

# Efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el control postural de voleibolistas universitarios con inestabilidad funcional de tobillo: estudio piloto

Eduardo Guzmán-Muñoz<sup>1</sup>, Mayara Daigre-Prieto<sup>1</sup>, Katherine Soto-Santander<sup>1</sup>, Yeny Concha-Cisternas<sup>2</sup>, Guillermo Méndez-Rebolledo<sup>1</sup>, Sergio Sazo-Rodríguez<sup>1</sup>, Pablo Valdés-Badilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás. Chile. <sup>2</sup>Pedagogía en Educación Física. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Chile. Chile.

**Recibido:** 25/09/18  
**Aceptado:** 08/11/19

## Resumen

**Introducción:** Alrededor de un 90% de los jugadores de voleibol sufren alguna vez un esguince de tobillo, siendo los episodios repetitivos una de las principales complicaciones. Se plantea que el entrenamiento neuromuscular podría mejorar la funcionalidad del tobillo y disminuir el riesgo de volver a sufrir un esguince.

**Objetivo:** Determinar los efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el control postural en voleibolistas universitarios con inestabilidad funcional de tobillo (IFT).

**Método:** Estudio cuasi experimental. La muestra fue compuesta por 12 voleibolistas universitarios de sexo masculino, entre 18 y 23 años. Se realizó un entrenamiento neuromuscular de cuatro semanas de duración y se distribuyó en tres sesiones semanales de 15 a 25 min, en días no consecutivos, totalizando 12 sesiones. El volumen de entrenamiento fue regulado usando una periodización progresiva y centrada principalmente en la extremidad inferior, realizándola previo al entrenamiento regular de los voleibolistas. Pre y post intervención se evaluó el control postural sobre una plataforma de fuerza en condiciones de ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC). A partir de esta evaluación se calcularon las siguientes variables del centro de presión (CP): Área, velocidad media, velocidad medio lateral (ML) y velocidad anteroposterior (AP). Se aplicó la prueba t-student para realizar las comparaciones con un nivel alfa de 0,05.

**Resultados:** En OA solo hubo una disminución significativa en la velocidad ML ( $p = 0,036$ ) posterior a la intervención. En OC se observaron diferencias significativas entre la evaluación pre y post intervención para las variables del CP velocidad media ( $p = 0,043$ ), velocidad AP ( $p = 0,019$ ) y velocidad ML ( $p = 0,027$ ).

**Conclusión:** Un entrenamiento neuromuscular de cuatro semanas mejoró el control postural en los voleibolistas universitarios con IFT incluidos es este estudio.

## Palabras clave:

Tobillo. Esguince. Inestabilidad articular. Balance postural. Voleibol.

## Effects of a neuromuscular training on postural control in college volleyball players with functional ankle instability: pilot study

### Summary

**Introduction:** In volleyball about 90% of players ever suffer an ankle sprain, being repetitive episodes of main complications. It is suggested that neuromuscular training could improve the functionality of the ankle and decrease the risk of a sprain.

**Objective:** To determine the effects of a neuromuscular training on postural control in college volleyball players with functional ankle instability (FAI).

**Method:** Quasi-experimental research. The sample was composed of 12 college volleyball male players between 18 and 23 years old. A neuromuscular training of four weeks was carried out and it was distributed in three weekly sessions from 15 to 25 min, on non-consecutive days, totaling 12 sessions. The volume of training was regulated using a progressive periodization and focused mainly on the lower limb, performing it prior to the regular training of the volleyball players. Pre and post intervention postural control were evaluated on a force platform in conditions of open eyes (OE) and closed eyes (CE). From this evaluation, the following variables of the center of pressure (CP) were calculated: Area, mean velocity, medio-lateral (ML) velocity and anteroposterior (AP) velocity. T-student test was applied for comparisons with an alpha level of 0.05.

**Results:** In OE there was a significant decrease in the ML velocity ( $p = 0.036$ ). In CE significant differences between pre and post intervention were observed in mean velocity ( $p = 0.043$ ), AP velocity ( $p = 0.019$ ) and ML velocity ( $p = 0.027$ ).

**Conclusion:** A four-week training neuromuscular improved postural control on college volleyball players with IFT included in this study.

## Key words:

Ankle. Sprain. Joint instability. Postural balance. Volleyball.

**Correspondencia:** Eduardo Enrique Guzmán Muñoz  
E-mail: eguzmanm@santotomas.cl

## Introducción

El esguince de tobillo constituye una de las lesiones musculoesqueléticas más frecuentes, con una prevalencia de 16%<sup>1</sup>. Entre los tipos de esguince, el esguince lateral de tobillo (ELT) constituye entre el 77% y 85% de los casos<sup>2</sup>. En voleibolistas alrededor de un 90% de los jugadores sufre alguna vez esta lesión, siendo los episodios repetitivos una de las principales complicaciones<sup>3</sup>. Además, cerca del 40% de los esguinces progresan a inestabilidad funcional de tobillo (IFT)<sup>4</sup>, concepto utilizado para describir una condición recurrente de esguinces y/o sensación de inestabilidad<sup>5</sup>.

Un déficit neuromuscular provocado por la lesión ligamentosa ha sido asociado al desarrollo de la IFT<sup>6</sup>. Las primeras teorías señalan como causa de inestabilidad a una pérdida de la información sensorial de la articulación de tobillo que se basa en un modelo básicamente de *feedback* (retroalimentación), a partir de un déficit propioceptivo y de las respuestas motoras<sup>5</sup>. En la actualidad, el modelo sensoriomotor más aceptado corresponde al propuesto por Hertel (2008), postulando que no solo existe un mecanismo de *feedback* provocado por la lesión ligamentosa, sino que también se genera un mecanismo de *feedforward* (compensatorio) asociado al déficit del control motor. La lesión ligamentosa inicial se traduce en los déficits inmediatos en la propiocepción del tobillo, la integración sensoriomotora y la actividad muscular eferente. Diversos estudios han demostrado que las personas con IFT tienen retraso en la respuesta muscular<sup>7,8</sup>. Esta alteración en las respuestas motoras reflejas indicaría que los mecanismos de control motor a nivel de la médula están claramente alterados. Dado que la propiocepción requiere la percepción consciente de las articulaciones y músculos, es razonable asumir que de alguna manera aspectos supraespinales de control motor también se alteran con la IFT<sup>6</sup>.

El control postural se considera una habilidad motora compleja derivada de la interacción de múltiples procesos sensoriomotores con el fin de controlar el cuerpo en el espacio<sup>9</sup>. Esto incluye una interacción entre el sistema sensorial, el sistema nervioso central (SNC) y el sistema motor<sup>9</sup>. En relación al método para cuantificar el control postural, el más utilizado corresponde al desplazamiento del centro de presión (CP) a través de una plataforma de fuerza que mide las oscilaciones posturales que experimenta una persona en posición bípeda<sup>10</sup>. A partir del CP, se pueden obtener variables como área, velocidad y los componentes medio-lateral (ML) y antero-posterior (AP) de su desplazamiento<sup>10</sup>. Un mayor valor de estas variables representa un peor control postural. Se ha establecido que personas con inestabilidad de tobillo presentan deterioro del control postural tanto en el miembro inferior lesionado como en el no lesionado<sup>8,11-13</sup>. Además, se ha demostrado que en deportistas universitarios el déficit del control postural es un factor de riesgo de IFT<sup>14</sup>. La presencia de déficits bilaterales de control postural en individuos con IFT proporciona pruebas evidentes de los cambios centrales en el control neuromuscular<sup>9</sup>.

La rehabilitación de la IFT durante la última década se ha dirigido hacia el desarrollo de programas de ejercicios destinados a la prevención de la recurrencia de los esguinces de tobillo. Diversos entrenamientos han sido recomendados para el tratamiento conservador de esta lesión basándose en ejercicios: propioceptivos, de fortalecimiento y

control postural<sup>15,16</sup>. Sin embargo, para mejorar el control neuromuscular en deportistas es necesario entrenar cada uno de estos aspectos conjuntamente y no de forma aislada<sup>15,16</sup>. Por ello, surge el término entrenamiento neuromuscular, utilizado para describir la combinación de ejercicios propioceptivos, de fuerza y control postural como parte de un programa integral de rehabilitación<sup>17</sup>. Estudios señalan que el entrenamiento neuromuscular mejora la funcionalidad y disminuye el riesgo de volver a sufrir un esguince<sup>17</sup>. Sin embargo, pocos trabajos han reportado evidencias de la efectividad del entrenamiento neuromuscular en la IFT en deportistas<sup>15</sup>.

En este sentido, el propósito de este estudio fue determinar los efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el control postural en voleibolistas universitarios con IFT.

## Material y método

Este es un estudio cuasi experimental. La muestra fue seleccionada de manera no probabilística y por conveniencia. Todos los participantes leyeron y firmaron voluntariamente un consentimiento informado basado en los principios éticos dispuestos en la declaración Helsinki.

### Participantes

La muestra fue compuesta por 12 adultos jóvenes, entre 18 y 23 años, de sexo masculino, pertenecientes a la selección de voleibol masculino de la Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. Se consideraron los siguientes criterios de inclusión: 1) Historia de al menos un esguince lateral de tobillo en los últimos 12 meses que requieran inmovilización y/o descarga de peso por al menos tres días<sup>8</sup>; 2) último episodio de esguince lateral de tobillo entre tres y 12 meses previos a la investigación<sup>8</sup>; 3) percibir dolor, inestabilidad y/o debilidad en el tobillo<sup>8</sup>; 4) obtener  $\leq 22$  puntos en el cuestionario *Ankle Joint Functional Assessment Tool* (AJFAT)<sup>18</sup>. Se excluyeron a los voleibolistas que presentaron las siguientes características durante los últimos 24 meses: 1) desordenes vestibulares; 2) historia de fractura de tobillo; 3) lesión aguda de miembro inferior; 4) historia de cirugía de miembros inferiores; 5) dolor en cualquier articulación al momento de la evaluación; 6) aquellos que no cumplieron con al menos el 70% de las sesiones de intervención consideradas en el estudio.

### Cuestionario AJFAT

El cuestionario AJFAT se utilizó como una herramienta de evaluación para discriminar tobillos con inestabilidad funcional y tobillos estables. El AJFAT tiene 12 preguntas: divididas en 3 sub-ítems: 1) limitaciones relacionadas con dolor, estabilidad, rigidez, resistencia y pasos en falso; 2) actividades como caminar sobre superficies irregulares, cambiando de dirección al correr, trotar y caminar por las escaleras; 3) capacidad de respuesta del tobillo ante una torcedura<sup>18</sup>. Cada pregunta tiene cinco opciones de respuesta en puntajes que van de cero a cuatro puntos. Un puntaje alto indica mayor estabilidad, presentado la prueba un puntaje máximo de 48. Se ha reportado que los individuos con IFT tienen un puntaje menor a 23 puntos en el cuestionario AJFAT<sup>18</sup>.

## Evaluación del control postural

La evaluación fue realizada en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Santo Tomás, Talca, Chile. Para determinar el control postural se procedió a evaluar el desplazamiento del CP utilizando una plataforma de fuerza ArtOficio (Artificio Ltda., Santiago, Chile), tamaño 40x40 cm. Los datos fueron adquiridos con una tasa de muestreo de 40 Hz. Para el cálculo de las variables del CP se utilizó el software Igor Pro versión 5.01 (WaveMetrics Inc., Oregon, USA). La medición del control postural se realizó en situación de ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC). Cada una de ellas con una duración de 30 segundos. Los participantes fueron instruidos en mantener la posición bípeda lo más quieta posible, con los brazos relajados al costado del tronco y con los pies con una separación similar al ancho de los hombros. En cada condición, se realizaron tres intentos y se promediaron para la obtención de las variables del CP. A partir del desplazamiento del CP en las direcciones ML y AP, se obtuvieron las siguientes variables: área del CP ( $m^2$ ), velocidad media del CP (m/s), velocidad del CP en dirección ML (m/s) y velocidad del CP en dirección AP (m/s).

## Entrenamiento neuromuscular

La intervención neuromuscular tuvo una duración de cuatro semanas y se distribuyó en tres sesiones semanales de 15 a 25 min, en días no consecutivos, totalizando 12 sesiones. El volumen de entrenamiento fue regulado usando una periodización progresiva y centrada principalmente en la extremidad inferior, realizándola previo al entrenamiento regular de los voleibolistas. Todas las sesiones contemplaron circuitos con estaciones de trabajo de 30 segundos que consistían en ejercicios de coordinación en escaleras de suelo, saltos en vallas, *step*, subir y bajar escaleras, ejercicios de sentadillas, saltos sobre cama elástica (mini *tramp*) y sentadillas sobre un medio balón (*bosu*). Cada participante debía efectuar tres series del circuito completo por sesión, considerando ambas extremidades en los casos de ejercicios unipodales. La primera semana todos los ejercicios se realizaron bipodalmente. La segunda y tercera semana los ejercicios físicos fueron realizados de forma unipodal y se agregaron movimientos activos de miembros superiores. La última semana, además de realizar los ejercicios unipodales, las tareas motoras sobre las superficies inestables fueron realizadas con los ojos cerrados.

## Análisis estadístico

Se utilizó el software estadístico SPSS 20.0 (SPSS 20.0 para Windows, SPSS Inc., IL, USA) y se calculó la media y desviación estándar para todas las variables. Además, la distribución de los datos fue determinada con la prueba de Shapiro-Wilk. Se empleó la prueba *t* de student para muestras relacionadas para comparar las evaluaciones antes y después de la intervención. Se consideró un nivel alfa de 0,05 para todos los análisis.

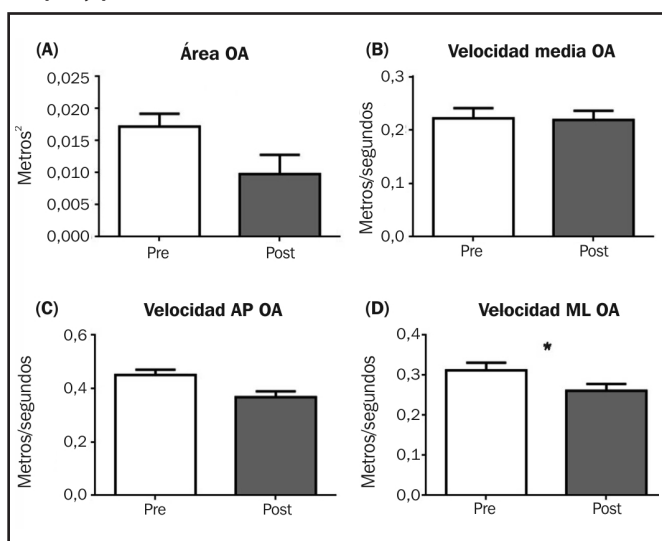
## Resultados

Todos los participantes del estudio completaron la intervención ( $n=12$ ). Las características basales de los participantes de esta investigación fueron en promedio 21,5 años, 83,3 kilogramos de peso corporal y 1,81 metros de estatura bípeda.

En OA hubo una disminución significativa de la velocidad ML ( $p=0,036$ ) posterior a la intervención. En cuanto al área, velocidad media y velocidad AP se observó una disminución de los valores, los cuales no fueron estadísticamente significativos (Figura 1).

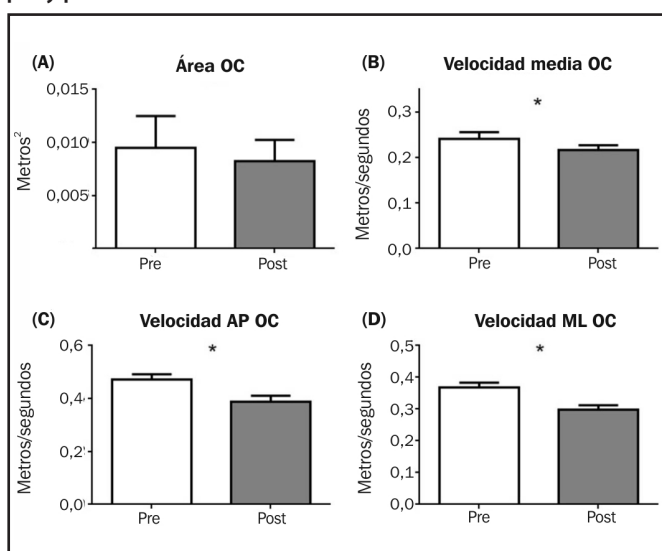
En OC se observó una mejora significativa del control postural de los voleibolistas en las variables velocidad media ( $p=0,043$ ), velocidad AP ( $p=0,019$ ) y velocidad ML ( $p=0,027$ ) del CP luego de ser sometidos a un entrenamiento neuromuscular. El área disminuyó posterior a la intervención, sin embargo, no presentó significación estadística (Figura 2).

**Figura 1. Resultados de la evaluación del control postural con OA pre y post intervención.**



\*Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). OA: ojos abiertos; AP: anteroposterior; ML: mediolateral.

**Figura 2. Resultados de la evaluación del control postural con OC pre y post intervención.**



\*Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). OC: ojos cerrados; AP: anteroposterior; ML: mediolateral.

## Discusión

El principal resultado de esta investigación responde al objetivo propuesto e indica que cuatro semanas de entrenamiento neuromuscular mejora el control postural en voleibolistas universitarios con IFT.

Durante los últimos años se ha estudiado el deterioro del control postural en sujetos con esguinces de tobillo e IFT, como también los distintos tipos de entrenamientos necesarios para su rehabilitación<sup>17</sup>. La literatura señala que los ejercicios neuromusculares mejoran el control postural, fuerza muscular, propiocepción, latencia muscular y funcionalidad<sup>15</sup>. Además, reducen el riesgo de un nuevo esguince en personas con IFT<sup>15-17</sup>. Sin embargo, se ha señalado que la evidencia de la efectividad del entrenamiento neuromuscular en la IFT es limitada<sup>15</sup>.

Los resultados de este estudio muestran que un entrenamiento neuromuscular de cuatro semanas mejora el control postural en voleibolistas universitarios con IFT, evidenciado en una disminución de las variables del CP. Hallazgos similares han sido reportados por otras investigaciones<sup>15,17,19</sup>. Sin embargo, en deportistas la evidencia es escasa. Los programas de entrenamiento neuromuscular implementados en personas con IFT indican que el tiempo utilizado en las sesiones se encuentra entre 20 y 30 minutos con una duración de cuatro a seis semanas<sup>17</sup>. Similar prescripción fue utilizada en nuestra intervención.

Los esguinces de tobillo laterales están entre las lesiones más comunes en los deportes y su recurrencia es un factor asociado al desarrollo de IFT<sup>3</sup>. El déficit del control postural en personas con IFT ha sido atribuido al daño de los receptores sensoriales provocado por la lesión ligamentosa<sup>5</sup>. Actualmente, existen estudios en sujetos sanos que no encontraron déficits del control sensoriomotor al simular una lesión ligamentosa de tobillo<sup>20,21</sup>. Esto indicaría que la información sensorial no solo se debe exclusivamente al daño del ligamento, sino que existen otros receptores (i.e. capsulares, musculotendinosos y cutáneos) disponibles para permitir un buen control sensoriomotor<sup>20,21</sup>. El déficit del control postural tanto en el tobillo lesionado como en el no lesionado encontrado en los voleibolistas, explicaría que no sólo existen déficits sensoriomotores locales, sino también deficiencias mediadas centralmente<sup>6,8</sup>. Es por esto que, el entrenamiento neuromuscular aplicado en nuestro estudio consideró la ejecución de los ejercicios con ambas extremidades, en caso que, se trabajara unipodalmente.

A pesar de las diversas investigaciones desarrolladas sobre el tema, todavía no está claro qué tipo de entrenamiento de rehabilitación es más eficaz en la prevención de esguinces recurrentes de tobillo<sup>16</sup>. Se podría considerar que la restauración de la propiocepción sería el tratamiento principal para mejorar la estabilidad del tobillo<sup>16,22</sup>. Sin embargo, una adecuada propiocepción no asegura que la fuerza y activación muscular sean suficientes para responder a perturbaciones rápidas e inesperadas tales como el aterrizaje sobre una superficie irregular<sup>16</sup>. En relación con la fuerza muscular, existe controversia respecto a su relación con la inestabilidad de tobillo. Mientras algunos estudios señalan que los individuos con IFT presentan debilidad de músculos peroneos y flexores dorsales del tobillo<sup>23</sup>, otros no han encontrado ninguna asociación entre la debilidad muscular y la inestabilidad<sup>24</sup>. Por su parte, el rol de la activación muscular sobre la inestabilidad de tobillo parece ser un poco más clara, ya que diversos estudios han demostrado que los deportistas con IFT presentan un aumento del tiempo de reacción de los músculos

peroneos<sup>7,8</sup>. Por esto, en rehabilitación se sugiere incluir ejercicios físicos en superficies inestables y/o cambios de dirección que demanden el sistema motor con el fin de provocar respuestas musculares de corta latencia, favoreciendo un adecuado control postural<sup>8</sup>.

El entrenamiento neuromuscular enfocado en el control postural o balance es el tratamiento de rehabilitación más empleado en personas con IFT. La mayoría de la literatura ha reportado efectos terapéuticos positivos de este tipo de intervención<sup>25,26</sup>. Sin embargo, se ha señalado que la evidencia es débil en la aplicación de ejercicios físicos funcionales de carga de peso corporal y actividades de equilibrio sobre superficies inestables<sup>27</sup>. Por lo anterior, en los últimos años se ha propuesto combinar los ejercicios propioceptivos, de fuerza y de control postural para tratar a personas con IFT<sup>17</sup>. Las bases del entrenamiento neuromuscular no solo buscan estimular el sistema sensorial sino también mecanismos mediados a nivel central los cuales interactúan en diferentes cadenas cinéticas de movimiento.

Nuestros resultados revelan que el control postural mejoró principalmente en condición de OC. La visión es un sentido muy importante para el control postural. Se cree que, incluso cuando la entrada somatosensorial se interrumpe debido a una lesión, la información visual puede proporcionar una cantidad adecuada de retroalimentación para compensar los déficits en las vías centrales<sup>9</sup>. Cuando se cierran los ojos, existen mayores oscilaciones posturales debido a la inhibición de uno de los sistemas sensoriales que contribuyen al control postural<sup>9</sup>. Por lo tanto, las posibilidades de mantener la estabilidad disminuyen y en compensación aumenta la implicancia de los sistemas somatosensorial y vestibular. Esto hace que la prueba con OC sea más exigente que la prueba con OA y las diferencias sean más evidentes. Por esta razón, también se realizan ejercicios de rehabilitación tanto con ojos abiertos como con ojos cerrados. Se ha señalado que existen mayores efectos cuando los entrenamientos son realizados en ausencia de input visual<sup>28</sup>.

Los cambios significativos del control postural en los voleibolistas universitarios posterior al entrenamiento neuromuscular fueron observados en las variables de velocidad del CP. Si bien el área y velocidad del CP son las medidas más representativas de las oscilaciones posturales, se ha establecido que la velocidad es la variable más confiable para representar el control postural<sup>29</sup>. Wikstrom, Fournier y McKeon (2010) señalan que una de las variables más sensibles para identificar el deterioro del control postural en individuos con IFT es la velocidad del CP en dirección ML<sup>30</sup>. En nuestro estudio la intervención disminuyó significativamente la velocidad ML en OA y OC, y la velocidad AP en OC. Esto podría atribuirse a que el entrenamiento neuromuscular optimizaría las respuestas de los músculos fibulares y tibial anterior, encargados de la estabilidad ML<sup>31</sup> y AP<sup>8</sup> de tobillo, respectivamente. Se ha demostrado que deportistas con IFT presentan un mayor tiempo de reacción de estos músculos<sup>8</sup>. El déficit del control postural se encuentra estrechamente relacionado con el aumento del tiempo de reacción de músculos implicados en la estabilidad articular<sup>12</sup>.

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentran el pequeño tamaño de la muestra, la selección por conveniencia de los participantes y la inexistencia de un grupo control. Esto probablemente restrinja la validez externa del estudio. A pesar de esto, la significación estadística observada en cada una de las comparaciones refleja la eficacia de la intervención.

En conclusión, nuestra investigación señala que un entrenamiento neuromuscular de cuatro semanas mejoró el control postural en los voleibolistas universitarios con IFT incluidos en este estudio. Sugerimos aplicar este tipo de entrenamiento tanto en la extremidad lesionada como no lesionada, considerando las alteraciones a nivel central que provoca la lesión. Además, para potenciar los efectos del entrenamiento recomendamos incorporar ejercicios físicos en condiciones de OC.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

- Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RW. Do functional-performance tests detect impairment in subjects with ankle instability? *J Sport Rehabil*. 2002;11(1):40-50.
- Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zaccchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(13):2279-84.
- Fong DT-P, Hong Y, Chan L-K, Yung PS-H, Chan K-M. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med*. 2007;37(1):73-94.
- Yeung M, Chan K-M, So C, Yuan W. An epidemiological survey on ankle sprain. *Br J Sports Med*. 1994;28(2):112-6.
- Freeman M, Dean M, Hanham I. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg*. 1965;47(4):678-85.
- Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med*. 2008;27(3):353-70.
- de Oliveira Menacho M, Pereira HM, de Oliveira BIR, Chagas LMPM, Toyohara MT, Cardoso JR. The peroneus reaction time during sudden inversion test: systematic review. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(4):559-65.
- Mendez-Rebolledo G, Guzman-Munoz E, Gatica-Rojas V, Zbinden-Foncea H. Longer reaction time of the fibularis longus muscle and reduced postural control in basketball players with functional ankle instability: A pilot study. *Phys Ther Sport*. 2015;16(3):242-7.
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(suppl 2):ii7-ii11.
- Duarte M, Freitas SMSF. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(3):183-92.
- Wikstrom EA, Naik S, Lodha N, Cauraugh JH. Balance capabilities after lateral ankle trauma and intervention: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(6):1287-95.
- McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: Can deficits be detected with instrumented testing? *J Athl Train*. 2008;43(3):293-304.
- Martin-Casado L. Repercusión de los esguinces de tobillo sobre el equilibrio postural. *Apunts Educ Fis Deportes*. 2015;3(121):88.
- Wang HK, Chen CH, Shiang TY, Jan MH, Lin KH. Risk-factor analysis of high school basketball-player ankle injuries: A prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(6):821-5.
- O'Driscoll J, Delahunt E. Neuromuscular training to enhance sensorimotor and functional deficits in subjects with chronic ankle instability: A systematic review and best evidence synthesis. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2011;3(1):19.
- Hung YJ. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. *World J Orthop*. 2015;6(5):434-8.
- Lin CWC, Delahunt E, King E. Neuromuscular training for chronic ankle instability. *Phys Ther*. 2012;92(8):987-90.
- Guzmán-Muñoz E, Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G. Correlación entre el control postural y neuromuscular con cuestionarios de percepción funcional en deportistas con inestabilidad de tobillo. *Fisioterapia*. 2015;37(2):60-6.
- Coughlan G, Caulfield B. A 4-week neuromuscular training program and gait patterns at the ankle joint. *J Athl Train*. 2007;42(1):51-9.
- Myers JB, Riemann BL, Hwang JH, Fu FH, Lephart SM. Effect of peripheral afferent alteration of the lateral ankle ligaments on dynamic stability. *Am J Sports Med*. 2003;31(4):498-506.
- Riemann BL, Myers JB, Stone DA, Lephart SM. Effect of lateral ankle ligament anesthesia on single-leg stance stability. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):388-96.
- López-González L, Rodríguez-Costa I, Palacios-Cibrián A. Prevención de esguinces de tobillo en jugadoras de baloncesto amateur mediante programas de propiocepción. Estudio piloto de casos-control. *Fisioterapia*. 2015;37(5):212-22.
- Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train*. 2002;37(4):487-93.
- Hiller CE, Ighitingale EJN, Lin C-WC, Coughlan GF, Caulfield B, Delahunt E. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2011;45(8):660-72.
- Lee AJY, Lin W-H. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clin Biomech*. 2008;23(8):1065-72.
- McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med*. 2006;34(7):1103-11.
- Martin RL, Davenport TE, Paulseth S, Wukich DK, Gogdes JJ. Ankle stability and movement coordination impairments: ankle ligament sprains clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the orthopaedic section of the American physical therapy association. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(9):A1-A40.
- McKeon PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba E, Bennett BC, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(10):1810-9.
- Lin D, Seol H, Nussbaum MA, Madigan ML. Reliability of COP-based postural sway measures and age-related differences. *Gait Posture*. 2008;28(2):337-42.
- Wikstrom EA, Fournier KA, McKeon PO. Postural control differs between those with and without chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2010;32(1):82-6.
- Mendez GA, Gatica VF, Guzman EE, Soto AE. Evaluation of the neuromuscular compartments in the peroneus longus muscle through electrical stimulation and accelerometry. *Braz J Phys Ther*. 2013;17(5):427-34.