

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n3Supl.51061>

# Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros

*Effectiveness of a Nordic training protocol on muscle power in soccer players of Club Deportivo la Equidad Seguros*

Recibido: 04/06/2015. Aceptado: 28/02/2016.

Érica Mabel Mancera-Soto<sup>1</sup> • Ana Maryeli Páez<sup>1</sup> • Mayra Meneses<sup>1</sup> • Paola Avellaneda<sup>1</sup> • Sergio Leonardo Cortés<sup>1</sup> • Christian Quiceno-Noguera<sup>2</sup> • Diana Marcela Ramos-Caballero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Medicina - Departamento del Movimiento Corporal Humano - Bogotá, D.C. - Colombia.

<sup>2</sup> Club Deportivo La Equidad Seguros S.A. - Centro de Servicios Biomédicos - Bogotá, D.C. - Colombia.

<sup>3</sup> Universidad del Rosario - Sede Bogotá - Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud - Bogotá, D.C. - Colombia.

Correspondencia: Érica Mabel Mancera-Soto. Departamento del Movimiento Corporal Humano, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Carrera 30 No. 45-03, edificio 471, oficina 524C. Teléfono: +57 1 3165000, ext.: 15169, 15189. Bogotá. D.C. Colombia. Correo electrónico: [emmanceras@unal.edu.co](mailto:emmanceras@unal.edu.co).

## | Resumen |

**Introducción.** El entrenamiento nórdico ha sido estudiado para optimizar el gesto deportivo y prevenir lesiones en fútbol. Sin embargo, no se han reportado estudios que evidencien su efectividad sobre la fuerza explosiva del deporte.

**Objetivo.** Determinar la efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva de miembros inferiores en futbolistas.

**Materiales y métodos.** Se realizó un ensayo controlado y aleatorizado en el que 26 futbolistas masculinos fueron elegidos para hacer parte de un grupo intervención (n=12) y un grupo control (n=14). Al grupo intervención se le aplicó un protocolo de entrenamiento nórdico, mientras que el control realizó un programa de fortalecimiento convencional. Se evaluaron la fuerza explosiva de miembros inferiores, a través del Test de Bosco y Abalakov en una plataforma de salto, y el ángulo de mayor reclutamiento muscular del bíceps femoral durante la ejecución del ejercicio nórdico mediante de electromiografía de superficie.

**Resultados.** Los dos grupos fueron homogéneos. Se evidenció una mejora en los componentes de la fuerza explosiva ( $p<0.05$ ) para las variables de velocidad de despegue, de reclutamiento motor y de ángulo de registro del pico de reclutamiento motor en el grupo de intervención.

**Conclusión.** La aplicación de un programa de entrenamiento en futbolistas demostró ser efectiva al influir de manera positiva en las variables involucradas en la fuerza explosiva.

**Palabras clave:** Fuerza muscular; Entrenamiento; Fútbol; Atletas (DeCS).

.....  
**Mancera-Soto EM, Páez AM, Meneses M, Avellaneda P, Cortés SL, Quiceno-Noguera C, Ramos-Caballero DM.** Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo la Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016;64:17-24. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n3Supl.51061>.

## | Abstract |

**Introduction:** Nordic training has been designed to optimize the sporting movement and prevent injuries in soccer players. However, there are no reports on studies that demonstrate its effectiveness on the explosive power of such sport.

**Objective:** To determine the effectiveness of a Nordic training protocol on the explosive force of lower limbs in soccer players.

**Materials and methods:** A randomized controlled study was performed, in which 26 male players were chosen to be part of an intervention group (n=12) and a control group (n=14). The intervention group was applied a Nordic training protocol, while the control group followed a conventional strengthening program. The explosive force of lower limbs was evaluated through the Bosco and Abalakov tests on a jumping platform, as well as the angle of greater biceps femoris muscle recruitment while performing the Nordic exercise through surface electromyography.

**Results:** Both groups were homogeneous. An improvement was evident in the components of the explosive force ( $p<0.05$ ) for takeoff speed, the motor recruiting and the peak registration of angle recruitment variables in the intervention group.

**Conclusion:** The implementation of a training program in soccer players proved to be effective by positively influencing the variables involved in the explosive force.

**Keywords:** Muscle Strength; Exercise; Soccer; Athletes (MeSH).

Mancera-Soto EM, Páez AM, Meneses M, Avellaneda P, Cortés SL, Quiceno-Noguera C, Ramos-Caballero DM. Effectiveness of a Nordic training protocol on muscle power in soccer players of Club Deportivo la Equidad Seguros. Rev. Fac. Med. 2016;64:17-24. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n3Supl.51061>.

## Introducción

Entre las cualidades físicas requeridas para un óptimo desempeño en el fútbol se encuentra la fuerza explosiva, que determina los cambios de velocidad, de dirección, de aceleración, de salto y de otros movimientos característicos de este deporte (1). El entrenamiento tradicional de la fuerza explosiva en fútbol se ha centrado en el fortalecimiento de los músculos cuádriceps y en la utilización de ejercicios polimétricos. No obstante, se debería considerar el entrenamiento de los músculos isquiotibiales, también implicados en la generación de la fuerza explosiva en miembros inferiores.

Jacobs *et al.* (2) determinaron que los músculos isquiotibiales tienen una participación del 7% de la fuerza requerida en el salto. Por otra parte, Hannah *et al.* (3) establecieron que hay una diferencia del 480% entre la fuerza generada por los músculos cuádriceps en relación a los isquiotibiales en la realización de un salto vertical. Esto se debe a una respuesta lenta de los isquiotibiales en su activación neuromuscular de 0 a 50ms, lo que podría afectar negativamente la generación de fuerza explosiva y, a la vez, ser un factor de riesgo para lesiones de ligamento cruzado, especialmente en la fase de aterrizaje del salto por la inestabilidad articular que se produce en la rodilla (3,4).

El fortalecimiento de los músculos isquiotibiales en el fútbol ha sido de especial interés y ha sido estudiado, no precisamente para incidir sobre la fuerza explosiva, sino para prevenir lesiones deportivas en este grupo muscular, comunes en el fútbol (4). El entrenamiento excéntrico de isquiotibiales y, en especial, el ejercicio nórdico han sido utilizados en los programas de prevención de lesiones y optimización del gesto deportivo en fútbol (5). Sin embargo, no se han reportado estudios que evidencien su efectividad en algunas cualidades físicas como la fuerza explosiva. A partir de lo anterior se podría suponer que el ejercicio nórdico es un elemento significativo para el rendimiento deportivo de los futbolistas y para su desempeño fisiocinético. De este modo, el presente estudio pretende determinar si un protocolo de entrenamiento excéntrico con ejercicio nórdico aplicado durante siete semanas resulta efectivo a la hora de mejorar la fuerza explosiva en futbolistas.

## Materiales y métodos

### Diseño del estudio

Se diseñó un ensayo clínico controlado aleatorizado entre septiembre de 2013 y abril de 2014 mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. El proceso se realizó por la accesibilidad a la población y se obtuvo un grupo de jugadores jóvenes pertenecientes al equipo de fútbol del Club Deportivo La Equidad Seguros; quienes fueron asignados aleatoriamente a un grupo intervención (GI), que realizó un protocolo de entrenamiento con ejercicio nórdico, y a un grupo control (GC), el cual continuó con su entrenamiento convencional. Los participantes cumplieron con los criterios de inclusión y dieron su consentimiento. Todo se

llevó a cabo con la respectiva autorización de sus representantes legales gracias al consentimiento informado y un compromiso de responsabilidad de no participación en otras actividades deportivas diferentes a las propuestas en el estudio. Esta fue una investigación con riesgo mínimo según la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia que contó con aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

### Población de estudio

30 hombres acudieron a la convocatoria realizada a través de contacto directo con el cuerpo técnico del equipo de fútbol y charlas informativas con los jugadores. Los participantes completaron una encuesta de verificación de criterios de inclusión y 26 jugadores cumplieron con los siguientes: 1) ser futbolistas entre 15 y 18 años, 2) tener una trayectoria mínima de tres años practicando este deporte, 3) tener una frecuencia de entrenamiento de cinco días a la semana y 4) no haber sufrido lesiones en los músculos isquiotibiales en el último año.

Además, los participantes debían cumplir con los siguientes requerimientos físicos necesarios para la realización adecuada y segura del ejercicio nórdico: 1) que ante la aplicación de los test de *core* (6) tuvieran una puntuación mínima de 60s y 2) que en la evaluación de flexibilidad obtuvieran una puntuación mínima de 50 en la prueba de elevación de la pierna extendida (PEPR) (7) y -14cm en la prueba de *sit and reach*. Se excluyó a quien hubiera sufrido afecciones de salud durante el periodo de investigación que le impidieran la realización del protocolo de entrenamiento y a quien realizara otro tipo de entrenamiento no establecido por los investigadores o entrenadores y que asistiera en más de dos ocasiones.

### Asignación a la intervención

El procedimiento fue realizado por medio de una tabla de números aleatorios de Excel a cargo de un examinador independiente al estudio. Se realizó ocultamiento de la secuencia de asignación por medio de sobres sellados que solo fueron abiertos al finalizar la valoración inicial, garantizando así el enmascaramiento del procedimiento. De esta forma, los jugadores y los investigadores desconocían la asignación de los participantes al momento de la evaluación.

### Variables de análisis

Se definieron dos variables de análisis: a) variable independiente: el protocolo de entrenamiento, y b) variables dependientes: la fuerza explosiva por medio de la altura alcanzada (H), el tiempo de vuelo (TV), la velocidad de despegue (VD) y el tiempo de piso (TP). Para las variables intervinientes se tomó en cuenta edad, estatura, peso, índice de masa corporal (IMC) y ángulo de registro del máximo punto de reclutamiento motor.

### Valoración de la condición física

Previo al proceso de evaluación, los evaluadores realizaron una sesión de verificación de los equipos en la que se confirmó que estuvieran registrados, calibrados y funcionaran de manera correcta, así como una sesión de familiarización de los sujetos con las pruebas del estudio.

En la valoración inicial se abrió la historia clínica a partir de la toma de signos vitales, talla, peso e IMC. Luego se aplicó una evaluación de *core* por medio de cinco pruebas: test modificado de Biering-Sorensen,

resistencia de flexores del tronco a 60°, puente lateral derecho, puente lateral izquierdo y puente prono (6). También se evaluó la flexibilidad de los participantes mediante las pruebas PEPR y *sit and reach* (7).

Se determinó el punto máximo de reclutamiento motor del bíceps femoral durante la realización del ejercicio nórdico por medio de electromiografía de superficie (EMGS) con el equipo Power Lab 26T y el software Lab Tutor® (8) con el fin de individualizar la intensidad del ejercicio a la tolerancia de cada jugador. Para la ubicación de los electrodos, los individuos fueron puestos en posición prono, el muslo en ligera rotación externa y la pierna en rotación lateral con respecto al muslo. Se marcó con un lápiz la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia. Midiendo la distancia entre los dos puntos anteriores, se señaló la mitad de estos y allí se ubicó el primer electrodo, mientras que el segundo fue puesto a tres centímetros de distancia del bíceps.

El cálculo del ángulo de realización del ejercicio nórdico se determinó a través del registro filmico y se utilizó el software de análisis de video Kinovea -0.8.21. Durante su uso, se observó el tiempo en el que se produjo el mayor reclutamiento motor según el registro electromiográfico y se marcó el ángulo de realización del ejercicio nórdico, tomado con respecto al piso y el eje perpendicular del cuerpo, en plano sagital.

La fuerza explosiva fue evaluada mediante el test de Bosco (9) en el equipo AXON JUMP versión 2.01® y se incluyeron los siguientes saltos: *Abalakov* (Ab), *Squat Jump* (SJ), *Countermovement Jump* (CJ) y *Drop Jump* (DJ). Cada jugador realizó tres intentos por salto y se registró el mejor resultado de TP, TV, VD y H. Al finalizar las siete semanas de entrenamiento se volvió a realizar la evaluación de la fuerza explosiva, el punto máximo de reclutamiento motor y el ángulo del mismo.

### Entrenamiento físico

Los dos grupos realizaron el entrenamiento físico general determinado por el equipo técnico del Club Deportivo La Equidad Seguros, en el que para el fortalecimiento de isquiotibiales cada uno tuvo una frecuencia de tres veces por semana, con una duración de 30 a 40 minutos por sesión durante siete semanas.

### Protocolo de entrenamiento nórdico

A este grupo se asignaron 12 jugadores, a quienes se les aplicó un protocolo de entrenamiento nórdico descrito por Mjølunes *et al.* (5). En este tipo de entrenamiento otra persona sostiene los tobillos del sujeto, quien parte de la posición de rodillas en flexión de 90° y mantiene su tronco recto en posición neutra. Luego, se le hace descender frenando el movimiento (contracción excéntrica de isquiotibiales) hasta donde pueda sostenerse sin ser vencido por la gravedad. Este proceso fue realizado durante siete semanas de protocolo, con un total de 18 sesiones, tal y como se describe en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Protocolo de entrenamiento nórdico.

Semana	Sesiones por semana	Series	Repeticiones
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-7	3	3	12-10-8

Fuente: Elaboración con base en Mjølunes *et al.* (5).

Con el cálculo del ángulo para la realización del ejercicio nórdico se individualizó la intensidad del ejercicio a partir de la determinación del punto máximo de reclutamiento motor, de modo que durante el desarrollo del protocolo se indicó a los individuos que realizaran el ejercicio nórdico, alcanzando un mínimo del ángulo determinado en la evaluación, donde fue disminuyendo como producto del entrenamiento a medida que se desarrollaron las sesiones.

### Entrenamiento convencional

A este grupo se asignaron 14 jugadores, quienes continuaron realizando el entrenamiento físico convencional para el fortalecimiento de isquiotibiales propuesto por el equipo técnico del Club Deportivo La Equidad Seguros. Además, hicieron ejercicios de *curl* femoral en máquina y con *theraband*, en los que las cargas fueron manejadas por medio de porcentajes de 1RM y determinadas para cada uno de los jugadores. Por requerimiento del Club Deportivo La Equidad Seguros, cada seis meses se llevaron a cabo evaluaciones de las condiciones físicas generales por futbolista. Los ejercicios con *theraband* se realizaron con la resistencia establecida en una elongación del 100% y una resistencia de 9kg, la cual fue medida por medio de un dinamómetro. Este entrenamiento se realizó tres veces por semana, dos días en fortalecimiento con máquina y uno con *theraband*.

### Intervención fisioterapéutica para la prevención del DOMS (*Delayed onset muscle soreness*)

Antes de iniciar cada sesión de entrenamiento, en los dos grupos se estableció un plan fisioterapéutico de prevención basado en la utilización de vibración, específicamente de miembros inferiores. Esto con el objetivo de evitar o disminuir el DOMS que se pudiera presentar durante la aplicación de cada sesión de entrenamiento.

Se utilizó una plataforma vibratoria marca Slimming Machine SH-2006R.R, código de registro: GB 17498- 1998, y se aplicó el protocolo propuesto por Aminian-Far *et al.* (10) sobre el uso de la plataforma vibratoria, previo a la ejecución de ejercicios excéntricos. Así fue posible registrar la percepción de DOMS y entrevistar a cada uno de los deportistas tanto al iniciar como al finalizar cada sesión de entrenamiento.

### Análisis estadístico

Se inició con un análisis descriptivo de las variables demográficas e intervinientes, determinando su homogeneidad a través de pruebas para muestras independientes. El proceso fue realizado usando el software estadístico SPSS®, con una significancia establecida  $p > 0.01$  y una prueba estadística t Hotelling con el software R® para poder mostrar que las variables demográficas en conjunto eran comparables, estableciendo  $p > 0.05$ .

Con el fin de determinar si la distribución de los datos fue normal, se utilizó la prueba de Shapiro Wilks para muestras menores de 30 datos. Luego, se realizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras pareadas con el fin de contrastar los datos sin asunción de normalidad y el análisis de diferencia de medias intragrupal e intergrupala, estableciendo el valor de significancia en  $p < 0.05$ .

### Resultados

En principio participaron 26 sujetos, 12 fueron asignados al GI y 14 al GC, al final se obtuvo una muestra de 21 futbolistas (Figura 1). La media de edad fue de 16 en el GI ( $\pm 0.47$ ) y de 16 años en

el GC ( $\pm 0.95$ ). Las variables talla, peso e IMC se expresaron como medias ( $\pm$  desviación estándar). Además, se analizaron las variables reclutamiento motor de la pierna derecha y ángulo de realización del ejercicio nórdico, que fueron expresadas según se muestra en

la Tabla 2. Para determinar la homogeneidad se realizó una prueba para muestras independientes con valor de  $p > 0.01$ , el cual no rechaza la hipótesis de igualdad, estableciendo que los grupos son comparables.

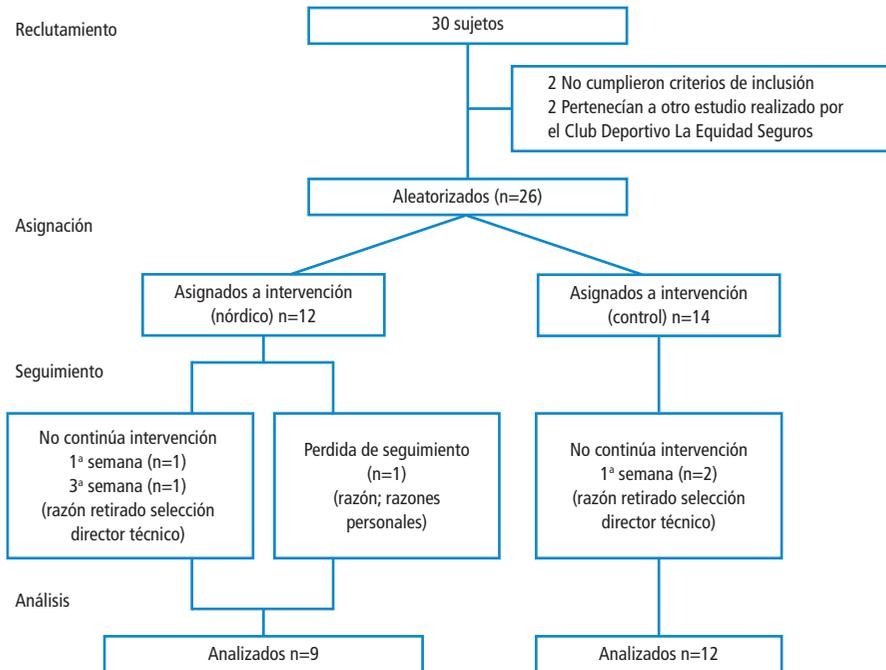


Figura 1. Seguimiento de los participantes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Datos demográficos.

Datos demográficos	Grupo intervención (n=9)	Grupo control (n=12)	Valor p
Edad	16 $\pm$ 0.47	16 $\pm$ 0.95	0.799
Talla (cm)	1.75 $\pm$ 0.06	1.76 $\pm$ 0.07	0.744
Peso (Kg)	63.2 $\pm$ 5.61	67.9 $\pm$ 8.72	0.141
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20.6 $\pm$ 0.87	21.9 $\pm$ 1.30	0.012
Variables interviniente	Grupo intervención (n=9)	Grupo control (n=12)	Valor p
Ángulo Nórdico (°)	60.7 $\pm$ 4	56 $\pm$ 8	0.096
Reclutamiento motor Pierna Derecha (mV/s)	0.22 $\pm$ 0.32	0.19 $\pm$ 0.30	0.798

Media  $\pm$ : desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; mV/s: milivoltios sobre segundo. Fuente: Elaboración propia.

Se hizo un análisis de las variables mencionadas de la fuerza explosiva, del reclutamiento motor de la pierna derecha y del ángulo de realización de ejercicio nórdico intragrupal e intergrupar. Dicho análisis se logró mediante la prueba de hipótesis no paramétrica de Wilcoxon con un valor de significancia estadística  $p < 0.05$ . Para el análisis intragrupal se evaluaron cuatro componentes: pruebas de salto *Abalakov* (teniendo en cuenta H, VD, y TV), *squat jump*, contramovimiento y *drop jump*, en el cual también se evaluó el TP, como se muestra en la Tabla 3 y 4.

En el GI hubo una tendencia al aumento de todos los componentes evaluados en la post intervención (p2) con respecto a la pre intervención (p1), exceptuando el TV del *drop jump*, que disminuyó.

Se obtuvieron valores estadísticamente significativos de la VD en los saltos *Abalakov* ( $p=0.013$ ), *squat* ( $p=0.012$ ) y contramovimiento ( $p=0.021$ ). Por su parte, el GC presentó algunos valores obtenidos en los componentes de los saltos *abalakov*, contramovimiento y *drop jump* en la p2 con respecto a la p1, en donde disminuyeron con un valor estadísticamente significativo en el TP del *drop jump* ( $p=0.041$ ) y en el *squat jump*. Por último, en el GC se observó un aumento en las evaluaciones p2 en todos los saltos.

Con respecto al reclutamiento motor en la pierna derecha y el ángulo de realización del ejercicio nórdico, se evidenció que tanto en el GI como en el GC hubo una disminución en ambas variables, observándose una diferencia estadísticamente significativa en el ángulo de realización de ejercicio nórdico en el GI ( $p=0.024$ ), como se muestra en la Tabla 5.

Para el análisis intergrupar se utilizaron las diferencias de medias obtenidas en los cambios de los componentes evaluados en la p1 y p2. Teniendo en cuenta H, VD, TV, TP, reclutamiento motor y ángulo nórdico, los cuales se presentan en la Figura 2.

En cuanto a la altura (H) se observa un aumento en el GI en comparación con el GC en todos los saltos a excepción del *squat*. En el TV y VD el GI hubo un incremento frente al GC, mientras que en el TP del *drop jump* también hubo una mejoría del GI respecto al GC. Por su parte, en la variable reclutamiento motor el GC disminuyó más que el GI, pero el GI tuvo un menor ángulo de realización del ejercicio nórdico.

En el reporte diario de DOMS se evidenció su presencia en el GI durante la segunda sesión, con una calificación de 3 ( $\pm 3$ ) en la escala visual análoga del dolor (EVA), en la tercera sesión con 2 ( $\pm 1$ ) y en las demás sesiones no hubo reporte, mientras que en el GC en todas las sesiones fue 0/10. Esta respuesta era esperada para

el GI, ya que se puede asociar a la exigencia muscular requerida en la realización del ejercicio nórdico. Además de este reporte, no se presentaron complicaciones o eventos adversos relacionados con el entrenamiento.

**Tabla 3.** Comparación de resultados de la evaluación pre intervención y post intervención: grupo de intervención.

Grupo intervención				
Salto evaluado	VARIABLES	Valor Pre intervención	Valor Post intervención	Valor p
Abalakov jump	h (cm)	44.4±4.13	45.5±4.20	0.314
	VD (m/s)	2.84±0.15	2.99±0.13	0,013
	TV (ms)	601.33±27.7	609.22±27.7	0.311
Squat jump	H (cm)	36.2±4.31	37.7±3.39	0.362
	VD (m/s)	2.47±0.41	3.08±0.95	0.012
	TV (ms)	545.78±35.5	555±23.4	0.622
Contra movimiento jump	h (cm)	38.6±4.49	41.1±5.55	0.373
	VD (m/s)	2.64±0.16	2.79±0.11	0,021
	TV (ms)	561.33±32.3	568.33±25.6	0.550
Drop jump	H (cm)	36.6±4.22	38.9±3.69	0.180
	VD (m/s)	2.51±0.16	2.62±0.12	0.172
	TV (ms)	427.56±122.7	397.11±164.8	0.553
	TP (ms)	1.39±0.42	1.21±0.26	0.173

TP: tiempo de piso; ms: milisegundos; TV: tiempo de vuelo; VD: velocidad de despegue; H: altura. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** Comparación de resultados de la evaluación pre intervención y post intervención: grupo control.

Grupo intervención				
Salto evaluado	VARIABLES	Valor Pre intervención	Valor Post intervención	Valor p
Abalakov jump	H (cm)	44.5±3.21	43.4±5.10	0.432
	VD (m/s)	2.85±0.14	2.94±0.38	0.146
	TV (ms)	603.33±21.9	599.42±36.8	0.781
Squat jump	H (cm)	33.5±10.7	35.9±4.41	0,746
	VD (m/s)	2.54±0.20	2.63±0.18	0.157
	TV (ms)	539.33±41.2	541.25±34.1	0.894
		39.2±3.80	37.9±4.04	0.169
	2.69±0.15	2.69±0.18	0.944	
Contra movimiento jump	H (cm)	564±28.2	555.2±31.8	0.325
	VD (m/s)	37.5±4.88	36.7±4.67	0.781
	TV (ms)	2.49±0.23	2.56±0.20	0.373
Drop jump	H (cm)	360.42±93.8	334.08±112.5	0.367
	VD (m/s)	1.55±0.31	1.34±0.35	0.041
	TV (ms)	44.5±3.21	43.4±5.10	0.432
	TP (ms)	2.85±0.14	2.94±0.38	0.146
	TV (ms)	545.78±35.5	555±23.4	0.622

TP: tiempo de piso; ms: milisegundos; TV: tiempo de vuelo; VD: velocidad de despegue; H: altura. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** Comparación de los cambios en el reclutamiento motor y el ángulo de mayor reclutamiento motor del bíceps femoral en el grupo de intervención y en el grupo control.

Grupo intervención			
	Pre intervención	Post intervención	Valor p
Reclutamiento motor pierna derecha (mV/s)	0.24±0.35	0.19±0.09	0.160
Angulo (°)	61±4.06	47.6±13.1	0.024

Grupo intervención			
	Pre intervención	Post intervención	Valor p
Reclutamiento motor pierna derecha (mV/s)	0.19±0.31	0.11±0.02	0.964
Angulo (°)	57.2±7.3	54±12.1	0.409

mV/s: milivoltios sobre segundo. Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

La fuerza explosiva es de vital importancia en el juego hombre a hombre, pues su mayor o menor capacidad de respuesta determina la realización de una jugada y el éxito en el fútbol (11), lo que la hace una capacidad determinante en acciones propias del juego como la realización de carrera, saltos y cambios de movimiento (12,13). Los resultados del presente estudio muestran una mejoría en relación a los componentes de la fuerza explosiva evaluados en la H, VD, TV y TP, en cuatro pruebas de salto, luego de realizar un protocolo de entrenamiento nórdico durante siete semanas.

### ‘Abalakov jump’

El análisis intragrupal de este salto obtuvo mejores resultados en el GI para todas las variables analizadas de la fuerza explosiva en la p2 y en relación con la p1. Se obtuvieron valores estadísticamente significativos en la VD y, en cuanto al análisis intergrupar, los valores para el GI fueron mayores que los del GC. Tales cambios pueden ser causados por las adaptaciones nerviosas que aumentan en sincronía de disparo con la unidad motora, permitiendo así una mejor distribución de la carga de trabajo en las miofibrillas musculares que favorecen su rendimiento (14).

### ‘Squat jump’

Los resultados de este salto mostraron que el GI obtuvo mayores resultados y una tendencia a mejorar los componentes de la fuerza explosiva por encima del GC. Si bien la ventaja mecánica del salto *squat* es menor en comparación con otros saltos, los resultados para la altura en este estudio evidencian un cambio positivo de 4.1% en el GI. Por lo tanto, es posible afirmar que el músculo bíceps femoral acompaña el movimiento del salto y se encarga de un buen porcentaje de la fuerza necesaria para la ejecución del mismo, lo cual se relaciona con la teoría de que este músculo, al ser antigravitatorio, contribuye en la propulsión durante el salto (15).

Al participar el bíceps femoral como antagonista en el gesto del salto y estar relacionado con la propulsión del mismo, se favorece la velocidad de despegue en la fase inicial (16). Cuando se evidencia una mejora en la velocidad de respuesta en el músculo, relacionada con la conducción nerviosa, es probable que haya una mejora en la fuerza explosiva. De acuerdo a lo anterior, la capacidad de sincronización y el reclutamiento instantáneo de las fibras son

determinantes en la ejecución de un movimiento explosivo, el cual se logra gracias al entrenamiento excéntrico (17).

### Contramovimiento

En el análisis intragrupal las variables H, VD y TV de este salto aumentaron en la p2 con respecto a la p1 en el GI. Esto se puede relacionar con las adaptaciones neuromusculares que presentan los sujetos a causa del entrenamiento excéntrico de miembros inferiores. Sin embargo, las adaptaciones fisiológicas no fueron estudiadas, al inferirse que los cambios presentados son producto del aumento en la activación muscular de los isquiotibiales durante las fases

excéntricas del salto, el mayor reclutamiento motor de fibras tipo II, la mayor sincronía en la activación neuromuscular y el aumento en la rigidez de la unión miotendinosa, la cual favorece la distribución de energía potencial para mejorar el rendimiento durante el salto.

El análisis intergrupar tiende hacia el incremento en el GI en relación al GC gracias al producto de las características propias del entrenamiento de tipo excéntrico anteriormente mencionadas. Del mismo modo, se observó un aumento significativo de la VD en el GI en la p2 con respecto a la p1. Estos datos pueden relacionarse con una investigación previa en la que se compara el entrenamiento concéntrico con el excéntrico, evidenciando un aumento estadísticamente significativo en las variables analizadas en el contramovimiento a favor del segundo (18).

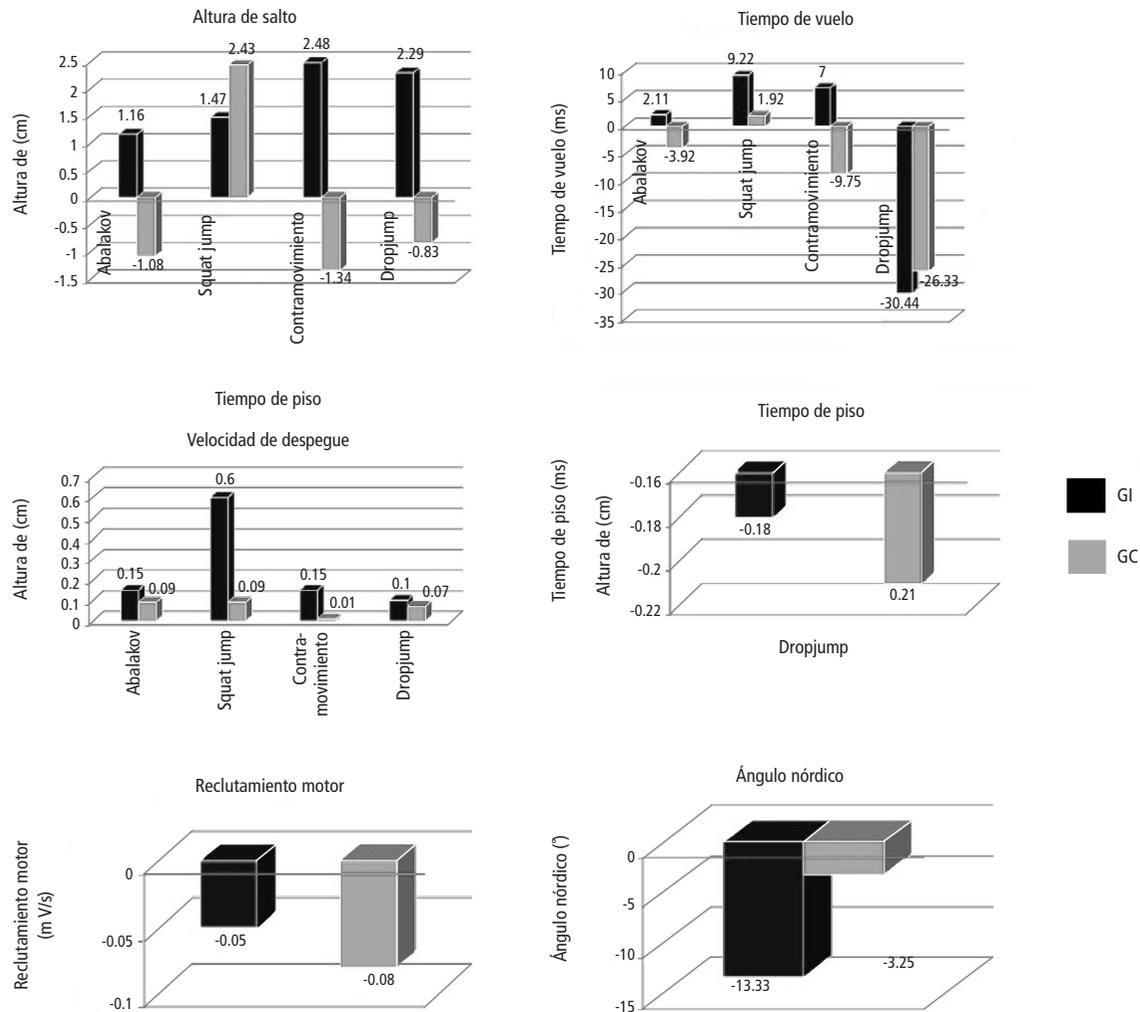


Figura 2. Diferencia de medias del grupo intervención versus grupo control en las variables analizadas. Fuente: Elaboración propia.

### 'Dromp jump'

En el análisis intragrupal para el GI, el valor de la H aumentó 6.3% en relación a los resultados iniciales, mientras que en el GC disminuyó 2.1% en relación a la p1; sin embargo, el GC mejoró 13% en el TP. Se debe tener en cuenta que, con respecto a los demás saltos, los valores de la H en el *drop jump* fueron los que menos fueron observados en esta investigación.

Se puede explicar que este salto registrara menores valores en la H alcanzada en comparación con otros saltos por las demandas propias de su ejecución. La mayor carga durante el *drop jump* se

produce cuando se cambia de la fase excéntrica del movimiento de aterrizaje a la de despegue, durante la acción carga pueda ser superada por la energía elástica activada por el reflejo al estiramiento. No obstante, también se requiere fuerza y coordinación adecuada, solo si la carga es excesiva (19).

Por otra parte, si se observan los valores p1 y p2 para el GI se puede notar que la tendencia de los resultados es mejorar, lo que es de gran importancia para la investigación y permite inferir que este tipo de entrenamiento contribuye de manera positiva en la fuerza explosiva.

## Implicaciones fisiológicas de la fuerza explosiva

El rol muscular que desempeñan los isquiotibiales durante el salto tiene que ver con la acción sobre la extensión de cadera (20). El tríceps sural participa como transmisor de la energía desde la cadera a la rodilla durante la fase de despegue y de la rodilla a la cadera en la fase de aterrizaje. Esto aumenta en un 7% la participación total del isquiotibial en la ejecución de un salto vertical (2).

Durante el entrenamiento de este grupo muscular se observaron adaptaciones neurales dadas por el ejercicio excéntrico, las cuales consisten en: una mejora en la facilitación del impulso nervioso desde la medula espinal, una mejor sincronización de activación de las fibras musculares y un aumento del reclutamiento de fibras tipo II de acción rápida (21,22). Dichas adaptaciones se ven reflejadas en una activación neuromuscular más rápida del bíceps femoral al inicio de su fase excéntrica y donde se proporciona la estabilidad en la rodilla para el despegue, permitiendo llevar a una mejora del rendimiento en este componente.

Por lo tanto, los cambios obtenidos en esta investigación se pueden relacionar con el ejercicio excéntrico, el cual evidencia un aumento significativo en las fibras II, que expresan el isómero de cadena pesada de miosina tipo II (MHCII) y el nivel del ácido ribonucleico mensajero (ARNm). Dichos cambios, expresados en su mayoría en fibras glucolíticas rápidas, son capaces de mostrar la carga excéntrica que da lugar a un patrón de expresión de genes sutilmente más rápido que induce a cambios hacia un fenotipo muscular más explosivo (23). Además, el entrenamiento excéntrico de un grupo muscular mejora la velocidad de sus contracciones concéntricas (24), razón por la cual el entrenamiento nórdico mejora la velocidad durante las contracciones concéntricas en los isquiotibiales, presentando una mejora en la fuerza explosiva.

## Reclutamiento motor

El punto máximo de reclutamiento motor hallado en la EMGS se correlaciona con el punto de mayor esfuerzo durante la ejecución del ejercicio nórdico. Se observó que el GI en la valoración p2 disminuyó su ángulo, produciendo en el brazo una palanca mayor y, por ende, una mayor fuerza para sostener la carga. De esa manera se registró, además, un menor reclutamiento de unidades motoras, si se compara con lo obtenido en el GC. En este grupo los valores mejoraron en menor medida y los picos de reclutamiento fueron más altos. De acuerdo a lo anterior, es posible afirmar que los hallazgos mencionados se relacionan con las adaptaciones a las contracciones excéntricas, en las que se genera una mayor fuerza con menor número de unidades motoras, lo que es similar a lo reportado en otros estudios donde se concluye que la fuerza excéntrica de un grupo muscular es mayor con un menor gasto de energía (25,26).

## Reporte de DOMS

En el entrenamiento de tipo excéntrico diversos estudios han reportado la presencia de DOMS (27,28,29). Este elemento, aunque favorece las adaptaciones propias del músculo ante este tipo de ejercicio, puede también producir deserción del entrenamiento debido a estas contracciones (27), motivo por el que en el presente estudio se decidió implementar un método de prevención a través de la aplicación de vibración (10).

En los participantes de esta investigación los valores reportados de DOMS no fueron motivo de deserción, por lo que es posible concluir que la aplicación de vibración incidió positivamente en la prevención de esta condición, por lo tanto, se corroboró que

la vibración favorece la sensibilidad de los husos musculares disminuyendo su umbral de activación y mejorando la activación muscular, la cual permite una mejor sincronía de activación de las unidades motoras, traducándose en una distribución más eficiente de la tensión contráctil entre un mayor número de fibras activas, lo que permite evitar dolor sobre el músculo (10,30).

La medida objetiva del éxito del fútbol está representada por los goles, en los que se ha determinado que el 83% de estos están precedidos por una acción explosiva, entre estos los *sprints* (45%), los saltos (16%) y los cambios de dirección (6%). Además, estos elementos presentan una mayor importancia decisiva en situaciones defensivas cuando los jugadores deben reaccionar para atacar a los jugadores contrarios (31). Aunque los cambios que se presentaron en este estudio no fueron estadísticamente resaltables, los resultados obtenidos tienen una gran relevancia fisiológica para el desarrollo de la fuerza explosiva, puesto que los cambios mínimos en cualquiera de las variables evaluadas significan importantes aportes en la optimización del rendimiento deportivo y la dinámica fisiocinética del futbolista. Por ejemplo, en la capacidad de respuesta ante un *sprint* se observa que un jugador puede escapar de su oponente, llegando a zonas de libre disparo a la meta o bien dando un pase decisivo (31).

Con los anteriores argumentos y dado que en siete semanas de entrenamiento el GI mostró una tendencia a mejorar sus variables, incluso aquellas que no fueron significativamente estadísticas, se puede concluir que el entrenamiento excéntrico con ejercicio nórdico es efectivo en la ganancia de fuerza explosiva, por lo cual se recomienda incluir el entrenamiento excéntrico de isquiotibiales en los planes de entrenamiento de la fuerza explosiva. Sin embargo, para corroborar los planteamientos de esta investigación, es necesario que se realicen más estudios al respecto en los que se aplique el protocolo de entrenamiento completo descrito por Mjolsnes *et al.* (5), quienes mencionan que se puede determinar con mayor precisión si se observan los cambios en un programa de entrenamiento de mayor duración.

## Conflicto de interés

Ninguno declarado por los autores.

## Financiación

Ninguna declarada por los autores.

## Agradecimientos

Al cuerpo médico de la Equidad Club Deportivo, al Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y al ingeniero fisiólogo, profesor Juan Carlos Lizarazo. También al Laboratorio del Movimiento Corporal Humano por la facilitación de los espacios e instrumentos requeridos para esta investigación, y a los jugadores y cuerpo técnico de la Equidad Club Deportivo que participaron en el estudio y quienes siempre mostraron gran interés y compromiso con el mismo.

## Referencias

1. Haff GG, Whitley AM, Potteiger JA. A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance. *Strength Cond J.* 2001;23(3):13-20. <http://doi.org/cm3jv9>.
2. Jacobs R, Bobbert MF, van Ingen Schenau GJ. Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. *J Biomech.* 1996;29(4):513-523. <http://doi.org/dx5xgp>.

3. **Hannah R, Minshull C, Smith SL, Folland JP.** Longer Electromechanical Delay Impairs Hamstrings Explosive Force versus Quadriceps. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(5):963-72. <http://doi.org/bq23>.
4. **Mancera E, Hernández E, Hernández F, Prieto L, Quiroga L.** Efecto de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas: Ensayo Controlado Aleatorizado. *Rev. Fac. Med.* 2013 [cited 2014 Sep 15];61(4):339-347. Available from: <https://goo.gl/6y6uzW>.
5. **Mjølsnes R, Arnason A, Osthagen T, Raastad T, Bahr R.** A 10-week randomized trial-comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;4(5):311-7. <http://doi.org/brvm3g>.
6. **Bliss L, Teeple P.** Core Stability: the centerpiece of any training program. *Curr Sports Med Rep.* 2005;4(3):179-83. <http://doi.org/9z6>.
7. **Fox M.** Effect on hamstring flexibility of hamstring stretching compared to hamstring stretching and sacroiliac joint manipulation. *Clinical Chiropractic.* 2006;9(1):21-32. <http://doi.org/d88h69>.
8. **De Salles PG, Vasconcelos FV, de Salles GF, Fonseca RT, Dantas EH.** Validity and Reproducibility of the Sargent Jump Test in the Assessment of Explosive Strength in Soccer Players. *J Hum Kinet.* 2012;33(1):115-121. <http://doi.org/bqkf>.
9. **Bosco C, Luhtanen P, Komi PV.** A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;50(2):273-82. <http://doi.org/cbfvtf>.
10. **Aminian-Far A, Hadian M, Olyaei T, Talebian S, Bakhtiary AH.** Whole body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness. *J Athl Train.* 2011;46(1):43-9. <http://doi.org/d24tps>.
11. **Faude O, Koch T, Meyer T.** Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci.* 2012;30(7):625-31. <http://doi.org/bq25>.
12. **Gissis I, Papadopoulos C, Kalapotharakos VI, Sotiropoulos A, Komsis G, Manolopoulos E.** Strength and Speed Characteristics of Elite, Subelite and Recreational Young Soccer Players. *Res Sports Med.* 2006;14(3):205-214. <http://doi.org/cfjjch>.
13. **Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J.** Strength and Endurance in Elite Football Players. *Int J Sports Med.* 2011;32(9):677-82. <http://doi.org/cmjd8b>.
14. **Connolly DA, Reed BV, McHugh MP.** The repeated bout effect: does evidence for a crossover effect exist? *J Sports Sci Med.* 2002 [cited 2014 Aug 15];1(3):80-6. Available from: <https://goo.gl/nKkwU3>.
15. **Padulo J, Tiloca A, Powell D, Granatelli G, Bianco A, Paoli A.** EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. *Springerplus.* 2013;9(2):250-59. <http://doi.org/bq26>.
16. **Hasson CJ, Dugan EL, Doyle TL, Humphries B, Newtonb RU.** Neuromechanical strategies employed to increase jump height during the initiation of the Squat Jump. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(4):515-21. <http://doi.org/ffvs9v>.
17. **Garrido RP, González M. Test de Bosco.** Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. *EFDeportes.* 2004 [cited 2014 may 4];10(78). Available from: <https://goo.gl/Pagqbw>.
18. **De Hoyo M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez S, Morán E.** 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.* 2015;10(1):46-52. <http://doi.org/bq27>.
19. **Król H, Mynarski W.** A Comparison of Mechanical Parameters Between the Counter Movement Jump and Drop Jump in Biathletes. *J Hum Kinet.* 2012;34:59-68. <http://doi.org/bq28>.
20. **Van Soest AJ, Bobbert MF.** The contribution of muscle properties in the control of explosive movements. *Biol Cybern.* 1993;69(3):195-204. <http://doi.org/dn3znx>.
21. **Potteiger J, Lockwood R, Haub M, Dolezal B, Aluzzaini K, Schreoder J, Zebas C.** Muscle power and fiber characteristic following 8 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res.* 1999;13(3):275-279. <http://doi.org/fvxmgj>.
22. **McHugh MP.** Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: The protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13(2):88-97. <http://doi.org/fdssqw>.
23. **Friedmann-Bette B, Bauer T, Kinscherf R, Vorwald S, Klute K, Billeter R.** Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(4):821-36. <http://doi.org/ccdv8n>.
24. **Sheppard JM, Young K.** Using additional eccentric loads to increase concentric performance in the bench throw. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2853-2856. <http://doi.org/bbtbjm>.
25. **Kaminski TW, Wabbersen CV, Murphy RM.** Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: clinical implications. *J Athl Train.* 1998 [cited 2014 Oct 3];33(3):216-21. Available from: <https://goo.gl/qGH0I>.
26. **Higbie EJ, Cureton KJ, Warren GL, Prior BM.** Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol.* 1996 [cited 2014 May 3];81(5):2173-81. Available from: <https://goo.gl/tkIM8e>.
27. **Gabbe BJ, Branson R, Bennell KL.** A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *J Sci Med Sport.* 2006;9(1-2):103-9. <http://doi.org/b8mvxf>.
28. **Hoskins W, Pollard H.** The management of hamstring injury—Part 1: Issues in diagnosis. *Man Ther.* 2005;10(2):96-107. <http://doi.org/fhvhsf>.
29. **Beltrán L, Ghazikhanian V, Padron M, Beltrán J.** The proximal hamstring muscle-tendon-bone unit: A review of the normal anatomy. *Eur J Radiol.* 2012;81(12):3772-9. <http://doi.org/dg5wfj>.
30. **Koh H, Cho SH, Kim CY, Cho BJ, Kim JW, Bo KH.** Effects of vibratory stimulations on maximal voluntary isometric contraction from delayed onset muscle soreness. *J Phys Ther Sci.* 2013; 25(9):1093-5. <http://doi.org/bq3b>.
31. **Faude O, Koch T, Meyer T.** Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci.* 2012;30(7):625-631. <http://doi.org/bq25>.