

Efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre el rendimiento de velocidad en adolescentes de Chile

Angulo-Gómez, Edgardo; Hernández-González, Javier; Portes-Junior, Moacyr; Hernández-Mosqueira, Claudio; Hermosilla-Palma, Felipe

Efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre el rendimiento de velocidad en adolescentes de Chile
MHSalud, vol. 19, núm. 1, 2022

Universidad Nacional, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237068652003>

DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.19-1.3>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

Efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre el rendimiento de velocidad en adolescentes de Chile

Effects of an Eccentric Training Protocol on Speed Performance in Chilean Adolescents

Efeitos de um protocolo de treinamento excêntrico sobre o desempenho de velocidade para adolescentes chilenos

Edgardo Angulo-Gómez

Hospital Comunitario de Achao, Chile

edgardoangulo.edufisupv@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9576-6935>

DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.19-1.3>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237068652003>

Javier Hernández-González

Universidad Pedro de Valdivia, Chile

Javier.hernandez@upv.cl

 <https://orcid.org/0000-0001-6235-3053>

Moacyr Portes-Junior

Universidad Autónoma de Chile, Chile

mportesj@uautonoma.cl

 <https://orcid.org/0000-0001-8459-865X>

Claudio Hernández-Mosqueira

Universidad de La Frontera, Chile

claudiomarcelo.hernandez@ufrontera.cl

 <https://orcid.org/0000-0001-9392-2319>

Felipe Hermosilla-Palma

Universidad Autónoma de Chile; Universidad Adventista de Chile, Chile

fhermosilla.pf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8686-6793>

Recepción: 04 Agosto 2020

Aprobación: 17 Junio 2021

RESUMEN:

Introducción: Los beneficios del entrenamiento de fuerza sobre la velocidad de carrera han sido descritos en la bibliografía especializada, sin embargo, la evidencia sobre la influencia de estímulos específicos, basados en contracciones excéntricas sobre la musculatura extensora de cadera, no han sido demostrados. **Objetivo:** Determinar los efectos de un protocolo de entrenamiento basado en contracciones excéntricas (curl nórdico) sobre la velocidad de carrera en 20 metros en adolescentes de la región de Ñuble, Chile. **Metodología:** 42 individuos escolares fueron divididos en grupo experimental (n=22) y grupo control (n=20). El entrenamiento se desarrolló durante 6 semanas, con una frecuencia de 2 sesiones/semana, pasando de un volumen de 8 a 32 repeticiones de curl nórdico por sesión para el grupo experimental. El rendimiento de velocidad fue evaluado en 20 metros. La prueba T de Student fue utilizada para comparar los resultados pre y post intervención y se calculó el tamaño del efecto (TE). **Resultados:** Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) a partir de la intervención en el grupo experimental (pre= 3,43 s. vs post= 3,15 s.), y un TE grande (1,04). **Conclusión:** Se concluye que el entrenamiento excéntrico basado en la aplicación de Curl nórdico, mejora el rendimiento de la velocidad de carrera.

PALABRAS CLAVE: Velocidad, contracción muscular, entrenamiento físico.

ABSTRACT:

Introduction: The specialized literature has described the benefits of strength training on running speed. In the same way, stimulation of training based on eccentric contractions has been shown to be effective in improving this quality. **Objective:** To determine the effects of a training protocol based on the stretch-shortening cycle (SSC) and another on eccentric contractions (Nordic curl) on the running speed in 20 meters in adolescents from the Ñuble Region, Chile. **Methodology:** 42 school subjects were divided into experimental group ($n = 22$) and control group ($n = 20$). The training was developed for 6 weeks, with a frequency of 2 sessions/week, going from a volume of 8 to 32 repetitions of Nordic curl per session for the experimental group. The speed performance was evaluated in 20 meters. With photocells, the T Student's was applied to compare the pre- and post-intervention results, and the effect size (ES) was calculated. **Results:** Statistically significant differences were found ($p < 0.05$) from the intervention in the experimental group (pre= 3,43 s. vs post= 3,15 s.), and a large ES (1,04). **Conclusion:** It is concluded that the eccentric training based on the application of Nordic Curl improves the performance of the running speed.

KEYWORDS: Velocity, muscle contraction, exercise.

RESUMO:

Introdução: Os benefícios do treinamento de força na velocidade de corrida foram descritos na literatura especializada, no entanto, não foram demonstradas evidências sobre a influência de estímulos específicos, baseados em contrações excêntricas na musculatura extensora do quadril. **Objetivo:** Determinar os efeitos de um protocolo de treinamento baseado em contrações excêntricas (cacho nórdico) em velocidade de corrida de 20 m em adolescentes da região do Ñuble, Chile. **Metodologia:** 42 escolares foram divididos em um grupo experimental ($n=22$) e um grupo controle ($n=20$). O treino foi desenvolvido durante 6 semanas, com uma frequência de 2 sessões/semana, passando de um volume de 8 para 32 repetições de ondulação nórdica por sessão para o grupo experimental. O desempenho da velocidade foi avaliado acima de 20 metros. O teste T de Student foi usado para comparar os resultados pré e pós-intervenção e o tamanho do efeito (TE) foi calculado. **Resultados:** Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) da intervenção no grupo experimental (pré= 3,43 s. vs pós= 3,15 s.), e um TE grande (1,04). **Conclusão:** Conclui-se que o treinamento excêntrico baseado na aplicação do Curl nórdico melhora o desempenho da velocidade de corrida.

PALAVRAS-CHAVE: Velocidade, contração muscular, treinamento físico.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de generar esfuerzos de alta intensidad es determinada por aspectos neuromusculares, como lo son el grado de reclutamiento de fibras y su sincronización (González Badillo y Ribas Serna, 2002). Asimismo, la producción de tensión muscular por unidad de tiempo, mecanismo denominado tasa de desarrollo de la fuerza, está influenciada directamente por los niveles de fuerza del individuo (Maffiuletti et al., 2016). En relación con esto, el entrenamiento excéntrico ha demostrado ser un método efectivo para incrementar los niveles de fuerza máxima, potencia y velocidad de deportistas (Alonso-Fernández et al., 2018; Douglas et al., 2017); se reportan, inclusive, mayores ganancias de fuerza que las presentadas por el entrenamiento concéntrico (Roig et al., 2009).

De igual manera, el rendimiento en pruebas de velocidad estará determinado por esta capacidad del deportista. Debido a que la duración de los sprints es breve, el potencial del individuo para producir la mayor cantidad de fuerza en este lapso de tiempo será determinante en el resultado obtenido (Alcaraz et al., 2018).

El entrenamiento excéntrico de la musculatura de los miembros inferiores ha demostrado tener efectos tanto agudos, como de optimizador de la respuesta física en pruebas de corta duración y alta intensidad, tal es el caso del salto vertical, sprint y cambios de dirección (Beato et al., 2019), así como crónicos; ello incrementa el área de sección transversal del vasto lateral (Maroto-Izquierdo et al., 2017). El Curl nórdico (NH) corresponde a un tipo de ejercicio excéntrico, el cual solicita, principalmente, la musculatura isquiosural (Ribeiro-Alvares et al., 2018). Su utilización en el ámbito de entrenamiento se vincula prioritariamente con la prevención de lesiones (Al Attar et al., 2017; Kilic et al., 2018), también se reporta su efecto sobre el crecimiento muscular, ya sea por aumento del diámetro (Seymore et al., 2017) o la longitud de los fascículos musculares (Bourne et al., 2017). Desde el punto de vista del rendimiento deportivo, sus efectos abarcan desde la mejora en la altura del salto (Tansel et al., 2008) a la velocidad en distancias entre 5 (Mendiguchia et al., 2015) y 20 mts (Ishøi et al., 2018).

Debido a la implicancia de la musculatura extensora de cadera en la dinámica de la carrera (Mero et al., 1992; Schache et al., 2012), principalmente en la fase de swing de la zancada (Morin et al., 2015), además de las adaptaciones que genera el entrenamiento excéntrico sobre los niveles de fuerza y su correspondiente manifestación explosiva, se plantea como hipótesis de investigación que el entrenamiento excéntrico basado en Curl nórdico mejora el rendimiento en el sprint de 20 m, siendo el objetivo determinar los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico basado en el Curl Nórdico sobre el rendimiento en sprint en individuos jóvenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

Participaron 42 individuos varones con una edad media de $15,1 \pm 0,8$ años, peso $66,5 \pm 13,7$ kg, talla $171,1 \pm 7,0$ cms), asignados aleatoriamente en grupo control ($n=20$) y grupo experimental ($n=22$), todos pertenecientes a dos colegios municipales de las comunas de Pinto y Quillón de la región de Ñuble, Chile, sin experiencia previa en entrenamiento de la fuerza, fueron autorizados por sus tutores y aceptaron voluntariamente participar de la investigación. Fueron excluidos aquellos sujetos que presentaban lesiones musculares y que fuesen parte de selecciones regionales o nacionales de alguna disciplina deportiva.

Procedimientos

El estudio corresponde a una investigación de tipo experimental con diseño de pos prueba y grupo de control (Hernández et al., 2010). El grupo EXP llevó a cabo un protocolo de entrenamiento para la musculatura isquiosural basado en el ejercicio Curl nórdico; y el grupo CON solo realizó las clases habituales de educación física. Para la identificación de los niveles iniciales se aplicó un test de velocidad en 20 mts. Posterior a esto, el entrenamiento se desarrolló durante 6 semanas, con una frecuencia de 2 sesiones por semana. Las sesiones fueron aplicadas los lunes y miércoles, durante la tarde, con una separación de 48 horas entre sesión. Los entrenamientos fueron dirigidos por el profesor a cargo de las clases de educación física y desarrollados en el establecimiento educacional al cual pertenecían los sujetos de estudio. El grupo EXP realizó los protocolos de entrenamiento en sesiones extra a las clases habituales de educación física, el grupo CON solo las sesiones de educación física correspondientes (~ 140 minutos/sem). Se realizó la evaluación final 48 hrs. posterior a la última sesión de entrenamiento (Figura 1). El personal de tutoría firmó un consentimiento informado y los sujetos participantes el respectivo asentimiento. El estudio fue llevado a cabo de acuerdo con los principios establecidos en la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2017).

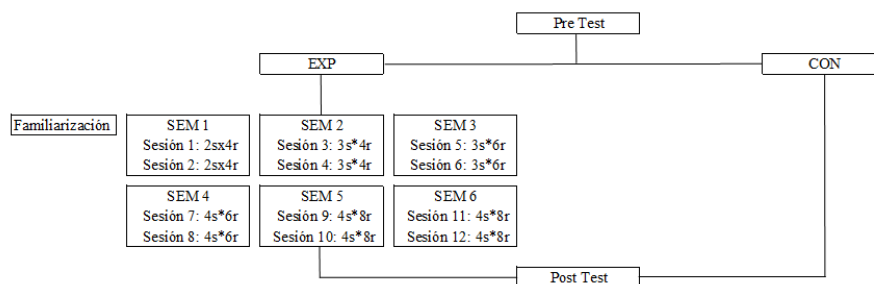


FIGURA 1
Procedimiento de la intervención

Nota: SEM: semana; EXP: grupo experimental; CON: grupo control; S: series; R: repeticiones.

Protocolo excéntrico

Se realizó una sesión de familiarización, en donde se explicó la técnica de realización del curl nórdico. Cada sesión se inició con una entrada en calor de 10 minutos de duración, compuesta por 5 minutos de carrera de baja intensidad y activación muscular más 5 minutos de estiramientos dinámicos (Hermassi et al., 2017). El curl nórdico fue realizado en parejas, con un individuo sosteniendo los tobillos del ejecutante, momento en el cual este realizaba una extensión controlada de rodillas manteniendo la cadera en extensión. El entrenamiento tuvo un volumen inicial de 8 repeticiones el cual fue aumentando hasta llegar a un máximo de 32 repeticiones por sesión en la semana 6. La pausa entre series fue de 3 minutos (Ravé et al., 2014).

Test de velocidad

El rendimiento de velocidad fue evaluado en 20 m con fotocélulas marca Chronojump Boscosystem, (software versión 1.8.1-95, Barcelona, España). Estas fueron realizadas en el mismo lugar donde se llevaron a cabo los entrenamientos. La totalidad de participantes completó una entrada en calor consistente en la secuencia tipo descrita para las sesiones de curl nórdico, más 4 aceleraciones de 20 m (Rodríguez-Rosell et al., 2017). Posterior a esto, se indicó a los sujetos que permanecieran 1 metro por detrás de la línea de partida. Posteriormente, al momento de escuchar la señal sonora, debían iniciar una carrera a máxima intensidad. Se ejecutaron 3 repeticiones por cada sujeto, y se consideró la mejor marca registrada (Krommes et al., 2017). La pausa entre repeticiones fue de 15 segundos (Ishøi et al., 2018).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS versión 20.0 (IBM, Corporation, Chicago, IL). Los datos se expresan como media y desviación estándar. Para verificar la normalidad de los datos se utilizó el test Shapiro Wilk. Para comparar los grupos pre y post intervención en aquellas variables que presentaron una distribución normal se utilizó la prueba T Student para muestras relacionadas, y Wilcoxon, para aquellas que presentaron una distribución no normal. En lo referente a la comparación intergrupar, fue utilizada la prueba T Student para muestras independientes. Para estimar el tamaño del efecto se utilizó la clasificación propuesta por Hopkins et al, (2009), clasificando su efecto como <0,20; <0,60; <1,2 y >2,0 para trivial, moderado, grande y muy grande respectivamente. Para todos los análisis se estableció un nivel de significación $p < 0,05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra la selección y asignación de los grupos control y experimental, con sus respectivas características de edad, masa corporal, talla con la finalidad de caracterizar la muestra.

TABLA 1
Datos descriptivos de la muestra, expresados como media $\pm$ desviación estándar

Grupo	Edad (años)		Masa (kg)		Talla (cm)	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Control (n=20)	15,3	$\pm 0,81$	63,4	± 12	170,6	$\pm 7,42$
Experimental (n=22)	15,0	$\pm 0,73$	69,1	± 16	172,3	$\pm 7,51$

La Tabla 2 muestra los resultados de los análisis intragrupo obtenidos en el sprint de 20 metros para el grupo control (CON) y el grupo experimental (EXP) al finalizar el trabajo de 6 semanas. Se observan incrementos en la velocidad en ambos grupos, siendo estos estadísticamente significativos ($p=0,00$) y con un tamaño del efecto grande para ambos grupos.

TABLA 2
Resultados pre y post test intragrupo. Los datos son expresados como media $\pm$ desviación estándar.

Tiempo en 20 m (s)	Grupo	N	Media	DE	Sig	IC (95%)	TE
Control	Pre	20	3,41	$\pm 0,27$	0,00*	0,21-1,50	0,86
	Post		3,21	$\pm 0,19$			
Experimental	Pre	22	3,43	$\pm 0,19$	0,00*	0,41-1,67	1,04
	Post		3,15	$\pm 0,33$			

*Valor $P < 0,05$; TE=Tamaño del efecto; IC= Índice de confiabilidad.

En la Tabla 3 se muestra el análisis intergrupo realizado con los datos obtenidos en el pre-test, post-test, así como en pre y post test en sprint de 20 metros. Se presentan condiciones de entrada similar y homogénea en el pre-test y post-test para ambos grupos sin diferencias significativas $p=0,756$ y $p=0,488$, solo en la comparación pre y post test se presentaron diferencias significativas ($p=0,00$). Similares resultados se observan en el tamaño del efecto, ya que al comparar el GC v/s GE solo el pre y post test presenta un tamaño de efecto grande (0,88) y en las comparaciones entre pre-test y post-test en el GC y GE se observaron tamaños de efecto trivial (0,08) y moderado (0,22), respectivamente.

TABLA 3
Resultados pre y post test intergrupo. Los datos son expresados como media $\pm$ desviación estándar.

Tiempo en 20 m (seg)	Grupo	N	Media	DE	Sig	IC (95%)	TE
Pre Test	Control	20	3,41	$\pm 0,27$	0,756	0,51-0,69	0,08
	Experimental	22	3,43	$\pm 0,18$			
Post Test	Control	20	3,21	$\pm 0,19$	0,488	0,38-0,83	0,22
	Experimental	22	3,15	$\pm 0,32$			
Pre-Post Test	Control	20	3,41	$\pm 0,27$	0,00*	0,24-1,51	0,88
	Experimental	22	3,15	$\pm 0,32$			

*Valor $P < 0,05$; TE=Tamaño del efecto; IC= Índice de confiabilidad.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico basado en el curl nórdico sobre el rendimiento en sprint en individuos jóvenes, con la hipótesis de que una intervención basada en el ejercicio curl nórdico generaba como respuesta la mejora en el rendimiento en sprint. Nuestros hallazgos indican que este tipo de ejercicios disminuye los tiempos de velocidad en 20 m ($p=0,00$; TE=1,04).

Diversos estudios reportan el efecto de entrenamientos basados en contracciones excéntricas sobre el rendimiento mecánico muscular, como el aumento en la altura de salto (Akl, 2013), así como mejoras en la velocidad manifestadas en la disminución de los tiempos para 30 m (Askling et al., 2003), tiempo en 10 m, y el peak de fuerza excéntrica en isquiotibiales (Ishøi et al., 2018). Sin embargo, a diferencia de nuestra

investigación, estas intervenciones tuvieron una duración de 10 semanas con una frecuencia de 2 sesiones/semana. Recientemente se han reportado mejoras en el rendimiento en sprint con tan solo 4 semanas de entrenamiento excéntrico basados en curl nórdico (Freeman et al., 2019). De la misma forma, mejoras de los tiempos para la distancia de 5 metros, con tamaños del efecto triviales (TE 0,32) fueron evidenciados en jugadores de fútbol juveniles (edad 17 ± 1 años, talla $178,11 \pm 2,34$ cm, peso $71,76 \pm 4,56$ kg) (Mendiguchia et al., 2015), en 10 y 20 m (ES 0,15 – 0,32 respectivamente) y en la altura de salto (ES 0,58) (de Hoyo et al., 2014). La utilización del curl nórdico para la mejora del rendimiento en carrera ha sido poco estudiada, siendo parte mayormente de protocolos que buscan prevenir la ocurrencia de lesiones musculares a nivel de extensores de cadera (Al Attar et al., 2017; Askling et al., 2003; Kilic et al., 2018; Ribeiro-Alvares et al., 2018; Schache et al., 2012).

Dentro de las investigaciones focalizadas en los efectos del curl nórdico sobre aspectos funcionales, se ha demostrado la influencia de protocolos de entrenamiento basado en este tipo de ejercicios, sobre los tiempos parciales de 5 y 10 mts de sprint además del salto con contramovimiento (Krommes et al., 2017). En este estudio se realizó un volumen total de 200 repeticiones a lo largo de 10 semanas de intervención, a diferencia de nuestro estudio en donde se ejecutaron 252 repeticiones totales en un periodo de 6 semanas. Independiente de las diferentes distribuciones con las cuales se aplicaron ambos protocolos, podemos vislumbrar cuáles serían los volúmenes y densidades de entrenamiento adecuadas para conseguir mejorar el rendimiento. En la misma línea, se han reportado mejoras con volúmenes menores (115 repeticiones totales) en un periodo de 6 semanas (Siddle et al., 2018), que confirman la acepción respecto de las dosis mínimas necesarias para conseguir adaptaciones. Además, es interesante mencionar que en este estudio fueron valoradas tanto las respuestas agudas como crónicas, siendo estas últimas observables inclusive después de un periodo de desentrenamiento de tres semanas.

La mejora evidenciada en el grupo experimental también se presenta en el grupo control. Situación similar fue reportada en el estudio realizado por Ishøi et al (2018), en donde, al momento de evaluar el tiempo de la última repetición de sprint, el grupo control mejoró los tiempos de ejecución, con un tamaño del efecto trivial (TE 0,008). Sin embargo, en este estudio, el tiempo para el sprint más rápido tan solo mostró mejoras para el grupo experimental (TE 0,64; $p < 0,05$). Estos efectos son mayores a los reportados por Siddle et al., (2018), quien, después de 6 semanas de entrenamiento y 3 de desentrenamiento, evidenció la mejora de la velocidad en 10 mts con tamaños del efecto triviales (TE $< 0,20$) para el grupo intervenido.

Los hallazgos del estudio se condicen con lo descrito por otras investigaciones, en donde se reporta la mejora del rendimiento en velocidad a partir de la aplicación de protocolos de entrenamiento excéntrico. 6 semanas de entrenamiento con un total de 12 sesiones incrementan el rendimiento en el sprint en individuos jóvenes sin experiencia en entrenamiento de fuerza; sin embargo, al no existir diferencias en los resultados entre los grupos experimental y control, no es posible afirmar que estos se deban a la intervención aplicada.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La imposibilidad de controlar algunas variables que pudieron influenciar los resultados, como, por ejemplo, el control sobre la temperatura ambiental y la hora en la cual se realizaron los entrenamientos, se consideran como factores a tener en cuenta para aumentar la rigurosidad del protocolo. De igual forma, se propone que el sujeto evaluador de las pruebas de velocidad no sea quien aplique el protocolo de intervención, con el fin de evitar el sesgo de quien investiga.

FORTALEZAS DEL ESTUDIO

No existen estudios en población chilena que hayan verificado el efecto de este tipo de ejercicios sobre el rendimiento. Su fácil aplicación, prescindir de instrumentos para su ejecución, la ausencia de fuerzas de compresión sobre las articulaciones, hacen de este tipo de intervenciones una estrategia adecuada para el entrenamiento de la fuerza y la mejora de la velocidad de desplazamiento en jóvenes.

CONCLUSIONES

La aplicación del protocolo 6 semanas de entrenamiento excéntrico basado en la aplicación de curl nórdico en adolescentes generan incrementos significativos ($p < 0.01$) en el rendimiento en sprint del grupo experimental, apreciándose tamaños del efecto triviales, moderados y grandes en las comparaciones inter e intragrupo, a partir de la intervención realizada. Sin embargo, no es posible concluir que las adaptaciones se deban al entrenamiento específico realizado, principalmente, porque los estudiantes que solamente realizaron las clases de educación física incrementaron de igual forma su rendimiento en velocidad. Del mismo modo, y en adición a lo descrito, las limitaciones mencionadas impiden asegurar que la intervención aplicada fue efectiva en la mejora del rendimiento en velocidad para el grupo estudiado.

Para futuras líneas de investigación se sugiere ampliar la muestra y el número de pruebas de rendimiento, con el fin de verificar si este tipo de intervenciones genera un efecto, por sobre el conseguido solo con las clases de educación física, en individuos jóvenes.

REFERENCIAS

- Akl, A. R. (2013). The role of biomechanical parameters and muscle activity during eccentric and concentric contractions in vertical jump performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(3), 430–437. <https://doi.org/10.7752/jpes.2013.03069>
- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., y 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0638-2>
- Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., y Martínez-Rodríguez, A. (2018). The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2143–2165. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0947-8>
- Alonso-Fernández, D., Fernández-Rodríguez, R., y Abalo-Núñez, R. (2018). Changes in rectus femoris architecture induced by the reverse nordic hamstring exercises. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08873-4>
- Askling, C., Karlsson, J., y Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer player after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*, 13(4), 244–250. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x>
- Asociación Médica Mundial. (2017). Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Beato, M., Madruga-Parera, M., Piqueras-Sanchiz, F., Moreno-Pérez, V., y Romero-Rodríguez, D. (2019). Acute Effect of Eccentric Overload Exercises on Change of Direction Performance and Lower-Limb Muscle Contractile Function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (36), 1–7. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003359>
- Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Graham, K. K., y Shield, A. J. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology:

- Implications for injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 469–477. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096130>
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Dominguez-Cobo, S., y Moran-Camacho, E. (2014). Effects of a 10-week In-Season Eccentric Overload Training Program on Muscle Injury Prevention and Performance in Junior Elite Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46–52. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., y McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(5), 917–941. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0628-4>
- Freeman, B. W., Young, W. B., Talpey, S. W., Smyth, A. M., Pane, C. L., y Carlon, T. A. (2019). The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(7), 1119–1125. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08703-0>
- González Badillo, J. J., y Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. [E-book]. <https://books.google.co.cr/books?id=gewwCRUdT6gC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fieseler, G., Bartels, T., Schulze, S., Delank, S., Shephard, R., & Schwesig, R. (2017). Effects of In-Season Explosive Strength Training on Maximal Leg Strength, Jumping, Sprinting, and Intermittent Aerobic Performance in Male Handball Athletes. *Thieme*, 31(3), 167–173. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103469>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. [E-book]. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Ishoi, L., Hölmich, P., Aagaard, P., Thorborg, K., Bandholm, T., y 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. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1409609>
- Kilic, O., Kemler, E., y Gouttebauge, V. (2018). The “sequence of prevention” for musculoskeletal injuries among adult recreational footballers: A systematic review of the scientific literature. *Physical Therapy in Sport*, 32, 308–322. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.01.007>
- Krommes, K., Petersen, J., Nielsen, M. B., Aagaard, P., Hölmich, P., y 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), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2986-x>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., y Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., y De Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 133–143. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>
- Mendiguchia, J., Martínez-Ruiz, E., Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., Alcaraz, P. E., Esparza-Ros., & Mendiguchia, A. (2015). Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(6), e621–e629. <https://doi.org/10.1111/sms.12388>
- Mero, A., Komi, P. V., y Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of Sprint Running a Review. *Sports Medicine*, 13(6), 376–392. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213060-00002>
- 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, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>
- Ravé, J. M. G., Abella, C. P., y Valdivieso, F. N. (2014). *Entrenamiento deportivo*. Editorial MedicaPanamericana.

- Ribeiro-Alvares, J. B., Marques, V. B., Vaz, M. A., y Baroni, B. M. (2018). Four Weeks of Nordic Hamstring Exercise Reduce Muscle Injury Risk Factors in Young Adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1254–1262. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001975>
- Rodríguez-Rosell, D., Franco-Márquez, F., Mora-Custodio, R., y González-Badillo, J. J. (2017). Effect of High-Speed Strength Training on Physical Performance in Young Soccer Players of Different Ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2498-2508. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001706>
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., y Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556–568. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051417>
- Schache, A. G., Dorn, T. W., Blanch, P. D., Brown, N. A. T., y Pandy, M. G. (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(4), 647–658. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318236a3d2>
- Seymore, K. D., Domire, Z. J., DeVita, P., Rider, P. M., y Kulas, A. S. (2017). The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *European Journal of Applied Physiology*, 117(5), 943–953. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3583-3>
- Siddle, J., Greig, M., Weaver, K., Page, R. M., Harper, D., y Brogden, C. M. (2018). Acute adaptations and subsequent preservation of strength and speed measures following a Nordic hamstring curl intervention: a randomised controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 37(8), 911–920. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535786>
- Tansel, R. B., Salci, Y., Yildirim, A., Kocak, S., y Korkusuz, F. (2008). Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10-12 year old male basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 16(2), 81–85. <https://doi.org/10.3233/IES-2008-0300>