Efectos del curl nórdico a diferentes velocidades en la fuerza excéntrica de futbolistas jóvenes

Effects of the Nordic curl at different velocities on eccentric strength in youth soccer players

Autores

Roberto Rebolledo-Cobos [1, 2]
Ana Caro Freile [2]
Jheifer Páez-Almentero [1, 4]
Camilo Ibarra Torres [3]
Kamila Melo Guzmán [3]
Eulalia Amador-Rodero [3]
Yaneth Herazo-Beltrán [4]
Bruno Mandredini Baroni [1]

[1] Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (Brasil)
[2] Universidad Metropolitana (Colombia)
[3] Universidad Libre (Colombia)
[4] Universidad Simón Bolívar (Colombia)

Autor de correspondencia:
Roberto Rebolledo-Cobos
rrebolledo@unimetro.edu.co

Recibido: 22-10-25
Aceptado: 03-12-25

Cómo citar en APA

Rebolledo Cobos, R., Caro Freile, A., Páez-Almentero, J., Ibarra Torres, C., Melo Guzmán, K., Amador-Rodero, E., Herazo-Beltrán, Y., & Mandredini Baroni, B. (2026). Efectos del curl nórdico a diferentes velocidades en la fuerza excéntrica de futbolistas jóvenes. *Retos, 76*, 15-23. https://doi.org/10.47197/retos.v76.117932

Resumen

Introducción: las lesiones de isquiotibiales son frecuentes en el fútbol y se asocian con déficits de fuerza excéntrica y asimetrías funcionales entre miembros. El Curl Nórdico es eficaz para la prevención de estas lesiones, pero la influencia de la velocidad de ejecución sobre las adaptaciones funcionales en deportistas jóvenes no está claramente establecida.
Objetivo: determinar los efectos de dos velocidades de ejecución del Curl Nórdico sobre la fuerza excéntrica de los flexores de rodilla y la asimetría funcional en futbolistas jóvenes.
Metodología: estudio cuasiexperimental con asignación aleatoria en futbolistas varones Sub-17 (n=20) distribuidos en grupo de velocidad rápida (GR) o velocidad lenta (GL). La intervención duró 4 semanas (3 sesiones/semana) con volumen progresivo. La fuerza excéntrica bilateral se registró en tiempo real durante el Curl Nórdico mediante un dispositivo validado con celdas de carga, además, se calculó la asimetría entre extremidades.
Resultados: se observaron mejoras de fuerza excéntrica en ambos grupos. Alcanzó significación únicamente la extremidad no dominante del GR (p=<0,01). No hubo diferencias intergrupales bilaterales. La asimetría funcional se redujo significativamente en el GR (p=<0,01), mientras que en el GL se mantuvo estable.
Discusión: un breve ciclo de Curl Nórdico mejoró la fuerza excéntrica y redujo la asimetría intermiembros, especialmente con tempo rápido como modulador clave, mostrando concordancias y discrepancias con estudios previos.
Conclusiones: la velocidad de ejecución del Curl Nórdico emerge como elemento factor de las adaptaciones en corto plazo: ambas velocidades mejoran la fuerza excéntrica, y la variante rápida con frenado favorece adicionalmente la corrección de asimetrías.

Palabras clave

Entrenamiento físico; fuerza muscular; fútbol; músculos isquiotibiales.

Abstract

Introduction: hamstring injuries are common in soccer and are associated with eccentric strength deficits and inter-limb functional asymmetries. The Nordic Hamstring Curl (NHC) is effective for prevention; however, the influence of execution velocity on functional adaptations in young athletes remains unclear.
Objective: to determine the effects of two execution velocities of the Nordic Hamstring Curl on eccentric knee flexor strength and functional asymmetry in young soccer players.
Methods: A quasi-experimental study with random assignment was conducted in male U-17 soccer players (n=20), divided into a fast-velocity group (FG) and a slow-velocity group (SG). The intervention lasted 4 weeks (3 sessions per week) with progressive volume. Bilateral eccentric force was recorded in real time during the Nordic curl using a validated load-cell–based device; additionally, inter-limb asymmetry was calculated.
Results: improvements in eccentric strength were observed in both groups. Statistical significance was reached only in the non-dominant limb of the FG (p=<0.01). No between-group differences were found bilaterally. Functional asymmetry was significantly reduced in the FG (<p=0.01), while it remained stable in the SG.
Discussion: a short Nordic Curl training cycle improved eccentric strength and reduced inter-limb asymmetry, especially with a fast tempo as a key modulator, showing both agreements and discrepancies with previous studies.
Conclusions: the execution velocity of the Nordic Curl emerges as a key factor in short-term adaptations: both tempos improve eccentric strength, and the fast, braking-emphasized variant additionally promotes the correction of asymmetries.

Keywords

Physical training; muscle strength; soccer; hamstring muscles.

Introducción

Las lesiones por distensión de isquiotibiales constituyen uno de los problemas más prevalentes en el deporte de alto rendimiento, representando entre el 12% y el 16% de todas las lesiones musculares registradas (Van Dyk et al., 2019). Su elevada incidencia no solo limita la participación competitiva de los atletas, sino que además incrementa el riesgo de recurrencia, convirtiéndose en un desafío permanente para deportistas, entrenadores y cuerpos médicos. Se ha estimado que, en una plantilla profesional de fútbol, se producen en promedio ocho lesiones por temporada (Ekstrand et al., 2016; Ekstrand et al., 2021). En categorías formativas, la incidencia se estima en un rango hasta de siete casos por temporada, siendo una cifra relevante, pues los jugadores en etapa de desarrollo físico y técnico presentan un perfil de riesgo que puede condicionar su trayectoria deportiva (Materne et al., 2021).

Diversos factores han sido vinculados con la aparición de estas lesiones. Se han destacado los déficits de fuerza, los desequilibrios de fuerza entre extremidades y las elevadas demandas mecánicas impuestas por acciones explosivas como los sprints, las aceleraciones y los cambios de dirección, en los que los isquiotibiales deben responder con rapidez y eficiencia (Al Attar et al., 2017). Otros determinantes incluyen los antecedentes de lesiones previas, la fatiga acumulada y alteraciones en la arquitectura muscular (Opar et al., 2012). En esta línea, se ha demostrado que la presencia de fascículos cortos en el bíceps femoral, junto con una debilidad excéntrica de los flexores de rodilla, incrementa de forma significativa el riesgo de lesión en futbolistas de élite (Timmins et al., 2017). Tales hallazgos sustentan la necesidad de que las estrategias preventivas se orienten optimización funcional, estructural y respuesta mecánica de este grupo muscular, posibilitando una reducción en el riesgo de lesiones (Maniar et al., 2016).

En este contexto, el Nordic Hamstring Exercise (NHE), conocido en español como Curl Nórdico, ha emergido como una de las estrategias de intervención más eficaces para el fortalecimiento excéntrico de los isquiotibiales y la reducción de la incidencia lesional (Maniar et al., 2016). Diversos estudios han evidenciado que su implementación sistemática dentro de los programas de entrenamiento contribuye no solo a disminuir la ocurrencia de lesiones primarias, sino también a reducir el riesgo de recurrencias, lo que lo convierte en una herramienta clave tanto en prevención como en rehabilitación (Nunes et al., 2024; Bahr et al., 2015; Elliott et al., 2011).

La efectividad del Curl Nórdico radica en su capacidad para inducir adaptaciones estructurales y funcionales en el grupo isquiotibial, al centrarse en la contracción excéntrica controlada. Entre dichas adaptaciones destacan el incremento en la longitud de los fascículos musculares y la mejora de la fuerza excéntrica máxima (Cuthbert et al., 2020). Estas modificaciones impactan directamente en la reducción del riesgo lesional y, adicionalmente, potencian el rendimiento deportivo en acciones de alta exigencia como el sprint y los cambios de dirección, donde la musculatura posterior del muslo desempeña un rol determinante (Bourne et al., 2017; Hu et al., 2023).

Un aspecto emergente de creciente interés científico es la influencia de la velocidad de ejecución del Curl Nórdico sobre las adaptaciones conseguidas. Alt et al. han reportado que la realización del ejercicio con tempos más lentos favorece una mayor activación muscular y un desarrollo más marcado de la fuerza excéntrica. Por el contrario, la ejecución con tempos rápidos, aunque de manera aguda, se ha asociado con mejoras en la fuerza dinámica y en la velocidad de contracción (Alt et al., 2017).

Considerando que la manipulación de la velocidad de ejecución puede constituir una variable determinante en la magnitud y tipo de adaptaciones inducidas por el entrenamiento, se abren nuevas perspectivas tanto para la investigación científica como para la práctica aplicada en el acondicionamiento muscular preventivo. En este marco, el presente estudio tiene como propósito analizar los efectos de un programa de entrenamiento de cuatro semanas con Curl Nórdico, comparando dos velocidades de ejecución, sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas jóvenes sin antecedentes de lesiones musculares previas.

Método

Se diseñó un estudio cuasiexperimental cuyo objetivo fue analizar, en dos grupos de futbolistas varones jóvenes asignados aleatoriamente a los protocolos de intervención, las adaptaciones funcionales derivadas de dos modalidades de ejecución del Curl Nórdico a lo largo de cuatro semanas de entrenamiento.

Participantes

Se invitó a participar en el estudio a la nómina completa de la categoría Sub-17 de un club de formación de futbolistas con reconocimiento deportivo, ubicado en el municipio de Puerto Colombia, departamento del Atlántico (Colombia). Fueron incluidos aquellos deportistas que aceptaron voluntariamente participar, que contaban con una práctica continua de la disciplina por un período mínimo de tres años y que habían asistido de manera ininterrumpida a las actividades de entrenamiento y competencia del club durante al menos los tres meses previos al estudio. Se excluyeron los individuos con antecedentes de lesiones en los músculos isquiotibiales, aquellos que presentaban sintomatología dolorosa que dificultara la ejecución de las pruebas, así como los que hubiesen recibido entrenamiento de fuerza específico, o con incidencia directa en los flexores de rodilla, en los 12 meses anteriores. Los participantes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión fueron asignados aleatoriamente en dos grupos, procurando su equivalencia mediante la estratificación inicial de acuerdo con la edad y el porcentaje de grasa corporal.

Procedimiento

Los procedimientos fueron realizados por evaluadores capacitados en el área, siendo profesionales en las ciencias de la actividad física, deporte y la salud. La recolección de la información se realizó al inicio y final de las cuatro semanas de preparación previo al inicio de competencias formales del club, empleando dos jornadas de evaluación previa a las sesiones de entrenamiento matinal y con al menos 72 horas de diferencia con las sesiones de los programas de entrenamiento específicos para los flexores de rodilla. El lugar de aplicación de los procedimientos fue la sede deportiva del club.

Caracterización general

Fue aplicado en forma de entrevista un cuestionario sencillo destinado a la tipificación de aspectos concernientes a la identificación personal y caracterización sociodemográfica del sujeto, incluyendo la edad, el historial de práctica deportiva, de entrenamiento físico complementario y el historial de lesiones. Estos ítems fueron corroborados con el cuerpo técnico del club. De forma seguida se realizó una evaluación antropométrica, empleando una balanza electrónica (Balance Industrielles, Montreal, Canadá) para el peso corporal y para la medición de altura en pie con un tallímetro de pared (Perspective Enterprises, Portage, USA.). El perímetro del muslo (media de dos medidas) se determinó utilizando una cinta Gulick en la mitad de la distancia el trocánter mayor y el pliegue de la articulación de rodilla. A través de un impedanciómetro bioeléctrico marca Tanita (TBF-300WA Wrestling Body Composition Analyzer) fue determinada el porcentaje de grasa corporal.

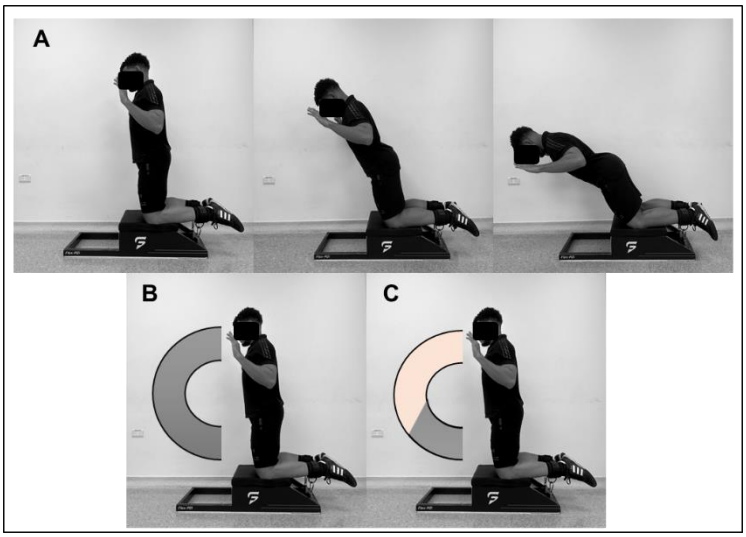
Fuerza excéntrica de flexores de rodilla

La fuerza de los músculos flexores de la rodilla fue evaluada durante la ejecución del Curl Nórdico, mediante registros en tiempo real obtenidos con un dispositivo diseñado específicamente para esta medición. Dicho instrumento deriva del prototipo validado por Opar et al., 2013. El sistema integra dos celdas de carga tipo S, cada una con una capacidad máxima de 980 N y una precisión de 0,02, conectadas a una tarjeta de adquisición de datos con convertidores analógico-digitales de 24 bits y una frecuencia de muestreo de 80 Hz. La transmisión de la señal se realiza de manera inalámbrica hacia un software dedicado, lo que permite el monitoreo en tiempo real de la fuerza ejercida por cada extremidad durante la prueba. La fiabilidad test–retest del dispositivo fue establecida previamente en una muestra de veintiún hombres sanos y entrenados, evidenciando una confiabilidad excelente, con coeficientes de correlación intraclase (CCI) de 0,88. Derivada de las pruebas se determinó la extremidad dominante y no dominantes de acuerdo con la mayor o menor producción de fuerza, respectivamente.

Antes de la evaluación, los participantes realizaron un calentamiento general estandarizado, diseñado y supervisado por el preparador físico del equipo. Todas las pruebas fueron conducidas por los mismos dos investigadores. Durante la ejecución, los sujetos se posicionaron de rodillas sobre una plataforma

acolchada, con las caderas extendidas y el tronco erguido. Se les instruyó a descender el torso hacia el suelo a velocidad constante hasta el fallo (mínimo 3 segundos por repetición), manteniendo alineación de cadera y columna, con los codos flexionados y las palmas orientadas hacia adelante a la altura de los hombros (ver figura 1A). Cada jugador realizó tres repeticiones, separadas por quince segundos de recuperación, y para el análisis se consideró el mayor valor de fuerza registrado.

Figura 1. A: ejecución básica de Curl Nórdico sobre dispositivo de medición empleado en el estudio; B: la zona gris resaltada representa el recorrido lento y controlado durante la ejecución del Curl Nórdico para el GL; C: la zona clara resaltada representa el recorrido rápido y la gris el área de frenado durante la ejecución del Curl Nórdico para el GR.



Fuente: elaboración original.

Programa de entrenamiento

La intervención consistió en la asignación aleatoria de los participantes a un protocolo de entrenamiento con Curl Nórdico realizado a velocidad rápida (GR) o a velocidad lenta (GL). El grupo GL ejecutó cada repetición del ejercicio en un tiempo máximo de 4 segundos orientado con metrónomo (véase Figura 1B), mientras que el grupo GR lo realizó en máximo 1 segundo, incorporando un ciclo final de frenado rápido con finalización lenta de la ejecución (véase Figura 1C).

El programa tuvo una duración total de cuatro semanas, con una frecuencia de tres sesiones por semana (lunes, miércoles y viernes). El volumen de entrenamiento progresó desde 4 repeticiones por sesión en la primera semana hasta 9 repeticiones en la cuarta. La distribución se organizó en series de la siguiente manera: semana 1, dos series de dos repeticiones; semanas 2 y 3, tres series de dos repeticiones; y semana 4, tres series de tres repeticiones. Entre repeticiones se aplicaron 15 segundos de recuperación y entre series un minuto de intervalo. Previo a cada sesión de entrenamiento, se realizó un calentamiento específico de 5 minutos para la musculatura isquiotibial, que incluyó ejercicios de movilidad articular, activación y estiramientos balísticos. Todas las sesiones se realizaban previo al inicio de las sesiones matinales de entrenamiento y la ejecución de las repeticiones fueron asistidas y supervisadas por un miembro del equipo de investigación, con el fin de garantizar la correcta aplicación del tiempo y técnica de ejecución.

Todas las sesiones de entrenamiento con el Curl Nórdico se realizaron durante el período de pretemporada del club, sin carga de competencia directa. Se instruyó al cuerpo técnico para no incorporar ningún otro tipo de ejercicio con contracciones dinámicas o isométricas dirigido específicamente al acondicionamiento de los músculos flexores de la rodilla durante la duración del estudio. Semanalmente se registró la carga de esfuerzo físico asociada a las sesiones concurrentes de pretemporada, con el fin de excluir de los análisis finales a los jugadores cuya exposición a las sesiones de entrenamiento fuera al menos un 10 % menor.

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se emplearon estadísticas descriptivas mediante medias y desviaciones estándar para los valores pre y post intervención de las variables examinadas. Asimismo, se calcularon las variaciones porcentuales de fuerza para facilitar la interpretación de los resultados, así como la diferencia de fuerza entre la extremidad dominante y no dominante, con el fin de estimar las asimetrías funcionales. La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA two-way) para comparar tanto los cambios intra-grupo (pre vs. post intervención) como las diferencias inter-grupos (GR vs. GL en ambos momentos de valoración), ajustadas con el método post hoc de Bonferroni. El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0.05$ para todas las comparaciones. Los tamaños del efecto (TE) entre las mediciones se calcularon utilizando la d de Cohen, e se interpretaron como "triviales" ($d < 0,2$), "pequeños" ($0,2 \leq d < 0,5$), "moderados" ($0,5 \leq d < 0,8$) o "grandes" ($d \geq 0,8$).

Consideraciones éticas

Este estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos establecidos en la resolución 008430 de 1993, expedida por el Ministerio de Salud de la República de Colombia. Además, se tuvo en cuenta la declaración de Helsinki donde se reglamentan los principios éticos para estudios de investigación que involucran seres humanos con previo consentimiento informado. La realización del presente estudio cuenta con el aval del comité de bioética de la Universidad Metropolitana de Barranquilla (aval 575 de 2024).

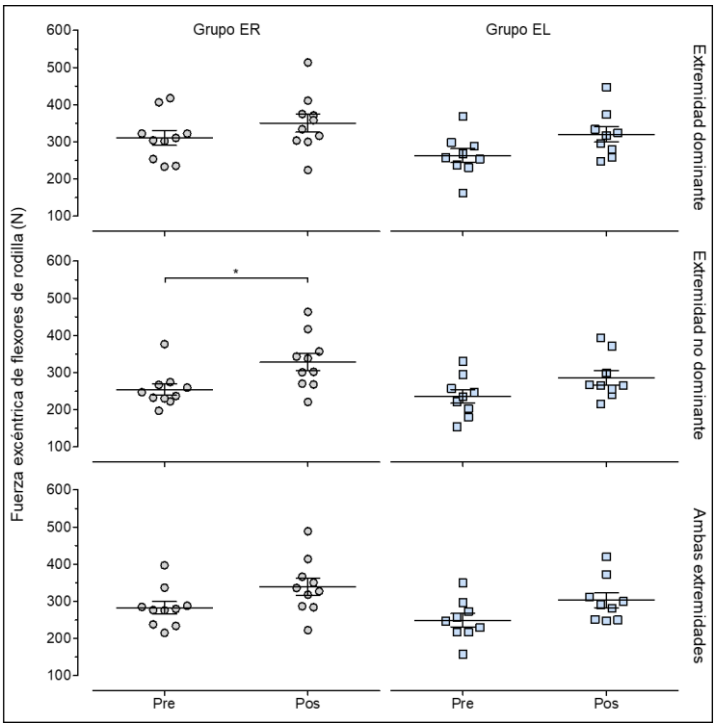
Resultados

De los 27 individuos que inicialmente aceptaron participar en el estudio, fueron excluidos 2 por presentar síntomas dolorosos en la articulación de la rodilla, 3 por antecedentes de lesiones musculares en los flexores de rodilla y 2 por haber realizado entrenamiento de fuerza específico de este grupo muscular en los últimos 12 meses. Finalmente, la muestra quedó conformada por 20 deportistas, distribuidos en dos grupos: 10 en el GR y 10 en el GL. En la asignación aleatoria no se observaron diferencias estadísticas entre los grupos en las variables basales (p-valor >0.05), tales como edad (GR = 15.67 ± 0.87 años; GL = 15.30 ± 0.82 años), peso corporal (GR = 65.00 ± 7.79 kg; GL = 64.70 ± 7.76 kg), talla (GR = 1.70 ± 0.05 m; GL = 1.69 ± 0.06 m), porcentaje de grasa corporal (GR = 19.05 ± 1.35%; GL = 18.12 ± 1.89%) y perímetro medio bilateral del muslo (GR = 51.90 ± 4.45 cm; GL = 48.11 ± 3.98 cm). No se observaron variaciones estadísticamente significativas en los parámetros antropométricos después de la implementación de los programas de entrenamiento (p-valor >0.05).

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de las medias pre y post intervención de la fuerza excéntrica de los flexores de rodilla. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa únicamente en la extremidad no dominante del grupo GR (p-valor = <0.001), la cual presentó un incremento del 28.9% (TE=1.03). La extremidad no dominante del GL aumentó un 23.1% (TE=0.81) sin alcanzar significancia estadística. El incremento en la fuerza de la extremidad dominante fue del 13.6% en el GR (TE=0.55) y del 23.1% en el GL (TE=0.88). No obstante, al comparar las medias pre y post de los valores de fuerza excéntrica bilateral, no se hallaron diferencias significativas entre los grupos (p-valor > 0.05).

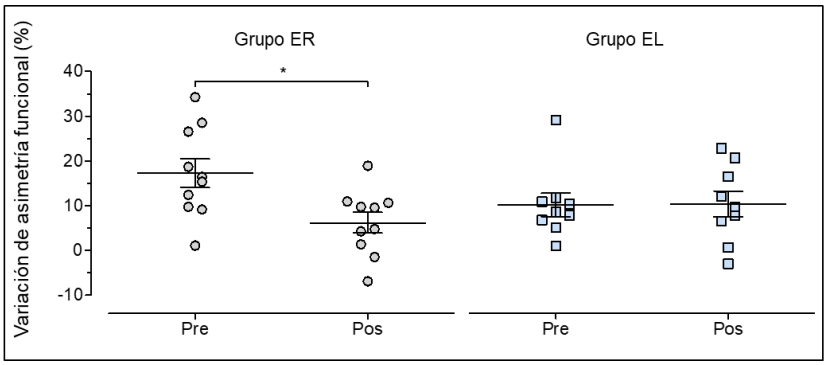
Respecto a la comparación entre extremidades (dominante vs. no dominante), únicamente el GR mostró una diferencia significativa antes de la intervención (p-valor = <0.005; TE=0.83). La Figura 3 ilustra la variación porcentual de los niveles de asimetría funcional. En el GR se observó una reducción significativa de la asimetría (p-valor = <0.001), pasando de un 17.2% en la medición inicial a un 6.2% tras la intervención (TE=1.07). En el GL, los niveles de asimetría permanecieron estables entre los dos momentos de evaluación (pre = 10.2%; pos = 10.4%; P-valor= >0.05; TE=0.74).

Figura 2. Comportamiento de las medias de fuerza excéntrica de los flexores de rodilla pre y post intervención.



Fuente: elaboración original.

Figura 3. Variación porcentual de los niveles de asimetría funcional.



Fuente: elaboración original.

Discusión

Nuestros hallazgos muestran que un ciclo breve de entrenamiento con Curl Nórdico en futbolistas jóvenes puede inducir mejoras relevantes de la fuerza excéntrica en ambos grupos de tempo, aun con una dosis relativamente acotada y sin progresión marcada del volumen. De forma diferencial, solo la extremidad no dominante del grupo de GR alcanzó significación estadística, junto con una reducción clínicamente notable de la asimetría funcional intermiembros en ese mismo grupo, mientras que el GL mostró tendencias favorables sin cambios significativos en la simetría. Estos resultados sugieren que la manipulación de la velocidad de ejecución, especialmente la rápida, podría actuar como un modulador clave de la respuesta neuromuscular, con especial impacto en el reequilibrio funcional entre extremidades.

Al contrastar estos resultados con la literatura, se observa consonancia parcial con Whyte et al., 2019, quienes informaron ganancias de fuerza excéntrica tras cuatro semanas de entrenamiento con Curl Nórdico, pero sin cambios en la asimetría funcional. La divergencia respecto a la simetría podría explicarse por diferencias en el control del tempo: en nuestro protocolo, el componente de frenado rápido al final

de la fase excéntrica plausiblemente incrementó la exigencia sobre la extremidad más débil, favoreciendo una redistribución del esfuerzo y, con ello, la reducción de la asimetría. Desde una perspectiva mecanicista, este patrón puedo influenciar exigencias superiores sobre el control excéntrico en régimen de alta tasa de desarrollo de fuerza, variable sensible a la manipulación de la velocidad.

De manera concordante con la especificidad de la respuesta observada en grupo de ejecución rápida, Alt et al., 2017, han señalado que las adaptaciones inducidas por el Curl Nórdico son dependientes de la velocidad, mostrando mayor magnitud a tempos más rápidos e incluso persistencia en el tiempo tras finalizar la intervención. Nuestros resultados complementan esa evidencia, al indicar que el tempo no solo modifica la magnitud de la fuerza excéntrica, sino que también incide sobre la simetría funcional intermiembros, un determinante funcional íntimamente relacionado con el riesgo de lesión en isquiotibiales. Si bien la retención de los cambios no pudo ser evaluada por la duración del estudio, la direccionalidad observada respalda la utilidad del tempo como variable de programación.

En cuanto a la periodización del estímulo, nuestros datos matizan lo propuesto por Severo-Silveira et al., 2018, quienes destacaron la progresión de carga, y no un volumen constante, como factor decisivo para mejorar la fuerza. En nuestro contexto, sin una progresión notable de volumen y dadas las demandas del ejercicio en población juvenil, la manipulación de la velocidad resultó suficiente para provocar adaptaciones funcionales de interés. Ello sugiere que carga/volumen y tempo podrían operar como moduladores complementarios, habilitando diseños factoriales futuros (ej., 2×2: volumen alto/bajo × tempo rápido/lento) para mapear con mayor precisión su contribución relativa.

Asimismo, trabajos de Podczarska-Głowacka et al., 2025, y de Al Attar et al., 2021, han mostrado que cuatro semanas de Curl Nórdico favorecen la estabilidad dinámica y el equilibrio postural. Tales mejoras podrían actuar como soporte del descenso de la asimetría observado en nuestro grupo de ejecución rápida, mediadas por ajustes del control neuromuscular (ej., mayor rigidez funcional en el complejo músculo-tendón, optimización del reclutamiento en fase excéntrica y refinamiento de estrategias de control intermiembros). Aunque nuestro estudio no incluyó mediciones directas de control postural o arquitectura muscular, la convergencia con estos hallazgos refuerza la plausibilidad biológica de los cambios detectados.

Aun cuando solo la extremidad no dominante del grupo de ejecución rápida alcanzó significación, el patrón general indica que ambas modalidades de tempo pueden estimular aumentos relevantes de fuerza excéntrica en poco tiempo en futbolistas jóvenes. En contextos de rendimiento y prevención de lesiones, esto podría sugerir que: (a) el tempo rápido con frenado puede priorizarse cuando el objetivo inmediato es acelerar la restauración de la simetría y potenciar el control excéntrico a altas tasas; (b) el tempo lento puede emplearse como puerta de entrada para afianzar técnica, tolerancia al esfuerzo y tiempo bajo tensión, antes de progresar hacia estímulos más rápidos; (c) la combinación secuencial (p. ej., bloques breves de lento seguidos de rápido) podría maximizar adaptaciones complementarias; y (d) la monitorización periódica de la asimetría con dispositivos fiables ayuda a individualizar la prescripción, integrando el Curl Nórdico con la carga de sprint y el trabajo de cambio de dirección a lo largo del microciclo. Estas afirmaciones, si bien son especulativas, abren la puerta a estudios específicos que puedan dilucidar estos fenómenos.

Este estudio presenta limitaciones que deben considerarse: el tamaño muestral reducido y proveniente de un solo club; duración breve (cuatro semanas), lo que impide examinar si existe retención de las adaptaciones durante una temporada de competencias; ausencia de monitorización completa de la carga externa del entrenamiento concurrente y de marcadores de fatiga; falta de medidas de rendimiento específico, de arquitectura muscular o actividad electromiográfica, que habrían permitido dilucidar mecanismos. Como fortalezas, se destaca el uso de instrumentación con alta fiabilidad, la estandarización del protocolo y la aplicabilidad práctica del ejercicio, ampliamente extendido en el alto rendimiento.

Conclusiones

Del presente estudio se pude concluir que, en futbolistas jóvenes sin antecedentes recientes de lesión, la manipulación de la velocidad de ejecución del Curl Nórdico emerge como un determinante crítico de

las adaptaciones funcionales. En un periodo corto, ambos tempos promovieron mejoras de fuerza excéntrica, y la variante rápida con frenado se asoció adicionalmente con una reducción significativa de la asimetría funcional intermiembros. Se recomiendan estudios con muestras mayores, seguimiento longitudinal y diseños factoriales que integren medidas de arquitectura muscular, actividad neuromuscular y rendimiento específico, para robustecer la inferencia causal y optimizar la transferencia al juego.

Financiación

Este estudio contó con la financiación del Fondo para la Investigación de la Universidad Metropolitana y de la Universidad Libre Seccional Barranquilla.

Referencias

Al Attar, W. S. A., Faude, O., Husain, M. A., Soomro, N., & Sanders, R. H. (2021). Combining the Copenhagen adduction exercise and Nordic hamstring exercise improves dynamic balance among male athletes: A randomized controlled trial. *Sports Health*, 13(6), 580–588. https://doi.org/10.1177/1941738121993479

Al Attar, W. S., 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. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0638-2

Alt, T., Nodler, Y. T., Severin, J., Knicker, A. J., & Strüder, H. K. (2017). Velocity-specific and time-dependent adaptations following a standardised Nordic Hamstring Exercise training. Scandinavian *Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1183–1193. https://doi.org/10.1111/sms.12868

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. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1466–1471. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094826

Bourne, M. N., Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2017). Eccentric knee flexor strength and risk of hamstring injuries in rugby union: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 45(10), 2326–2333. https://doi.org/10.1177/0363546515599633

Cuthbert, M., Ripley, N. J., McMahon, J. J., Evans, M., Haff, G. G., & Comfort, P. (2020). The effect of Nordic hamstring exercise training volume on eccentric strength and muscle architecture adaptations: A systematic review and meta-analyses. *Sports Medicine*, 50(1), 83–99. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01178-7

Ekstrand, J., Spreco, A., Bengtsson, H., & Bahr, R. (2021). Injury rates decreased in men's professional football: An 18-year prospective cohort study of almost 12,000 injuries sustained during 1.8 million hours of play. *British Journal of Sports Medicine*, 55(19), 1084–1091. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103159

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. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359

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. https://doi.org/10.1177/0363546510394647

Hu, C., Du, Z., Tao, M., & Song, Y. (2023). Effects of different hamstring eccentric exercise programs on preventing lower extremity injuries: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2057. https://doi.org/10.3390/ijerph20032057

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. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095311

Materne, O., Chamari, K., Farooq, A., Weir, A., Hölmich, P., Bahr, R., et al. (2021). Injury incidence and burden in a youth elite football academy: A four-season prospective study of 551 players aged

from under 9 to under 19 years. *British Journal of Sports Medicine*, 55(9), 493–500. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102859

Nunes, H., Fernandes, L. G., Martins, P. N., & Ferreira, R. M. (2024). The effects of Nordic hamstring exercise on performance and injury in the lower extremities: An umbrella review. *Healthcare*, 12(15), 1462. https://doi.org/10.3390/healthcare12151462

Opar, D. A., Timmins, R. G., Shield, A. J., & Williams, M. D. (2013). A novel device designed to measure eccentric knee flexor strength via the Nordic hamstring exercise displays acceptable test–retest reliability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(10), 730–736. https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4837

Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: Factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, 42(3), 209–226. https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000

Podczarska-Głowacka, M., Perzanowska, E., Krasowska, K., Trapik, Z., Kalkowska, A., & Klich, S. (2025). The influence of 4-week eccentric Nordic hamstring exercise training on postural balance and muscle strength: A randomized controlled trial. *PLoS One*, 20(6), e0315459. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315459

Severo-Silveira, L., Dornelles, M. P., Lima-e-Silva, F. X., Marchiori, C. L., Medeiros, T. M., Pappas, E., et al. (2018). Progressive workload periodization maximizes effects of Nordic hamstring exercise on muscle injury risk factors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 447–456. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002849

Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1524–1535. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095362

Van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Tol, J. L., Kumar, B. D., Hamilton, B., et al. (2019). Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: A 4-year cohort study. *American Journal of Sports Medicine*, 47(13), 3465–3473. https://doi.org/10.1177/0363546516632526

Whyte, E. F., Heneghan, B., Feely, K., Moran, K. A., & O'Connor, S. (2019). The effect of hip extension and Nordic hamstring exercise protocols on hamstring strength: A randomized controlled trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 991–1001. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003220

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Roberto Rebolledo-Cobos	roberto.cobos@ufcspa.edu.br	Autor/a
Ana Caro-Freile	ana.caro@unimetro.edu.co	Autor/a
Jheifer Páez-Almentero	jheifer.paez@unisimon.edu.co	Autor/a
Camilo Ibarra Torres	camiloa-ibarrat@unilibre.edu.co	Autor/a
Kamila Melo Gúzman	kamilaa-melog@unilibre.edu.co	Autor/a
Eulalia Amador Rodero	eulaliam.amadorr@unilibre.edu.co	Autor/a
Yaneth Herazo Beltrán	yherazo@unisimon.edu.co	Autor/a
Bruno Manfredini Baroni	bmbaroni@ufcspa.edu.br	Autor/a
Tammy Pulido Iriarte	tammy.pulidoi@unilibre.edu.co	Traductor/a