

REHABILITACIÓN PROPIOCEPTIVA DE LA INESTABILIDAD DE TOBILLO

PROPIOCEPTIVE REHABILITATION IN ANKLE INSTABILITY

INTRODUCCIÓN

La frecuencia de la lesión de ligamentos de la articulación del tobillo es muy alta, sobre todo en el ámbito deportivo. La tasa de recurrencia de la misma es importante, debida en la mayoría de los casos a una pérdida del control neuromuscular secundaria a la alteración del sistema propioceptivo a nivel articular. Este déficit se traduce en una inestabilidad funcional del tobillo que se manifiesta en forma de sensación de fallo articular y reducción del tiempo de reacción muscular, especialmente de los músculos peroneos. El tratamiento rehabilitador de esta entidad patológica debe tener como uno de los objetivos principales la reeducación propioceptiva articular para restaurar la coordinación neuromuscular y los mecanismos reflejos de protección¹⁻³. Con este trabajo pretendemos revisar la literatura científica para determinar los aspectos más relevantes sobre el particular y objetivar el nivel de evidencia que existe sobre el mismo en la actualidad. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica, con las palabras claves “inestabilidad de tobillo” y “propiocepción” hasta mayo de 2007 en las principales bases de datos:

- PubMed-Medline.
- PEDro.
- Clinical Evidence.
- Cochrane Library: Cochrane Database of

Systematic Reviews(CDSR) y Database of Reviews Effectiveness (DARE).

- Bases de guías de práctica clínica basadas en la evidencia: National Guideline Clearinghouse (NGCH), Clinical Practice Guidelines Infobase(CPG Infobase), National Electronic Library of Health Guidelines finder (NeLH GF), New Zealand Guidelines Group (NZG) y Scottish Clinical Guideline (SIGN).
- TRIP Database.

Se complementó también la búsqueda con una revisión manual de las principales revistas de Rehabilitación y Fisioterapia. Se priorizaron aquellos estudios de alta calidad y nivel de evidencia (metanálisis, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y guías clínicas basadas en la evidencia).

BASES ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS

Para comprender las distintas características del enfoque rehabilitador propioceptivo en la inestabilidad de tobillo es imprescindible tener muy en cuenta sus bases anatómicas y fisiológicas. La propiocepción es una variación especializada de la sensibilidad táctil que tiene dos componentes: la cinestesia o percepción del movimiento articular y la sensación de la posición articular o percepción de la posición de la articulación

Miguel A. Castellano del Castillo

Esther Sebastián Vigata

Elena Hijós Bitrián

Esther Legido Chamorro

Luis Mambrona Girón

Meritxell Vigo Morancho

Médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación Servicio de Rehabilitación Hospital Santa María. GSS. Lleida

CORRESPONDENCIA:

Dr. Miguel Ángel Castellano del Castillo.
Servicio de Rehabilitación. Hospital Santa María. GSS Avda. Rovira Roure nº 44. 25006 Lleida
E-mail: miguelcastellano@hotmail.com

Aceptado: 26.09.2007 / **Revisión nº** 215

en un momento dado⁴. La integración y control del aparato locomotor se lleva a cabo a nivel del sistema nervioso central, donde se gestiona la información proveniente de tres sistemas periféricos: el sistema propioceptivo, el sistema visual y el sistema vestibular. El sistema propioceptivo capta la información desde los mecanorreceptores situados a nivel articular, muscular, tendinoso y cutáneo. Estos receptores, traducen la deformación mecánica de los distintos tejidos en los que se localizan en una señal neural de frecuencia modulada que es transmitida a centros superiores. Un aumento del estímulo de la deformación es codificado como un aumento del ritmo de descarga aferente y/o un incremento de la población de receptores activados^{5,6}. Podemos dividir a estos receptores en dos grupos:

- *De adaptación rápida:* Ante un estímulo continuo van disminuyendo su ritmo de descarga hasta su extinción en milésimas de segundos. Son muy sensibles a los cambios de estímulo, por lo que recogen la información de movimiento o cinestesia.
- *De adaptación lenta:* Ante un estímulo continuo mantienen su ritmo de descarga. Se estimulan al máximo en ángulos específicos, por lo que recogen la información de posición articular.

Los mecanorreceptores articulares se localizan a nivel de la cápsula, los ligamentos y el periostio y existen en dichas localizaciones receptores de adaptación lenta y rápida. Los mecanorreceptores musculares se localizan a nivel de los husos

intramusculares. Son sensibles a los cambios de longitud del músculo. Son de adaptación lenta, por lo que contribuyen a la propiocepción, de forma simbiótica con los receptores articulares, recogiendo información de la posición articular⁷. Los mecanorreceptores tendinosos se denominan órganos de Golgi y se estimulan ante cambios de tensión. Se complementan con la información de cambios de longitud de los husos musculares para generar información de la posición articular⁸. A nivel cutáneo existen cuatro tipos principales de mecanorreceptores, todos ellos de adaptación lenta: terminales de Ruffini, corpúsculos de Ruffini, corpúsculos de Paccini y terminaciones libres. Son estimulados por el estiramiento de la piel causado por el movimiento articular y su contribución a la información propioceptiva general es menor que la de los otros receptores⁹. El sistema visual proporciona información que es la referencia para la orientación del cuerpo y sus partes en el espacio. Cuando existe una alteración propioceptiva, el control postural disminuye notablemente al cerrar los ojos¹⁰. El sistema vestibular recibe información del vestíbulo y los canales semicirculares del oído. Esta información se usa para mantener la postura corporal. Juega un papel menor en la propiocepción cuando están funcionando los sistemas visual y propioceptivo^{11,12}.

Toda la información recogida de estos tres sistemas se procesa y controla a tres niveles: a nivel de la médula espinal, a nivel del tronco del encéfalo y a nivel cerebral superior (Figura 1). A nivel medular, existen mecanismos que originan la fijación refleja de la articulación, mediante la

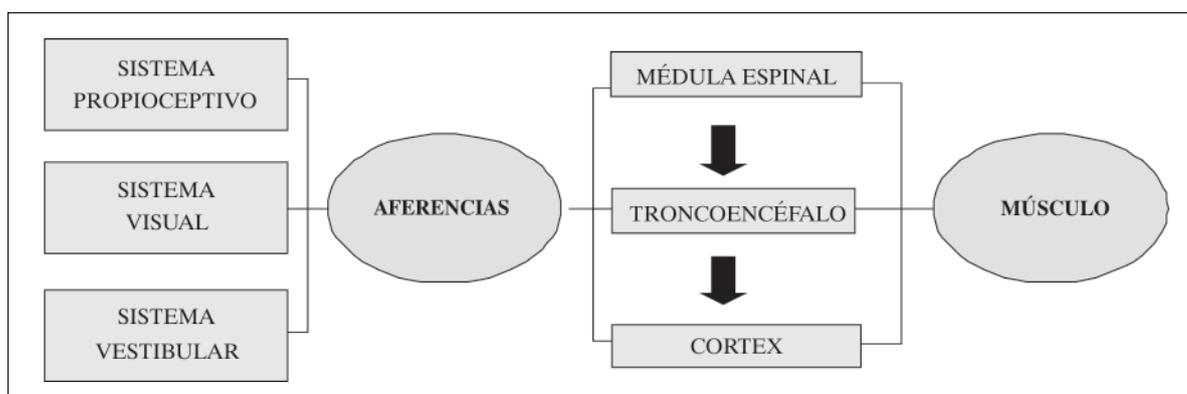


FIGURA 1.
Esquema de
aferencias
periféricas y niveles
de control del
sistema
propioceptivo

co-contracción sinérgica de los músculos agonistas y antagonistas^{12,13}. El reflejo miotático es el primer mecanismo en actuar, aproximadamente a los 40 ms. La mayoría de las veces, este reflejo es insuficiente para estabilizar la articulación. El siguiente sistema en actuar es el que constituyen los reflejos automáticos medulares, que lo hacen a los 90ms. Es el primer sistema eficiente y está influenciado tanto por la intensidad del estímulo propioceptivo como por las experiencias previas del sujeto. El tercer sistema en actuar es el sistema voluntario, en torno a los 150 ms¹⁴. A nivel troncoencefálico la aferencia propioceptiva, unida ya a la vestibular y visual, es procesada para controlar el mantenimiento de la postura y el equilibrio. A nivel cerebral superior tiene lugar el punto final de control, concretamente en el córtex motor y los ganglios basales. A este nivel se programa e inicia la actividad neuromuscular voluntaria consciente en función de las aferencias. Los movimientos que se repiten pueden ser almacenados como órdenes centrales para poder ser realizados de forma inconsciente¹⁵. El resultado final de la gestión de toda esta información recogida y procesada es la percepción consciente de la posición y el movimiento articular, la estabilización articular inconsciente mediante los reflejos espinales medulares y el mantenimiento de la postura y el equilibrio^{14,15}.

EVALUACIÓN PROPIOCEPTIVA

Se miden distintos parámetros para evaluar los dos componentes de la propiocepción. Haremos un breve resumen de los mismos de cara a entender mejor la información de los distintos estudios que citaremos posteriormente a la hora de revisar la literatura. La cinestesia se valora mediante el umbral de detección del movimiento pasivo (UDMP) que cuantifica el desplazamiento angular medido antes de que el sujeto detecte el movimiento en la articulación que se le aplica de forma externa pasiva. La sensación de la posición articular se valora mediante la reproducción de la posición pasiva (RPP) y la reproducción de la posición activa (RPA), que objetivan la capacidad para reconocer pasivamente o reproducir activamente -respectivamente- una posición articular

previamente señalada. Tanto el UDMP como la RPP, al explorarse de forma pasiva, suponen una mayor estimulación de los receptores articulares que los musculotendinosos. Se suele utilizar para evaluar la actividad aferente tras lesiones ligamentosas. Al evaluar la RPA se estimulan tanto los receptores articulares como los extra-articulares, por lo que ofrece una valoración más funcional de las vías aferentes. UDMP, RPA Y RPP no ofrecen información sobre los arcos reflejos inconscientes^{16,17}. Los arcos reflejos medulares se estudian mediante la realización de EMG de los músculos implicados en la estabilización articular: se mide la latencia de activación muscular frente a estímulos involuntarios externos. La contribución de las vías visuales y vestibulares al control postural y el mantenimiento del equilibrio se estudia mediante estabilometría¹⁸.

FISIOPATOLOGÍA DE LA INESTABILIDAD ARTICULAR DE TOBILLO

La capacidad para detectar el movimiento del tobillo y del pie y realizar el ajuste postural correspondiente, así como la capacidad de sentir la posición del pie previo al apoyo en el suelo, son fundamentales para evitar lesiones. Si el tobillo está en una posición inadecuada cuando el pie va a contactar con el suelo (debido a un déficit propioceptivo) el resultado puede ser una lesión si no se contrarresta con una contracción rápida y fuerte de los músculos periarticulares¹⁹. Entre el 10 y el 30% de las lesiones ligamentosas de tobillo, según los distintos autores, se repiten de forma recurrente y desembocan en una inestabilidad articular²⁰⁻²³. Hablamos de inestabilidad funcional del tobillo cuando existe un déficit del control articular estático y dinámico (que el paciente refiere como sensación de fallo articular) existiendo un rango de movimiento que no excede los límites fisiológicos normales^{23,24}. La recidiva de la lesión en base al déficit propioceptivo subyacente puede desembocar en la instauración de una inestabilidad articular franca (Figura 2). El diagnóstico de inestabilidad articular de tobillo se establece al objetivarse mediante la exploración clínica y los test radiológicos de stress un rango de movimiento articular por encima de

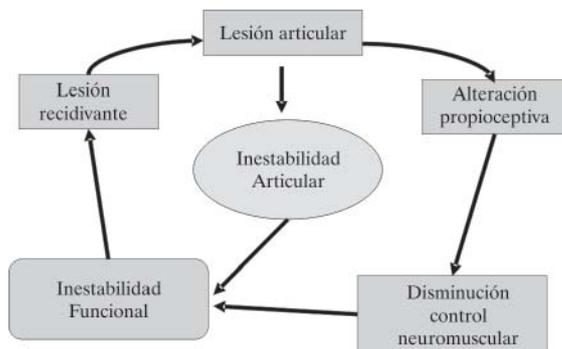


FIGURA 2.
Esquema de las bases fisiopatológicas de la inestabilidad de tobillo

TABLA 1.

Programa de progresión en tiempos de ejercicio/reposo de la fase de ejercicios de equilibrio en carga. Tomado de: Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination on proprioception of the functionally unstable ankle. J Orthop Sport Phys Ther 1998; 27:264-74.

	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana
Tiempo						
Ejercicio	15''	20''	25''	30''	30''	30''
Tiempo						
Reposo	45''	40''	35''	30''	30''	30''

los valores fisiológicos normales²⁵. Los factores principales que favorecen la instauración de esta inestabilidad son la alteración de la función muscular, la limitación del balance articular y la alteración de la propiocepción^{18,25,27-29}. ¿Que alteración se produce a nivel propioceptivo en estas lesiones? Ya Freeman, *et al.*, en 1965 expusieron que las lesiones de tobillo ocasionan una disrupción de las aferencias localizadas en las distintas estructuras articulares, ocasionando una deaferentización propioceptiva^{23,24}. Garn y Newton detectaron una disminución de la cinestesia valorando el UDPM en tobillos que habían sufrido un esguince comparándolos con los contralaterales sanos³⁰. Glencross y Thorton objetivaron déficits en la RPP del tobillo en pacientes con antecedente de esguince³¹. Hars-tell mostró una pobre sensación de la posición activa (disminución de la RPA) en tobillos con inestabilidad crónica³². Konradson, *et al.*, encontraron un tiempo de reacción prolongado de los músculos peroneos frente a inversión súbita de tobillo (buscando activar los reflejos) en sujetos con inestabilidad crónica de tobillo³³. Así mismo, Cornwall y Murrall observaron aumentos de la oscilación postural en un grupo de pacientes con

esguince de tobillo frente a un grupo control de sujetos sanos³⁴.

REHABILITACIÓN PROPIOCEPTIVA

Existe un número importante de estudios en la literatura que apoyan la aplicación de un programa de rehabilitación propioceptiva en la inestabilidad de tobillo^{23,33,36-44}. Pero, ¿que evidencia existe de la efectividad de la rehabilitación propioceptiva en inestabilidad de tobillo? Se han localizado 5 ensayos clínicos que abordan este particular. Así, Holme, *et al.* afirman que después de la lesión de tobillo la fuerza y el control postural están reducidos a las 6 semanas y que el tratamiento rehabilitador (movilización temprana, potenciación muscular periarticular y ejercicios de equilibrio) reduce el número de recidivas y juega un papel en la prevención de la lesión⁴⁵. Eils y Rosenbaum aseveran que la rehabilitación propioceptiva mejora la sensación de la posición articular, el equilibrio y los tiempos de reacción musculares en la inestabilidad de tobillo, por lo que recomiendan su realización en el abordaje terapéutico y la prevención de las lesiones ligamentosas del tobillo⁴⁶. Matsusaka, *et al.* encuentran que la rehabilitación propioceptiva mediante entrenamiento con disco inestable (10 minutos / día, 5 días / semana durante 10 semanas) mejora el balance postural en pacientes diagnosticados de inestabilidad funcional de tobillo⁴⁷. Ross y Guskiewicz ponen de manifiesto que la reeducación propioceptiva mejora los parámetros de estabilometría en sujetos con inestabilidad funcional de tobillo⁴⁸. Kaminsky, *et al.*, no verifican diferencias significativas en las mediciones isocinéticas de los ratios de fuerza eversora / inversora de sujetos con inestabilidad funcional de tobillo sometidos a un programa de potenciación muscular y reeducación propioceptiva durante seis semanas⁴⁹. Se han encontrado también tres revisiones sistemáticas acerca del tema. En la primera, Zoch, Fialka y Quittan apoyan el uso de ejercicios propioceptivos, vendaje funcional y potenciación muscular isocinética en el tratamiento de las lesiones ligamentosas de tobillo⁵⁰. Por otra parte, Van Der Wees, *et al.* afirman que la reeducación propioceptiva es efectiva en la prevención de esguinces de repetición⁵¹. En

la tercera, De Vries, *et al.* no encuentran suficiente evidencia para dilucidar si el mejor tratamiento para la inestabilidad de tobillo es conservador o quirúrgico. Sí encuentran evidencia a favor de la rehabilitación temprana tras la reconstrucción ligamentosa frente a la inmovilización por seis semanas⁵². En la única guía de práctica clínica basada en la evidencia que hemos localizado-la del Institute for Clinical Systems Improvement de Bloomington- se pone de manifiesto que la lesión recurrente se debe a la existencia de déficits de movilidad, fuerza y propiocepción, resaltando el hecho de que el tratamiento rehabilitador debe tener como objetivo la recuperación de estas tres áreas⁵³.

Entendemos que un programa de rehabilitación propioceptiva debe buscar reeducar y estimular todos los subsistemas de información periférica en los tres niveles de control descritos¹²:

- *Estimulación a nivel periférico*: se deben estimular los mecanorreceptores periféricos para incrementar la información aferente hacia el SNC, con y sin control visual y en distintas posiciones.
- *Estimulación a nivel espinal*: la estabilización articular refleja se reeduca mediante la aplicación de disequilibrios súbitos de la posición articular. La reeducación sobre planos inestables y el trabajo pliométrico facilitan la contracción muscular periarticular y reactivan la estabilización dinámica muscular^{5,13}.
- *Estimulación a nivel troncoencefálico*: se deben realizar actividades de mantenimiento del equilibrio y la postura con y sin apoyo visual de forma progresiva. Paulatinamente se debe progresar desde actividades de equilibrio estático a dinámico. En las actividades de equilibrio se debe progresar de apoyo bipodal a monopodal y de trabajo en superficie estable a inestable^{11,35,34}.
- *Estimulación a nivel cerebral*: se empezará estimulando este nivel mediante actividades conscientes de movilidad activa en todo el rango articular, concentrándose en lograr la

máxima información sensorial. La ejecución repetitiva de estas actividades estimula la transformación de un programa motor consciente e inconsciente. En la extremidad inferior, esta transformación se logra sobre todo con ejercicios de equilibrio dinámico^{12,14}.

Con estas premisas y en base a los distintos protocolos descritos en la literatura actual, proponemos un programa de rehabilitación propioceptiva dividido en dos periodos y varias fases.

Fase en descarga

- Ejercicios de reposición articular: el paciente deberá reproducir de forma activa posiciones articulares preestablecidas previamente por el terapeuta (igual que al evaluar la RPA)
- Ejercicios sobre plato inestable en sedestación: movilizaciones activas en los distintos arcos de recorrido articular

Fase en carga

- Fase de restablecimiento del equilibrio, la estabilización dinámica articular y trote cinestésico.
- *Ejercicios de equilibrio sobre superficie estable*: el paciente deberá mantener el equilibrio sobre una superficie fija estable, progresando de apoyo bipodal a monopodal: a. Apoyo bipodal, ojos abiertos, multidireccional; b. Apoyo bipodal, ojos cerrados, multidireccional; c. Apoyo unipodal, ojos abiertos, unidireccional; d.- Apoyo unipodal, ojos cerrados, unidireccional; e. Apoyo unipodal, ojos abiertos, multidireccional; f. Apoyo unipodal, ojos cerrados, multidireccional.
- *Ejercicios de equilibrio sobre superficie inestable*: el paciente deberá mantener el equilibrio sobre una superficie fija estable realizando la siguiente progresión: a. Apoyo bipodal, ojos abiertos, multidireccional; b. Apoyo bipodal, ojos cerrados, multidireccional; c. Apoyo unipodal, ojos abiertos, unidireccional; d. Apoyo unipodal,

ojos cerrados, unidireccional; e. Apoyo unipodal, ojos abiertos, multidireccional; f. Apoyo unipodal, ojos cerrados, multidireccional.

¿Cuanto tiempo se debe realizar cada ejercicio en esta fase? ¿Con que frecuencia se han de realizar las sesiones en esta fase? El protocolo de Bernier -uno de los mas interesantes descritos en la literatura- se desarrolla a lo largo de seis semanas con una pauta de 10 minutos de trabajo diario y una frecuencia de tres días a la semana. El trabajo se realiza en carga exclusivamente⁸. La progresión tiempo de ejercicio/tiempo de reposo descrita por estos autores se puede ver reflejado en la Tabla 1. Dichos autores planteaban en las conclusiones de su estudio que este programa de 10 minutos 3 días a la semana, aunque había mostrado resultados positivos, podría resultar insuficiente. Nosotros proponemos, en base a esta reflexión, pautar 15 minutos de tratamiento con una frecuencia diaria.

- Trote.
 - Trazado recto .
 - Sobre superficie plana.
 - Progresión hacia carrera continua.
- Subir y bajar peldaños.
 - Hacia adelante.
 - Hacia atrás.
- Fase de giro, cambio de dirección y salto.
 - Carrera continua en forma de ocho, progresando de círculos amplios a pequeños y aumentando progresivamente de velocidad (en ambas direcciones).
 - Deslizamientos laterales de co-contracción y en tabla de deslizamiento.
 - Ejercicios de salto (con ojos abiertos y con ojos cerrados en todas las direcciones) y trote en minitrampolín.
 - Ejercicios pliométricos: comenzar a una altura cómoda (entre 15 y 30 cm) aumentar de forma progresiva según tolerancia.
- Fase de preparación a las actividades específicas del deporte.

- Series de carrera rápida.
- Maniobras de cruce o cariocas.
- Carreras de cuatro esquinas.
- Fase de actividades específicas del deporte.
 - Ejercicios específicos e cada deporte (fintas por reacción, cariocas en defensa...) sacados del contexto de juego.

RESUMEN

Las lesiones ligamentosas, en especial los esguinces, son una de las más frecuentes en la articulación del tobillo de los deportistas. Entre el 10 y el 30% de los casos, según las series, desarrollan una inestabilidad funcional en base a un déficit del control neuromuscular y propiocepción. Esta circunstancia favorece la recurrencia de la lesión, pudiendo desembocar, a la larga, en una inestabilidad mecánica de la articulación. El abordaje terapéutico de esta patología debe hacer especial énfasis en la rehabilitación de la propiocepción, además de la potenciación muscular de los músculos periarticulares y la recuperación del balance articular. La reeducación propioceptiva a dicho nivel tiene cómo objetivo la recuperación de la capacidad neuromuscular mediante la estimulación coordinada de todos los elementos que componen los sistemas de información y control articular, tanto a nivel periférico como central. Revisamos en este trabajo los principales aspectos sobre el tema expuestos en la literatura, analizando la evidencia científica con la que se cuenta en la actualidad.

Palabras clave: Tobillo. Inestabilidad articular. Propiocepción .

SUMMARY

Ligamentous injuries, especially sprains, are the most common sports ankle trauma. Among 10 and 30% of the cases, depending on the group, it develops a functional instability based on a proprioceptive impairment and a neuromuscular control deficit. This circumstance favours the

recurrence of the injury and it may end in a mechanical joint instability. The therapeutic approach of this pathology must especially emphasize the proprioceptive rehabilitation, the joint muscle strength training and the restoration of the ankle range of motion. The aim of the proprioceptive rehabilitation is to recover the neuromuscular capa-

city by means of the coordinated stimulation of all the information and joint control elements. In this paper, we check the main aspects published on this topic analyzing the current scientific evidence.

Key words: Ankle. Joint instability. Proprioception.

B I B L I O G R A F Í A

- Hertel J.** Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Med* 2000;29:361-71.
- Richie DH.** Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: a comprehensive review. *J Foot Ankle Surg* 2001;40:240-51.
- Coarasa A, Moros MT, Villarroya A, Ros R.** Reeducción propioceptiva en la lesión articular propioceptiva: bases teóricas. *Arch Med Dep* 2003;97:419-26.
- Lephart SM.** Restablecimiento de la propiocepción. En: Prentice EW, ed. *Técnicas de la rehabilitación en la medicina deportiva*. Barcelona: Paidotribo, 1999;139.
- Nyland J, Brosky T, Currier D.** Review of the afferent neural system of the knee and its contribution to motor learning. *J Orthop Sport Phys Ther* 1994;1:2-11.
- Grigg P.** Peripheralneural mechanism in proprioception. *J Sport Rehab* 1994;3:2-17.
- Gandevia SC, McClosky DI, Burke D.** Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends Neurosci* 1992;15:62-5.
- Rymer WZ, D'Almeida A.** Joint position sense: the effects of muscle contraction. *Brain* 1980;103:1-22.
- Edin B, Abbs JH.** Finger movements responses of cutaneous mechanoreceptors in the dorsal skin of the human hand. *J Neurophysiol* 1991;65:657-60.
- Bernier JN, Perrin DH.** Effect of coordination on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sport Phys Ther* 1998;27:264-74.
- Guskiewicz KM, Perrin DH.** Research and clinical applications of assessing balance. *J Sport Rehab* 1996;5:25-44.
- Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL.** Proprioception of the ankle and the knee. *Sports Med* 1988;3:149-55.
- Voight ML, Cook G.** Clinical application of closed kinetic chain exercise. *J Sport Rehab* 1996;5:25-44.
- Nashner LM, Cordo PJ.** Relation of automatic responses and reduction-time voluntary movements of human legs muscles. *Exp Brain Res* 1988;43:395-405.
- Lephart SM, Henry TJ.** Functional rehabilitation for the upper and lower extremity. *Orthop Clin North Am* 1995;26:25-44.
- Skinner HB, Barrack RL, Cook SD.** Age-related decline in proprioception. *Clin Othop* 1984;2:208-11.
- Smith RL, Brunoli J.** Shoulder kinesthesia after shoulder dislocation. *Phys Ther* 1989;69:106-12.
- Gross MT.** Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgements of joint position. *Phys Ther* 1987;67:1505-9.
- Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clerq D.** Proprioception and muscle strength in subjects with a story of ankle sprains and chronic instability. *J Ath Train* 2002;37:487-93.
- Wilkerson JB.** Ankle injuries in athletes. *Primary Care* 1992;19:377-92.

21. **Colliander E, Eriksson E, Herkel M.** Injuries in swedish elite basketball. *Orthopedics* 1986;9:225-7.
22. **Garrick JG.** The frequency of injury, mechanism of injury and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1977;5:241-2.
23. **Solanellas P.** Reprogramación neuromotriz en el esguince del ligamento lateral externo del tobillo. *Arch Med Dep* 1998;65:223-5.
24. **Freeman MA, Dean MR, Hanman IW.** The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg* 1965;47:678-85.
25. **Wilkerson GB, Nitz, AJ.** Dynamic ankle stability: mechanical and neuromuscular interrelationships. *J Sport Rehabil* 1994;1:43-57.
26. **Tropp H.** (1986). Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med* 1986;7:291-4.
27. **Baunhaumer JF, O'Brien T.** Surgical considerations in the treatment of ankle instability. *J Ath Train* 2002;37:458-62.
28. **Wright IC, Neptune R, Van de Bogert AJ, Nigg BM.** The influence of foot positioning on ankle sprains. *J Biomech* 2000;33:513-9.
28. **Friden T, Zätterström R, Linstrand A.** A stabilometric technique for evaluation of lower limb instabilities. *Am J Sports Med* 1989;17:118-22.
30. **Lentell GL, Katzman LL, Walters MR.** The relationship between muscle function and ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990;11:605-11.
31. **Garn SN, Newton RA.** Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Phys Ther* 1988;68:1667-71.
32. **Glencross D, Thorton E.** Position sense following joint injury. *J Sports Med Phys Fitness* 1982;21:23-7.
33. **Harstell HD.** The effects of external bracing on joint position sense awareness for the cronicly unstable ankle. *J Sport Rehabil* 2000;(9):279-89.
34. **Konradson, et al.** Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop Scand* 1990;61:388-90.
35. **Cornwall MW, Murrell W.** Postural sway following inversion sprain of the ankle. *J Am Podiatr Med Assoc* 1991(81):243-7.
36. **Lephart SM, Fu TH.** The role of proprioception in the treatment of sports injuries. *Sport Exerc Inj* 1995;1:96-102.
37. **Case WS.** Ankle injuries. En: Sanders B ed. *Sports Physical Therapy*. Norwalk: Appelton and Lange, 1990;456-64.
38. **Chen SC.** Foot and ankle injuries. En: Helal B, King JB, Grange WJ eds. *Sport Injuries and their treatment*. Cambridge: Chapman and Hall 1986;421-6.
39. **Freeman MA.** Coordination exercises in the treatment of functional instability of the foot. *Physiotherapy* 1965;91:393-5.
40. **Gaufin H, Tropp H, Odenrick P.** Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *Iny J Sports Med* 1988;9:141-4.
41. **Guirao L, Martinez C, Iborra J, Pagés E, Cuxart A.** Lesiones ligamentosas de tobillo. Orientación diagnóstica y terapéutica. *Rehabilitación (Madr)* 1997;31:304-10.
42. **Lorza G.** La reeducación propioceptiva en la prevención de las lesiones en el baloncesto. *Arch Med Dep* 1998;68:517-21.
43. **Guirao L, Plegezuelos E, Pérez Mesquida MA.** Tratamiento funcional del esguince de tobillo. *Rehabilitación (Madr)* 2003;38:182-7.
44. **Mascaro A.** Aportaciones de la propiocepción a las inestabilidades articulares en el medio deportivo. *Arch Med Dep* 1999;74: 621-6.
45. **Holme E, Magnusson SP, Becher K, Bieler T, Aagaard P, Kjaer M.** The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain. *Scand J Med Sci Sports* 1999;9:104-9.
46. **Eils E, Rosebaum D.** A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1991-8.
47. **Matsusaka N, Yokoyama S, Tsurusaki T, Inokuchi S, Okita M.** Effect of ankle disk training combined with tactile stimulation to the leg and foot on functional instability of the ankle. *Am J Sports Med* 2001;30:25-30.44.
48. **Ross SE, Guskiewicz KM.** Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of

- subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankles. *Clin J Sport Med* 2006;16(4):323-8.
49. **Kaminsky TW, Buckley BD, Powers ME, Hubbard TJ, Ortiz C.** Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* 2003;37:410-5.
50. **Zoch C, Fialka V, Quittan M.** Rehabilitation of ligamentous ankle injuries: a review of recent studies. *Br J Sports Med* 2003;37(4):291-5.
51. **Van Der Wees.** Effectiveness of exercise therapy and manual mobilisation in ankle sprain and functional instability: a systematic review. *Aust J Physioth* 2006;52(1):27-37.
52. **De Vries JS, Krips R, Sierevelt IN, Blankevoort L, van Dijk CN.** Interventions for treating chronic ankle instability. Art. No.: CD004124. DOI: 10.1002/14651858.CD004124.pub2. The Cochrane Library. issue 3. 2006
53. **Ankle sprain guideline.** Institute for Clinical Systems Improvement (ICSI). 2006 Mar.