

Lesiones musculares en el deporte Muscular injuries in sport

José Fernando Jiménez Díaz

Facultad de Ciencias del Deporte
Universidad de Castilla la Mancha
Jefe Servicios Médicos Baloncesto Fuenlabrada

Resumen

Durante la práctica de la actividad física hay una gran incidencia de lesiones musculares, si bien se han llevado a cabo pocos estudios clínicos sobre el tratamiento y la resolución de las mismas. Desde el punto de vista etiopatogénico, hay que señalar que la incidencia de lesión es mayor en aquellos músculos poliarticulares en condiciones de acumulación de fatiga y con condiciones ambientales desfavorables. La clasificación de las lesiones musculares permite distinguir entre aquellas que no afectan a la fascia produciéndose un sangrado dentro del mismo (intramuscular) o bien si la fascia también se rompe, el sangrado se sitúa entre los diferentes músculos (intermuscular). El tratamiento de estas lesiones se realizará combinando reposo, compresión, aplicación de frío y elevación del área lesionada así como el desarrollo de un adecuado programa de readaptación funcional que permita al jugador incorporarse lo antes posible a la dinámica del equipo. En la actualidad se está llevando a cabo opciones terapéuticas con factores de crecimiento, terapia génica y células madre, si bien todavía no están lo suficientemente desarrolladas.

Abstract

During the practice of the physical activity there is a great effect of muscular injuries, though few clinical studies have been carried out on the treatment and the resolution of the same ones. Inside the reasons it is necessary to indicate that the effect of injury is major in those muscles you will polyarticulate in situation of fatigue and with environmental unfavorable conditions. The classification of the muscular injuries allows to distinguish between those that do not affect the fascia producing the bled intramuscular or if the fascia also breaks, the bled one places between the different muscles (intermuscular). The treatment will be realized combining rest, compression, application of cold and elevation of these injuries as well as the development of a program of functional readaptation that allows to the player to join as soon as possible to the dynamics of the team. At present therapeutic options are carried out by factors of growth, therapy genetic and cells mother, though still they are not sufficiently developed.

Palabras clave: Lesión, músculo, deporte.

Key Words: Injury, muscle, sport

Introducción

Durante la práctica de la actividad física hay una gran incidencia de lesiones musculares, si bien se han llevado a cabo pocos estudios clínicos sobre el tratamiento y la resolución de las mismas. Generalmente el tratamiento conservador obtiene resultados funcionales aceptables, aunque las consecuencias de una actuación inadecuada o insuficiente pueden ser muy negativas, pues retardan la vuelta del atleta a su actividad durante semanas o incluso meses. Por ello, el conocimiento de algunos principios básicos de la recuperación muscular que se van a revisar en este capítulo, supone una ayuda en la aceleración del proceso de retorno a la competición.

Las lesiones musculares son muy frecuentes en el deporte, con una incidencia que varía entre el 10% y el 55% de todas las lesiones (Garret, 1996; Beiner, 2001). Los mecanismos de producción son variados e incluyen la contusión, el estiramiento o la laceración. Las laceraciones musculares son las lesiones menos frecuentes, mientras que las contusiones y las distensiones ocurren en el 90% de todos los casos de afectación muscular (Jarvinen y Letho, 1993). La contusión del músculo se produce cuando un músculo es sometido a una fuerza repentina, de tipo compresivo, siendo más frecuente en los deportes de contacto, mientras que en aquellos en los que predominan las aceleraciones y los saltos se produce una mayor incidencia de lesiones por distensión (Crisco, 1994 y Garret, 1996).

En las distensiones musculares, la aplicación de una fuerza de estiramiento excesiva sobre el músculo, produce una tensión exagerada de las miofibrillas y por consiguiente una ruptura cerca de la unión músculo tendinosa. Estas lesiones afectan especialmente a los músculos superficiales que trabajan a través de dos articulaciones, como el recto femoral, el semitendinoso y el gastrocnemio (Kalimo y cols. 1997; Kujala y cols. 1997).

Causas y mecanismos de producción

Desde el punto de vista etiopatogénico, hay que señalar aquellas condiciones que favorecen la aparición de estas lesiones: (a) aquellos deportistas que presentan un biotipo brevilineo e hipermusculado están más relacionados con esta patología, (b) la aparición de lesiones es mayor en aquellos músculos poliarticulares especialmente de la extremidad inferior (c) el defecto o el exceso de entrenamiento, la falta de calentamiento y la acumulación de fatiga también son factores precipitantes y finalmente (d) las condiciones ambientales como el frío y la humedad, influyen notablemente en la aparición de este tipo de accidentes musculares.

Se describen a continuación las causas más frecuentes de lesión muscular:

1. Fatiga muscular: Cuando la intensidad es muy elevada o la duración de un ejercicio es muy prolongada, especialmente al final de las sesiones de trabajo, se producen alteraciones iónicas en el sarcolema que facilitan la aparición de estas lesiones musculares. Estas modificaciones tienen su origen en el exceso de sudoración que incrementa la eliminación masiva de iones y agua. También durante el proceso de fatiga muscular, se reduce la capacidad de absorber energía y de generar tensión durante la contracción excéntrica, manteniéndose conservada la capacidad de estiramiento fibrilar.

Por tanto, es necesario para retrasar el grado de fatigabilidad muscular, llevar a cabo un buen trabajo de fuerza-resistencia (Turmo, 2005), así como la realización de un correcto calentamiento y una adecuada fase de vuelta a la calma.

2. Alteraciones en el equilibrio muscular: Para llevar a cabo un movimiento existe un grupo muscular que realiza la función predominante o principal, otros que apoyan ese movimiento (sinérgicos) y otros que se oponen al mismo (antagonistas). Para que un músculo pueda contraerse correctamente, se necesita que otro se relaje permitiendo hacer el movimiento con normalidad. Si el músculo principal se contrae de forma desproporcionada con relación a su antagonista, éste a veces no soportará esa tracción y llegará a romperse durante la contracción. Por ello se precisa un entrenamiento muscular óptimo para conseguir una reducción en la incidencia de estas lesiones. Dicho acondicionamiento debe incluir trabajo de fuerza, corrección de desequilibrios y trabajo máximo de resistencia muscular para conseguir una mejora de la coordinación intermuscular.

3. Cambio de los sistemas de trabajo y de las superficies de entrenamiento: Estas modificaciones pueden ocasionar un mayor grado de fatiga muscular en grupos musculares diferentes a los habitualmente utilizados, lo que puede originar la aparición de accidentes musculares especialmente cuando se lleva a cabo una deficiente programación de cargas. Además, cuando se trabaja en diferentes superficies de entrenamiento, las inserciones musculares tienen que adaptarse a los distintos tipos de dureza del terreno. En estos casos el proceso de amortiguación no es el mismo y la fuerza que el cuerpo tiene que hacer para adaptarse a estos cambios también es diferente. Finalmente, el cambio frecuente de calzado deportivo o la práctica de una inadecuada técnica de carrera conlleva la aparición de procesos de sobrecarga que facilitan el establecimiento de este tipo de lesiones.

4. Otros factores: Son aquellos derivados de las condiciones meteorológicas (elevadas o bajas temperaturas, grado de humedad, etc.), condiciones tecnológicas (material inadecuado, mala técnica, etc.), defectos nutricionales, falta de descanso, infecciones, viajes prolongados, etc.

Proceso de reparación de las lesiones musculares

Las lesiones que afectan a las partes blandas del sistema músculo esquelético se resuelven por un mecanismo de reparación a diferencia de las lesiones del hueso que se curan por un proceso de regeneración. Ampliando este concepto se puede afirmar que el tejido óseo roto se repara mediante la regeneración de un tejido idéntico al hueso existente. En el caso de las lesiones musculares la curación se produce a través de un modelo constante, independientemente de la causa que la origine (Järvinen y cols. 2005). Dicho modelo incluye 3 fases bien diferenciadas (Hurme y cols, 1991; Kalimo, y cols. 1997) que tiene una duración aproximada de 3 semanas:

1. Fase de destrucción: en este período se produce la ruptura del tejido muscular y la necrosis de las miofibrillas con la formación de un hematoma entre las fibras rotas. Además se produce una reacción celular inflamatoria.

2. *Fase de reparación:* donde se produce la reabsorción del tejido necrotizado, la regeneración de las miofibrillas y la producción de un área de tejido conjuntivo y de nuevos vasos capilares.

3. *Fase de remodelación:* se realiza la maduración de las nuevas miofibrillas recién formadas, la reorganización del tejido que va a permitir recuperar la capacidad contráctil del nuevo músculo. Habitualmente las fases 2 y 3 se solapan en el tiempo.

Clasificación de las lesiones musculares

Cuando un músculo sufre una lesión se produce un sangrado en el mismo. Teniendo en cuenta que el flujo sanguíneo se encuentra aumentado cuando el músculo está en fase de actividad, el sangrado, en caso de lesión, dentro de este tejido se producirá rápidamente. Esta hemorragia puede ser de dos tipos dependiendo de que la fascia esté o no íntegra. Cuando la fascia está intacta se produce un tipo de hemorragia denominada intramuscular pues no excede de los límites del músculo roto. Sin embargo, cuando la fascia también se rompe como consecuencia de la agresión, se produce una hemorragia de tipo intermuscular.

La lesión intramuscular provoca un acumulo de sangre (hematoma) que se sitúa debajo de una fascia íntegra impidiendo la extensión del sangrado. En estos casos se produce un aumento de la presión en ese compartimento muscular que origina intenso dolor e impotencia muscular. La resolución de la misma ofrece mayor dificultad que aquella que tiene sangrado intermuscular y su pronóstico será peor.

En otros casos, si la fascia se rompe se produce una hemorragia intermuscular que discurre entre los vientres musculares. En esta situación el jugador refiere menos dolor y menos limitación funcional teniendo por tanto un mejor pronóstico.

Desde el punto de vista etiológico, cabe distinguir un primer apartado de lesiones producidas por un mecanismo extrínseco o choque directo, donde se incluyen las contusiones musculares. El segundo apartado lo integran, aquellas lesiones secundarias a un traumatismo intramuscular, como consecuencia de movimientos violentos y contracciones exageradas, que originan una súbita tensión de los grupos musculares y por lo tanto de sus fibras.

1. *Lesiones musculares extrínsecas:* Los traumatismos contusos en el deporte son muy frecuentes y originan lesiones que pueden afectar a un músculo o a un grupo muscular generalmente de las extremidades inferiores. Cuando el deportista recibe el impacto sobre un músculo que se encuentra en fase de contracción, la lesión afecta a las fibras más superficiales, mientras que si el impacto se recibe en fase de relajación, la lesión afecta a las fibras más profundas (Rius y cols., 2005).

Las fibras musculares son comprimidas contra el hueso, provocando la destrucción de un amplio número de ellas y la producción de un hematoma. A menudo, las fascias que envuelven los músculos también llegan a romperse.

En estos casos se origina un dolor o molestia, que puede ser escaso mientras el deportista sigue ejercitándose, pero que pocas horas después se incrementa, asociándose a rigidez, tumefacción y limitación de la amplitud de los movimientos. A veces, se acompaña de hematoma subcutáneo en muchos casos de gran volumen y de tipo fluctuante. A las pocas horas puede aparecer un tono violáceo de la piel en las zonas próximas a la lesión (Fig. 1).



Fig. 1: La rotura fibrilar del músculo bíceps femoral ocasionó en este paciente una zona hemática en la cara posterior del muslo y de la pierna.

2. *Lesiones musculares intrínsecas*: Los traumatismos intrínsecos o accidentes musculares por distensión, son secundarios a un mecanismo interno, que se origina en los movimientos violentos, donde se produce una brusca tensión de las fibras musculares. Son frecuentes en deportes donde se desarrollan acciones del juego que implican aceleraciones y desaceleraciones súbitas o imprevistas de forma que la elasticidad del músculo puede ser superada durante una activación muscular excéntrica.

Desde el punto de vista evolutivo se clasifican en (Tero, y cols. 2005): (a) lesiones agudas de aparición brusca (contracturas, elongaciones, lesiones fibrilares y rupturas musculares), cuyos síntomas son dolor agudo, edema, hematoma e incapacidad funcional y (b) lesiones crónicas o complicaciones como la fibrosis muscular, el nódulo fibroso cicatricial o hematoma enquistado y la miositis calcificante, cuya característica clínica común, es la existencia de dolor persistente o crónico.

Avanzando un grado más en el estudio de las lesiones agudas cabe distinguir aquellas que tienen una evolución autolimitada con un pronóstico favorable, no pudiéndose visualizar mediante el estudio ecográfico y aquellas que tienen una evolución prolongada y si pueden ser estudiadas mediante estas técnicas de imagen.

2.1. Lesiones benignas y que no se visualizan mediante técnicas de diagnóstico ecográfico:

2.1.1. Sobrecarga: Es habitual en este caso la presencia de molestias musculares que aparecen al iniciar la sesión de entrenamiento y que no limitan la realización del movimiento. En estos casos se produce dolor a la contracción y cuando se realiza la palpación del músculo, éste aparece doloroso y tenso.

2.1.2. Contractura muscular: se trata de una contracción involuntaria, duradera o permanente de uno o varios grupos musculares. A la exploración se observa una zona de hipersensibilidad dolorosa que se acentúa cuando el paciente realiza una contracción muscular contra resistencia. El grado de elasticidad muscular está claramente reducido.

2.2. Lesiones de evolución prolongada que pueden ser diagnosticadas mediante ultrasonografía: entre ellas se distinguen la elongación, la rotura parcial o desgarro fibrilar y las roturas totales o también llamadas roturas musculares (Aspelin, y cols, 1992; Jiménez, 2002). En estos casos la ecografía permite visualizar el área lesional y determinar el tamaño de la rotura y el volumen del hematoma producido (Fig. 2)

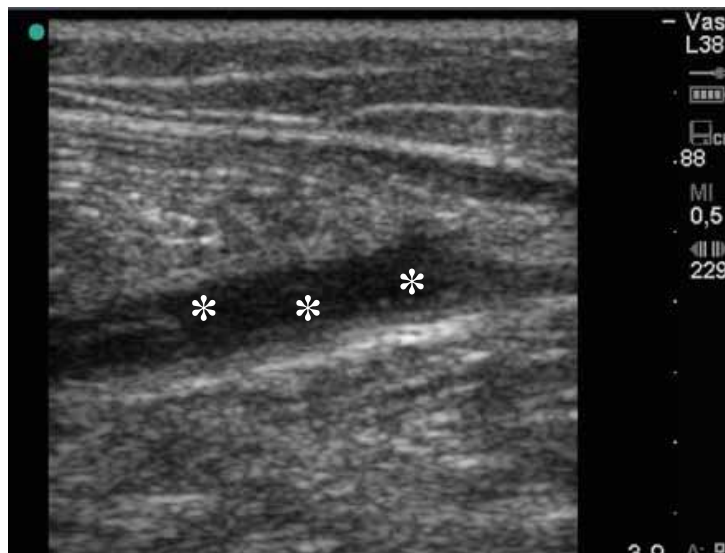


Fig. 2: El estudio ecográfico de la cara posterior de la pierna permitió en este jugador valorar la presencia de una rotura de la inserción distal del músculo gemelo interno. Compruébese la presencia del hematoma (*) que diseca el gemelo interno y el músculo soleo.

2.2.1. Elongación Muscular: Son las lesiones más benignas y de mejor pronóstico dentro de los traumatismos intrínsecos. Es el caso más leve de lesión por distracción muscular que se produce, como consecuencia de un estiramiento excesivo de las fibras musculares, sin llegar a provocar su rotura. Este cuadro clínico, se manifiesta con dolor agudo e impotencia funcional. El dolor cede con el reposo y aumenta con la movilidad activa simple o contrariada, aunque dichas movilizaciones son posibles. En la elongación no hay tumefacción ni hematoma y la palpación aviva el dolor.

2.2.2. *Rotura muscular parcial*: En esta lesión, la solución de continuidad no afecta completamente al vientre muscular sino a una parte del mismo. Esta lesión se presenta de forma que el deportista durante una carrera o salto, se tiene que detener súbitamente por la presencia de un dolor violento que no cede con el reposo. Rápidamente se transforma en una molestia sorda y punzante, acompañada de gran impotencia funcional. La inflamación puede ser fluctuante, confirmando de esta forma, la producción de un hematoma.

2.2.3. *Rotura muscular total*: En este caso, la rotura afecta a todo el grosor del músculo y se manifiesta con la aparición de dolor sincopal y chasquido característico. Además, se observa la depresión de la zona que ha sufrido la ruptura, produciéndose el signo del “hachazo” y la retracción del vientre del músculo roto, formando una herniación muscular por encima del “hachazo” (Fig. 3). La incapacidad funcional es instantánea y duradera e impide la realización de cualquier ejercicio.



Fig. 3: La rotura muscular del recto femoral da lugar a la formación de una zona prominente (muñón) y una zona deprimida (hachazo).

Complicaciones

Aparecen, como consecuencia de una evolución inadecuada de las lesiones musculares, produciendo unos síntomas dolorosos persistentes. Se describen 3 tipos de complicaciones musculares: la fibrosis muscular, el nódulo fibroso cicatricial y la miositis osificante o miositis calcificante.

1. *Fibrosis muscular*: La fibrosis muscular o granuloma cicatricial, es una complicación de la ruptura parcial o completa del músculo, cuando el tratamiento que se aplica es inadecuado o insuficiente. El proceso de reparación muscular, tiene una duración de 3 a 16 semanas, dependiendo de la localización y del tamaño de la lesión. Durante este proceso, la zona de ruptura se va rellenando gradualmente por un tejido de granulación, que ocupa la cavidad provocada por la rotura fibrilar. A veces, este espacio es ocupado progresivamente por un tejido cicatricial denso, que impide el normal desarrollo del tejido muscular y en consecuencia, la función contráctil y la movilidad del músculo quedarán limitadas (Balius y cols. 2005).

Esta lesión crónica se manifiesta por la persistencia de dolor durante la contracción muscular y durante los ejercicios de movilidad activa y pasiva. Se percibe una pérdida de elasticidad muscular y una ligera limitación funcional.

2. *Nódulo fibroso cicatricial*: También llamado hematoma enquistado, se produce como consecuencia de una cicatrización anárquica en la zona de la ruptura muscular, provocando un proceso de acumulación de tejido conjuntivo fibroso, que da origen a este nódulo fibroso.

Estos nódulos provocan dolor, que se acentúa con la palpación y con el movimiento así como una reducción de la elasticidad muscular e impotencia funcional.

3. *Miositis calcificante*: También se denomina osteoma muscular y supone la complicación más grave de todos los accidentes musculares del deportista. Clínicamente hay que sospechar esta complicación, ante un cuadro de molestia dolorosa persistente que se denomina contractura “de madera”, asociada a una tumefacción con pérdida del bamboleo muscular y retracción de sus fibras.

Tratamiento de las lesiones musculares

El proceso de curación de estas lesiones depende de dos factores que son: a) regeneración de las fibras musculares lesionadas y formación de nuevas fibras y b) desarrollo de un tejido de reparación. Del equilibrio de ambos factores dependerá la resolución de la lesión muscular.

1. *Normas generales de tratamiento:* El tratamiento de estas lesiones se realizará combinando reposo, compresión, aplicación de frío y elevación del área lesionada. La aplicación del frío en el tratamiento de las lesiones deportivas, es un método claramente contrastado como eficaz que permite mejorar el pronóstico de la lesión cuando se aplica en los primeros momentos. Cabe destacar la utilización de un método de crioterapia de CO₂ en fase líquida, que produce un mayor efecto analgésico, antiinflamatorio, vasomotor y neurológico y permite agilizar aún más, las fases de la recuperación de las lesiones musculares. Este sistema produce un chorro de salida a una presión elevada y a una temperatura de -78°C. Las sesiones de 45 segundos permiten reducir la temperatura de la zona a tratar desde 30°C a -2°C. Ese choque térmico producido de manera tan rápida provoca una reacción vasomotora muy importante que facilita la recuperación de la lesión (Jiménez, 2000).

La inmovilización debe ser inmediata para prevenir que el área lesionada aumente y además debe tener una duración variable dependiendo del grado de lesión, aunque se estima que debe durar entre dos y cuatro días pasados los cuales se iniciará la movilización. La inmovilidad requerida se consigue aplicando un vendaje con cinta no elástica (tape) sobre el músculo afectado. Además el deportista utilizará unos bastones y si la lesión se localiza en una zona de difícil inmovilización como sucede con la región inguinal (Kujala y cols.1997), se debe instruir al atleta para que se mueva con cuidado durante los 3 ó 4 primeros días para impedir que el músculo se contraiga. Después de este período de inmovilidad relativa, el músculo lesionado puede ser gradualmente movilizad dentro de los límites de dolor.

Es necesario realizar una nueva evaluación a las 24-48 horas de producida la lesión para determinar el grado de rotura y el tipo de sangrado puesto que el tratamiento y la evolución serán diferentes en cada caso. Con el estudio ecográfico se puede precisar con exactitud ambas cuestiones.

La movilización precoz ofrece la ventaja de una rápida regeneración muscular, facilitando la formación de capilares y vasos de pequeño calibre así como de nuevas fibras musculares.

2. Programa de recuperación:

En las primeras 48 horas se realizará una inmovilización con vendaje compresivo, bastones y descarga.

Del tercer hasta el séptimo día se realizará la movilización pasiva y los ejercicios isométricos acompañados de estiramiento suave y ejercicios en la bicicleta sin carga.

A partir de la segunda semana se realizarán de forma continua hasta la recuperación final ejercicios de estiramiento y coordinación. Además se incidirá especialmente en este primer mes de recuperación en el trabajo de endurance, entrenamiento dinámico, bicicleta y piscina.

Finalmente se ampliará el trabajo a partir de la cuarta semana con ejercicios excéntricos, carrera suave y ejercicios relacionados con el deporte específico.

Los antiinflamatorios pueden ser utilizados en breves espacios de tiempo y la utilización de los corticoides mediante infiltración local debe ser rechazada por el riesgo de complicaciones.

3. *Estudio evolutivo*: En cualquier caso de lesión bien por compresión extrínseca o bien por mecanismo intrínseco es necesario establecer un control evolutivo. La ecografía es una técnica inocua, no radiante y de bajo coste que permite llevar a cabo el seguimiento de todas estas lesiones estableciendo el grado de afectación, la extensión de la misma, la identificación del músculo dañado, la presencia de complicaciones y especialmente el pronóstico evolutivo. Además con la utilización de los nuevos equipos portátiles de ultrasonografía se puede establecer este tipo de control en el vestuario o incluso en el terreno de juego (Fig. 4).



Fig. 4: La posibilidad de transporte de los modernos equipos de ultrasonografía permite su utilización incluso en las mismas canchas de entrenamiento. Con ello se consigue realizar un riguroso control evolutivo de la lesión.

Líneas de investigación en el futuro

El empleo terapéutico de factores de crecimiento y la terapia génica, sola o combinada, así como el uso de tratamientos con células madre, proporciona lo más avanzado y prometedor en el tratamiento de la lesión muscular aunque actualmente estas opciones terapéuticas están todavía escasamente validadas.

Considerando que en el músculo esquelético lesionado, la regeneración de las miofibrillas y la formación de la cicatriz fibrosa de tejido conectivo se producen de manera concomitante (Hume, y cols. 1991, Järvinen y cols. 1993, Kääriäinen y cols. 2000), el efecto estimulador dual de los factores de crecimiento podría conducir no sólo a la rápida regeneración muscular, sino también a la formación de abundante tejido cicatricial en el sitio de la lesión (Huard y cols. 2002).

El principio básico de la terapia génica en el tratamiento de este tipo de lesiones es claro. El gen que tiene el efecto deseado sobre el proceso biológico en cuestión, en este caso, la reparación de músculo, es transportado y entregado a la célula deseada, bien directamente dentro de los liposomas (ADN desnudo) o dentro de los virus que infectan las células (Evans y cols. 1999; Kang y cols. 2000; Lamsam y cols. 1999).

En la terapia génica con virus, el gen de interés es clonado y posteriormente transferido a los virus, y estos virus que llevan el código del gen, infectan a las células en el lugar de la lesión, transportando de esta forma el gen a las células objetivo. Después en la célula objetivo, el gen comienza a codificar el producto deseado y, así, debería producir el efecto biológico deseado sobre el tejido lesionado (Evans y cols. 1999; Kang y cols. 2000).

Las células madre son células indiferenciadas capaces de llevar a cabo la proliferación, autorenovación y producción de un amplio número de células diferenciadas así como la regeneración de células madre tisulares (Chargé y cols. 2004; Peng y cols. 2003). En cuanto a la aplicación de las células madre en la curación del músculo, recientemente se ha demostrado que en respuesta a la lesión, no sólo las células madre específicas del músculo sino también las células madre no específicas del tejido muscular, participan en el proceso de reparación invadiendo el área lesional, diferenciándose en células satélite y finalmente participando en la reparación del músculo esquelético (Chargé y cols. 2004; Fukada y cols. 2002; LaBarge y cols. 2002).

Conclusiones

La práctica de ejercicio físico provoca un alto número de lesiones musculares, si bien se han llevado a cabo pocos estudios clínicos sobre el tratamiento y la resolución de las mismas.

La incidencia de lesión está provocada por numerosas causas conocidas si bien es mucho más frecuente en aquellos músculos poliarticulares, en condiciones de acumulación de fatiga y cuando se producen condiciones ambientales desfavorables.

El tratamiento de estas lesiones se realizará combinando reposo, compresión, aplicación de frío y elevación del área lesionada así como el desarrollo de un adecuado programa de readaptación funcional que permita al jugador incorporarse lo antes posible a la dinámica del equipo, siendo para ello muy importante el papel del preparador físico.

En la actualidad se está llevando a cabo opciones terapéuticas con factores de crecimiento, terapia génica y células madre, aunque actualmente estas opciones terapéuticas están todavía escasamente validadas.

Referencias bibliográficas

- Aspelin P, Ekberg O, Thorsson O, Wilhelmsson M. y Westlin, N. (1992) Ultrasound examination of soft tissue injury of the lower limb in athletes. *Am J Sports Med*. 20: 601–603
- Balius, R., Puyol, M. y Casals, D. (2005) Cicatrices fibrosas. En R. Balius. *Patología muscular en el deporte*. Barcelona: Masson.
- Beiner J.M. y Jokl, P. (2001) Muscle contusion injuries: current treatment options. *J Am Acad Orthop Surg.*, 9 :227–237
- Crisco, J.J., Jokl, P., Heinen, G.T., Connell, M.D. y Panjabi, M.M.(1994) A muscle contusion injury model: biomechanics, physiology, and histology. *Am J Sports Med.*, 22: 702–710
- Chargé, S.B.P. y Rudnicki, M.A. (2004) Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. *Physiol Rev.* 84:209–238
- Evans, C.H. y Robbins, P.D. (1999) Genetically augmented tissue engineering of the musculoskeletal system. *Clin Orthop*,367(suppl): S410–S418
- Fukada, S., Miyagoe-Suzuki, y Tsukahara, H, et al. (2002) Muscle regeneration by reconstitution with bone marrow or fetal liver cells from green fluorescent protein-gene transgenic mice. *J. Cell Sci*, 115:1285–1293
- Garrett WE.(1996) Muscle strain injuries. *Am. J. Sports Med.* 24:S2–S8
- Huard, J, Li y Fu F.H. (2002) Muscle injuries and repair: current trends in research. *J. Bone Joint Surg Am.* 84:822–832
- Hurme, T., Kalimo, H., Lehto, M.y Järvinen M. (1991) Healing of skeletal muscle injury: an ultrastructural and immunohistochemical study. *Med Sci Sports Exerc.*23:801–810
- Järvinen, M., Lehto, M.U.K. (1993) The effect of early mobilization and immobilization on the healing process following muscle injuries. *Sports Med.* 15:78–89.
- Jiménez, F. (2000)Innovaciones en la recuperación funcional del deportista. *Libro de ponencias del I Curso de Medicina y Traumatología del Deporte*. Toledo: Ilustre Colegio de Médicos de Toledo;
- Jiménez, F. (2003) *Diagnóstico Clínico y Ecográfico de las Lesiones del Deporte*. Murcia: Fundación Universitaria San Antonio
- Kääriäinen, M., Järvinen,T.A.H., Järvinen,M. y Kalimo, H.(2000) Adhesion and regeneration of myofibers in injured skeletal muscle. *Scand J Med Sci Sports*, 10:332–337
- Kalimo, H., Rantanen, J. y Järvinen, M. (1997) Muscle injuries in sports. *Baillieres Clin Orthop*,2:1–24
- Kang, R., Ghivizzani, S.C., Muzzonigro, T.S., Herndon, J.H., Robbins, P.D. y Evans,C.H. (2000) Orthopaedic applications of gene therapy: from concept to clinic. *Clin Orthop*, 375:324–337
- Kujala, U.M., Orava, S. y Järvinen, M. (1997) Hamstring injuries: current trends in treatment and prevention. *Sports Med.*, 23:397–404

- LaBarge, M.A. y Blau, H.M. (2002) Biological progression from adult bone marrow to mononucleate muscle stem cell to multinucleate muscle fiber in response to injury. *Cell*, 111:589–601
- Lamsam, C., Fu, F.H. y Robbins, P.D. (1999) Gene therapy in sports medicine. *Sports Med.*, 25:73–77.
- Peng, H. y Huard, J. (2003) Stem cells in the treatment of muscle and connective tissue diseases. *Curr Opin Pharmacol.* 3:329–333
- Rius, M. y cols., D. (2005) Contusión muscular. En: R. Balius *Patología muscular en el deporte*. Barcelona: Masson
- Järvinen, T. A., Järvinen, T.L., Minna K., Hannu, K. y Markku J. (2005) Muscle Injuries Biology and Treatment. *The American Journal of Sports Medicine* 33:745-764
- Turmo, A. (2005) Biomecánica de la lesión muscular. En: R. Balius. *Patología muscular en el deporte*. Barcelona: Masson, .