

Article

# Disociación Entre los Cambios en el Rendimiento del Sprint y la Fuerza de los Isquiotibiales Nórdicos en Jugadores Profesionales de Fútbol Masculino

Luis Suarez-Arrones, Pilar Lara-Lopez, Pablo Rodriguez-Sanchez, Jose Luis Lazaro-Ramirez, Valter Di Salvo, Marc Guitart, Cristobal Fuentes-Nieto, Gil Rodas y Alberto Mendez-Villanueva

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar las consecuencias de la implementación de un protocolo de Ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos (NHE) durante las primeras 15 a 17 semanas de la temporada para evaluar el efecto sobre el sprint y la fuerza de los NHE (NHEs) en futbolistas profesionales. El estudio examinó a 50 futbolistas profesionales sanos ( $18,8 \pm 0,8$  años; altura  $176,8 \pm 6,9$ cm; peso  $71,3 \pm 5,7$ kg) pertenecientes a 3 de los equipos de reserva de tres clubes Españoles de la La-Liga divididos en 2 equipos de intervención [Grupo-Nórdico1 (NG-1) y Grupo-Nórdico2 (NG-2, amplia experiencia en NHE)] y 1 equipo como grupo de control (CG). La NHEs y el sprint lineal (T5, T10, T20-m) se evaluaron al principio de la temporada y al final de un periodo de intervención de acondicionamiento y entrenamiento futbolístico, complementado con un protocolo de NHE (24 sesiones para NG-1 y 22 sesiones para NG-2) o sin utilizar el NHE en absoluto (CG). Los tiempos de sprint mejoraron sustancialmente en todos los grupos (ES de  $-2,24 \pm 0,75$  a  $-0,60 \pm 0,37$ ). La NHEs fue mejorada en términos absolutos y relativos a la masa corporal sólo en NG-1 después del período de entrenamiento (ES de  $0,84 \pm 0,32$  a  $0,74 \pm 0,26$ ), mientras que en el NG-2 sólo hubo mejoras en la NHEs promedio relativa a la masa corporal (ES =  $0,39 \pm 0,36$ ). Las mejoras en T20-m fueron sustancialmente mayores en NG-2 vs. NG-1, y no hubo diferencias en los cambios en el rendimiento del sprint entre NG-1 y CG. Los cambios en el rendimiento del sprint y la NHEs no estaban relacionados. La NHEs se correlacionó en gran medida con la masa corporal de los jugadores. Los resultados indican que las mejoras en el sprint no dependen de los cambios en la NHEs, sin relaciones entre la NHEs y el rendimiento del sprint, y entre los cambios de sprint y los cambios en la NHEs.

## INTRODUCCIÓN

Los desgarros musculares de los isquiotibiales son el subtipo de lesión más común en los jugadores de fútbol masculino, y están asociados con una pérdida de tiempo significativa y altos costos financieros para el jugador y los clubes [1,2]. Los hallazgos de investigaciones recientes sobre los vínculos entre la fuerza excéntrica, la longitud del fascículo de los músculos isquiotibiales y el riesgo de lesión han promovido el uso del Ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos (NHE, por sus siglas en inglés) para mejorar la fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales (EHS, por sus siglas en inglés), medida durante el NHE, y aumentar la longitud del fascículo de la cabeza larga del bíceps femoral, como una estrategia eficaz

para reducir el riesgo de una futura lesión por desgarro en los isquiotibiales [3,4]. Sin embargo, y a pesar de su simplicidad y eficacia propuesta, parece que la gran mayoría de los clubes profesionales no incluyen el protocolo de NHE como parte de su estrategia de prevención de lesiones [5-7]. Esto podría deberse a que los profesionales de la medicina deportiva y del entrenamiento deportivo califican al NHE de ineficaz para la prevención de lesiones y el rendimiento [8]. Con respecto al rendimiento, dos estudios recientes investigaron los cambios en el rendimiento del sprint después de un protocolo de prevención de lesiones con NHE, mostrando mejoras significativas en el rendimiento del sprint [7,9] y la EHS usando el NHE [10]. Ishoi et al (2017) informaron que 10 semanas de entrenamiento con NHE resultaron en mejoras significativas en el rendimiento de sprint de 10 m (2,6%) y en el rendimiento del sprint repetido (1,8%) en jugadores amateur de fútbol masculino. Por otro lado, Krommes et al. (2017) encontraron mejoras significativas en el rendimiento de sprint de 5 m (9,4%) y 10 m (5,8%) en jugadores de fútbol de élite daneses después del protocolo de NHE de 10 semanas. Considerando que el sprint recto es una de las acciones físicas más decisivas en el fútbol profesional [11] y la condición de lesión predominante en las lesiones por desgarro de los isquiotibiales [9,12], la inclusión del protocolo de NHE puede ser una intervención de entrenamiento muy eficiente en cuanto al tiempo y eficaz tanto en la prevención de lesiones como en los lugares de actuación. Sin embargo, la limitada información actualmente disponible, sólo dos informes breves, sobre los efectos del NHE en el rendimiento del sprint, hace que sea difícil dar recomendaciones sólidas y basadas en la evidencia. Además, la experiencia previa con el NHE podría influir en los resultados, así como el efecto de la masa corporal (BM) sobre la fuerza del NHE (NHEs), lo que tiene importantes implicaciones a la hora de monitorizar y comparar jugadores durante largos periodos [13], y debemos tener en cuenta que llegará un momento en el que será muy difícil para los jugadores mejorar la NHEs debido al efecto de la BM en la fuerza aplicada. Sobre esta base, el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de la implementación de un protocolo de NHE durante las primeras semanas de la temporada sobre el sprint y el rendimiento del NHE en jugadores profesionales de fútbol de tres equipos diferentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sujetos

Este estudio examinó a 50 futbolistas profesionales sanos (edad  $18,8 \pm 0,8$  años; altura  $176,8 \pm 6,9$  cm; peso  $71,3 \pm 5,7$  kg) pertenecientes a 3 de los equipos de reserva de dos clubes de La Liga Santander Española y uno de la Liga 123. Todos los jugadores tuvieron ~8 horas de entrenamiento de fútbol más 1 o 2 partidos competitivos por semana. Para poder participar en el estudio, se exigió a los jugadores que cumplieran con los siguientes criterios: (i) tener un contrato profesional vigente con uno de los equipos de reserva del club; y (ii) estar libre de lesiones en el momento del estudio. Se explicó a los jugadores el propósito y el protocolo experimental y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los jugadores (o del tutor para jugadores menores de 18 años). El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación Institucional local (Qatar Antidoping Lab) y se ajusta a las recomendaciones de la Declaración de Helsinki.

### Procedimientos Experimentales

El presente estudio utilizó un diseño de investigación de medidas repetidas controladas para investigar los cambios en la EHS utilizando el NHE y el sprint lineal en respuesta a una intervención de entrenamiento de fútbol, complementado con un protocolo de NHE 1 o 2 veces a la semana en jugadores profesionales de fútbol masculinos. La EHS y el sprint lineal se evaluaron al principio de la temporada y al final del período de intervención. Los equipos y jugadores se dividieron en 2 equipos de intervención [Grupo Nórdico 1 (NG-1) y Grupo Nórdico 2 (NG-2)] y 1 equipo como grupo de control (CG).

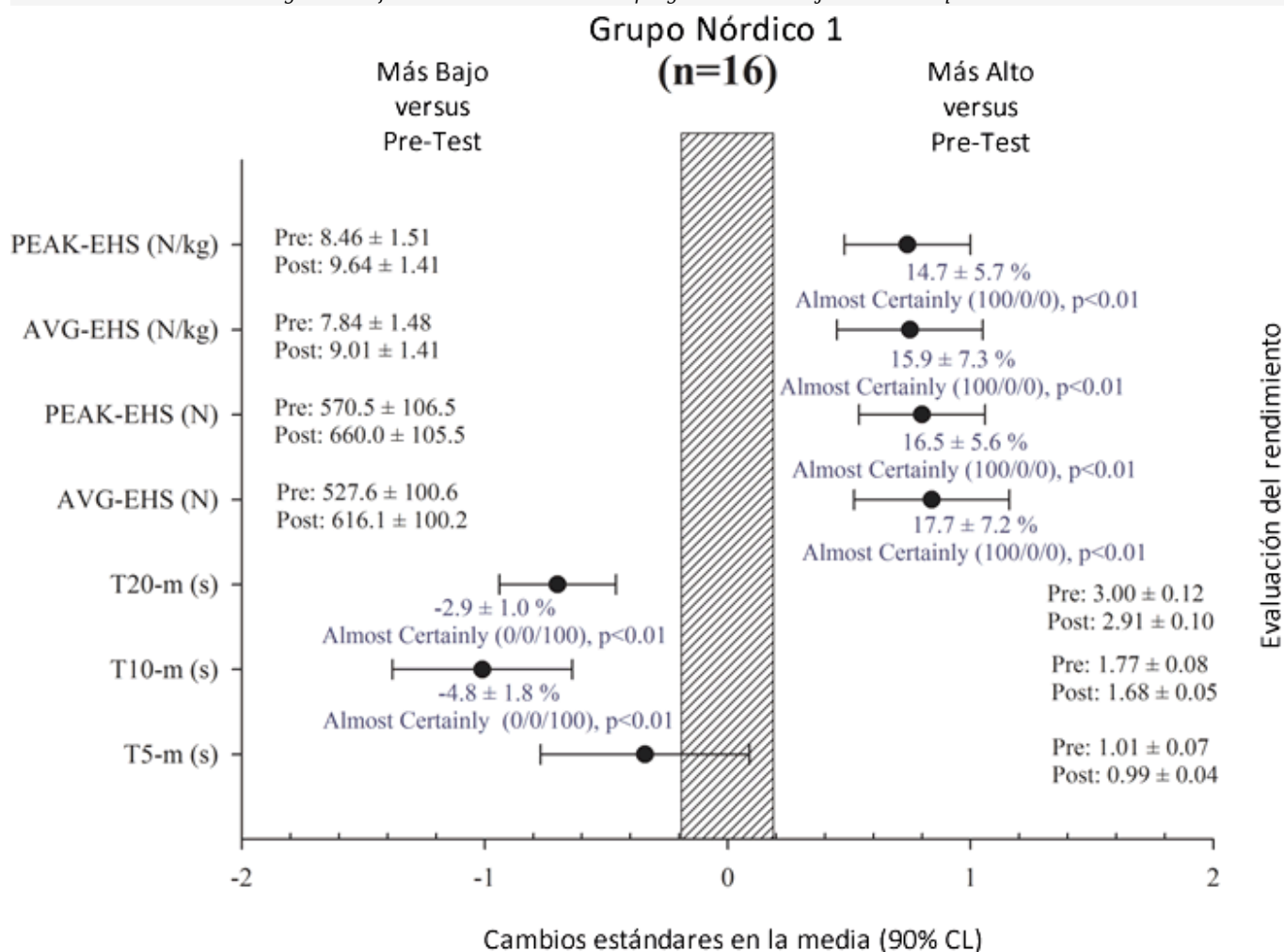
El volumen total de entrenamiento (sesiones de entrenamiento, partidos amistosos y partidos oficiales) para el NG-1 durante el período de intervención (17 semanas) fue de 6911,5 min. Aproximadamente el 1,8% de ese tiempo de entrenamiento se dedicó al NHE (24 sesiones en total). Los jugadores del NG-1 tuvieron alguna experiencia previa con el NHE (es decir, los jugadores fueron expuestos al azar a sesiones de entrenamiento incluyendo el NHE la temporada anterior al estudio). Sin embargo, ninguno de los jugadores fue previamente sujeto a una exposición sistemática (es decir, semanal) de NHE. El volumen total de entrenamiento (sesiones de entrenamiento, partidos amistosos y partidos oficiales) para el NG-2 durante el período de intervención (15 semanas) fue de 6296,1 min, con aproximadamente el ~1,6% de este tiempo empleado en entrenamiento de NHE (22 sesiones de NHE). Los jugadores del NG-2 tenían una gran experiencia previa con el NHE en los últimos años, entrenando con este ejercicio al menos una vez a la semana durante la temporada anterior. El grupo de control completó un entrenamiento habitual de acondicionamiento y fútbol de acuerdo con el plan original, que incluye entrenamiento neuromuscular, acondicionamiento y entrenamiento de fútbol (con partidos amistosos y oficiales) durante 15 semanas. El grupo de control nunca entrenó con NHE durante la temporada anterior y la mayoría de los jugadores no tenían experiencia previa con el ejercicio. Durante el tiempo de intervención, al grupo de control no se le permitió usar el NHE en absoluto. El volumen total de entrenamiento (sesiones de entrenamiento, partidos amistosos y partidos oficiales) para el CG durante el período de intervención (15 semanas) fue de 5897,3 min. Todos los jugadores

estaban familiarizados con los procedimientos de ambos tests y se les pidió que no realizaran ningún ejercicio extenuante ~48 horas antes de las sesiones de prueba. Los tests de rendimiento se realizaron al principio de la sesión de entrenamiento y después de un calentamiento estandarizado. Todos los tests se realizaron a la misma hora del día y en el mismo orden: primero el test del sprint y luego el de el NHE.

### El Protocolo de Isquiotibiales Nórdicos

El protocolo de isquiotibiales nórdicos consistió en 24 (NG-1) y 22 sesiones (NG-2) del NHE realizadas durante la parte inicial de la sesión en el campo, o incluidas como parte de la sesión de entrenamiento neuromuscular en el gimnasio antes del entrenamiento en el campo. La Tabla 1 muestra el programa de fortalecimiento excéntrico progresivo que emplea el NHE durante el período de intervención.

**Tabla 1.** Programa de fortalecimiento excéntrico progresivo con el Ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos



### Fuerza Excéntrica de los Flexores de Rodilla

La evaluación de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales mediante el ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos se llevó a cabo utilizando un dispositivo de prueba de campo similar y un software asociado (Acceleration Leg Curl/Extension, NeuroExcellence, Porto, Portugal) a lo que se ha informado anteriormente [14]. Los participantes se colocaron de rodillas sobre una tabla acolchada, con los tobillos asegurados por encima de los maléolos laterales mediante tobilleras individuales, las cuales fueron aseguradas sobre celdas de carga uniaxiales hechas a medida (Sensocar, Barcelona, España). Las tobilleras y las celdas de carga se fijaron a un eje, lo que permitía medir la fuerza siempre a través del eje longitudinal de las celdas de carga. Después de una serie de calentamiento, se pidió a los participantes que realizaran una serie de tres repeticiones bilaterales máximas del ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos. A los participantes se les instruyó

para que se inclinaran gradualmente hacia adelante a la velocidad más lenta posible mientras resistían al máximo este movimiento con ambas extremidades inferiores mientras mantenían el tronco y las caderas en una posición neutra en todo momento, y las manos cruzadas a través del pecho. Después de cada intento se le dio una escala visual analógica para evaluar el nivel de dolor que se experimentaba. Ninguno de los participantes informó dolor durante el test. Se dio un estímulo verbal en todo el rango de movimiento para asegurar el máximo esfuerzo. La fuerza máxima para cada una de las tres repeticiones se promedió para todas las comparaciones estadísticas (AVGEHS). La fuerza máxima más alta registrada en cualquiera de las tres repeticiones también se retuvo para su análisis posterior (PEAKEHS).

### **Rendimiento del Sprint**

La velocidad de la carrera fue evaluada por un tiempo sprint de 20 m (salida de parado) con tiempos partidos de 5 m y 10 m. El test de sprint de 20 m se llevó a cabo al aire libre, en un campo de césped artificial, con condiciones climáticas adecuadas. El pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera barrera de cronometraje, y los jugadores comenzaron cuando estaban listos, eliminando el tiempo de reacción. El tiempo fue registrado con células fotoeléctricas (Witty, Microgate, Bolzano, Italia). El sprint de 20 metros se realizó dos veces, separadas por al menos 1 minuto de recuperación pasiva. El mejor tiempo se tuvo en cuenta para el análisis posterior.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar (SD). La normalidad de la distribución de las variables en el pre-test y la homogeneidad de la varianza entre los grupos se verificaron utilizando el test de *Shapiro-Wilk* y el test de *Levene*, respectivamente. Los datos fueron analizados utilizando un ANOVA factorial de 2 x 2 usando uno entre el factor y uno dentro del factor (Pre vs. Post). Además, todos los datos fueron primero transformados para reducir el sesgo que surge del error de no uniformidad. Las posibles diferencias o cambios en el rendimiento del sprint y en los valores de la NHEs dentro- y entre-grupos se analizaron para determinar la significación práctica utilizando inferencias basadas en la magnitud mediante la pre-especificación de 0,2 SDs entre-sujetos como el efecto más pequeño que valía la pena [15]. Se calculó la diferencia estandarizada o tamaño del efecto (ES, 90% límite de confianza [90%CL]) en las variables seleccionadas. Los valores umbral para evaluar las magnitudes del ES (cambios como fracción o múltiplo de la desviación estándar del comienzo) fueron <0,20, 0,20, 0,60, 1,2 y 2,0 para valores triviales, pequeños, moderados, grandes y muy grandes respectivamente [15]. Las probabilidades cuantitativas de cambios mayores o menores se evaluaron cualitativamente de la siguiente manera: <1%, casi seguro que no; 1-5%, muy improbable; 5-25%, improbable; 25-75%, posible; 75-95%, probable; 95-99%, muy probable; >99%, casi seguro [15]. Se fijó un efecto sustancial en >75% [16]. Si la probabilidad de valores más altos y más bajos era > 5%, la diferencia real se evaluó como poco clara [15]. De lo contrario, interpretamos ese cambio como la probabilidad observada. Para un análisis más detallado, los jugadores fueron divididos en un grupo de jugadores con las mayores mejorías en el rendimiento del sprint, basado en un pequeño ES estandarizado (es decir, 0,2 x SD) del promedio de cambios de sprint. El análisis de correlación producto-momento de Pearson también se utilizó para investigar la asociación entre todas las variables. Para interpretar la magnitud de la correlación (r) entre las diferentes medidas se adoptaron los siguientes criterios:  $\leq 0,1$ , trivial; 0,1-0,3, pequeño; > 0,3-0,5, moderado; > 0,5-0,7, grande; > 0,7-0,9, muy grande; y > 0,9-1,0, casi perfecto. Si los límites de confianza del 90% se superponen a los valores positivos y negativos, la magnitud se considera poco clara; de lo contrario, se considera que esa magnitud es la magnitud observada.

## **RESULTADOS**

---

### **Cambios Posteriores al Proceso de Entrenamiento**

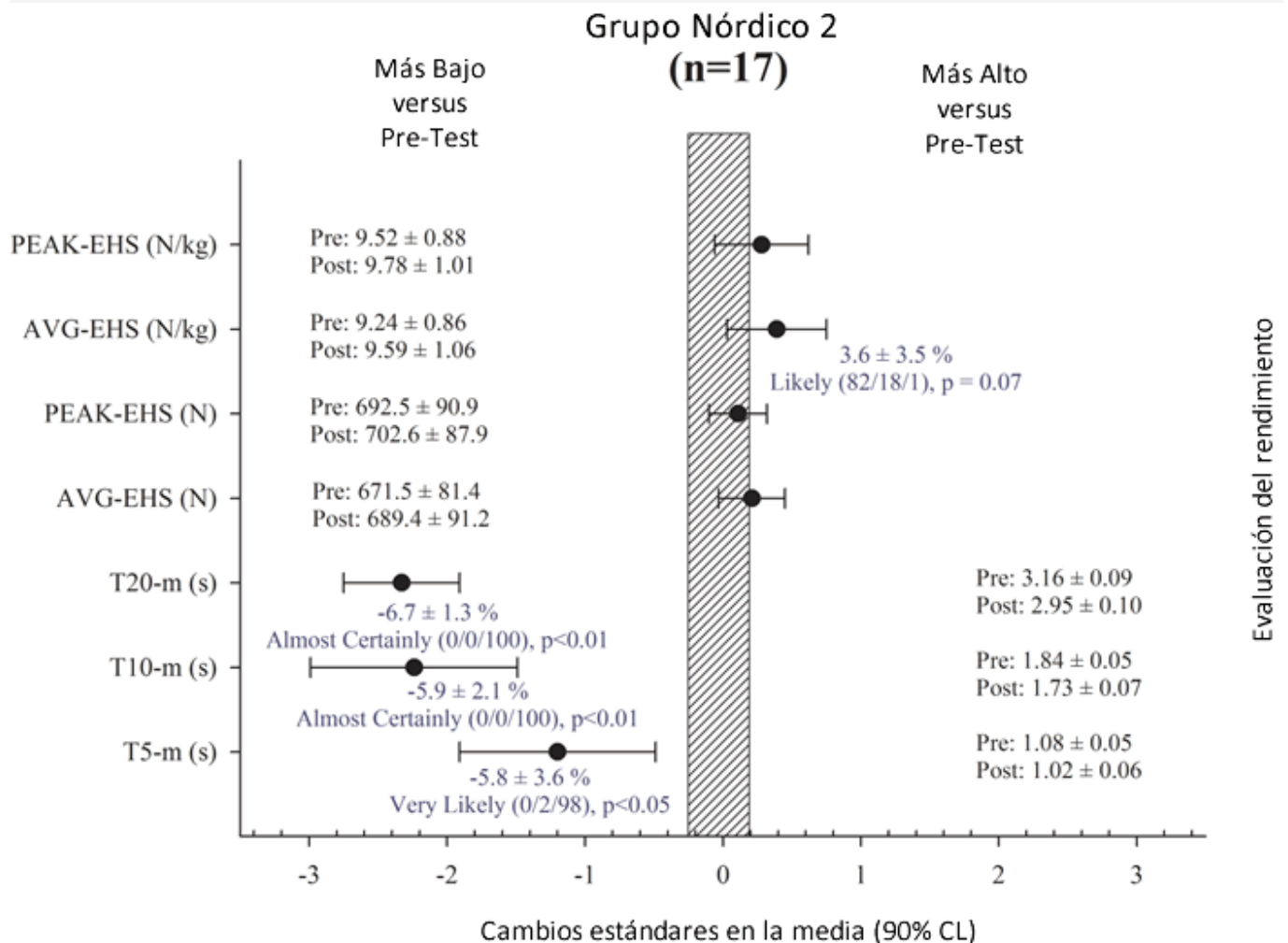
Los resultados de los tests de rendimiento en NG-1, NG-2 y CG se muestran en las Figs 1, 2 y 3, respectivamente. No hubo cambios en la BM de los jugadores en ninguno de los grupos después del período de entrenamiento.

Semana	Sesiones por semana	Series y repeticiones
1	1	2 x 5
2	2	2 x 6
3	2	3 x 6
4	2	3 x 8
5-8	2	3 x 10
9-Last	1	3 x 10

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213375.t001>

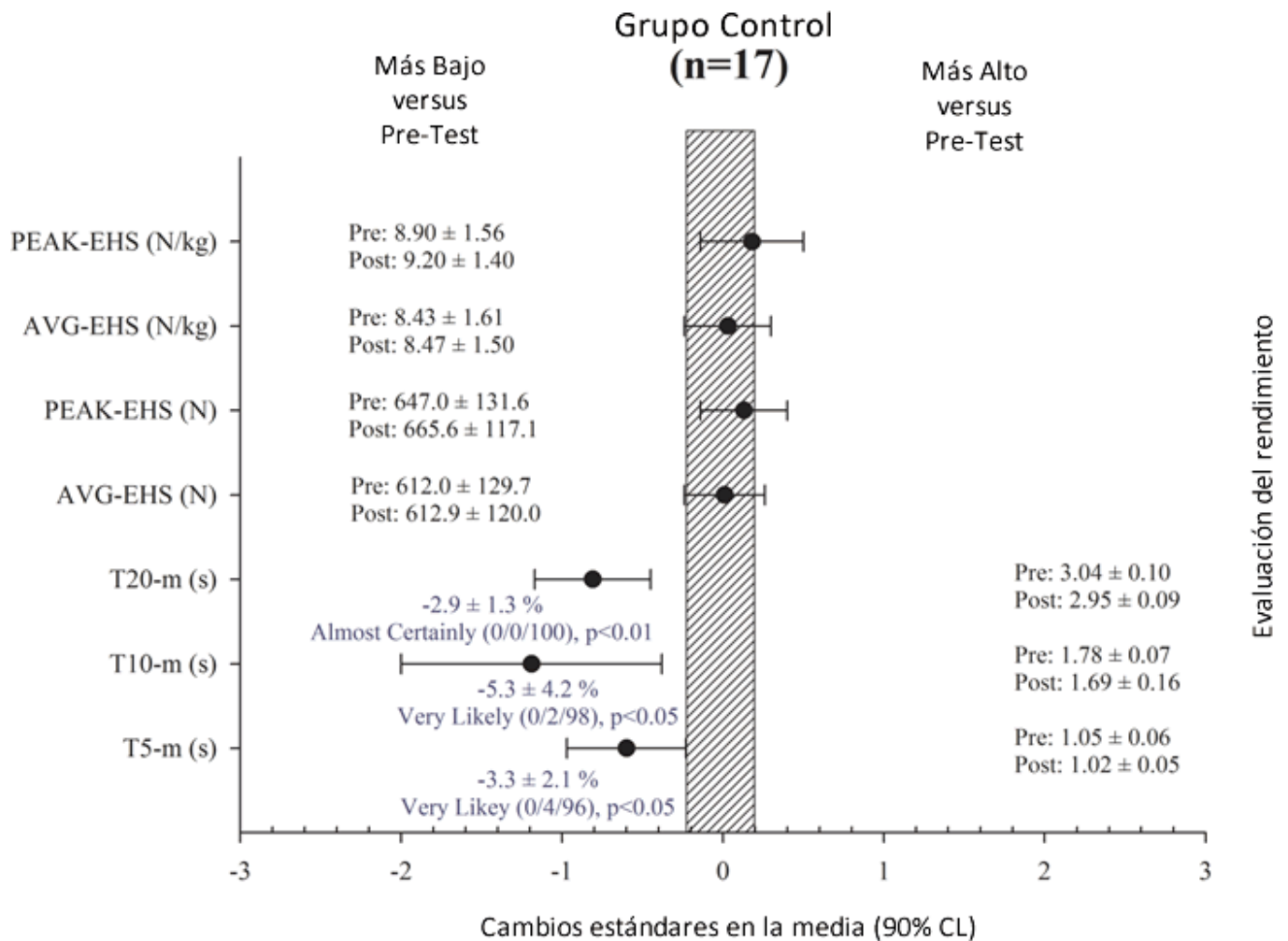
**Figura 1.** Resultados de la evaluación del rendimiento en el Grupo de Isquiotibiales Nórdicos 1.

T: tiempo; AVG-EHS: media de la fuerza excéntrica de isquiotibiales; PEAK-EHS: fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales.



**Figura 2.** Resultados de la evaluación del rendimiento en el Grupo de Isquiotibiales Nórdicos 2.

T: tiempo; AVG-EHS: media de la fuerza excéntrica de isquiotibiales; PEAK-EHS: fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales.



**Figura 3.** Resultados de la evaluación del rendimiento en el Grupo de Control

T: tiempo; AVG-EHS: media de la fuerza excéntrica de isquiotibiales; PEAK-EHS: fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales.

Los tiempos de sprint mejoraron sustancialmente en el NG-1 después del periodo de entrenamiento en tiempos partidos de 10 y 20 m ( $ES = -1,01 \pm 0,37$  y  $ES = -0,70 \pm 0,24$ , respectivamente). La EHS en el NHE se incrementó sustancialmente después del periodo de entrenamiento en AVGEHS absoluta y relativa a la BM ( $ES = 0,84 \pm 0,32$  y  $ES = 0,75 \pm 0,30$ , respectivamente), y en PEAKEHS absoluta y relativa a la BM ( $ES = 0,80 \pm 0,26$  y  $ES = 0,74 \pm 0,26$ , respectivamente) (Fig. 1). Los tiempos de sprint también mejoraron sustancialmente en el NG-2 después del periodo de entrenamiento en tiempos partidos de 5, 10 y 20 m ( $ES = -1,20 \pm 0,71$ ,  $ES = -2,24 \pm 0,75$  y  $ES = -2,33 \pm 0,42$ , respectivamente). La EHS en el NHE se incrementó sustancialmente después del periodo de entrenamiento sólo en AVGEHS relativa a la BM ( $ES = 0,39 \pm 0,36$ ) (Fig. 2), sin cambios en los valores absolutos. Por último, los tiempos de sprint mejoraron en el CG tras el periodo de entrenamiento en tiempos partidos de 5, 10 y 20 m ( $ES = -0,60 \pm 0,37$ ,  $ES = -1,19 \pm 0,81$  y  $ES = -0,81 \pm 0,36$ , respectivamente), mientras que no hubo cambios en la EHS (Fig. 3).

Los resultados del análisis entre-grupos en el rendimiento del sprint se ilustran en la Tabla 2. Las mejoras en T20-m fueron sustancialmente mayores en el NG-2 en comparación con el NG-1, mientras que no hubo diferencias sustanciales entre los grupos en T10-m. No hubo diferencias en los cambios en el rendimiento del sprint entre el NG-1 y el CG. Las mejoras en T20-m fueron sustancialmente mayores en el NG-2 en comparación con el CG, mientras que no hubo diferencias sustanciales entre los grupos en T5 y T10-m.

**Tabla 2.** Resultados del análisis entre-grupos en el rendimiento del sprint.  
Cambios estándar en la media (90%CL).

Diferencia media entre-grupos de los cambios en el rendimiento del sprint			
	Nordic Group I vs. Nordic Group II	Control Group vs. Nordic Group I	Control Group vs. Nordic Group II
T5-m	-0.55 ± 0.70 (Likely; p = 0.19)	0.18 ± 0.55	-0.46 ± 0.79
T10-m	-0.27 ± 0.63	0.01 ± 0.86	-0.29 ± 1.02
T20-m	-0.90 ± 0.36 (Almost Certainly; p<0.01)	-0.01 ± 0.42	-1.06 ± 0.46 (Almost Certainly, p<0.01)

### Relaciones Entre los Diferentes Parámetros Evaluados

Cuando se combinaron los datos de los tres grupos, tanto AVGEHS como PEAKEHS en el NHE se correlacionaron en gran medida con la BM ( $r = 0,57$  (0,34 a 0,74) y  $r = 0,62$  (0,40 a 0,77), respectivamente). No hubo correlaciones claras entre la NHEs (absoluta y relativa a la BM) y el rendimiento del sprint.

### Relaciones Individuales entre los Cambios de Sprint y la Fuerza Excéntrica de los Isquiotibiales

Las correlaciones entre los cambios en el rendimiento del sprint y la NHEs se muestran en la Tabla 3. Se encontraron correlaciones poco claras en el NG-1 y el NG-2 analizados de forma aislada, cuando los jugadores del NG-1 y el NG-2 se agruparon y cuando sólo se analizaron los jugadores con las mayores mejorías en el rendimiento del sprint.

**Tabla 3.** Relaciones entre las mejorías del sprint y las mejorías en la NHEs (todas  $p > 0,05$ ).

Nordic Group 1 (n = 16)				
Variable	AVG EHS (N)	PEAK EHS (N)	AVG EHS (N/kg)	PEAK EHS (N/kg)
T5-m	-0.14 (-0.54; 0.30)	-0.16 (-0.55; 0.29)	-0.12 (-0.52; 0.33)	0.14 (-0.31; 0.53)
T10-m	-0.13 (-0.54; 0.31)	-0.13 (-0.53; 0.32)	-0.18 (-0.56; 0.27)	-0.13 (-0.53; 0.32)
T20-m	0.13 (-0.32; 0.53)	0.14 (-0.31; 0.53)	0.13 (-0.32; 0.52)	-0.16 (-0.55; 0.29)
Nordic Group 2 (n = 17)				
Variable	AVG EHS (N)	PEAK EHS (N)	AVG EHS (N/kg)	PEAK EHS (N/kg)
T5-m	-	-	-0.30 (-0.67; 0.20)	-
T10-m	-	-	-0.43 (-0.75; 0.06)	-
T20-m	-	-	0.13 (-0.31; 0.54)	-
Nordic Group (all players, n = 33)				
Variable	AVG EHS (N)	PEAK EHS (N)	AVG EHS (N/kg)	PEAK EHS (N/kg)
T5-m	-0.17 (-0.44; 0.13)	-0.12 (-0.40; 0.18)	-0.20 (-0.46; 0.10)	0.14 (-0.42; 0.15)
T10-m	-0.22 (-0.48; 0.08)	-0.18 (-0.45; 0.12)	-0.28 (-0.53; 0.01)	-0.25 (-0.50; 0.05)
T20-m	0.20 (-0.10; 0.46)	0.26 (-0.04; 0.51)	0.12 (-0.18; 0.40)	0.17 (-0.13; 0.44)
Players with the greatest improvements in sprint (n = 13)				
Variable	AVG EHS (N)	PEAK EHS (N)	AVG EHS (N/kg)	PEAK EHS (N/kg)
T5-m	-0.38 (-0.73; 0.12)	-0.31 (-0.68; 0.20)	-0.42 (-0.75; 0.08)	-0.33 (-0.70; 0.18)
T10-m	-0.35 (-0.71; 0.15)	-0.33 (-0.70; 0.18)	-0.38 (-0.73; 0.12)	-0.35 (-0.71; 0.15)
T20-m	-0.01 (-0.48; 0.47)	-0.02 (-0.50; 0.46)	-0.12 (-0.57; 0.38)	-0.14 (-0.58; 0.36)

NHEs: Nordic hamstring exercise strength; EHS: eccentric hamstring strength; AVG: average; N: Newton.

## DISCUSIÓN

El presente estudio analizó los efectos de la combinación de fútbol y entrenamiento de NHE durante las primeras semanas de la temporada sobre el sprint y los cambios de EHS con jugadores profesionales de fútbol. Los principales resultados del presente estudio fueron: i) los tiempos de sprint mejoraron en todos los grupos; ii) la EHS en el NHE se mejoró sólo en el NG-1, mientras que en el NG-2 sólo hubo mejoras en la AVGEHS en relación con la BM; iii) tanto la AVGEHS como la PEAKEHS en el NHE se correlacionaron en gran medida con la BM; iv) no hubo correlaciones claras entre la EHS y el

rendimiento del sprint, y entre los cambios de sprint y los cambios en la EHS.

La aceleración del sprint es un componente clave del rendimiento en el fútbol [11] y constituye el principal mecanismo de lesión de los músculos isquiotibiales [2,17]. Los resultados del presente estudio mostraron mejoras en el rendimiento del sprint después del protocolo de NHE, en línea con hallazgos anteriores que utilizaban un protocolo similar [7,9]. Sin embargo, nuestros datos también mostraron que los tiempos de sprint se redujeron sustancialmente en el CG, que no realizó el NHE en absoluto. El rendimiento del sprint en jugadores de fútbol puede mejorarse después del entrenamiento de la fuerza muscular de los isquiotibiales de forma aislada o en conjunto con otros métodos de entrenamiento [7,9,18,19], sin emplear ningún ejercicio de fuerza específico para el grupo de músculos isquiotibiales en adultos [20,21] y jóvenes jugadores de fútbol [22,23], o sin incluir ningún ejercicio de fuerza, excepto sprints [24]. Además, los resultados actuales indican que un programa combinado de entrenamiento futbolístico (que incluye acondicionamiento específico y entrenamiento neuromuscular) sin un énfasis sistemático en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y/o el sprint puede inducir cambios sustanciales en el rendimiento del sprint (CG, Tabla 3). En este sentido, los futbolistas realizan un elevado número de aceleraciones [25], saltos, giros y cambios de dirección [26] con una elevada carga neuromuscular durante los entrenamientos y partidos de fútbol. Por lo tanto, se podría argumentar que la repetición diaria de estas acciones durante las sesiones regulares de fútbol puede maximizar el potencial de aceleración de los jugadores [27], y esta podría ser otra razón por la que los jugadores de fútbol pueden mejorar el rendimiento de sprint en 0-20 m sin haber implementado sesiones de entrenamiento con el NHE.

Estudios anteriores informaron ganancias en la EHS después del entrenamiento de NHE en jugadores de fútbol siguiendo diferentes protocolos de intervención (1-3 veces [9,28] vs. 2 veces por semana [29]). Estas mejoras en la EHS pueden sugerir que el mecanismo potencial para mejorar el rendimiento del sprint podría ser el resultado de una mayor producción de fuerza de reacción horizontal del suelo [9]. Nuestros datos revelaron que no había relaciones claras entre la NHEs y el rendimiento de sprint, ni tampoco entre los cambios en la NHEs y los cambios en el rendimiento de sprint. Además, los resultados actuales mostraron que a pesar de haber sido entrenados con un protocolo de NHE, el NG-2 cambió la AVGEHS y la PEAKEHS (sólo cambios *probables* en la AVGEHS en relación con la BM). Esta falta de mejora de la EHS fue concurrente con mejoras sustanciales, que fueron mayores que las del NG-1, en el rendimiento del sprint (T5 y T20-m, Tabla 2). En base a lo anterior, un programa basado sólo en un ejercicio aislado de fortalecimiento excéntrico de los flexores de rodilla puede tener efectos positivos en términos de prevención de lesiones de isquiotibiales en jugadores de fútbol amateur [30], pero la NHEs no parece ser un elemento esencial para mejorar el rendimiento de sprint en jugadores de fútbol profesionales entrenados.

El efecto de la BM sobre la NHEs tiene implicaciones importantes a la hora de monitorear y comparar a los jugadores durante largos períodos, porque pueden ocurrir cambios en la BM [13]. Nuestros resultados mostraron que los jugadores del NG-2 aumentaron sustancialmente su AVGEHS en relación a la BM después del período de entrenamiento, pero su NHEs absoluta permaneció igual. En línea con un estudio anterior, nuestros resultados sugieren un efecto probable de la BM sobre la NHE, ya que al inclinarse hacia adelante durante la NHE, la BM de los jugadores probablemente afecte a la fuerza aplicada a los dinamómetros, mostrando valores que probablemente no son las verdaderas EHS [13]. Además, los jugadores del NG-2 tenían una amplia experiencia con el NHE, entrenando con este ejercicio al menos una vez a la semana durante toda la temporada pasada. Por lo tanto, debemos ser conscientes de que llegará un momento en el que será muy difícil para los jugadores mejorar la NHEs, principalmente debido a la gran influencia de la BM en la fuerza aplicada. Junto con la experiencia previa en NHE, esto puede explicar por qué este grupo de jugadores profesionales no mejoró sus valores absolutos de la NHE después de 22 sesiones de entrenamiento con los ejercicios. Sobre esta base, y con el fin de seguir aumentando la EHS en los futbolistas, parece necesario emplear diferentes estímulos. Mientras que el Ejercicio de Isquiotibiales Nórdicos puede recomendarse cuando el objetivo es el semitendinoso (ST) y la cabeza corta del bíceps femoral (BFs), otros ejercicios dominantes de rodillas como el ejercicio flywheel leg curl pueden imponer una mayor homogeneidad (es decir, todas las regiones musculares) y reproducibilidad (es decir, se espera que las diferencias entre-jugadores sean bajas) en el uso del músculo ST y el BFs en los jugadores profesionales de fútbol [16]. Por el contrario, la intervención de ejercicio dirigida a fortalecer y reactivar la cabeza larga del bíceps femoral (BFL) comúnmente lesionado durante las contracciones excéntricas puede ser beneficiosa para la inclusión del ejercicio de extensión de cadera con una polea [16] u otro ejercicio de extensión de cadera.

## CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados actuales indican una mejora en el rendimiento del sprint después de un período de entrenamiento de fútbol y fuerza y acondicionamiento con o sin la inclusión del NHE. Estas mejoras no dependen de los cambios de la NHEs, sin relaciones entre la EHS y el rendimiento de sprint, y entre los cambios de sprint y los cambios en la EHS. Los jugadores con amplia experiencia en NHE podrían verse limitados en las mejoras de la NHEs debido al efecto



de la BM sobre la NHEs, que afecta a la fuerza aplicada a los dinamómetros. Por lo tanto, y con el fin de seguir aumentando la EHS en estos futbolistas, será necesario emplear diferentes estímulos neuromusculares en los isquiotibiales.

## REFERENCIAS

1. Woods C, Hawkins RD, Hulse M, Hodson A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med.* 2002;36(6):436–41. *pmid:12453838*
2. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):36–41. *Epub 2004/01/31. pmid:14751943; PubMed Central PMCID: PMC1724733.*
3. Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Hickey J, Duhig SJ, Shield AJ. (2014). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(4):857–65. *Epub 2014/08/20. pmid:25137368.*
4. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1524–35. *pmid:26675089.*
5. Bahr R, Thorborg K, Ekstrand J. (2015). Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of Champions League or Norwegian Premier League football teams: the Nordic Hamstring survey. *Br J Sports Med.* 2015;49(22):1466–71. *pmid:25995308.*
6. McCall A, Carling C, Davison M, Nedelec M, Le Gall F, Berthoin S, et al. (2015). Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br J Sports Med.* 2015;49(9):583–9. *pmid:25576530; PubMed Central PMCID: PMC4413799.*
7. Krommes K, Petersen J, Nielsen MB, Aagaard P, Holmich 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.* 2017;10(1):669. *pmid:29202784; PubMed Central PMCID: PMC5716363.*
8. Ekstrand J, Hagglund M, Kristenson K, Magnusson H, Walden M. (2013). Fewer ligament injuries but no preventive effect on muscle injuries and severe injuries: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* 2013;47(12):732–7. *pmid:23813543.*
9. Ishoi L, Holmich 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. *J Sports Sci.* 2018;36(14):1663–72. *pmid:29192837.*
10. Oakley AJ, Jennings J, Bishop CJ. (2018). Holistic hamstring health: not just the Nordic hamstring exercise. *Br J Sports Med.* 2018;52(13):816–7. *pmid:28476902.*
11. Faude O, Koch T, Meyer T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci.* 2012;30(7):625–31. *Epub 2012/03/08. pmid:22394328.*
12. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. (2007). Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *Am J Sports Med.* 2007;35(2):197–206. *pmid:17170160.*
13. Buchheit M, Cholley Y, Nagel M, Poulos N. (2016). The Effect of Body Mass on Eccentric Knee-Flexor Strength Assessed With an Instrumented Nordic Hamstring Device (Nordbord) in Football Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(6):721–6. *pmid:26638728.*
14. Opar DA, Piatkowski T, Williams MD, Shield AJ. (2013). A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(9):636–40. *Epub 2013/07/28. 2919 [pii]. pmid:23886674.*
15. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. (2008). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2009;41(1):3–13. *Epub 2008/12/19. pmid:19092709.*
16. Mendez-Villanueva A, Suarez-Arrones L, Rodas G, Fernandez-Gonzalo R, Tesch P, Linnehan R, et al. (2016). MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players. *PLoS One.* 2016;11(9):e0161356. *pmid:27583444; PubMed Central PMCID: PMC5008723.*
17. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Enggebretsen L, Bahr R. (2004). Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004;32(1 Suppl):5S–16S. *pmid:14754854.*
18. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13(4):244–50. *Epub 2003/07/16. 0312 [pii]. pmid:12859607.*
19. Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Morin JB, Samozino P, Edouard P, Alcaraz PE, et al. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(6):e621–9. *pmid:25556888.*
20. Chelly MS, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard RJ. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2670–6. *Epub 2010/09/17. pmid:20844458.*
21. Rodriguez-Rosell D, Torres-Torrel J, Franco-Marquez F, Gonzalez-Suarez JM, Gonzalez-Badillo JJ. (2017). Effects of light-load

- maximal lifting velocity weight training vs. *combined weight training and plyometrics on sprint, vertical jump and strength performance in adult soccer players*. *J Sci Med Sport*. 2017;20(7):695-9. *pmid:28169153*.
22. Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(8):2241-9. *Epub 2009/10/15. pmid:19826302*.
  23. Ferrete C, Requena B, Suarez-Arrones L, Saez de Villarreal E. (2013). Effect of Strength and High-Intensity Training on Jumping, Sprinting and Intermittent Endurance Performance in Prepubertal Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2013. *Epub 2013/05/24. pmid:23698082*.
  24. Tonnessen E, Shalfawi SA, Haugen T, Enoksen E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011;25(9):2364-70. *pmid:21869624*.
  25. Di Salvo V, Pigozzi F, Gonzalez-Haro C, Laughlin MS, De Witt JK. (2012). Match performance comparison in top english soccer leagues. *Int J Sports Med*. 2013;34(6):526-32. *Epub 2012/11/28. pmid:23184481*.
  26. Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *J Sports Sci Med*. 2007;6(1):63-70. *pmid:24149226; PubMed Central PMCID: PMC3778701*.
  27. Haugen T, Tonnessen E, Oksenholt O, Haugen FL, Paulsen G, Enoksen E, et al. (2015). Sprint conditioning of junior soccer players: effects of training intensity and technique supervision. *PLoS One*. 2015;10(3):e0121827. *pmid:25798601; PubMed Central PMCID: PMC4370475*.
  28. Mjolsnes R, Arnason A, Osthaugen T, Raastad T, Bahr R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. *concentric hamstring strength training in well-trained soccer players*. *Scand J Med Sci Sports*. 2004;14(5):311-7. *pmid:15387805*.
  29. Bourne MN, Duhig SJ, Timmins RG, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, et al. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med*. 2017;51(5):469-77. *pmid:27660368*.
  30. van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ. (2015). The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2015. *Epub 2015/03/22. 0363546515574057 [pii] pmid:25794868*.

## Versión Digital