

Relación del Swing Eccentric Hamstring Exercise con el rendimiento del salto y el sprint en jugadores de fútbol.

Relationship of the Swing Eccentric Hamstring Exercise to jumping and sprinting performance in soccer players.

Sánchez-Sánchez, A.J.,¹ Chiroso-Ríos, L.J.,¹ Chiroso-Ríos, I.J.,¹ García-Vega, A.J.,¹ & Jerez-Mayorga, D.²

1. Departament Physical Education and Sports. Faculty of Sports Sciences. Universidad de Granada. Spain. 2. Faculty of Rehabilitation Sciences. Universidad Andres Bello. Santiago de Chile.

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de fuerza excéntrica del gesto funcional Swing Eccentric Hamstring Exercise (SEHE) a distintas velocidades isocinéticas y analizar la relación con el rendimiento en sprint y salto. Para ello, veinte jugadores amateurs correspondientes a la categoría juvenil y senior ($n = 20$, edad = 20.74 ± 4.04 años, altura = 176.00 ± 5.41 cm, peso = 73.35 ± 8.91 kg, IMC = 23.76 ± 2.41 kg/m² y experiencia de juego = 11.37 ± 2.71 años) realizaron un estudio en el que usaron un dispositivo de dinamometría electromecánica funcional. Los test de evaluación realizados fueron el sprint y el salto vertical, los cuales fueron monitorizados con células fotoeléctricas y plataforma de salto. Los principales resultados muestran que la Fuerza Pico a 60 (cm/s) correlacionaron significativamente con el Sprint media 10 m ($r=0.49$, $p=0.032$) y 20 m ($r=0.46$, $p=0.047$) y en los test de saltos con el Counter Movement Jump (CMJ) media Reactive Strength Index (RSI) ($r=-0.59$, $p=0.008$) y Squat Jump (SJ) media RSI ($r=-0.51$, $p=0.027$). Los resultados de este estudio reflejan la alta correlación entre el SEHE y el rendimiento en el salto, aunque necesitamos seguir investigando sobre su relación en jugadores profesionales.

Palabras clave: Fuerza Excéntrica; Isquiosurales; Futbolistas; Rendimiento; Dinamometría Isocinética.

Abstract: The aim of this study was to determine the eccentric strength levels of the Swing Eccentric Hamstring Exercise (SEHE) functional gesture at different isokinetic speeds and to analyse the relationship with sprint and jump performance. For this purpose, twenty amateur players ($n = 20$, age = 20.74 ± 4.04 years, height = 176.00 ± 5.41 cm, weight = 73.35 ± 8.91 kg, BMI = 23.76 ± 2.41 kg/m² and playing experience = 11.37 ± 2.71 years) corresponding to the youth and senior categories carried out a study in which they used a functional electromechanical dynamometry device. The evaluation tests performed were the sprint and the vertical jump, which were monitored with photoelectric cells and a jumping platform. The main results show that Peak Force at 60 (cm/s) correlated significantly with Sprint Mean 10 m ($r=0.49$, $p=0.032$) and 20 m ($r=0.46$, $p=0.047$) and in the jumping tests with Counter Movement Jump (CMJ) mean Reactive Strength Index (RSI) ($r=-0.59$, $p=0.008$) and Squat Jump (SJ) mean RSI ($r=-0.51$, $p=0.027$). The results of this study reflect the high correlation between SEHE and jumping performance, although further research is needed on its relationship in professional soccer players.

Key Words: Eccentric Strength; Hamstring; Soccer Players; Performance; Isokinetic Dynamometry.

Autor de correspondencia: Antonio Jesús Sánchez Sánchez

Filiación: Departament Physical Education and Sports. Faculty of Sports Sciences. Universidad de Granada. Spain

E-mail: antoniojsanchezpf@gmail.com

Introducción

Las lesiones por distensión en los músculos isquiosurales, son un problema trascendente para los jugadores de fútbol y sus clubes, ya que el coste medio de un futbolista profesional lesionado asciende aproximadamente a 500.000 € mensuales (Ekstrand et al., 2011; Ekstrand et al., 2016; Elliott et al., 2011; Jones et al., 2019). A su vez, la incidencia de lesiones ha aumentado en los últimos 16 años, y la distensión muscular sigue siendo la lesión más frecuente. Las distensiones musculares representan el 41,2% de todas las lesiones en jugadores de fútbol (Ekstrand et al., 2016; Mallo, González, Veiga, & Navarro, 2011). En este contexto, los isquiosurales son el grupo muscular con mayor incidencia lesional, representando el 39.5% de todas las distensiones musculares y el 16.3% de todas las lesiones (Noya & Sillero 2012).

En ese sentido, se utilizan estrategias de prevención y optimización que se centran en modificar los factores de riesgo asociados con las lesiones, que comúnmente incluyen déficits de fuerza excéntrica de los isquiosurales y la relación fuerza Isquiosural excéntrico:Cuádriceps concéntrico (Hecc:Qcon) (Mendiguchia et al., 2015; Morin et al., 2015). Por ello, realizar programas de entrenamiento que aumenten la fuerza excéntrica, disminuye el número de lesiones de la musculatura isquiosural y la gravedad de las mismas a lo largo de una temporada en jugadores de fútbol (Croisier et al., 2002; Opar, Piatkowski, et al., 2013). Los programas de entrenamiento también se focalizan en la optimización del rendimiento de los mecanismos lesionales como el sprint, ya que de manera indirecta podrían ayudar a prevenir lesiones (Morin et al., 2015). Actualmente el Nordic Hamstring Exercise (NHE) es el ejercicio más utilizado dentro de estos programas, ya que reduce el riesgo de lesión hasta en un 51% y produce mejoras de leves a moderadas en el rendimiento del salto y del sprint (Al Attar et al., 2017; Maniar et al., 2016; Vatovec et al., 2019). Aunque presenta varias limitaciones a nivel funcional, desde el punto de vista anatómico y fisiológico (Bourne et al., 2018). Ya que no tiene transferencia a las acciones reales de juego que se dan durante el mecanismo lesional y es un ejercicio muy exigente y fatigante, el cual no puede ser realizado por todos los jugadores.

Para evaluar los diferentes tipos de contracción muscular encontramos los dinamómetros isocinéticos angulares (AID), los cuales están reconocidos como el gold standard para evaluar la fuerza excéntrica de la musculatura flexora de la rodilla, pero carecen de utilidad práctica en comparación con otros dispositivos (Dvir et al., 2020; Opar, Piatkowski, et al., 2013; van Dyk et al., 2018). Los AID, al igual que el NHE, no tienen transferencia a las acciones reales de juego que se dan durante el mecanismo lesional en jugadores de fútbol, ya que el movimiento se centra únicamente en la articulación de la rodilla mientras que la cadera permanece estática durante todo el recorrido (Bourne et al., 2018). En este contexto, el Swing Eccentric Hamstring Exercise (SEHE) es un ejercicio funcional que nos permite trabajar la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural realizando el mismo patrón de movimiento que se lleva a cabo durante el gesto de carrera. Recientemente en el mercado de la tecnología aplicada a las ciencias de la actividad física, el deporte y la rehabilitación ha surgido un nuevo dinamómetro electromecánico funcional (DEMF) que permite la evaluación de movimientos naturales controlados como lo es el SEHE (Sánchez-Sánchez et al., 2021).

La evaluación de este gesto funcional utilizando esta tecnología permitirá establecer el comportamiento de la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural a diferentes velocidades de contracción isocinética y la relación que podría tener con el rendimiento del salto y del sprint, el cual no ha sido estudiado hasta la fecha. Por todo ello, el objetivo de la presente investigación fue determinar los niveles de fuerza excéntrica del gesto funcional SEHE a través de distintas velocidades isocinéticas y analizar la relación con el rendimiento en sprint y salto.

Material y método

Muestra

Veinte jugadores de fútbol masculinos federados ($n = 20$, edad = 20.74 ± 4.04 años, altura = 176.00 ± 5.41 cm, peso = 73.35 ± 8.91 kg, IMC = 23.76 ± 2.41 kg/m² y experiencia de juego = 11.37 ± 2.71 años) participaron de manera voluntaria en este estudio. Los criterios de inclusión fueron (I) tener una experiencia competitiva y consecutiva de al menos 5 años antes de las mediciones; y (II) no tener lesiones previas de cadera, rodilla o muslo en los últimos 6 meses. Los criterios de exclusión fueron (I) participar en cualquier programa adicional de entrenamiento de fuerza durante las semanas que se ejecutó el estudio; y (II) no asistir a una o más sesiones de valoración durante todo el proceso de recogida de datos. Todos los participantes fueron invitados a mantener sus niveles regulares de práctica de actividad físico-deportiva durante todo el proceso exploratorio. Aunque se les recomendó evitar las prácticas vigorosas durante las 24h previas a cada sesión de evaluación. Los jugadores entrenaron tres veces por semana durante 90 minutos y jugaron un partido oficial el fin de semana.

Diseño de la investigación

Una semana antes del comienzo de la fase experimental, todos los participantes fueron sometidos a dos sesiones de familiarización con el propósito de conocer la correcta ejecución técnica del procedimiento a ejecutar. Mediante la realización práctica de acciones de flexión y extensión de rodilla empleando diferentes velocidades isocinéticas y contracciones musculares (concéntrica y excéntrica). Para evaluar la fiabilidad del SEHE se utilizó un FEMD en su modalidad isocinética (DynaSystem®, modelo research, Granada, España) (Jerez-Mayorga et al., 2019; Rodríguez-Perea et al., 2019; Sánchez-Sánchez et al., 2021). Estas evaluaciones se llevarán a cabo en cuatro sesiones, dos de familiarización y dos de registro a tres velocidades isocinéticas diferentes (20-40-60 cm/s), pidiéndoles que realicen un esfuerzo máximo durante cada una de las repeticiones. Para evitar cualquier señal de fatiga, se dejó una semana entre cada sesión de registro de datos.

A partir de la medición de la fuerza isocinética del SEHE se realizó la comparación con el rendimiento del tiempo de sprints a diferentes distancias (10, 20 y 30 metros) y con el salto, mediante el test de Bosco (CMJ, SJ, unilateral SJ y salto horizontal). Previamente, se realizó un análisis de composición corporal, para conocer el estado de los jugadores. Estas evaluaciones tuvieron una duración de dos semanas, llevándose a cabo en dos sesiones diferentes realizadas por la tarde, una para la realización del test de sprint y otra para la realización de los diferentes test de salto. Para evitar cualquier señal de fatiga, se dejó una semana entre cada sesión de registro de datos. Estas mediciones se realizaron el primer día de la semana de entrenamiento previo a la sesión de campo, como parte de la activación.

Composición corporal

La estatura fue determinada usando un estadiómetro portátil (modelo 213; marca SECA; Hamburgo; Alemania a 0.1 cm). Las mediciones de composición corporal fueron realizadas utilizando una impedancia bioeléctrica de análisis tetrapolar (Marca Tanita, Modelo BC 330; Tokyo; Japan). Todas las mediciones se realizaron el primer día del estudio, por la tarde y en ropa interior para que no afectase a los resultados del mismo. Todos los participantes realizaron el test a la misma hora del día y en las mismas condiciones.

Test de sprint

La prueba de Sprint a 30 metros se realizó en un campo de césped artificial. Los investigadores colocaron cuatro pares de fotocélulas (DSD Laser System, León, España) enfrentadas con sus receptores y sincronizadas para la toma del tiempo cada 10 metros con un total de 30 metros. Los participantes realizaron un calentamiento dirigido estandarizado, con una primera parte de 5 minutos de carrera continua alrededor del campo, y una segunda parte, de 10 minutos de movilidad articular por filas. Una vez realizado el calentamiento, el participante se colocó por detrás de la primera fotocélula en una posición estática e iniciaba la carrera. Cada participante realizó tres series de sprint, con un descanso entre serie de tres minutos para para obtener una recuperación completa entre series y el rendimiento no se viera afectado por la fatiga residual del propio test. Para el análisis de datos se tuvo en cuenta el mejor tiempo de las tres repeticiones, así como la media de las mismas.

Test de Bosco

La prueba de salto se realizó con zapatillas dentro del pabellón deportivo de la instalación. La batería de test de Bosco se realizó mediante el instrumento OptoJump, con una separación de un metro y medio entre cada placa (Figura 1). Los sujetos realizaron la batería de test de Bosco siguiendo el siguiente orden:

- Counter Movement Jump (CMJ)
- Squat Jump (SJ)
- Counter Movement Jump con pierna dominante (CMJ Dom)
- Counter Movement Jump con pierna no dominante (No Dom)
- Salto Horizontal (SH)

La prueba de salto horizontal se midió a través de la aplicación My Jump 2. Los sujetos entraban por detrás de las células, realizaban 3 saltos para cada uno de los test, con un descanso de 30 segundos entre repetición y de 4 minutos entre cada uno de las pruebas para evitar cualquier signo de fatiga. Cada sujeto realizó cada tipo de salto tres veces, donde se tuvo en cuenta el mejor salto de las tres repeticiones, así como la media de los mismos.



Figura 1. Realización del salto CMJ y SJ mediante el instrumento OptoJump. Fuente de elaboración propia.

Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como media \pm DE. La distribución de los datos se verificó mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El coeficiente de correlación de Pearson fue calculado para examinar la asociación entre las variables. El coeficiente de correlación fue interpretado a través de la clasificación descrita por (Mukaka, 2012), donde (0.9 a 1.0) era una correlación muy alta, (0.7 a 0.9) alta, (0.5 a 0.7) moderada, (0.3 a 0.5) baja y (0.0 a 0.3) insignificante. Se utilizó el paquete de software JASP (versión 0.9.1.0, <http://jasp-stats.org>) para todos los análisis. La significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$.

Resultados

A continuación, en la tabla 1 se muestran las características descriptivas en cuanto a los antecedentes antropométricos y composición corporal de los jugadores.

Tabla 1. Características descriptivas de los sujetos.	
Variables	Total (n=20)
Edad (años)	20.74 \pm 4.04
Experiencia (años)	11.37 \pm 2.71
Peso (Kg)	73.35 \pm 8.91
Altura (cm)	176.00 \pm 5.41
IMC (Kg/altura ²)	23.76 \pm 2.41
Circunferencia Muslo (cm)	57.71 \pm 3.74
Circunferencia Gastrocnemio (cm)	38.21 \pm 2.53
Grasa Corporal (Kg)	13.66 \pm 4.07
Grasa Pierna Derecha (Kg)	11.42 \pm 3.06
Grasa Pierna Izquierda (Kg)	11.37 \pm 3.45
Grasa Tronco (Kg)	15.63 \pm 5.29
Masa Muscular Corporal (Kg)	59.89 \pm 5.27
Masa Muscular Pierna Derecha (Kg)	10.52 \pm 0.96
Masa Muscular Pierna Izquierda (Kg)	10.52 \pm 0.95
Masa Muscular Tronco (Kg)	31.72 \pm 2.61
IMC: Índice de Masa Corporal; Cm: centímetros; Kg: Kilogramos.	

La tabla 2 muestra las características descriptivas de los niveles de fuerza media y pico en condiciones excéntricas a través del ejercicio SEHE, además del comportamiento de la variable de sprint y de salto de los futbolistas.

Tabla 2. Características descriptivas de fuerza media y pico, sprint y salto.	
Variables	Total (n=20)
Fuerza Media 20 (N)	350.80 ± 47.50
Fuerza Media 40 (N)	402.20 ± 39.30
Fuerza Media 60 (N)	402.20 ± 39.30
Fuerza Pico 20 (N)	510.50 ± 69.30
Fuerza Pico 40 (N)	569.80 ± 78.10
Fuerza Pico 60 (N)	624.70 ± 92.10
CMJ Media Altura (cm)	32.89 ± 4.16
CMJ Media RSI (m/s)	0.075 ± 0.025
SJ Media Altura (cm)	31.89 ± 4.03
SJ Media RSI (m/s)	0.051 ± 0.016
Sprint Media 10 m (s)	1.70 ± 0.08
Sprint Media 20 m (s)	2.94 ± 0.14
Sprint Media 30 m (s)	4.13 ± 0.16
CMJ= Counter Movement Jump; SJ= Jump Squat; N: Newton.	

El resultado del análisis de las variables de fuerza pico y sprint media y pico, nos reveló que existe una relación “moderada” entre la fuerza pico a una velocidad isocinética de 60 (cm/s) comparándolo con el valor medio del sprint de 10 metros ($r= 0.492$, $p= 0.032$) y junto al valor medio de Sprint en 20 metros ($r=0.4621$, $p=0.047$) mostrada en la tabla 3.

Tabla 3. Coeficiente de Correlación de Pearson entre la Fuerza Pico excéntrica y el tiempo medio y pico del sprint (n=20)			
	Fuerza pico (N)		
	FP (N)20 (cm/s)	FP (N)40 (cm/s)	FP (N)60 (cm/s)
Sprint Media 10 (m)	0.21	0,22	0.49*
Sprint Media 20 (m)	0.12	0.08	0.46*
Sprint Media 30 (m)	0,15	0.15	0.41
Sprint Pico 10 (m)	0.16	0.27	0.03
Sprint Pico 20 (m)	0.05	-0.03	0.32
Sprint Pico 30 (m)	0.06	0.16	0.36
* $p<0.005$			

La Fuerza Pico (N) a 60 (cm/s) presenta una correlación “alta” ($r=-0.59$, $p=0.008$) con el RSI (m/s) del CMJ (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson entre la fuerza pico excéntrica y la altura y el RSI del CMJ (n=20).			
	Fuerza Pico (N)		
	FP (N)20 (cm/s)	FP (N)40 (cm/s)	FP (N)60 (cm/s)
CMJ Media Altura (cm)	0.01	-0.12	0.045
CMJ Media IFR	-0.28	-0.39	-0.59**
CMJ Pico Altura (cm)	0.06	-0.11	0.07
CMJ Media RSI (m/s)	-0.09	-0.18	-0.40
CMJ= Salto con contramovimiento; IFR= Índice de fuerza reactiva; * $p<0.005$ ** $p<0.001$			

En el salto SJ se observó que existente una relación “moderada” entre la fuerza pico (N) a 60 (cm/s) y la media del SJ en la variable RSI ($r=-0.51$, $p= 0.027$) (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre la fuerza pico excéntrica y la altura y el IFR del SJ (n=20).			
	Fuerza Pico (N)		
	FP (N)20 (cm/s)	FP (N)40 (cm/s)	FP (N)60 (cm/s)
SJ Media Altura (cm)	-0.02	-0.11	-0.04
SJ Media RSI (m/s)	-0.31	-0.31	-0.51*
SJ Pico Altura (cm)	-0.02	-0.10	-0.09
SJ Pico RSI (m/s)	-0.03	-0.02	-0.36
SJ= Squat Jump; IFR= Índice de fuerza reactiva; * $p<0.005$			

Discusión

El principal objetivo de este estudio fue analizar la relación entre los niveles de fuerza excéntrica del SEHE con el rendimiento en sprint y salto. Los principales resultados de esta investigación fueron: (I) Existe una correlación moderada entre la Fuerza Pico (PF) a 60 cm/s comparándolo con el Sprint Media (SM) 10 metros ($r= 0.492$, $p= 0.032$) y al Sprint Media 20 metros ($r=0.4621$, $p=0.047$), (II) Del mismo modo, se observó una correlación moderada entre PF(N) 60 cm/s y CMJ ($r=0.59$, $p=0.008$), CMJ No Dom ($r=0.56$, $p=0.013$) y SJ ($r=0.51$, $p=0.027$), tomando la variable del índice de fuerza reactiva (IFR) (m/s) y (III) Se observó una baja correlación a las tres velocidades de ejecución para el salto horizontal. Al comparar nuestros resultados con la literatura científica existente, podemos encontrar estudios que analizan diferentes ejercicios para la mejora del rendimiento del salto y el sprint. Dentro de estos ejercicios nos encontramos con el Nordic Hamstring Exercise (NHE), catalogado como el gold standard para trabajar la musculatura isquiosural (van Dyk et al., 2018).

Autores como Bautista et al. (2021) e Ishøi et al. (2018) observaron que la realización NHE en jugadores amateurs producía pequeñas o medianas mejoras en el rendimiento del sprint. Aunque existe cierta controversia, ya que hay estudios actuales que afirman que el rendimiento del salto y del sprint no está asociado a la mejora del NHE (Sebelien et al., 2014; Suárez-Arrones et al., 2021). Uno de los hallazgos de nuestro estudio es la correlación de la fuerza excéntrica con la mejora del tiempo a la distancia de 10 y 20 metros, acciones que nos sirven para mejorar la fase de aceleración del jugador. Con respecto a la mejora del rendimiento en la capacidad de salto, Krommes et al. (2017) observaron que, tras 10 semanas de entrenamiento realizando el NHE con jugadores de fútbol profesionales, obtuvieron mejoras moderadas durante el CMJ con respecto al grupo control, aunque no fueron estadísticamente significativas.

Siguiendo en la misma línea, Clark et al. (2005) realizó un estudio con el objetivo de determinar si un programa de entrenamiento excéntrico mediante el NHE producía adaptaciones favorables tanto a nivel preventivo como en la mejora del rendimiento. Tras cuatro semanas de aplicación del entrenamiento se observó un aumento significativo del 6,6% en la altura de salto vertical entre las sesiones previas y posteriores al entrenamiento. Por lo que, comparándolo con nuestros resultados, los ejercicios de fortalecimiento excéntrico como el SEHE, nos permiten mejorar movimientos que están directamente relacionados con las acciones reales de juego que realizan los jugadores de fútbol como el salto de cabeza desde parado (CMJ y SJ) y el salto de cabeza en carrera (CMJ No Dom). En cuanto el uso de nuevas tecnologías para la evaluación de

la fiabilidad y el entrenamiento de gestos funcionales se han utilizado dispositivos iso-inerciales, cómo poleas cónicas o Flywheel, y dispositivos con motor eléctrico, las cuales presentan resultados de fiabilidad inferiores a los nuestros para la producción de la fuerza media y la fuerza máxima en la fase excéntrica (ICC = 0.49 - 0.87; CV = 8 - 16.6) (Sabido et al., 2018). Del mismo modo, Bollinger et al. observó altos valores de confiabilidad test-retest para la fuerza media ($r = 0.90$) y la fuerza máxima excéntrica ($r = 0.92$) durante la realización de un ejercicio excéntrico de la musculatura isquiotibial (Rumanian Deadlift) utilizando un dispositivo Flywheel.

Según Maroto et al. aunque los dispositivos inerciales producen adaptaciones de sobrecarga excéntrica similares, los dispositivos con motor eléctrico tienen mayores beneficios potenciales para el entrenamiento excéntrico ya que permiten modificar de manera independiente las cargas y la velocidades concéntricas y excéntricas, característica fundamental del FEMD utilizado en nuestro estudio (Maroto-Izquierdo et al., 2019). Aunque el estudio es actual y novedoso, presenta varias limitaciones. En primer lugar, la muestra, al ser jugadores amateurs, podría incidir en un menor nivel técnico y coordinativo, que influiría en la ejecución y fluidez del movimiento. En segundo lugar, todas las pruebas físicas (test de sprint, CMJ, SJ y salto horizontal) se realizaron por la noche, después de que la gran mayoría de los jugadores estuviesen todo el día trabajando. Esto puede afectar a la fatiga de los mismos e incidir en los resultados obtenidos.

Conclusión

Este estudio aporta un novedoso y específico ejercicio del cual los jugadores de fútbol pueden aprovecharse tanto para el ámbito de rendimiento como el preventivo. Mediante el DEMF se ha podido determinar la fuerza excéntrica aplicada al gesto funcional (SEHE) en distintas velocidades isocinéticas. Las principales conclusiones de este estudio nos muestran que el SEHE es un ejercicio (I) el SEHE realizado a velocidades isocinéticas altas presenta una correlación moderada con el rendimiento en el salto vertical con contramovimiento (CMJ), el salto vertical con contramovimiento en la pierna no dominante (CMJ No Dom) y el squat jump (SJ), (II) hubo una correlación moderada entre el SEHE y el rendimiento en el sprint a 10 y 20 metros y (III) Por el contrario, no hubo ninguna relación entre el SEHE y el rendimiento del salto horizontal.

Bibliografía

- Ahmad, C. S., Redler, L. H., Ciccotti, M. G., Maffulli, N., Longo, U. G., & Bradley, J. (2013). Evaluation and Management of Hamstring Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 41(12), 2933–2947.
- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2017). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(5), 907–916.
- Bollinger LM, Brantley JT, Tarlton JK, Baker PA, Seay RF, Abel MG. 2018. Construct validity, test-retest reliability, and repeatability of performance variables using a flywheel resistance training device. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3149–3156.
- Bourne, M. N., Timmins, R. G., Opar, D. A., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2018). An Evidence-Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Sports Medicine*, 48(2), 251–267.

- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high-speed running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(3), 525-532.
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 90.
- Clark, R., Bryant, A., Culgan, J. P., & Hartley, B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 67-73.
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.
- Dvir, Z., & Müller, S. (2020). Multiple-Joint Isokinetic Dynamometry: A Critical Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 587-601.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553-558.
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731-737.
- Elliott, M.C., Zarins, B., Powell, J.W., & Kenyon, C.D. (2011). Hamstring muscle strains in professional football players: a 10-year review. *American Journal of Sports Medicine*, 39(4), 843-850.
- Ishøi, L., Hölmich, P., Aagaard, P., Thorborg, K., Bandholm, T., & Serner, A. (2018). Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 36(14), 1663-1672.
- Jerez-Mayorga, D., Chiroso-Ríos, L.J., Reyes, A., Delgado-Floody, P., Machado-Payer, R., & Guisado-Requena, I.M. (2019). Muscle quality index and isometric strength in older adults with hip osteoarthritis. *PeerJ*, 7(8), e7471.
- Jones, A., Jones, G., Greig, N., Bower, P., Brown, J., Hind, K., & Francis, P. (2019). Epidemiology of injury in English Professional Football players: A cohort study. *Physical Therapy in Sport*, 35, 18-22.
- Krommes, K., Petersen, J., Nielsen, M. B., Aagaard, P., Hölmich, P., & Thorborg, K. (2017). Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: A randomised pilot study. *BMC Research Notes*, 10(1), 69.
- Leventer, L., Eek, F., Hofstetter, S., & Lames, M. (2016). Injury Patterns among Elite Football Players: A Media-based Analysis over 6 Seasons with Emphasis on Playing Position. *International Journal of Sports Medicine*, 37(11), 898-908.

- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Knight, T. J., & De Jonge, X. A. (2011). Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2704–2714.
- Mallo, J., González, P., Veiga, S., & Navarro, E. (2011). Injury incidence in a spanish sub-elite professional football team: A prospective study during four consecutive seasons. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(4), 731–736.
- Maniar, N., Shield, A. J., Williams, M. D., Timmins, R. G., & Opar, D. A. (2016). Hamstring strength and flexibility after hamstring strain injury: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(15), 909–920.
- Maroto-Izquierdo S, Fernandez-Gonzalo R, Magdi HR, Manzano-Rodriguez S, González-Gallego J, De Paz J. 2019. Comparison of the musculoskeletal effects of different iso-inertial resistance training modalities: Flywheel vs. electric-motor. *European Journal of Sport Science*, 19(9), 1184–1194.
- Mendiguchia, J., Martínez-Ruiz, E., Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., Alcaraz, P. E., Esparza-Ros, F., & Méndez-Villanueva, A. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(6), e621–e629.
- Morin, J. B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404.
- Mukaka, M.M. (2012). Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3), 69-71.
- Noya, J., & Sillero, M. (2012). Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 47(176), 115–123.
- Opar, D. A., Piatkowski, T., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). A novel device using the nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: A reliability and retrospective injury study. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 43(9), 636–640.
- Rodríguez-Perea, A., Ríos, L.J., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Rojas, F.G., Jerez-Mayorga, D., & Ríos, I.J.C. (2019). Reliability of isometric and isokinetic trunk flexor strength using a functional electromechanical dynamometer. *PeerJ*, 2(2), 1–17.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J.L., & Pereyra-Gerber, G.T. (2018). Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 482–489.
- Sánchez-Sánchez, A. J., Chiroso-Ríos, L. J., Chiroso-Ríos, I. J., García-Vega, A. J., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Test-retest reliability of a functional electromechanical dynamometer on swing eccentric hamstring exercise measures in soccer players. *PeerJ*, 9, e11743.
- Sebelien, C., Stiller, C. H., Maher, S. F., & Qu, X. (2014). Effects of implementing Nordic hamstring exercises for semi-professional soccer players in Akershus, Norway. *Orthopaedic Practice*, 26(2), 90-97.

- Suárez-Arrones, L., Nakamura, F. Y., Maldonado, R. A., Torreno, N., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2021). Applying a holistic hamstring injury prevention approach in elite football: 12 seasons, single club study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 31(4), 861–874.
- Van Dyk, N., Witvrouw, E., & Bahr, R. (2018). Interseason variability in isokinetic strength and poor correlation with Nordic hamstring eccentric strength in football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(8), 1878–1887.
- Vatovec, R., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2019). Exercise interventions to prevent hamstring injuries in athletes: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 20(7), 992-1004.