

Selected Papers from Impact

# El Perfil de Fuerza Isocinética de los Futbolistas de Élite Según la Posición de Juego

## The Isokinetic Strength Profile of Elite Soccer Players According to Playing Position

Robert Śliwowski, Monika Grygorowicz, Radosław Hojszyk y Łukasz Jadczyk

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar los perfiles de rendimiento de fuerza isocinética en jugadores de fútbol de élite en diferentes posiciones de juego. Un total de 111 jugadores de élite internacionales de la Ekstraklasa polaca (la primera división en Polonia) fueron examinados durante las temporadas 2010-2015. Los jugadores se clasificaron en seis roles posicionales: defensores centrales (DFC), defensores externos (DFE), mediocampistas centrales (CM), mediocampistas externos (EM), delanteros (F) y arqueros (G). La fuerza isocinética concéntrica (torque máximo [PT] de los cuádriceps y los isquiotibiales, relaciones H / Q) se calculó para la pierna dominante y la pierna no dominante a una velocidad angular de 1.05 rad •s<sup>-1</sup>, mientras que, para evaluar la resistencia muscular isocinética, se tuvo en cuenta el trabajo total [TW] a una velocidad angular de 4.19 rad •s<sup>-1</sup>. Los resultados demostraron que el rendimiento de la fuerza isocinética varía de manera significativa entre los jugadores en diferentes posiciones de juego. El análisis de PT para los cuádriceps (PT-Q) y los isquiotibiales (PT-H) en general reveló que los arqueros y los mediocampistas centrales tenían niveles de fuerza más bajos en comparación con otras posiciones de juego. En el caso de las relaciones de par pico de PT-H y de isquiotibiales / cuádriceps (H / Q), también se observaron diferencias estadísticamente significativas para las piernas, donde los valores promedios observados para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante. Para TW para los cuádriceps (TW-Q) y los isquiotibiales (TW-H), solo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las posiciones de juego. Los valores de TW-Q para los arqueros fueron más bajos que para los defensores centrales y los mediocampistas externos. Los valores de TW-H para los arqueros fueron más bajos que para los mediocampistas centrales, los defensores centrales y los mediocampistas externos. Este estudio demostró que la actividad funcional específica de los jugadores en posiciones individuales en la cancha influye en el perfil variado del rendimiento de la fuerza isocinética.

**Palabras Clave:** fuerza, isocinética, fútbol, élite, posición

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare isokinetic strength performance profiles in elite soccer players across different field positions. A total of 111 elite international players of Polish Ekstraklasa (the top division in Poland) were examined during the 2010–2015 seasons. The players were classified into six positional roles: central defenders (CD), external defenders (ED), central midfielders (CM), external midfielders (EM), forwards (F), and goalkeepers (G). The concentric isokinetic strength (peak torque [PT] of quadriceps and hamstrings, H/Q ratios) was calculated for the dominant leg and the non-dominant leg at angular velocity of 1.05 rad •s<sup>-1</sup>, whereas to assess isokinetic muscle endurance, the total work [TW] at

angular velocity of  $4.19 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ , was taken into consideration. The results showed that isokinetic strength performance varies significantly among players in different playing positions. The analysis of PT for quadriceps (PT-Q) and hamstrings (PT-H) generally showed that the goalkeepers and central midfielders had lower strength levels compared to other playing positions. In the case of PT-H and hamstring/quadricep (H/Q) peak torque ratios, statistically significant differences were also noted for the legs, where mean values noted for the dominant leg were higher than for the non-dominant leg. For TW for quadriceps (TW-Q) and hamstrings (TW-H), statistically significant differences were noted only between playing positions. TW-Q values for goalkeepers were lower than for central defenders and external midfielders. TW-H values for goalkeepers were lower than for central midfielders, central defenders and external midfielders. This study showed that specific functional activity of players in individual positions on the field influences the varied profile of isokinetic strength performance.

**Keywords:** strength, isokinetic, soccer, elite, position

## INTRODUCCIÓN

---

Además de la capacidad funcional, el cálculo de la fuerza muscular es un factor importante en la evaluación y predicción de la condición muscular, [1]. Numerosas investigaciones apoyan este concepto [2-4]. La evaluación isocinética de pico de torque (PT) es uno de los métodos más frecuentes que se utiliza para evaluar la fuerza muscular de las extremidades inferiores en el fútbol [5-7]. La flexión de la rodilla y la fuerza muscular del extensor y la proporción de isquiotibiales a cuádriceps también se han identificado como criterios importantes para analizar el riesgo de lesiones en las extremidades inferiores [2, 6, 8]. Diversos estudios se han enfocado en el resultado de varios programas de entrenamiento para prevenir lesiones en jugadores de fútbol adultos y jóvenes [9-11]. Varios investigadores han descrito con éxito el perfil muscular isocinético en diversos niveles de entrenamiento de fútbol [12, 13]. La fuerza muscular isocinética también se ha comparado en varios subperíodos del cuadro [14] o en otros grupos deportivos [15].

En el contexto de un área amplia de exploración de estudios isocinéticos de jugadores de fútbol, hay poca información disponible sobre el perfil isocinético de la fuerza según la posición de la cancha de fútbol. Aunque los informes existentes en esta área confirman principalmente el perfil variado de la fuerza isocinética entre jugadores en varias posiciones [16-23], algunos estudios han encontrado resultados contradictorios [16, 17, 21-23]. Un estudio realizado por Tourny-Chollet et al. [20] indica que los jugadores delanteros demostraron tener fundamentalmente una mayor fuerza concéntrica de los músculos isquiotibiales en comparación con los mediocampistas y los defensores. Öberg et al. [19] notó una torsión del extensor de rodilla significativamente mayor en los arqueros y defensores que en los delanteros. A su vez, un estudio reciente de Costa Silva et al confirmó que los jugadores defensivos poseen una mayor PT de los músculos extensores de la rodilla en comparación con los jugadores mediocampistas. Sin embargo, Goulart et al. [17], quienes utilizaron una división de jugadores más avanzada, demostraron que los músculos flexores de la rodilla de la espalda completa mostraban un PT más bajo en comparación con las otras posiciones, y los músculos extensores de la rodilla de los arqueros ejercían un PT más bajo y tenían un mayor índice de fatiga en comparación con los resultados para otras posiciones. Estos hallazgos coinciden con Ruas et al, quienes encontraron que los arqueros contaban con características distintas y un mayor PT concéntrico en los músculos a diferencia de la mayoría de los jugadores en otras posiciones de fútbol. Sin embargo, Magalhães et al. [23] no observó diferentes fuerzas isocinéticas entre los jugadores de diferentes posiciones. Estas diferencias entre los resultados se deben a una gran variabilidad en los protocolos de prueba, como ser la velocidad, el tipo de dinamómetro (Biodex, Cybex), y grandes diferencias en el nivel deportivo y el número de participantes estudiados, lo cual contribuye a que el objeto de las investigaciones sea ambiguo. Diferentes estudios se refieren a la división de jugadores en la cancha.

Esta materia últimamente ha sido muy utilizada en la literatura, como resultado de diferentes requisitos funcionales y del perfil motor del juego en una posición dada. Algunos estudios se refieren a jugadores jóvenes [16, 17]. Otros no son lo suficientemente representativos en términos del tamaño de la muestra ( $<30$ ) [16, 18, 20]. Una mayoría predominante de los informes representan en sus análisis a los valores absolutos de los indicadores isocinéticos estudiados [16, 18, 21-23]. En nuestra opinión, las diferencias significativas en la constitución y el peso entre jugadores en diferentes posiciones de juego [18, 20, 21, 22] pueden tener una influencia importante en el nivel de fuerza isocinética. Aparte del estudio de Goulart et al. [17], no se encontraron referencias sobre el trabajo muscular total. Esta variable representa el torque generado durante todo el rango de movimiento (ROM) y está relacionada con el gasto de energía muscular durante toda la prueba [24, 25]. Tener en cuenta esta variable en la evaluación isocinética de la fuerza muscular con el uso de protocolos de estudio con un gran número de repeticiones, podría aportar información relevante con respecto a la resistencia muscular [26]. Otra limitación de la mayoría de los estudios es la falta de investigación que cubra el nivel de élite del campeonato deportivo. Realizar este tipo de análisis en jugadores de fútbol de alto nivel puede no solo ser una valiosa

contribución cognitiva, sino que también puede tener implicaciones para la selección de equipos ampliamente definida y la optimización de las estrategias de preparación física y médica para el proceso de entrenamiento.

Esta información podría enfatizar la necesidad de realizar estudios adicionales en un tamaño de muestra más grande para identificar un perfil muscular isocinético en jugadores de fútbol del nivel profesional de élite, verificando posibles ajustes según la especificidad del juego y entrenamiento. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue comparar los perfiles de rendimiento de la fuerza isocinética (PT y TW de los cuádriceps y los isquiotibiales y las proporciones H / Q) en jugadores de fútbol de élite de diferentes posiciones en la cancha.

## MÉTODOS

---

### Participantes, procedimientos y recopilación de datos

El estudio abarcó a un grupo de 111 futbolistas de élite internacional de la Ekstraklasa polaca (la primera división en Polonia). Los participantes ( $26 \pm 5$  años;  $79 \pm 8$  kg;  $181 \pm 7$  cm) incluyeron jugadores de muchas nacionalidades (81 polacos, 13 del sur de Europa, 5 de América Latina, 4 de África del Este, 3 de Europa del Este, 3 de Europa Occidental y 2 del Norte de Europa). Setenta y ocho jugadores (70% del total) eran miembros de equipos nacionales de personas mayores y juveniles de sus países (principalmente países europeos, 92%). Los participantes tenían al menos tres años de experiencia jugando al fútbol con nivel profesional mediante entrenamiento regular, lo cual formaba parte de sus contratos profesionales. El estudio se realizó de 2009 a 2015. Todas las mediciones se realizaron en diciembre, cerca del final de la primera mitad de la temporada de Ekstraklasa, 48 horas después del juego final.

Los jugadores se dividieron en seis subgrupos según las posiciones de fútbol: arqueros ( $n = 14$ ), defensores centrales ( $n = 18$ ), defensores externos ( $n = 14$ ), mediocampistas centrales ( $n = 30$ ), mediocampistas externos ( $n = 14$ ), y delanteros ( $n = 21$ ). El perfil de las posiciones de fútbol individuales se basó en las diferentes actividades en la cancha de fútbol y en el área principal en la que se llevó a cabo esta actividad [27-29]. Además, para los estudios citados anteriormente, decidimos ampliar los grupos de jugadores e incluir la posición del arquero como un grupo separado para analizar. Se les preguntó a los jugadores sobre sus posiciones de juego en las que habían jugado con mayor frecuencia durante el último año. Solo los jugadores que jugaron en sus posiciones habituales fueron incluidos en la muestra. Además, la investigación se realizó sobre los valores recopilados solo de jugadores que jugaron al menos el 50% de los partidos oficiales del club en la temporada anterior al estudio. Todos los jugadores de la investigación jugaron en la formación 1-4-2-3-1. La confidencialidad del jugador y del equipo se aseguró gracias al anonimato de todos los datos de rendimiento. Como parte de sus contratos de juego profesional, los jugadores fueron informados sobre los riesgos experimentales y dieron su consentimiento por escrito para que sus datos pudieran ser recopilados y analizados. Para los jugadores menores de 18 años, sus padres o tutores fueron informados de los riesgos y firmaron un consentimiento informado antes de la investigación. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y el protocolo fue completamente aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Ciencias Médicas de Poznań. Las características físicas básicas de los jugadores se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características físicas y experiencia formativa de los sujetos (valores promedios  $\pm$  DE).

	G	CD	ED	CM	EM	F
	(n = 14)	(n = 18)	(n = 14)	(n = 30)	(n = 14)	(n = 21)
Peso corporal [cm]	190.77# $\pm 4.324$	187.12## $\pm 4.511$	181.21** $\pm 2.694$	180.17*** $\pm 5.133$	176.57 $\pm 3.756$	184.38#### $\pm 5.352$
Masa corporal [kg]	88.08\$ $\pm 6.873$	81.08\$\$ $\pm 6.097$	75.93 $\pm 3.075$	75.31 $\pm 5.200$	71.71 $\pm 5.369$	79.19\$\$\$\$ $\pm 6.523$
Edad [años]	25.75 $\pm 4.539$	25.12 $\pm 4.566$	25.29 $\pm 4.375$	26.61 $\pm 6.039$	24.54 $\pm 4.051$	24.79 $\pm 4.404$
Experiencia de entrenamiento [años]	15.23 $\pm 2.257$	16.14 $\pm 2.568$	16.23 $\pm 2.137$	16.83 $\pm 3.167$	16.32 $\pm 2.335$	16.46 $\pm 2.428$

#G > EMc, CMc, EDc, Fc, CD<sup>c</sup>;

##CD > EMc, CMc, EDc;

###F > EMc, CM<sup>c</sup>, ED<sup>c</sup>;

\*ED > EM<sup>c</sup>;

\*\*CM > EM<sup>c</sup>;

\$G > EMc, CMc, EDc, Fc, CD<sup>c</sup>;

\$\$CD > EMc, ED<sup>c</sup>, CMb<sup>c</sup>;

\$\$\$\$F > EMc

Valor significativamente mayor de la altura del cuerpo y la masa corporal en toda la posición de juego: P < 0.05<sup>a</sup> P < 0.01b<sup>a</sup> P < 0.001c

## PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

### Perfil de fuerza muscular

Las mediciones fueron realizadas por el equipo de examinadores en el laboratorio para las pruebas isocinéticas en el Centro Médico de Excelencia de la Clínica Rehasport en Poznań, Polonia. En este estudio, la medición de la fuerza muscular isocinética de la rodilla (medida por el torque máximo [PT]) y la resistencia muscular (medida por el trabajo total [TW]) se realizó utilizando el Sistema 3 de Biodex (Biodex Medical Systems™ Inc., Nuevo York, EE. UU.) Dinamómetro. Según muchos autores [24, 30], ambas variables (PT y TW) expresan bien el rendimiento de la fuerza.

La colocación y la estabilización adecuadas del sujeto, la alineación entre el eje de rotación de la máquina y la articulación de la rodilla, y la compensación de la gravedad y la eliminación de artefactos de aceleración se realizaron de acuerdo con el manual de instrucciones de Biodex Medical Systems y fueron similares a los descritos en la literatura [1, 7, 10]. El calentamiento que cada jugador realizó antes de la evaluación isocinética tomó 10-15 minutos y consistió en un pedaleo suave en un ergómetro de ciclo Monark estacionario a un ritmo moderado (50-100 W) y estiramientos dinámicos para los principales grupos musculares de las extremidades inferiores [15]. El torque isocinético concéntrico de los cuádriceps y los isquiotibiales se evaluó durante los movimientos de flexión y extensión de rodilla continuos (bidireccionales) a la velocidad angular de 1.047 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup> y 4.189 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup> en un rango de movimiento de la rodilla de 0° (flexionado) a 90° (extensión completa). Las pruebas anteriores de velocidades se han utilizado ampliamente en otros estudios que evalúan la fuerza muscular en jugadores de fútbol [2, 7, 13]. Los participantes recibieron tres ensayos en esfuerzos submáximos con una carga gradualmente creciente (50%, 75%, y aproximadamente el 100% de la capacidad máxima) y luego realizaron una serie de tres repeticiones en una contracción muscular concéntrica máxima a velocidades angulares de 1.047 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup> y, posteriormente, 30 repeticiones a velocidades angulares de 4.189 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup>. Luego, se siguió el mismo protocolo con la pierna opuesta. Se les pidió a los participantes que resistieran el movimiento de la extensión de la pierna con la mayor fuerza posible. Se proporcionó un descanso de 30 s después del tercer ensayo submáximo, se dio un descanso de un minuto entre dos velocidades angulares y se proporcionó un descanso de tres minutos cuando se cambió la configuración de la máquina para la pierna opuesta. Se ha informado que este número de repeticiones tiene una alta confiabilidad para las pruebas isocinéticas. Se suministró un estímulo verbal estandarizado antes de cada esfuerzo máximo, y se proporcionó una retroalimentación visual del torque registrado. El orden de las pruebas fue aleatorio para las piernas dominantes (D) y no dominantes (N-D) [6, 31]. El dominio de las extremidades se definió como la pierna que se prefiere al patear una pelota. Esto se determinó mediante una entrevista [1, 10]. Para limitar el análisis a períodos de velocidad constante, sólo se utilizó la ventana de datos. El análisis estadístico incluyó los PT relativos (N  $\cdot$  m  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>) para los flexores (PT-Q) y los extensores (PT-H) en ambas piernas y la proporción unilateral de torque muscular para las extremidades dominantes y no dominantes (HD / QD y HN / QN, respectivamente) a una velocidad angular de 1.05 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup> y, de manera similar, los TW relativos (J  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>) para los flexores (TW-Q) y los extensores (TW-H) para ambas piernas a velocidad angular de 4.19 rad  $\cdot$  s<sup>-1</sup>. Estudios previos [32] indicaron que el TW medido durante un protocolo el cual involucraba 30 contracciones concéntricas

máximas recíprocas representaba un buen compromiso entre la confiabilidad (coeficiente de correlación intraclase = 0,91 y error estándar de medición = 4%) y la interpretabilidad bioenergética de los datos.

Todas las pruebas se realizaron entre las 9:00 a. m. y la 1:00 p. m., en el mismo orden para cada jugador. El mismo miembro del equipo de investigación realizó todas las pruebas isocinéticas. Los jugadores evaluados no fueron expuestos a entrenamiento intensivo durante dos días antes de la prueba. Previamente al inicio del estudio, se les pidió a los sujetos que llenaran un cuestionario para determinar si tenían algún dolor de músculo esquelético, malestar o lesión en alguna extremidad inferior. Los sujetos no contaban con importantes lesiones previas de rodilla, ni tampoco contaban con antecedentes de reparaciones o rehabilitación de ACL. Además, los participantes no tenían historiales de fractura de la extremidad inferior o cirugía durante el año anterior al estudio. Aquellos jugadores que informaron una lesión mayor o moderada en la extremidad inferior o cualquier lesión en la rodilla o el muslo fueron excluidos de un análisis más detallado.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

---

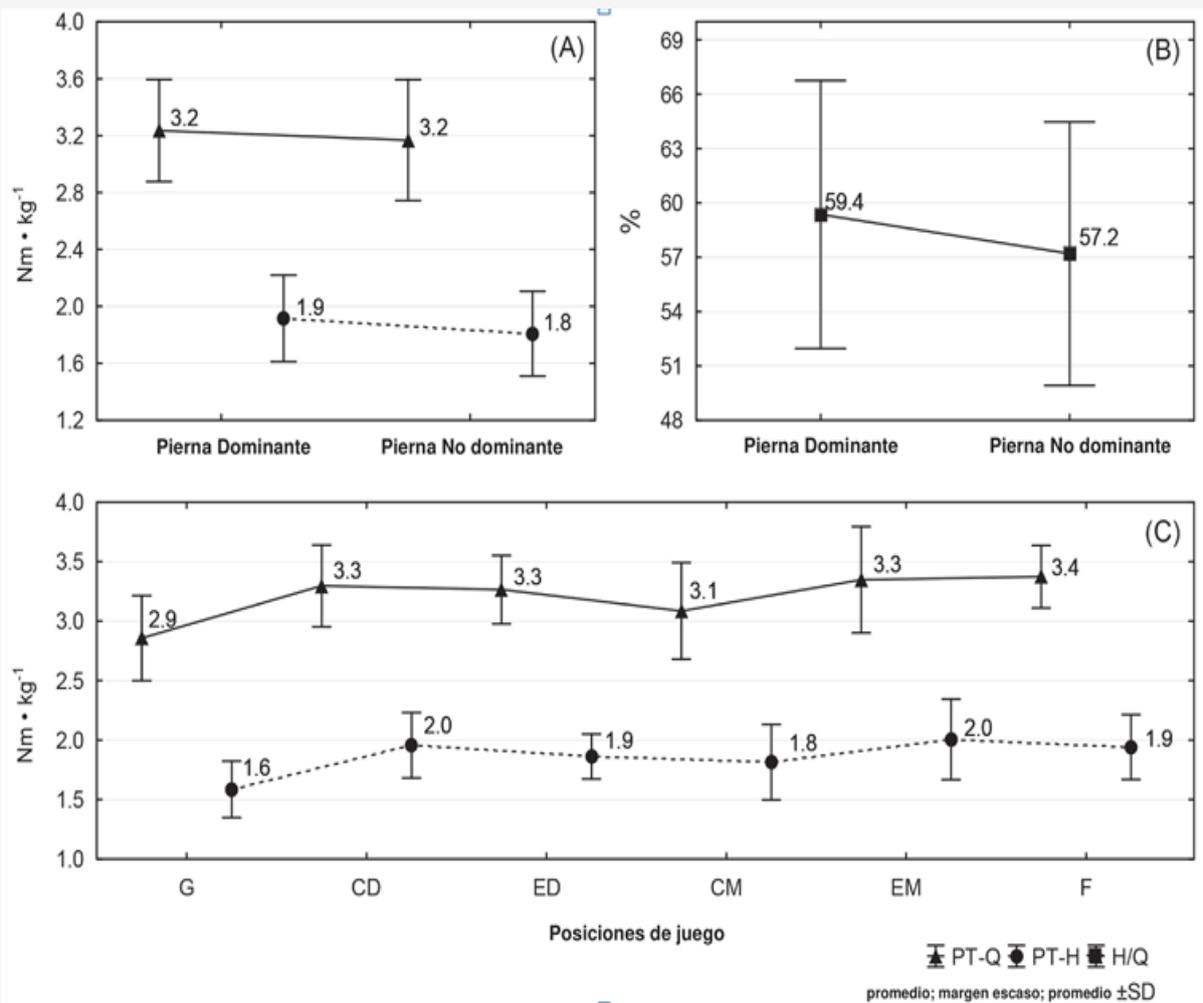
Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando STATISTICA 10.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Todos los resultados se informan como desviaciones medias y desviaciones típicas (media SD) calculadas por procedimientos convencionales, a menos que se indique lo contrario. La normalidad de las variables se experimentó con la prueba de Shapiro-Wilk, y se hallaron los coeficientes de asimetría y kurtosis. Para todas las variables isocinéticas (PT y TW de los cuádriceps y los isquiotibiales por masa corporal y las proporciones H / Q), las diferencias entre las piernas (dominantes, no dominantes) se analizaron mediante la prueba de la T. Las diferencias entre las posiciones en la cancha (arqueros, mediocampistas centrales, defensores externos, centrocampistas centrales, mediocampistas externos y delanteros) se experimentaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA). Se utilizaron procedimientos post hoc de Duncan para identificar diferencias específicas. En ausencia de interacciones, solo se analizaron los resultados principales. Este análisis fue la base para crear modelos de análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para cada variable isocinética (ANOVA), al presentarse interacciones significativas. Se usó un ANOVA de medidas repetidas 2x6 (posición x de la pierna) para comparar solo el PT de los isquiotibiales. El valor estadístico se estableció en un alfa de 0.05 para todos los procedimientos estadísticos.

## RESULTADOS

---

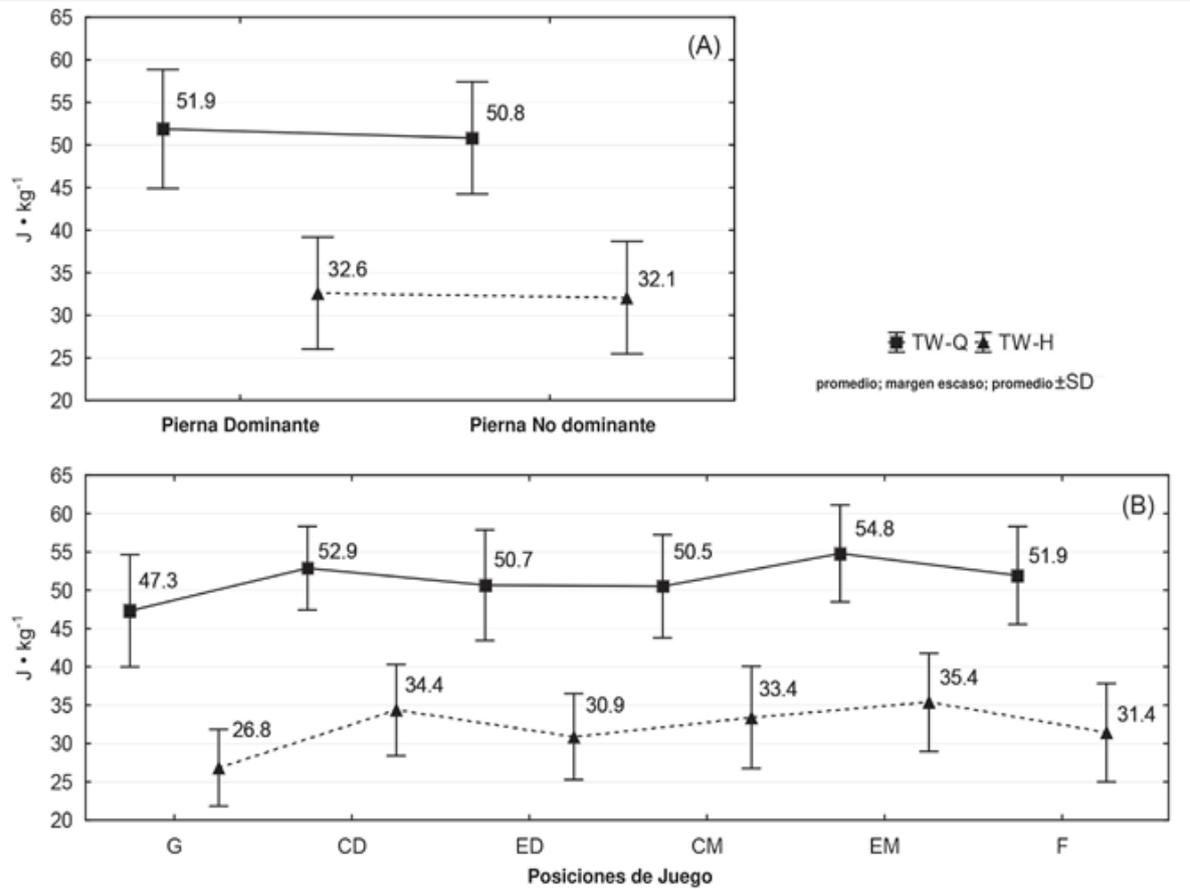
Las características físicas de los jugadores demostraron grandes diferencias en su altura y peso de acuerdo con sus posiciones de juego (consulte la Tabla 1). Los arqueros son significativamente más pesados que los jugadores de todas las demás posiciones (en todos los casos  $p < 0.0001$ , excepto los defensores centrales  $p = 0.0006$ ). Los defensores centrales son mucho más pesados que los centrocampistas externos ( $p < 0.0001$ ), los defensores externos ( $p = 0.0128$ ) y los centrocampistas centrales ( $p = 0.0065$ ). Por otro lado, los delanteros son mucho más pesados que los mediocampistas externos ( $p = 0.0004$ ).

La Fig. 1 muestra: valores promedios de PT-Q y PT-H para las piernas y las posiciones de juego; valores promedios de las relaciones H / Q para las piernas. Con respecto a las piernas, se observaron diferencias estadísticamente significativas solo para las proporciones PT-H y H / Q ( $p = 0.0109$  y  $p = 0.0320$ , respectivamente; Fig. 1A y 1B), donde los valores promedios anotados para la pierna dominante fueron mayores que para la pierna no dominante. Para PT-Q y PT-H, también se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las posiciones de juego (en ambos casos  $p < 0,0001$ ; Fig. 1C). Los valores de PT-Q para los arqueros fueron más bajos que para los defensores externos, los defensores centrales, los mediocampistas externos y los delanteros, mientras que para los centrocampistas centrales fueron más bajos que para los mediocampistas externos y los delanteros. Los valores de PT-H para los arqueros fueron más bajos que para los centrocampistas centrales, los defensores externos, los defensores centrales, los delanteros y los centrocampistas externos, mientras que para los centrocampistas centrales fueron más bajos que para los defensores centrales y los centrocampistas externos.



**Figura 1.** Valores promedios y desviación estándar para: (A) PT / BM de los cuádriceps y los isiotibiales por piernas (dominante, no dominante); (B) relaciones H / Q por piernas (dominante, no dominante); (C) PT / BM de los cuádriceps y los isiotibiales jugando posiciones (G, CD, ED, CM, EM, F).

La figura 2 muestra los valores promedios de TW-Q y TW-H para las piernas y las posiciones de juego. Para TW-Q y TW-H, se notaron diferencias estadísticamente significativas solo entre las posiciones de juego (en ambos casos  $p < 0,0001$ ). Los valores de TW-Q para los arqueros fueron más bajos que para los defensores centrales y los mediocampistas externos. Los valores de TW-H para los arqueros fueron más bajos para los centrocampistas centrales, los defensores centrales y los mediocampistas externos.



**Figura 2.** Valores promedios y desviación típica para TW / BM de los cuádriceps y los isquiotibiales por: (A) piernas (dominante, no dominante); (B) posiciones de reproducción (G, CD, ED, CM, EM, F).

Para PT-H, no hubo interacciones. Sin embargo, hubo un resultado importante para la posición ( $p < 0,0001$ ), en el cual los valores de PT-H para los arqueros fueron más bajos que para los centrocampistas centrales, los defensores externos, los delanteros, los defensores centrales y los centrocampistas externos, mientras que para los centrocampistas centrales fueron más bajos que para los defensores centrales y los mediocampistas externos, y para las piernas ( $p = 0.0055$ ), donde los valores promedios anotados para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características del PT / BM de los cuádriceps y los isquiotibiales, y las relaciones H / Q a 1,05 rad • s<sup>-1</sup> de velocidad angular en las posiciones de reproducción (media ± DE).

Variables	Pierna	G <sup>a</sup> (n = 14)	CD (n = 18)	ED (n = 14)	CM <sup>b</sup> (n = 30)	EM (n = 14)	F (n = 21)
PT-Q	Dominante	2.91 ±0.276	3.29 ±0.271	3.32 ±0.266	3.1 ±0.401	3.33 ±0.412	3.47 ±0.223
	No dominante	2.81 ±0.455	3.31 ±0.415	3.21 ±0.301	3.07 ±0.446	3.37 ±0.491	3.28 ±0.271
PT-H	Dominante	1.66 ±0.222	2.02 ±0.261	1.83 ±0.186	1.85 ±0.347	2.11 ±0.292	2.02 ±0.275
	No dominante	1.51 ±0.253	1.89 ±0.281	1.89 ±0.193	1.79 ±0.308	1.91 ±0.363	1.86 ±0.247
H/Q	Dominante	57.42 ±7.224	60.61 ±7.937	54.99 ±4.686	61.05 ±7.672	62.21 ±8.469	58.23 ±6.273
	No dominante	56.08 ±7.499	57.32 ±8.712	59.29 ±3.252	57.49 ±6.546	56.17 ±10.038	56.69 ±7.051

(p = 0.0006), ED (p < 0.0001), F (p < 0.0001), CD (p < 0.0001), and EM (p < 0.0001)  
(p = 0.0493), and EM (p = 0.0087)

## DISCUSIÓN

Las diversas demandas de la fuerza isocinética del fútbol de élite se han descrito con frecuencia en la literatura científica. Sin embargo, pocos estudios intentaron abordar perfiles específicos de fuerza isocinética en referencia a las posiciones de juego. En el contexto de la reciente especialización en posición de juego altamente avanzada y, a continuación, un perfil motor variado en una posición de juego dada, estos aspectos son de mayor importancia. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar los perfiles de rendimiento de fuerza isocinética en jugadores de fútbol de élite en las diferentes posiciones de la cancha.

El principal hallazgo del presente estudio fue que la fuerza isocinética concéntrica varía significativamente entre los jugadores de diferentes posiciones de juego. En términos del PT para los cuádriceps, los arqueros tenían valores más bajos que los centrocampistas centrales, los defensores externos, los defensores centrales, los mediocampistas externos y los delanteros, mientras que los valores eran más bajos para los mediocampistas centrales que para los mediocampistas externos y delanteros (p < 0,0001; tabla 2). El último estudio de Costa Silva et al. [16], referenciado al principio, indica que las diferencias estadísticamente significativas entre los jugadores en las tres posiciones de juego especificadas (defensores, centrocampistas, delanteros) se relacionaron solo con el PT de los músculos extensores, donde los defensores tenían valores estadísticamente más altos que los mediocampistas, pero no mostraron diferencia en comparación con los delanteros. Según los autores, estos resultados pueden justificarse debido a la realización de acciones específicas similares entre defensores y delanteros, principalmente compuestas por movimientos cortos e intensos como carreras de velocidad y saltos, que exigen un gran esfuerzo de los extensores de rodilla. Contrariamente a estos hallazgos, Öberg et al. [19], basado en una división similar de jugadores, encontró que los arqueros y defensores tenían una mayor fuerza de cuádriceps en comparación con los delanteros. Estos hallazgos concuerdan con Ruas et al. [22], quienes encontraron que la fuerza del cuádriceps de los arqueros era mayor en comparación con todas las otras posiciones (laterales, centrocampistas defensores centrales, centrocampistas centrales de ataque y delanteros), y los defensores centrales tenían mayor fuerza de cuádriceps en comparación con los centrocampistas defensores centrales. Sin embargo, Carvalho y Cabri [21] demostraron que los arqueros y los delanteros tienen una mayor fuerza de cuádriceps en la pierna dominante, mientras que los defensores centrales tienen una mayor fuerza de piernas no dominante de cuádriceps en comparación con todas las demás posiciones. Contrariamente a estos hallazgos, hay informes que no muestran diferencias estadísticamente significativas en el nivel de PT concéntrico para los cuádriceps entre jugadores de las diferentes posiciones [16-18, 20, 23].

En la práctica de fútbol, normalmente se entiende que el músculo cuádriceps desempeña un papel importante en la ejecución de carreras de velocidad, saltos, patadas y pases, mientras que los isquiotibiales actúan principalmente como estabilizadores de la articulación de la rodilla durante los cambios de velocidad y dirección y patadas [18, 21, 22, 33, 34]. En el sprint, los giros y el abordaje de los isquiotibiales se usan de manera concéntrica, pero se utilizan principalmente de forma excéntrica para controlar, desacelerar y estabilizar la rodilla [2, 7, 9, 22, 33, 34]. Los resultados hallados en este estudio fueron similares para los cuádriceps, donde los arqueros tenían un PT más bajo de los isquiotibiales en relación con todas las otras posiciones, y los mediocampistas centrales en relación con los defensores centrales y los mediocampistas externos (p < 0,0001; Tabla 2). Estos hallazgos son similares a los datos obtenidos por Tourny-Chollet et al. [20], quien encontró que los mediocampistas tienen una menor fuerza concéntrica de los isquiotibiales en la pierna no dominante en

comparación con los delanteros y los defensores, y para la pierna dominante en comparación con los delanteros solos (los arqueros no se consideraron en este estudio). Weber et al. [18], quienes se basaron en la misma división de jugadores, demostró las mismas relaciones, donde los defensores tenían valores más altos para los músculos de fuerza flexora en comparación con los centrocampistas para la pierna dominante (no se observaron diferencias estadísticamente significativas para la pierna no dominante). Por otro lado, Goulart et al. [17] mostró un promedio más alto de PT de los flexores de la rodilla derecha en los defensores centrales en comparación con los mediocampistas centrales, los defensores externos y los delanteros. Carvalho y Cabri registraron relaciones similares [21], quienes observaron que los jugadores en casi todas las posiciones de la cancha tenían una fuerza menor en el tendón de la corva tanto para las piernas dominantes como para las no dominantes que para los arqueros y los defensores centrales.

En resumen, encontramos que los arqueros y los mediocampistas centrales tenían niveles de fuerza más bajos de extensores y flexores en comparación con otras posiciones de la cancha. Los resultados de los arqueros pueden explicarse por sus tareas específicas, las cuales podrían haber contribuido a estos resultados. Además, Ruas et al. [22] sugieren que los resultados de los arqueros deben interpretarse de forma distinta a las otras posiciones. De manera contraria a los estudios mencionados anteriormente [21, 22], nuestros arqueros tuvieron los niveles más bajos de TP de los cuádriceps y los isquiotibiales para ambas piernas (Tabla 2). Tales hallazgos contradictorios se deben considerar en el contexto de la falta de relativización de los indicadores isocinéticos analizados con el peso de los jugadores. En general, se sabe en la literatura que los arqueros tienen mayor peso en comparación con otros jugadores [35]. Por otro lado, las diferencias observadas entre los jugadores de campo pueden justificarse por la realización de acciones específicas similares entre defensores centrales y externos, mediocampistas externos y delanteros, compuestos principalmente de movimientos cortos e intensos, como carreras de velocidad y saltos, que exigen un gran esfuerzo de los extensores de rodilla en comparación con los centrocampistas centrales, cuyas actividades muestran características de una acción más prolongada [16]. En consecuencia, la tendencia general confirmada por muchos estudios [16, 18, 20, 21, 23] es que los mediocampistas centrales tienen un nivel más bajo de cuádriceps y fuerza muscular de los isquiotibiales en comparación con los jugadores de otras posiciones en la cancha de fútbol.

Según Fousekis en al. [3], ciertas habilidades en el fútbol como patear, gambetear y pasar la pelota, son netamente unilaterales, requieren patrones motores asimétricos y llevan al desarrollo de más fuerza en un lado hacia el otro. Esto coincide con los resultados de muchos informes anteriores [36, 37], que mostraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza muscular entre la pierna dominante y la no dominante. Por el contrario, nuestro estudio no confirma estas diferencias con respecto a los músculos extensores entre los jugadores en diferentes posiciones. La falta de diferencias significativas en los valores de PT para los cuádriceps entre la pierna dominante y la no dominante es similar a los resultados observados por Rahnama et al. [5], Costa Silva et al. [16], Weber et al. [18] y Magalhães et al. [23], quienes tampoco registraron diferencias significativas entre la fuerza dominante y no dominante de los jugadores de diferentes posiciones de la cancha de fútbol. Este resultado podría haber estado influenciado por la metodología utilizada en el entrenamiento de ambas extremidades para realizar movimientos técnicos [16], así como también por la versatilidad de las tareas realizadas, lo que nos ha llevado en los últimos años a eliminar las diferencias en el perfil de fuerza muscular de los jugadores en diferentes posiciones [21]. A diferencia de los extensores, para los flexores, observamos diferencias estadísticamente significativas entre las piernas, donde los valores promedios para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante (Tabla 2). Estos hallazgos, a su vez, coinciden con los resultados de los estudios que utilizan flexores tanto concéntricos [18, 20, 21] como de fuerza de contracción excéntrica [2, 9, 18, 22]. Quizás en ambos casos haya un patrón similar de cambios adaptativos.

Estos datos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el caso de las relaciones H / Q entre diferentes posiciones en la cancha (Tabla 2). Al igual que en nuestro estudio, Costa Silva et al. [16], Weber et al. [18], y Ruas et al. [22] no informaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en relación con la proporción H / Q convencional para las piernas dominantes y no dominantes. La falta de variación entre los grupos en el caso del indicador analizado muestra que debe ser principalmente con significación de diagnóstico en la evaluación del riesgo de lesión en los jugadores. Sin embargo, parece que las mediciones de la relación PT son más importantes para la evaluación clínica que para el rendimiento en el fútbol [4].

Aunque el presente estudio encontró diferencias significativas en las relaciones H / Q entre las piernas, donde los valores promedios observados para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante, estos resultados indicaron una mejor estabilidad en la articulación de la rodilla para la pierna dominante. Por otro lado, estos hallazgos relativos a las relaciones H / Q convencionales no se confirmaron en los estudios mencionados anteriormente [16, 18, 22]. También encontramos que los valores de la relación H / Q convencional oscilan entre 55% y 62% a  $1.05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ . Los valores anteriores son similares a los informados por otros autores [3, 13, 21, 22, 33]. Anteriormente, las relaciones H / Q de menos del 60% para la velocidad angular a  $1.05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  estaban vinculadas a la lesión de ACL; La estabilización de la articulación de la rodilla se ve afectada por la activación del cuádriceps y la debilidad relativa de los isquiotibiales [14, 15, 22, 38-40]. Por lo tanto, los factores particularmente importantes en el monitoreo de los efectos de los programas de entrenamiento y en la prevención de lesiones son la evaluación y el control de la fuerza muscular [2].

Aunque la PT es considerada como la medida principal del rendimiento de la fuerza isocinética, desde el punto de vista práctico, otras medidas como la TW pueden proporcionar información significativa en términos de la capacidad muscular para generar fuerza durante un tiempo más prolongado por los jugadores en posiciones específicas. Puede parecer que debido a requisitos funcionales significativamente diferentes en el juego, los jugadores en diferentes posiciones en la cancha representarán varios niveles de resistencia muscular. Nuestro estudio muestra que los valores TW-Q para los arqueros fueron más bajos que para los defensores centrales y los mediocampistas externos, y los valores TW-H para los arqueros fueron más bajos que para los centrocampistas centrales, los defensores centrales y los mediocampistas externos (Tabla 3). A pesar de que los valores promedios más altos de TW-Q y TW-H se notaron claramente para los centrocampistas externos y los defensores centrales, estas diferencias entre los jugadores de campo individuales no mostraron significación estadística (debe señalarse aquí solo la tendencia a la significación estadística entre los mediocampistas externos y los defensores externos para TW-H). Estos hallazgos son similares a los datos obtenidos por Goulart et al. [17], que tampoco informó diferencias estadísticamente significativas en los valores de TW entre jugadores en posiciones específicas en la cancha. Según los autores [17], esta tendencia puede deberse al hecho de que el entrenamiento de resistencia muscular en los clubes es similar para todos los jugadores, lo que podría explicar la falta de diferencias a este respecto entre los jugadores en posiciones específicas en la cancha. En nuestra opinión, en el contexto de las tecnologías modernas de entrenamiento, estas cargas deben ser seriamente especificadas en términos de componentes individuales de rendimiento de fuerza.

**Tabla 3.** Característica del TW / BM de los cuádriceps y los isquiotibiales a una velocidad angular de  $4.19 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  en las posiciones de juego (media  $\pm$  SD).

Variables	Pierna	G (n = 14)	CD (n = 18)	ED (n = 14)	CM (n = 30)	EM (n = 14)	F (n = 21)
TW-Q	Dominante	48.38 $\pm 6.363$	53.45 $\pm 5.574$	51.78 $\pm 7.351$	50.22 $\pm 7.321$	55.16 $\pm 6.904$	52.99 $\pm 6.939$
	No dominante	46.25 $\pm 8.287$	52.29 $\pm 5.424$	49.54 $\pm 7.171$	50.79 $\pm 6.188$	54.41 $\pm 5.919$	50.87 $\pm 5.728$
TW-H	Dominante	27.19 $\pm 5.423$	34.41 $\pm 6.069$	31.15 $\pm 5.248$	33.37 $\pm 6.721$	35.88 $\pm 6.536$	32.09 $\pm 6.591$
	No dominante	26.49 $\pm 4.758$	34.35 $\pm 6.012$	30.64 $\pm 6.146$	33.45 $\pm 6.728$	34.85 $\pm 6.456$	30.75 $\pm 6.326$

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182177.t003>

Aunque las relaciones entre la fuerza muscular isocinética en jugadores de fútbol y las demandas funcionales en el juego no están claras, se ha sugerido que la actividad funcional específica de los jugadores en posiciones individuales en la cancha puede influir en el perfil de fuerza isocinética [18, 20, 21]. Los resultados actuales confirmaron estas relaciones, fundamentalmente en términos de fuerza muscular, donde los arqueros y los mediocampistas centrales tenían niveles de fuerza más bajos de extensores y flexores en comparación con otras posiciones de la cancha de fútbol.

Los resultados para la resistencia muscular se vieron ligeramente diferentes, ya que los arqueros tuvieron resultados más bajos en comparación con los mediocampistas externos y los defensores centrales. Los arqueros, sin embargo, tuvieron los valores más bajos de los indicadores isocinéticos más analizados debido a la especificidad de jugar en sus posiciones y a causa de un nivel significativamente más bajo de estos elementos. Por lo tanto, se puede suponer que la actividad funcional específica de los jugadores en posiciones individuales en la cancha influye en el perfil variado del rendimiento de la fuerza isocinética. Este estudio puede ser una parte clave de la tendencia de las actividades que apuntan a individualizar el proceso de entrenamiento en el fútbol y las estrategias de preparación en términos de disposición de la fuerza de los jugadores en posiciones individuales y en el contexto de perfiles de jugadores para una posición determinada. Sin embargo, los informes futuros también deben tener en cuenta las deficiencias y los desequilibrios en la fuerza y la resistencia de los grupos musculares individuales entre jugadores de diferentes posiciones en la cancha de fútbol.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Witold Dudziński, PhD, jefe de la clínica de rehabilitación Rehasport, por hacer posible este estudio, y a la Sra. Magdalena Lewandowska por su asistencia en el análisis estadístico.

**Tabla 2.** Características del PT / BM de los cuádriceps y los isquiotibiales, y las relaciones H / Q a 1,05 rad • s<sup>-1</sup> de velocidad angular en las posiciones de reproducción (media ± DE).

Variables	Pierna	G <sup>a</sup> (n = 14)	CD (n = 18)	ED (n = 14)	CM <sup>b</sup> (n = 30)	EM (n = 14)	F (n = 21)
PT-Q	Dominante	2.91 ±0.276	3.29 ±0.271	3.32 ±0.266	3.1 ±0.401	3.33 ±0.412	3.47 ±0.223
	No dominante	2.81 ±0.455	3.31 ±0.415	3.21 ±0.301	3.07 ±0.446	3.37 ±0.491	3.28 ±0.271
PT-H	Dominante	1.66 ±0.222	2.02 ±0.261	1.83 ±0.186	1.85 ±0.347	2.11 ±0.292	2.02 ±0.275
	No dominante	1.51 ±0.253	1.89 ±0.281	1.89 ±0.193	1.79 ±0.308	1.91 ±0.363	1.86 ±0.247
H/Q	Dominante	57.42 ±7.224	60.61 ±7.937	54.99 ±4.686	61.05 ±7.672	62.21 ±8.469	58.23 ±6.273
	No dominante	56.08 ±7.499	57.32 ±8.712	59.29 ±3.252	57.49 ±6.546	56.17 ±10.038	56.69 ±7.051

(p = 0.0006), ED (p < 0.0001), F (p < 0.0001), CD (p < 0.0001), and EM (p < 0.0001)  
(p = 0.0493), and EM (p = 0.0087)

## DISCUSIÓN

Las diversas demandas de la fuerza isocinética del fútbol de élite se han descrito con frecuencia en la literatura científica. Sin embargo, pocos estudios intentaron abordar perfiles específicos de fuerza isocinética en referencia a las posiciones de juego. En el contexto de la reciente especialización en posición de juego altamente avanzada y, a continuación, un perfil motor variado en una posición de juego dada, estos aspectos son de mayor importancia. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar los perfiles de rendimiento de fuerza isocinética en jugadores de fútbol de élite en las diferentes posiciones de la cancha.

El principal hallazgo del presente estudio fue que la fuerza isocinética concéntrica varía significativamente entre los jugadores de diferentes posiciones de juego. En términos del PT para los cuádriceps, los arqueros tenían valores más bajos que los centrocampistas centrales, los defensores externos, los defensores centrales, los mediocampistas externos y los delanteros, mientras que los valores eran más bajos para los mediocampistas centrales que para los mediocampistas externos y delanteros (p < 0,0001; tabla 2). El último estudio de Costa Silva et al. [16], referenciado al principio, indica que las diferencias estadísticamente significativas entre los jugadores en las tres posiciones de juego especificadas (defensores, centrocampistas, delanteros) se relacionaron solo con el PT de los músculos extensores, donde los defensores tenían valores estadísticamente más altos que los mediocampistas, pero no mostraron diferencia en comparación con los delanteros. Según los autores, estos resultados pueden justificarse debido a la realización de acciones específicas similares entre defensores y delanteros, principalmente compuestas por movimientos cortos e intensos como carreras de velocidad y saltos, que exigen un gran esfuerzo de los extensores de rodilla. Contrariamente a estos hallazgos, Öberg et al. [19], basado en una división similar de jugadores, encontró que los arqueros y defensores tenían una mayor fuerza de cuádriceps en comparación con los delanteros. Estos hallazgos concuerdan con Ruas et al. [22], quienes encontraron que la fuerza del cuádriceps de los arqueros era mayor en comparación con todas las otras posiciones (laterales, centrocampistas defensores centrales, centrocampistas centrales de ataque y delanteros), y los defensores centrales tenían mayor fuerza de cuádriceps en comparación con los centrocampistas defensores centrales. Sin embargo, Carvalho y Cabri [21] demostraron que los arqueros y los delanteros tienen una mayor fuerza de cuádriceps en la pierna dominante, mientras que los defensores centrales tienen una mayor fuerza de piernas no dominante de cuádriceps en comparación con todas las demás posiciones. Contrariamente a estos hallazgos, hay informes que no muestran diferencias estadísticamente significativas en el nivel de PT concéntrico para los cuádriceps entre jugadores de las diferentes posiciones [16-18, 20, 23].

En la práctica de fútbol, normalmente se entiende que el músculo cuádriceps desempeña un papel importante en la ejecución de carreras de velocidad, saltos, patadas y pases, mientras que los isquiotibiales actúan principalmente como estabilizadores de la articulación de la rodilla durante los cambios de velocidad y dirección y patadas [18, 21, 22, 33, 34]. En el sprint, los giros y el abordaje de los isquiotibiales se usan de manera concéntrica, pero se utilizan principalmente de forma excéntrica para controlar, desacelerar y estabilizar la rodilla [2, 7, 9, 22, 33, 34]. Los resultados hallados en este estudio fueron similares para los cuádriceps, donde los arqueros tenían un PT más bajo de los isquiotibiales en relación con todas las otras posiciones, y los mediocampistas centrales en relación con los defensores centrales y los mediocampistas externos (p < 0,0001; Tabla 2). Estos hallazgos son similares a los datos obtenidos por Tourny-Chollet et al. [20], quien encontró que los mediocampistas tienen una menor fuerza concéntrica de los isquiotibiales en la pierna no dominante en

comparación con los delanteros y los defensores, y para la pierna dominante en comparación con los delanteros solos (los arqueros no se consideraron en este estudio). Weber et al. [18], quienes se basaron en la misma división de jugadores, demostró las mismas relaciones, donde los defensores tenían valores más altos para los músculos de fuerza flexora en comparación con los centrocampistas para la pierna dominante (no se observaron diferencias estadísticamente significativas para la pierna no dominante). Por otro lado, Goulart et al. [17] mostró un promedio más alto de PT de los flexores de la rodilla derecha en los defensores centrales en comparación con los mediocampistas centrales, los defensores externos y los delanteros. Carvalho y Cabri registraron relaciones similares [21], quienes observaron que los jugadores en casi todas las posiciones de la cancha tenían una fuerza menor en el tendón de la corva tanto para las piernas dominantes como para las no dominantes que para los arqueros y los defensores centrales.

En resumen, encontramos que los arqueros y los mediocampistas centrales tenían niveles de fuerza más bajos de extensores y flexores en comparación con otras posiciones de la cancha. Los resultados de los arqueros pueden explicarse por sus tareas específicas, las cuales podrían haber contribuido a estos resultados. Además, Ruas et al. [22] sugieren que los resultados de los arqueros deben interpretarse de forma distinta a las otras posiciones. De manera contraria a los estudios mencionados anteriormente [21, 22], nuestros arqueros tuvieron los niveles más bajos de TP de los cuádriceps y los isquiotibiales para ambas piernas (Tabla 2). Tales hallazgos contradictorios se deben considerar en el contexto de la falta de relativización de los indicadores isocinéticos analizados con el peso de los jugadores. En general, se sabe en la literatura que los arqueros tienen mayor peso en comparación con otros jugadores [35]. Por otro lado, las diferencias observadas entre los jugadores de campo pueden justificarse por la realización de acciones específicas similares entre defensores centrales y externos, mediocampistas externos y delanteros, compuestos principalmente de movimientos cortos e intensos, como carreras de velocidad y saltos, que exigen un gran esfuerzo de los extensores de rodilla en comparación con los centrocampistas centrales, cuyas actividades muestran características de una acción más prolongada [16]. En consecuencia, la tendencia general confirmada por muchos estudios [16, 18, 20, 21, 23] es que los mediocampistas centrales tienen un nivel más bajo de cuádriceps y fuerza muscular de los isquiotibiales en comparación con los jugadores de otras posiciones en la cancha de fútbol.

Según Fousekis en al. [3], ciertas habilidades en el fútbol como patear, gambetear y pasar la pelota, son netamente unilaterales, requieren patrones motores asimétricos y llevan al desarrollo de más fuerza en un lado hacia el otro. Esto coincide con los resultados de muchos informes anteriores [36, 37], que mostraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza muscular entre la pierna dominante y la no dominante. Por el contrario, nuestro estudio no confirma estas diferencias con respecto a los músculos extensores entre los jugadores en diferentes posiciones. La falta de diferencias significativas en los valores de PT para los cuádriceps entre la pierna dominante y la no dominante es similar a los resultados observados por Rahnama et al. [5], Costa Silva et al. [16], Weber et al. [18] y Magalhães et al. [23], quienes tampoco registraron diferencias significativas entre la fuerza dominante y no dominante de los jugadores de diferentes posiciones de la cancha de fútbol. Este resultado podría haber estado influenciado por la metodología utilizada en el entrenamiento de ambas extremidades para realizar movimientos técnicos [16], así como también por la versatilidad de las tareas realizadas, lo que nos ha llevado en los últimos años a eliminar las diferencias en el perfil de fuerza muscular de los jugadores en diferentes posiciones [21]. A diferencia de los extensores, para los flexores, observamos diferencias estadísticamente significativas entre las piernas, donde los valores promedios para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante (Tabla 2). Estos hallazgos, a su vez, coinciden con los resultados de los estudios que utilizan flexores tanto concéntricos [18, 20, 21] como de fuerza de contracción excéntrica [2, 9, 18, 22]. Quizás en ambos casos haya un patrón similar de cambios adaptativos.

Estos datos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el caso de las relaciones H / Q entre diferentes posiciones en la cancha (Tabla 2). Al igual que en nuestro estudio, Costa Silva et al. [16], Weber et al. [18], y Ruas et al. [22] no informaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en relación con la proporción H / Q convencional para las piernas dominantes y no dominantes. La falta de variación entre los grupos en el caso del indicador analizado muestra que debe ser principalmente con significación de diagnóstico en la evaluación del riesgo de lesión en los jugadores. Sin embargo, parece que las mediciones de la relación PT son más importantes para la evaluación clínica que para el rendimiento en el fútbol [4].

Aunque el presente estudio encontró diferencias significativas en las relaciones H / Q entre las piernas, donde los valores promedios observados para la pierna dominante fueron más altos que para la pierna no dominante, estos resultados indicaron una mejor estabilidad en la articulación de la rodilla para la pierna dominante. Por otro lado, estos hallazgos relativos a las relaciones H / Q convencionales no se confirmaron en los estudios mencionados anteriormente [16, 18, 22]. También encontramos que los valores de la relación H / Q convencional oscilan entre 55% y 62% a  $1.05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ . Los valores anteriores son similares a los informados por otros autores [3, 13, 21, 22, 33]. Anteriormente, las relaciones H / Q de menos del 60% para la velocidad angular a  $1.05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  estaban vinculadas a la lesión de ACL; La estabilización de la articulación de la rodilla se ve afectada por la activación del cuádriceps y la debilidad relativa de los isquiotibiales [14, 15, 22, 38-40]. Por lo tanto, los factores particularmente importantes en el monitoreo de los efectos de los programas de entrenamiento y en la prevención de lesiones son la evaluación y el control de la fuerza muscular [2].

Aunque la PT es considerada como la medida principal del rendimiento de la fuerza isocinética, desde el punto de vista práctico, otras medidas como la TW pueden proporcionar información significativa en términos de la capacidad muscular para generar fuerza durante un tiempo más prolongado por los jugadores en posiciones específicas. Puede parecer que debido a requisitos funcionales significativamente diferentes en el juego, los jugadores en diferentes posiciones en la cancha representarán varios niveles de resistencia muscular. Nuestro estudio muestra que los valores TW-Q para los arqueros fueron más bajos que para los defensores centrales y los mediocampistas externos, y los valores TW-H para los arqueros fueron más bajos que para los centrocampistas centrales, los defensores centrales y los mediocampistas externos (Tabla 3). A pesar de que los valores promedios más altos de TW-Q y TW-H se notaron claramente para los centrocampistas externos y los defensores centrales, estas diferencias entre los jugadores de campo individuales no mostraron significación estadística (debe señalarse aquí solo la tendencia a la significación estadística entre los mediocampistas externos y los defensores externos para TW-H). Estos hallazgos son similares a los datos obtenidos por Goulart et al. [17], que tampoco informó diferencias estadísticamente significativas en los valores de TW entre jugadores en posiciones específicas en la cancha. Según los autores [17], esta tendencia puede deberse al hecho de que el entrenamiento de resistencia muscular en los clubes es similar para todos los jugadores, lo que podría explicar la falta de diferencias a este respecto entre los jugadores en posiciones específicas en la cancha. En nuestra opinión, en el contexto de las tecnologías modernas de entrenamiento, estas cargas deben ser seriamente especificadas en términos de componentes individuales de rendimiento de fuerza.

**Tabla 3.** Característica del TW / BM de los cuádriceps y los isquiotibiales a una velocidad angular de  $4.19 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  en las posiciones de juego (media  $\pm$  SD).

Variables	Pierna	G (n = 14)	CD (n = 18)	ED (n = 14)	CM (n = 30)	EM (n = 14)	F (n = 21)
TW-Q	Dominante	48.38 $\pm 6.363$	53.45 $\pm 5.574$	51.78 $\pm 7.351$	50.22 $\pm 7.321$	55.16 $\pm 6.904$	52.99 $\pm 6.939$
	No dominante	46.25 $\pm 8.287$	52.29 $\pm 5.424$	49.54 $\pm 7.171$	50.79 $\pm 6.188$	54.41 $\pm 5.919$	50.87 $\pm 5.728$
TW-H	Dominante	27.19 $\pm 5.423$	34.41 $\pm 6.069$	31.15 $\pm 5.248$	33.37 $\pm 6.721$	35.88 $\pm 6.536$	32.09 $\pm 6.591$
	No dominante	26.49 $\pm 4.758$	34.35 $\pm 6.012$	30.64 $\pm 6.146$	33.45 $\pm 6.728$	34.85 $\pm 6.456$	30.75 $\pm 6.326$

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182177.t003>

Aunque las relaciones entre la fuerza muscular isocinética en jugadores de fútbol y las demandas funcionales en el juego no están claras, se ha sugerido que la actividad funcional específica de los jugadores en posiciones individuales en la cancha puede influir en el perfil de fuerza isocinética [18, 20, 21]. Los resultados actuales confirmaron estas relaciones, fundamentalmente en términos de fuerza muscular, donde los arqueros y los mediocampistas centrales tenían niveles de fuerza más bajos de extensores y flexores en comparación con otras posiciones de la cancha de fútbol.

Los resultados para la resistencia muscular se vieron ligeramente diferentes, ya que los arqueros tuvieron resultados más bajos en comparación con los mediocampistas externos y los defensores centrales. Los arqueros, sin embargo, tuvieron los valores más bajos de los indicadores isocinéticos más analizados debido a la especificidad de jugar en sus posiciones y a causa de un nivel significativamente más bajo de estos elementos. Por lo tanto, se puede suponer que la actividad funcional específica de los jugadores en posiciones individuales en la cancha influye en el perfil variado del rendimiento de la fuerza isocinética. Este estudio puede ser una parte clave de la tendencia de las actividades que apuntan a individualizar el proceso de entrenamiento en el fútbol y las estrategias de preparación en términos de disposición de la fuerza de los jugadores en posiciones individuales y en el contexto de perfiles de jugadores para una posición determinada. Sin embargo, los informes futuros también deben tener en cuenta las deficiencias y los desequilibrios en la fuerza y la resistencia de los grupos musculares individuales entre jugadores de diferentes posiciones en la cancha de fútbol.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Witold Dudziński, PhD, jefe de la clínica de rehabilitación Rehasport, por hacer posible este estudio, y a la Sra. Magdalena Lewandowska por su asistencia en el análisis estadístico.

## REFERENCIAS

1. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A (2013). Effectiveness of injury prevention programs on developing quadriceps and hamstrings strength of young male professional soccer players. *J Hum Kinet* 39(31): 115-125.
2. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med* 36(8): 1469-1475. *pmid:18448578*
3. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *J Sports Sci Med* 9(3): 364-373. *pmid:24149628*
4. Greco CC, Silva WL, Camarda SRA, Denadai BS (2013). Fatigue and rapid hamstring/quadriceps force capacity in professional soccer players. *Clin Physiol Funct Imaging* 33(1): 18-23. *pmid:23216761*
5. Rahnama N, Lees A, Bambaecchi E (2005). Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics* 48(11-14): 1568-1575. *pmid:16338722*
6. Houweling TA, Head A, Hamzeh MA (2009). Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. *Isokinet Exerc Sci* 17(4): 213-220.
7. Jenkins NDM, Hawkey MJ, Costa PB, Fiddler RE, Thompson BJ, Ryan ED, et al. (2013). Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women's soccer players. *J Sports Sci* 31(6): 612-617. *pmid:23150930*
8. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: A prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med* 45(9): 709-714. *pmid:21119022*
9. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: An intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 18(1): 40-48. *pmid:17355322*
10. Iga J, George K, Lees A, Reilly T (2009). Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scand J Med Sci Sports* 19(5): 714-719. *pmid:18627555*
11. Śliwowski R, Jadczyk Ł, Hejna R, Wieczorek A (2015). The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. *PloS One* 10(12): e0144021. *pmid:26630271*
12. Forbes H, Bullers A, Lovell A, McNaughton LR, Polman RC, Siegler JC (2009). Relative torque profiles of elite male youth footballers: effects of age and pubertal development. *Int J Sports Med* 30(8): 592-597. *pmid:19468968*
13. Lehance C, Binet J, Bury T, Croisier L (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 19(2): 243-251. *pmid:18384493*
14. Lehnert M, Xaverová Z, De Ste Croix M (2014). Changes in muscle strength in U19 soccer players during an annual training cycle. *J Hum Kinet* 42(10): 175-185.
15. Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarin NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC (2012). Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *J Sports Sci* 30(6): 547-553. *pmid:22364375*
16. Costa Silva JRL, Detanico D, Dal Pupo J, Freitas CR (2015). Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players U 20 category. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 17(2): 195-204.
17. Goulart LF, Dias RMR, Altimari LR (2007). Isokinetic force of under-twenties soccer players: Comparison of players in different field positions. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 9(2): 165-169.
18. Weber FS, Da Silva BGC, Radaelli R, Paiva C, Pinto RS (2010). Isokinetic assessment in professional soccer players and performance comparison according to their different positions in the field. *Rev Bras Med Esporte* 16(4): 264-268.
19. Öberg B, Ekstrand J, Möller M, Gillquist J (1984). Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *Int J Sports Med* 5(4): 213-216. *pmid:6480206*
20. Tourny-Chollet C, Leroy D, Leger H, Beuret-Blanquart F (2000). Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinet Exerc Sci* 8(4): 187-193.
21. Carvalho P, Cabri J (2007). Avaliação isocinética da força dos músculos da coxa dos futebolistas. *Rev Port Fisiot Desporto* 1(2): 4-13.
22. Ruas CV, Minozzo F, Pinto MD, Brown LE, Pinto RS (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *J Strength Cond Res* 29(5): 1220-1226. *pmid:25436632*
23. Magalhães J, Oliveira J, Ascensão A, Soares JMC (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *J Sports Med Phys Fit* 44(2): 119-125.
24. English R, Brannock M, Chik WT, Eastwood LS, Uhl T (2006). The relationship between lower extremity isokinetic work and single-leg functional hop-work test. *J Sport Rehabil* 15: 95-104.
25. Amaral GM, Marinho HVR, Ocarino JM, Silva PLP, Souza TR, Fonseca ST (2014). Muscular performance characterization in athletes: a new perspective on isokinetic variables. *Braz J Phys Ther* 18(6): 521-529. *pmid:25590444*
26. Manou V, Arseniou P, Gerodimos V, Kellis S (2002). Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test. *Isokinet Exerc Sci* 10(4): 177-181.
27. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28(3): 222-227. *pmid:17024626*
28. Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci* 27(2): 159-168. *pmid:19153866*
29. Carling C (2010). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *J Sports Sci* 28(3): 319-326. *pmid:20077273*
30. Montgomery LC, Douglas LW, Deuster PA (1989). Reliability of an isokinetic test of muscle strength and endurance. *J Orthop Sports Phys Ther* 10(8): 315-322. *pmid:18796953*

31. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A (2012). The effects of injury preventive warm-up programs on knee strength ratio in young male professional soccer players. *PLoS One* 7(12): e50979. *pmid:23226553*
32. Bosquet L, Maquet D, Forthomme B, Nowak N, Lehance C, Croisier JL (2010). Effect of the lengthening of the protocol on the reliability of muscle fatigue indicators. *Int J Sports Med* 31(2): 82-88. *pmid:20221999*
33. Bogdanis GC, Kalapotharakos VI (2016). Knee extension strength and hamstrings-to-quadriceps imbalances in elite soccer players. *Int J Sports Med* 37(2): 119-124. *pmid:26509377*
34. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 22(1): 45-51. *pmid:11258641*
35. Reilly T, Bangsbo J, Franks A (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci* 18(9): 669-683. *pmid:11043893*
36. McLean B, Tumilty D (1993). Left-right asymmetry in two types of soccer kick. *Br J Sports Med* 27(4): 260-262. *pmid:8130965*
37. Mogroni P, Narici M, Sirtori M, Lorenzelli F (1994). Isokinetic torques and maximal velocity in young soccer players. *J Sports Med Phys Fit* 34(4): 357-361.
38. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P (2003). Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinet Exerc Sci* 11(3): 139-144.
39. Camarda SRA, Denadai BS (2012). Does muscle imbalance affect fatigue after soccer-specific intermittent protocol? *J Sci Med Sport* 15(4): 355-360. *pmid:22197067*
40. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med* 26(2): 231-237. *pmid:9548116*

### Cita Original

Śliwowski R, Grygorowicz M, Hojszyk R, Jadczyk Ł (2017) The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. *PLoS ONE* 12(7): e0182177. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182177>