

**Evaluación de la fatiga neuromuscular por medio la carga de partido y el salto
contramovimiento**

Assessment of neuromuscular fatigue using match load and countermovement jump

Cristián Murillo García (cristian.murillo@cecar.edu.co)¹

¹ Corporación Universitaria del Caribe - CECAR

<https://orcid.org/0009-0009-9096-421X>

Resumen

El fútbol es un deporte en el cual se presentan exigencias físicas de carácter intermitentes, donde se presentan saltos, cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, sin dejar a un lado las acciones técnico-tácticas, lo que en conjunto contribuye para alcanzar un rendimiento óptimo, este estudio fue diseñado para evaluar la fatiga neuromuscular por medio de la disminución de la altura de salto, en concreto los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar la relación entre la carga de partido y la altura de salto con contramovimiento después del partido y; 2) comparar la altura de salto con contramovimiento antes y después del partido en jóvenes futbolistas, participaron ocho jugadores de la categoría sub-14 de un club de fútbol formativo. Se llevó a cabo una regresión lineal para buscar la relación entre las variables de minutos jugados, esfuerzo percibido y carga de partido con la altura de salto con contramovimiento después del partido, Los hallazgos pueden ser interesantes para los preparadores físicos, debido a la alta demanda de partidos que se presentan en el fútbol actual a nivel profesional y amateur.

Palabras claves: CMJ, deporte, entrenamiento, fútbol, rendimiento

Abstract

Football is a sport in which intermittent physical demands are presented, where jumps, changes of direction, accelerations and decelerations are presented, without leaving aside the technical-tactical actions, which together contribute to achieve optimal performance, this study was designed to evaluate neuromuscular fatigue by decreasing the jump height, specifically the objectives of this study were (1) to evaluate the relationship between the game load and the countermovement jump height after the game and (2) to compare the countermovement jump height before and after the game in young soccer players, eight players from the under-14 category of a formative soccer club participated. A linear regression was carried out to find the relationship between the variables of minutes played, perceived effort and game load with the countermovement jump height after the game, The findings can be interesting for physical trainers, due to the high demand for matches that are presented in today's football at a professional and amateur level.

Keywords: CMJ, sport, training, football, performance

Introducción

El fútbol es un deporte en el cual se presentan exigencias físicas de carácter intermitentes, donde se presentan saltos, cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, sin dejar a un lado las acciones técnico-tácticas, lo que en conjunto contribuye para alcanzar un rendimiento óptimo (Nedelec et al., 2014). Es bien sabido que estas acciones a nivel físico exigen un estrés fisiológico significativo en el organismo a nivel energético, musculoesquelético, nerviosos y endocrino (de Hoyo et al., 2016). En resumen, la fatiga después de un partido se prolonga por un par de días después de jugado (Brownstein et al., 2017). Generalmente, en el fútbol amateur, formativo o base, el calendario tiende a ofrecer una gran cantidad de partidos con pequeños intervalos de recuperación entre sí (Zanetti et al., 2021). Durante un partido, se espera que los jugadores presenten una fatiga a nivel neuromuscular y una reducción de rendimiento durante las distintas etapas del partido, sobre todo, después de realizar acciones cortas de alta intensidad y al final del partido (Bangsbo et al., 2007).

Así que, posterior a un partido, los jugadores manifiestan disminución en su rendimiento físico, el cual se prolonga hasta las 72 horas, como resultado de la fatiga (Silva et al., 2018). De hecho, en una revisión sistemática de Silva et al., (2018) se observó que el rendimiento de salto presenta dificultades en su ejecución 72 horas después, mientras que el rendimiento de sprint se recupera en ese momento. La fatiga neuromuscular es el producto de la reducción de la capacidad para producir fuerza concurrente con desgaste en el ciclo estiramiento-acortamiento del músculo, lo que son situaciones determinantes para la prevención de lesiones y monitoreo de rendimiento físico (Debenham et al., 2016).

En relación con el proceso de recuperación después de competencia, hay que tener en cuenta las variaciones que presentan los jugadores (Nedelec et al., 2014). Además, sobre una actividad de capacidad de repetir sprints, acciones iguales a las que se presentan en un partido de fútbol, una recuperación con base al salto con

contramovimiento (CMJ) fue efectivo para aumentar la carga de entrenamiento, sin afectar la mecánica de carrera (Nedelec et al., 2014). Por lo que se establece, que analizar las variaciones en el rendimiento del salto vertical después de competir en un partido es importante, sobre todo, si no hay más disponibilidad para evaluar la fatiga neuromuscular después de actividades demandantes, bajo este criterio, un estudio analizó si las variables del salto con contramovimiento podían evaluar los efectos de la fatiga aguda 24 y 48 horas posterior a un partido, los resultados demostraron que ninguna métrica evidenció cambios (Lombard et al., 2021).

De hecho, se evidenció anteriormente, que la altura del salto con contramovimiento no tenía variaciones durante una semana de entrenamiento en medio de la temporada y no se encontraron correlaciones en la carga de entrenamiento semanal y cambios en el salto (Malone et al., 2015). En otro estudio, los hallazgos demostraron que el rendimiento del salto con contramovimiento se vio afectado de forma negativa por la carga de entrenamiento, además, hubo una acumulación de cargas de entrenamiento sobre la fatiga neuromuscular (Tavares et al., 2018).

Es de suma importancia la comprensión y el monitorio de la fatiga de los jugadores después de los partidos y los entrenamientos, se ha documentado distintos enfoques de evaluación de rendimiento y sus limitaciones (Wehbe et al., 2015). De esta forma, el cuerpo técnico en conjunto cuenta con un mejor conocimiento de las respuestas de sus jugadores al entrenamiento y a la competencia, lo que facilita ajustar las cargas de entrenamiento para prevenir lesiones y sobre entrenamiento (McLean et al., 2010).

Desde las distintas evaluaciones disponibles para la medición de la preparación de un deportista, el salto con contramovimiento es una herramienta práctica y factible para detectar cambios en el rendimiento neuromuscular (Claudino et al., 2017). En un estudio, el análisis de datos del salto con contramovimiento se utilizó para la cuantificación objetiva de la fatiga neuromuscular, demostró un coeficiente de variación más bajo (<5%)

para la altura de salto que otras variables, por lo que se puede confirmar su confiabilidad (Gathercole et al., 2015).

Con base a referentes mencionados previamente, este estudio fue diseñado para evaluar la fatiga neuromuscular por medio de la disminución de la altura de salto, en concreto los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar la relación entre la carga de partido y la altura de salto con contramovimiento después del partido y; 2) comparar la altura de salto con contramovimiento antes y después del partido en jóvenes futbolistas.

Los resultados de este estudio podrían ser importantes, ya que, otorgan a los entrenadores, preparadores físicos y cuerpo técnico una orientación detallada sobre la disminución del nivel neuromuscular después de un partido, ayudando a prevenir lesiones por fatiga o sobrecarga.

Metodología

Muestra

Se llevó a cabo un estudio de tipo cuasi-experimental de diseño pre-post, en el cual participaron ocho jugadores de la categoría sub-14 de un club de fútbol formativo, (edad $14 \pm 0,6$ años, peso $58,17 \pm 2,91$ kg, estatura $168,37 \pm 2,58$ cm), los participantes participaron en la evaluación de manera voluntaria, debido a las reglas de sustitución se incluyeron a los jugadores que tuvieran más de 30 minutos jugados, como resultado ocho jugadores cumplieron con el criterio y fueron incluidos para el análisis.

Instrumentos

Para la cuantificación de la intensidad percibida de los jugadores durante el encuentro, se adoptó el índice de esfuerzo percibido durante el partido, aproximadamente 5 minutos después de terminar el partido o después de ser sustituido, se le preguntó al jugador “¿de uno a diez qué tan cansado te sientes?”, según la escala de esfuerzo percibido y de acuerdo

con estudios previos realizados con jugadores de fútbol jóvenes (Moreira et al., 2016). Los jugadores ya habían sido familiarizados con este procedimiento semanas anteriores. Además, se determinó la carga de partido, para esto, se multiplicó el valor numérico del esfuerzo percibido por la cantidad de minutos jugados (esfuerzo percibido x minutos jugados).

Para medir el salto con contramovimiento, se utilizó la aplicación Myjump lab 2 diseñada por (Balsalobre-Fernández et al., 2015). La evaluación del salto vertical se realizó antes del partido después de la fase de calentamiento, y después del partido cinco minutos después, el dato extraído fue la altura de salto.

Análisis de datos

Se llevó a cabo una regresión lineal para buscar la relación entre las variables de altura de salto contramovimiento antes del partido, minutos jugados, esfuerzo percibido y carga de partido con la altura de salto contramovimiento después del partido, además, se realizó una prueba de muestras emparejadas para determinar el nivel de significancia entre la altura de salto alcanzada antes y después del partido, una prueba de Kolmogorov-Smirnov para observar la distribución normal y una barra de error para observar los valores medios antes y después del partido en la altura de salto con contramovimiento). El nivel alfa crítico se estableció en $p \leq 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS.

Resultados

Los datos descriptivos demostraron que los jugadores tuvieron una participación con un tiempo mínimo de 30' y 40' como máximo, la media de tiempo fue de $37,5 \pm 4,63$ minutos jugados. La percepción subjetiva del esfuerzo estuvo en valores entre 5-10, con una media de $7,5 \pm 1,69$ lo que señala una intensidad media-alta. En cuanto a la carga, la

cual fue calculada en unidades arbitrarias (UA), hubo valores que variaron entre 150 y 400 UA, lo que significó diferencias individuales en cuanto a las respuestas a nivel fisiológico.

La altura de salto con contramovimiento antes de comenzar el partido tuvo valores entre 26,17 y 43,3 cm con una media de $35,49 \pm 5,93$ cm, lo que señala una gran variabilidad en cuanto al rendimiento neuromuscular de cada jugador. Con dichos datos se analizaron los efectos de la carga sobre la fatiga neuromuscular y el rendimiento después del partido.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

	Tiempo jugado (min)	Percepción subjetiva del esfuerzo	Carga de partido (Unidades arbitrarias)	Altura antes de partido (cm)
Mínimo	30	5	150	26,17
Máximo	40	10	400	43,3
Media	37,5	7,5	285	35,49
Desviación estándar	4,63	1,69	84,85	5,93

Se llevó a cabo una regresión lineal con el objetivo de relacionar la carga de partido y la altura de salto en cm del salto contramovimiento post-partido, los resultados demostraron un coeficiente de correlación ($R=0,727$) lo que lo califica como un valor moderado-alto, con un coeficiente de determinación $R^2=0,528$ lo que indica que el 52,8% de la variabilidad en la altura de salto después del partido puede ser explicada por factores incluidos en el modelo, aunque, el R^2 ajustado mostró un valor negativo ($-0,1$), lo que sugiere que incluir todas las variables no garantiza una buena predicción. El error estándar de la estimación tuvo un valor de 3,109 cm. Lo que señala que hay una relación

entre la carga de partido y la altura de salto después del partido, se cree que otros factores que no fueron incluidos en el modelo podrían ser influyentes en el rendimiento a nivel neuromuscular de los jugadores.

Tabla 2. Regresión lineal

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,727 ^a	0,528	-0,1	3,10914

a. Predictores: (Constante), Altura antes de partido (cm), Min, RPE, UA

En la tabla 3 se evidencia que los jugadores disminuyeron su altura de salto después del partido, antes del partido el promedio de altura fue de 35,48 cm y después del partido fue de 30,96 lo que indica que la reducción fue de 4,52 cm menos. La desviación estándar de centímetros alcanzados antes del partido fue de 5,93 cm siendo mayor que la desviación estándar después del partido 2,96 cm. Lo que señala que hubo mayor variabilidad antes de comenzar el partido que al finalizarlo.

El valor de significancia ($P=0,051$) estuvo cerca del umbral de significancia estándar de 0,05 lo que señala que la diferencia en cuanto a la altura de salto fue marginalmente estadística. A pesar de que no hay criterio estándar de significancia ($P<0,05$) se pudo considerar que la diferencia fue suficiente para indicar que la fatiga afecta el rendimiento de salto.

Tabla 3. Prueba T para muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Altura antes de partido (cm)	35,48	8	5,93	2,09
Altura después de partido (cm)	30,96	8	2,96	1,04
Sig.	0,051			

Al tratarse de una prueba estadística paramétrica, fue necesario demostrar la distribución normal del grupo, por lo que se llevó a cabo una diferencia entre los resultados obtenidos y posteriormente la prueba de Kolgomorov-Smirnov para una muestra donde el valor de $p=0,122$ por lo que no se rechaza hipótesis nula, en otros términos, la distribución de la diferencia de altura antes y después del partido no es significativamente diferente de una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

La prueba T de muestras emparejadas asumió la normalidad en la distribución de las diferencias, por lo que la prueba es válida y su resultado se considera confiable.

Tabla 4. Prueba de Kolgomorov-Smirnov.

		Dif
N		8
Parámetros normales ^{a,b}	Media	-4,5225
	Desv. Desviación	5,42634
Máximas diferencias extremas	Absoluto	0,259
	Positivo	0,199

	Negativo	-0,259
Estadístico de prueba		0,259
Sig. asintótica(bilateral)		,122 ^c

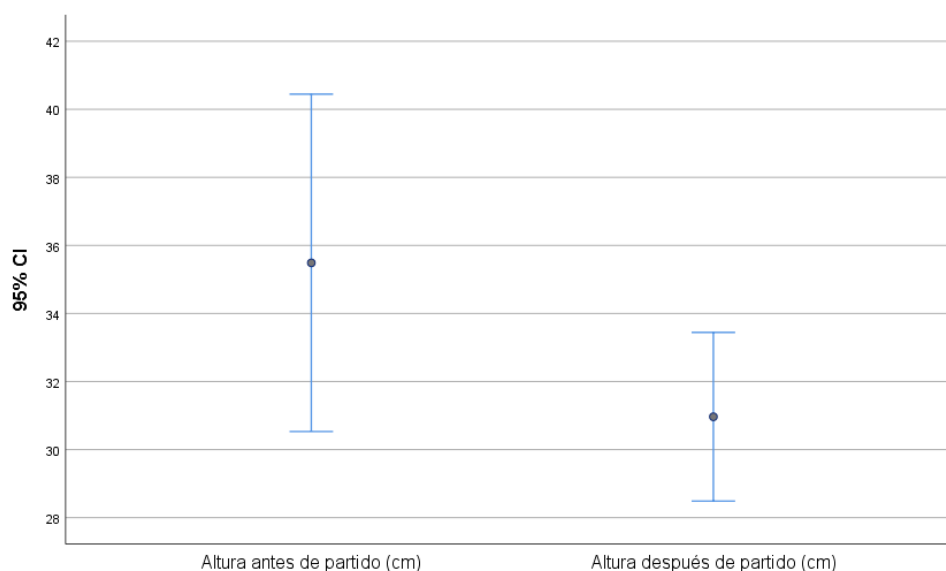


Figura 1. Barra de error.

El valor medio de la altura alcanzada después del partido, el cual fue de 30,96 cm está incluido en el intervalo de confianza de la media de altura alcanzada después del partido, por lo que determina que no hay diferencias.

Discusión

Este estudio encontró que el tiempo jugado y el esfuerzo percibido se correlacionan con el rendimiento de salto después del partido de manera significativa, por lo que tuvo

relación con un estudio que encontró que hubo correlaciones significativas entre el tiempo de juego y la fuerza máxima durante el SJ (salto en cuclillas) a 24P (24 horas previas al partido) ($r = -0,47$), y entre el tiempo de juego y la potencia máxima durante el SJ en IP (inmediatamente después del partido) ($r = -0,57$) y 24P ($r = -0,51$), y durante el CMJ en IP ($r = -0,49$) (Hoffman et al., 2006). Esto contrasta con algunos estudios que han demostrado que la velocidad, la potencia anaeróbica y la resistencia pueden ser un determinante importante del éxito en el fútbol (Cometti et al., 2001; Wisløff et al., 1998). Además, no se encontraron cambios estadísticamente significativos en la altura de salto (disminución).

Autores estuvieron de acuerdo con los resultados del estudio actual, ya que no encontraron diferencias en la altura de salto después de un partido. Sin embargo, los hallazgos no fueron significativos con la diferencia de un centímetro en la altura del salto antes (35 ± 1) y después (36 ± 1) del partido (Krustrup et al., 2003). Es de notable interés que el estudio de los autores incluyó a jugadoras adultas de nivel élite. Otros autores mostraron cambios en la altura del salto después de un solo partido, pero sí mostraron una disminución en el rendimiento del salto después de un corto período de descanso (Hoffman et al., 2006).

La alta exigencia y competitividad requieren que profesionales en deporte monitoreen las cargas de entrenamiento para la prevención de lesiones y por tanto, las mejoras en el rendimiento, el salto con contramovimiento es una de las pruebas más utilizadas para la evaluación del rendimiento neuromuscular, así como cuantificar la carga generada por el entrenamiento o competencia (Claudino et al., 2017). Por medio de la prueba de salto con contramovimiento se puede hacer análisis de distintas variables cinéticas y cinemáticas, siendo la altura de salto la más usada por la forma práctica en que brinda información valiosa sobre el nivel neuromuscular del deportista (Claudino et al., 2017). Por otra parte, el esfuerzo percibido también es utilizado para el monitoreo de la carga, ya que es un método válido, económico, de fácil utilización, no invasivo y accesible

a todos, que permite conocer la carga interna del deportista (Campos-Vazquez et al., 2017; Foster et al., 2015).

Por lo tanto, es importante evaluar si los resultados de estas variables corresponden a un comportamiento similar o más bien, confirmar si valores elevados en la disminución de altura del salto con contramovimiento se asocia a valores mayores de esfuerzo percibido o la cantidad de minutos totales jugados. Se encontró una disminución en el rendimiento de salto con contramovimiento en jugadores juveniles después de un partido (Brownstein et al., 2017). Del mismo modo, se mostraron resultados con valores similares en jugadores que realizaron acciones que involucraban la musculatura de miembros inferiores (Watkins et al., 2017). Por lo que se concluye en que, la altura de salto con contramovimiento puede ser un indicador válido para evaluar la fatiga después de un partido.

Conclusiones

Este estudio afirma que la evaluación del salto con contramovimiento es una herramienta útil para detectar la fatiga después de un partido de fútbol, además, la disminución en los centímetros alcanzados después del partido presentó una asociación con la carga de partido (esfuerzo percibido y minutos jugados). Los hallazgos pueden ser interesantes para los preparadores físicos, debido a la alta demanda de partidos que se presentan en el futbol actual a nivel profesional y amateur.

Referencias bibliográficas

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. (2015). Validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir el rendimiento en salto vertical. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

- Bangsbo, J., Iaia, F., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2(2), 111-127. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.2.111>
- Brownstein, C., Dent, J., Parker, P., Hicks, K., Howatson, G., Goodall, S., & Thomas, K. (2017). Etiology and recovery of neuromuscular fatigue following competitive soccer match-play. *Front Physiol*, 8(1), 831. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00831>
- Campos-Vazquez, M., Toscano-Bendala, F., Mora-Ferrera, J., & Suarez-Arrones, L. (2017). Relationship Between Internal Load Indicators and Changes on Intermittent Performance After the Preseason in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 3(16), 1477-1485. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001613>
- Claudino, J., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A., & Serrão, J. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 20(4), 397-402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cometti, G., Maffiuletti, N., Pousson, M., Chatard, J., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int. J. Sports Med.*, 22(1), 45-51. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11331>
- de Hoyo, M., Cohen, D., Sañudo, B., Carrasco, L., Álvarez-Mesa, A., del Ojo, J., Domínguez-Cobo, S., Mañas, V., & Otero-Esquina, C. (2016). Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *J Sports Sci*, 34(14), 1363-1370. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1150603>
- Debenham, J., Travers, M., Gibson, W., Campbell, A., & Allison, G. (2016). Eccentric fatigue modulates stretch-shortening cycle effectiveness—A possible role in lower limb overuse injuries. *Int J Sports Med*, 37(1), 50-55. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549923>
-

- Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L., Parker, S., & Dodge, C. (2015). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 10(1), 84-92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- Hoffman, J., Nusse, V., & Kang, J. (2006). The Effect of an Intercollegiate Soccer Game on Maximal Power Performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(6), 807-817. <https://doi.org/10.1139/h03-060>
- Krustrup, P., Mohr, M., & Amstrup, T. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 697-705. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Lombard, W., Starling, L., Wewerge, L., & Lambert, M. (2021). Changes in countermovement jump performance and subjective readiness-to-train scores following a simulated soccer match. *Eur. J. Sport Sci.*, 21(5), 647-655. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1757764>
- Malone, J., Murtagh, C., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J., & Drust, B. (2015). Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 29(3), 752-757. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000701>
- McLean, B., Coutts, A., Kelly, V., McGuigan, M., & Cormack, S. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 367-383. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.367>
- Moreira, A., Bradley, P., Carling, C., Arruda, A., Spigolon, L., Franciscon, C., & Aoki, M. (2016). Effect of a congested match schedule on immune-endocrine responses,
-

- technical performance and session-RPE in elite youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2255-2261. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1205753>
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *Strength Cond. Res*, 28(6), 1517-1523. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000293>
- Silva, J., Rumpf, M., Hertzog, M., Castagna, C., Farooq, A., Girard, O., & Hader, K. (2018). Acute and residual soccer match-related fatigue: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 539-583. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0798-8>
- Tavares, F., Healey, P., Smith, T., & Driller, M. (2018). The effect of training load on neuromuscular performance, muscle soreness and wellness during an in-season non-competitive week in elite rugby athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(11), 1565-1571. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07618-6>
- Watkins, C., Barillas, S., Wong, M., Archer, D., Dobbs, I., Lockie, R., & Brown, L. (2017). Determination of Vertical Jump as a Measure of Neuromuscular Readiness and Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3305-3310. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002231>
- Wehbe, G., Gabbett, T., Dwyer, D., McLellan, C., & Coad, S. (2015). Monitoring neuromuscular fatigue in team-sport athletes using a cycle-ergometer test. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(3), 292-297. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0217>
- Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(3), 462-467. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00019>
- Zanetti, V., Carling, C., Aoki, M., Bradley, P., & Moreira, A. (2021). Are There Differences in Elite Youth Soccer Player Work Rate Profiles in Congested vs. Regular Match Schedules? *J Strength Cond Res*, 35(2), 473-480. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002702>
-