

Folios 10/3  
10/3

**Acta de examen por tribunal**  
MONTEVIDEO

**Materia:** OSEMD SEMINARIO DEPORTE

No admite examen aprobado sin nota

**Período:** 202201 - MONTEVIDEO - Ordinario

**Fecha evaluación:** 01/02/2022 **Hora:** 14:00

**Corrección de fecha:**

**Tribunal:** GONZALEZ RAMIREZ ANDRES , CERVETTO MANCIAMELI SABRINA FABIANA, GIORDANO MORENO JORGE ANTONIO

**Tipo de inscripción:** CURRICULAR - ESTUDIANTES CON CURSO APROBADO

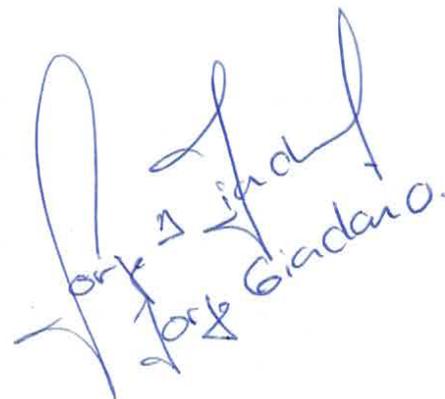
Estudiante	Nombre	Curso	Nota	Literal	Fecha
1 4244724 - 0	BLIMAN AGORIO, FRANCISCO	11 - 17/12/2021	10	diez	25/2/2022
2 5153614 - 5	CALABUIG DUARTE, AGUSTIN	11 - 17/12/2021	10	diez	"
3 5216604 - 0	DOS SANTOS PEREYRA, XAVIER NICOLAS	11 - 17/12/2021	10	diez	"
4 4870736 - 9	ROSAS CARTAGENA, CRISTHIAN GUSTAVO	11 - 17/12/2021	10	diez	"
5 4859362 - 3	WEISS ABAL, GUZMAN	11 - 17/12/2021	10	diez	"

Tot. Gral.	Presentados	No presentados	Aprobados	No aprobados	Otros
5	CINCO	CERO	CINCO	CERO	

Reglamentados	No reglamentados	Libres

  
Andres Gonzalez

  
SABRINA CERVETTO

  
Jorge Giordano

**Escala de notas:**

Mínimo: 0; Máximo: 12; Umbral aprob.: 5

(\*) El estudiante está en más de un acta

**Universidad de la República  
Instituto Superior de Educación Física  
Licenciatura en Educación Física  
Tesina**

**Asimetrías bilaterales y relaciones de fuerza ipsilaterales en un plantel  
de fútbol profesional de Montevideo**

**Francisco BLIMAN  
Agustín CALABUIG  
Nicolas DOS SANTOS  
Cristhian ROSAS  
Guzmán WEISS  
Profesor tutor PhD. Andrés GONZÁLEZ.  
Rendimiento deportivo y entrenamiento**

**Montevideo, febrero, 2022**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
Pregunta de investigación.....	9
Hipótesis .....	9
Objetivo general .....	9
Objetivos específicos .....	9
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	10
2.1- Asimetrías o desequilibrios musculares.....	10
2.2- Fuerza máxima isométrica.....	13
2.3- Fútbol.....	15
3. RESEÑA METODOLÓGICA .....	17
3.1 Sujetos.....	18
3.2 Instrumentos .....	19
3.3 Materiales .....	19
3.4 Procedimiento.....	20
3.5 Ajuste de procedimiento.....	21
3.6 Estudio Piloto .....	22
3.7 Tratamiento de datos .....	23
4. RESULTADOS.....	24
4.1 - Análisis descriptivo.....	24
5. DISCUSIÓN .....	28
6. CONCLUSIONES.....	32
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
8-ANEXOS.....	37

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Descripción general de la muestra .....24

Tabla 2. Resultados de la muestra de fuerza pico, fuerza media y tiempo al pico .....24

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps dominante (QDom) y no dominante (QN/Dom) .....25

Figura 2. Fuerza pico media de cada jugador en isquiosural dominante (HDom) e isquiosural no dominante (HN/Dom).....26

Figura 3. Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps dominante (QDom) e isquiosurales dominante (HDom) .....26

Figura 4. Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps no dominante (QN/Dom) e isquiosurales no dominante (HN/Dom).....27

Figura 5. Ratio H:Q dominante en comparación al ratio H:Q no dominante.....27

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar las asimetrías en la fuerza bilateral y estudiar las relaciones de fuerza ipsilaterales de miembros inferiores, mediante contracciones máximas isométricas de miembros inferiores en jugadores de fútbol profesional de Montevideo. El análisis se llevó a cabo a partir de los valores obtenidos en un test de fuerza isométrica máxima, en posición decúbito prono, con una angulación de 90 grados en la articulación de la rodilla. Se utilizó para tomar dichas medidas un dinamómetro electromecánico funcional *DynaSystem* (SYMOTTECH, Granada, España). La muestra estuvo compuesta por doce jugadores de fútbol, pertenecientes a un cuadro de la segunda división profesional (edad  $22,8 \pm 4,0$  años; altura de  $174,3 \pm 5,8$  cm; peso de  $73,00 \pm 8,2$  kg). Para la musculatura extensora de rodilla, 27% de la muestra mostró asimetrías bilaterales mayores a 10%, pero no se encontraron diferencias en la fuerza pico entre pierna dominante y no dominante, ni una dominancia marcada en una de las extremidades. En la musculatura flexora de rodilla, las asimetrías mayores al 10% estuvieron presentes en el 58% de la muestra, mientras que se encontró una diferencia del 9% en la fuerza pico a favor de la pierna dominante y una marcada dominancia de esta extremidad. Las asimetrías bilaterales en los ratios H:Q (isquiosurales : cuádriceps femoral) fueron superiores al 10% en el 64% de los casos, siendo superior el ratio de la pierna dominante debido a la mayor fuerza de los flexores de esta pierna. A su vez, a nivel de media se reflejó el mismo 9% que en los flexores, a favor de la pierna dominante. Los ratios H:Q se presentaron en rangos de entre 0,23 y 0,44, todos por debajo de los valores presentados en los estudios de referencia. No se pudo llegar a conclusiones en relación a si estos valores se encontraban dentro de los rangos deseables para las relaciones de fuerza ipsilaterales, debido a que las diferencias entre el protocolo utilizado y los presentes en el marco teórico imposibilitaron la comparación.

**Palabras clave:** Asimetría bilateral. Ipsilateral. Fuerza isométrica máxima. Fútbol

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a quienes colaboraron con la realización de este trabajo.

A nuestro tutor de tesis, Dr. Andrés González, quien siempre se mostró dispuesto a guiarnos en este proceso y a responder todas nuestras inquietudes. Agradecemos profundamente su dedicación y el ser un sostén permanente para el grupo.

A los futbolistas que participaron en este estudio, que sin su buena disposición este trabajo no hubiera sido posible. Por brindarnos la oportunidad de trabajar en conjunto y por colaborar con nosotros en un contexto sanitario complicado.

Al Profesor Mag. Andrés Parodi quien se prestó muy amablemente a realizar una revisión de nuestro trabajo, aportando sugerencias de mucho valor y detalles que desde su conocimiento y experiencia enriquecieron este trabajo.

Agradecer también a nuestras familias y amigos que fueron nuestro apoyo incondicional, muy importantes para nosotros a lo largo de este año.

## 1. INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios indicaron que la participación a largo plazo en el fútbol conduce al desarrollo de varios grados y modos de asimetría funcional (Fousekis, Tsepis y Vagenas, 2010). En este deporte en particular las acciones se dan de forma asimétrica continuamente, pudiendo conducir a desbalances en la fuerza y a generar grandes cambios en las características miodinámicas del músculo, especialmente en el miembro inferior dominante (Maly, Zahalka y Mala, 2016).

Según Pellicer-Chenoll et al. (2017), las asimetrías musculares se pueden definir como la dominancia de un lado del cuerpo sobre el otro que produce una mayor habilidad del lado dominante, pudiendo implicar diferencias en la fuerza de varios grupos musculares. Las mismas van a depender, según lo expresado por los autores, de las acciones requeridas en el deporte. A su vez resulta interesante estudiar las relaciones de fuerza entre la musculatura agonista y antagonista, producto de una práctica deportiva. Dentro de estas se encuentra la relación H:Q (isquiosurales : cuádriceps femoral). Esta puede ser estudiada de diversos modos. El ratio funcional (H:Q) se calcula dividiendo, el par máximo excéntrico de los isquiosurales por el par máximo concéntrico del cuádriceps. (Cassio, Minozzo, Matheus, Brown y Ronei, 2019), o el ratio convencional, que será abordado en este estudio. El ratio convencional a su vez ha sido calculado tanto, dividiendo el par máximo concéntrico de los isquiosurales por el par máximo concéntrico del cuádriceps, (Cassio et. al 2019., Maly et al, 2016., Zakas, 2006), como determinado por la fuerza máxima isométrica (Kong y Burns, 2009).

Un estudio con 42 jugadores de fútbol profesional de la liga griega concluyó que no existen evidencias de diferencias significativas en el ratio H:Q convencional concéntrico, tanto en jugadores con una pierna dominante como en aquellos sin una dominancia marcada (Zakas, 2006); mientras que un estudio del ratio H:Q isométrico en jóvenes futbolistas no encontró diferencias entre una pierna y otra, medidas en ángulos de entre 70-90 grados (Kong y Burns, 2009).

En tanto, los índices de fuerza bilateral estudian el posible desequilibrio muscular que podría existir entre la fuerza de un segmento corporal en comparación a su homónimo opuesto (Ayala, Sainz, De Ste Croix y Santonja, 2012). Dicho índice ha sido definido en la literatura científica de tres formas, como la relación pierna: lesionada/no lesionada, derecha/izquierda y dominante/no dominante (Ayala et al., 2012). En el presente estudio

se utilizará la referencia de pierna dominante/no dominante medidos a partir del ratio H:Q convencional.

Estudios en los que se compararon asimetrías musculares bilaterales en jugadores de fútbol de diferentes edades (Maly et al., 2016; Rahanma, Less y Bambaecichi, 2007), encontraron que en al menos el 50% de la muestra se manifestaron déficits mayores a 10% a diferentes velocidades de medición.

Un estudio reciente (Maly et al., 2016) ha demostrado en evaluaciones individuales a futbolistas de una selección nacional sub 16, que el 73,2% de la muestra se identificó con al menos una asimetría de fuerza en el tren inferior. Otros estudios que abarcan la relación causal de las asimetrías con lesiones musculares a partir de los desequilibrios, establecen rangos ideales para prevenir lesiones; considerando que, si para comparaciones bilaterales entre extremidades existen asimetrías mayores a un 10%, son de alto riesgo y por tanto, se determinaron como déficits (Oliano, Pinto, Corrêa, Forgiarini y Simone, 2021). A su vez Maly et al. (2016) plantean que los deportistas con desequilibrios bilaterales superiores al 15 %, presentan una mayor tasa de reincidencia a lesiones que deportistas que presentan asimetrías inferiores a ese porcentaje. En cuanto al ratio H:Q, se han utilizado valores normativos de relación convencional de 0,6 para los parámetros de corte para la asimetría H:Q de la rodilla (Cassio et al., 2019).

Las distintas evaluaciones de fuerza pueden brindar información valiosa que ayude a reducir las probabilidades de las lesiones musculares tan frecuentes en el fútbol. Dentro de ellas, los músculos más afectados son los isquiosurales, representando hasta un 37% del total de las mismas (Ekstrand, Hägglund y Walden, 2011). A partir de los datos que brindan las diferentes evaluaciones se puede realizar, entre otras cosas, una mejor cuantificación de la carga de entrenamiento para reducir los desequilibrios de la fuerza a nivel muscular, y así proteger a los futbolistas de posibles lesiones (Maly et al., 2016).

A lo largo de la carrera deportiva del jugador la deficiencia de un grupo muscular o su excesivo desarrollo dará lugar a la aparición de un desequilibrio musculartoarticular (Martínez et al., 2014), identificando la fatiga y el desequilibrio muscular como los dos factores de riesgo modificables percibidos para las lesiones sin contacto en los futbolistas profesionales (McCall et al., 2015). Esta valoración de las diferencias de fuerza en las extremidades inferiores es una importante herramienta de cribado del riesgo de lesión y una valiosa referencia en la prescripción de programas de rehabilitación (Cheung, Smith y Wong, 2012). A partir de estas diferencias de fuerza que se proponen en los distintos estudios abordados con dinamometría isocinética, percibimos que los diferentes

protocolos pueden aportar distintos datos y deberían ser seleccionados según la información que se requiera. Por lo que al conocer si los resultados se sostienen o no en diferentes evaluaciones, podemos aportar datos valiosos a rehabilitadores, entrenadores, preparadores físicos y toda persona vinculada al deporte, a la hora de mejorar el rendimiento de los deportistas.

El presente estudio se realizó mediante un dinamómetro electromecánico funcional (DynaSystem), el cual es un mecanismo validado científicamente para evaluar la fuerza muscular máxima (concéntrica, excéntrica e isométrica) a diferentes velocidades de medición durante todo el rango de movimiento. Según Chamorro, De La Fuente, Jerez, Campos y Chiroso (2018); y Cerda Vega et al. (2018), estas pruebas proporcionan medidas mecánicamente válidas y mostraron una excelente reproducibilidad para monitorear cambios en la fuerza en uno o varios individuos. Al evaluar y analizar los valores de referencia, podemos obtener el estado actual de los niveles de fuerza y el porcentaje de déficit al comparar los resultados contralaterales de pierna dominante, no dominante, y la musculatura flexora y extensora de una misma pierna (Martínez et al., 2014). Es importante el análisis no sólo de los valores absolutos de flexores o de extensores, sino también el equilibrio de ambos grupos a la vez; si el déficit contralateral es un déficit compensado, es decir, con una adecuada relación agonista/antagonista (Huesa, García y Vargas, 2005). En concordancia con lo mencionado a partir de los autores, podemos resaltar la importancia de las evaluaciones isométricas de fuerza mediante la dinamometría electromecánica funcional, para conocer los desequilibrios musculares como factor influyente en el rendimiento deportivo y en la prevención de lesiones en el fútbol.

Creemos que es de suma importancia para el ámbito del rendimiento deportivo, evaluaciones de este tipo, ya que desde nuestro conocimiento, no se encuentran estudios previos en el campo de la investigación en nuestro medio; por lo que pueden aportar información valiosa para profesionales del área del deporte y para futuras investigaciones. Además, consideramos que este tipo de evaluaciones proporcionan datos sobre factores de riesgo de posibles lesiones musculoesqueléticas (Oliano et al., 2021) entre otros datos, como por ejemplo, picos de potencia y valores de fuerza máxima isométrica. Esta información nos permite obtener el máximo rendimiento deportivo de los sujetos implicados en la práctica como lo aplican Oliano et al. (2021).

### **Pregunta de investigación**

¿Cómo se describen las asimetrías bilaterales e ipsilaterales en contracciones máximas isométricas de miembros inferiores en jugadores de fútbol profesional uruguayo?

### **Hipótesis**

- El 50 % de la muestra tiene una asimetría bilateral mayor o igual al 10% en flexores y/o extensores.
- No existen diferencias significativas entre el ratio H:Q de la pierna dominante y no dominante.

### **Objetivo general**

- Identificar las asimetrías en la fuerza bilateral e ipsilateral isométrica máxima de miembros inferiores en jugadores de fútbol profesional uruguayo.

### **Objetivos específicos**

- Reconocer las variaciones de fuerza absoluta máxima entre miembro inferior dominante y no dominante.
- Identificar la variación en la fuerza ipsilateral (H:Q) del miembro inferior.
- Determinar si existen asimetrías entre agonistas - antagonistas.

## **2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1- Asimetrías o desequilibrios musculares**

Se entiende por asimetrías musculares la dominancia de un lado del cuerpo sobre el otro que produce una mayor habilidad del lado dominante, pudiendo implicar diferencias en la fuerza de varios grupos musculares (Pellicer-Chenoll et al., 2017). Estas van a depender según lo expresado por los autores, de las acciones requeridas en el deporte. De igual manera es importante mencionar que las asimetrías entre extremidades en el ámbito del deporte, pueden ser un fenómeno natural que refleja las demandas del mismo (Troule y Casamichana, 2016), siendo nombradas en algunos estudios en la comparación entre un miembro inferior y el otro, como asimetrías unilaterales (Hart, Nimphius, Spiteri y Newton, 2014), y en otras como asimetrías bilaterales (Coratella, Beato y Schena, 2018; Maly et al., 2016). Bajos niveles de asimetrías unilaterales en miembros inferiores, parecerían mejorar la ejecución de habilidades requeridas en el fútbol (Coratella et al., 2018).

Distintos autores han estudiado la relación de las asimetrías musculares con el rendimiento deportivo. Un estudio realizado en Verona (Italia), que incluyó distintas manifestaciones de asimetrías ipsilaterales y bilaterales en jugadores de fútbol elite sub 21 (AC Chievo Verona), encontró una serie de correlaciones entre las asimetrías y diferentes evaluaciones (Coratella et al., 2018). El tiempo en el test de agilidad T (T test), estuvo correlacionado con las asimetrías bilaterales de fuerza máxima concéntrica en cuádriceps, y excéntrica en isquiosurales. Mientras que, los tiempos en pruebas de velocidad de 10 y 30 metros estuvieron correlacionados de forma moderada con las asimetrías bilaterales concéntricas en cuádriceps. Los autores concluyeron que existen moderadas y altas correlaciones entre las asimetrías bilaterales, las aceleraciones y cambios de dirección, mientras que no se encontraron correlaciones entre estas y las evaluaciones de squat jump (SJ) y counter movement jump (CMJ) (Coratella et al., 2018).

Por otra parte, en un estudio sobre precisión de golpeo en fútbol australiano, asimetrías ipsilaterales, unilaterales y asimetrías antropométricas, se encontró una correlación entre la precisión de golpeo, las simetrías de fuerza y antropométricas de miembros inferiores (Hart et al., 2014).

Las asimetrías afectan la mecánica del gesto deportivo, que a su vez perjudican al rendimiento e incrementan el riesgo de padecer una lesión musculoesquelética (Petisco, Carretero, Sanchez, 2016). Sin embargo, se debe prestar atención a los rangos con

diferencias del 15% en los valores de fuerza entre una y otra pierna que se asocia con jugadores lesionados o en peligro de lesión, mientras que valores menores al 10%, se relacionan con jugadores no lesionados o con bajo riesgo de lesión (Troule y Casamichana, 2016). Otro estudio entiende que un déficit bilateral superior al 15% puede demostrar un desequilibrio de fuerza y un mayor riesgo de lesión, sin embargo publicaciones anteriores han utilizado el 10%, o el 10-15% como valor de comparación (Cassio et al., 2019). También es necesario dejar claro que estos rangos son un consenso general aportado por estudios de diferentes autores, dado que no existe en la literatura una magnitud específica que identifique el umbral a partir del cual habría más probabilidades de que ocurra una lesión o aquel rasgo que caracteriza al jugador lesionado (Troule y Casamichana, 2016). Un estudio con jugadores fútbol élite y sub-élite ingleses realizado con dinamometría isocinética funcional, a velocidades angulares en modo concéntrico y excéntrico, utilizó como referencia para la asimetría muscular el porcentaje mayor al 10%; encontrando que en un 68% de los jugadores (28 de 41) existía una anomalía musculoesquelética significativa en uno o más grupos musculares específicos. También pudo constatarse en dicho estudio, que existía una mayor debilidad en la musculatura flexora de la rodilla no dominante en comparación a la dominante. Esto podría estar asociado al uso diferencial de estos músculos durante la acción de patear, que a su vez puede conducir a desequilibrios musculares considerados como factores de lesiones (Rahanma et al., 2007).

Otro estudio realizado por Maly, Zahalka y Mala (2010) con jugadores jóvenes de élite, que fueron evaluados a partir del dinamómetro isocinético Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA), concluyó que se presentaron asimetrías musculares bilaterales en al menos el 50% de los jugadores. La medición se realizó en diferentes velocidades angulares, tanto a la velocidad de 60°/s y en el 75% de los jugadores a una velocidad de 300°/s.

La naturaleza dinámica específica del fútbol requiere el uso unilateral de las extremidades inferiores en casi todas las habilidades de pateo y corte, lo que puede alterar el equilibrio de la fuerza entre las extremidades inferiores o entre grupos musculares antagonistas (Carvalho, Brown y Abade, 2016). Al hablar de grupos musculares antagonistas entendemos que estos siempre se relajaban cuando el agonista se contraiga, salvo cuando “la acción sea extremadamente rápida y algunos «antagonistas» entren en juego para evitar el daño articular debido a la gran cantidad de movimiento en el que incurre la extremidad” (Siff y Verkhoshansky, 2004, p.67). Como contrapartida, debemos

entender que un músculo sólo puede ser clasificado cuando lleva a cabo una función específica en una situación determinada. Es por esto que es impreciso referirse a músculos antagonistas o agonistas específicamente (Siff y Verkhoshansky, 2004). En el fútbol se dan situaciones en que los cuádriceps (agonistas) se contraen para realizar pases, patadas y saltos; por el contrario, los isquiosurales (antagonistas) se extienden para controlar, desacelerar y estabilizar la rodilla; a su vez para situaciones de esprintar, girar y atajar se contraen. Entender las relaciones entre los coeficientes de fuerza de ambos grupos musculares, nos permiten identificar las asimetrías (Cassio et al., 2019).

Dentro de las asimetrías, las ipsilaterales (relación H:Q), las cuales Maly et al. (2016) definen como el reflejo de la proporción porcentual del par máximo de los grupos musculares agonista y antagonista de la misma extremidad. Entendido en su manifestación convencional, es determinado por la fuerza máxima isométrica (Kong y Burns, 2009) medidas en un dinamómetro isocinético. Relación que se calcula dividiendo el par máximo concéntrico de los isquiosurales (fuerza máxima de la flexión de rodilla) por, el par máximo concéntrico del cuádriceps (fuerza máxima de la extensión de la rodilla); la relación funcional (H:Q) se calcula dividiendo, el par máximo excéntrico de los isquiosurales por el par máximo concéntrico del cuádriceps. (Cassio et. al 2019).

Según Kong y Burns (2009), los ratios H:Q convencional o concéntrico pueden variar dependiendo si la rodilla está sana, los mismos se sitúan entre 0.5 y 0.8 dependiendo el ángulo de la rodilla y la velocidad de movimiento. Al momento de la rehabilitación generalmente se acepta un ratio de 0.6 o mayor dentro de lo deseable. Sin embargo, la varianza entre sujetos y protocolos dificultan establecer ratios únicos (Kong y Burns, 2009). Reafirmando estos valores en torno al ratio H:Q convencional, varios experimentos han utilizado valores normativos de 0.6, y para hablar de H:Q funcional de 1,0 correspondientemente a los parámetros de corte para la asimetría H:Q de la rodilla (Cassio et al., 2019).

Muchas de estas pruebas de fuerza, nos permiten examinar ciertos grupos musculares (agonistas-antagonistas), en un intento de indicar posibles desequilibrios de los mismos, siendo la más mencionada la relación 60:40 de la fuerza de extensión de rodilla respecto a la fuerza de flexión, las cuales varían con el ángulo articular, la velocidad articular y el tipo de movimiento, así como el grupo muscular y el tipo de deportista (Siff y Verkhoshansky, 2004). “Los desequilibrios musculares se deben, por una parte, a un desarrollo desproporcionado de la fuerza y un acortamiento de la ‘muscultura de rendimiento’, y por otra parte, a un debilitamiento de los músculos no

entrenados” (Weineck, 2005 p. 303). También pueden aparecer por una inclinación determinada de ciertos grupos musculares al debilitamiento, así como al acortamiento de otros. Cualquier tipo de desequilibrio provoca una reducción de la tensión de los mecanismos homeostáticos del cuerpo o bien que estos refuercen el descanso a corto o largo plazo para evitar nuevos daños (Weineck, 2005).

Otro elemento esencial considerado en este estudio es la correlación entre los resultados obtenidos por los distintos protocolos de evaluación. Como se mencionó en la introducción, distintos protocolos pueden arrojar distintos resultados.

## **2.2- Fuerza máxima isométrica**

González y Gorostiaga (2002) expresan que mejorar la capacidad de generar fuerza en situaciones que el deporte demanda, es un factor determinante en el rendimiento. Definen a la misma como “la máxima tensión manifestada por el músculo en un tiempo determinado” (González y Gorostiaga, 2002, p. 20). Esta es un componente importante en el fútbol, y su consiguiente comprobación en las extremidades inferiores es de relevancia, ya que los grupos musculares de las mismas, deben generar y absorber grandes fuerzas durante la aceleración, la desaceleración, los saltos, las patadas, los giros, entradas, cambios de dirección y otras actividades de movimiento durante un partido de fútbol (Maly et al., 2016).

La fuerza es un componente fundamental para el rendimiento y su óptimo desarrollo debe ser parte esencial de la preparación de los deportistas (Siff y Verkhoshansky, 2004). La misma está determinada por factores morfológicos y fisiológicos como por ejemplo, la sección muscular, la coordinación intra e inter muscular, el ángulo y orientación articular, la velocidad del movimiento, entre otras variables (Siff y Verkhoshansky, 2004). La manifestación de la fuerza depende principalmente de las unidades motoras reclutadas y de la frecuencia de impulso sobre las mismas; esto a su vez está relacionado con “la magnitud de la carga y la velocidad del movimiento” (González y Gorostiaga, 2002, p.20).

La fuerza máxima, es la fuerza más elevada que el sistema neuromuscular se halla en situación de desarrollar mediante una contracción voluntaria, en donde se van a poder representar las capacidades del sistema nervioso y muscular de superar una resistencia externa o interna, gracias a la contracción máxima voluntaria efectuada por la persona,

pudiendo ser esta de forma estática (fuerza isométrica) o dinámica (fuerza isotónica) (Rivas y Sánchez, 2012).

En tanto, la fuerza máxima isométrica o fuerza máxima estática, es la que se produce cuando se realiza una contracción voluntaria máxima (IVMC max) contra una resistencia insuperable. Si la misma se aplica de la manera más rápida posible, por más que el punto de aplicación de fuerza no se desplace, se manifestará también la fuerza explosiva (González y Gorostiaga, 2002). “En la contracción isométrica no se lleva a cabo ningún movimiento, el músculo se tensa pero no realiza ningún trabajo físico, ya que el producto de fuerza por distancia es cero” (Rivas y Sánchez, 2012, p. 53).

McCall et al. (2015), realizaron pruebas de fuerza isométrica en 23 futbolistas profesionales de un equipo de la primera división francesa. Concluyeron, a partir de la evaluación de flexores de rodilla en una plataforma de fuerza a 90 y 30 grados respectivamente, que no hubo ninguna diferencia significativo entre los valores de fuerza máxima isométrica entre la pierna dominante y la no dominante; por lo que es de gran interés para este estudio, constatar si estas pequeñas diferencias se sostienen a partir de la dinamometría electromecánica funcional, ya que, distintas evaluaciones sobre dicha capacidad en este grupo muscular han mostrado poca correlación en sus resultados, tanto de fuerza absoluta, como en relación a los desequilibrios musculares de ambos perfiles (Moreno, Mendez, Soler, Del Coso y Courel, 2020).

Un estudio, realizado a jugadores de la segunda división española, que comparaba tres protocolos de evaluación, dos isométricos con distintos ángulos de rodilla y cadera y uno excéntrico, concluyó que existe una pobre correlación entre estos protocolos. Solo un jugador de los veinte evaluados tuvo una misma asimetría mayor al 15% en dos de los tres protocolos (Moreno et al., 2020). Otro estudio realizado a jóvenes americanos físicamente activos que evaluaba la flexión y extensión de rodilla en seis ángulos distintos (40, 50, 60, 70, 80 y 90 grados), de forma isométrica y en tres velocidades distintas, encontró diferencia en las manifestaciones de fuerza según estas variantes. El ratio H:Q isométrico varió considerablemente según el ángulo, aumentando a medida que aumentaba el mismo. A su vez las manifestaciones de fuerza de la pierna dominante y no dominante no fueron iguales según el ángulo empleado. La fuerza máxima del cuádriceps fue mayor en la pierna no dominante a 50 y 60 grados (Kong y Burns, 2009).

En tanto en un estudio realizado con atletas profesionales (patinaje, judo, boxeo, atletismo, gimnasia, taekwondo, tenis, lucha, piragüismo, karate) encontró en la realización de su estudio isocinético de flexores/extensores de rodilla con ángulos de 60

y 180 grados, diferencias en la fuerza ejercida por flexores y extensores en comparación con sus 2 grupos de muestra; sugiriendo que la debilidad de la extremidad dominante puede ser un factor de riesgo de lesión en los atletas (Balci, Ünüvar, Akinoğlu, Kocahan y Hasanoglu, 2021).

La fuerza más elevada que un sujeto puede alcanzar con una contracción muscular voluntaria máxima sólo puede ser reconocida de forma exacta en una contracción isométrica (Rivas y Sánchez, 2012). Por lo que al utilizar este tipo de contracciones en las evaluaciones, buscaremos recolectar los datos de la fuerza más elevada posible que cada individuo alcance en cada uno de sus miembros inferiores, la relación de desequilibrios entre las mismas y la musculatura agonista/antagonista en dicha evaluación, siendo estos los más cercanos al máximo posible y atendiendo a que diferentes variables pueden incidir en que se desarrolle o no la máxima fuerza de la musculatura a evaluar; sean estos factores fisiológicos y anatómicos; físicos o mecánicos; psicológicos, entre otros (Rivas y Sánchez, 2012).

Un aspecto positivo para evaluar mediante contracciones isométricas es que puede considerarse como una alternativa más segura a modo de prueba de contracción que el excéntrico, que, en comparación, ha demostrado provocar un daño muscular más profundo (McCall et al., 2015).

### **2.3- Fútbol**

Según la IFAB (<https://www.theifab.com>) el fútbol es el deporte más popular a nivel mundial. La asociación remarca la deportividad y la igualdad en las reglas para todos los niveles del deporte a lo largo del mundo y en diferentes competencias (desde una competencia de élite hasta un partido disputado entre niños), como elementos que infunden solidez y un atractivo particular al mismo.

En base a lo que expresan Vegas Haro, Cipriano y Pino (2012), podemos definir al fútbol como un deporte de equipo o colectivo, sociomotriz, de cooperación - oposición, con incertidumbre (tanto de compañeros como de adversarios), con espacio estandarizado de utilización común donde “la acción del juego es la resultante de las interacciones entre participantes, producidas de manera que un equipo coopera entre sí para oponerse a otro que actúa también en cooperación y que a su vez se opone al anterior” (Pino, 1999, p.39; citado en Vegas Haro, Cipriano y Pino, 2012, p.63).

En un análisis de jugadores de fútbol profesional danés, se estimó que en este deporte se recorren distancias de entre 9 a 14 km por partido, variando la intensidad con la que son recorridos los mismos, según la posición del jugador, la disposición táctica del equipo, la predisposición psicológica del jugador y el partido; pudiendo tener instancias a menor, moderada, o a máxima intensidad. También se concluyó que durante un partido de alta categoría, un jugador puede llegar a realizar alrededor de 1100 cambios de actividad. Siguiendo con el análisis del deporte se llega a determinar que el número de cabezazos y bloqueos durante un partido es de 8 y 11 respectivamente (Bangsbo, 2002).

En cuanto a la fuerza y la coordinación muscular, podemos concluir (Bangsbo, 2002) que la velocidad en el fútbol está relacionada con la fuerza explosiva de los músculos de las piernas, la capacidad de coordinación de los movimientos y la percepción de una situación determinada; por lo que al pasar la pelota o al controlarla, el cuerpo se sostiene en una sola pierna; y a fin de mantener el equilibrio, es preciso mantener una buena coordinación de los grupos musculares implicados en las acciones. En el fútbol, los músculos del cuádriceps se utilizan principalmente de forma concéntrica en pases, patadas y saltos, en cambio los isquiosurales se utilizan principalmente de forma excéntrica para controlar, desacelerar y estabilizar la rodilla, pero también se utilizan de forma concéntrica para esprintar, girar y atajar. En situaciones específicas del fútbol, el resultado de muchas habilidades y destrezas se debe a la relación de fuerza entre estos dos grupos musculares (Cassio et al., 2019).

Con estos datos brindados por los autores, podemos entender y analizar la importancia que tiene la investigación realizada en el ámbito del fútbol profesional uruguayo, ya que, los jugadores en este deporte complejo recorren distancias por partido significativas, donde las acciones como correr, pasar, controlar o patear, se dan de forma unilateral, donde la coordinación de las musculaturas implicadas en las acciones va a cobrar un papel fundamental en el éxito de las mismas.

### 3. RESEÑA METODOLÓGICA

La presente investigación se desarrolló dentro del marco de enfoque cuantitativo, el cual es secuencial y probatorio; representando el mismo un conjunto de procesos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014). Como característica principal, este enfoque “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 4). Tal como enmarcamos en este estudio, utilizamos la recolección de datos a partir de las mediciones recogidas mediante el dinamómetro electromecánico funcional; obteniendo de allí las relaciones ipsilaterales (H:Q) y bilaterales, las cuales analizamos a partir de las hipótesis planteadas anteriormente.

En cuanto al nivel de investigación; la misma estuvo enmarcada dentro de los estudios descriptivos. En ellos se busca “especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 92); pretendiendo tomar mediciones, información, etc., sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, de manera independiente o conjunta (Hernández Sampieri et al., 2014). Por lo que en nuestra investigación, el interés estuvo centrado en describir por qué ocurren los fenómenos planteados a partir de nuestras hipótesis, y en establecer las causas y la relación entre las variables que puedan recolectarse a partir de los datos recabados en las mediciones.

Atendiendo al diseño de la investigación en el enfoque cuantitativo, utilizamos diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en el contexto que se realiza la investigación, constituyendo el diseño o plan que nos va a guiar a responder la pregunta de investigación (Hernández Sampieri et al., 2014). Para el diseño experimental que utilizamos en nuestra investigación, en este “se manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 129). En este diseño de investigación experimental utilizamos a su vez un diseño observacional, estos se caracterizan por su elevada flexibilidad, de forma que actúan a modo de pautas útiles, para saber qué datos es conveniente obtener, que se desprenden de las hipótesis que traemos en este estudio, y posteriormente manipular los datos recolectados para su organización y análisis (Anguera y Hernández, 2013). Se

justifica dentro de los parámetros observacionales dado que, los sujetos a considerar en el objetivo correspondiente comparten los criterios de inclusión/exclusión que se fundamentan para nuestro estudio, por consiguiente la evaluación se desarrolló en una misma temporalidad (de una sesión a una serie de ellas a lo largo de un período de tiempo), y en función de los criterios del instrumento de observación (Anguera y Hernández, 2013). Para conseguirlo, todos los deportistas debieron ser sometidos a los procedimientos que conformaron la investigación.

### **3.1 Sujetos**

Nos enmarcamos en la elección de la muestra no probabilística ya que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación y los propósitos marcados por nuestra toma de decisión en la misma (Hernández Sampieri et al., 2014).

Se seleccionaron 12 jugadores pertenecientes a un equipo profesional de fútbol uruguayo de segunda división, quienes fueron divididos en grupos de entre 2 y 4 jugadores para la toma de datos y que los mismos puedan cumplir con los criterios de inclusión/exclusión.

Antes de la evaluación, los jugadores fueron seleccionados a partir de dichos criterios para poder llevar a cabo el estudio. Estos criterios fueron, (1) no estar sufriendo ninguna lesión musculoesquelética en flexores/extensores de rodilla al momento de la evaluación o estar rehabilitándose de la misma, (2) no haber participado en ninguna sesión de alta intensidad de entrenamiento de la fuerza con las extremidades inferiores durante los últimos 2 días anteriores a la prueba, (3) no sentir ningún dolor en la musculatura de las extremidades inferiores al momento de la realización del estudio, (4) no haber consumido drogas y/o estimulantes no autorizados por la World Anti-Doping Agency (WADA, 2020) y (5) pertenecer al plantel principal del club.

El primer criterio es tomado a partir de la revisión bibliográfica (Maly et al., 2016; Cassio et al., 2019) donde se consideran ambos o uno de ellos excluyentes al momento de realizar la investigación. En cuanto al segundo criterio, según McCall et al. (2015) una sesión de alta intensidad es la que el jugador califica en intensidad del entrenamiento como mayor a 4 en una escala modificada de esfuerzo percibido de Borg CR-10 (1982); y una sesión larga se definió como una sesión de entrenamiento mayor a 60 min. En cuanto a los dolores musculares, el dolor muscular elevado en las piernas se definió como

una calificación de menor o igual a 2 (es decir, inferior a "muy bajo") en una escala Likert de 1 a 7 de dolor muscular en las piernas.

### **3.2 Instrumentos**

El instrumento utilizado fue el test de contracción isométrica máxima en posición decúbito prono, con una angulación de 90 grados en la rodilla, en donde dicha contracción debía mantenerse al menos de 3 a 5 segundos, realizando 3 repeticiones (González y Gorostiaga, 1997; McCall et al., 2015; Read, Turner, Clarke, Applebbe y Hughes, 2019) con 2 minutos de recuperación entre los ensayos (McCall et al., 2015). Se registró la mayor fuerza máxima (N) y los datos se clasificaron según las piernas dominantes y no dominantes siguiendo la recomendación de los autores.

### **3.3 Materiales**

Se utilizó para la evaluación el dinamómetro electromecánico funcional *DynaSystem* (SYMOTECH, Granada, España). Como mencionan Rodríguez-Perea et al. (2019), es una nueva tecnología que permite evaluar y entrenar la fuerza en distintas articulaciones.

La dinamometría isocinética es un mecanismo validado científicamente para evaluar la fuerza concéntrica, excéntrica e isométrica (Chamorro et al., 2018; Cerda Vega et al., 2018). En el ámbito del entrenamiento es importante contar con pruebas fiables, que brinden resultados que contribuyan a una mejor preparación física del deportista. Como mencionan Rodríguez-Perea et al. (2019), resultados fiables en las pruebas de fuerza son cruciales para evaluar el nivel de rendimiento adecuado y desarrollar un programa de rehabilitación o entrenamiento exitoso.

Existen variados instrumentos para medir la fuerza muscular de la expresión isométrica (González y Gorostiaga, 1997): Desde aparatos diseñados especialmente para ello o mediciones “caseras”; dentro de estas últimas se podrían realizar con pesos libres, cargas progresivas hasta llegar a una resistencia imposible de desplazar, aunque sería más difícil obtener información precisa a partir de esta medición. De forma más precisa y brindando mayor información, según lo planteado por estos autores, podemos encontrar las plataformas de fuerza y las máquinas isocinéticas (González y Gorostiaga, 1997, p.246).

Para corroborar la correcta angulación de la rodilla, utilizamos la aplicación de smartphone “Clinometer” (versión 4.9.2 [2001021] en IOS). A diferencia del goniómetro universal, los teléfonos inteligentes cuentan con sensores incorporados (acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, etc.) que ofician de herramientas óptimas para medir ángulos y desplazamientos (Keogh et al., 2019). Keogh et al. (2019), estudiaron la fiabilidad y validez de esta y otras aplicaciones para medir el ROM (rango de movimiento) articular, concluyendo que los resultados de dichos estudios proporcionan evidencia relativamente sólida que sustenta la validez intra-evaluador, inter-evaluador y la validez de los teléfonos inteligentes y las aplicaciones para evaluar el ROM.

### **3.4 Procedimiento**

Los deportistas fueron evaluados en el laboratorio del Instituto Superior de Educación Física (ISEF), en grupos de cuatro jugadores por día donde previamente debieron leer y firmar el consentimiento informado.

Previo a la evaluación, se tomó el peso en kilogramos y la altura en metros y centímetros, siendo registrados en una planilla individual, donde también debieron completar un breve cuestionario con la información necesaria en la que se supervisó el cumplimiento de los criterios de inclusión/exclusión. Luego todos los futbolistas realizaron una breve entrada en calor que consistió en ejercicios de movilidad articular de tren inferior, posteriormente un estiramiento balístico de las extremidades inferiores, ejercicios de fuerza dinámica para su activación, culminando con series de contracción isométrica submáxima en la posición de la evaluación. En total se llevó a cabo una entrada en calor de aproximadamente entre 8 y 10 minutos (Anexo 2).

Posteriormente a la preparación para la prueba se ejecutó la evaluación de la fuerza isométrica máxima de flexores y extensores de rodilla de ambos miembros. En el procedimiento para medir la fuerza flexora, se le pidió al evaluado que se coloque en el suelo en posición decúbito prono, con una rodilla flexionada a 90°, con la tobillera anexa a la cuerda anclada a este tobillo a la altura de los maléolos (se realizó una marca en la altura predeterminada del tobillo de cada jugador, realizándose sin calzado) mientras que la otra pierna permaneció extendida totalmente. Dos de los evaluadores ejercieron presión a la altura de la cadera y en la pierna extendida para evitar compensaciones.

Para la medición de la fuerza isométrica máxima de los extensores de la rodilla, el evaluado se colocó en el piso en decúbito prono con la cuerda anclada de la misma

forma en la pierna a evaluar y la rodilla flexionada a 90° mientras la otra pierna permaneció extendida totalmente. Se le pidió que mantenga la cadera flexionada 90° para evitar compensaciones de los flexores de dicha articulación; para colaborar con ello uno de los evaluadores ejerció un agarre en la zona distal de la musculatura isquiosural, mientras que otro de los evaluadores efectuó un agarre a la altura de la cadera.

Tomamos esta angulación, ya que en el ángulo de 90 a 105 grados los músculos semimembranoso y semitendinoso se activan al máximo en la evaluación de la fuerza flexora de rodilla (McCall et. al, 2015).

Para las repeticiones, se le pidió al sujeto que realice 5 segundos de contracción isométrica máxima, realizándose 3 repeticiones por pierna y posición, con descansos intra repetición de 120 segundos; ambas pruebas se realizaron tanto en la pierna dominante como en la no dominante.

El orden en la realización de las pruebas fue siempre en decúbito prono rotando la orientación corporal para la evaluación extensora y flexora, comenzando por el cuádriceps derecho, seguido del izquierdo, de la misma manera se comenzó con los isquiosurales derechos, para culminar con el izquierdo. Realizando de la misma manera y en el mismo orden las 3 repeticiones.

En todas estas evaluaciones participaron los mismos 5 evaluadores; alternándose los mismos en la realización de tareas, desde la entrada en calor, la toma de datos y la ayuda en la realización de la prueba con los deportistas.

Todos los jugadores fueron plenamente informados del objetivo, los beneficios y los riesgos de la participación antes de dar su consentimiento informado por escrito. Este estudio se realizó de acuerdo con las normas establecidas por la Declaración de Helsinki.

### **3.5 Ajuste de procedimiento**

Al tratarse de un procedimiento nuevo, el mismo tuvo un período de adaptación práctica y aprendizaje, parte del mismo fue cambiado entre los primeros cuatro participantes y el resto. Algunos de los valores tomados, entendimos que no eran pertinentes para este trabajo.

En los primeros dos participantes durante la toma de valores de cuádriceps, solo un evaluador sujetaba al evaluado fijando la rodilla al suelo ejerciendo presión en la parte posterior de la pierna. En alguna de estas tomas la rodilla se elevó del piso modificando el ángulo en que se ejercía la fuerza afectando los resultados. Los datos de cuádriceps

para el evaluado número dos fueron descartados. A partir de esa toma, dos evaluadores fijaban al evaluado ejerciendo presión en la parte posterior de la pierna buscando inmovilizar la cadera.

Aparte de esto, los participantes iniciaban la contracción con el músculo totalmente relajado. Esto generaba que en algunas repeticiones la cuerda no estuviera del todo tensa y por consiguiente se produjera un tirón en el primer instante de la contracción (Anexo 3). Esto generaba un valor de fuerza pico superior al que se alcanzaba de forma isométrica. Si bien estas repeticiones fueron descartadas, las mismas generaban fatiga e interferían en el resultado de toda la evaluación.

Para eliminar este problema se modificó el procedimiento solicitando a los evaluados que ejercieran una contracción submáxima un segundo antes de iniciar la toma de datos, con el objetivo de ejercer una tensión previa en la cuerda de la polea. De este modo se eliminó esta problemática, pero entendimos que el valor de tiempo al pico se veía afectado por esta contracción previa y no debía ser tomado en cuenta. Si bien en todos los casos se pudo observar un aumento en los valores de fuerza en los primeros segundos hasta alcanzar el punto máximo y luego comenzar a descender, las contracciones previas no eran todas iguales. El pasaje de la contracción submáxima a la máxima evaluada podía diferir en fracción de segundos. Por este motivo fueron descartadas.

El procedimiento también mostró mucha imprecisión en relación a los valores de fuerza media, especialmente en los valores de isquiosurales. En los últimos segundos, cuando ya comenzaba el descenso de fuerza en algunas ocasiones se daba de forma abrupta, ya que, los evaluados decidían parar de ejercer fuerza (Anexo 4). Los mismos manifestaban que sentían que se les comenzaba a contracturar la musculatura. Si bien los valores de fuerza máxima no se veían afectados, la fuerza media se modificaba en gran medida, por lo que se entendió que estos valores no podían ser utilizados.

### **3.6 Estudio Piloto**

Se realizó en el laboratorio del Instituto Superior de Educación Física (Montevideo, Uruguay) con 2 jugadores del plantel principal del club, al igual que los sujetos de la muestra (Anexo 1).

Esta prueba piloto se realizó para poder familiarizarse con el protocolo de evaluación y la toma de datos, los tiempos que conllevaría cada procedimiento y la

distribución de tareas entre los investigadores. Los datos aquí recabados no fueron tomados para los estudios de este trabajo.

### **3.7 Tratamiento de datos**

Los datos obtenidos a partir de las evaluaciones realizadas fueron registrados en una planilla manual predispuesta con datos sobre cuádriceps dominante y no dominante, e isquiosural dominante y no dominante, donde se registró el tiempo bajo tensión, la fuerza media ejercida en la repetición, la fuerza pico y el tiempo a fuerza pico, obteniendo de allí los datos relevantes. Los mismos se registraron en una planilla excel. Para el análisis estadístico posterior en el programa JASP. También se registraron fotos de cada una de las repeticiones para mayor seguridad y revisión de los datos.

El análisis posterior a partir de la metodología descriptiva se realizó considerando los valores de la media, mediana, desvío estándar, límite inferior y superior. Para comparar datos de las asimetrías a partir de los parámetros nombrados en el marco teórico, se realizó la prueba t de Student para muestras pareadas. Para todos los cálculos se estableció un nivel de confianza del 95%.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 - Análisis descriptivo

La muestra estuvo compuesta por 12 jugadores del plantel principal de un club de la segunda división profesional del fútbol uruguayo, con una edad media (años) de  $22,8 \pm 4,0$ , altura media (cm) de  $174,3 \pm 5,8$  y un peso (kg) medio de  $73,00 \pm 8,16$ . La media de la fuerza pico (N) fue: QD  $503,5 \pm 82,1$ ; QI  $515,1 \pm 67,69$ ; HD  $155,9 \pm 24,1$  y HI  $147,5 \pm 29,7$ .

**Tabla 1**

*Descripción general de la muestra*

	n	Minimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar
Edad (años)	12	20,00	34,00	22,83	21,00	3,99
Masa Corporal (kg)	12	60,00	85,00	73,00	74,00	8,17
Altura (cm)	12	168,00	183,00	174,33	172,50	5,88

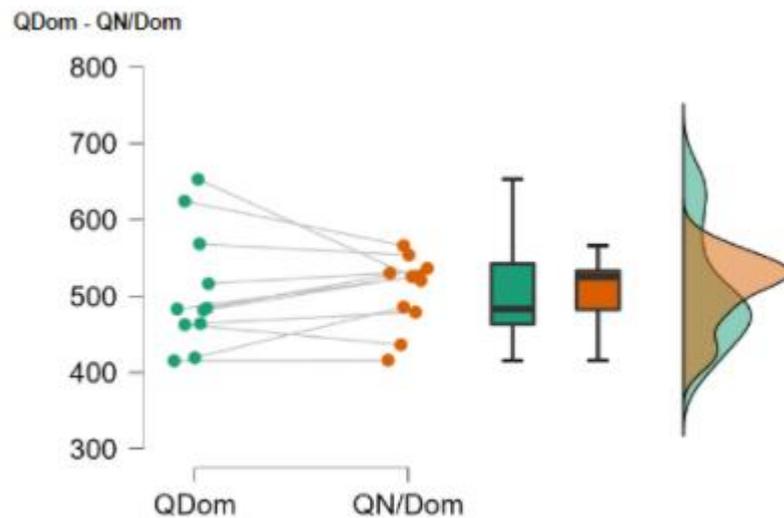
**Tabla 2**

*Resultados de la muestra de fuerza pico, fuerza media y tiempo al pico*

	n	Minimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar
Fuerza pico (N) QDO	12	415,33	673,00	519,79	483,66	89,15
Fuerza pico (N) QND	12	416,00	769,50	527,30	525,66	87,97
Fuerza pico (N) HDO	12	130,66	190,66	158,14	156,00	18,43
Fuerza pico (N) HND	12	105,00	213,00	144,67	137,00	29,62
Fuerza media (N) QDO	12	382,71	595,06	480,14	468,08	74,55
Fuerza media (N) QND	12	380,41	691,02	490,14	484,20	82,27
Fuerza media (N) HDO	12	112,45	169,26	137,55	135,95	14,99
Fuerza media (N) HND	12	93,40	176,88	124,73	116,51	26,71
Tiempo al pico (s) QDO	12	0,54	4,61	3,05	3,15	1,22
Tiempo al pico (s) QND	12	0,10	4,40	2,63	2,80	1,22
Tiempo al pico (s) HDO	12	0,38	4,10	2,71	2,89	1,10
Tiempo al pico (s) HND	12	0,36	4,15	2,37	2,26	1,25

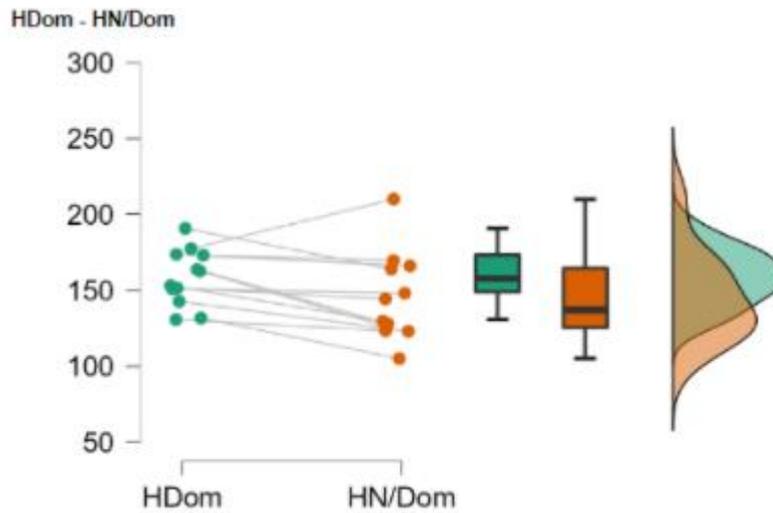
Para la comparación bilateral se realizó el perfil individual de cada deportista y así dictaminar la media de fuerza pico (N) de cada uno (Anexo 7). De los 12 jugadores evaluados, en relación a los datos de QDom:QN/Dom, uno de ellos presentó asimetrías mayores o iguales a 10% pero menores a 15%, y dos jugadores presentaron asimetrías

mayores o iguales a 15%, mientras que ocho no presentaron asimetrías mayores o iguales a 10%. Al tiempo que otro fue descartado dado que sus valores fueron considerados como atípicos. En los valores expresados para cuádriceps, seis jugadores presentaron mayores valores en la media de la fuerza pico, en pierna no dominante, cuatro en la dominante, y uno no presentó diferencias. Los datos muestran que no se presentaron diferencias significativas en cuanto al estudio general realizado al grupo (Figura 1).



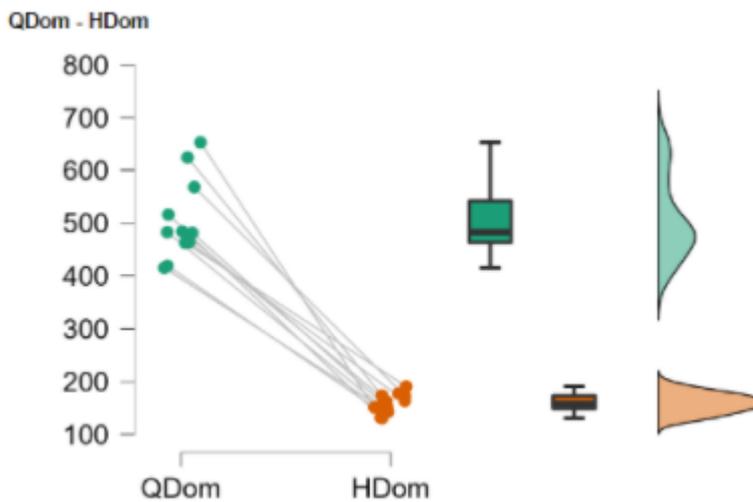
*Figura 1.* Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps dominante (QDom) y no dominante (QN/Dom).

En relación a los datos de HDom:HN/Dom, podemos apreciar que de los doce jugadores, siete presentaron asimetrías, de los cuales dos presentaron valores mayores o iguales a 10%, pero menores a 15%, y cinco jugadores mayores o iguales a 15%. Los valores expresados para isquiosurales, evidenciaron que 11 jugadores poseían mayores valores de fuerza pico en la pierna dominante. Los datos muestran que no se presentaron diferencias significativas en cuanto al estudio general realizado al grupo (Figura 2).



*Figura 2.* Fuerza pico media de cada jugador en isquiosural dominante (HDom) e isquiosural no dominante (HN/Dom).

Para la descripción de los datos de asimetrías ipsilaterales, tanto en la relación QDom:HDom, como en la relación QN/Dom:HN/Dom, 11 jugadores presentaron valores en su ratio menores a 0,5. Uno fue eliminado para este análisis producto de haber presentado valores atípicos en relación a la fuerza media pico de los cuádriceps. En ambos estudios realizados a nivel general del grupo, los datos arrojaron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ), (Figura 3 y 4).



*Figura 3.* Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps dominante (QDom) e isquiosurales dominante (HDom).

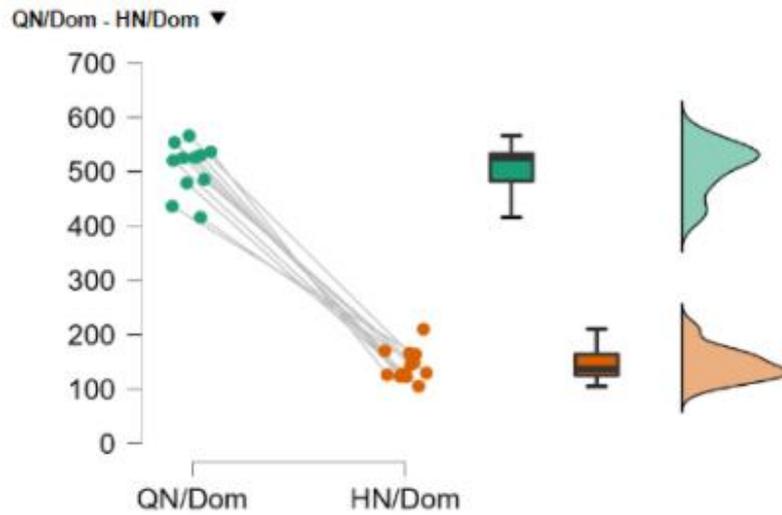


Figura 4. Fuerza pico media de cada jugador en cuádriceps no dominante (QN/Dom) e isquiosurales no dominante (HN/Dom).

Los ratios ipsilaterales se presentaron por debajo del 0,60, y no se presentaron diferencias significativas en el estudio general realizado al grupo. Los valores QDom/HDom se reflejaron entre 0,25 y 0,38, mientras que los ratios QNDom/HNDom se expresan entre 0,23 y 0,44 (Figura 5).

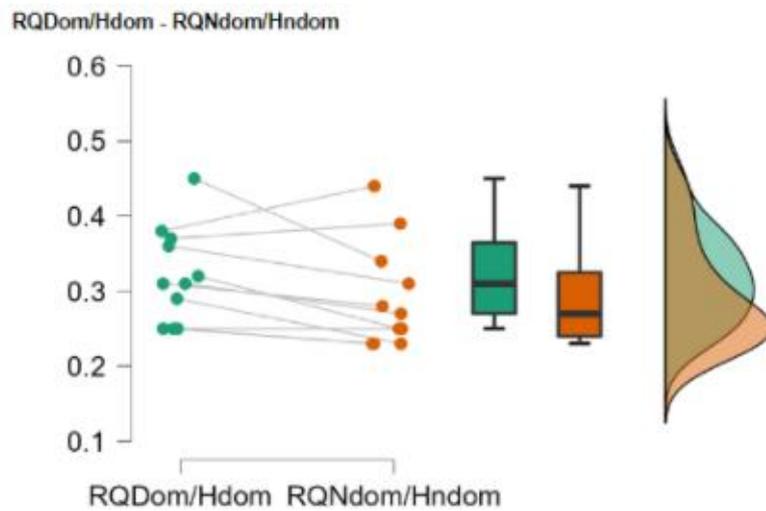


Figura 5. Ratio H:Q dominante en comparación al ratio H:Q no dominante.

## 5. DISCUSIÓN

El presente estudio se planteó con los objetivos de identificar las asimetrías en la fuerza bilateral y estudiar las relaciones de fuerza ipsilaterales de miembros inferiores en jugadores de fútbol profesional, mediante contracciones máximas isométricas, utilizando un dinamómetro electromecánico funcional. Como ya mencionamos anteriormente, las pruebas de fuerza mediante la dinamometría isocinética proporcionan medidas mecánicamente válidas y mostraron una excelente reproducibilidad para monitorear cambios en la fuerza de los individuos evaluados (Chamorro, De La Fuente, Jerez, Campos y Chiroso, 2018; Cerda Vega et al., 2018). Este tipo de pruebas son herramientas fundamentales para el rendimiento deportivo, ya que pueden evidenciar factores de riesgo de posibles lesiones musculoesqueléticas (Oliano et al., 2021). También otros datos de relevancia para nuestro campo como por ejemplo, picos de potencia, valores de fuerza máxima isométrica, etc. En base a nuestra experiencia, consideramos que al evaluar mediante un dinamómetro electromecánico, posicionamos al evaluado ante un método de sencilla familiarización, que no requiere de tiempos excesivos en el aprendizaje y por tanto podemos obtener resultados más precisos y en un tiempo prudente. Al medir la fuerza con este tipo de procedimientos, es sencillo, seguro y se puede evaluar de una manera más funcional al deportista, coincidiendo con lo expresado por Rodríguez-Perea et al. (2019).

Entre los datos obtenidos para la comparación bilateral del perfil individual de cada deportista, se dictaminó que la fuerza media pico (N) mostró diferencias significativas mayores al 10% en el 43% de la muestra; lo cual no está en concordancia con los valores planteados por Maly et al. (2010) y Rahanma (2007), que dieron como resultado que más del 50% de los jugadores mostraron diferencias significativas mayores al 10%, aunque los resultados no son lejanos a los estudios planteados.

Esta diferencia en cuanto a los datos que se plantean con nuestro estudio, puede deberse al tipo de protocolo utilizado en cada prueba, ya que tanto Maly et al. (2010), como Rahanma (2007) utilizan pruebas isocinéticas a diferentes velocidades en contraposición a nuestro estudio que es realizado de forma isométrica.

Con respecto a los rangos en que se manifestaron las asimetrías de fuerza en los flexores de la rodilla (2-23%), no difirieron de forma importante de la de los extensores de la rodilla (0-27%). Sin embargo, existen algunas diferencias en la forma en que se manifestaron dichas asimetrías. El número de las mismas fue significativamente mayor

en los flexores de rodilla, en las cuales el 58% manifestaron asimetrías, 17% con valores mayores al 10% pero menores a 15%; y 41% mayores o iguales a 15%. Mientras que el 27% de los jugadores manifestaron asimetrías en extensores de rodilla, 9% mayores o iguales a 10% pero menores a 15%, y 18% mayores o iguales a 15%. Coincidiendo con el estudio de Maly et al. (2016), en el cual se encuentran asimetrías de fuerza en flexores de la rodilla entre 51,2% y 41,5%, y 19,5% y 31,7 % en extensores en función a la velocidad de la prueba; siendo también más elevado el déficit bilateral en los flexores de la rodilla en comparación con los extensores. Es posible que esto se deba a una mayor preferencia de los jugadores de una pierna con respecto a la otra en las desaceleraciones durante los entrenamientos y/o partidos.

No se encontraron relaciones entre las asimetrías bilaterales de flexores y extensores en un mismo sujeto, sólo el 18% de la muestra mostró asimetrías tanto en flexores como extensores (9% mayores o iguales al 10% pero menores a 15%, y 9% mayores o iguales a 15%). Otros estudios han encontrado mayor porcentaje de asimetrías bilaterales en flexores que en extensores de rodilla (Maly et al., 2016; Kong y Burns, 2009). A pesar de que el porcentaje de asimetrías mayor igual a 10% en flexores de rodilla, es mayor al que presentan los estudios que pudimos revisar, la media de 9% hallada en nuestro estudio, coincide con los valores arrojados en varios estudios previos (Kong y Burns, 2009; Pellicer et al., 2017). Por otra parte, en flexores de la rodilla, la pierna dominante fue prevalentemente más fuerte en 92% de la muestra coincidiendo con el estudio de Balci et al. (2021), en el cual la muestra del grupo simétrico mostró que los flexores de la pierna dominante eran más fuertes que los flexores de la pierna no dominante; a la inversa de lo que se encontró en el grupo asimétrico en el cual los flexores de la pierna no dominante eran más fuertes. Sin embargo en extensores, solo el 36% de la muestra manifestó mayor fuerza en la pierna dominante. Basados en dicho estudio se podría inferir que una debilidad de la extremidad dominante puede ser un factor de riesgo de lesión en las rodillas; sí bien este estudio se realizó con un método isocinético con un ángulo de 60 y 180 grados, se puede sugerir que nuestra muestra se encontraría fuera del riesgo de lesión de rodilla tomando a los flexores como referencia.

En tanto, el ratio H:Q/dom y H:Q/Ndom, los valores obtenidos se encontraron en ratios por debajo del 0,6 tomado como valor normativo (Cassio et al., 2019; Kong y Burns, 2009; Zakas, 2006). Los resultados obtenidos variaron entre 0,23 y 0,44, estos rangos inferiores a 0,6; podrían ser considerados como riesgo de lesión. Sin embargo, como ya mencionamos, la metodología empleada y la varianza entre sujetos dificultan

establecer ratios únicos (Kong y Burns, 2009), ya que las distintas evaluaciones empleadas en estos grupos musculares han mostrado poca correlación en sus resultados. Sugiriendo que los resultados obtenidos por distintos protocolos no siempre pueden ser comparables entre sí (Moreno et al., 2020). Estas diferencias en cuanto a la correlación en los resultados y la dificultad de establecer ratios únicos, podría explicarse por las diferentes particularidades que engloban a los procedimientos aplicados en los estudios en los que nos basamos. Por ejemplo, detalles como la posición del cuerpo en que se toman las muestras, la angulación de la rodilla, los instrumentos, cuestiones relacionadas con características del grupo evaluado, etc.

De los estudios que pudimos revisar, ninguno de ellos reproduce el protocolo tal como fue diseñado en nuestro estudio. Peek, Gatherer, Bennett, Fransen y Watsford (2018), realizan un protocolo muy similar. Las medias de la relación H:Q en dicho estudio, variaron en los distintos grupos entre 0,60 y 0,92. Si bien la diferencia con los valores hallados en nuestro estudio es muy grande, para tratarse de un protocolo casi igual, las características de su muestra son muy distintas. El estudio evalúa jóvenes jugadores entre 8 y 15 años, evidenciando grandes diferencias en el ratio H:Q entre los distintos grupos etarios, encontrando una relación inversa entre la edad y el ratio H:Q. Las medias de pierna izquierda y pierna derecha en el grupo de 15 años fue de 0,63 y 0,60 respectivamente, marcadamente menor que el 0,91 de media en ambas piernas para el grupo de ocho años. Si bien no sabemos si esta tendencia a la baja del ratio H:Q continúa pasados los 15 años, de ser así sería coherente con los valores hallados en nuestro estudio. Otros estudios que encontramos, que incluyen evaluaciones isométricas con una angulación de 90° en la articulación de la rodilla, no se realizaron con una extensión total de la cadera o en posición decúbito prono.

Kong y Burns (2009) en su estudio, incluyeron pruebas de fuerza isométrica e isocinética a tres velocidades distintas 60°-s-1, 180°-s-1 y 300 °-s-1 y en 6 angulaciones de rodilla 40°, 50°, 60°, 70°, 80° y 90°. Los ratios H:Q en dicho estudio variaron entre 0,42 y 0,8. El ratio H:Q aumentó a medida que aumentaba la velocidad de movimiento y en la evaluación isométrica disminuyó a medida que aumentaba el ángulo de la rodilla. En tanto, en estudios como Maly et al. (2016) y Zakas (2006) las muestras se tomaron mediante contracciones isocinéticas a diferentes velocidades angulares y con diferencias considerables en relación a la posición de los evaluados.

En cuanto a instrumentos, en la mayoría de los estudios se utilizaron dinamómetros isocinéticos, mientras que en McCall et al. (2015) se utilizó una placa de

fuerza. En relación a la posición corporal podemos observar variantes de un estudio a otro. Al carecer de referencias comparativas no se pudo establecer conclusiones en relación a qué ratios están fuera de los rangos deseables. Entendemos que esto es coherente con lo planteado por Moreno et al. (2020), ya que el protocolo empleado difiere de todos los que pudimos revisar. Debido a que el ratio H:Q depende de la velocidad de movimiento y de los ángulos articulares, no deberían compararse resultados de evaluaciones que difieran en estas características (Kong y Burns, 2009). A lo expresado por los autores podemos agregar la correlación con la edad, detallado por Peek et al. (2018). Tomando en consideración que la musculatura evaluada cumple también un rol fundamental en la extensión y flexión de cadera, queda presente la duda de cómo influye la angulación de la cadera ante iguales angulaciones de rodilla y si esto podría explicar los bajos ratios H:Q hallados. Pequeñas diferencias en el ángulo de la cadera durante las pruebas pilotos de nuestro protocolo, mostraron considerables diferencias en la fuerza pico de extensores de rodilla. Queda la duda planteada de cómo influye el resto de la musculatura implicada en la flexión/extensión de rodilla, ya que en la revisión bibliográfica que pudimos realizar, encontramos la mención de los principales músculos (isquiosurales - cuádriceps).

En la relación ratio H:Q Dom/Ndom, el 64% de la muestra mostró diferencias superiores al 10%, se encontró una diferencia del 9% en la media, siendo mayor el ratio de la pierna dominante. Esta diferencia se explica en la relación HDom/NDom, ya que las medias de fuerza en cuádriceps no mostraron diferencias. Al menos dos estudios encontraron valores similares en la relación H:Q Dom/NDom, 9% mayor en pierna dominante (Kong y Burns, 2009; Pellicer et al., 2017). Kong y Burns (2009) por su parte, también encuentran la explicación a esta diferencia en la relación HDom/NDom, ya que en su estudio, los valores medios de fuerza en cuádriceps no muestran diferencias entre pierna dominante y no dominante.

## 6. CONCLUSIONES

El trabajo se centró en identificar asimetrías de fuerza bilateral y estudiar la relación ipsilateral (H:Q) de miembros inferiores en jugadores profesionales uruguayos. Siendo así, podemos afirmar que si bien no se identificaron diferencias significativas en asimetrías bilaterales a nivel general de la muestra, se encontró mayor asimetría en los flexores de rodilla. Este grupo muscular mostró ser predominantemente más fuerte en la pierna dominante en comparación a la no dominante, al tiempo que la musculatura implicada en la extensión de rodilla no mostró una dominancia de ninguna de las dos piernas. En cuanto a las relaciones de fuerza ipsilateral, se cumple con la hipótesis planteada de que no existen diferencias significativas entre el ratio H:Q de la pierna dominante y no dominante. Sin embargo los ratios H:Q hallados estuvieron por debajo de todos los que pudimos encontrar en la revisión bibliográfica.

Nuestro estudio se presenta como un nuevo procedimiento llevado a cabo con una técnica novedosa, en cuanto al protocolo implementado. El mismo hasta dónde llega nuestro conocimiento, comprende ser un estudio innovador en cuanto a la utilización de la dinamometría electromecánica funcional (DEMF), a partir de la contracción isométrica y con una angulación de rodilla a 90 grados. Esto establece un punto de partida para tomar como referencia en futuras investigaciones. Otro de los aspectos positivos que tuvo el estudio, es haber podido realizar la investigación con jugadores de fútbol profesional.

En cuanto a las limitaciones, sí bien el protocolo se constató muy útil para alcanzar los objetivos del estudio, se requerirá profundizar en la forma de inmovilizar con mayor facilidad las articulaciones implicadas. Otra de las dificultades de la investigación fue el tamaño de la muestra, ya que debido a la situación sanitaria y al calendario competitivo de los clubes, limitaron la muestra de mayor cantidad de jugadores.

Se sugiere que se debería priorizar o bien incluir más rigurosamente, un entrenamiento unilateral para miembros inferiores en pos de reducir los déficits bilaterales; incluyendo en las planificaciones semanales ejercicios que impliquen el trabajo de la musculatura flexora como la extensora de rodilla, tanto inespecíficamente en sala a través de ejercicios de fuerza, como específicamente relacionado al fútbol, con aceleraciones, frenos, golpes, saltos y caídas.

Para futuras investigaciones, se sugiere realizar esta misma investigación en una muestra más grande, en una posición diferente y/o realizarlo con otra angulación de rodilla.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anguera, M., y Hernández, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *Journal sport science*. 9 (3), 135-160.
- Ayala, F., Sainz, P., De Ste Croix, M., y Santonja, F. (2012). Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares. *Medicina de l'Esport*, 47, 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.11.003>
- Balci, A., Ünüvar, E., Akınoğlu, B., Kocahan, T., y Hasanoğlu, T. (2021). Investigation of knee flexor and extensor muscle strength in athletes with and without trunk muscle strength asymmetry. *Advances in Rehabilitation*, 35 (1), 1–8. <https://doi.org/10.5114/areh.2021.102314>
- Bangsbo, J. (2002). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. (3ª.ed) Barcelona: Paidotribo.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sc Sports Exe*. 14:377-381.
- Carvalho, A., Brown, S., y Abade, E. (2016). Evaluating Injury Risk in First and Second League Professional Portuguese Soccer: Muscular Strength and Asymmetry. *Journal of Human Kinetics*, 51, 19-26. doi: 10.1515/hukin-2015-0166.
- Cassio, V., Minozzo, F., Matheus, D., Brown, L., y Ronei, S. (2019). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (5), 1220-1226. doi: 10.1519/JSC.0000000000000766
- Cerda Vega, E., Jerez-Mayorga, D., Machado Payer, R., Campos Jara, C., Guzman-Guzman, I., Reyes Ponce, A., y Chiroso, L. J. (2018). Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device. *PLoS ONE*, 13 (8), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202248>
- Chamorro, C., De La Fuente, C., Jerez D., Campos, C., y Chiroso, L. J. (2018). Reliability of Shoulder Rotators Isometric Strength Test using a Novel Pulley Electromechanical Dynamometer. Influence of the Assessment Position. *Asian J Sports Med*, 9 (2). doi: 10.5812/asjasm.60406.
- Cheung, R., Smith, A., y Wong, D. (2012). H:Q Ratios and Bilateral Leg Strength in College Field and Court Sports Players. *Journal of Human Kinetics*, 33, 63-71. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0045-1>

- Coratella, G., Beato, M., y Schena, F. (2018). Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer players. *Human Movement Science*, 59, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.016>
- Ekstrand, J., Häggglund, M., y Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39 (6), 1226-32. doi: 10.1177/0363546510395879.
- Fousekis, K., Tsepis, E., y Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9, 364-373.
- González Badillo, J. J., y Gorostiaga Ayestarán, E. (1997). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento*. (2ª. ed) Barcelona: Inde.
- González Badillo, J. J., y Gorostiaga Ayestarán, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento*. (3ª. ed) Barcelona: Inde.
- Hart, N. H., Nimphius, S., Spiteri, T., y Newton, R. U. (2014). Leg strength and lean mass symmetry influences kicking performance in Australian Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 157–165.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Huesa, F., García, J., y Vargas, J. (2005). Dinamometría Isocinética. Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación. *Servicio de Rehabilitación. Hospital Fremap*, 39 (6), 288-296. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74362-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74362-0)
- Keogh, J., Cox, A., Anderson, S., Liew, B., Olsen, A., Schram, B., y Furness, J. (2019). Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS ONE*, 14(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215806>
- Kong, P., y Burns, S. (2009). Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*, 11 (1), 12-7. doi: 10.1016/j.ptsp.2009.09.004

- Maly, T., Zahalka, F. y Mala, L. (2010). Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiológica*, 4 (2), 17-23.
- Maly, T., Zahalka, F., y Mala, L. (2016). Unilateral and Ipsilateral Strength Asymmetries in Elite Youth Soccer Players With Respect to Muscle Group and Limb Dominance. *International Journal of Morphology*, 34 (4), 1339-1344. doi: 10.4067/S0717-95022016000400027
- Martínez, L., Pegueros, A., Ortiz, A., Del Villar, A., Flores, V., y Pineda, C. (2014). Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de la rodilla en taekwondoines. *Gaceta Médica de México*, 150 (3), 272-8.
- McCall, A., Neldec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S., y Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. *Journal of Sports Sciences*, 33 (12), 1298-1304 <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2015.1022579>
- Moreno-Pérez, V., Méndez Villanueva, A., Soler, A., Del Coso, J., y Courel-Ibañez, J. (2020). No relationship between the nordic hamstring and two different isometric strength tests to assess hamstring muscle strength in professional soccer players. *Physical Therapy in sports*, 46, 97-103. doi:10.1016/j.ptsp.2020.08.009
- Oliano, V. J., Pinto Teixeira, L., Corrêa Soares, J., Forgiarini Saccol, M., y Simone, L. (2021). Comparação do desempenho dos músculos flexores e extensores de joelho em jovens de esportes coletivos com e sem salto. *Fisioterapia e Pesquisa*, 28 (1), 3-8. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/18041428012021>
- Peek, K., Gatherer, D., Bennett, K., Fransen, J., y Watsford, M. (2018). Muscle strength characteristics of the hamstrings and quadriceps in players from a high-level youth football (soccer) Academy. *Research in Sports Medicine*, 26 (3), 276-288. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1447475>
- Pellicer-Chenoll, M., Serra-Añó, P., Cabeza-Ruiz, R., Pardo, A., Aranda, R., y González, L. M. (2017). Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10 (1), 14-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.002>
- Petisco Rodríguez, C., Carretero González, M., y Sánchez Sánchez, J. (2016). Is Exercise a Determining Factor of Functional Asymmetries in the Lower Limb? *Apunts. Educación Física y Deportes*, 125, 7-20. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/3\).125.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/3).125.01)

- Rahanma, N., Less, A., y Bambaecichi, E. (2007). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48 (11-14), 1568-1575. doi: 10.1080/00140130500101585.
- Read, J.P., Turner, A.N., Clarke, R., Applebbe, S., y Hughes, J. (2019). Knee Angles Affects Posterior Chain Muscle Activation During an Isometric Test Used in Soccer Players. *Sports*, 7 (1), 13. <https://doi.org/10.3390/sports7010013>
- Rivas Borbón, M., y Sánchez Alvarado, E. (2012). Entrenamiento actual de la condición física del futbolista. De los métodos clásicos a los más actuales. *MHSalud*, 10 (2), 1-131.
- Rodríguez-Perea, A., Chiroso Ríos, L. J., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Guede Rojas, F., Jerez-Mayorga, D., y Chiroso Rios, I. J. (2019). Reliability of isometric and isokinetic trunk flexor strength using a functional electromechanical dynamometer. *PeerJ*, 7. <http://doi.org/10.7717/peerj.7883>
- Siff. M., y Verkhoshanky.Y. (2004). *Superentrenamiento*. España, Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Troule, S., y Casamichana, D. (2016). Aplicación de pruebas funcionales para la detección de asimetrías en jugadores de fútbol. *Journal of Sport and Health Research*. 8 (1), 53-64.
- Vegas Haro, G., Cipriano, R., y Pino Ortega, J. (2012). *Metodología de enseñanza en el fútbol basada en la implicación cognitiva del jugador*. España, Sevilla: Editorial Wanceulen.
- WADA. (2020). Prohibited List. Montreal, Canadá. Recuperado de: <https://www.wadaama.org/en/resources/science-medicine/prohibited-list-documents>
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. (Primera edición) Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Zakas, A. (2006). Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *J Sports Med Phys Fitness*, 46 (1), 28-35.

## 8-ANEXOS

### Anexo 1: Prueba piloto



### Anexo 2: Entrada en calor



### Anexo 3: Tirón en el momento inicial de la contracción.



### Anexo 4: Finalización de la contracción antes de culminar los 5s.



**Anexo 5: Media de fuerza media de cada sujeto**

Sujeto	QDO	QND	HDO	HND
1	512,67	540,51	112,45	104,67
2	595,06	691,02	133,98	102,01
3	500,39	497,95	134,17	121,35
4	430,96	504,72	134,07	134,17
5	382,71	470,45	169,26	150,04
6	431,98	404,19	152,22	155,18
7	535,30	522,82	143,06	111,68
8	435,77	469,51	146,56	142,40
9	549,98	541,14	122,58	95,82
10	391,62	380,41	122,39	93,40
11	580,95	432,92	137,73	109,13
12	414,27	426,04	142,15	176,88

**Anexo 6: Media de tiempo al pico de cada sujeto**

Sujeto	QDO	QND	HDO	HND
1	3,39	1,85	1,71	1,55
2	3,59	3,57	2,97	0,99
3	2,80	1,42	2,56	0,36
4	4,05	2,58	0,38	1,39
5	2,92	3,37	3,91	3,72
6	0,54	0,10	1,27	2,62
7	1,93	4,40	3,46	1,61
8	1,58	3,03	2,78	1,90
9	4,50	3,58	4,10	4,15
10	4,61	1,63	3,62	4,09
11	3,86	2,39	2,91	2,96
12	2,83	3,70	2,87	3,15

### Anexo 7: Media de fuerza pico de cada sujeto

Sujeto	QDO	QND	HDO	HND
1	516,33	530	130,667	123,333
2	663,5	769,5	142,667	123
3	483	526	151,33	144,33
4	481,667	525,33	151	148
5	419,33	485,667	190,667	164
6	462,667	436,33	173	169,667
7	550	537	159	122
8	484,33	536,33	173,667	166
9	624,33	566	153	129,667
10	415,33	416	131,667	105
11	673	520,5	163,667	128
12	464	479	177,33	213