

Article

# Capacidad de Fuerza Rápida Isquiotibial/Cuádriceps en Jugadores Profesionales de Fútbol con Diferentes Índices Convencionales de Fuerza Isocinética

Camila C Greco, Wendell L. Da Silva, Sérgio R.A. Camarda y Benedito S Denadai

*Human Performance Laboratory, Rio Claro, UNESP, Brazil.*

## RESUMEN

Los desbalances en la fuerza muscular pueden ser un importante factor de impacto para los músculos isquiotibiales. Tradicionalmente se han utilizado índices de fuerza isquiotibial/cuádriceps (H/Q) que se basan en los valores pico del torque concéntrico ( $H_{CON}:Q_{CON}$ ) para describir la posible desestabilización de la articulación de la rodilla. Debido a que ciertas acciones estándar en el fútbol son de carácter explosivo, el análisis de los índices de fuerza H/Q basados en la tasa de desarrollo del torque ( $H_{RTD}:Q_{RTD}$ ) podrían también ser de utilidad para la evaluación de la estabilidad articular. El objetivo del presente estudio fue comparar el índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  entre jugadores de fútbol profesionales con valores heterogéneos de  $H_{CON}:Q_{CON}$ . Treinta y nueve jugadores profesionales de fútbol participaron en los siguientes procedimientos en días separados: (1) Sesión de familiarización con el dinamómetro isocinético, y (2) dos acciones isométricas máximas y cinco contracciones concéntricas máximas a  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  para los isquiotibiales (H) y los cuádriceps (Q). Los participantes fueron clasificados de acuerdo a su índice  $H_{CON}:Q_{CON}$ . La muestra fue dividida en tres tercios y el grupo que cuyos valores de torque se encontraban en el segundo tercio fue excluido para formar dos grupos: un grupo con altos valores de torque (HTG) y un grupo con bajos valores de torque (LTG). Los valores del torque isométrico pico (H), del torque concéntrico (H y Q) y de la tasa de desarrollo de torque (H) fueron significativamente mayores en el grupo HTG. Similarmente, los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  ( $0.68 \pm 0.02$  vs.  $0.52 \pm 0.03$ ) and  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  ( $0.54 \pm 0.12$  vs.  $0.43 \pm 0.16$ ) fueron significativamente mayores en el grupo HTG que en el grupo LTG. No se hallaron correlaciones significativas entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ . En conclusión, los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  son determinados, pero no completamente definidos, por mecanismos fisiológicos putativos compartidos. Por lo tanto, la significancia clínica y fisiológica de los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para la evaluación de un atleta puede ser diferente.

**Palabras Clave:** torque muscular, acción isométrica, lesión

## INTRODUCCIÓN

Si bien el metabolismo aeróbico predomina como mecanismo de utilización de glucosa durante la mayor parte de los

partidos de fútbol, las maniobras anaeróbicas explosivas (sprints, saltos, tackles) son con frecuencia los eventos decisivos que llevan a marcar goles. Durante un partido, los jugadores de élite característicamente cubren una distancia total de 9-12 km, cambiando su actividad o cambiando de dirección cada 4-6 s (Mohr et al., 2003; Stølen et al., 2005). La naturaleza constante y dinámica de los patrones de actividad explica, hasta cierto punto, las tasas relativamente altas de lesiones entre jugadores profesionales de fútbol en comparación con otros deportes y ocupaciones (Hawkins et al., 1999). Los estudios epidemiológicos han demostrado que las contracturas musculares son una de las principales lesiones en el fútbol profesional. En efecto, Woods et al. (2004), observaron que las contracturas de los músculos isquiotibiales daba cuenta del 12% de todas las lesiones registradas sobre dos temporadas, resultando en que los jugadores perdieran en promedio 15 partidos y 90 días de entrenamiento por temporada. Además, la tasa de recurrencia respecto de las lesiones isquiotibiales (12%) es significativamente mayor que la tasa de recurrencia para todas las otras lesiones (7%). Por lo tanto, diversos investigadores (Hawkins et al., 2001; Hewett et al., 1999; Small et al., 2009), asociaciones (Woods et al., 2004) y clubes han propuesto la inclusión de programas de prevención y rehabilitación de lesiones, con el objetivo de minimizar el impacto de las lesiones tanto sobre la salud como sobre el rendimiento de los jugadores de fútbol.

Si bien las lesiones isquiotibiales con frecuencia tienen un origen multifactorial, la evidencia epidemiológica sugiere que los bajos valores de fuerza excéntrica y los desbalances musculares desempeñan un papel central en las lesiones musculares focales agudas (Croisier et al., 2008). Croisier et al. (2008) observaron que los jugadores que presentaban desbalances musculares eran unas 4-5 veces más propensos a sufrir lesiones isquiotibiales en comparación con el grupo control. Tradicionalmente, los desbalances en la fuerza han sido valorados mediante la determinación del índice convencional de la fuerza concéntrica de los isquiotibiales/cuádriceps ( $H_{CON}:Q_{CON}$ ) y el índice funcional excéntrico isquiotibial/cuádriceps ( $HECC:Q_{CON}$ ) utilizando los valores pico del torque medido durante una contracción voluntaria máxima (MVC) (Camarda and Denadai, 2012; Kannus, 1994). Sin embargo, el tiempo característico (50-250 ms) de las acciones explosivas (e.g., saltos y carreras de sprint) puede no permitir que se alcance la máxima fuerza muscular (Aagaard et al., 2002). Además, el tiempo para estabilizar la articulación de la rodilla durante situaciones rápidas de juego suele ser muy corto (< 50 ms) (Krosshaug et al., 2007). Por lo tanto, Zebis et al. (2011) han recientemente hipotetizado que los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $HECC/Q_{CON}$  pueden no reflejar el potencial para estabilizar la articulación de la rodilla durante movimientos explosivos.

La tasa de desarrollo de torque ( $_{RTD}$ ) ha sido utilizada para describir la capacidad para genera fuerza explosiva, lo cual podría ser esencial para el rendimiento deportivo y para la realización de tareas funcionales (Aagaard et al., 2002). La  $_{RTD}$  es la pendiente de la curva no lineal entre el torque y el tiempo ( $\Delta\text{torque}/\Delta\text{time}$ ), y sus valores máximos se alcanzan en una ventana temporal de 80-120 ms (Corvino et al., 2009). En base a esto, Zebis et al. (2011) han recientemente introducido el índice  $_{RTD}$  para isquiotibiales/cuádriceps ( $H_{RTD}:Q_{RTD}$ ) para valorar el potencial de estabilización de la articulación de la rodilla durante movimientos explosivos en jugadores de fútbol de elite. Sin embargo, la validez de este método como herramienta de valoración clínica no ha sido extensivamente estudiada.

Considerando que (1) el índice  $H_{CON}:Q_{CON}$  ha sido utilizado como un indicador de desbalances musculares (Heiser et al., 1984; Kim and Hong, 2011) y que (2) la correlación entre la fase temprana del  $_{RTD}$  (< 100 ms a partir del comienzo de la contracción) durante una MVC y la máxima fuerza de contracción es moderada ( $r = 0.45 - 0.60$ ) (Andersen and Aagaard, 2006), es razonable hipotetizar que puede existir una relación directa entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ . Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron: (a) comparar los índices  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  en jugadores de fútbol con valores heterogéneos de  $H_{CON}:Q_{CON}$ , y (b) determinar si existe una correlación entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ .

## MÉTODOS

Treinta y nueve jugadores profesionales de fútbol ( $24.2 \pm 3.5$  años,  $74.3 \pm 7.8$  kg,  $1.78 \pm 0.8$  m), con al menos 5 años de experiencia en el deporte (4 prácticas y 1-2 partidos por semana) se ofrecieron como voluntarios para el estudio. De acuerdo con el equipo médico del equipo, todos los jugadores incluidos en la presente investigación estaban libres de lesiones al momento de las evaluaciones. Además, se utilizó un reporte de lesiones para determinar la historia de cada jugador respecto de las lesiones en cualquiera de las estructuras de la rodilla (hueso, ligamentos, músculos, tendones), y aquellos con historia de lesiones musculares en el muslo fueron excluidos del estudio. Antes del comienzo del estudio los jugadores fueron informados acerca de los riesgos asociados con los procedimientos experimentales y cada jugador completó una forma de consentimiento informado. Los experimentos fueron llevados a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fueron aprobados por el comité local de ética.

### Diseño Experimental

Los participantes fueron instruidos para reportarse al laboratorio a la misma hora ( $\pm 2$  h) en dos días separados dentro de un período de 1-2 semanas. Se requirió que cada participante asistirá a una sesión de orientación en el laboratorio para reducir los efectos del aprendizaje en las subsiguientes evaluaciones de la fuerza. Durante esta sesión, cada participante completó 2 acciones isométricas máximas y 5 acciones concéntricas máximas para los extensores (KE) y los flexores (KF) de la rodilla en un dinamómetro Biodex (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, N.Y.) a  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ . En la segunda visita, los deportistas realizaron acciones concéntricas máximas (a  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ ) y acciones isométricas máximas en el dinamómetro isocinético Biodex. Luego de completar el estudio, los participantes fueron clasificados de acuerdo a su índice  $H_{CON}:Q_{CON}$ , que fue utilizado como principal indicador de desbalances musculares en la fuerza (Heiser et al., 1984; Kim and Hong, 2011). La muestra total fue dividida en tres tercios y el segundo tercio fue excluido para conformar un grupo con altos valores de torque (HTG,  $n = 13$ ) y un grupo con bajos valores de torque (LTG,  $n = 13$ ). No hubo superposición de los valores del índice  $H_{CON}:Q_{CON}$  entre los grupos.

## Procedimientos

### *Evaluación Isocinética e Isométrica*

Los participantes se ubicaron en posición de sentados y fueron sujetos al sillón del dinamómetro mediante correas. Cualquier movimiento extraño del tren superior se limitó mediante la utilización de un arnés cruzado y de un cinturón para el abdomen. El ángulo del tronco/muslo fue establecido a  $85^{\circ}$ . El eje del dinamómetro fue alineado con el eje de flexión-extensión de la rodilla derecha, y el brazo de palanca fue ajustado a la tibia de los participantes con una correa. Se les pidió a los participantes que relajaran su pierna para que se pudieran medir los efectos de la gravedad sobre la extremidad pasiva y sobre el brazo de palanca. El rango de movimiento (ROM) para la evaluación fue de  $70^{\circ}$  [desde  $90^{\circ}$  a  $20^{\circ}$  para la flexión de rodillas ( $0^{\circ} =$  extensión completa)]. Para asegurar la completa extensión de la rodilla, se identificó la posición anatómica a  $90^{\circ}$  mediante una medición manual y utilizando un goniómetro. Las mediciones concéntricas incluyeron cinco extensiones-flexiones continuas y recíprocas (máximas), las cuales fueron completadas a  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ . Los tests isométricos fueron llevados a cabo utilizando el mismo equipamiento y posicionamiento, y los participantes fueron instruidos para que mantuvieran las acciones isométricas máximas durante 5 segundos para la KE y KF a una posición angular fija de la rodilla de  $70^{\circ}$  (Zebis et al., 2011). Para cada tipo de acción muscular (i.e., flexión y extensión isométrica de la rodilla), se realizaron dos pruebas máximas separadas por un período de recuperación de 60 segundos. Estos tests (i.e., isométricos y concéntricos) fueron llevados a cabo en orden aleatorio, utilizando solo la extremidad dominante y con un período de recuperación de cinco minutos entre los tests. Se les pidió a los sujetos que realizaran todas las acciones lo más rápido y fuertemente posible para obtener tanto el torque máximo o la máxima  $RTD$ .

## Procesamiento de los Datos

### *Acciones Isocinéticas*

Los datos isocinéticos fueron analizados utilizando algoritmos específicos creados en software MatLab Environment (The MathWorks, Natick, Massachusetts, USA). Las curvas del torque fueron suavizadas a 10 Hz utilizando un filtro Butterworth de cuarto orden y cero retraso. La acción que produjo el mayor valor de torque en 5 esfuerzos individuales fue utilizada para los posteriores análisis. El torque pico fue calculado como el torque promedio alcanzado sobre el rango de  $10^{\circ}$  alrededor del ángulo al cual se alcanzó el mayor valor de torque (Oliveira et al., 2010). Se obtuvieron los siguientes parámetros: torque pico de los cuádriceps y los isquiotibiales y el índice  $H_{CON}:Q_{CON}$  para la extremidad dominante.

### *Acciones Isométricas*

Las curvas del torque fueron suavizadas a 10 Hz utilizando un filtro Butterworth de cuarto orden y cero retraso. El mayor torque alcanzado en las dos acciones isométricas fue considerado el torque pico. El torque pico fue calculado como el torque promedio en el período de 1 s alrededor del punto de estabilización del torque. La  $RTD$  (Nm/s) fue definida como la pendiente de la curva torque-tiempo (i.e.,  $\Delta\text{torque}/\Delta\text{tiempo}$ ) en intervalos de tiempo incrementales de 0-50 ms, comenzando desde el inicio de la contracción (Aagaard et al., 2002). Se consideró que la acción muscular había comenzado una vez que el torque excediera el valor basal de reposo en  $> 7.5$  N·m.

## Análisis Estadísticos

Los datos se presentan como valores medios  $\pm$  DE. La distribución de las variables dependientes fue examinada utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó la prueba t para evaluar la hipótesis nula de que los grupos HTG y LTG eran similares. La magnitud de la diferencia entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  fue determinada calculando los tamaños del efecto (ES) (Cohen, 1988). Se calculó el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson para valorar la asociación entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ . La significancia estadística fue establecida a  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

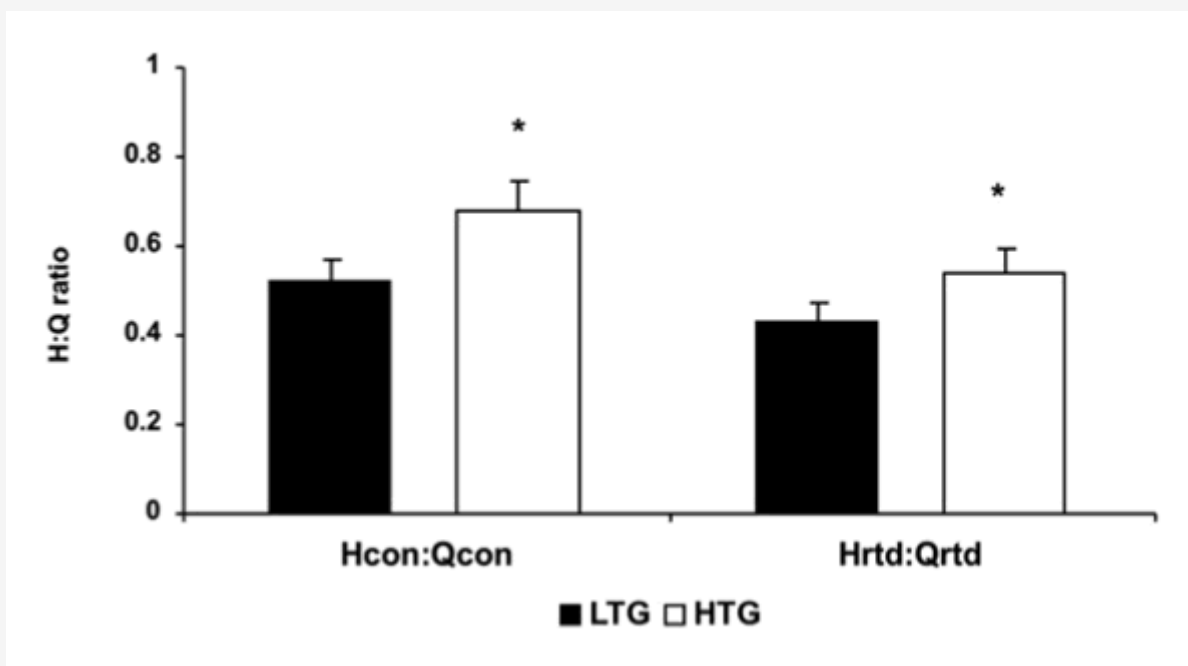
La Tabla 1 presenta los valores medios  $\pm$  DE de las variables obtenidas durante los tests isométricos e isocinéticos de los H y Q.

Parámetro	Total	HTG	LTG	ES
	N = 39	N = 13	N = 13	
Hisom (Nm)	157.3 (26.7)	172.8 (19.0)	141.1 (39.1) *	1.01
Qisom (Nm)	303.8 (41.7)	301.4 (39.6)	292.3 (41.7)	0.22
Hcon (Nm)	153.6 (20.6)	163.6 (16.7)	137.3 (18.7) *	1.52
Qcon (Nm)	255.3 (29.4)	240.4 (24.3)	259.6 (27.9) *	0.74
Hrtd (Nm.s <sup>-1</sup> )	915.5 (399.1)	1047.0 (405.0)	806.9 (349.4) *	0.64
Qrtd (Nm.s <sup>-1</sup> )	1921.1 (549.4)	1929.1 (590.0)	1862.1 (504.0)	0.12

**Tabla 1.** Valores medios ( $\pm$ DE) de las variables obtenidas durante la evaluación isométrica e isocinética de los isquiotibiales y cuádriceps para el grupo con mayores (HTG) y menores (LTG) valores del índice  $H_{CON}:Q_{CON}$ . Hisom, torque isométrico pico de los isquiotibiales; Qisom, torque isométrico pico de los cuádriceps; Hcon, torque concéntrico pico de los isquiotibiales; Qcon, torque concéntrico pico de los cuádriceps; Hrtd, tasa de desarrollo del torque de los isquiotibiales; Qrtd, tasa de desarrollo del torque de los cuádriceps; ES, tamaño del efecto. \* $p < 0.05$  en relación con el grupo HTG.

El torque isométrico pico (H), el torque concéntrico pico (H y Q) y la  $r_{TD}$  (H) fueron significativamente mayores en el grupo HTG que en el grupo LTG ( $p < 0.05$ ). El ángulo al torque pico de los H ( $34.6 \pm 2.7^\circ$  vs.  $34.1 \pm 2.1^\circ$ ) y Q ( $71.5 \pm 4.5^\circ$  vs.  $70.7 \pm 4.1^\circ$ ) no fue significativo entre los grupos HTG y LTG respectivamente ( $p > 0.05$ ).

La Figura 1 presenta los valores medios  $\pm$  DE de los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para los grupos HTG y LTG. El valor medio del índice  $H_{CON}:Q_{CON}$  fue significativamente mayor en el grupo HTG ( $p < 0.05$ , ES = 6.2). Similarmente, el valor medio del índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  fue significativamente mayor en el grupo HTG ( $p < 0.05$ , ES = 0.77).

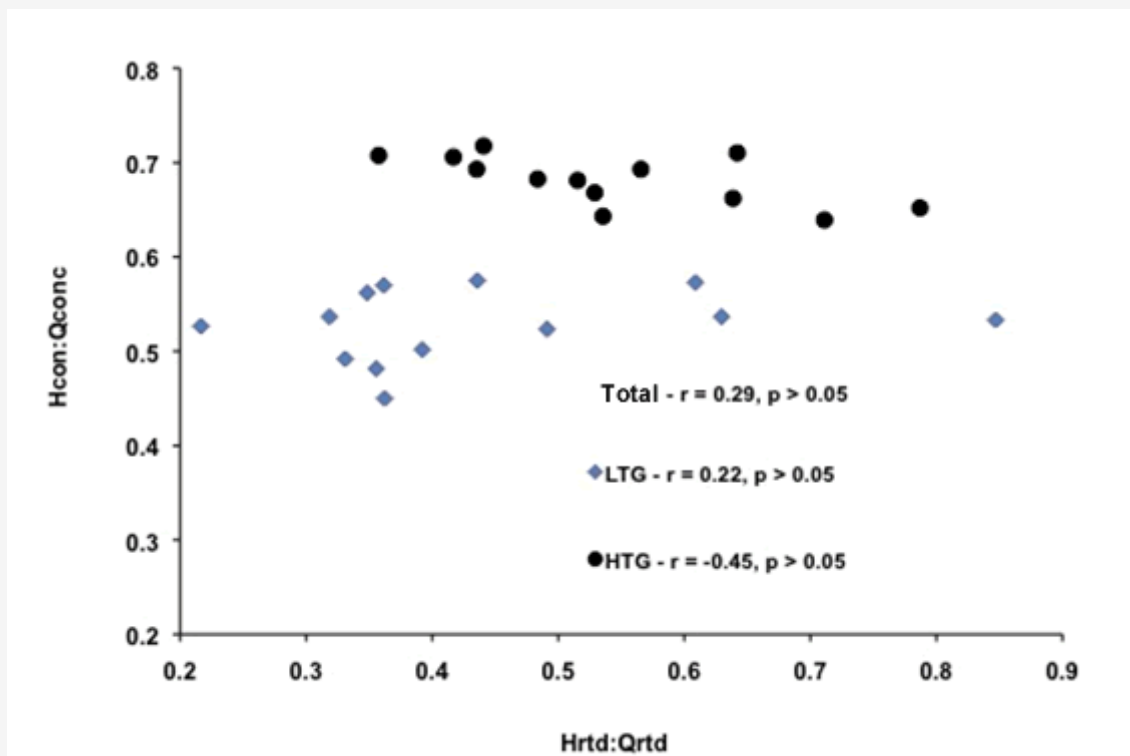


**Figura 1.** Valores medios  $\pm$  DE del índice concéntrico isquiotibial:cuádriceps ( $H_{CON}:Q_{CON}$ ) y del índice de la  $r_{TD}$  entre isquiotibiales:cuádriceps ( $H_{RTD}:Q_{RTD}$ ) para los grupos con mayores índices de fuerza (HTG) y menores (LTG) índices de fuerza

Las correlaciones entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  en el grupo HTG ( $r = -0.45$ ) y el grupo LTG ( $r = 0.22$ ) y en la muestra total ( $r = 0.29$ ) no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) (Figura 2).

## DISCUSIÓN

El principal objetivo de este estudio fue comparar el índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  entre jugadores de fútbol profesionales con valores heterogéneos de  $H_{CON}:Q_{CON}$ . Debido a que la fuerza/torque y la  $_{RTD}$  probablemente comparten mecanismos subyacentes comunes (Andersen and Aagaard, 2006), nuestra hipótesis fue que los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  exhibirían una relación directa en un grupo de jugadores con valores heterogéneos de  $H_{CON}:Q_{CON}$ . En efecto, hemos hallado que los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  fueron significativamente menores en el grupo LTG en comparación con el grupo HTG. Sin embargo, la correlación entre estos índices en ambos grupos no fue estadísticamente significativa, lo cual hasta cierto punto debilita nuestra hipótesis inicial. Por lo tanto, es posible que el significado fisiológico y clínico de los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para la evaluación de jugadores de fútbol sea diferente.



**Figura 2.** Correlación entre el índice concéntrico isquiotibial/cuádriceps ( $H_{CON}:Q_{CON}$ ) y del índice de la  $_{RTD}$  entre isquiotibiales:cuádriceps ( $H_{RTD}:Q_{RTD}$ ) para los grupos con mayores índices de fuerza (HTG) y menores (LTG) índices de fuerza ( $H_{CON}:Q_{CON})_{RTD}$ , tasa de desarrollo del torque.

El entrenamiento para el fútbol parece incrementar la fuerza de los músculos de la articulación de la rodilla. En efecto, Gür et al. (1999) y Lehence et al. (2009) han observado mayores valores de torque pico concéntrico y excéntrico de los flexores de la rodilla y mayores valores de torque pico concéntrico de los extensores de la rodilla en jugadores de fútbol adultos comparados con jugadores de fútbol juniors. Debido a la naturaleza repetitiva de las actividades específicas del fútbol, la magnitud de desarrollo de la fuerza muscular puede favorecer el mayor desarrollo de los músculos del cuádriceps en

comparación con los isquiotibiales, alterando los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ . Sin embargo, Gür et al. (1999) observaron que el índice  $HECC:Q_{CON}$  era mayor en los jugadores adultos (> 21 años) que en los jugadores adolescentes (< 21 años) solo en la rodilla de la extremidad dominante. Además, Lehence et al. (2009) han observado un mayor porcentaje de desbalances musculares en las extremidades inferiores de futbolistas de categoría júnior (< 17 años - 61%; < 21 años - 58%) que en jugadores adultos (50%). Por esta razón, parece que los antecedentes de entrenamiento reduce los desbalances musculares y, consecuentemente, los riesgos de lesión. Además, no se han hallado correlaciones significativas entre el balance muscular (i.e.,  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $HECC/Q_{CON}$ ) y el rendimiento en el salto vertical o el tiempo en un sprint de 10 m, los cuales son componentes importantes del rendimiento físico durante un partido de fútbol (Lehence et al., 2009). Por lo tanto, es posible que las mediciones de los índices relativos al torque pico tengan una mayor importancia para la evaluación clínica que para el rendimiento en el fútbol.

El índice  $H_{CON}:Q_{CON}$  ha sido tradicionalmente utilizado para valorar desbalances entre los músculos de la región anterior y posterior del muslo, para estimar el riesgo de contractura de los músculos isquiotibiales y para valorar la eficacia de diferentes programas de rehabilitación (Coombs et al., 2002). En efecto, Croisier et al. (2008) han observado que los jugadores con desbalances en la fuerza eran 4 a 5 veces más propensos a sufrir lesiones isquiotibiales en comparación con jugadores que no exhibían desbalances musculares. Además, la restauración del balance entre los grupos musculares agonistas y antagonistas reduce el riesgo de lesión. Dado el tiempo de los movimientos explosivos (50-250 ms) y el tiempo que requiere la estabilización de la rodilla durante acciones rápidas de juego (Krosshaug et al., 2007), es posible que la fuerza máxima no se alcance en estas instancias (Aagaard et al., 2002). En base a estos hallazgos, Zebis et al. (2011) sugirieron que el índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  podría reflejar con mayor precisión el potencial para la estabilización dinámica de la articulación de la rodilla durante situaciones rápidas de juego. En efecto, estos autores hallaron que dos atletas sufrieron la lesión del ligamento cruzado anterior dentro del período de un año posterior a haber realizado evaluaciones neuromusculares. Interesantemente los índices  $H:Q$ , basados en los torques isométricos pico producidos por estos atletas, habían sido similares a la media grupal al momento de la evaluación, pero sus valores del índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  durante la fase inicial de la acción (< 50 ms) eran marcadamente menores (~40%). Los autores indicaron que la fase temprana del índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  (< 50 ms) podría ser de utilidad para identificar jugadores que tuvieran un riesgo potencialmente mayor de lesión.

En la muestra del presente estudio (atletas profesionales con valores heterogéneos del índice  $H_{CON}:Q_{CON}$ ), el valor medio del índice  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para el grupo HTG fue significativamente mayor que para el grupo LTG. En este sentido, Andersen y Aagaard (2006) han observado una correlación moderada y positiva ( $r = 0.45-0.60$ ) entre la  $RTD$  y la fase temprana de la contracción (< 100 ms) y el torque máximo. Esta correlación sugiere que el máximo torque muscular y la  $RTD$  en la fase temprana de la contracción (< 100 ms) pueden compartir algunos mecanismos fisiológicos subyacentes (e.g., impulso neural). Sin embargo, en el presente estudio se halló que la correlación entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  en el grupo HTG ( $r = -0.45$ ), en el grupo LTG ( $r = 0.22$ ) y en la muestra total ( $r = 0.29$ ) no fue estadísticamente significativa. Estos resultados podrían explicarse por tres aspectos de la dinámica muscular. Primero, el tipo de ejercicio utilizado para determinar los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  (isocinético) y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  (isométrico) son diferentes, lo que podría complicar los esfuerzos por realizar comparaciones directas entre los índices (Corvino et al., 2009). Básicamente, las acciones musculares isométricas e isocinéticas implican diferentes estrategias de control motor que modulan la producción de torque. En efecto, Coburn et al. (2005) han sugerido que la producción de torque isométrico es modulada tanto por el reclutamiento de unidades motoras como por la frecuencia de disparo, mientras que el torque pico isocinético concéntrico es modulado principalmente por el reclutamiento de unidades motoras. Además, algunos estudios con diferentes aproximaciones experimentales (i.e., entrenamiento de la fuerza, daño muscular, estiramiento previo) (Holtermann et al., 2007; Molina and Denadai, 2012; Oliveira et al., 2012) han demostrado que los cambios en el torque máximo no siempre son acompañados por cambios similares en la  $RTD$ . Finalmente, se debe enfatizar que, a diferencia del torque máximo y la  $RTD$ , los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  comparan acciones de dos grupos musculares diferentes, lo cual incrementa el número de factores y combinaciones de factores que pueden influenciar estos índices.

Por lo tanto, los significados fisiológicos y clínicos de los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para la valoración y el monitoreo longitudinal del esfuerzo puede ser diferentes. Se deberían llevar a cabo estudios prospectivos para analizar en forma aislada y asociada los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para la estimación de los riesgos de lesión en las extremidades inferiores en jugadores de fútbol. No obstante, los programas de rehabilitación que busquen normalizar los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  deberían inclinarse más específicamente hacia la valoración del índice  $H:Q$  que es más sensible para un determinado desbalance muscular.

## CONCLUSIÓN

En base a nuestros hallazgos, se puede concluir que los jugadores profesionales de fútbol con mayores o menores índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  tienden a exhibir tendencias similares en sus índices  $H_{RTD}:Q_{RTD}$ . Sin embargo, la falta de significancia estadística de las correlaciones entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  sugiere que los significados fisiológico y clínico de estos índices en la evaluación de un atleta pueden ser diferentes.

### Puntos Clave

Los jugadores de fútbol con valores altos (0.66-0.70) y bajos (0.50-0.54) del índice convencional de la fuerza concéntrica de los isquiotibiales/cuádriceps ( $H_{CON}:Q_{CON}$ ) tienden a demostrar similares perfiles (i.e., altos y bajos, respectivamente) en el índice de la tasa de desarrollo de torque H/Q ( $H_{RTD}:Q_{RTD}$ )

La falta de una asociación significativa entre los índices  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  sugiere que estos están determinados, pero no completamente definidos, por mecanismos fisiológicos compartidos.

Los programas para la valoración y el monitoreo de los índices de fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps, deben reconocer que la significancia fisiológica y clínica  $H_{CON}:Q_{CON}$  y  $H_{RTD}:Q_{RTD}$  para la evaluación individual de un atleta puede ser diferente.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los sujetos por su participación en este estudio y la FAPESP, FUNDUNESP y al CNPq por su soporte financiero.

## REFERENCIAS

1. Aagaard, P., Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson, P. and Dyhre-Poulsen, P (2000). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology* 93(4), 1318-1326
2. Andersen, L.L. and Aagaard, P (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology* 96(1), 46-52
3. Camarda, S.R.A. and Denadai, B.S (2012). Does muscle imbalance affect fatigue after soccer specific intermittent protocol?. *Journal of Science and Medicine in Sport* 15(4), 355-360
4. Cohen, J (1998). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Lawrence Erlbaum Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale*
5. Coombs, R. and Garbutt, G (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine* 1(3), 56-62
6. Coburn, J.W., Housh, T.J., Cramer, J.T., Weir, J.P., Miller, J.M., Beck, T.W., Malek, M.H. and Johnson, G.O (2005). Mechanomyographic and electromyographic responses of the vastus medialis muscle during isometric and concentric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19(2), 412-420
7. Corvino, R.B., Caputo, F., Oliveira, A.C., Greco, C.C. and Denadai, B.S (2009). Rate of force development in different muscle velocities. *Brazilian Journal of Sports Medicine* 115(6), 428-431
8. Croisier, J.L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M. and Ferret, J.M (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine* 36(8), 1469-1475
9. Gür, H., Akova, B., Pündük, Z. and Kügükoglu, S (1999). Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 9(2), 81-87
10. Hawkins, R.D. and Fuller, C.W (1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *British Journal of Sports Medicine* 33(3), 196-203
11. Hawkins, R.D., Hulse, M.A., Wilkinson, C., Hodson, A. and Gibson, M (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine* 35(1), 43-47
12. Heiser, T.M., Weber, J., Sullivan, G., Clare, P. and Jacobs, R.R (1984). Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *American Journal of Sports Medicine* 12(5), 368-370
13. Hewett, T.E., Lindenfeld, T.N., Riccobene, J.V. and Noyes, F.R (1999). The effect of neuro-muscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *A prospective study. American Journal of Sports Medicine* 27(6), 699-706
14. Holtermann, A., Roeleveld, K., Vereijken, B. and Ettema, G (2007). The effect of rate of force development on maximal force production: acute and training-related aspects. *European Journal of Applied Physiology* 99(6), 605-613
15. Kannus, P (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine* 15(Suppl.1), 11-15
16. Kim, D. and Hong, J (2011). Hamstrings to quadriceps strength ratio and non-contact leg injuries: a prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science* 19(1), 1-6

17. Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B.P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J.R., Hewett, T.E. and Bahr, R (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *American Journal of Sports Medicine* 35(3), 359-367
18. Lehance, C., Binet, J., Bury, T. and Croisier, L (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19(2), 243-251
19. Mohr, M., Krustup, P. and Bangsbo, J (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science* 21(7), 519-528
20. Molina, R. and Denadai, B.S (2012). Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 32(3), 179-184
21. Oliveira, A.S., Corvino, R.B., Gonçalves, M., Caputo, F. and Denadai, B.S (2010). Effects of a single habituation session on neuromuscular isokinetic profile at different movement velocities. *European Journal of Applied Physiology* 110(6), 1127-1133
22. Oliveira, A.L.M., Greco, C.C., Molina, R. and Denadai, B.S (2012). The rate of force development obtained at early contraction phase is not influenced by active static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research Ahead of print*
23. Small, K., McNaughton, L., Greig, M. and Lovell, R (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implication for muscle fatigability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23(4), 1077-1083
24. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. and Wisløff, U (2005). Physiology of soccer: An Update. *Sports Medicine* 35(6), 501-536
25. Woods, C., Hawkins, R.D., Maltby, S., Huise, M., Thomas, A., Hodson, A. and Football association medical research programme (2004). The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football-analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine* 38(1), 36-41
26. Zebis, M.K., Andersen, L.L., Ellingsgaard, H. and Aagaard, P (2011). Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(7), 1989-1993

### **Cita Original**

Camila C. Greco, Wendell L. Da Silva, Sérgio R.A. Camarda and Benedito S. Denadai. Rapid Hamstrings/Quadriceps Strength Capacity in Professional Soccer Players with Different Conventional Isokinetic Muscle Strength Ratios. *Journal of Sports Science and Medicine* (2012) 11, 418 - 422