 hombres). Todos pertenecían al Centro Olímpico de Entrenamiento e Investigación de Sao Paulo, Brasil. Para ser incluidos en el estudio, los atletas debían haber entrenado 5 días a la semana durante al menos 5 años. Todos ellos estuvieron libres de dolor, malestar o cualquier episodio de inestabilidad durante la prueba y no debían tener alguna lesión musculoesquelética en la rodilla en el momento de la prueba o el año anterior a la recopilación de datos. Además, no tenían antecedentes de fractura o cirugía de las extremidades inferiores durante el año anterior al estudio.

Previamente a realizar la evaluación, los participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos en un cicloergómetro, seguido de ejercicios de estiramientos de baja intensidad. Luego, la fuerza concéntrica isocinética de la extremidad inferior dominante (la que preferían para patear) se evaluó en el dinamómetro isocinético (Biodex Medical System). Los atletas adoptaron una posición sentada con las caderas flexionadas a 85° aproximadamente, y se

colocaron correas de estabilización estándar en el tronco, la cintura y el fémur distal de la extremidad que se estaba evaluando. El eje del dinamómetro se alineó visualmente con el cóndilo femoral lateral mientras las rodillas se flexionaban a 90°. Luego se aplicaron procedimientos de corrección de gravedad. La rodilla fue probada desde 5° a 95° de flexión de rodilla, considerando extensión completa de rodilla 0°.

Al momento de realizar la prueba los participantes recibieron instrucciones verbales y se les permitió varios intentos de práctica submáxima para cada condición de prueba. Luego, realizaron un máximo de 5 repeticiones a velocidades angulares de a 1,05 rad - s⁻¹ y 5,23 rad - s⁻¹. A todos los participantes se les permitió descansar 60 segundos entre series para evitar la acumulación de fatiga.

Los parámetros evaluados fueron el torque pico isocinético de los músculos isquiotibiales y cuádriceps (Nm) y la relación de torque pico H/Q (%). Todos los valores obtenidos corresponden a contracciones concéntricas. La relación de torsión máxima H/Q se calculó dividiendo los valores de torsión máxima de los isquiotibiales por los valores de torsión máxima de los cuádriceps en los mismos modos de velocidad angular y contracción. **Tablas 9 y 10. ANEXOS.**

Los resultados luego de la evaluación, en cuanto al género demostraron que las atletas femeninas produjeron relaciones de par máximo H/Q más bajas a 1,05 rad - s⁻¹ que su contraparte masculina. En cuanto al deporte, las jugadoras de fútbol y balonmano presentaron ratios significativamente menores que los deportistas masculinos. Por otro lado, no hubo diferencias entre sexos en el toque pico H/Q a 5,23 rad - s⁻¹ para cualquier modalidad deportiva. Los valores máximos de toque pico H/Q a 1,05 y 5,23 rad - s⁻¹ fueron mayores en deportistas masculinos para todas las modalidades deportivas.

En la relación de torque pico H/Q a 1,05 rad - s⁻¹, entre los hombres, los judocas mostraron valores más bajos en comparación con los futbolistas. A la misma velocidad de la evaluación, las mujeres no presentaron diferencias entre deportes. Por otro lado, a 5,23 rad - s⁻¹, la relación fue diferente, los hombres no mostraron diferencias entre las modalidades deportivas, mientras que las jugadoras de balonmano mostraron valores más bajos que las judocas y futbolistas.

Las tres modalidades deportivas presentaron relaciones de torque pico H/Q más altas a 5,23 rad - s⁻¹ que a 1,05 rad - s⁻¹ en atletas femeninas. Sin embargo, en el caso de los hombres, se observó que solo los judocas mostraron una diferencia en la relación H/Q evaluada a ambas

velocidades. Los atletas de judo (hombres y mujeres) mostraron menos fuerza que otros atletas, tanto en isquiotibiales como en cuádriceps a 5,23 rad - s⁻¹, y disminución del par máximo de cuádriceps en mayor proporción que los isquiotibiales, como resultado aumenta la relación de par máximo H/Q. Cuando se compara la fuerza entre músculos, se observa que el toque pico de los cuádriceps disminuyó más del doble que los isquiotibiales en las mujeres, mientras que en los hombres los dos grupos musculares disminuyen en la misma proporción, excepto en los judocas.

En el presente artículo se descubrió que las jugadoras de handball y fútbol producían relaciones de par máximo H/Q más bajas a 1,05 rad - s⁻¹ que los hombres que compiten en el mismo deporte. Sin embargo, a 5,23 rad - s⁻¹, no hubo diferencias significativas entre sexos.

El principal hallazgo de este estudio fue que los atletas masculinos y femeninos presentaban diferente equilibrio muscular entre los músculos cuádriceps e isquiotibiales. Las jugadoras de fútbol mostraron relaciones de par máximo H/Q más bajas que los hombres a 1,05 rad - s⁻¹.

Esto podría deberse a que las rutinas de entrenamiento sean las responsables de este desequilibrio muscular, que a su vez puede ser beneficioso para mejorar el rendimiento deportivo. Las relaciones de torsión máxima H/Q inferiores al 60% se asociaron previamente con lesión de LCA.

Por el contrario, judocas y jugadores de handball no mostraron diferencias en el equilibrio de fuerza entre hombres y mujeres a 1,05 rad - s⁻¹, y ambos sexos mostraron proporciones de equilibrio de fuerza por debajo del 60%.

Aunque el presente estudio encontró diferencias significativas en la relación de par máximo H/Q entre los sexos a 1,05 rad - s⁻¹, no se encontraron tales diferencias a 5,23 rad - s⁻¹, y todos los valores medios fueron superiores al 60%. La relación de par máximo H/Q superior al 60% a 5,23 rad - s⁻¹ es un buen punto, ya que una velocidad de prueba más alta está más cerca de las tareas deportivas que una velocidad de prueba baja.

La relación H/Q se ve afectada por las demandas específicas del deporte. Los resultados del presente estudio demostraron que los judocas masculinos presentaron relación de torque pico H/Q más bajas que los futbolistas a 1,05 rad - s⁻¹. A diferencia del judo, el fútbol involucra muchas actividades en cadena cinemática abierta. Para ello se requiere una buena estabilidad dinámica de la articulación de la rodilla, esto explicaría las proporciones más altas en los futbolistas en el resultado del reclutamiento de los isquiotibiales.

Las jugadoras de balonmano presentaron relaciones de par máximo H/Q inferiores a 5,23 rad - s⁻¹ que las judocas y los futbolistas. La disminución de la fuerza de los isquiotibiales fue la misma en las 3 modalidades deportivas, lo que resultó en una menor relación de torque pico H/Q en los jugadores de handball. En base a esto, se debe recomendar el fortalecimiento de los isquiotibiales.

En resumen, los resultados de este estudio sugieren que el género, la modalidad deportiva y la velocidad angular influyen en los perfiles de fuerza isocinética y, en consecuencia, en el

equilibrio muscular de la rodilla. Las jugadoras de fútbol producen relaciones de par máximo H/Q más bajas a 1,05 rad - s⁻¹ que los futbolistas. Dado que una relación H/Q baja se ha considerado un factor de riesgo intrínseco de lesión, estos hallazgos sugieren que las mujeres se beneficiarían de un programa de fortalecimiento de los isquiotibiales. Por otro lado, a altas velocidades de prueba (5,23 rad - s⁻¹) no hubo diferencias en las relaciones de torque pico entre los sexos. En judocas, aunque no hubo diferencias entre sexos, hombres y mujeres demostraron ratios de torque pico H/Q por debajo de los valores clínicamente recomendados.

Además, las jugadoras de handball demostraron proporciones más bajas que las judocas o las jugadoras de fútbol. Por lo tanto, las jugadoras de handball se beneficiarían de un programa para fortalecer los músculos isquiotibiales a altas velocidades para mejorar la estabilidad articular a altas velocidades ³⁴.

“Isquiotibiales funcionales: Índices de cuádriceps en futbolistas de élite.” (“Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women 's soccer players”).

Autores: Jenkins NDM, Hawkey MJ, Costa PB, Fiddler RE, Thompson BJ, Ryan ED, et al. 2013;31(6):612–7.

La relación de fuerza funcional de isquiotibiales a cuádriceps H/Q es una medida de par máximo excéntrico isocinético de los isquiotibiales en relación con el par máximo concéntrico isocinético de los cuádriceps durante la extensión de la pierna a velocidades angulares equivalentes. La misma, se propuso como una medida mejorada de la relación agonista/antagonista entre los isquiotibiales y los cuádriceps, en comparación con el H/Q convencional más tradicional, el cual compara la relación de par máximo concéntrico de los isquiotibiales durante la flexión de la pierna hasta el par máximo concéntrico del cuádriceps durante la extensión de la pierna.

La explicación en esta relación es que los isquiotibiales se contraen excéntricamente durante la extensión de la pierna para oponerse al movimiento anterior y rotación interna de la tibia causados por la contracción concéntrica del cuádriceps, esto puede ser una relación más relevante para la estabilización de la articulación de la rodilla. Ya que, una mayor fuerza excéntrica de los isquiotibiales podría mejorar el rendimiento en las desaceleraciones o los cambios de dirección durante el juego.

El objetivo de este estudio fue comparar principiantes versus no principiantes para el par máximo concéntrico isocinético de extensores de la pierna, el par máximo excéntrico isocinético de flexores de la pierna y la relación H/Q funcional a 1.047 rad s⁻¹ (60°/s) y 4.189 rad s⁻¹ (240°/s) en las jugadoras de fútbol de élite de la I división de National Collegiate Athletic Association (NCAA).

Participaron de la evaluación 17 jugadoras de fútbol saludables, 10 fueron identificadas como titulares (edad 20,3 + 1,6 años) y 7 no titulares (edad 20,1+ 0,7 años). Ninguna de las participantes reportó ninguna enfermedad neuromuscular actual o previa o lesiones musculoesqueléticas que involucran las articulaciones de la cadera, rodilla o tobillos, durante seis meses anteriores al estudio.

Las atletas realizaron un calentamiento de 5 minutos en un cicloergómetro. Al momento de realizar la prueba, las jugadoras se sentaron con correas que aseguran el tronco, la pelvis y el muslo en un dinamómetro isocinético calibrado (Biodex System 4), el epicóndilo lateral del fémur estaba alineado con el eje de rotación en la cabeza del dinamómetro mientras la pierna estaba a 90° de flexión, el asiento se fijó de modo que el ángulo de la cadera del participante fuera de aproximadamente 90°. El rango de movimiento para la flexión y extensión de las piernas se fijó de 5 a 90°. Luego de realizar la entrada en calor, las participantes completaron tres acciones musculares de extensión de piernas isocinéticas concéntricas voluntarias máximas a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹. Se eligieron estas velocidades porque representan velocidades isocinéticas lentas y rápidas que se han utilizado previamente para evaluar las relaciones H/Q. También realizaron tres acciones musculares separadas de flexión excéntrica máxima voluntaria de la pierna a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹.

El orden de cada evaluación isocinética fue aleatorio para cada participante, se permitieron 2 minutos de descanso entre cada velocidad angular y cada modo de prueba, y se utilizó la extremidad inferior derecha para todas las contracciones.

Las proporciones funcionales de isquiotibiales a cuádriceps se calcularon dividiendo el par máximo excéntrico de cada participante para los flexores de las piernas por el par máximo concéntrico para los extensores de las piernas a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹. **Tabla 11. ANEXOS.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, el principal descubrimiento fue que el par máximo excéntrico para los flexores de las piernas fue mayor a 4.189 rad s⁻¹ para las titulares. También, el par máximo excéntrico para los flexores de las piernas a 1.047 rad s⁻¹

fue superior a 4.189 rad s⁻¹ para los no principiantes. Finalmente, la relación H/Q funcional fue mayor para las titulares como para las no titulares a 4.189 rad s⁻¹ que a 1.047 rad s⁻¹.

Los datos obtenidos sugieren que la relación H/Q funcional y el par máximo excéntrico para los flexores de las piernas a 4,189 rad s⁻¹, pueden perfilar con precisión a las titulares de fútbol femenino de élite de la NCAA en comparación con las no titulares.

Es posible que las atletas que juegan en partidos de mayor duración e intensidades más altas puedan mostrar valores de par máximo excéntrico isocinético más altos, pudiendo estar relacionado con las adaptaciones de juego, dado en función de los minutos jugados y la velocidad de juego durante los partidos. Por lo tanto, el estado de juego puede contribuir a una mayor fuerza excéntrica de los isquiotibiales y la relación H/Q.

Teniendo en cuenta los resultados, se observa que las no titulares pueden tener un riesgo de lesión ligeramente mayor que las titulares, ya que manifiestan un par máximo excéntrico más bajo para los flexores de las piernas. Una terapia preventiva para esta población, debería centrarse en mejorar de forma segura la fuerza excéntrica de alta velocidad de los isquiotibiales.

Se observó que la relación H/Q funcional fue más alta tanto para los principiantes como para los no principiantes a 4.189 que a 1.047 rad s⁻¹. Estudios anteriores también demostraron este mismo resultado en atletas femeninas con relaciones H/Q convencionales más altas a 5.26 que a 1.047 rad s⁻¹. Esto indicaría que la relación H/Q mejora a medida que aumenta la velocidad de prueba isocinética, independientemente si se utiliza la H/Q convencional o funcional.

El torque máximo concéntrico isocinético para los extensores de la pierna no fue diferente entre los principiantes y los no principiantes a cualquier velocidad de movimiento en el presente estudio. Los valores de torque máximo concéntrico isocinético para los extensores de la pierna a 1.047 rad s⁻¹ en el presente estudio fueron tanto más altos como más bajos que los informados previamente en jugadoras universitarias de fútbol.

Dentro de las limitaciones de este estudio se puede destacar que se desconocía la carga de entrenamiento exacta de los atletas.

A manera de conclusión, se puede observar que los resultados denotan la importancia funcional específica del deporte en los perfiles de fuerza muscular. La mayor fuerza excéntrica de los flexores de las piernas a velocidades de movimiento más rápidas para las

titulares observadas en el presente estudio parece apoyar el uso de estas medidas para perfilar fisiológicamente a las jugadoras de fútbol. Estos hallazgos se pueden emplear como herramientas de evaluación del rendimiento para ayudar a identificar a los jugadores con un alto potencial de juego y un riesgo reducido de lesiones relacionadas con los isquiotibiales y las rodillas ³⁵.

"¿El equilibrio de la fuerza muscular está influenciado por el ciclo menstrual en las jugadoras de fútbol?"(¿"Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players?").

Autores: Dos Santos Andrade M, Mascarin NC, Foster R, de Jármy di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa de Lira CA. 2017;57(6):859–64.

Diferentes autores han sugerido que las fluctuaciones hormonales pueden ser un factor de riesgo potencial de lesiones en LCA en las atletas femeninas. A su vez, diversos estudios informaron una mayor incidencia de lesiones durante la fase preovulatoria (fase folicular) que la fase postovulatoria (fase lútea), cuando hay niveles elevados de estrógeno y niveles reducidos de progesterona.

Los cambios hormonales pueden influir sobre el sistema neuromuscular, ya que el ciclo menstrual media el control motor y la fuerza muscular. Saar demostró los efectos de las hormonas reproductivas sobre la función musculoesquelética, y observó niveles de fuerza más altos, disminución de la relajación muscular y aumento de la fatiga muscular durante la fase ovulatoria. Siguiendo la misma línea, Bambaichi mostró fluctuaciones en el nivel de fuerza, sobre todo en los músculos flexores de rodilla. Sugiriendo que las fluctuaciones hormonales del ciclo menstrual afectan a los músculos flexores de la rodilla, produciendo un desequilibrio de la fuerza muscular.

Una forma de evaluar los desequilibrios musculares es a través de la relación de equilibrio de fuerza de torque pico entre isquiotibiales y cuádriceps (H/Q). La relación H/Q de una rodilla sana oscila entre el 50% y el 80%, según el ángulo de la rodilla y la velocidad angular.

El objetivo de este estudio fue comparar el equilibrio de fuerza muscular de la rodilla, en jugadoras de fútbol, evaluado por la relación de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q, durante la fase folicular (fase preovulatoria caracterizada por niveles elevados de estrógenos circulantes y niveles reducidos de progesterona) y la fase lútea (fase postovulatoria

caracterizada por niveles altos de progesterona y niveles reducidos de estrógenos circulante). Para ratificar si el equilibrio de fuerza muscular fluctúa durante un mes sin variación hormonal, también se evaluaron las relaciones de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q en dos puntos de tiempo durante un mes en hombres, que fueron el grupo de control para comparar.

Se piensa a priori, que la relación de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q considerada un factor de riesgo para LCA está influenciada por la menstruación, respaldados en investigaciones anteriores que han demostrado diferentes niveles de fuerza muscular y tasas de lesión durante las fases del ciclo menstrual.

Formaron parte de este estudio un total de 38 futbolistas (26 mujeres y 12 hombres) que fueron reclutados de tres equipos de fútbol amateur, de la ciudad de Sao Paulo, Brasil, entre enero y diciembre de 2013. Se incluyeron participantes que tenían entre 17 y 40 años de edad, con un índice de masa corporal ≤ 26 kg/m², que habían practicado el deporte durante al menos 3 años, realizando al menos 7 h/ semana, pero no más de 15 h/semana de entrenamiento, no fumaban y no presentaban antecedentes de dolor de rodilla ni lesión de los ligamentos en el momento de la evaluación. Los porteros fueron excluidos del estudio porque tenían entrenamientos específicos. Las jugadoras se incluyeron si informaban ciclos menstruales constantes que duraban entre 26 y 32 días, no habían usado hormonas sexuales femeninas exógenas durante al menos 6 meses antes del estudio y nunca habían estado embarazadas.

Al momento de realizar la prueba, las jugadoras participaron en dos sesiones experimentales idénticas (evaluación de la fuerza isocinética), que se realizaron durante el mismo ciclo menstrual o posteriores: una sesión realizada durante la fase folicular y otra durante la fase lútea. Los ciclos fueron controlados usando un calendario menstrual. Los deportistas masculinos participaron en dos sesiones experimentales idénticas que se realizaron dos veces durante un mes.

Para la evaluación los participantes realizaron un calentamiento de 5 min. en un cicloergómetro, seguido de ejercicios de estiramiento dinámicos de baja intensidad. Luego fueron sometidos a la evaluación de fuerza concéntrica isocinética de ambas extremidades inferiores (dominante y no dominante). Las evaluaciones se realizaron utilizando un dinamómetro isocinético (Biodex Medical System). Los jugadores se sentaron con las caderas flexionadas aproximadamente a 85° y se colocaron correas de estabilización alrededor del tronco, cintura y fémur distal de la extremidad que se estaba evaluando para minimizar el

movimiento adicional. El eje del dinamómetro se alineó visualmente con el cóndilo femoral lateral mientras las rodillas estaban flexionadas a 90°. La longitud del brazo de palanca se ajustó individualmente de acuerdo con la longitud de la pierna del participante, y la almohadilla de resistencia se colocó proximal al maléolo medial. Después de la medición directa de la masa del sistema de palanca de la extremidad inferior en una extensión de rodilla de 30°, se aplicaron procedimientos de corrección de gravedad. La rodilla se evaluó en ángulos de entre 5° y 95° de flexión de rodilla y la extensión completa de rodilla se consideró 0°. Para familiarizarse con la evaluación, los participantes recibieron instrucciones verbales, se les permitió varios intentos de práctica submáximos para cada condición de prueba. Luego los participantes realizaron un máximo de 5 repeticiones concéntricas a una velocidad angular de 60°/s.

Los parámetros evaluados fueron torques pico isocinéticos (TP) de los músculos isquiotibiales y cuádriceps, expresados en Newton metros (Nm). Para los objetivos de este estudio la relación de equilibrio de fuerza de torsión pico H/Q utilizada fue la relación de equilibrio de fuerza convencional (%), calculada como la torsión máxima concéntrica de los isquiotibiales dividida por la torsión máxima concéntrica del cuádriceps a 60°/s. **Tabla 12. ANEXOS.**

La velocidad de prueba (60°/s) se eligió como la velocidad más baja para evitar una alta presión en las juntas y producir los valores de par más altos. Los datos se expresan como media y desviación estándar.

Los resultados revelaron que las relaciones TP evaluadas durante la fase folicular fueron significativamente más bajas que las de la fase lútea en el miembro inferior ND para las atletas femeninas.

Con respecto a la extremidad D, no hubo una prueba significativa por efecto de interacción de género para las relaciones de equilibrio de fuerza de TP H/Q.

Para los atletas masculinos no hubo diferencias significativas entre las dos pruebas para la ND y D. Además, no hubo diferencias significativas entre los valores masculinos y femeninos.

Además, los resultados se compararon con el valor de recomendación promedio de la literatura (60%). Para los hombres, el único valor inferior al 60% fue la relación de fuerza evaluada en la prueba 1 de la extremidad ND. Por otro lado, para las futbolistas la relación de equilibrio de fuerza evaluada en la fase lútea para la D, para la ND y la fase folicular para las extremidades ND fue inferior al 60%.

El principal hallazgo de este estudio fue que la relación de equilibrio de equilibrio de fuerza de TP H/Q para la extremidad inferior Nd de las jugadoras de fútbol, fue menor durante la fase folicular que la lútea. Estudios previos demostraron que las diferentes fases del ciclo menstrual influyen en el desarrollo de la fuerza muscular. Sin embargo, esta asociación no es un consenso en la literatura.

La relación de equilibrio de fuerza de par pico convencional típica de H/Q evaluada a 60°/s varía de 0,50 a 0,80. En rehabilitación se recomienda una relación de equilibrio de fuerza de torsión pico isocinética H/Q a 0,60 o superior.

Los presentes resultados mostraron que los valores de las relaciones de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q de jugadoras de fútbol, fueron más bajos (que los recomendados por la literatura) durante la fase folicular que la lútea en la rodilla Nd. Las relaciones de equilibrio de fuerza de TP H/Q medidas durante la fase folicular fueron significativamente más bajas que el valor recomendado por la literatura de 0.60. Es por ello, que este desequilibrio de fuerza en la fase folicular, que favorece la inestabilidad de rodilla, podría predisponer a la mujer a sufrir una lesión de rodilla. Lo que refuerza la hipótesis de que la fluctuación hormonal ovárica que se produce durante el ciclo menstrual es responsable de los cambios en el equilibrio muscular de la fuerza de la rodilla que se encuentra en el grupo femenino.

Las limitaciones que presentó este estudio fueron que los voluntarios no fueron seguidos para verificar la incidencia de lesiones por LCA. Por lo tanto, no se puede sacar ninguna conclusión sobre las lesiones de rodilla. Finalmente, a pesar de que el ciclo menstrual había sido monitoreado por un ginecólogo experimentado, no se midió la variación hormonal de la sangre en las jugadoras.

A manera de conclusión se establece que la relación de equilibrio de fuerza de TP isocinética H/Q en jugadoras de fútbol fue diferente durante la fase lútea que durante la fase folicular en la rodilla ND. El conocimiento de este índice de equilibrio de la fuerza de la rodilla puede variar según la fase del ciclo menstrual puede ser útil para entrenadores, médicos y fisioterapeutas ³⁶.

“Valores de fuerza normativos de los músculos cuádriceps e isquiotibiales para mujeres saludables, jugadoras de élite de balonmano y fútbol”. (“NORMATIVE QUADRICEPS

AND HAMSTRING MUSCLE STRENGTH VALUES FOR FEMALE, HEALTHY, ELITE HANDBALL AND FOOTBALL PLAYERS”).

Autores: Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. 2018;32(8):2314–23.

Establecer valores de referencia de fuerza muscular para atletas en deportes específicos, por edad y género, permite comparar los valores de un individuo con sus pares. Los valores normativos también pueden proporcionar una mejor comprensión de la variación normal dentro del deporte y el género.

Recuperar la fuerza de los cuádriceps e isquiotibiales después de una lesión musculoesquelética de los miembros inferiores es uno de los objetivos más importantes de la rehabilitación. Por lo tanto, es necesario establecer valores normativos de fuerza muscular para comparar cuando se toman decisiones con respecto a la fuerza muscular de los atletas y su preparación para volver al deporte. Las pruebas de fuerza isocinética son las medidas de evaluación más comúnmente utilizadas.

Los objetivos del presente estudio fueron: establecer valores normativos de fuerza de H/Q en jugadoras de balonmano y fútbol de élite sanas; comparar la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales entre las jugadoras de ambos deportes; examinar las diferencias de la fuerza de dichos músculos entre las piernas dominantes (D) y no dominantes (ND) y, finalmente, comparar los resultados con otros estudios publicados anteriormente sobre atletas femeninas y poblaciones no atléticas dentro de la misma edad.

El estudio se basa en datos de un estudio de cohorte prospectivo de jugadoras de handball y fútbol femenino de élite, sanas, con el objetivo de identificar los factores de riesgo de lesión del LCA.

Se incluyeron a aquellas jugadoras que participaban plenamente en los entrenamientos del equipo y en los partidos, y se excluyeron las jugadoras que se habían lesionado durante los últimos 6 meses, también se excluyeron a aquellas jugadoras con lesión anterior de LCA. En total, 412 jugadoras fueron incluidas en el estudio.

Se realizaron mediciones isocinéticas de la fuerza de los músculos en flexión y extensión concéntrica de la rodilla, utilizando un dinamómetro Technogym REV 90000. Se registraron los pares concéntricos de extensión y flexión de rodilla en Newton metro (N.m) y los ángulos

articulares con una frecuencia de 109 Hz. El rango de movimiento (ROM) se estableció de 90 a 15° de flexión de rodilla y la velocidad angular durante la prueba fue de 60° por segundo.

Al momento de realizar la evaluación, las participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos en una bicicleta estacionaria. Antes de colocarse el dispositivo se definieron los centros de la articulación de la rodilla. Luego, el asiento y el respaldo del dinamómetro se ajustaron individualmente a cada jugadora, se utilizaron cinturones para fijar la pelvis y la parte superior del cuerpo. Se instruyó a las participantes para que se sentaran en una posición erguida con ambos brazos cruzados frente al pecho y con la pierna contralateral en posición libre y descargada. El protocolo de evaluación consistió en 3 series de 3 repeticiones. El primer set, tuvo un nivel de esfuerzo del 30 al 50% seguido de un descanso de 20 a 30 segundos. El segundo set, aumentó el esfuerzo al 80%, con 30 segundos de descanso. Finalmente, en el último set se realizó el máximo esfuerzo de extensión y flexión de rodilla. Se proporcionaron estímulos verbales, luego el procedimiento se repitió en la pierna contralateral. Para definir la pierna dominante se les preguntó a las participantes cual era la preferida para patear.

La relación H/Q se calculó como (fuerza de los isquiotibiales [N.m] / fuerza de cuádriceps [N.m] x 100. **Tablas 13 y 14. ANEXOS.**

De los 412 jugadores, 62 fueron excluidas (lesión anterior de LCA = 19, lesiones en extremidades inferiores en los últimos 6 meses =18, dolor durante las pruebas = 25). Se incluyeron 350 jugadoras (150 jugadoras de handball y 200 de fútbol). Con una edad promedio de 20.0 +-4. años, IMC 23.1+-2.3. El estudio presentada datos completos de 350 jugadoras, excepto de 11 jugadoras que les faltaba información sobre la pierna D (7 jugadoras de handball y 4 futbolistas).

Las jugadoras de handball tenían mayor masa corporal y eran mayores cuando comenzaron a jugar en élite en comparación con las futbolistas. También informaron más horas de entrenamiento durante la temporada, pero menos horas fuera de temporada.

Las jugadoras de handball demostraron una mayor fuerza en los cuádriceps en relación a las futbolistas. No se encontraron diferencias entre deportes para la fuerza de los isquiotibiales. Por lo que, las jugadoras de handball revelaron una relación H/Q más baja en comparación con las jugadoras de fútbol. La relación H/Q fue menor para la pierna dominante en las jugadoras de handball (57,8) en comparación con la pierna dominante en futbolistas (59,6).

Las jugadoras de handball no demostraron diferencias significativas entre las piernas D y ND para la fuerza de los cuádriceps, pero sí se hallaron isquiotibiales más fuertes en la D en comparación con la ND. Por lo tanto, presentaron una H/Q mayor para la D.

Las futbolistas no mostraron diferencias en la fuerza de los cuádriceps entre las piernas D y ND. Pero sí registraron mayor fuerza en los isquiotibiales para la D en comparación con la ND. A su vez no mostraron diferencias significativas en la relación H/Q entre las piernas D y ND.

Estudios previos informaron una fuerza de los cuádriceps e isquiotibiales disminuida en la pierna contralateral no lesionada para los deportistas previamente lesionados del LCA en comparación con los controles sanos, con valores de un 5% más bajos aproximadamente. La fuerza contralateral debilitada puede dar parámetros de comparación falsos cuando se evalúa la fuerza de la extremidad del LCA reconstruido. Es posible que estos individuos presenten déficits de fuerza muscular, por lo tanto, se deben utilizar valores normativos de fuerza muscular correspondientes a la edad, el deporte y el género.

En este estudio se informaron valores normativos para la fuerza H/Q para las atletas. Aunque el IMC en ambos deportes fue similar. Las jugadoras de handball eran más altas y pesadas, con un cuádriceps más fuerte.

Se encontró menos del 3% de diferencia entre las piernas D y ND para los valores de par pico, que es lo mismo que la precisión del sistema de medición de fuerza de pares isocinéticos del 3%. (no se pudo concluir que hay que existe una diferencia entre las piernas D y D entre ambos deportistas)

Ambas jugadoras demostraron una fuerza de isquiotibiales significativamente mayor en su pierna D en comparación con la ND.

Una fortaleza de este estudio es el gran número de atletas de élite femenina dentro de 2 deportes con alto riesgo de lesión. Además, se proporcionaron curvas de torque para la flexión y la extensión de rodilla, sumado a los valores de torque pico, las cuales podrían utilizarse de referencia en otros estudios.

Por otro lado, una limitación del presente estudio fue la falta de otras pruebas de rendimiento funcional, como las pruebas de salto con una sola pierna. Otros estudios han recomendado el uso de la H/Q funcional en el cual se incluye la fuerza excéntrica, en este estudio no hay datos

sobre fuerza excéntrica. También, se debe tener precaución al interpretar el riesgo de lesiones a partir de estos valores, ya que no hay información sobre su riesgo futuro de lesiones.

Para concluir, los datos normativos para jugadoras de handball y fútbol están en línea con otros estudios, pero con tamaños de muestras más pequeños. No hubo hallazgos entre los datos de torque pico en la extensión de rodilla y los informados por Andrade. Lund-Hanssen obtuvieron una mayor fuerza muscular para el cuádriceps en jugadoras de handball, pero la fuerza de isquiotibiales fue similar a los datos obtenidos. Los datos obtenidos en poblaciones no atléticas fueron más bajos en comparación con las atletas de handball y fútbol evaluadas.

Las curvas normativas específicas de ángulo mostradas en este estudio podrían utilizarse clínicamente para comparar las curvas isocinéticas en atletas con lesión de rodilla. Por lo tanto, todas las curvas isocinéticas de torsión de flexión y extensión de rodilla en atletas sanos pueden utilizarse como curvas de referencia en comparación con aquellos que presentan una lesión de rodilla ³⁷.

“Diferencias de fuerza isocinética entre jugadoras de fútbol de élite senior y juveniles identifican los requisitos de entrenamiento”. (“Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements”).

Autores: Eustace SJ, Page RM, Greig M. Phys Ther Sport. 2019;39:45–51.

Las lesiones en la rodilla que presentan las jugadoras más jóvenes, se relacionan con el crecimiento que se presenta en la adolescencia, ya que existe un cambio madurativo en la estatura que es desproporcionado con respecto al desarrollo de la fuerza. Aún es limitada la literatura que evalúa las diferencias en la fuerza muscular del muslo entre mujeres jóvenes y mayores.

Estudios previos han evaluado la fuerza de flexión excéntrica y extensión concéntrica a velocidades angulares de 120°/s. La adopción de velocidades más altas, que se asemejen a las velocidades de lesión, para evaluar la flexión excéntrica y extensión concéntrica pueden mejorar la relevancia funcional de las medidas de resultado.

El objetivo de este estudio fue comparar las características de fuerza bilaterales y unilaterales de la musculatura flexora y extensora de la rodilla entre las jugadoras de élite senior y

juveniles utilizando métricas isocinéticas. Planteando la hipótesis de que las jugadoras jóvenes obtendrían características de fuerza isocinética más bajas en comparación con las jugadoras de mayor edad.

Participaron de este estudio un total de 34 jugadoras, 17 mayores de edad ($25,31 \pm 4,51$ años) y 17 jóvenes ($16,91 \pm 1,16$ años) del mismo club. Para ser incluidas en el estudio, todas las jugadoras estuvieron libres de lesiones de las extremidades inferiores durante más de 6 meses. Presentaron un volumen de entrenamiento >10 hs. semanales y >5 hs. semanales, para mayores y menores respectivamente. Previamente a realizar la prueba, realizaron un calentamiento estandarizado de 5 min. en un cicloergómetro. El ensayo experimental comprendió la realización de evaluaciones de fuerza isocinética bilaterales (System 4, Biodex Medical System) de la fuerza de flexión excéntrica (eccKF) y extensión concéntrica de la musculatura de la rodilla (conKE) a velocidades angulares del orden de 180° , 270° y $60^\circ/s$. Se instruyó a las participantes para que realizaran 3 contracciones máximas, con un período de descanso de 60s entre cada velocidad angular y no se proporcionaron instrucciones verbales. El rango de movimiento de la rodilla se fijó a $25^\circ-90^\circ$, con la referencia anatómica fijada a 90° . Las participantes estaban aseguradas en una posición de sentada con 90° de flexión de cadera, con las restricciones aplicadas proximales a la articulación de la rodilla, muslo, cintura y pecho.

Se realizó la fase isocinética de cada repetición, y la repetición que provocó el mayor torque corregido por la gravedad se sometió a un análisis adicional. Se identificaron el par máximo (TP) y el ángulo correspondiente (APT). El rango funcional (FR) se definió como el rango sobre el cual se mantuvo el 85% del PT. La relación de control dinámico (DCR) se calculó dividiendo eccKE PT por conKE PT para cada miembro respectivo y velocidad angular. Al mismo tiempo, los datos eccKE y conKE registrados para ángulos específicos de la articulación de la rodilla se usaron para calcular el DCR específico del ángulo (DCR ast) para cada extremidad y velocidad angular. El torque específico de ángulo (AST) se identificó exportando los datos sin procesar, y los valores de torque más altos para cada modo de contracción y velocidad se usaron para análisis posteriores. **Tabla 15. ANEXOS.**

El modelo general lineal (GLM) reveló valores significativamente más altos para jugadoras de fútbol senior en comparación con jóvenes a través de velocidades angulares y modo de contracción entre extremidades dominantes y no dominantes. También, se obtuvieron

diferencias entre las extremidades dominantes y no dominantes para los datos eccKF registrados para ambos grupos, con mayores diferencias en las jóvenes.

Se identificaron correlaciones positivas y significativas entre el PT y la edad de juego en los modos de contracción, velocidades angulares y entre las extremidades dominantes y no dominantes para todos los datos.

Se identificó un efecto principal para para el modo de contracción, con valores más altos identificados en eccKF en comparación con conKE. Un efecto principal para la velocidad angular, con datos recopilados en 270° siendo menor que en 180° y 60°.

Para el APT se identificaron valores más altos en la extremidad no dominante en comparación con la dominante. A su vez, se observó un efecto principal para la velocidad angular con datos registrados a 270°, siendo superior al registrado en 180 y 0°. También se identificó para el modo de contracción, datos más altos en la conKE en comparación con la eccKE.

Se identificó un efecto principal significativo para la velocidad angular, con valores más altos registrados en 270° en comparación con 180 y 60° y valores más altos registrados en 180° en comparación con 60°. **Tabla 16. ANEXOS.**

El GLM reveló valores más altos para las jugadoras de fútbol senior en comparación con las jugadoras jóvenes en las velocidades angulares, los ángulos de la articulación de la rodilla, el modo de contracción y las extremidades inferiores. Sumado a ello, se observó que el eccKF AST de la extremidad no dominante era significativamente más bajo en comparación con el lado dominante, independientemente de la edad de juego. **Tabla 17. ANEXOS.**

El GLM encontró una extremidad significativa, velocidad angular, edad, interacción, con los deportistas juveniles. Obteniendo valores más altos en 270° en comparación con los atletas mayores.

Los datos de este estudio demuestran que los valores de eccKF PT y AST registrados para las jugadoras de fútbol jóvenes fueron más bajos en comparación con las de mayor edad. Sin tener en cuenta la edad, otras observaciones mostraron que los datos de AST y PT eccKF no dominantes fueron significativamente más bajos en comparación con el lado dominante a través de diferentes velocidades de prueba y ángulos articulares. El presente estudio identificó que las jugadoras jóvenes no pueden obtener la misma magnitud de torque en un rango articular en comparación con sus contrapartes mayores.

Las jugadoras más jóvenes pueden centrarse en entrenamiento específico que se enfoque en el desarrollo de la fuerza de la musculatura eccKF y conKE en un rango articular. La combinación de capacidades de fuerza reducidas y mayores exigencias en los partidos puede aumentar el riesgo de lesión en las jóvenes que comienzan a competir contra jugadoras mayores de edad. Por lo que, se debe determinar si las jugadoras jóvenes están acondicionadas para competir contra mayores exigencias, evitando riesgo de lesiones.

El papel de eccKF para reducir el riesgo de lesiones es para la desaceleración durante la fase de balanceo terminal de los movimientos funcionales y para actuar como agonista de LCA al reducir la tensión. En relación con el conKE, esta musculatura es responsable de ayudar a disipar las grandes fuerzas de impacto durante las tareas funcionales y proporcionar estabilidad dinámica de la rodilla. Teniendo en cuenta que los conKE no pudieron obtener suficiente fuerza durante la extensión de rodilla según los datos actuales, se otorga una mayor importancia al eccKF para proporcionar una estabilidad dinámica de la rodilla.

Para ayudar al desarrollo de la fuerza de la musculatura del muslo en ángulos de extensión de rodilla aumentados y reducir las diferencias de fuerza entre las edades de jugadoras de fútbol, el entrenamiento de la fuerza específica del ángulo puede ser una intervención adecuada.

Los hallazgos del estudio también respaldan el uso de datos AST para identificar diferencias de fuerza bilateral entre edades de juego. Se identificaron diferencias de fuerza bilateral para eccKF PT y AST para ambos grupos de edad, con valores más bajos registrados en la extremidad no dominante.

Las limitaciones que presentó este estudio fueron que en la fase isocinética no se incluyó ROM completo, y los datos no cumplieron con el criterio de análisis en la extensión completa de rodilla. Al tener en cuenta la etiología de las lesiones, podría recomendarse el uso de mayores velocidades angulares de rodilla, sin embargo, debido a las restricciones impuestas por el equipo, y las fases isocinéticas reducidas que se observan a velocidades angulares adicionales, no fue posible recopilar datos a velocidades angulares de rodilla aumentadas.

A manera de conclusión, de acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio se sugiere que la PT y AST pueden diferenciar entre jugadoras, lo que contempla que las jóvenes tienen una capacidad de fuerza absoluta reducida que persiste en un rango angular. Se recomienda que el uso de DCR y DCR ast se utiliza junto con los valores de torsión correspondientes para evitar la mala interpretación de las necesidades de entrenamiento del jugador. Los hallazgos de este estudio pueden informar el desarrollo de estrategias de entrenamiento apropiadas para

ayudar al desarrollo atlético y al desarrollo de la fuerza de la musculatura del muslo en jugadoras de fútbol ³⁸.

“Relación de equilibrio y fuerza muscular isocinética de la rodilla en jugadoras de fútbol de diferentes grupos de edad: un estudio transversal”. (“Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study”).

Autores: Vargas VZ, Motta C, Peres B, Vancini RL, Andre Barbosa De Lira C, Andrade MS. Phys Sportsmed. 2020;48(1):105–9.

Los años de entrenamiento y la maduración sexual, aumentan la masa y la fuerza en las jugadoras de fútbol, sobre todo en la parte inferior. Es sabido que un desarrollo proporcional de los músculos flexores y extensores de rodilla, es fundamental para mantener la estabilidad articular. La falta de estabilidad, resultante de desequilibrio de la fuerza muscular se ha asociado con la rotura de LCA y distensión muscular.

Los desequilibrios se evalúan tomando los torques máximos concéntricos de flexores y extensores de la rodilla y dividiéndose entre sí. Éste índice se denomina índice de equilibrio convencional (CR) y las rodillas sanas muestran resultados entre el 55 y 77%.

No obstante, esta relación no tiene en cuenta la acción muscular excéntrica antagonista. Recientemente se ha utilizado otra relación de fuerza llamada equilibrio funcional (FR).

El FR es la relación entre el torque máximo de los músculos flexores de la rodilla en acción excéntrica y el torque máximo de los músculos extensores en la rodilla en acción concéntrica. Dado que la contracción excéntrica del antagonista debería poder controlar la acción concéntrica del agonista, se espera que la FR sea superior a 1,3. A su vez, el déficit muscular contralateral (dominante y no dominante) superior al 15% también se ha asociado con lesiones, especialmente la distensión de los isquiotibiales.

El objetivo de este estudio transversal fue comparar la fuerza de los músculos flexores y extensores de la rodilla, la potencia y las proporciones de equilibrio y asimetrías musculares convencionales y funcionales entre jugadoras de fútbol de diferentes edades y niveles atléticos. Se planteó la hipótesis de que las medidas de torque máximo y potencia promedio,

pero no las relaciones de equilibrio, diferenciarán entre los grupos de edad de las jugadoras debido a la experiencia del tiempo con la práctica deportiva.

Para el presente estudio se evaluaron 66 jugadoras (Brasil). El número de atletas en cada categoría de edad no era el mismo. Los grupos fueron Sub 13 (menores de 13 años n=14), Sub 15 (menores de 15 años n=19), grupo de menores de 17 (menores de 17 años n=14) y el grupo PRO (mayores de 18 años n=19). Se incluyeron a las atletas que entrenaron durante al menos un año y no sufrieron ninguna intervención quirúrgica en los últimos 6 meses.

Antes de realizar la evaluación, las jugadoras realizaron una entrada en calor durante 5 minutos en una bicicleta estacionaria, también realizaron estiramientos dinámicos de baja intensidad. Después del calentamiento, las atletas completaron pruebas de fuerza de rodilla isocinéticas concéntricas y excéntricas para ambas extremidades en un dinamómetro isocinético (System 4 Biodex Medical). Los participantes hicieron 5 repeticiones máximas concéntricas de extensión y flexión de la rodilla a 60°/s y después de eso (descanso de 60'') a 240°/s. La acción excéntrica se evaluó a 240°/s después de la prueba concéntrica.

Las variables probadas fueron las siguientes:

-Par máximo concéntrico de flexores y extensores de rodilla a 60 y 240°/s

-Par máximo excéntrico a 240°/s

-Potencia media a 240°/s.

-La relación CR se calculó a partir de los valores de torque máximo de los músculos flexores/ torque máximo de los músculos extensores, ambos en concéntrica a 60°/s.

-La FR se calculó a partir del torque máximo excéntrico de los m. flexores/ torque máximo concéntrico de los músculos extensores, ambos a 240°/s.

-La diferencia bilateral para los músculos flexores y extensores a 60°/s se calculó mediante la siguiente ecuación: $(\text{Torque pico del lado dominante} - \text{Torque pico del lado no dominante}) / \text{Torque pico del lado dominante} \times 100$.

Los datos estadísticos obtenidos fueron los siguientes: con respecto a la acción concéntrica de los músculos extensores de la extremidad dominante (D), los valores de torque pico evaluados a 60 y 240°/s y la potencia promedio para el sub 15 fueron significativamente más altos que para las sub 13, el tamaño del efecto se consideró grande.

La potencia promedio para sub17 fue significativamente más baja que la del PRO, y el tamaño de efecto también se consideró grande.

El torque máximo para los músculos flexores de rodilla en concéntrica a 60 y 240°/s fue mayor para el grupo PRO que en el sub 17, así como los valores de potencia promedio.

El grupo sub15 mostró una potencia promedio significativamente mayor que el sub 13 en el movimiento de flexión.

La CR fue levemente menor en sub 15 que en sub 13. Todos los grupos, excepto el lado D del sub 13 y PRO, presentaron CR menor al valor recomendado por la literatura (60%). Por otro lado, la FR se mantuvo estable entre todos los grupos.

Para la extremidad no dominante (ND), el torque máximo de los extensores de rodilla para sub15 evaluado a 60 y 240°/s en concéntrica, y la potencia promedio fueron significativamente mayores que para el sub 13.

El PRO tuvo un valor de potencia promedio más alto que el sub17, el tamaño del efecto fue menor que en las edades más jóvenes.

Similar a la extremidad D, la acción excéntrica de los flexores y extensores ND no fue diferente entre todos los grupos. Tampoco se encontraron diferencias en CR y FR entre todos los grupos.

Los valores medios de déficits musculares contralaterales fueron inferiores al 15% para los flexores y extensores en todos los grupos de edad. Se encontró una diferencia significativa para los déficits contralaterales de los extensores entre los grupos sub 13 y sub 15, mostrando un déficit creciente que acompaña la edad. **Tablas 18, 19 y 20. ANEXOS.**

En base a los resultados obtenidos el principal hallazgo fue una diferencia significativa en los valores de fuerza muscular entre los grupos sub 13 y sub 15 (sub 15 más alto) y entre los grupos sub 17 y PRO (PRO más alto).

La CR para la extremidad dominante fue mayor para sub 13 que en todos los demás grupos. Los valores CR encontrados fueron inferiores a la recomendación de la literatura para los grupos sub 15, sub 17 y PRO para la extremidad D y para todos los grupos para las extremidades ND.

En todos los grupos evaluados, los atletas presentaron CR similares de otros estudios. Estudios anteriores han demostrado que los valores bajos de CR y FR se asocian con una mayor incidencia de lesiones. La literatura actual recomienda valores del 60% para CR.

La CR para el grupo sub 13 fue de $61,57 \pm 7,76\%$ para extremidad D y $52,78 \pm 6,01\%$ en la extremidad ND (presentan valores inferiores a los recomendados).

La CR inferior se caracteriza por una debilidad de los músculos flexores relacionada con los músculos extensores de la misma extremidad, creando un desequilibrio muscular.

La FR fue similar en todos los grupos. Es razonable suponer que los futbolistas presentan una acción excéntrica eficiente de los músculos antagonistas, lo que permite la estabilización dinámica de la rodilla.

El déficit contralateral mostró que los músculos extensores de la extremidad D para el sub 13 fueron significativamente más fuertes que en la extremidad ND. ($-11,2 \pm 16,2\%$). Esta diferencia fue menor al 15% que está por debajo de lo que se considera riesgo.

Los datos aportados por el estudio sugieren que a pesar de las altas cargas de trabajo asimétricas a las que están sometidos los futbolistas, no mostraron un nivel de asimetría importante.

A manera de conclusión el estudio mostró valores más altos de fuerza muscular en los grupos de mayor edad. Otro hallazgo fue que la CR se mantuvo estable para todos los grupos excepto sub13, no obstante, esta relación fue aún más baja que la recomendada. En lo que respecta a la FR, no se encontró ningún desequilibrio en ningún grupo ³⁹.

“Diferencias relacionadas con la edad en las relaciones entre los isquiotibiales y los cuádriceps en la torsión máxima y específica del ángulo en jugadoras de fútbol de 11 a 18 años: Estudio transversal”. (“Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A Cross-sectional study”).

Autores: Andrade MS, Junqueira MS, Andre Barbosa De Lira C, Vancini RL, Seffrin A, Nikolaidis PT, et al. Res Sports Med. 2020;29(1):77–89.

El fútbol es un deporte que presenta actividades que se caracterizan por un patrón cinético asimétrico, causante de asimetría de fuerza (esprintar, patear, saltar, correr, etc.). Un rango inferior al 10% entre las EEII, se ha considerado un valor aceptable. En tanto que, una fuerza asimétrica superior al 15% aumentó el riesgo de lesión de los isquiotibiales en 2.6 veces.

La relación H/Q es una variable importante para evaluar la estabilidad de la articulación. Las relaciones de equilibrio y fuerza se han evaluado entre el torque pico concéntrico de los isquiotibiales y el torque pico concéntrico del cuádriceps (relación de equilibrio de fuerza convencional). Ésta relación debería ser de 0,6, pero aún es controvertida.

Además de la relación convencional, se ha definido otro índice de fuerza, como la relación de torque de los músculos antagonistas del mismo torque específico de ángulo. Se ha sugerido que la relación de torsión de los isquiotibiales a cuádriceps, cercana a la extensión completa, como a 30°, es una mejor manera de evaluar la estabilidad de la rodilla.

El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar los valores de torque pico, el déficit de fuerza bilateral, la relación de torque máximo de isquiotibiales a cuádriceps y la relación específica de ángulo de los isquiotibiales a cuádriceps en jugadoras de fútbol de 11 a 18 años.

La hipótesis planteada es que las jugadoras de fútbol de mayor edad presentarán valores de fuerza más altos para los músculos flexores y extensores que las más jóvenes, pero las proporciones de equilibrio no cambiarán con los años de entrenamiento. Se cree que el grupo más joven presentará asimetrías musculares, porque tienen una experiencia de entrenamiento corta.

En este estudio transversal participaron 93 jugadoras, las cuales se dividieron en tres grupos de edad: menores de 13 años (U13), U15 y U18. Fueron reclutadas del equipo de fútbol femenino del Centro de Investigación y Entrenamiento Olímpico (São Paulo, Brasil). Las atletas debían participar en una rutina de entrenamiento de fútbol con una frecuencia de 3 a veces por semana, 2 o 3 hs. diarias, durante al menos 2 años. También entrenamiento de fuerza 2 o 3 veces por semana, una hora al día. Quienes sufrieron una lesión en las extremidades inferiores en los últimos 6 meses fueron excluidos del estudio. También debían estar libres de dolor y malestar el día de la evaluación.

Se realizó la evaluación de fuerza muscular isocinética, utilizando el dinamómetro isocinético Biodex System 3. Antes de comenzar las deportistas realizaron un calentamiento de 5 minutos subiendo y bajando una escalera y un estiramiento muscular dinámico ligero de los músculos

de las extremidades inferiores. La posición adoptada fue sentada (flexión de cadera de 90°), con tronco, cadera y muslo fijados con bandas para aislar los movimientos de la articulación de rodilla. El eje del dinamómetro isocinético se alineó con el epicóndilo lateral del fémur. La extensión total se consideró como 0°. El movimiento comenzó a los 90° de flexión de la rodilla hasta la extensión completa. Se realizó una corrección de la gravedad para cada miembro inferior antes de la prueba para reducir los riesgos de imprecisión.

La evaluación comenzó con la extremidad inferior dominante (la que utilizaban para patear), se evaluaron ambas extremidades inferiores. La prueba consistió en 5 repeticiones concéntricas máximas de flexión y extensión de rodilla a velocidades angulares de 60° y 240°, entre las velocidades angulares hubo una pausa de 60 segundos y entre las extremidades probadas hubo una pausa de 3 minutos. Las participantes recibieron instrucciones verbales y se les permitió varios intentos de práctica submáximos.

Las variables que se midieron fueron las siguientes: **Torque pico** (Nm) a 60 y 240°, **Trabajo total** (J) a 60 y 240°, **Par a 30°** (par medido a 30° de ROM) (Nm) a 60°, y **Potencia media** (W) a 240° de los músculos flexores y extensores de rodilla. Así como también las relaciones de **equilibrio de fuerza convencionales**, la relación de **equilibrio específico de ángulo** (torque a 30° de flexores/ torque a 30° de extensores) y los **índices de simetría** de las extremidades. **Tablas 21, 22 y 23. ANEXOS.**

Los datos se expresaron como media \pm desviación estándar (DE). Los resultados mostraron que hubo 65% de atletas diestros en U13, 83% en U15 y 72% en U18. El grupo U15 presentó valores más altos para edad, peso, talla e IMC que U13. Con respecto a la evaluación muscular, se observó que las deportistas U13 presentaron un trabajo total de la musculatura extensora significativamente mayor (240°) ($P=0,02,8\%$) de los atletas del lado dominante y U15 presentaron un toque pico de los músculos flexores significativamente mayor (240°) ($P=0,02,6\%$) del lado dominante en comparación con el no dominante. Los atletas sub-18 no tuvieron diferencia contralateral significativa.

Al comparar los 3 grupos de edad, se observó un aumento significativo del grupo U13 a U15 en todos los parámetros medidos de los músculos extensores, para ambos miembros inferiores. También se observa que los valores de torques medidos a 30° son significativamente menores que los valores de torque pico al comparar los músculos extensores de la misma extremidad y del mismo grupo de edad. (valores de diferencia entre 65 y 52%).

Con respecto a los músculos flexores, los U15 presentaron una diferencia de los valores de torque pico a 240° entre el miembro dominante y el no dominante ($P=0,02,6\%$). Los U13 y 18 no mostraron diferencias significativas. También se observó un aumento en el grupo de edad U13 a U15 en todos los parámetros medidos desde los músculos flexores de la rodilla, tanto dominante como no dominante. No hubo diferencias en los atletas U15 y U18 para esos parámetros. A su vez se observa que los valores de torque medidos a 0° son significativamente menores que los valores de torque pico al comparar los músculos flexores de la misma extremidad y del mismo grupo de edad. (diferencia 16 y 33%)

Las relaciones de equilibrio de fuerzas convencionales y las relaciones de equilibrio específico del ángulo de U13, U15 y U18 no presentó diferencias contralaterales significativas ni diferencias significativas de grupos de edad. Los 3 grupos presentaron valores más bajos de equilibrio muscular convencional ($p<.05$) que el valor de referencia determinado en la literatura (60%).

Los resultados del presente estudio fueron que a pesar de que los valores de torque máximos eran más altos en el grupo de edad U15 que en el U13, las relaciones de equilibrio de la rodilla se mantuvieron estables entre los grupos de edad evaluados. Otro hallazgo fue que la relación de equilibrio convencional fue inferior a la recomendación de la literatura (60%) para todos los grupos de edad. No hubo asimetrías importantes en ningún grupo.

También, se observa que los deportistas U15 presentaron valores de torque, trabajo y potencia de los músculos flexores y extensores superiores a los del grupo U13. Por otro lado, no hubo diferencias entre U18 y U15. (los deportistas estaban creciendo entre U13 y U15 lo que contribuye a mayores valores de fuerza en U15).

Los datos aportados por el artículo coincidieron con estudios anteriores, demostraron que la masa corporal y la edad estaban asociadas con la fuerza de los músculos isocinéticos concéntricos del muslo. Entre U15 y U18 no hubo diferencias en valores de peso y altura, por otro lado, el IMC fue más alto en atletas U15 que en U13. Las deportistas de U15 se clasificaron como peso normal y las U13 como peso bajo, lo que puede afectar el desarrollo de la fuerza.

Con lo que respecta a la asimetría muscular, los U18 no presentaron asimetrías, el U15 presentó asimetría del torque pico de flexores a 240° y el U13, de los extensores con un trabajo total a 240°. (se esperan asimetrías en jugadores más jóvenes, ya que no presentan

suficiente madurez de los patrones cinéticos y neuromusculares para afrontar las asimetrías del deporte).

Los valores porcentuales en las diferencias contralaterales son menores al 10%, encontrándose dentro del límite de la normalidad. A pesar de que el fútbol es un deporte asimétrico, todo el grupo evaluado no encontró asimetría muscular significativa.

Los ratios de equilibrio muscular convencionales no fueron diferentes entre los grupos de edad, sugiriendo que existe un fortalecimiento de la misma magnitud de ambos grupos musculares a lo largo de los años de práctica deportiva. Las proporciones de equilibrio muscular convencionales, dadas en las extremidades dominantes y no dominantes fueron inferiores al 60% en todos los grupos, que es el límite inferior recomendado. Se puede sospechar que el menor índice convencional se asocia con la lesión del LCA, aunque se debe seguir investigando.

En cuanto a la relación de equilibrio de ángulo específico a 30° (se sugiere esta evaluación porque la mayoría de las lesiones, como LCA e isquiotibiales, se dan al final de rango de movimiento). Esta relación no fue diferente entre los grupos de edad, ni comparando las extremidades. Los valores de la relación de equilibrio específico fueron más altos que los observados en la relación convencional. Se observó que el valor de torque de los músculos extensores de rodilla evaluados a 30° no es tan diferente a los valores de torque pico de los mismos músculos (16 a 33%), también, la fuerza de éstos disminuye mucho más en relación a la fuerza de los flexores (la relación entre ambos se vuelve mayor, en la mayoría de los casos supera el 100%). Es posible que una relación de equilibrio de fuerza más alta a 30° (superior al 100%) sea importante para estabilizar la articulación de la rodilla evitando la tensión del LCA. En la misma línea, la mala acción excéntrica de los isquiotibiales se asocia a un mayor riesgo de distensión de tales músculos y otras lesiones de rodilla.

Una posible limitación del estudio es la falta de evaluación del torque excéntrico, lo que hace imposible estudiar la relación de equilibrio de la fuerza funcional, la acción excéntrica de los m. flexores y la acción concéntrica de los músculos extensores. La posibilidad de evaluar esta relación contribuiría a una mejor comprensión de la inestabilidad de la rodilla.

A manera de conclusión, el presente estudio demostró que las futbolistas evaluadas tanto en su extremidad dominante como no dominante, presentaron una fuerza simétrica en los músculos de la rodilla. La relación de equilibrio convencional tampoco demostró diferencias para las extremidades dominante y no dominante. Algo a destacar, es que todos los grupos

presentaron una relación de equilibrio convencional inferior a la recomendada por la literatura, evidenciando una insuficiencia de los músculos flexores. La relación de equilibrio de fuerza a 30° tampoco presentó diferencia entre extremidad dominante y no dominante. Estos datos pueden ser útiles para diseñar programas de entrenamiento o rehabilitación. Para finalizar, los resultados obtenidos pueden utilizarse como datos normativos con respecto al perfil isocinético en jugadoras de fútbol ⁴⁰.

A continuación, se muestra la tabla 7 a modo de resumen sobre los artículos desarrollados previamente.

<i>Título, autores, año</i>	<i>Tipo de estudio, materiales, métodos</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Resultados</i>	<i>Conclusión</i>
<p><i>“Capacidad de fuerza rápida de isquiotibiales/cuádriceps en futbolistas de élite masculinos vs. femenina”.</i></p> <p><i>(“RAPID HAMSTRING/QUADRICEPS FORCE CAPACITY IN MALE VS. FEMALE ELITE SOCCER PLAYERS”).</i></p> <p>Autores :METTE K. ZEBIS, LARS L. ANDERSEN, HELGA ELLINGSGAARD, AND PER AAGAARD.(2011)</p>	<p>Estudio transversal.</p> <p>Incluyó a un total de veintitrés jugadores de fútbol (11 mujeres y 12 hombres), los cuales fueron reclutados de las dos divisiones principales de la selección de fútbol danesa.</p> <p>Al momento de realizar la evaluación la MVC (contracción voluntaria máxima) isométrica se realizó para H/Q en la pierna preferida para patear. Se utilizó un dinamómetro KinCom, bloqueado en el ángulo de 70° de la articulación de la rodilla.</p> <p>La MVC se definió como el valor de torque pico más alto de 3 intentos máximos.</p> <p>La relación de fuerza RFD (desarrollo de fuerza rápida) se calculó dividiendo RFD de isquiotibiales con RFD de cuádriceps en los periodos de tiempo examinados.</p>	<p>Introducir e investigar una relación de fuerza RFD H/Q rápida y compararla con la relación de fuerza tradicional MVC H/Q en jugadores de fútbol de élite masculinos y femeninos.</p>	<p>La RFD y MVC fueron más bajas para las mujeres que para los hombres. No existió diferencia en la relación de fuerza MVC H/Q entre jugadores de fútbol masculinos y femeninos. A su vez, las pruebas mostraron una relación de fuerza RFD H/Q reducida durante la fase inicial de la contracción (hasta 50 ms desde el inicio) en comparación con la relación de fuerza MVC H/Q. No hubo diferencias significativas entre jugadores masculinos y femeninos.</p> <p>Entonces, este estudio muestra un potencial reducido para la estabilización de la articulación de la rodilla durante la fase inicial de la contracción muscular voluntaria en ambos sexos. Por lo tanto, la relación de fuerza RFD H/Q en comparación con la relación de fuerza MVC H/Q se redujo en 50 ms iniciales en jugadores masculinos y femeninos, lo que indica un potencial reducido para la protección agonista de los isquiotibiales al LCA.</p>	<p>Este estudio muestra un potencial reducido para la estabilización de la articulación de la rodilla durante la fase inicial de la contracción voluntaria, lo que sugiere un potencial deteriorado para la protección agonista de los isquiotibiales al LCA. La alta confiabilidad de la relación de fuerza RFD H/Q introducida hace que el método sea una herramienta relevante en la evaluación clínica de la relación H/Q. Finalmente, el entrenamiento de la resistencia de alta intensidad, cuyo objetivo es aumentar la RFD de los isquiotibiales en la fase temprana de la contracción, puede ser esencial en la prevención de lesiones del LCA.</p>

<p><i>“Relación de torque máximo isocinético de isquiotibiales a cuádriceps: la influencia de la modalidad deportiva, el género y la velocidad angular”.</i> <i>(“Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity”).</i></p> <p>Autores: Marilia Dos Santos Andrade, Claudio Andre Barbosa De Lira, Fabiana De Carvalho Koffes, Naryana Cristina Mascarin, Ana Amelia Benedito-Silva & Antonio Carlos Da Silva (2012).</p>	<p>Ensayo Clínico.</p> <p>Se incluyeron en este estudio un total de 166 atletas. De los cuales 58 eran judocas (26 mujeres y 32 hombres), 39 jugadores de handball (22 mujeres y 17 hombres) y 69 jugadores de fútbol (17 mujeres y 52 hombres). Todos pertenecían al Centro Olímpico de Entrenamiento e Investigación de Sao Paulo, Brasil.</p> <p>La fuerza concéntrica isocinética de la extremidad inferior dominante (la que preferían para patear) se evaluó en el dinamómetro isocinético (Biodex Medical System).</p> <p>La rodilla fue probada desde 5° a 95° a velocidades angulares de a 1,05 rad - s71 (60°/s) y 5,23 rad - s71 (300°/s). Los parámetros evaluados fueron el torque pico isocinético de los músculos isquiotibiales y cuádriceps (Nm) y la relación de torque pico H/Q (%).</p>	<p>El objetivo de este estudio fue comparar las relaciones de torque pico H/Q, evaluadas a 1,05 rad - s71 y 5,23 rad - s71 entre atletas de diferentes disciplinas y sexo (judocas, jugadores de hándbol y futbolistas) para determinar si existen diferencias debidas a el género, el deporte y la velocidad de prueba.</p>	<p>No hubo diferencias entre sexos en el toque pico H/Q a 5,23 rad - s71 para cualquier modalidad deportiva. Los valores máximos de toque pico H/Q a 1,05 y 5,23 rad - s71 fueron mayores en deportistas masculinos para todas las modalidades deportivas.</p> <p>En la relación de torque pico H/Q a 1,05 rad - s71, entre los hombres, los judocas mostraron valores más bajos. A la misma velocidad, las mujeres no presentaron diferencias entre deportes. Por otro lado, a 5,23 rad - s71, los hombres no mostraron diferencias entre las modalidades deportivas, mientras que las jugadoras de balonmano mostraron valores más bajos que las judocas y futbolistas. Las tres modalidades deportivas presentaron relaciones de torque pico H/Q más altas a 5,23 rad - s71 que a 1,05 rad - s71 en atletas femeninas</p> <p>En el presente artículo se descubrió que las jugadoras de handball y fútbol producían relaciones de par máximo H/Q más bajas a 1,05 rad - s71 que los hombres. El principal hallazgo de este estudio fue que los atletas masculinos y femeninos presentaban diferente equilibrio muscular entre los músculos cuádriceps e isquiotibiales.</p>	<p>Los resultados de este estudio sugieren que el género, la modalidad deportiva y la velocidad angular influyen en los perfiles de fuerza isocinética de la rodilla. Las jugadoras de fútbol producen relaciones de par máximo H/Q más bajas a 1,05 rad - s71 que los futbolistas. Estos hallazgos sugieren que las mujeres se beneficiarían de un programa de fortalecimiento de los isquiotibiales. Por otro lado, a altas velocidades de prueba (5,23 rad - s71) no hubo diferencias en las relaciones de torque pico entre los sexos. En judocas, aunque no hubo diferencias entre sexos, hombres y mujeres demostraron ratios de torque pico H/Q por debajo de los valores clínicamente recomendados. Además, las jugadoras de handball demostraron proporciones más bajas que las judocas o las jugadoras de fútbol. Por lo tanto, las jugadoras de handball se beneficiarían de un programa para fortalecer los músculos isquiotibiales a altas velocidades para mejorar la estabilidad articular.</p>
---	---	--	---	--

<p><i>“Isquiotibiales funcionales: Índices de cuádriceps en futbolistas de élite.” (“Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women 's soccer players”)</i></p> <p>Autores: Nathaniel D.M. Jenkins , Matthew J. Hawkey , Pablo B. Costa , Ryan E. Fiddler , Brennan J. Thompson , Eric D. Ryan , Doug Smith , Eric J. Sobolewski , Eric C. Conchola , Kazuma Akehi & Joel T. Cramer (2013)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado.</p> <p>Participaron de la evaluación 17 jugadoras de fútbol saludables, 10 fueron identificadas como titulares (edad 20,3 + 1,6 años) y 7 no titulares (edad 2,1+ 0,7 años).</p> <p>Se utilizó dinamómetro isocinético calibrado (Biodex System 4).</p> <p>El rango de movimiento para la flexión y extensión de las piernas se fijó de 5 a 90°.</p> <p>Las participantes realizaron extensión de piernas isocinéticas concéntricas voluntarias máximas y una contracción máxima excéntrica de flexores de la pierna a velocidades de 1.047 rad s⁻¹ (60°/s) y 4.189 rad s⁻¹ (240°/s).</p> <p>Las proporciones funcionales de isquiotibiales a cuádriceps se calcularon dividiendo el par máximo excéntrico de cada participante para los flexores de las piernas por el par máximo concéntrico para los extensores de las piernas a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹.</p>	<p>Comparar principiantes versus no principiantes para el par máximo concéntrico isocinético de extensores de la pierna, el par máximo excéntrico isocinético de flexores de la pierna y la relación H/Q funcional a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹ en las jugadoras de fútbol de élite de la I división de National Collegiate Athletic Association (NCAA).</p>	<p>El principal descubrimiento fue que el par máximo excéntrico para los flexores de las piernas fue mayor a 4.189 rad s⁻¹ para las titulares que para las no titulares. También, el par máximo excéntrico para los flexores de las piernas a 1.047 rad s⁻¹ fue superior a 4.189 rad s⁻¹ para los no principiantes.</p> <p>La relación H/Q funcional fue mayor para los titulares como para los no titulares a 4.189 rad s⁻¹ que a 1.047 rad s⁻¹</p> <p>El torque máximo concéntrico isocinético para los extensores de la pierna no fue diferente entre los principiantes y los no principiantes a cualquier velocidad de movimiento en el presente estudio</p>	<p>A manera de conclusión, se puede observar que los resultados denotan la importancia funcional específica del deporte en los perfiles de fuerza muscular. La mayor fuerza excéntrica de los flexores de las piernas a velocidades de movimiento más rápidas para las titulares observadas en el presente estudio parece apoyar el uso de estas medidas para perfilar fisiológicamente a las jugadoras de fútbol. Estos hallazgos se pueden emplear como herramientas de evaluación del rendimiento para ayudar a identificar a los jugadores con un alto potencial de juego y un riesgo reducido de lesiones relacionadas con los isquiotibiales y las rodillas.</p>
--	--	---	---	--

<p><i>"¿El equilibrio de la fuerza muscular está influenciado por el ciclo menstrual en las jugadoras de fútbol?" ("Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players?").</i></p> <p>Autores: Marília dos SANTOS ANDRADE , Naryana C. MASCARIN , Roberta FOSTER , Zsuzsanna I. de JÁRMY di BELLA , Rodrigo L. VANCINI , Claudio A. BARBOSA de LIRA</p>	<p>Ensayo clínico.</p> <p>Participaron un total de 38 futbolistas (26 mujeres y 12 hombres) reclutados de 3 equipos de fútbol amateur, de la ciudad de Sao Paulo, Brasil.</p> <p>Las jugadoras participaron en dos sesiones experimentales idénticas. Los deportistas masculinos participaron en dos sesiones experimentales idénticas que se realizaron dos veces durante un mes.</p> <p>Realizaron una evaluación de fuerza concéntrica isocinética de ambas extremidades inferiores (dominante y no dominante). Se utilizó un dinamómetro isocinético (Biodex Medical System).</p> <p>La rodilla se evaluó en ángulos de entre 5° y 95° de flexión de rodilla y la extensión completa de rodilla se consideró 0°.</p> <p>La relación H/Q utilizada fue la relación de equilibrio de fuerza convencional (%), calculada como la torsión máxima concéntrica de los isquiotibiales dividida por la torsión máxima concéntrica del cuádriceps a 60°/s.</p>	<p>Comparar el equilibrio de fuerza muscular de la rodilla, en jugadoras de fútbol, evaluado por la relación de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q, durante la fase folicular y la fase lútea. Para ratificar si el equilibrio de fuerza muscular fluctúa durante un mes sin variación hormonal, también se evaluaron las relaciones de equilibrio de fuerza de torque pico H/Q en dos puntos de tiempo durante un mes en hombres, que fueron el grupo de control para comparar.</p>	<p>Las relaciones pT evaluadas durante la fase folicular fueron significativamente más bajas que las de la fase lútea en el miembro inferior ND para las atletas femeninas.</p> <p>Con respecto a la extremidad D, no hubo una prueba significativa por efecto de interacción de género para las relaciones de equilibrio de fuerza de pT H/Q.</p> <p>Para los atletas masculinos no hubo diferencias significativas entre las dos pruebas para la ND y D. Además, no hubo diferencias significativas entre los valores masculinos y femeninos.</p> <p>Para los hombres, el único valor inferior al 60% fue la relación de fuerza evaluada en la prueba 1 de la extremidad Nd. Por otro lado, para las futbolistas la relación de equilibrio de fuerza evaluada en la fase lútea para la D, para la ND y la fase folicular para las extremidades ND fue inferior al 60%.</p>	<p>Se establece que la relación de equilibrio de fuerza de pT isocinética H/Q en jugadoras de fútbol fue diferente durante la fase lútea que durante la fase folicular en la rodilla ND. El conocimiento de este índice de equilibrio de la fuerza de la rodilla puede variar según la fase del ciclo menstrual puede ser útil para entrenadores, médicos y fisioterapeutas.</p>
---	---	---	--	--

<p><i>“Valores de fuerza normativos de los músculos cuádriceps e isquiotibiales para mujeres saludables, jugadoras de élite de balonmano y fútbol”.</i></p> <p>(“NORMATIVE QUADRICEPS AND HAMSTRING MUSCLE STRENGTH VALUES FOR FEMALE, HEALTHY, ELITE HANDBALL AND FOOTBALL PLAYERS”).</p> <p>Autores: May A. Risberg, Kathrin Steffen, Agnethe Nilstad, Grethe Myklebust, Eirik Kristianslund, Marie M. Moltubakk, and Tron Krosshaug (2018).</p>	<p>El estudio se basa en datos de un estudio de cohorte prospectivo de jugadoras de handball y fútbol femenino de élite, sanas.</p> <p>En total, 350 jugadoras fueron incluidas en el estudio (150 jugadoras de handball y 200 de fútbol).</p> <p>Se realizaron mediciones isocinéticas de la fuerza de los músculos en flexión y extensión concéntrica de la rodilla, utilizando un dinamómetro Technogym REV 90000.</p> <p>El rango de movimiento (ROM) se estableció de 90 a 15° de flexión de rodilla y la velocidad angular durante la prueba fue de 60° por segundo.</p>	<p>Los objetivos fueron: establecer valores normativos de fuerza de H/Q en jugadoras de balonmano y fútbol de élite sanas; comparar la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales entre las jugadoras de ambos deportes; examinar las diferencias de la fuerza de dichos músculos entre las piernas dominantes (D) y no dominantes (ND) y, finalmente, comparar los resultados con otros estudios publicados anteriormente sobre atletas femeninas y poblaciones no atléticas dentro de la misma edad.</p>	<p>Las jugadoras de handball demostraron una mayor fuerza en los cuádriceps. También, revelaron una relación H/Q más baja en comparación con las jugadoras de fútbol.</p> <p>La relación H/Q fue menor para la pierna dominante en las jugadoras de handball (57,8) en comparación con la pierna dominante en futbolistas (59,6).</p> <p>Las jugadoras de handball no demostraron diferencias significativas entre las piernas D y ND para la fuerza de los cuádriceps, pero sí se hallaron isquiotibiales más fuertes en la D en comparación con la ND. Por lo tanto, presentaron una H/Q mayor para la D.</p> <p>Las futbolistas no mostraron diferencias en la fuerza de los cuádriceps entre las piernas D y ND. Pero sí registraron mayor fuerza en los isquiotibiales para la D en comparación con la ND. A su vez no mostraron diferencias significativas en la relación H/Q entre las piernas D y ND.</p>	<p>Los datos normativos para jugadoras de handball y fútbol están en línea con otros estudios.. No hubo hallazgos entre los datos de torque pico en la extensión de rodilla y los informados por Andrade.</p> <p>Lund-Hanssen obtuvieron una mayor fuerza muscular para el cuádriceps en jugadoras de handball, pero la fuerza de isquiotibiales fue similar a los datos obtenidos.</p> <p>Los datos obtenidos en poblaciones no atléticas fueron más bajos en comparación con las atletas de handball y fútbol evaluadas.</p> <p>Las curvas normativas específicas de ángulo mostradas en este estudio podrían utilizarse clínicamente para comparar las curvas isocinéticas en atletas con lesión de rodilla.</p>
---	--	--	---	---

<p><i>“Diferencias de fuerza isocinética entre jugadoras de fútbol de élite senior y juveniles identifican los requisitos de entrenamiento”. (“Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements”).</i></p> <p>Autores: Steven James Eustace , Richard Michael Page , Matt Greig . (2019)</p>	<p>Ensayo clínico.</p> <p>Participaron 34 jugadoras, 17 mayores de edad (25,31 ± 4,51 años) y 17 jóvenes (16,91±1,16 años) del mismo club.</p> <p>El ensayo experimental comprendió evaluaciones de fuerza isocinética bilaterales (System 4, Biodex Medical System) de la fuerza de flexión excéntrica (eccKF) y extensión concéntrica de la musculatura de la rodilla (conKE) a velocidades angulares del orden de 180°, 270° y 60°/s. El rango de movimiento de la rodilla se fijó a 25°-90°.</p> <p>Se identificaron el par máximo (PT) y el ángulo correspondiente (APT). El rango funcional (FR) se definió como el rango sobre el cual se mantuvo el 85% del PT. La relación de control dinámico (DCR) se calculó dividiendo eccKE PT por conKE PT para cada miembro respectivo y velocidad angular. Al mismo tiempo, los datos eccKE y conKE registrados para ángulos específicos de la articulación de la rodilla se usaron para calcular el DCR específico del ángulo (DCR ast) para cada extremidad y velocidad angular.</p>	<p>Comparar las características de fuerza bilaterales y unilaterales de la musculatura flexora y extensora de la rodilla entre las jugadoras de élite senior y juveniles utilizando métricas isocinéticas.</p>	<p>Los valores de eccKF PT y AST registrados para las jugadoras de fútbol jóvenes fueron más bajos en comparación con las de mayor edad.</p> <p>Sin tener en cuenta la edad, otras observaciones mostraron que los datos de AST y PT eccKF no dominantes fueron significativamente más bajos en comparación con el lado dominante a través de diferentes velocidades de prueba y ángulos articulares.</p> <p>Se identificó que las jugadoras jóvenes no pueden obtener la misma magnitud de torque en un rango articular en comparación con sus contrapartes mayores.</p> <p>Se identificaron diferencias de fuerza bilateral para eccKF PT y AST para ambos grupos de edad, con valores más bajos registrados en la extremidad no dominante.</p>	<p>Se sugiere que la PT y AST pueden diferenciar entre jugadoras, lo contempla que las jóvenes tienen una capacidad de fuerza absoluta reducida que persiste en un rango angular. Se recomienda que el uso de DCR y DCR ast se utiliza junto con los valores de torsión correspondientes para evitar la mala interpretación de las necesidades de entrenamiento del jugador. Los hallazgos de este estudio pueden informar el desarrollo de estrategias de entrenamiento apropiadas para ayudar al desarrollo atlético y al desarrollo de la fuerza de la musculatura del muslo en jugadoras de fútbol.</p>
--	---	--	---	---

<p><i>“Relación de equilibrio y fuerza muscular isocinética de la rodilla en jugadoras de fútbol de diferentes grupos de edad: un estudio transversal”.</i> (<i>“ Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study”</i>).</p> <p>Autores: Valentine Zimmermann</p> <p>Vargas, Caroline Motta, Beatriz Peres, Rodrigo Luiz Vancini, Claudio Andre Barbosa De Lira & Marilia Santos Andrade (2019).</p>	<p>Estudio transversal.</p> <p>Se evaluaron 66 jugadoras (Brasil). Los grupos fueron Sub 13 (menores de 13 años n=14), Sub 15 (menores de 15 años n=19), Grupo de menores de 17 (menores de 17 años n=14) y el grupo PRO (mayores de 18 años n=19).</p> <p>Se evaluaron ambas extremidades inferiores en un dinamómetro isocinético (System 4 Biodex Medical). .</p> <p>Las variables probadas fueron las siguientes: par máximo concéntrico de flexores y extensores de rodilla a 60 y 240°/s ;par máximo excéntrico a 240°/s; potencia media a 240°/s; relación CR ; la FR y la diferencia bilateral.</p>	<p>Comparar la fuerza de los músculos flexores y extensores de la rodilla, la potencia y las proporciones de equilibrio y asimetrías musculares convencionales y funcionales entre jugadoras de fútbol de diferentes edades y niveles atléticos.</p>	<p>El principal hallazgo fue una diferencia significativa en los valores de fuerza muscular entre los grupos sub 13 y sub 15 (sub 15 más alto) y entre los grupos sub 17 y PRO (PRO más alto).</p> <p>La CR para la extremidad dominante fue mayor para sub 13 que en todos los demás grupos. Los valores CR encontrados fueron inferiores a la recomendación de la literatura para los grupos sub 15, sub 17 y PRO para la extremidad D y para todos los grupos para las extremidades ND.</p> <p>La FR fue similar en todos los grupos.</p> <p>Los datos aportados por el estudio sugieren que a pesar de las altas cargas de trabajo asimétricas a las que están sometidos los futbolistas, no mostraron un nivel de asimetría importante.</p>	<p>El estudio mostró valores más altos de fuerza muscular en los grupos de mayor edad. Otro hallazgo fue que la CR se mantuvo estable para todos los grupos excepto sub13, no obstante, esta relación fue aún más baja que la recomendada. En lo que respecta a la FR, no se encontró ningún desequilibrio en ningún grupo.</p>
---	---	--	--	---

<p><i>“Diferencias relacionadas con la edad en las relaciones entre los isquiotibiales y los cuádriceps en la torsión máxima y específica del ángulo en jugadoras de fútbol de 11 a 18 años: Estudio transversal”. (“Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A Cross-sectional study”).</i></p> <p>Autores: Marilia S. Andrade, Marina S. Junqueira, Claudio Andre Barbosa De Lira, Rodrigo L. Vancini, Aldo Seffrin, Pantelis T. Nikolaidis, Thomas Rosemann & Beat Knechtle (2020), Research in Sports Medicine.</p>	<p>Estudio transversal.</p> <p>Participaron 93 jugadoras, divididas en tres grupos: menores de 13 años (U13), U15 y U18. Reclutadas del equipo de fútbol femenino del Centro de Investigación y Entrenamiento Olímpico (São Paulo, Brasil).</p> <p>Se realizó la evaluación de fuerza muscular isocinética, en ambas extremidades inferiores, utilizando el dinamómetro isocinético Biodex System 3. En un ROM de 90° a 0°.</p> <p>Se realizaron repeticiones concéntricas máximas de flexión y extensión de rodilla a velocidades angulares de 60° y 240°</p> <p>Se midieron el Torque pico (Nm) a 60 y 240°, Trabajo total (J) a 60 y 240°, Par a 30° (par medido a 30° de ROM) (Nm) a 60°, y Potencia media (W) a 240° de los músculos flexores y extensores de rodilla.</p> <p>También, las relaciones de equilibrio de fuerza convencionales, la relación de equilibrio específico de ángulo (torque a 30° de flexores/ torque a 30° de extensores) y los índices de simetría de las extremidades.</p>	<p>Evaluar y comparar los valores de torque pico, el déficit de fuerza bilateral, la relación de torque máximo de isquiotibiales a cuádriceps y la relación específica de ángulo de los isquiotibiales a cuádriceps en jugadoras de fútbol de 11 a 18 años.</p>	<p>Las relaciones de equilibrio de la rodilla se mantuvieron estables entre los grupos. Un hallazgo fue que la relación de equilibrio convencional fue inferior a la recomendación de la literatura (60%) para todos los grupos de edad. No hubo asimetrías importantes en ningún grupo.</p> <p>También, se observa que los deportistas U15 presentaron valores de torque, trabajo y potencia de los músculos flexores y extensores superiores a los del grupo U13. Entre U15 y U18 no hubo diferencias en valores de peso y altura, el IMC fue más alto en atletas U15 que en U13. Los valores porcentuales en las diferencias contralaterales son menores al 10%, encontrándose dentro del límite de la normalidad.</p> <p>Los ratios de equilibrio muscular convencionales no fueron diferentes entre los grupos de edad. Las proporciones de equilibrio muscular convencionales, dadas en las extremidades dominantes y no dominantes fueron inferiores al 60% en todos los grupos.</p> <p>Los valores de la relación de equilibrio específico fueron más altos que los observados en la relación convencional.</p>	<p>El presente estudio demostró que las futbolistas evaluadas tanto en su extremidad dominante como no dominante, presentaron una fuerza simétrica en los músculos de la rodilla. La relación de equilibrio convencional tampoco demostró diferencias para las extremidades dominante y no dominante. Algo a destacar, es que todos los grupos presentaron una relación de equilibrio convencional inferior a la recomendada por la literatura, evidenciando una insuficiencia de los músculos flexores. La relación de equilibrio de fuerza a 30° tampoco presentó diferencia entre extremidad dominante y no dominante. Estos datos pueden ser útiles para diseñar programas de entrenamiento o rehabilitación.</p>
---	---	---	---	---

VIII. **Resultados**

La búsqueda bibliográfica terminó con el análisis de ocho artículos que tuvieron como objetivo identificar el perfil isocinético de jugadoras de fútbol evaluando los músculos flexores y extensores de rodilla.

Los criterios de inclusión y exclusión en todos los artículos fueron suficientemente similares. Todas las atletas, tanto de élite como amateur, debían participar activamente de entrenamientos y partidos, no debían presentar antecedentes de lesiones o cirugías en los miembros inferiores en el transcurso de período mínimo de seis meses previos a la prueba y, no debían presentar dolor ni malestar el día de la evaluación.

De los ocho artículos estudiados, tres incluían dentro de la población de estudio a hombres y mujeres, el resto tomaba como población a mujeres jugadoras de fútbol. El rango de edad de la población total se encontraba comprendida entre los 11 a 40 años. El número total de jugadoras de fútbol evaluadas fue de cuatrocientas sesenta y cuatro.

Las variables evaluadas fueron el torque pico con contracciones voluntarias máximas isométricas, concéntricas y excéntricas. Los rangos de movimientos se encontraron dentro de los 0° a 95° de flexoextensión de rodilla. Las velocidades angulares fueron las siguientes: 60°/s, 180°/s y 240°/s, 270°/s y 300°/s. A destacar, se evaluó la relación de equilibrio convencional, la relación funcional y asimetría entre extremidad dominante y no dominante.

De los tres estudios en los que se evaluaron hombres y mujeres futbolistas, todos ellos obtuvieron valores inferiores de torques pico en la población femenina. Las mujeres obtuvieron relaciones H/Q más bajas que los hombres. El estudio en el que se evaluó la influencia del ciclo menstrual en las jugadoras evidenció valores más bajos durante la fase preovulatoria que durante la fase postovulatoria.

Teniendo en cuenta la edad de las futbolistas, las jugadoras más jóvenes registraron valores más bajos a diferencia de las mayores de edad en tres artículos en donde se comparaba a esas poblaciones. Destacándose el transcurso entre los 13 y los 15 años de las futbolistas, momento en el cual están en pleno crecimiento.

En aquellos estudios en los cuales se evaluaron ambas extremidades inferiores, se hace notoria la diferencia en los valores entre las extremidades dominante y no dominante. Registrándose valores más altos de fuerza para la extremidad dominante en comparación con la no dominante en cuatro artículos.

Al menos en cuatro estudios se documentaron valores inferiores a los recomendados por la literatura en relación de par máximo H/Q. Sugiriendo que las mujeres se beneficiarían de un programa de fortalecimiento de los isquiotibiales.

Los resultados de los artículos pesquisados ponen en manifiesto que el género, la modalidad deportiva y la velocidad angular influyen en los perfiles de fuerza isocinética y, en el equilibrio muscular de la rodilla.

Finalmente, los datos obtenidos sobre las evaluaciones de fuerza isocinética en jugadoras de fútbol sanas se pueden utilizar como estrategias de entrenamiento para ayudar al desarrollo atlético y al desarrollo de la fuerza de la musculatura del muslo. Así como también, para diseñar programas rehabilitación.

IX. Conclusión

La presente tesina de grado ha tenido como objetivo determinar el perfil isocinético de fuerza muscular en jugadoras de fútbol. A través de un análisis de los índices de fuerza unilateral y bilateral realizando contracciones isométricas e isotónicas a diferentes velocidades angulares en la articulación de la rodilla, para valorar la relación agonista/ antagonista y los posibles desbalances musculares.

Uno de los pasos para la prevención es determinar la incidencia de lesiones de las atletas. Anteriormente se ha expuesto que las jugadoras presentan 6,1 lesiones por 1000 hs. de exposición, siendo este número casi el doble durante las competencias. Uno de los factores de riesgo modificables que presentan las jugadoras son los desbalances musculares. Una mala sinergia entre el cuádriceps y los isquiotibiales predispone a las deportistas a sufrir lesiones. Dentro de las lesiones más habituales y altamente documentadas está la lesión del LCA (riesgo de lesión de 2 a 6 veces más frecuente en mujeres).

El proceso lesional no solo repercute en el deportista, sino que afecta a familiares, equipos y clubes, suponiendo un gasto sanitario a considerar. Sumado a ello, las lesiones graves pueden tener consecuencias duraderas, impactando a futuro en la trayectoria deportiva de los atletas. Recordemos que la lesión previa en un atleta aumenta el riesgo de lesión en un 74%.

La dinamometría isocinética se ha utilizado históricamente para evaluar el equilibrio de la fuerza entre los grupos musculares isquiotibiales y cuádriceps, calculado como la proporción

de H/Q convencional o funcional. Una proporción de H/Q bilateral ideal del 60% ha sido sugerida. Y una proporción de diferencia de fuerza contralateral menor del 10- 15% podría ser considerada como normal.

El minucioso análisis de los artículos pesquisados en la búsqueda bibliográfica concluye en que: en comparación con los jugadores masculinos, las jugadoras presentan valores H/Q más bajos. Esto podría deberse a que hombres y mujeres presentan un desarrollo de la fuerza diferente durante la pubertad. Sumado a ello dentro de la población femenina la edad es un factor clave a tener en cuenta, ya que se evidenciaron valores más altos de fuerza muscular en grupos de mayor edad, manifestando cierta vulnerabilidad en las jugadoras más jóvenes. Destacando los picos de crecimiento de la adolescencia entre las edades de 13 a 15 años.

El desequilibrio de fuerza podría estar influenciado por el ciclo menstrual, ya que se evidenciaron valores más bajos en la relación H/Q durante la fase folicular (niveles elevados de estrógeno y niveles reducidos de progesterona) favoreciendo la inestabilidad de rodilla y predisponiendo a las atletas a sufrir una lesión, aunque se requiere más investigación sobre el tema.

El nivel de juego puede influir en la fuerza de las atletas, las jugadoras de élite que dedicaban más horas e intensidades más altas mostraron índices de fuerza más elevados.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las futbolistas evidenció un valor de los índices de fuerza recomendado por la literatura. Una posible intervención preventiva sería un programa de fortalecimiento de la musculatura isquiotibial. Además, teniendo en cuenta a las jugadoras más jóvenes y su déficit de fuerza, se podría implementar un entrenamiento específico que se centre en el desarrollo de la fuerza para la musculatura extensora y flexora de la rodilla.

Con respecto a los índices de fuerza isocinética, no solo debería evaluarse el tradicional índice convencional, sino también el índice funcional y la relación de equilibrio de ángulo específico. Ya que la mayoría de las lesiones, como LCA e isquiotibiales se dan al final del rango de movimiento. Así como también debería implementarse diferentes velocidades angulares, de preferencias altas, que son las que más se asemejan con el mecanismo de lesión en sí.

Al momento de evaluar la fuerza contralateral de la extremidad inferior lesionada, como en el caso de un LCA reconstruido, puede dar parámetros de comparación falsos. Ya que los atletas pueden presentar un déficit de fuerza muscular, es por ello que se deben utilizar valores

normativos de fuerza muscular correspondientes a la edad, el deporte, el género y en personas sanas.

Las limitaciones de la presente investigación fueron la cantidad de artículos analizados, en los cuales las poblaciones fueron muy diversas, y no en todos los estudios se analizaron las mismas variables con exactitud. Se requieren más estudios y más compromiso por parte de los profesionales de la salud para estudiar a esta población. A su vez, se tiene que tener en cuenta que en la práctica los costos para realizar esta evaluación son altos y no todos los profesionales pueden acceder a la misma.

Finalmente, esta tesina de grado brinda datos normativos de fuerza muscular en jugadoras de fútbol sanas. Pudiendo servir como herramienta de evaluación, entrenamiento, diseño de programas de rehabilitación o criterios de regreso al deporte para diferentes profesionales, en especial a kinesiólogos/as que quieran trabajar con este tipo de población.

X. Referencias Bibliográficas

1. Llana Belloch, S., Pérez Soriano, P., Lledó Figueres, E., LA EPIDEMIOLOGÍA EN EL FÚTBOL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport* [Internet]. 2010;10(37):22-40.
2. Alahmad TA, Kearney P, Cahalan R. Injury in elite women's soccer: a systematic review. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2020;48(3):259–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.2020.1720548>
3. López-Valenciano A, Raya-González J, Garcia-Gómez JA, Aparicio-Sarmiento A, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, et al. Injury profile in women's football: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* [Internet]. 2021;51(3):423–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-020-01401-w>
4. Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. 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* [Internet]. 2020;54(18):1089–98. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>

5. Manuel Miranda Cruz, Bepsi Concepción Collazo Garay, Marelia Guillén, Evelina Almenares Pujadas, Iscel González , Coralia Castillo. Diagnóstico de desbalances musculares y prevención de lesiones con dinamometría isocinética en voleibolistas femeninas venezolanas. *Rev Cub Med Dep & Cul Fís* [Internet]. 2015;10(1). Disponible en: <http://www.revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/126>
6. Salazar JLR, Sigler ISC, Segura GAH. Relación entre el desequilibrio de músculos flexores y extensores de rodilla y las lesiones musculares en atletas de la Selección Mexicana de Taekwondo. *Eur Sci J* [Internet]. 2021;17(10). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2021.v17n10p64>
7. Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Dinamometría isocinética. *Rehabil (Madr, Internet)* [Internet]. 2005;39(6):288–96. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7120\(05\)74362-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7120(05)74362-0)
8. Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M, Santonja F. Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares. *Apunts Med l Esport* [Internet]. 2012;47(176):131–42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2011.11.003>
9. Kabacinski J, Murawa M, Mackala K, Dworak LB. Knee strength ratios in competitive female athletes. *PLoS One* [Internet]. 2018;13(1):e0191077. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0191077>
10. Kellis E, Galanis N, Kofotolis N. Hamstring-to-quadriceps ratio in female athletes with a previous hamstring injury, anterior cruciate ligament reconstruction, and controls. *Sports* [Internet]. 2019;7(10):214. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/sports7100214>
11. Dugan SA. Lesiones de rodilla relacionadas con el deporte en atletas femeninas: ¿Qué da? *Soy J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2005;84(2):122–30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.phm.0000154183.40640.93>
12. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2008;11(5):452–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2007.04.009>
13. Randell RK, Clifford T, Drust B, Moss SL, Unnithan VB, De Ste Croix MBA, et al. Physiological characteristics of female soccer players and health and performance

- considerations: A narrative review. *Sports Med* [Internet]. 2021;51(7):1377–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-021-01458-1>
14. Tlatoa Ramírez HM. Torque máximo absoluto e índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales del 2007 al 2012. *Med Investig* [Internet]. 2014;2(2):154–62. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s2214-3106\(15\)30014-5](http://dx.doi.org/10.1016/s2214-3106(15)30014-5)
 15. Kabacinski J, Szozda PM, Mackala K, Murawa M, Rzepnicka A, Szewczyk P, et al. Relationship between isokinetic knee strength and speed, agility, and explosive power in elite soccer players. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022;19(2):671. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19020671>
 16. Sitio Oficial de la Asociación del Fútbol Argentino [Internet]. Sitio Oficial de la Asociación del Fútbol Argentino. [cited 2022 May 28]. Available from: <https://www.afa.com.ar/es/pages/historia>
 17. The Football Association. History of women’s football [Internet]. www.thefa.com. [cited 2022 May 28]. Available from: <https://www.thefa.com/womens-girls-football/history>
 18. Leighton T. FA apologies for 1921 ban. *The guardian* [Internet]. 2008 Feb 11 [cited 2022 May 28]; Available from: <https://amp.theguardian.com/football/2008/feb/11/newsstory.womensfootball>
 19. Sitio Oficial de la Asociación del Fútbol Argentino [Internet]. Sitio Oficial de la Asociación del Fútbol Argentino. [cited 2022 May 28]. Available from: <https://www.afa.com.ar/es/reglaments/Reglas%20de%20Juego?s=12>
 20. A. Acosta González NA, Cetina Salazar M, Ramírez Soto JF, Montealegre Mesa LM. PROGRAMAS PREVENTIVOS, UNA ESTRATEGIA PARA EL JUGADOR DE FÚTBOL. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. *Rev Digit Act Fis Deport* (En línea) [Internet]. 2020;6(1):109–28. Available from: <http://dx.doi.org/10.31910/rdafd.v6.n1.2020.1442>
 21. Faude O. Lesiones en jugadoras de fútbol: un estudio prospectivo en la Liga Nacional Alemana. 2005.
 22. Cos F, Cos MÁ, Buenaventura L, Pruna R, Ekstrand J. Modelos de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. *Apunts Med l Esport* [Internet]. 2010;45(166):95–102. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2010.02.007>

23. Del Coso J, Herrero H, Salinero JJ. Injuries in Spanish female soccer players. *J Sport Health Sci* [Internet]. 2018;7(2):183–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2016.09.002>
24. Pangrazio O, Forriol F. Diferencias de las lesiones sufridas en 4campeonatos sudamericanos de fútbol femenino y masculino. *Rev latinoam cirortop* [Internet]. 2016;1(2):58–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rslaot.2016.10.001>
25. Biedert RM, Bachmann M. Women’s soccer. Injuries, risks, and prevention. *Der Orthopade*. 2005;34(5):448–53.
26. Larruskain J, Lekue JA, Diaz N, Odriozola A, Gil SM. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2018;28(1):237–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12860>
27. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Injuries among male and female elite football players. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2009;19(6):819–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00861.x>
28. Biedert RM, Bachmann M. Women’s soccer. Injuries, risks, and prevention. *Der Orthopade*. 2005;34(5):448–53.
29. Pró EA. *Anatomía Clínica* [Internet]. 2014. Available from: <https://booksmedicos.org/anatomia-clinica-pro-2a-edicion/#more-140459>
30. Kapandji IA. *Fisiología articular - Tomo 2*. Editorial Medica Panamericana; 1998
31. Cailliet R. *Anatomía Funcional, Biomecánica* [Internet]. 2006. Available from: <https://booksmedicos.org/biomecanica-anatomia-funcional-biomecanica-cailliet/>
32. Prentice WE. *Técnicas de Rehabilitación En La Medicina Deportiva*. 3rd ed. Paidotribo Editorial; 2000.
33. Zebis MK, Andersen LL, Ellingsgaard H, Aagaard P. Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2011;25(7):1989–93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e501a6>
34. Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. *J Sports Sci* [Internet]. 2012;30(6):547–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.644249>

35. Jenkins NDM, Hawkey MJ, Costa PB, Fiddler RE, Thompson BJ, Ryan ED, et al. Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women's soccer players. *J Sports Sci* [Internet]. 2013;31(6):612–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2012.742958>
36. Dos Santos Andrade M, Mascarin NC, Foster R, de Jármy di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa de Lira CA. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. 2017;57(6):859–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06290-3>
37. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2018;32(8):2314–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000002579>
38. Eustace SJ, Page RM, Greig M. Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2019;39:45–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.008>
39. Vargas VZ, Motta C, Peres B, Vancini RL, Andre Barbosa De Lira C, Andrade MS. Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2020;48(1):105–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.2019.1642808>
40. Andrade MS, Junqueira MS, Andre Barbosa De Lira C, Vancini RL, Seffrin A, Nikolaidis PT, et al. Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A Cross-sectional study. *Res Sports Med* [Internet]. 2021;29(1):77–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/15438627.2020.1742713>

XI. Anexos

Anexo 1

Tabla 8. Datos demográficos, RFD a 50 y 200 milisegundos desde el inicio de la contracción y fuerza de MVC para Q y H de jugadores femeninos y masculinos. *†

		Hembras		machos	
Edad (años)		22.062.4		24.562.3	
Altura (m)		1.6860.04		1.8360.07‡	
Peso (kg)		62.466.0		78.468.1‡	
IMC (kg-m ²)		22.262.1		21.562.3	
		H	q	H	q
RFD (Nms ₂₁ -kg ₂₁)	0-50ms	10.263.1	26.666.9	13.065.0§	35,064.3‡
	0-200ms	6.261.2	14.562.9	7.061.0§	16.661.7k
MVC (Nm-k ₂₁)		1.660.3	3.760.7	1.860.2§	4.060.5

* MVC = contracción voluntaria máxima; RFD = tasa de desarrollo de la fuerza; IMC = índice de masa corporal; Q = cuádriceps; H = isquiotibiales. † Los valores se dan como media ± SD. ‡ hombres mujeres, p < 0,01.

§ Tendencia a los hombres. mujeres, p = 0,07-0,12 k hombres mujeres, p < 0,05.

Fuente: Zebis MK, Andersen LL, Ellingsgaard H, Aagaard P. Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. J Strength Cond Res [Internet]. 2011;25(7):1989–93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e501a6>

Anexo 2

Tabla 9. Torques máximos de los músculos isquiotibiales y cuádriceps y relación de torque máximo entre H/Q para los atletas masculinos y femeninos, medido a una velocidad angular 1,05 rad - s⁻¹.

	Género	Deporte		
		Judo	Balonmano	Fútbol
isquiotibiales par máximo (N-m)	machos	163+81 _a (32)	163+18 _a (17)	160+30 _a (52)
	Hembras	92+18 (26)	94+14 (21)	91+18 (17)
Cuádriceps par máximo (N-m)	machos	281+73 _a (32)	266+51 _a (17)	246+44 _{a,b} (52)
	Hembras	180+42 (26)	168+29 (21)	169+27 (17)
Pico H/Q relación (%)	machos	57+14 (32)	63+12 _{a,b} (17)	66+12 _{a,b} (52)
	Hembras	53+10 (26)	56+6 (21)	54+11 (17)

Los valores se expresan como media ± s (n).

_aPAGS50,05, diferente de las mujeres para la misma modalidad deportiva.

_aPAGS50,05, diferente a los judokas masculinos.

Tabla 10. Torques máximos de los músculos cuádriceps e isquiotibiales y la relación de torque máximo entre H/Q, para atletas masculinos y femeninos, medidos a una velocidad angular 5,23 rad - s⁻¹.

	Género	Modalidad deportiva		
		Judo	Balonmano	Fútbol
isquiotibiales par máximo (N·m)	machos	94+29 ^a (32)	113+22 ^c (17)	101+22 ^c (52)
	Hembras	62+11 (26)	67+14 (21)	60+9 (17)
Cuadriceps par máximo (N·m)	machos	136+39 ^a (32)	181+36 ^c (17)	150+26 ^c (52)
	Hembras	87+18 (26)	104+18 (21)	83+12 (17)
Pico H/Q relación de par (%)	machos	69+8 ^b (32)	63+9 (17)	68+12 (52)
	Hembras	72+10 ^a (26)	65+6 (21)	72+11 ^a (17)

Los valores se expresan como media+s (n).

^aPAG550,05, diferente de las jugadoras de balonmano.

^aPAG550,05, diferente de los jugadores de balonmano masculino.

^cPAG550,05, diferente de las mujeres para la misma modalidad deportiva.

Fuente: Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. J Sports Sci [Internet]. 2012;30(6):547–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.644249>

Anexo 3.

Tabla 11. Torque pico y proporciones de isquiotibiales a cuádriceps a 1.047 rad s⁻¹ y 4.189 rad s⁻¹. para los titulares y no titulares. Los valores son medias (desviación estándar).

		1.047 rad · s ⁻¹	4.189 rad · s ⁻¹	
Pico concéntrico par para el extensores de piernas (CPT _m) (Nm)	Entrantes	154,1*(24,4)	88,8 (12,6)	
	no titulares	142,5*(23,8)	84,5 (13,6)	
Pico excéntrico par para el flexores de piernas (EPT _f)(Nm)	Entrantes	127.6(6.3)	139.4(3.7)	* Indica un par máximo concéntrico significativamente mayor a 1,047 rad·s ⁻¹ de 4,189 rad · s ⁻¹ tanto para principiantes como para no principiantes (PAG50,001).
	no titulares	125.1(3.8)	117.2(6.2)	
Funcional isquiotibiales: cuadriceps relación (H:Q) _{F(X)}	Entrantes	0.84(.12)	1.58 _{(((0.25)}	‡Indica un par máximo excéntrico significativamente mayor a 4,189 rad·s ⁻¹ para principiantes versus no principiantes (PAG50,041). ‡‡Indica relaciones H:Q funcionales significativamente mayores a 4,189 rad·s ⁻¹ de 1,047 rad · s ⁻¹ tanto para principiantes como para no principiantes (PAG50.001 yPAG50,001).
	no titulares	0.89(.11)	1.42 _{(((0.30)}	
				‡Indica una interacción (velocidad x estado de reproducción;PAG50,05).

Fuente: Jenkins NDM, Hawkey MJ, Costa PB, Fiddler RE, Thompson BJ, Ryan ED, et al. Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women's soccer players. J Sports Sci

Anexo 4

Tabla 12. Valores medios de desviación estándar para relaciones de equilibrio de fuerza convencionales evaluadas a 60°/s para extremidad dominante (D) y no dominante (ND) para atletas masculinos y femeninos en las fases lútea (prueba 1) y folicular (prueba 2).

miembro	jugadoras			jugadores masculinos			prueba aNOVa
	prueba de la fase lútea	folicular prueba de fase	tamaño del efecto	primer examen	Segunda prueba	tamaño del efecto	
Dakota del Norte	0,57±0,06 (0,45-0,68)	0,52±0,07* (0,26-0,70)	0.76	0,55±0,06 (0,47-0,66)	0,56±0,06 (0,48-0,70)	- 0.16	f(1,36)=5.92 p=0,02
d	0,57±0,07 (0,42-0,78)	0,57±0,07 (0,46-0,79)	0.00	0,57±0,09 (0,44-0,71)	0,55±0,08 (0,38-0,72)	0.23	f(1,36)=0,96 p=0,33

datos presentados como media±Sd (rango).
* Diferencia estadísticamente significativa (P=0,01 por la prueba de Tukey).

Fuente: Dos Santos Andrade M, Mascarin NC, Foster R, de Jármy di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa de Lira CA. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? J Sports Med Phys Fitness [Internet]. 2017;57(6):859–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06290-3>

Anexo 5

Tabla 13. Media y Dakota del Sur para pares máximos de extensión y flexión de rodilla (en Newton metro [N.m]), pares de torsión máximos de extensión y flexión normalizados (N.m.kg 21), y la relación H:Q* para jugadoras de élite, balonmano y fútbol, presentadas como diferencias de medias (intervalo de confianza del 95 %, IC) entre las piernas dominantes (D) y no dominantes (ND), y entre deportes.

	jugadores de balonmano, norte =143			jugadores de futbol, norte =196			Diferencia de medias entre deportes para la pierna D (95 % IC)
	Significar (DAKOTA DEL SUR), pierna D	Significar (DAKOTA DEL SUR), pierna ND	Diferencia media, (IC del 95 %)	Significar (DAKOTA DEL SUR), pierna D	Significar (DAKOTA DEL SUR), pierna ND	Diferencia media (IC del 95 %)	
Par máximo de extensión (N\$m)	166,3 (24,4)	165,6 (22,3)	0,72 (21,52 a 2,96)	147,7 (23,5)	146,0 (24,9)	1,71 (20,12 a 3,55)	18,6 (13,5 a 23,6)†
Extensión normalizada par máximo (N\$m\$kg ²¹)	2,42 (0,32)	2,41 (0,29)	0,01 (20,02 a 0,04)	2,33 (0,35)	2,30 (0,36)	0,029 (20,0002 a 0,058)	0,09 (0,02 a 0,16)†
Par máximo de flexión (N\$m)	95,4 (14,1)	93,0 (12,6)	2,38 (1,05 a 3,70)†	87,4 (13,6)	85,0 (13,7)	2,34 (1,18 a 3,49)†	8,02 (5,08 a 10,96)†
Pico de flexión normalizado par (N\$m\$kg ²¹)	1,39 (0,17)	1,35 (0,15)	0,04 (0,02 a 0,06)†	1,38 (0,21)	1,34 (0,20)	0,04 (0,02 a 0,06)†	0,09 (20,031 a 0,049)
Relación H:Q*	57,8 (7,2)	56,6 (6,9)	1,2 (0,28 a 2,2)†	59,6 (7,5)	58,9 (8,0)	0,08 (20,24 a 1,75)	1,83 (0,27 a 3,40)†

*Relación H/Q: (fuerza de los isquiotibiales [N\$m]/fuerza del cuádriceps [N\$m])3100.
†pags .0.05.

Tabla 14. Media y Dakota del Sur para la fuerza muscular isocinética máxima a 60°.segundo21en Newton metro (N.m), par máximo normalizado (N.m.kg21), relación H/Q para piernas dominantes (D) y no dominantes (ND) de nuestro y otros estudios de poblaciones de mujeres atléticas y no atléticas de edad similar.*

Autor	Año	Nº sujetos	Edad media	Población	Pico de extensión		normalizado		Flexión normalizada		H/Q- proporcion*
					D	norte	esfuerzo de torsión (N\$m\$kg21)	par, N\$m (DAKOTA DEL SUR)	D	DAKOTA DEL NORTE	
Nuestro estudio		143	21	Balónmano	166 (25)	166 (22)	2.4	2.4 95 (14)	93 (12)	1.4	1.4 58 57
Nuestro estudio		196	21	Fútbol	148 (24)	146 (25)	2.3	2.3 88 (14)	85 (14)	1.4	1,3 60 59
Leyva (25)	2015	15	20	no atlético	135 (15)			81 (9)			
Andrade (1)	2012	21	26	Balónmano	168 (29)		2.3	94 (14)		1.3	56
Andrade (1)	2012	17	25	Fútbol	169 (27)		2.8	91 (18)		1.5	54
Puerto (17),†	2012	20	25	no atlético	138 (17)		2.3	76 (9)		1.3	
Danneskiold-Samsøe (8),z		18	20-29	no atléticoz	132 (26)		2.1	74 (16)		1.2	57
Buchanan 2009 (4)	2009	26	9-22	Baloncesto	96 (14)	93 (15)	1.7	1.6 51 (10)	46 (9)	0.89	0.8 54 49
Pincivero (33)	2003	20	24	no atlético	88 (13)		1.5	53 (10)		0,93	
Lund Hanssen (26)	1996	144	21	Balónmano	177 (29)	175 (27)	2.8	2.7 98 (20)	98 (19)	1.5	1.5 56 56
potra (15)	1986	27	19	Fútbol	118 (23)		2.0	64 (12)		1.1	54

*Si no se proporcionaron los tramos D y ND, se proporcionan datos para el tramo D. Relación H/Q: (fuerza de los isquiotibiales [N\$m]/fuerza del cuádriceps [N\$m])³¹⁰⁰.

†Harbo et al. (17) informaron datos de flexión y extensión de rodilla isocinética en 80 mujeres no deportistas, pero lo hicieron para indicar específicamente el número de sujetos dentro de cada grupo de edad (6 grupos de edad).

zgrupos: estimado .20 para los menores de 30 años).

zEl sesenta por ciento de la población de jugadoras de entre 20 y 29 años tenía una actividad física leve a moderada.

Fuente: Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. J Strength Cond Res [Internet]. 2018;32(8):2314–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000002579>

Anexo 6.

Tabla 15. La influencia de la velocidad angular en los flexores y extensores de la rodilla PT y FR en jugadoras mayores y jóvenes.

Grupo		PT sénior (Nm)	PT juvenil (Nm)	FR sénior (°)	Jóvenes FR (°)
270->1	eccKF dominante	150.4±24,9 *(3,2mi34.3)	131.6±19,2-(8,5mi33.1)	28±9	25±10
	eccKF no dominante	143.8±29,8*(15,8mi50.0)	110.9±17.5	29±10	29±10
	conKE dominante	112.3±16,4*(6,5mi34.7)	91.7±23.4	22±7	18±6
	conKE no dominante	115.0±17,0*(9,9mi35.4)	92.4±18.6	22±9	19±8
180->1	eccKF dominante	155.9±20,6*(7,2mi37.06)	133.8±22.05-(11.4mi38.6)	24±7	28±10
	eccKF no dominante	145.6±31,9*(18,7mi54.8)	108.8±17.9	29±12	30±10
	conKE dominante	131.4±15,6*(6,4mi31.0)	112.7±19.4	28±8	25±6
	conKE no dominante	131.1±17,8*(13,5mi41.1)	103.8±21.6	30±5	29±5
60->1	eccKF dominante	147.2±27,6*(8,9mi40.8)-(3.5mi24.9)	122.3±16.7-(6mi27.4)	31±8	34±9
	eccKF no dominante	132.9±20,2*(14,1mi40.5)	105.6±17.6	33±8	31±9
	conKE dominante	176.4±24,2*(6,8mi41.3)	152.3±25.1	31±8	34±9
	conKE no dominante	180.8±28,9*(17,9mi55.1)	144.2±24.2	23±6	31±9

(*) denota una diferencia significativa (con intervalos de IC del 95 %) entre la edad de juego, (-) denota una diferencia significativa (con intervalos de IC del 95 %) entre las extremidades.

Tabla 16. La influencia de la velocidad angular en DCR calculada por eccKE: conKE en jugadoras senior y juveniles.

Grupo		Mayor	Juventud
270-s-1	Dominante	1.36±0.22	1.55±0.48
	no dominante	1.26±0.24	1.23±0.27
180-s-1	Dominante	1.21±0.14	1.21±0.21
	no dominante	1.10±0.19	1.07±0.25
60-s-1	Dominante	0.84±0.16	0,92±0.31
	no dominante	0.74±0.08	0.73±0.14

Tabla 17. La influencia de la velocidad angular en los flexores y extensores de la rodilla. AST en jugadoras mayores y jóvenes. (*) denota una diferencia significativa entre la edad de juego, (~) denota una diferencia significativa (con intervalos de IC del 95%) entre las extremidades inferiores.

Ángulo (°)	70		60		50		40	
Grupo	Mayor	Juventud	Mayor	Juventud	Mayor	Juventud	Mayor	Juventud
270-s-1 Dominante	127.6±12,1*(6,6mi22.9)	112.9±11,2*(1,1 mi14.5)	135.5±22,3*(4,4mi33.2)	116.6±18,6~(7,3 mi27.5)	145.6±24,0*(7,5mi37.1)	~(4,3 mi 123.4±18,0~(8,8 mi31.6)	148.2±25,0*(7,3mi38.2)	125.5±18.8
	eccKF (Nm)							
no dominante	121.1±17,0*(4,3mi27.8)	105.6±16.6	124.9±22,2*(12,6mi38.7)	99.2±14.4	130.0±27,9*(10,3mi43.4)	103.2±18.4	131.3±31,2*(8,4mi45.2)	104.6±20.4
	eccKF (Nm)							
conKE dominante	108.0±21,7*(4,6mi38.1)	86.7±26.1	103.6±15,0*(9,7mi34.3)	81.6±19.9	96.3±15,7*(10,2mi36.2)	73.0±21.2	83.4±13,3*(11,0mi36.7)	59.5±22.3
	(Nunca Mijos)							
no dominante	107.1±19,0*(9,5mi37.0)	83,9±20.4	101.7±13.4	84,9±18.5	95,9±15,1*(9,4mi30.5)	76.0±15.1	82.5±16,1*(6mi30.3)	64.3±18.8
	conKE (Nm)		* (5.5mi28.1)					
180-s-1 eccKF dominante	112.8±20,2*(1,3mi27.6)	98.4±17.3	127.1±17,5*(2,5mi26.7)	112.5±17,1~(6,0 mi26.3)	139.5±21,4*(7,1mi35.5)	118.2±22,7~(6,6 mi28.9)	148.2±21,1*(6,8mi35.8)	126.9±20.4
	(Nunca Mijos)							~(11.5 mi37.4)
no dominante	111.9±21,0*(10,5mi36.4)	88.4±15.8	120.6±22,7*(10,5mi38.0)	96.3±16.0	125.9±27,7*(8,8mi42.1)	~(2.5 mi 100.4±19.0)	128.4±32,8*(6,5mi45.3)	102.5±21.6
	eccKF (Nm)				24.8)		~(6.8mi32.7)	
conKE dominante	119.7±16,7*(5,6mi29.1)	102.4±17.0	124.4±17,0*(5,6mi31.4)	105.9±19.8	115.0±14,9*(8,9mi34.0)	93.4±20.4	98.7±17,6*(9,7mi36.1)	75.8±20.0
	(Nunca Mijos)							
no dominante	120.5±15*(11,4mi38.4)	95.6±22.8	127.2±16.7	96.2±19.8	115.2±13,5 *(13,2 a 36,3)	90.4±19.2	99.4±15,9 *(10,4mi35.4)	76.4±19.7
	conKE (Nm)		* (18.2mi43.9)					
60-s-1 eccKF dominante	112.5±17,7*(2,7mi28.7)	96.8±19,4~(4,8 mi19.8)	125.2±19,0*(5,0mi31.3)	107.0±18,7~(7,8 mi22.5)	136.2±20,7*(10,1mi37.9)	112.5±18,2~(7,6 mi24.9)	143±23,7*(15,5mi50,2)	~(8,6 110,9±25.7 mi
	(Nunca Mijos)	~(3.6mi18.5)		~(4.0mi18.7)		~(5.6mi23.1)	31.5)	~(5.3mi28.1)
no dominante	101.4±18,6*(5,3mi28.5)	84.5±14.3	113.8±18,9*(10,2mi33.9)	91.8±14.9	121.9±19,6*(8,8mi42.0)	96.3±16.3	123,7 a 19,6*(14,6mi44.4)	94.3 a 22.9
	eccKF (Nm)							
conKE dominante	167.5±32,7*(2,8mi44.1)	144.1±26.1	153.1±31,8*(8,4mi49.0)	124.4±26,0	129.0±29,7*(4,4mi38.8)	107.4±18.2	106.0±23,0*(2,9mi30.9)	89.1±16.4
	(Nunca Mijos)							
no dominante	166.9±23,6*(10,2mi43.6)	139.9±24.3	151.4±23,9*(9,5-43.5)	124.9±24.8	128.2±23,9*(10,9mi43.0)	101.3±22.0	106.0±22,6*(8,8mi38.3)	82.4±19.5
	conKE (Nm)							

Fuente: Eustace SJ, Page RM, Greig M. Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2019;39:45–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.008>

Anexo 7.

Tabla 18. ANOVA unidireccional e intervalo de confianza (IC) de las extremidades inferiores dominantes.

MIEMBRO DOMINANTE	U13	U15	pag	D (± 90% CI)	U17	pagd (± 90% CI)	PRO	pag d (± 90% CI)
Torque máximo extensor 60 ° / s (Nm)	94,59 ± 26,00	142,97 ± 18,72	0,0001 *	2,13 ± 0,81	157,32 ± 25,55	0,80 0,64 ± 4,2	187,03 ± 29,63	0,05 1,09 ± 0,92
Torque máximo extensor 240 ° / s (Nm)	60,75 ± 15,26	84,61 ± 10,29	0,001 *	1,83 ± 0,86	91,54 ± 15,87	0,90 0,51 ± 6,8	98,50 ± 17,64	0,90 0,41 ± 5,5
Potencia media del extensor 240 ° / s (W)	133,05 ± 41,08	197,36 ± 29,39	0,006 *	1,80 ± 1	214,27 ± 42,42	0,92 0,46 ± 7,7	263,18 ± 45,74	0,01 * 1,10 ± 0,68
Torsión máxima del flexor PT FLEXIÓN 60 ° / s (Nm)	57,47 ± 15,29	75,47 ± 13,16	0,25	1,26 ± 1,8	84,77 ± 17,78	0,53 0,59 ± 1,6	103,29 ± 14,92	0,03 * 1,12 ± 0,84
Torque máximo del flexor 240 ° / s (Nm)	40,15 ± 11,44	54,54 ± 9,97	0,48	1,34 ± 3,2	57,53 ± 10,94	0,99 0,28 ± 38	69,94 ± 10,05	0,02 * 1,18 ± 0,82
Potencia media flexora 240 ° / s (W)	77,80 ± 28,43	116,79 ± 28,29	0,003 *	1,37 ± 0,72	126,41 ± 26,11	0,97 0,35 ± 16	167,96 ± 25,92	0,001 * 1,59 ± 0,74
Contracción excéntrica par máximo extensor 240 ° / s (Nm)	124,90 ± 60,15	162,94 ± 54,72	0,58	0,66 ± 2	188,30 ± 59,96	0,91 0,44 ± 6,5	234,97 ± 63,07	0,31 0,75 ± 1,2
Contracción excéntrica par máximo del flexor 240 ° / s (Nm)	94,63 ± 27,74	113 ± 31,58	0,80	0,61 ± 4	131,00 ± 34,77	0,81 0,54 ± 3,8	151,74 ± 34,10	0,68 0,60 ± 2,4
Razón convencional (%)	61,57 ± 7,76	52,78 ± 6,01	0,004 *	1,26 ± 0,69	54,34 ± 5,63	0,99 0,26 ± 35	55,44 ± 3,63	0,99 0,23 ± 31
Relación funcional	1,55 ± 0,23	1,32 ± 0,30	0,34	0,86 ± 1,5	1,42 ± 0,26	0,97 0,35 ± 16	1,56 ± 0,33	0,88 0,47 ± 5,2

Los datos se muestran como media ± desviación estándar. U13 (menores de 13), U15 (menores de 15), U17 (menores de 17), profesional (PRO). *p < 0,05.

Tabla 19. ANOVA e IC unidireccional del miembro inferior no dominante.

MIEMBRO NO DOMINANTE	U13	U15	PAG	d (± 90% CI)	U17	PAGd (± 90% CI)	PRO	pag	d (± 90% CI)	
Torque máximo extensor 60 ° / s (Nm)	103,45 ± 26,41	143,61 ± 29,79	0,002 *	1,42 ± 0,71	162,77 ± 26,54	0,49	0,67 ± 1,6	186,67 ± 31,83	0,21	0,81 ± 1,1
Torque máximo extensor 240 ° / s (Nm)	60,66 ± 13,80	84,15 ± 13,55	0,001 *	1,71 ± 0,80	91,07 ± 16,87	0,90	0,45 ± 6	99,79 ± 18,92	0,74	0,48 ± 2,4
Potencia media del extensor 240 ° / s (W)	129,61 ± 31,53	197,15 ± 30,03	0,0003 *	2,19 ± 0,91	216,34 ± 46,13	0,87	1,64 ± 17	271,36 ± 48,72	0,004 *	1,15 ± 0,63
Torque máximo del flexor 60 ° / s (Nm)	53,24 ± 14,61	75,96 ± 12,95	0,001 *	1,64 ± 0,77	86,35 ± 15,27	0,52	0,73 ± 1,9	102,87 ± 17,29	0,05 *	1,01 ± 0,84
Torque máximo del flexor 240 ° / s (Nm)	36,66 ± 10,24	53,23 ± 9,92	0,0007 *	1,64 ± 0,74	56,64 ± 12,17	0,98	0,30 ± 20	66,81 ± 9,60	0,12	0,92 ± 0,98
Potencia media flexora 240 ° / s (W)	72,38 ± 26,25	115 ± 20,10	0,001 *	1,82 ± 0,85	120,97 ± 38,10	0,99	0,19 ± 25	166,42 ± 26,93	0,004 *	1,37 ± 0,75
Pico extensor excéntrico par de torsión 240 ° / s (Nm)	120,55 ± 56,07	152,52 ± 48,29	0,76	0,61 ± 3,4	189,12 ± 56,90	0,62	0,69 ± 2,3	241,15 ± 63,88	0,19	0,86 ± 1,1
Pico flexor excéntrico par de torsión 240 ° / s (Nm)	92,07 ± 24,15	105,88 ± 20,49	0,94	0,61 ± 14	124,61 ± 32,26	0,78	0,69 ± 4,1	153,43 ± 55,88	0,27	0,63 ± 0,95
Razón convencional (%)	51,77 ± 7,10	54,41 ± 11,18	0,95	0,28 ± 7,5	53,08 ± 4,02	0,99	0,15 ± 20	55,27 ± 4,55	0,98	0,51 ± 34
Relación funcional	1,54 ± 0,32	1,26 ± 0,18	0,12	1,07 ± 1,1	1,37 ± 0,26	0,96	0,45 ± 15	1,52 ± 0,37	0,80	0,46 ± 3,1

Los datos se muestran como media ± desviación estándar. U13 (menores de 13), U15 (menores de 15), U17 (menores de 17), profesional (PRO). *p < 0,05.

Tabla 20. ANOVA de una vía (todos los valores son la media ± DE).

DÉFICIT CONTRALATERAL	U13	U15	PAG	d (± 90% IC)	U17	PAG	d (± 90% IC)	PRO	pag	d (± 90% IC)
PT EXT 60 ° / s (%)	-11,2 ± 16,2	0,4 ± 12,7	0,02 *	-0,37 ± 0,25	-3,8 ± 8,1	0,55	0,19 ± 0,54	0,1 ± 7,2	0,34	-0,24 ± 0,42
PT FLEX 60 ° / s (%)	7,1 ± 9,7	-1,2 ± 10,1	0,06	0,38 ± 0,33	-1,8 ± 10,6	0,85	0,02 ± 0,18	0,3 ± 9,1	0,80	0,1 ± 0,67

Los datos se muestran como media ± desviación estándar. U13 (menores de 13), U15 (menores de 15), U17 (menores de 17), profesional (PRO). *p < 0,05.

Fuente: Vargas VZ, Motta C, Peres B, Vancini RL, Andre Barbosa De Lira C, Andrade MS. Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. Phys Sportsmed [Internet]. 2020;48(1):105–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.2019.1642808>

Anexo 8

Tabla 21. Evaluación isocinética de los músculos extensores de rodilla dominantes y no dominantes.

	U13 n = 35		U15 n = 36		U18 n = 22	
	Dominante	No-dominante	Dominante	No-dominante	Dominante	No-dominante
	PT 60°.s-1 (NUEVO MÉJICO)	91,1 ± 19,4 (57,1-124,7)	88,5 ± 20,3 (52,2-133,5)	137,6 ± 21,7 # (99,7-175,0)	135,9 ± 30,0 # (58,2-187,7)	146,5 ± 28,3 (77,3-184,0)
TW 60°.s-1 (J)	92,9 ± 20,8 (57,1-149,3)	90,4 ± 21,7 (52,2-133,5)	159,4 ± 31,3 # (98,8-216,1)	154,2 ± 33,2 # (90,7-224,1)	170,0 ± 40,0 (93,5-250,9)	173,3 ± 40,4 (102,3-243,2)
PT 240°.s-1 (NUEVO MÉJICO)	58,2 ± 18,2 (32,9-138,6)	59,6 ± 22,0 (32,8-167,1)	82,0 ± 13,0 # (54,0-104,4)	79,7 ± 15,2 # (36,8-108,1)	88,3 ± 17,2 (57,3-116,8)	88,1 ± 16,9 (59,9-112,0)
TW 240°.s-1 (J)	69,9 ± 16,6 (38,8-113,6)	76,1 ± 19,5 * (28,1-112,8)	107,0 ± 38,7 # (105,3-245,1)	106,3 ± 18,6 # (68,7-138,5)	118,8 ± 26,5 (67,8-159,9)	117,5 ± 25,1 (72,5-158,4)
AVG P 240°.s-1 (Vatios)	114,6 ± 31,5 (50,4-13,5)	123,4 ± 32,0 (66,6-199,6)	181,3 ± 36,0 # (245,1-105,3)	181,2 ± 36,2 # (96,2-244,0)	205,6 ± 48,0 (117,8-282,0)	204,7 ± 41,9 (113,2-257,7)
T30° 60°.s-1 (NUEVO MÉJICO)	37,4 ± 15,8 y (13,2-93,7)	31,8 ± 11,8 y (11,8-56,4)	60,4 ± 15,9 # y (28,9-85,1)	56,7 ± 19,5 # y (26,3-94,5)	71,4 ± 21,0 y (31,3-96,7)	67,2 ± 25,5 y (23,7-115,8)

* P <0,05 (dominante ≠ no dominante).

P <.05 (U15 ≠ U13 - mismo miembro) &

P <.05 (T30° ≠ PT60°.s-1) Media ± DE

(mín. - máx.).

SD (desviación estándar), min (mínimo), max (máximo), PT (par máximo), TW (trabajo total), AVG P (potencia media), T30° (par nominal 30°)

Tabla 22. Evaluación isocinética de los músculos flexores de rodilla dominantes y no dominantes.

	U13 n = 35		U15 n = 36		U18 n = 22	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
PT 60° / s (NM)	49,4 ± 12,6 (27,3-76,6)	47,7 ± 12,1 (26,6-71,1)	77,4 ± 13,4 # (50,2-103,5)	73,9 ± 13,3 # (53,0-105,5)	81,8 ± 16,1 (47,4-105,5)	78,8 ± 16,5 (40,4-109,8)
TW 60° / s (J)	59,7 ± 18,7 (28,3-101,4)	59,5 ± 16,3 (31,2-95,2)	97,8 ± 19,8 # (60,3-130,5)	95,3 ± 21,0 # (58,4-152,2)	105,8 ± 24,5 (59,0-151,1)	99,2 ± 23,5 (50,6-135,3)
PT 240° / s (NM)	38,3 ± 8,1 (22,0-55,3)	36,2 ± 9,6 (16,1-59,3)	55,0 ± 10,1 # (38,1-79,2)	52,0 ± 9,0 * # (37,8-75,7)	59,0 ± 11,0 (35,6-74,9)	55,8 ± 10,6 (37,2-71,8)
TW 240° / s (J)	43,2 ± 13,3 (10,1-76,1)	43,8 ± 13,0 (22,7-69,6)	68,1 ± 16,4 # (33,3-105,6)	66,1 ± 12,4 # (36,7-87,2)	75,0 ± 14,2 (43,8-99,4)	71,5 ± 13,5 (48,2-88,7)
AVG P 240° / s (vatios)	46,1 ± 16,7 (10,1-101,3)	45,8 ± 16,2 (19,7-99,7)	112,7 ± 30,5 # (47,2-179,0)	108,7 ± 24,1 # (56,9-152,7)	123,5 ± 24,7 (65,1-163,0)	118,8 ± 25,3 (70,2-147,9)
T30° 60° / s (NM)	34,1 ± 13,8 y (13,2-74,0)	32,1 ± 10,7 y (7,6-52,4)	59,9 ± 16,3 # y (34,8-90,0)	55,6 ± 19,7 # y (11,4-92,1)	68,8 ± 17,9 y (26,3-99,3)	62,7 ± 21,8 y (22,2-88,4)

* P <0,05 (dominante ≠ no dominante).

P <.05 (U15 ≠ U13 - mismo miembro)

& P <.05 (T30° ≠ PT60° / s) Media ± DE

(mín. - máx.).

SD (desviación estándar), min (mínimo), max (máximo), PT (par máximo), TW (trabajo total), AVG P (potencia media), T30° (par nominal 30°)

Tabla 23. Razones de equilibrio de fuerza convencional (FLEX/EXT) y la relación de equilibrio de ángulo específico (FLEX 30°/ EXT 30°).

	U13		U15		U18	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
FLEX / EXT 60° / s (%)	54,29 ± 7,68† (36,50-69,56)	53,94 ± 6,56† (45,17-69,39)	56,38 ± 5,59† (37,08-66,94)	55,75 ± 9,48† (44,70-93,13)	56,26 ± 6,60† (43,81-68,39)	54,67 ± 5,77† (45,69-65,81)
FLEX 30° / EXT 30° 60° / s (%)	110,80 ± 73,82 (37,39-341,67)	114,67 ± 55,84 (37,44-261,49)	105,03 ± 38,63 (54,40-238,23)	103,36 ± 36,27 (24,67-193,18)	99,88 ± 22,90 (59,74-145,57)	99,16 ± 36,12 (42,61-195,02)

* P <0,05 (dominante ≠ no dominante).

†P <0,05 (inferior a los valores de referencia - 60%).

Media ± DE (min - max).

SD (desviación estándar), min (mínimo), max (máximo), FLEX (flexores), EXT (extensores), DM (dominante), NDM (no dominante).

Fuente: Andrade MS, Junqueira MS, Andre Barbosa De Lira C, Vancini RL, Seffrin A, Nikolaidis PT, et al. Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A Cross-sectional study. *Res Sports Med* [Internet]. 2021;29(1):77–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/15438627.2020.1742713>