



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo : Relación de la ratio H:Q y las lesiones de rodilla en atletas de HIFT

Title: Relationship between H:Q ratio and knee injuries in HIFT athletes

Autor/es

Eduardo Buldain Albillar

Director/es

Ricardo Ros Mar

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte
2024/2025

ÍNDICE

Índice de Tablas.....	2
Índice de Abreviaturas.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	6
Objetivos.....	10
Objetivo general:.....	10
Objetivos específicos:.....	10
Metodología.....	11
Resultados.....	17
Discusión.....	29
Conclusiones.....	32
Limitaciones del estudio.....	33
Bibliografía.....	35
Anexos.....	40
Anexo 1. Figuras de la Distribución de la Ratio H:Q según género y nivel deportivo.....	40
Anexo 2: Gráficas de evaluación de fuerza en contracción isométrica mediante el software Chronojump®.....	42
Anexo 3: Cuestionario de participación y recogida de datos sociodemográficos, antecedentes lesionales y nivel deportivo.....	43
Anexo 4: Consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA).....	44

Índice de Tablas

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra	18
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la Ratio H:Q distribuida por lateralidad (derecha/izquierda)	19
Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la Ratio H:Q distribuida por valor (<0,6 vs >0,6)	19
Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la ratio H:Q derecha e izquierda según el genero	20
Tabla 5. Comparación de la ratio H:Q entre hombres y mujeres mediante prueba U de Mann– Whitney	20
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la ratio H:Q por niveles (RX vs Intermedio)	21
Tabla 7. Comparación de la ratio H:Q entre niveles RX e Intermedio mediante prueba U de Mann– Whitney	21
Tabla 8. Comparación de la ratio H:Q entre extremidades con y sin lesión mediante prueba U de Mann–Whitney	22
Tabla 9. Asociación entre ratio H:Q baja (< 0,6) y presencia de lesión mediante prueba exacta de Fisher	23
Tabla 10. Modelo de regresión logística para predecir lesión según ratio H:Q baja/género	24
Tabla 11. Asociación entre el género y presencia de lesión mediante tabla de contingencias	25
Tabla 12. Asociación entre el nivel deportivo y presencia de lesión mediante tabla de contingencias	27
Tabla 13. Asociación entre ratio H:Q baja y la lesión en la extremidad dominante tabla de contingencias	28

Índice de Abreviaturas

Abreviatura	Significado
H:Q / I:C	Ratio isquiotibiales/cuádriceps
HQD	Ratio H:Q del miembro inferior derecho
HQI	Ratio H:Q del miembro inferior izquierdo
OR	Odds ratio (razón de probabilidades)
IC 95 %	Intervalo de confianza al 95 %
p	Valor de significación estadística
LLR	Log-likelihood ratio (razón de verosimilitud)
HIFT	High Intensity Interval Training / Entrenamiento funcional de alta intensidad
RX	Nivel avanzado en entrenamiento funcional (categoría RX en CrossFit®)
CEICA	Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón
N	Número de observaciones o casos
DE	Desviación estándar
t	Estadístico t de Student
U	Estadístico U de Mann-Whitney
χ^2	Estadístico chi-cuadrado

Resumen

Este estudio ha analizado la relación entre la ratio isquiotibiales/cuádriceps (H:Q) y la presencia de lesión de rodilla en deportistas de CrossFit®. La investigación se ha justificado por la elevada exigencia biomecánica de esta disciplina y la necesidad de identificar factores de riesgo lesional específicos.

Se han evaluado 20 deportistas (12 hombres y 8 mujeres), mediante un diseño observacional de corte transversal, utilizando contracción isométrica para calcular la ratio H:Q de ambas extremidades. También se ha registrado la presencia de lesión, el sexo, el nivel deportivo y la lateralidad del miembro inferior.

Los resultados no han mostrado diferencias significativas en la ratio H:Q entre extremidades lesionadas y no lesionadas, ni asociaciones entre ratio baja ($< 0,6$) y lesión. Tampoco se han observado diferencias por género o nivel deportivo. La única asociación significativa se ha encontrado entre la lateralidad y la presencia de lesión, más frecuente en el lado dominante. El modelo de regresión logística no ha identificado predictores significativos de lesión.

En conclusión, la ratio H:Q isométrica no se ha mostrado como un factor predictivo fiable de lesión en esta muestra, lo que indica la necesidad de considerar otros factores de riesgo en el análisis preventivo en atletas de entrenamiento funcional de alta intensidad.

Abstract

This study has analyzed the relationship between the hamstring-to-quadriceps (H:Q) ratio and the presence of knee injury in CrossFit® athletes. The research has been justified by the high biomechanical demands of this discipline and the need to identify specific injury risk factors.

Twenty athletes (12 men and 8 women) have been evaluated using a cross-sectional observational design. Isometric contraction was used to calculate the H:Q ratio for both lower limbs. The presence of injury, sex, training level, and limb dominance have also been recorded.

The results have shown no significant differences in the H:Q ratio between injured and non-injured limbs, nor associations between a low ratio (< 0.6) and injury. No differences have been found by sex or training level. The only significant association has been observed between limb dominance and injury, which was more frequent in the dominant leg. The logistic regression model has not identified any significant predictors of injury.

In conclusion, the isometric H:Q ratio has not proven to be a reliable predictive factor for injury in this sample, suggesting that other risk factors should be considered in injury prevention strategies for high-intensity functional training athletes.

Introducción

El Crossfit® (CF), también conocido como Cross Training (CT) o Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad (HIFT), es una metodología de entrenamiento con un gran impacto a nivel mundial (Thompson, 2016). Sus programas de acondicionamiento físico combinan las capacidades físicas básicas (resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad, coordinación y equilibrio) en sus entrenamientos por medio de elementos gimnásticos (dominadas, vertical o *handstand*, ejercicios de anillas, etc.), levantamiento de pesas (peso muerto, press de banca, sentadillas, levantamientos olímpicos, etc.) y ejercicios cardiovasculares (correr, remar, cicloergómetro, etc.) (Feito et al., 2018). En los últimos años se ha consolidado como una de las tendencias mundiales en cuanto a entrenamiento, pero su alta intensidad, exigencia técnica y volumen de entrenamiento han generado debates sobre el riesgo y la prevalencia de lesiones en este deporte (Claudino et al., 2018; Meyer et al., 2017).

La literatura indica que el Crossfit® presenta una incidencia de lesiones similar o ligeramente superior a otras disciplinas de fuerza como la halterofilia o el powerlifting, siendo las áreas más afectadas hombros, columna y rodillas (Rodriguez et al., 2022). La tasa de lesiones en Crossfit® se encuentra entre 0,27-3.3 por cada 1000 horas de entrenamiento (Gardiner et al., 2020), además, se observa un mayor índice lesional en hombres que en mujeres (Weisenthal et al., 2014). En cuanto a las lesiones de rodilla, Shim et al. (2023), observaron que estas representan el 13%, mientras que Knapik (2022), reportó que un 14% de las lesiones en HIFT se producen en las rodillas, lo que refleja un porcentaje significativo de afección en esta área.

A modo comparativo, una revisión de Moreno-Pascual et al. (2008) sobre la epidemiología de las lesiones deportivas, encontró que el fútbol supone el 30% y el

baloncesto el 20% del total de las lesiones deportivas, lo que se traduce en 7,6 y 3 lesiones por cada 1000 horas de juego, respectivamente. Así mismo se identificó que el 71,9% de las lesiones se producen en extremidades inferiores, siendo la rodilla el área más afectada con un 24,1% de dichas extremidades.

La ratio H:Q (hamstrings-to-quadriceps) o I:C (isquiotibiales-cuádriceps) es un valor que relaciona la fuerza entre la musculatura flexora y extensora de rodilla, utilizado para determinar posibles riesgos de lesión o inestabilidad en esta articulación (Lutz et al., 2023). En deportes de equipo como el fútbol, existe una sólida base de evidencia científica sobre su utilidad para estimar el riesgo de lesión (Alizadeh et al., 2022; Diker et al., 2022; Heinert et al., 2021; Kellis et al., 2023; Rudsill et al., 2023).

Existen diversos métodos para evaluar esta ratio:

- La ratio H:Q convencional, evalúa la fuerza en la flexión y extensión de rodilla al realizar una contracción muscular concéntrica en ambos patrones.
- La ratio H:Q funcional evalúa la fuerza en la flexión al realizar una contracción excéntrica y extensión de rodilla al realizar una contracción muscular concéntrica.
- La ratio H:Q isométrica, evalúa la fuerza en flexión y extensión de rodilla mediante contracciones isométricas máximas en ambos patrones, en ángulos determinados.

Según varios autores la ratio convencional e isométrica debe situarse por encima de 0,6 para que exista equilibrio muscular (Bennell et al., 1998; Da-Silva & Maior, 2022) mientras que la ratio funcional debe situarse entre 0,8 y 1 (Kellis et al., 2023). El equilibrio entre la fuerza de la musculatura anterior y posterior del muslo es relevante

tanto en la producción de fuerza como en acciones explosivas y desaceleraciones. La literatura científica ha asociado el valor inferior a 0,6 en la ratio H:Q a un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior o sobrecarga patelofemoral, especialmente en contextos de fatiga y deficiencia técnica (Mau-Moeller et al., 2019).

La mayoría de las investigaciones han centrado su análisis en la ratio H:Q convencional y funcional mediante dinamometría isocinética, la ratio isométrica presenta ventajas en contextos donde el acceso a equipamiento especializado es limitado. Diversos estudios han demostrado que el método isométrico puede ser un indicador válido de desequilibrio muscular y predisposición a lesiones (Aagaard et al., 1998; Da-Silva & Maior, 2022). Sin embargo en disciplinas como el Crossfit® esta ratio ha sido escasamente utilizada en relación a la lesión de rodilla. Por ello, es necesario investigar si una descompensación en la fuerza isométrica entre cuádriceps e isquiotibiales podría relacionarse con un mayor riesgo de lesión en estos atletas.

Rodrigues et al. (2023) identificaron que las atletas femeninas presentaron una ratio H:Q de entre 0,463 y 0,545, mientras que los atletas masculinos se situaron entre 0,466 y 0,545, valores por debajo del umbral de equilibrio (0,6). Esto sugiere un desequilibrio de fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps, lo que podría incrementar el riesgo de lesión, como también lo afirmaron Motta et al. (2018). A pesar de esto, la escasez de evidencia científica dificulta la identificación de desequilibrios musculares en este deporte, lo que hace necesario profundizar en esta área para comprender su implicación en la prevención de lesiones.

El Crossfit® incluye levantamientos olímpicos (arrancada y dos tiempos, y sus variantes), ejercicios de sentadilla profunda, saltos pliométricos y elementos de carrera o sprints entre otros elementos de esta metodología de entrenamiento. Estos ejercicios

suponen un impacto en la rodilla que sin una correcta adaptación de la carga y una progresión adecuada puede incurrir a favorecer la aparición de lesiones. Además, si analizamos el contexto actual del deporte, observamos que cada vez se acerca más a un deporte competitivo y se aleja de la filosofía inicial enfocada a la salud. Esto ha llevado a muchos deportistas a priorizar el rendimiento competitivo frente al bienestar físico, con el consiguiente aumento del riesgo de lesiones (Sprey et al., 2016).

Objetivos

Objetivo general:

- Analizar la relación entre la ratio isométrica isquiotibiales/cuádriceps (H:Q) y la presencia de lesión de rodilla en deportistas de Crossfit®, considerando variables como el género, el nivel deportivo y la lateralidad del miembro inferior.

Objetivos específicos:

- Comparar la ratio H:Q entre deportistas con y sin lesión de rodilla.
- Evaluar si una ratio H:Q baja ($<0,6$) es más frecuente en deportistas lesionados.
- Determinar si el género influye en la presencia de lesión.
- Determinar si el nivel deportivo (RX/Intermedio) se asocia con la lesión.
- Explorar si existen diferencias en la ratio H:Q según el género y nivel deportivo.
- Investigar si las lesiones son más frecuentes en la extremidad dominante.
- Estudiar si una ratio H:Q baja en la extremidad lesionada está relacionada con la lateralidad.
- Evaluar si la ratio H:Q puede predecir la presencia de lesión mediante regresión logística.

Metodología

Diseño del Estudio

Este trabajo corresponde a un estudio observacional de diseño transversal, cuyo objetivo fue analizar la relación entre la ratio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps (H:Q) en contracción isométrica y la presencia de lesión en la rodilla en deportistas de HIFT. La elección del diseño transversal viene dada debido a que permite analizar la relación entre variables en un momento concreto, lo cual es adecuado para explorar asociaciones sin intervención.

Participantes

Para la selección de participantes se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Tener entre 18 y 45 años de edad.
- Contar con un nivel Intermedio o RX en la práctica de CrossFit®.
- Entrenar un mínimo de cinco horas semanales.
- Tener una experiencia previa mínima de 2 años.

Por otro lado fueron excluidos aquellos individuos que cumplían con las siguientes condiciones:

- Ser menor de 18 años o mayor de 45 años.
- Poseer un nivel inferior a Intermedio en la práctica de CrossFit®.
- Presentar alguna incapacidad en la rodilla que impidiese la evaluación.
- No practicar CrossFit® de manera regular

- No llegar al mínimo de práctica semanal de 5 horas
- No tener la experiencia previa suficiente de 2 años.

El reclutamiento de los participantes se llevó a cabo mediante el contacto directo con los responsables de los cuatro centros deportivos, quienes trasladaron la propuesta de participación en el estudio a sus deportistas. El tamaño muestral se estableció en función de la disponibilidad de sujetos que cumplieren con los criterios anteriores, alcanzando un total de 20 participantes. La muestra estaba compuesta por 12 hombres y 8 mujeres, con edades comprendidas entre 23 y 45 años ($30,35 \pm 6,45$). El nivel de los participantes se clasificó en función de su categoría competitiva, 14 deportistas fueron clasificados como ‘Intermedio’ y 6 como ‘RX’. Cada extremidad se consideró como unidad de análisis, lo que permitió evaluar un total de 40 rodillas.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado (véase Anexo 4), donde se informó sobre sus derechos y la naturaleza del estudio, antes de iniciar la recogida de datos. Así mismo el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA).

Fuentes de Información

Las variables consideradas en el estudio fueron las siguientes:

- Edad.
- Sexo.
- Ratio H:Q separado por derecha (HQD) e izquierda (HQI).
- Presencia o ausencia de lesión en la rodilla.
- Lado de la rodilla lesionada (izquierda o derecha)

- Rodilla lesionada del lado dominante (Si/No)

Los datos se obtuvieron a partir de dos fuentes principales:

- Medición directa de la fuerza isométrica máxima mediante una galga extensiométrica y el software Chronojump® v2.57 (Boscosystem, 2024).
- Cuestionario (véase Anexo 3) diseñado para la recolección de datos sociodemográficos, antecedentes de lesiones, lateralidad y nivel deportivo.
- La lateralidad fue determinada mediante autoinforme: se preguntó a los participantes con qué pierna golpearían un balón.
- La presencia de lesión fue determinada mediante autoinforme: se preguntó a los participantes si se encontraban lesionados en ese momento.

La recolección de datos (cuestionario y evaluación) se llevó a cabo en un período de dos meses, concertando citas con los participantes. El cuestionario utilizado fue diseñado ad hoc para este estudio, validado por el tutor académico, basado en los objetivos del estudio. Se analizó la existencia actual de lesión en la rodilla.

La fuerza isométrica (véase Figuras 5 y 6, Anexos) se midió mediante una galga extensiométrica Chronojump® (Kit de sensor de Fuerza), la cual presenta fiabilidad y precisión en la evaluación de la fuerza isométrica en miembros inferiores con coeficientes de correlación intraclass superiores a 0,98 (Riojas-Pesqueira y Pérez-Guerra, 2025). Para la evaluación se siguió el protocolo marcado por Da Silva y Maior (2022) el cual presenta una fiabilidad del 0,96, constó de 12 mediciones en total, estableciendo una angulación específica para cada una de las pruebas de evaluación en patrones de flexión y extensión de rodillas.

Procedimientos

El estudio se centró en la recopilación de datos a través de mediciones y cuestionarios, sin intervención terapéutica ni modificaciones en los entrenamientos habituales de los participantes.

La evaluación de la fuerza isométrica se consideró segura, sin riesgos significativos ni contraindicaciones (James et al., 2024). Todos los participantes realizaron un calentamiento previo estandarizado con el fin de evitar lesiones. La medición se interrumpió si el participante refería dolor durante la evaluación.

El protocolo de calentamiento consistió en:

- 5 minutos de cicloergómetro a una intensidad media-baja.
- Activación dinámica específica, compuesta por 2 series de 12 repeticiones de la musculatura extensora de rodilla en sedestación y de la musculatura flexora en decúbito prono, ambas con bandas elásticas.
- Activación isométrica previa a la evaluación, 2 series de 3 repeticiones de contracción isométrica de 5 segundos a una intensidad de 4-5 (algo duro-duro) en la escala de RPE (0-10).

Para la evaluación de la contracción isométrica máxima se realizaron un total de 12 repeticiones de contracciones isométricas máximas de 5 segundos.

- En cada miembro inferior se realizó un total de 6 repeticiones, 3 por cada patrón de movimiento (flexión y extensión de rodilla)
- Se pautaron 60 segundos de descanso entre repeticiones y de 5 minutos entre patrones de movimiento y extremidades inferiores.

Para la evaluación del patrón de flexión de rodilla se estableció al sujeto en posición de decúbito prono, con la cadera neutra y la rodilla evaluada flexionada a 30° en el momento de la máxima aplicación de fuerza.

Para la evaluación del patrón de extensión de rodilla se posicionó al sujeto en sedestación con la rodilla a 90° de flexión pasando a 70° en el punto de máxima aplicación de fuerza. El torso recto, las manos sujetadas al banco y la pierna no evaluada apoyada para una mayor estabilidad en la prueba.

La evaluación se llevó a cabo sin presencia de fatiga previa, los participantes realizaron las pruebas en horarios que no interfiriesen ni en la evaluación, ni en sus entrenamientos. Se evaluaron ambas extremidades inferiores, los datos utilizados en el análisis correspondieron al valor máximo registrado en cada patrón de movimiento. Posteriormente, se calculó la ratio H:Q individual para cada pierna (HQD y HQI) permitiendo el análisis bilateral del equilibrio muscular.

Las mediciones fueron realizadas por un único evaluador (el investigador principal del estudio), previamente a las tomas de datos, se realizaron pruebas de calibración y adecuación del dispositivo para garantizar la consistencia de la recogida de datos en cada centro.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico Jamovi v2.4 (The Jamovi Project, 2023). El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$. Se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas, según la naturaleza de las variables y del tamaño muestral:

- Las variables continuas se sometieron a prueba de normalidad (Shapiro-Wilk). Según los resultados, se utilizaron pruebas paramétricas (t de Student) o no paramétricas (U de Mann-Whitney) para comprobar la ratio H:Q entre grupos independientes (lesión, género, nivel deportivo, lateralidad).
- Las variables categóricas se analizaron mediante tablas de contingencia 2x2. Se aplicaron pruebas de chi-cuadrado (χ^2) o el test exacto de Fisher si las frecuencias esperadas eran <5 .
- Para explorar asociaciones entre variables categóricas, se calcularon odds ratio (OR) con intervalos de confianzas del 95% (IC95%), usando corrección de Haldane-Anscombe cuando fue necesario.
- Se ajustaron modelos de regresión logística binaria para evaluar si la ratio H:Q baja ($<0,6$), predecía la presencia de lesión, controlando por sexo cuando aplicaba.

Consideración de la Perspectiva de Género

Se evaluarán posibles diferencias entre hombres y mujeres en los siguientes aspectos:

- Presencia de lesión en la rodilla.
- Ratio H:Q, con el objetivo de identificar diferencias significativas entre sexos.

Los resultados se desglosaron por sexo con el objetivo de identificar patrones diferenciados o posibles diferencias entre hombre y mujeres.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras el análisis de los datos recogidos de la muestra de deportistas de Crossfit®. En primer lugar se describe la composición de la muestra según variables estudiadas. Posteriormente se exponen los análisis comparativos y estadísticos realizados para evaluar la relación entre la ratio H:Q y la presencia de lesión de rodillas, así como posibles diferencias en función de variables como género, categoría deportiva o presencia de lesión.

Descripción de la muestra

La muestra estuvo formada por 20 deportistas con edades comprendidas entre 23 y 45 años (Media \pm DE: 30,25 \pm 6,45). El 60% de la muestra fueron hombres y el 40% mujeres. En cuanto al nivel deportivo el 30% tenían un nivel RX mientras que el 70% tenían un nivel Intermedio. De los 20 deportistas el 45% presentaba una lesión en la rodilla (88,9% rodilla derecha; 11,1% rodilla izquierda) y el 55% no presentaba lesión. Se analizaron 40 extremidades correspondientes a los 20 sujetos. La presencia de lesión se registró por extremidad, permitiendo el análisis bilateral de cada caso. De las 9 lesiones de rodilla el 66,7% coincidían con la extremidad inferior dominante mientras que el 33,3 no coincidían. La ratio H:Q presentó unos valores medios de 0,571 \pm 0,138 para la extremidad derecha y de 0,590 \pm 0,149 para el izquierdo. De los 40 resultados de evaluación (20 rodillas derechas y 20 izquierdas) el 60% presentaron una ratio inferior a 0,6 y el 40% fue superior al valor normativo.

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra

Variable	Categoría / Estadístico	Valor
Tamaño muestral	—	n = 20
Edad (años)	Media (\pm DE); Rango	30,35 \pm 6,45; 23–45
Género	Masculino	12 (60%)
	Femenino	8 (40%)
Categoría deportiva	RX	6 (30%)
	Intermedio	14 (70%)
Presencia de lesión	Sí	9 (45%)
	No	11 (55%)
Rodilla lesionada	Derecha	8 (88,9%)
	Izquierda	1 (11,1%)
Rodilla lesionada dominante	Sí	6 (66,7%)
	No	3 (33,3%)
Ratio H:Q derecha (HQD)	Media (\pm DE); Rango	0,571 \pm 0,138; 0,404–0,842
Ratio H:Q izquierda (HQI)	Media (\pm DE); Rango	0,590 \pm 0,149; 0,405–0,880
Ratio H:Q Bajo (<0,6)	Sí	24 (60%)
	No	16 (40%)

Nota. Las variables se presentan como media \pm desviación estándar (rango) o frecuencia (porcentaje). Nivel RX = tercer nivel superior de categoría competitiva

Distribución de la ratio H:Q según la lateralidad, la ratio H:Q <0,6, el género y nivel.

A continuación, se describen las características de la ratio H:Q obtenidas, distribuidas por lateralidad, género y nivel deportivo.

La ratio H:Q presentó una distribución similar en ambos miembros inferiores. En el inferior derecho, la media fue de $0,571 \pm 0,138$, mientras que en el izquierdo fue ligeramente superior, con una media de $0,59 \pm 0,149$.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la Ratio H:Q distribuida por lateralidad (derecha/izquierda)

	Miembro Inferior	N	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo
HQ	Derecha	20	0.571	0.547	0.138	0.404	0.842
	Izquierda	20	0.590	0.572	0.149	0.405	0.880

Considerando el punto de corte 0,6 para que la ratio H:Q fuese adecuada o baja, el 60% (n=24) se situaron por debajo del umbral, mientras que el 40% (n=16) se clasificaron como adecuados

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la Ratio H:Q distribuida por valor (<0,6 vs >0,6)

	Ratio HQ	N	Media	Mediana	DE	Mínimo	Máximo
HQ	Bajo	24	0.483	0.476	0.0596	0.404	0.594
	Adecuado	16	0.727	0.710	0.0930	0.608	0.880

Posteriormente, se comparó la ratio H:Q entre hombres y mujeres para detectar posibles diferencias por sexo. En cuanto a la distribución de la ratio entre hombres y mujeres, nos encontramos valores similares en ambos grupos, siendo superior en mujeres en ambos casos. Para la ratio H:Q derecha (véase Figura 1, Anexos), el grupo femenino (n=8) presentó una media de $0,586 \pm 0,124$ y el grupo masculino (n=12) presentó una media de $0,561 \pm 0,151$. En la extremidad inferior izquierda (véase Figura 2, Anexos), la

ratio en mujeres presentó una media de $0,622 \pm 0,158$, mientras que en hombres fue de $0,569 \pm 0,145$

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la ratio H:Q derecha e izquierda según el genero

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
HQD	Femenino	8	0.586	0.565	0.124	0.0438
	Masculino	12	0.561	0.510	0.151	0.0436
HQI	Femenino	8	0.622	0.645	0.158	0.0560
	Masculino	12	0.569	0.533	0.145	0.0418

El test de Shapiro–Wilk no mostró una distribución normal de las variables ratio HQD y HQI ($p < 0,05$), por lo que se optó por pruebas no paramétricas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de la ratio H:Q entre hombres y mujeres, ni en la pierna derecha (HQD: $p=0,521$) ni en la pierna izquierda (HQI: $p=0,473$), según la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

Tabla 5. Comparación de la ratio H:Q entre hombres y mujeres mediante prueba U de Mann–Whitney

		Estadístico	p
HQD	U de Mann-Whitney	39.0	0.521
HQI	U de Mann-Whitney	38.0	0.473

Hipótesis alternativa: existen diferencias en la media de la ratio H:Q entre género masculino y femenino.

Nota. Prueba U de Mann–Whitney aplicada por distribución no normal. $p > 0,05$ indica que no se hallaron diferencias estadísticamente significativas.

También se evaluó la ratio H:Q en función del nivel competitivo (RX vs Intermedio), con el objetivo de identificar posibles diferencias asociadas al nivel deportivo. En cuanto a la distribución de la ratio entre niveles RX e Intermedio, encontramos valores similares en ambos grupos. La HQD (véase Figura 3, Anexos) en el grupo Intermedio (n=14) presentó una media de $0,569 \pm 0,138$ y el grupo RX (n=6) presentó una media de $0,575 \pm 0,152$. En la HQI (véase Figura 4, Anexos) de deportistas Intermedios la ratio presentó una media de $0,592 \pm 0,142$, mientras que en deportistas RX fue de $0,587 \pm 0,176$

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la ratio H:Q por niveles (RX vs Intermedio)

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
HQD	Intermedio	14	0.569	0.555	0.138	0.0368
	RX	6	0.575	0.510	0.152	0.0619
HQI	Intermedio	14	0.592	0.601	0.142	0.0381
	RX	6	0.587	0.508	0.176	0.0720

Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de la ratio H:Q entre deportistas de nivel Intermedio y RX, ni en la pierna derecha ($p=0,968$) ni en la pierna izquierda ($p=0,904$), según la prueba no paramétrica de *U* de Mann-Whitney. Lo que sugiere que el nivel de práctica en Crossfit® no se relaciona con una mayor o menor ratio H:Q en esta muestra.

Tabla 7. Comparación de la ratio H:Q entre niveles RX e Intermedio mediante prueba U de Mann-Whitney

		Estadístico	p
HQD	U de Mann-Whitney	41.0	0.968

Tabla 7. Comparación de la ratio H:Q entre niveles RX e Intermedio mediante prueba U de Mann–Whitney

		Estadístico	p
HQI	U de Mann-Whitney	40.0	0.904

Hipótesis alternativa: existen diferencias en la media de la ratio H:Q entre grupos de distinto nivel deportivo.

Nota. Prueba U de Mann–Whitney utilizada. No se encontraron diferencias significativas entre grupos ($p > 0,05$).

Comparación de la Ratio H:Q en extremidades lesionadas y no lesionadas

Se examinó si existían diferencias en la ratio H:Q entre extremidades lesionadas y no lesionadas. El test de Shapiro–Wilk no mostró una distribución normal de la variable ratio H:Q ($p < 0,05$), por lo que se optó por pruebas no paramétricas. El análisis de la ratio en comparación con las rodillas que presentaban lesión y las que no, demostró que no había diferencia estadísticamente significativa entre un grupo y otro. El valor $p=0,821$ de la prueba *U* de Mann-Whitney confirma que en esta muestra no se puede afirmar que existiese una diferencia en la ratio H:Q de las piernas lesionadas frente a las no lesionadas.

Tabla 8. Comparación de la ratio H:Q entre extremidades con y sin lesión mediante prueba U de Mann–Whitney

		Estadístico	p
HQ	U de Mann-Whitney	132	0.821

Hipótesis alternativa: existen diferencias en las rodillas lesionadas y no lesionadas y sus ratios H:Q.

Nota. Comparación realizada con prueba U de Mann–Whitney. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Adicionalmente, se analizó la asociación entre tener una ratio H:Q baja y la presencia de lesión. Se comparó la ratio H:Q ($n=40$) según si era baja ($<0,6$; $n=24$) o adecuada ($>0,6$; $n=16$) en función de si existía lesión de rodilla o no. Del total de rodillas

que presentaban lesión (n=9), 5 presentaban una ratio H:Q baja y 4 presentaban una ratio adecuada. Del total no lesionado, 31 de las 40 extremidades evaluadas, 19 presentaban una ratio baja y 12 una ratio adecuada.

No se encontró una asociación significativa entre presentar una ratio H:Q baja y la presencia de lesión en la pierna correspondiente. Se realizó el test de chi-cuadrado ($p=0,757$) y el test exacto de Fisher ($p=1$), ambos indicaron no ser significativos. La razón de odds (OR=0,789; IC95%: 0,176-3,54), indicó que no se puede afirmar que el riesgo de lesión aumente al presentar una ratio H:Q baja en esta muestra.

Tabla 9. Asociación entre ratio H:Q baja (<0,6) y presencia de lesión mediante prueba exacta de Fisher

HQ - Ratio Bajo/Adecuado	Lesión		Total
	Sí	No	
Bajo	5	19	24
Adecuado	4	12	16
Total	9	31	40

Pruebas de χ^2			
	Valor	gl	p
χ^2	0.0956	1	0.757
Test exacto de Fisher			1.000
N	40		

Medidas Comparativas			
Valor	Intervalos de Confianza al 95%		
	Inferior		Superior

Tabla 9. Asociación entre ratio H:Q baja (<0,6) y presencia de lesión mediante prueba exacta de Fisher

HQ - Ratio Bajo/Adecuado	Lesión		Total
	Sí	No	
Razón de odds	0.789	0.176	3.54

Nota. Asociación evaluada mediante el test exacto de Fisher. La OR se calculó con corrección de Haldane–Anscombe. Resultado no significativo ($p > 0,05$).

Además del análisis categórico, se ajustó un modelo de regresión logística binomial para comprobar si una ratio H:Q baja (<0,6) se asocia a la presencia de lesión y el género. Se seleccionaron como predictores la ratio H:Q y el sexo por su relevancia clínica y su relación previa con la variable dependiente. El modelo no mostró resultados estadísticamente significativos ($B=-0,24$; $p=0,757$) ni poder explicativo relevante (R^2 de Nagelkerke = 0,00361). Por tanto, la ratio H:Q baja no se comportó como predictor significativo de lesión en esta muestra.

Tabla 10. Modelo de regresión logística para predecir lesión según ratio H:Q baja/género

Medidas de Ajuste del Modelo

Modelo	Desviación	AIC	R^2_N
1	42.6	46.6	0.00361

Coefficientes del Modelo - Lesión

Predictor	Estimador	Intervalo de Confianza al 95%		EE	Z	p
		Inferior	Superior			
Constante	-1.099	-	0.0330	0.577	-1.903	0.057
		2.23				

Tabla 10. Modelo de regresión logística para predecir lesión según ratio H:Q baja/género

Medidas de Ajuste del Modelo						
Modelo	Desviación		AIC	R ² _N		
HQ - Ratio						
Bajo/Adecuado:						
Bajo –	-0.236	-	1.2639	0.765	-0.309	0.757
Adecuado		1.74				

Nota. Los estimadores representan el log odds de "Lesión = Sí" vs. "Lesión = No". Modelo ajustado mediante regresión logística binaria. Ninguno de los predictores alcanzó significación estadística ($p > 0,05$). Se reportan OR con IC 95 %.

Relación entre variables categóricas (género y nivel) y presencia de lesión

Con el fin de explorar otros posibles factores de riesgo, se evaluaron las asociaciones entre el género y el nivel deportivo con la presencia de lesión. Se examinó la relación entre el género y la presencia de lesión mediante una tabla de contingencias 2x2. El análisis mediante el test exacto de Fisher ($p=0,670$) y chi-cuadrado ($p=0,582$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres. La razón de odds fue de 0,6 (IC95%= 0,0968-3,72) lo que sugiere una posible menor frecuencia de lesión en mujeres, aunque sin significación estadística.

Tabla 11. Asociación entre el género y presencia de lesión mediante tabla de contingencias

Género	Lesión		Total
	Si	No	
Femenino	3	5	8
Masculino	6	6	12

Tabla 11. Asociación entre el género y presencia de lesión mediante tabla de contingencias

Género	Lesión		Total
	Si	No	
Total	9	11	20
Pruebas de χ^2			
	Valor	gl	p
χ^2	0.303	1	0.582
Test exacto de Fisher			0.670
N	20		
Medidas Comparativas			
	Valor	Intervalos de Confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de odds	0.600	0.0968	3.72

Nota. Asociación entre sexo y lesión analizada con tabla 2x2 y prueba exacta de Fisher. OR no significativa ($p > 0,05$).

Se analizó la relación entre el nivel y la presencia de lesión mediante una tabla de contingencias 2x2. El análisis mediante el test exacto de Fisher ($p=0,642$) y chi-cuadrado ($p=0,492$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre deportistas RX e Intermedio. La razón de odds fue de 2,00 (IC95%= 0,272-14,7) lo que indica que los deportistas Intermedios mostraron una mayor proporción de lesiones, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa en esta muestra.

Tabla 12. Asociación entre el nivel deportivo y presencia de lesión mediante tabla de contingencias

Nivel Deportivo	Lesión		Total
	Si	No	
Intermedio	7	7	14
RX	2	4	6
Total	9	11	20

Pruebas de χ^2			
	Valor	gl	p
χ^2	0.471	1	0.492
Test exacto de Fisher			0.642
N	20		

Medidas Comparativas			
	Valor	Intervalos de Confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de odds	2.00	0.272	14.7

Nota. Asociación entre nivel y lesión evaluada mediante prueba exacta de Fisher. La OR no fue estadísticamente significativa.

Relación de la Ratio H:Q baja y la lateralidad en la extremidad lesionada

Se analizó la relación entre la presencia de una ratio H:Q baja (0,6) y la presencia de lesión en la extremidad inferior dominante. Del total de rodillas lesionadas (n=9), 4 presentaban una ratio H:Q baja y coincidían con la lateralidad del sujeto; 2 presentaban una ratio H:Q adecuada y coincidían con la extremidad dominante. De las 3 lesiones que no correspondían con el lado dominante, 2 presentaban una ratio H:Q baja y 1 adecuada.

No se encontró una asociación significativa entre presentar una ratio H:Q baja y la presencia de lesión en la rodilla del lado dominante. Se realizó el test exacto de Fisher ($p=1,000$), lo que mostró una asociación no significativa. La razón de odds (OR=1; IC95%: 0,0529-18,9), indicó que la lateralidad no se asoció a una mayor proporción de ratios H:Q bajas en rodillas lesionadas.

Tabla 13. Asociación entre ratio H:Q baja y la lesión en la extremidad dominante tabla de contingencias

HQ - Ratio Bajo/Adecuado	Lesión Extremidad Dominante		Total
	Sí	No	
Bajo	4	2	6
Adecuado	2	1	3
Total	6	3	9

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
Test exacto de Fisher			1.000
N	9		

Medidas Comparativas

	Valor	Intervalos de Confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de odds	1.00	0.0529	18.9

Nota. Análisis restringido a extremidades lesionadas (n = 9). Se aplicó el test exacto de Fisher y se estimó la OR con corrección. $p = 1,000$; sin asociación significativa.

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la ratio isquiotibiales/cuádriceps (H:Q), evaluada mediante contracción isométrica máximas, y la presencia de lesión en la rodilla de deportistas de Crossfit®. A pesar de que el 60% de las extremidades evaluadas presentaron una ratio H:Q por debajo del umbral de riesgo (0,6), no se hallaron diferencias significativas entre las extremidades lesionadas y las no lesionadas, ni en la ratio continua ni en su clasificación binaria (baja/adecuada). Tampoco se observaron diferencias por sexo o nivel deportivo. El único hallazgo con significación estadística fue la asociación entre la lateralidad del miembro inferior y la presencia de lesión, con un mayor número de lesiones en el lado dominante.

Estos resultados contrastan con lo que ha propuesto estudios como los de Kellis et al. (2023) y Heinert et al. (2021), que sugerían que una ratio H:Q reducida puede incrementar el riesgo de lesión, especialmente en movimientos que implican desaceleración o cambios de dirección. Sin embargo, dichos trabajos se basan mayoritariamente en medidas isocinéticas, mientras que el presente estudio empleó una evaluación isométrica. Esta diferencia metodológica es relevante, ya que según James et al. (2024), los valores de fuerza isométrica no siempre guardan una alta correlación con el rendimiento dinámico o funcional.

Además, estudios como el de Bennell et al. (1998) ya habían señalado que los valores de la ratio H:Q, incluso cuando se miden con dinamometría isocinética, no siempre son predictivos de lesión. En línea con ello, Knapik (2022) y Motta et al. (2019) han enfatizado que en disciplinas como el Crossfit®, donde se combinan cargas elevadas con movimientos de alta complejidad, el riesgo de lesión probablemente dependa más de

factores como la fatiga, la técnica o el volumen de entrenamiento que de desequilibrios simples entre grupos musculares.

Un hallazgo interesante fue la falta de asociación entre el sexo y la presencia de lesión, lo cual contradice parcialmente la revisión de Rodriguez et al. (2022), que señalaba una mayor frecuencia lesional en mujeres. Esta discrepancia podría deberse al tamaño reducido de la muestra o a diferencias en el tipo de entrenamiento y experiencia de los participantes.

Tampoco se hallaron diferencias significativas en la ratio H:Q entre los niveles RX e Intermedio, lo cual concuerda con lo reportado por Rodrigues et al. (2023), quienes no observaron diferencias sustanciales en variables de fuerza entre niveles competitivos dentro del Crossfit®.

El hallazgo más destacable fue la asociación significativa entre la lateralidad y la presencia de lesión, hallándose la mayoría de las lesiones en el lado dominante. Esto respalda lo observado en la revisión de Lutz et al. (2023), que identificó diferencias funcionales relevantes entre el miembro dominante y el no dominante en futbolistas. Aunque no se halló relación entre ratio H:Q baja, la lateralidad y la presencia de lesión, este patrón lesional del lado dominante podría indicar una sobreexposición funcional, especialmente en movimientos repetitivos típicos del entrenamiento funcional de alta intensidad.

En conjunto, los resultados sugieren que la ratio H:Q isométrica, al menos en las condiciones evaluadas, no es un marcador sensible para predecir lesión de rodilla en Crossfit®. Estos datos se alinean con revisiones como la de Rudisill et al. (2023), que

concluyen que los programas de prevención deben considerar múltiples factores de riesgo más allá del desequilibrio muscular tradicional.

Conclusiones

- En esta muestra de deportistas de Crossfit®, no se observaron diferencias significativas en la ratio H:Q entre extremidades con y sin lesión, ni al analizar el valor continuo ni al aplicar el umbral mínimo ($<0,6$).
- La presencia de una ratio H:Q baja ($<0,6$) no se asoció significativamente con la lesión de rodilla, lo que cuestiona su utilidad como marcador único de riesgo en contextos de entrenamiento funcional de alta intensidad.
- El género y el nivel deportivo (RX vs Intermedio) no mostraron asociación con la presencia de lesión ni influyeron en los valores de la ratio H:Q.
- La única variable asociada significativamente a la lesión fue la lateralidad, con una mayor proporción de lesiones en el lado dominante.
- No se encontró relación entre presentar una ratio H:Q baja en la extremidad lesionada y su lateralidad (dominante o no dominante).
- El modelo de regresión logística no mostró capacidad predictiva significativa de la ratio H:Q ni del sexo en relación con la presencia de lesión.
- En conjunto, los resultados sugieren que la ratio H:Q isométrica, medida en condiciones estáticas, tiene un valor limitado como herramienta aislada para la detección o prevención de lesiones en deportistas de Crossfit®.

Limitaciones del estudio

- Tamaño muestral reducido. La muestra incluyó únicamente 20 deportistas (40 extremidades), lo que limita la potencia estadística y la generalización de los resultados.
- Diseño transversal. Al tratarse de un diseño observacional de corte transversal, no puede establecerse causalidad entre las variables analizadas.
- Evaluación isométrica. La ratio H:Q se midió mediante contracciones isométricas, lo que puede no reflejar completamente la función muscular durante las actividades dinámicas del deporte.
- Instrumentación. La fuerza se evaluó con una galga extensiométrica, cuyo uso, aunque fiable (según Riojas-Pesqueira & Pérez-Guerra, 2025), no está tan estandarizado como la dinamometría isocinética en estudios de prevención de lesiones.
- Autorreporte de dominancia. La determinación de la lateralidad se realizó por autoinforme, lo cual podría introducir sesgo en función de cómo los sujetos interpretaron la pregunta.
- Heterogeneidad en los niveles de entrenamiento. Aunque se diferenciaron los niveles RX e Intermedio, la muestra presentó variabilidad dentro de dichos niveles, lo que dificultó la homogenización de los grupos.

- Diagnóstico de lesión. La presencia de lesión se basó en el autorreporte del participante, confirmando la presencia actual de lesión y la tipología de la misma. No obstante, la ausencia de verificación clínica pudo afectar a la precisión de la variable dependiente y a generar sesgos en la clasificación del estado lesional.

Bibliografia

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A New Concept For Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231–237. <https://doi.org/10.1177/03635465980260021201>
- Alizadeh, S., Sarvestan, J., Svoboda, Z., Alaei, F., Linduška, P., & Ataabadi, P. A. (2022). Hamstring and ACL injuries impacts on hamstring-to-quadriceps ratio of the elite soccer players: A retrospective study. *Physical Therapy in Sport : Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 53, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.12.001>
- Bennell, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riaucour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 309–314. <https://doi.org/10.1136/bjism.32.4.309>
- Boscosystem. (2024). *Chronojump*. (Version 2.57) [Computer Software]. Retrieved from <https://chronojump.org/>
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. de S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>
- da Silva, G. H., & Maior, A. S. (2022). An assessment of isometric muscle strength and the hamstring: Quadriceps ratio among males trained with free weights vs.

machines. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 14(2), Article6.
<https://doi.org/10.29359/BJHPA.14.2.06>

Diker, G., Struzik, A., Ön, S., & Zileli, R. (2022). The Relationship between the Hamstring-to-Quadriceps Ratio and Jumping and Sprinting Abilities of Young Male Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127471>

Feito, Y., Heinrich, K., Butcher, S., & Poston, W. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*, 6(3), 76. <https://doi.org/10.3390/sports6030076>

Gardiner, B., Devereux, G., & Beato, M. (2020). Injury risk and injury incidence rates in CrossFit. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(7). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10615-7>

Heinert, B. L., Collins, T., Tehan, C., Ragan, R., & Kernozek, T. W. (2021). Effect of Hamstring-to-quadriceps Ratio on Knee Forces in Females During Landing. *International Journal of Sports Medicine*, 42(3), 264–269. <https://doi.org/10.1055/a-1128-6995>

James, L. P., Weakley, J., Comfort, P., & Huynh, M. (2024). The Relationship Between Isometric and Dynamic Strength Following Resistance Training: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Level of Agreement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(1), 2–12. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0066>

Kellis, E., Sahinis, C., & Baltzopoulos, V. (2023). Is hamstrings-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A

systematic and critical review. *Journal of Sport and Health Science*, 12(3), 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.01.002>

Knapik, J. J. (2022). Injuries During High-Intensity Functional Training: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Special Operations Medicine*, 22(1), 121. <https://doi.org/10.55460/G29P-I0AU>

Lutz, F. D., Cleary, C. J., Moffatt, H. M., Sullivan, V. E., LaRoche, D. P., & Cook, S. B. (2023). Comparison of the H:Q Ratio Between the Dominant and Nondominant Legs of Soccer Players: A Meta-analysis. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 15(4), 486–496. <https://doi.org/10.1177/19417381221095096>

Mau-Moeller, A., Gube, M., Felser, S., Feldhege, F., Weippert, M., Husmann, F., Tischer, T., Bader, R., Bruhn, S., & Behrens, M. (2019). Intrarater Reliability of Muscle Strength and Hamstring to Quadriceps Strength Imbalance Ratios During Concentric, Isometric, and Eccentric Maximal Voluntary Contractions Using the Isoforce Dynamometer. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 29(1), 69–77. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000493>

Meyer, J., Morrison, J., & Zuniga, J. (2017). The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health & Safety*, 65(12), 612–618. <https://doi.org/10.1177/2165079916685568>

Moreno Pascual, C., Rodríguez Pérez, V., & Seco Calvo, J. (2008). Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia*, 30(1), 40–48. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(08\)72954-7](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(08)72954-7)

Motta, C., de Lira, C. A. B., Vargas, V. Z., Vancini, R. L., & Andrade, M. S. (2019). Profiling the Isokinetic Muscle Strength of Athletes Involved in Sports

Characterized by Constantly Varied Functional Movements Performed at High Intensity: A Cross-Sectional Study. *PM&R*, *11*(4), 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.08.380>

Riojas Pesqueira, L. E., & Pérez Guerra, E. (2025). Fiabilidad de la galga extensiométrica en la evaluación de fuerza isométrica. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, *30*(324), 100–110. <https://doi.org/10.46642/efd.v30i324.7938>

Rodrigues, A. L. R., Resende, R. A., Pogetti, L. S., Santos, T. R. T., Faria, H. M. P., Chagas, M. H., & Ocarino, J. M. (2023). Trunk, Mass Grasp, Knee, and Hip Muscle Performance in CrossFit Participants: Reference Values According to Participants' Sex and Limb Dominance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *18*(3). <https://doi.org/10.26603/001c.75222>

Rodríguez, M.-Á., García-Calleja, P., Terrados, N., Crespo, I., del Valle, M., & Olmedillas, H. (2022). Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. *The Physician and Sportsmedicine*, *50*(1), 3–10. <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1864675>

Rudisill, S. S., Varady, N. H., Kucharik, M. P., Eberlin, C. T., & Martin, S. D. (2023). Evidence-Based Hamstring Injury Prevention and Risk Factor Management: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *The American Journal of Sports Medicine*, *51*(7), 1927–1942. <https://doi.org/10.1177/03635465221083998>

Shim, S. S., Confino, J. E., & Vance, D. D. (2023). Common Orthopaedic Injuries in CrossFit Athletes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-22-01219>

- Sprey, J. W. C., Ferreira, T., de Lima, M. v., Duarte, A., Jorge, P. B., & Santili, C. (2016). An Epidemiological Profile of CrossFit Athletes in Brazil. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(8). <https://doi.org/10.1177/2325967116663706>
- The jamovi project (2023). *jamovi*. (Version 2.4) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Thompson, W. R. (2016). WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2017. *ACSM'S Health & Fitness Journal*, 20(6), 8–17. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000252>
- Weisenthal, B. M., Beck, C. A., Maloney, M. D., DeHaven, K. E., & Giordano, B. D. (2014). Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(4). <https://doi.org/10.1177/2325967114531177>

Anexos

Nota. Todas las figuras mencionadas en el cuerpo del documento quedan recogidas en este apartado

Anexo 1. Figuras de la Distribución de la Ratio H:Q según género y nivel deportivo

Figura 1. Distribución de HQD según género

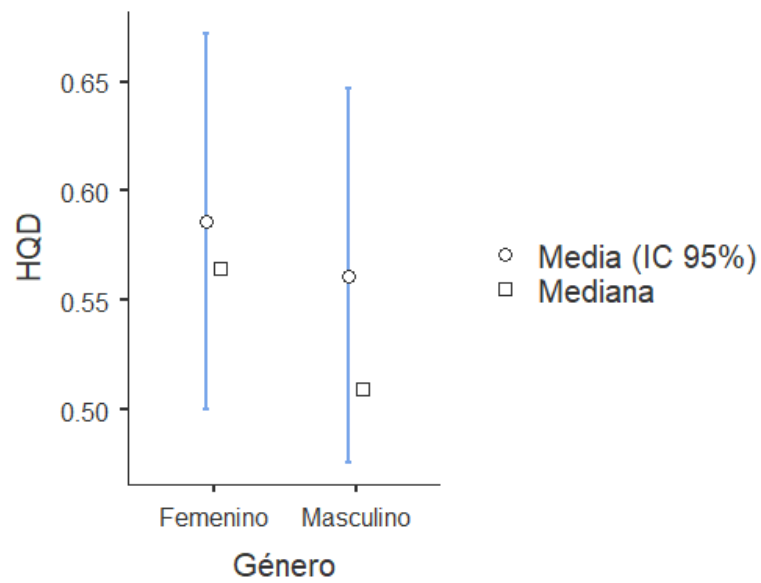


Figura 2. Distribución de HQI según género

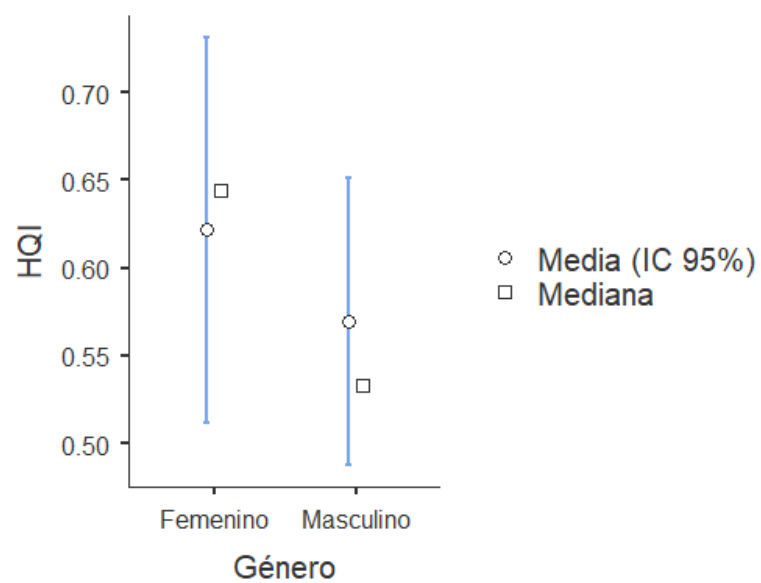


Figura 3. Distribución de HQD según nivel deportivo (categoría)

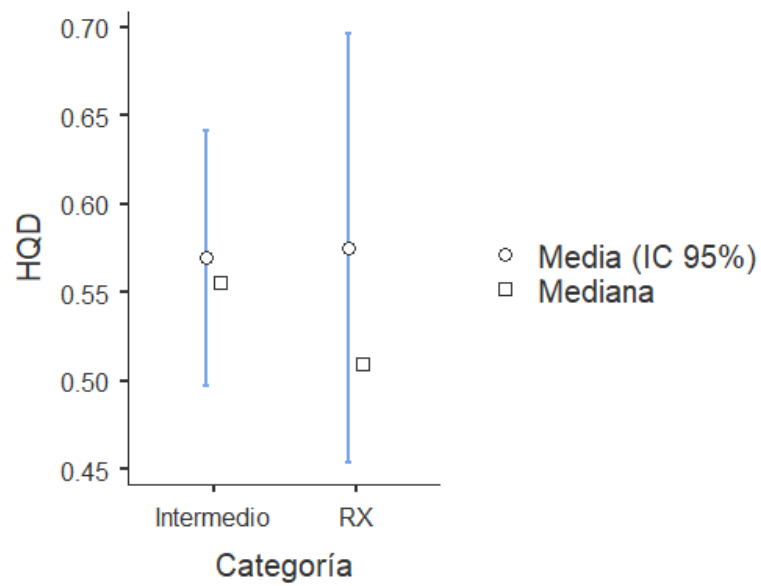
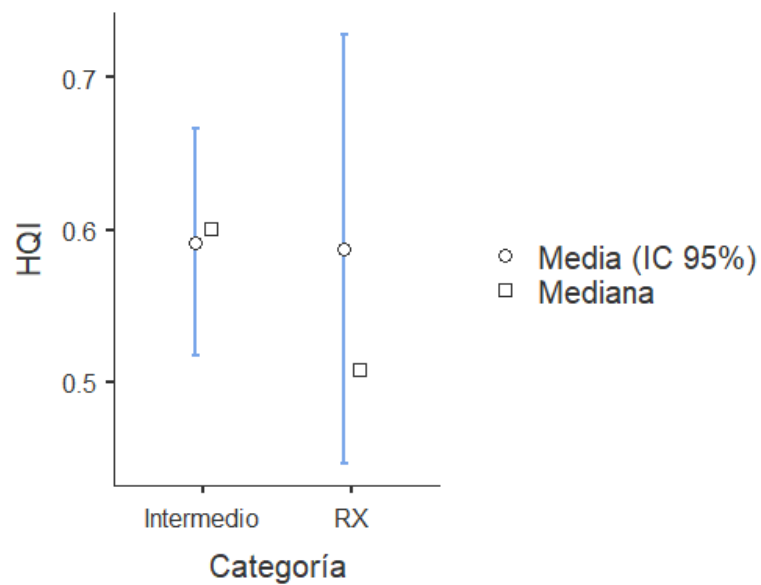


Figura 4. Distribución de HQI según nivel deportivo (categoría)



Anexo 2: Gráficas de evaluación de fuerza en contracción isométrica mediante el software Chronojump®

Figura 5. Gráfico de evaluación de fuerza en contracción isométrica máxima de isquiotibiales.

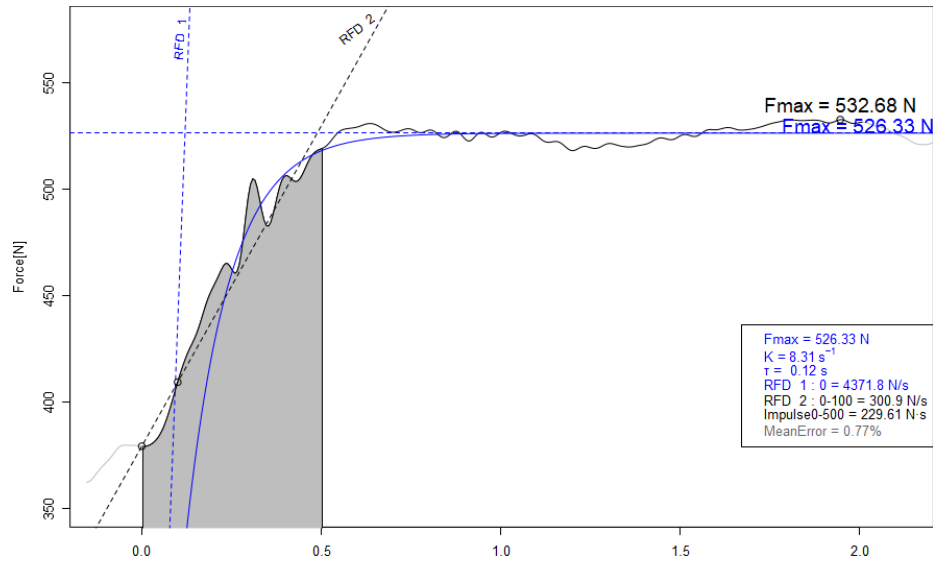
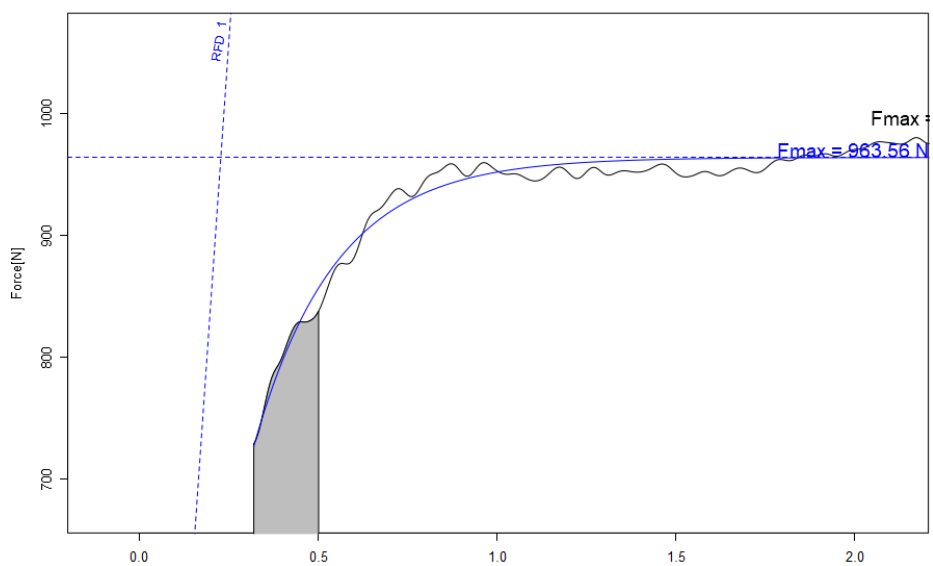


Figura 6. Gráfico de evaluación de fuerza en contracción isométrica máxima de cuádriceps.



Anexo 3: Cuestionario de participación y recogida de datos sociodemográficos, antecedentes lesionales y nivel deportivo

Cuestionario de lesiones en Crossfit

El siguiente cuestionario forma parte de un TFG titulado "Relación de la ratio H:Q y las lesiones de rodilla en el HIFT" y realizado por Eduardo Buldain Albillar (alumno del Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte), tutorizado por Ricardo Ros Mar (Profesor del Área de Educación Física y Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte), bajo la responsabilidad de la institución Universidad de Zaragoza.

El objetivo de este proyecto observar si las lesiones o dolor de rodilla se corresponden con una asimetría de fuerzas entre la musculatura flexora y extensora de rodillas en el ámbito de Crossfit® o HIFT (High Intensity Functional Training)

Si Ud. tiene entre 18 y 45 años, compite en un nivel intermedio o superior y entrena con regularidad (>5 horas semanales) le invitamos a participar.

Contestar a esta encuesta no le llevará más de 10 minutos. Pero es totalmente libre de completarla o salir sin completarla, en cuyo caso sus contestaciones no se tendrán en cuenta.

Su participación es totalmente voluntaria y gratuita, no le ocasionará perjuicios ni más molestias que el tiempo que emplee en completar la encuesta, pero contribuirá a obtener el conocimiento que necesitamos. Sólo le pedimos que sus respuestas se ajusten lo más posible a la realidad.

Todos los datos personales recogidos se usarán con fines académicos y de investigación por un periodo de 3 meses. Posteriormente procederemos a borrar cualquier dato personal. Así mismo, sus datos serán seudonimizados y no serán transferidos a terceros. Sus datos serán tratados única y exclusivamente por el personal responsable de esta investigación (Ricardo Ros Mar y Eduardo Buldain Albillar).

No obstante, al igual que ocurre cuando realiza una búsqueda en Google o utiliza sus servicios, esta empresa sí podría identificarle y recopilar sus datos. Por ello le informamos que puede acceder a la Política de privacidad de Google y revisar sus ajustes de privacidad en el siguiente enlace: <https://policies.google.com/privacy>.

En relación con esta encuesta, Ud. puede ejercer sus derechos en materia de privacidad directamente ante Google y, caso de no verlos satisfechos, podrá, si lo desea, dirigirse al investigador principal (205407@unizar.es) o al Delegado/a de Protección de Datos de la Universidad de Zaragoza (jud@unizar.es) o, en reclamación, a la Agencia Española de Protección de Datos (www.aepd.es).

La Universidad de Zaragoza cuenta con una página donde ofrece amplia información

Formulario de Participación

El siguiente apartado recoge los datos sociodemográficos y de antecedentes lesionales para la posterior evaluación.

- Responde con la mayor franqueza posible
- Responde únicamente si practicas Crossfit de manera regular
- Al responder te comprometes a realizar una evaluación sencilla sobre la fuerza de miembros inferiores de manera presencial
- Es requisito imprescindible que compitas en categoría Intermedio o superior

3. Nombre y 2 Apellidos *

4. Centro *

Marca solo un óvalo.

- Fitness DR
- Crossfit Runa
- ARK Training Club
- La Madriguera Box

5. Edad *

respecto de este tratamiento y de su política de protección de datos, así como formularios para el ejercicio de sus derechos: <http://protecciondatos.unizar.es/>

Muchas gracias de antemano por colaborar con esta investigación rellenando la encuesta.

1. ¿Ha leído y acepta la Política de Privacidad de la Universidad de Zaragoza: <https://protecciondatos.unizar.es/politica-de-privacidad> y de Google: <https://policies.google.com/privacy>?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

Participar en el estudio

2. ¿Acepta participar en este estudio respondiendo a las siguientes preguntas? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

No acepta la política de privacidad

Si no acepta la política de privacidad o realizar el formulario no puede cumplimentarlo (si desea completar el formulario, acepte la política de privacidad).
Muchas gracias.

6. Género *

Marca solo un óvalo.

- Masculino
- Femenino
- Otro: _____

7. Categoría *

Marca solo un óvalo.

- Intermedio
- RX

8. ¿Actualmente tienes lesión en una o ambas rodillas? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

9. ¿En que rodilla/s se ha producido la lesión/dolor?

Marca solo un óvalo.

- Derecha
- Izquierda
- Ambas

10. ¿Cuál es tu pierna dominante?

Marca solo un óvalo.

- Derecha
 Izquierda

11. ¿La lesión/dolor se encuentra en la pierna dominante?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

12. ¿Conoces el diagnóstico de la lesión/dolor? De ser afirmativo exponga cual es.

Anexo 4: Consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA).

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA EL PARTICIPANTE

Título de la investigación: Relación de la ratio H:Q y las lesiones de rodilla en el HIFT
Universidad de Zaragoza
Investigador Principal: Eduardo Buldain Albillar **Tfno:** 677803479 **mail:** 805407@unizar.es
Centro: Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

1. Introducción:

Nos dirigimos a usted para solicitar su participación en un proyecto de investigación que estamos realizando en la Universidad de Zaragoza. Su participación es absolutamente voluntaria, en ningún caso debe sentirse obligado a participar, pero es importante para obtener el conocimiento que necesitamos. Este proyecto ha sido aprobado por el Comité de Ética. Antes de tomar una decisión es necesario que:

- lea este documento entero
- entienda la información que contiene el documento
- haga todas las preguntas que considere necesarias
- tome una decisión meditada
- firme el consentimiento informado, si finalmente desea participar.

Si decide participar se le entregará una copia de esta hoja y del documento de consentimiento firmado. Por favor, consérvelo por si lo necesitara en un futuro.

2. ¿Por qué se le pide participar?

Se le solicita su colaboración porque posee las características deportivas necesarias para ser evaluado de la fuerza de miembros inferiores.

En total en el estudio participarán 30 participantes de 4 centros con estas características.

3. ¿Cuál es el objeto de este estudio?

Esta investigación trata de analizar la relación que hay entre la simetría de fuerzas en la musculatura de los miembros inferiores y la existencia o no de dolor o lesión de rodilla.

4. ¿Qué tengo que hacer si decido participar?

Se realizará primeramente un cuestionario inicial para recabar una serie de datos referentes a tu persona, tu nivel deportivo y tus antecedentes lesionales. Posteriormente se llevará a cabo una única evaluación de fuerza máxima isométrica de flexión y extensión de rodilla. La prueba se realizará en tu centro de entrenamiento habitual.

Versión 02, de fecha 18/04/2025

1

5. ¿Qué riesgos o molestias supone?

Las pruebas a realizar no suponen ningún riesgo para tu salud ni para tu lesión de rodilla (si existe). Las pruebas consisten en una contracción isométrica, la cual no tiene ningún riesgo asociado y se emplea en lesiones agudas para el inicio del tratamiento recuperatorio. Es totalmente seguro realizar esta prueba aun estando lesionado. La evaluación supone tiempo aproximado de 20 minutos.

6. ¿Obtendré algún beneficio por mi participación?

Al tratarse de un estudio de investigación orientado a generar conocimiento usted no obtendrá ningún beneficio por su participación si bien contribuirá al avance científico y al beneficio social.

Usted no recibirá ninguna compensación económica por su participación.

7. ¿Cómo se van a tratar mis datos personales?

Información básica sobre protección de datos.

Responsable del tratamiento: Eduardo Buldain Albillar

Finalidad: Sus datos personales serán tratados exclusivamente para el trabajo de investigación a los que hace referencia este documento.

Legitimación: El tratamiento de los datos de este estudio queda legitimado por su consentimiento a participar.

Destinatarios: No se cederán datos a terceros salvo obligación legal.

Derechos: Podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad de sus datos, de limitación y oposición a su tratamiento, de conformidad con lo dispuesto en la LO 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD 2016/679) ante el delegado de protección de datos de la institución, dirigiendo un correo electrónico a la dirección

Así mismo, en cumplimiento de lo dispuesto en el RGPD, se informa que, si así lo desea, podrá acudir a la Agencia de Protección de Datos (<https://www.aepd.es>) para presentar una reclamación cuando considere que no se hayan atendido debidamente sus derechos.

El tratamiento de sus datos personales se realizará utilizando técnicas para mantener la confidencialidad mediante el uso de códigos que no permitan su identificación (datos seudonimizados), con el fin de que su identidad personal quede completamente oculta durante el proceso de investigación.

A partir de los resultados del trabajo de investigación, se podrán elaborar comunicaciones científicas para ser presentadas en congresos o revistas científicas, pero se harán siempre con datos agrupados y nunca se divulgará nada que le pueda identificar.

Versión 02, de fecha 18/04/2025

2

8. ¿Quién financia el estudio?

Este estudio no está financiado por ninguna institución o entidad privada, se trata de un estudio académico realizado en la Universidad de Zaragoza con recursos de la propia universidad.

9. ¿Se me informará de los resultados del estudio?

Usted tiene derecho a conocer los resultados del presente estudio, tanto los resultados generales como los derivados de sus datos específicos. También tiene derecho a no conocer dichos resultados si así lo desea. Por este motivo en el documento de consentimiento informado le preguntaremos qué opción prefiere. En caso de que desee conocer los resultados, el investigador le hará llegar los resultados.

10. ¿Puedo cambiar de opinión?

Su participación es totalmente voluntaria, puede decidir no participar o retirarse del estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones. Basta con que le manifieste su intención al investigador principal del estudio. En caso de que decida retirarse del estudio puede solicitar la destrucción de los datos, muestras u otra información recogida sobre usted.

11. ¿Qué pasa si me surge alguna duda durante mi participación?

En la primera página de este documento está recogido el nombre y el teléfono de contacto del investigador responsable del estudio. Puede dirigirse a él en caso de que le surja cualquier duda sobre su participación.

Muchas gracias por su atención, si finalmente desea participar le rogamos que firme el documento de consentimiento que se adjunta y le reiteramos nuestro agradecimiento por contribuir a generar conocimiento científico.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del PROYECTO: Relación de la ratio H:Q y las lesiones de rodilla en el HIF T

D./Dña, (nombre y apellidos), declaro que:

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: Eduardo Buldaín Albitar

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos/mi relación con el investigador.

Presto libremente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio (marque lo que proceda): SI / NO

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del investigador:

Fecha: