

## REEDUCACION PROPIOCEPTIVA EN LA LESION ARTICULAR DEPORTIVA: BASES TEORICAS

### REHABILITATION PROPIOCEPTIVE IN JOINT INJURY ATHLETE: THEORETICAL BASIS

#### INTRODUCCIÓN

El fortalecimiento muscular equilibrado y la corrección de la atrofia constituyen un pilar básico en el tratamiento del paciente con insuficiencia ligamentaria. Sin embargo, la normalización de la deficiencia muscular no siempre elimina la necesidad de cirugía ni garantiza el éxito de un programa de rehabilitación postquirúrgica. La historia natural de muchas alteraciones cápsuloligamentosas se ha descrito como un proceso de deterioro articular progresivo con episodios recurrentes de inestabilidad y evolución hacia el daño del cartílago<sup>1</sup>, lo cual explica una actitud intervencionista especialmente en el deportista. Pese al perfeccionamiento técnico y a los avances logrados, todavía existe cierta imprevisión del resultado quirúrgico sin la mejoría esperada en algunos pacientes. Estos hechos han obligado a considerar la influencia de otros factores en la persistencia de la inestabilidad sintomática y en la última década se ha profundizado en el conocimiento de la morfología y fisiología de la inervación sensorial así como en la comprensión de los mecanismos de control neuromuscular, con un interés creciente en el método terapéutico de reeducación propioceptiva. Se revisan en el presente artículo aspectos conceptuales de este tipo de tratamiento.

#### PAPEL DEL SISTEMA AFERENTE

La estabilidad articular resulta de la función sinérgica y armónica de una serie de factores

estáticos y dinámicos que son interdependientes (Figura 1). De esta dependencia deriva que la lesión de uno de los elementos influye directa o indirectamente en el funcionamiento de los otros y que por lo general se requiera la lesión de más de uno de los elementos para producir síntoma de inestabilidad, lo que hace que la orientación terapéutica sea difícil en muchos casos.

Las cápsulas y los ligamentos son elementos pasivos primarios para la estabilidad y cinemática normal de las articulaciones, ofreciendo resistencia al movimiento anómalo cuando se ejerce una presión. Los músculos, en especial los músculos biarticulares del miembro inferior, pueden ayudar con efectos viscoelásticos pasivos sin necesidad de activarse -y por tanto sin consumo energético- gracias a sus propiedades anatómicas, con una rigidez propia que les confiere eficacia para una acción dominante de frenado y para el ajuste simultáneo de la posición de varios segmentos. Además, este tono pasivo de los músculos permite monitorizar estructuras ligamentosas. Así por ejemplo, se califica al semimembranoso de motor de las estructuras posterointernas de la rodilla tensándolas en flexión. Contribuyen también en el soporte estático de la estabilidad articular otros elementos como la geometría articular en carga, el sinclitismo rotatorio y ciertas estructuras especiales como los meniscos en la rodilla o el rodete glenoideo en el hombro.

La musculatura es el efector de la estabilidad dinámica al contraerse bajo control voluntario

**A. Coarasa  
Liron de  
Robles<sup>1</sup>**

**M.I. Moros  
García<sup>2</sup>**

**A. Villarroya  
Aparicio<sup>2</sup>**

**R. Ros Mar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Servicio de  
Rehabilitación.  
Clínica Quirón.  
Zaragoza

<sup>2</sup>Departamento  
de Fisiatría.  
Universidad  
de Zaragoza

#### CORRESPONDENCIA:

Ana Coarasa. C/ Amantes de Teruel nº 4. 50012 Zaragoza

**Aceptado:** 19-12-2002 / Revisión nº 169

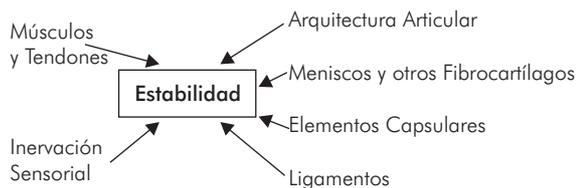


FIGURA 1.-  
Factores de estabilidad  
articular

o reflejo. El tono activo de los músculos varía en respuesta a diversos estímulos mecánicos, térmicos o dolorosos, mientras simultáneamente ejecutan el objetivo funcional del movimiento impuesto por el sujeto. Las articulaciones están dotadas de una extensa inervación aferente con receptores capaces de detectar la posición de los extremos óseos, la velocidad, dirección, aceleración y frenado del movimiento, la presión y el estiramiento así como el dolor asociado a la sobrecarga articular. La función de un mecanorreceptor es traducir una deformación del tejido en señal neural de frecuencia modulada. La existencia de mecanorreceptores en las cápsulas y ligamentos hace que estas estructuras, más allá de su función mecánica, puedan comportarse también como órganos dinámicos al desencadenar actividad muscular sinérgica de forma refleja. El papel sensorial de los ligamentos parece aportar, como ya propusieron Kényed *et al*<sup>2</sup>, retroalimentación neurológica con un efecto regulador de la contracción de la musculatura periarticular que sirve de protección ante tensiones excesivas. Es tema de debate actual el grado de contribución de las aferencias articulares sobre el sistema de frenos dinámicos<sup>3</sup>.

La interrelación entre los estabilizadores pasivos y activos se establece por tanto a través de biosensores, de modo que el movimiento articular final resulta de múltiples estímulos sensoriales que son recibidos y procesados en diversos niveles del sistema nervioso central. La transformación de la información neural en energía física se conoce como control neuromuscular, siendo su resultado final la actividad muscular programada a partir de los mensajes aferentes<sup>4</sup>. Los mecanismos que se han implicado en la regulación de la reactividad muscular van desde los reflejos protectores ligamentoso-musculares a la modulación fina

del tono muscular agonista-antagonista. Realmente toda la actividad motora, sea postural o dinámica, consciente o subconsciente, necesita no sólo la normalidad del efector músculo-articular sino también de los automatismos sensoriomotores integrados en un programa óptimo de funcionamiento alimentado continuamente por la información sensorial. Las aferencias sensoriales resultan esenciales en la programación motriz, incluso si la automatización viene a limitar su papel en la ejecución del movimiento, en cuyo caso estas aferencias sensoriales se tratan como señales detectoras de error y constituyen un sistema informativo plurimodal<sup>5</sup>.

El sistema aferente representa así dos papeles fundamentales: participar por un lado en la percepción sensorial articular (propiocepción consciente), y por otro mantener la estabilidad articular y controlar el movimiento de un modo preciso iniciando y modulando el trabajo muscular.

## PROPIOCEPCION

La conciencia del cuerpo y su relación con el entorno viene mediada por el fenómeno sensitivo. A lo largo del tiempo se han ido dando numerosas denominaciones de la sensibilidad de las estructuras musculares y articulares que se ha descrito como sensibilidad profunda, propiocepción, cinestesia, sentido de la posición, sentido muscular... Las discrepancias en la terminología, unido a la falta de uniformidad en las clasificaciones de la sensibilidad por los fisiólogos, han conducido a cierta confusión en el ámbito terapéutico, hecho reflejado en diversas revisiones<sup>6-9</sup>.

En 1833 Sir Charles Bell ya habla por primera vez de un "sexto sentido" o sentido muscular. Neurólogos franceses contemporáneos como Duchenne y Charcot conceden importancia a las sensaciones articulares y para Bastian (1888) el mecanismo cinestésico es un complejo de sensaciones articulares en el que se incluyen también aquellas en que no se realiza movimiento.

Un siglo después Sherrington y Adrian reciben el premio Nobel por su trabajo sobre los mecanismos de la sensación, siendo los primeros en describir la sensibilidad propioceptiva como aquella que abarca una serie de impresiones sobre el estado funcional de las articulaciones y los músculos pudiendo ser consciente (conocimiento de los movimientos pasivos y activos y de la posición de una parte del organismo) e inconsciente (equilibrio, tono, coordinación muscular). También existe una sensibilidad propioceptiva especial que es la del laberinto (nervio vestibular). Frente a la sensibilidad del sistema propio (huesos, articulaciones y músculos), se describen la sensibilidad exteroceptiva (general: tacto, presión, dolor y temperatura y especial: vista, oído y olfato) y la interoceptiva.

Head en 1914 divide la sensibilidad en superficial, que puede ser epicrítica o discriminativa y protopática con carácter protector y más primitiva filogenéticamente, y sensibilidad profunda que proviene de huesos, aponeurosis, músculos, tendones y tejidos articulares y abarca principalmente presión, dolor, vibraciones profundas y sensación de movimiento. Strümpell en 1924 organiza la sensibilidad en siete variantes: sensibilidad táctil, que puede ser superficial cutánea o profunda de fascias, músculos etc.; sensibilidad al calor y al frío; sensibilidad al dolor; sensación de presión que sólo afecta a sensaciones originadas en zonas profundas mientras que las sensaciones cutáneas se llaman "sensaciones de contacto"; sensibilidad para la distensión mecánica en zonas profundas que corresponde al llamado sentido muscular o de la movilidad o de la posición, siendo la facultad de tener la noción, sin el auxilio de la vista, de las posiciones de los miembros y también de los movimientos efectuados por ellos y se atribuye a los husos musculares y a otros nervios sensitivos con aparatos terminales especiales; la sensibilidad electro-cutánea recoge sensación de las vibraciones; el sentido estereognóstico permite reconocer el tamaño, forma, dureza y constitución de los objetos, siendo resultado del uso complejo de sensaciones cutáneas asociadas a sensaciones de movimiento y posición.

Guyton<sup>10</sup> y otros fisiólogos clasifican las sensaciones somáticas en sentidos termorreceptivos, sentido del dolor y sentidos mecanorreceptivos, estimulados éstos últimos por el desplazamiento mecánico de algún tejido corporal abarcando tacto, vibración y presión (sentidos táctiles) y el sentido cinestésico que señala la posición relativa de las partes del cuerpo y su movimiento. Algunos autores como Solomonow<sup>11</sup> definen el sentido muscular como el que concierne a la información de receptores musculares especializados (relativa a la longitud muscular y velocidad de estiramiento) y siempre es subconsciente, aunque otros apuntan la posible existencia de un sentido muscular consciente todavía no probado<sup>10,12</sup>. El sentido de la posición requiere información de diferentes receptores, no sólo articulares sino también de la piel y de los tejidos profundos y admite dos variantes: el sentido de la posición estática o estatoestesia y la cinestesia.

Las escuelas francesas<sup>12</sup> consideran que la propiocepción incorpora el sentido de la posición de los segmentos articulares, la sensación de movimiento y también la sensación de desarrollo de la fuerza que puede ser consciente. Revel y Morin<sup>13</sup> agrupan en la propiocepción la sensibilidad vibratoria, la sensibilidad al dolor de los músculos y la sensibilidad articular o percepción consciente del desplazamiento de un segmento del miembro respecto a otro y la apreciación de la posición de un segmento.

Mountcastle y Willis refieren la propiocepción como la conciencia de la posición de las extremidades y la cinestesia como la conciencia del movimiento de las articulaciones mientras que Lephart cataloga la propiocepción como una variedad especializada del sentido del tacto que incluye la apreciación consciente e inconsciente del movimiento (cinestesia) y de la posición articular (sentido de la posición articular)<sup>8</sup>. La propiocepción consciente es esencial para el funcionamiento apropiado de las articulaciones y la de tipo inconsciente modula la función muscular e inicia la estabilidad refleja. La mayoría de los autores insisten hoy en que la propiocepción emplea sensibilidades tanto exteroceptivas como propioceptivas.

## ALTERACIÓN PROPIOCEPTIVA

Los métodos de exploración funcional han revelado algunos factores que influyen sobre la propiocepción. Se ha demostrado la ausencia de diferencia de los índices funcionales propioceptivos en ambos sexos y entre las extremidades del lado derecho e izquierdo, pero sí que éstos varían con la edad<sup>14,15</sup>. El trastorno propioceptivo que ocurre en el envejecimiento fisiológico se manifiesta en una disminución de la velocidad de la marcha, acortamiento del paso, lentitud o torpeza al subir escaleras, etc. Hay quien opina que la pérdida de propiocepción con la edad puede favorecer el desarrollo de artropatía degenerativa, de manera que algunas artrosis primitivas no etiquetadas podrían ser debidas a esta alteración<sup>16</sup>. El defecto cinestésico en las osteoartritis fue demostrado por Barret *et al*<sup>17</sup> y confirmado en numerosos estudios de los últimos años.

El beneficio de la actividad físico-deportiva en la propiocepción viene apoyado por un aumento de los índices cinestésicos en bailarinas entrenadas<sup>14</sup> y en gimnastas<sup>18</sup>. Se han realizado algunos ensayos clínicos longitudinales que comprueban un papel preventivo del entrenamiento propioceptivo en las lesiones deportivas del miembro inferior<sup>19,20</sup>.

El ejercicio fatigante parece reducir la propiocepción en las experiencias<sup>21</sup> de forma que los individuos desacondicionados o con superior fatigabilidad pueden carecer de suficiente capacidad somatosensorial para la estabilidad dinámica. Los trastornos perceptivos, con una mala interpretación de la información sensorial, también pueden alterar los programas de ajuste del tono muscular<sup>4</sup>.

La lesión articular produce alteración de la sensibilidad propioceptiva. La información sensorial aberrante procede no sólo de la lesión ligamentosa sino también del derrame, la inmovilización, el trauma quirúrgico y el desuso posterior, elementos todos ellos que perturban el sistema propioceptivo. Además de los efectos perjudiciales de la inmovilización en las propiedades biológicas de todos los tejidos, la

ausencia de tensiones impide la estimulación sensorial propioceptiva de músculos, tendones y estructuras articulares. Existen estudios que demuestran la inhibición funcional muscular y la pérdida de trefismo ante la distensión capsular, ya que el derrame contribuye a la reducción de las aferencias de los mecanorreceptores<sup>4,22</sup>. Hay investigaciones que defienden que la propia lesión ligamentosa es capaz de producir por sí sola la inhibición muscular y así se ha visto que la inhibición del cuádriceps femoral en la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) puede persistir hasta tres meses cuando ya no hay factor de distensión capsular<sup>23</sup>.

En la última década se ha confirmado la alteración propioceptiva en la disrupción de diversos ligamentos, especialmente en rodilla y tobillo. Igualmente se ha constatado que la reconstrucción mecánica del ligamento no es suficiente para recuperar el defecto sensitivo, de manera que pacientes en quienes clínicamente no se detecta laxitud tras la cirugía refieren disfunción y presentan alteración de los índices funcionales cinestésicos, lo cual podría ocurrir por información aberrante procedente de mecanorreceptores<sup>24</sup>. Hay trabajos que evidencian que la propiocepción tarda en recuperarse más de un año en la insuficiencia ligamentosa crónica a pesar del tratamiento y se comprueban trastornos electromiográficos hasta diez años después del injerto<sup>25,26</sup>. Realmente los índices funcionales cinestésicos han demostrado una pobre correlación con tests clínicos forzados para explorar estabilidad y con mediciones mediante artrómetro KT-1000. Por el contrario, hay una alta correlación entre los índices de cinestesia y el índice de satisfacción del paciente<sup>27</sup>.

Actualmente sigue existiendo controversia sobre la causa última del déficit propioceptivo tras la lesión o el injerto ligamentoso, discutiendo si se produce por trastorno de los mecanorreceptores o por trastorno del sistema nervioso central con modificaciones compensadoras (origen central versus periférico). Parece que los mecanorreceptores se mantienen morfológicamente normales hasta los tres meses tras la lesión del

LCA de la rodilla, después el número de los mismos decrece y a los nueve meses sólo se observan unas pocas terminaciones libres que pueden llegar a desaparecer<sup>3</sup>. Algunos autores han considerado la posibilidad de reinervación del injerto de forma paralela al proceso de revascularización y ligamentización. Sin embargo, el problema es muy complejo ya que los órganos nerviosos del injerto degeneran si no les llega un axón regenerado, siendo difícil la reinervación de los corpúsculos intraligamentosos del injerto autólogo e inexistente en el ligamento artificial. Otros hechos parecen defender la importancia de mecanismos centrales, como los cambios vistos en las estrategias posturales<sup>28,29</sup> o la observación de una alteración propioceptiva simultánea en el lado sano<sup>30</sup>.

En todo caso la lesión articular afecta a los mensajes aferentes resultando estos ausentes o confusos lo cual produce la inhibición de los mecanismos musculares reflejos que permiten la compensación inmediata ante alteraciones inesperadas. Las aferencias sensoriales normalmente aseguran el control de los programas motores adquiridos por el aprendizaje durante el desarrollo neurológico y en el entrenamiento<sup>12,31</sup>. Su pérdida, incluso transitoria, produce una desprogramación sensitivo-motriz de manera que los músculos se encuentran relajados cuando deberían estar contraídos, con una actividad incoordinada y el consiguiente defecto de la capacidad estabilizadora de la articulación. Estas respuestas musculares inadaptadas van creando un esquema corporal patológico del movimiento que a su vez favorece la recidiva lesional y agrava progresivamente en un círculo vicioso la inestabilidad (Figura 2). Así, el defecto propioceptivo favorece el fallo agudo articular pero sobre todo en el deportista, tiene un papel más destacado en la etiopatogenia de la recurrencia y cronicidad de la lesión<sup>8,24</sup> y además impide la rehabilitación completa y resta eficacia a la cirugía.

## REEDUCACIÓN PROPIOCEPTIVA

La recuperación del control neuromuscular del movimiento y de la estabilidad después de la

lesión articular es la base del entrenamiento propioceptivo. La reeducación propioceptiva en esencia consiste en una serie de ejercicios y actividades que se organizan en diferentes jerarquías según el objetivo neurofisiológico inmediato a lograr y las modalidades sensoriales utilizadas, teniendo como finalidad adquirir esquemas automáticos o reflejos de coordinación neuromotriz que darán seguridad al paciente para el retorno a la vida deportiva.

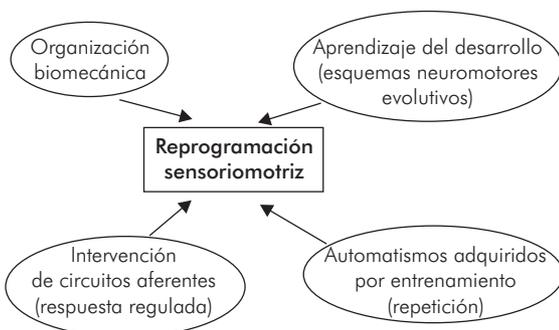
La denominación genérica de reeducación o trabajo propioceptivo ha sido considerada inadecuada o excesivamente restrictiva. Sin embargo, dicha terminología -plenamente implantada en el ámbito de la rehabilitación y de la medicina deportiva- queda justificada por el uso siempre que se tengan presentes dos aspectos. Aunque los receptores articulares y musculares son los más solicitados durante la reeducación, se emplean tanto estímulos propioceptivos como exteroceptivos de manera que realmente se realiza una estimulación multimodal de los receptores de la zona anatómica afectada, integrando estas sensaciones periféricas con aferencias visuales, vestibulares, cervicales e incluso psicósomáticas. Por otro lado, tiene un gran interés la calidad de la respuesta muscular evocada y así se intenta desencadenar una reactividad muscular de carácter reflejo o automático que resulta más rápida y económica que la respuesta motora producida bajo control cortical consciente. Dicho de otro modo, el trabajo propioceptivo debe diseñarse para desarrollar las características aferentes y eferentes que aumentan la capacidad del sistema de frenos dinámicos. A este respecto se estima más acertado el término "reeducación sensitivo-perceptivo-motriz"<sup>32</sup>, que implica al sistema sensorial periférico, al sistema perceptivo central y al sistema motor.



FIGURA 2.-  
Recurrencia lesional

Las escuelas francesas han defendido la denominación “reprogramación neuromotriz”, aunque se trata de un concepto más amplio y global de rehabilitación<sup>33</sup> que no sólo hace llamada a la estimulación sensorial para provocar y recuperar respuestas motoras moduladas, sino que también supone plasticidad del tejido nervioso y posibilidad de reaprendizaje por parte de estructuras centrales. Se han diferenciado en el programa neuromotor diferentes niveles (Figura 3) que responden a distintas posibilidades de intervención terapéutica<sup>13</sup>. El primer nivel corresponde al capital y organización del dispositivo osteoarticular, muscular y nervioso, existiendo en cada especie un cierto número de programas presentes en el recién nacido. El segundo nivel representa los mecanismos adquiridos durante el aprendizaje neuromotor (libertad gestual, equilibrio, locomoción, etc.). El tercero incluye los automatismos conseguidos durante el entrenamiento dirigido y un cuarto nivel concierne al control motor por aferencias sensitivas.

Las técnicas propioceptivas en la lesión articular forman una parte de ese concepto de rehabilitación sensoriomotriz o reeducación neuromuscular que incorpora una serie de enfoques del ejercicio terapéutico basados en principios neurofisiológicos y que utilizan la información sensorial para facilitar o inhibir el movimiento, apoyándose en la posibilidad de recuperación postlesional gracias al aprendizaje. Estos conceptos de reeducación en la práctica hay que referirlos a la zona anatómica lesionada y al tipo de afectación. Se puede así hablar de reeducación propioceptiva de la rodilla y por el



**FIGURA 3.-**  
Elementos de  
intervención en el  
programa motor

contrario no hablaríamos de reeducación propioceptiva de la hemiplejía, en la cual emplearíamos otros métodos para lograr esquemas motores adecuados (reflejos posturales, reacciones del neurodesarrollo, etc.). Las técnicas analíticas no pueden por ellas solas recuperar la función pero sí son indispensables para reforzar los elementos periféricos deficitarios<sup>34</sup>. La reeducación propioceptiva parte del postulado de desaferentización funcional u orgánica de la zona anatómica concreta y su denominador común es la sollicitación del circuito sensoriomotor en su totalidad, considerando el soporte neurofisiológico de la región concerniente.

## RESUMEN

La propiocepción, en el contexto de la lesión deportiva, se relaciona con el control neuromuscular del movimiento y de la estabilidad articular. El presente artículo trata de revisar algunos aspectos teóricos que fundamentan el tratamiento conocido como trabajo propioceptivo. El sistema aferente, además de contribuir a la percepción de las sensaciones de movimiento y de la posición articular, tiene un importante papel en los frenos dinámicos de estabilidad articular. Existe cierta confusión en la terminología de las sensaciones articulares e igualmente sobre la definición de la propiocepción. Se conocen diversos factores que han demostrado su influencia en este tipo de sensibilidad, como son la edad, la actividad física, el entrenamiento, la fatiga y el deterioro del cartílago articular. La alteración de la propiocepción sucede tras la lesión de las cápsulas y ligamentos y este defecto sensorial parece ser muy prolongado, no estando claro el origen central o periférico del trastorno propioceptivo. La consecuencia de la desaferentización es la alteración de los programas motores que parece predisponer a la recidiva lesional en el deportista. Finalmente, se presentan las bases conceptuales y los objetivos de la reeducación propioceptiva.

**Palabras clave:** Propiocepción. Lesión deportiva. Rehabilitación.

**B I B L I O G R A F I A**

1. **Fetto JF, Marshall JL.** The natural history and diagnosis of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop* 1980;147:29-38.
2. **Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC.** Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* 1982;10:329-35.
3. **Hogervorst T, Brand RA.** Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1365-78.
4. **Swanik CB, Lephart SM, Giannantano FP, Fu FH.** Reestablishing proprioception and neuromuscular control in the ACL injured athlete. *Human Kinetics Publishers* 1997;182-206.
5. **Oña Sicilia A, Serra de l'Hotellerie-Fallos E, Martin Llaudes N, Padial Puche P, Gutiérrez Dávila M.** El control de la información en la respuesta motora de reacción. *Arch Med Dep* 1990;7:345-51.
6. **Rhoades RA, Tanner GA.** *Fisiología Médica* Barcelona: Masson, 1997;70-127.
7. **Asiron Yribarren PJ.** Propriocepción. Bases fisiológicas. En: *Rehabilitación y deporte*, de Gonzalez Iturri, J.J. Colección de monografías de medicina del deporte. Pamplona: Ed. Archivos de medicina del deporte, 1991;38-42.
8. **Lephart S.** Restablecimiento de la propiocepción, la cinestesia, el sentido de la posición de las articulaciones y el control neuromuscular en la rehabilitación. En: *Técnicas de Rehabilitación en la Medicina Deportiva*, de Prentice, W.E. Barcelona: Paidotribo, 1997;138-58.
9. **Mascaró Vilella A.** Aportaciones de la propiocepción a las inestabilidades articulares en el medio deportivo. *Arch Med Dep* 1999;16:621-6.
10. **Guyton AC.** *Tratado de Fisiología Médica*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2001;712-29.
11. **Solomonow M, d'Ambrosie R.** Arcos reflejos nerviosos y control muscular de la estabilidad y movilidad de la rodilla. En: *La rodilla lesiones del ligamento y el mecanismo extensor*, de Norman Scott, W. Barcelona: Mosby, 1992;227-37.
12. **Mayoux-Benhamou MA, Revel M.** Propriocepción el rééducation. En: *Rééducation des traumatismes sportifs*. de Rodineau J, Simon L. collection Actualités en Medicine du Sports. París: Masson, 1990;31-32.
13. **Revel M, Marin C.** Le reprogrammation sensori-motrice. En: *Kinesithérapie et rééducation fonctionnelle*. 1990; 26060A10, París: Encyclopédie Médico Chirurgicale.
14. **Barrack RL, Skinner HB, Brunet ME.** Joint kinesthesia in the highly trained knee. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 24:18-20.
15. **Friden T, Roberts D, Zatterstrom R, Lindstrand A, Moritz U.** Proprioception in the nearly extended knee, measurements of position and movement in healthy individuals and in symptomatic anterior cruciate ligament injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1996;4:217-24.
16. **Sharma L, Pa YC.** Impaired proprioception and osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 1997;9:253-8.
17. **Barrett Ds, Cobb Ag, Bentley G.** Joint proprioception in normal osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:53-6.
18. **Lephart SM, Fu FH, Irrgang JJ.** Proprioceptive characteristics of trained an untrained college female. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:4.
19. **Ekstrand J, Lundmark A.** Can sports injuries be prevented? Troubling shortage of controlled trials on the effects of preventions (abstract). *Lakartidningen* 1998;95:4244-8.
20. **Caraffa A, Cerulli G, Progetti M, Aisa G, Rizzo A.** Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1996; 4:19-21.
21. **Lattanzio PJ, Petrella RJ, Sproule JR, Fouler PJ.** Effects of fatigue on Knee proprioception. *Clin J Sport Med* 1997;7:22-7.
22. **Snyder-Mackler L, De Luca PF, Williams PR, Eastlack ME, Bartolozzi AR.** Reflex inhibition of the quadriceps femoris muscle after injury. *J Bone JT Surg SER A* 1994;76:555-60.
23. **Hurley MV.** The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. *Man Ther* 1997;2:11-7.
24. **Jerosch J, Prymka M.** Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage. *Arch Orthop Trauma Surg* 1996;115:162-6.
25. **Fremerey RW, Lobenhoffer P, Born I, Tscherne H, Bosch U.** The role of ACL reconstruction on restitution of proprioception in chronic anterior instability of Knee. A prospective longitudinal study. *Unfallchirurg* 1998; 101:697-703.
26. **Fink C, Hoser C, Benedetto KP, Judmaier W.** Neuromuscular changes in the knee stabilizing muscles after rupture of the anterior cruciate ligament. *Sportverletz-Sportschaden* 1999;8:25-30.

27. **Jerosch J, Schaffer C, Prymka M.** Proprioceptive abilities of surgically and conservatively treated knee joint with injuries of cruciate ligament. *Unfallchirurg* 1998;101:26-31.
28. **Valeriani M, Restuccia D, Di-lazzaro V, Franceschi C, Fabbriciani U.** Central nervous system modifications in patients with lesion of the anterior cruciate ligament of the knee. *Brain* 1996;119: 1751-62.
29. **Pap G, Machner A, Awiszus F.** Proprioceptive deficits in anterior cruciate ligament deficient knees: Do they really exist? *Sport Exerc Inj* 1997;3:138-42.
30. **Zatterstrom R, Friden T, Lindstrand A, Moritz U.** The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1994;22:531-6.
31. **Aparicio F.** Rehabilitación en lesiones deportivas. Bases neurofisiológicas. *Rehabilitación (Madr)* 2002;36: 3-5.
32. **Lorza Blasco G.** La reeducación propioceptiva en la prevención y tratamiento de las lesiones en baloncesto. *Arch Med Dep* 1998;15:517-21.
33. **Cerda M, Abril C, Puig Jm, San Segundo R, Aguilar JJ.** Ejercicios terapéuticos para el tratamiento del control y la coordinación motora. *Rehabilitación (Madr)* 1996;30: 436-42.
34. **Beard DJ, Dodd CAF, Trindle HR, Simpson AHRW.** Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. A prospective randomised trial of two physiotherapy regimes. *J Bone JT Surg Ser B* 1994;76:654-9.