



Ruptura total de isquiotibiales mediales

Luis Gerardo Domínguez-Gasca,* Luis Gerardo Domínguez-Carrillo[†]

Resumen

Los músculos isquiotibiales se lesionan en actividades que requieren velocidad y contracción excéntrica; por ejemplo, en los deportes que implican carrera y salto es la lesión muscular más frecuente. Un importante factor de riesgo se presenta en esquiadores en agua durante la flexión abrupta de cadera con extensión completa de rodilla al elevar la punta del esquí. La biomecánica de los músculos isquiotibiales es compleja ya que son músculos biarticulares que están involucrados durante la marcha y la carrera, así mismo dependen de varios factores como: posición pélvica, grado de flexión o extensión de las articulaciones de cadera y rodilla, la fuerza y velocidad de contracción excéntrica o concéntrica requerida; su lesión puede ser: desde leve, con recuperación rápida, hasta lesiones severas con ruptura total que pueden requerir de 16 a 50 semanas de recuperación. Después de la lesión, el riesgo de recidiva se incrementa hasta 70%; el diagnóstico es clínico y suele confirmarse por ultrasonido y/o resonancia magnética; el tratamiento requiere manejo de rehabilitación temprano y constante. Presentamos el caso de un paciente con ruptura total de los isquiotibiales mediales, así como revisión de la literatura.

Palabras clave: Lesión de músculos isquiotibiales.

Summary

The hamstrings are commonly injured in those activities that require speed and eccentric contraction, like running and jumping. There is an important risk of hamstring injury in water skiers for abrupt hip flexion with knee full extension during ski elevation. Biomechanics of the hamstrings is complex because these muscles work on two articulations and are involved during walk and run, depending on several factors including: pelvic tilt, flexion or extension of hip and knee joints degree, the strength and speed of eccentric or concentric contractions required in the work carried. The injuries may vary: from mild, with rapid recovery to severe injury with complete rupture, which may require 16 to 50 weeks for recovery. After an injury the risk of recurrence rises 70%, the diagnosis is mainly clinical, it can be confirmed with ultrasound and/or magnetic resonance; the management of rehabilitation must be early and constant. We present the case of a patient with total rupture of medial hamstrings and the literature review.

Key words: Hamstring injury.

INTRODUCCIÓN

Los músculos isquiotibiales se lesionan con frecuencia en aquellas actividades que requieren velocidad y contracción excéntrica; por ejemplo, en los deportes que implican carrera y salto es la lesión muscular más frecuente. La biomecánica de los músculos isquiotibiales es compleja ya que son músculos biarticulares que están involucrados durante la marcha y la carrera, así mismo dependen de varios factores como: la posición pélvica, el grado de flexión o extensión de las articulaciones de cadera y rodilla, la fuerza de contracción excéntrica o concéntrica requerida en el trabajo efectuado y la velocidad necesaria en la actividad solicitada; su lesión puede ser:

* Alumno de 5to. año de la Carrera de Médico Cirujano.

[†] Especialista en Medicina de Rehabilitación, Profesor del Módulo de Musculoesquelético. Facultad de Medicina de León, Universidad de Guanajuato.

Correspondencia:

Acad. Dr. Luis Gerardo Domínguez Carrillo.
Correo electrónico: lgdominguez@hotmail.com

Aceptado: 04-04-2011.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actamedica>

desde leve, con recuperación muy rápida, hasta lesiones severas con ruptura total que pueden requerir de 16 a 50 semanas para su recuperación. Después de una lesión de este tipo, el riesgo de recidiva se incrementa hasta 70%; el diagnóstico es eminentemente clínico y puede ser confirmado con apoyo de ultrasonido y resonancia magnética; el tratamiento requiere manejo de rehabilitación temprano y constante.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente masculino de 45 años, médico, practicaba deporte los fines de semana, inició su padecimiento ocho meses atrás al estar esquíando en el mar; de acuerdo con su relato, levantó la parte anterior del esquí derecho, lo que ocasionó que flexionara la cadera bruscamente con la rodilla en extensión, presentó chasquido en cara posterior de muslo y dolor intenso inmediato. Fue rescatado y trasladado a la playa, en donde se le aplicó hielo y vendaje de compresión; 24 horas después se le trasladó a su lugar de origen y fue atendido por un ortopedista. En el ultrasonido que le practicó se confirmó lesión de músculos semimembranoso y semitendinoso con ruptura total de ambos a nivel de unión de tercio superior con tercio medio (Figuras 1 y 2). Llegado ese momento, el paciente presentó equimosis extensa y edema de muslo y pierna derecha en su totalidad, así como imposibilidad para el apoyarse por dolor. Fue manejado por 7 días mediante inmovilizador de

rodilla en extensión, muletas, reposo y analgésicos. De ese modo, recuperó la marcha independiente después de un mes. Posteriormente acudió al Servicio de rehabilitación ocho meses después de la lesión ya que no podía trotar ni efectuar carrera; en la exploración presentó: marcha de características normales; en la postura se observó: aumento de grosor en tercio inferior de cara posterior de muslo derecho; arcos de movilidad de rodilla y cadera pasivos completos; en la exploración del decúbito ventral se encontró: hundimiento en unión de tercio superior con tercio medio de muslo derecho, con abultamiento en su tercio inferior; en la palpación se descubrió pérdida de continuidad de músculos semimembranoso y semitendinoso, correspondiendo el abultamiento inferior mencionando retracción de sus masas musculares (Figura 3); el examen clínico manual muscular con escala del 0 al 5 mostró: abdominales en 4; glúteo mayor en 3; semimembranoso y semitendinoso en (-2); bíceps femoral en (-) 3; glúteo medio, glúteo menor, psoas iliaco y aductores en 5; cuádriceps en 4; gemelos en 4; sóleo en 5, resto en 5. Al efectuar flexión de rodilla se observó mayor hundimiento en tercio medio de muslo, así como mayor abultamiento en tercio inferior (Figura 4). Al solicitar trote refirió dificultad importante para la flexión de rodilla derecha con rápida fatiga, por lo que no es factible. Nuevamente se solicitó un ultrasonido que mostró amplia zona de fibrosis y ruptura total de SM y ST, los cuales se habían retraído al tercio inferior de muslo (Figura 5). Se estableció un programa de ejercicios de fortalecimiento isométrico con técnica de Dapre (ejercicios de resistencia progresiva de incremento diario) para todos los músculos de muslo además glúteo mayor y mediano, programa de fortalecimiento de músculos abdominales; además

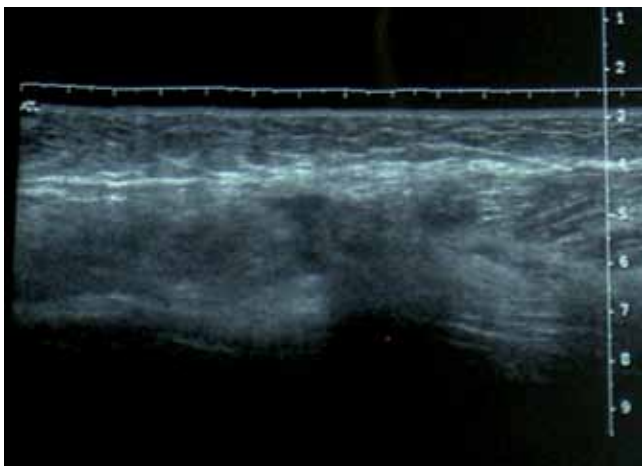


Figura 1. Ultrasonido 24 horas después de lesión en cara posterior de muslo derecho que muestra: engrosamiento de piel y tejido celular subcutáneo; distorsión del patrón fibrilar del semitendinoso, pérdida de tensión proximal del tercio superior con solución de continuidad y área hipoeocogénica que corresponde a hematoma.

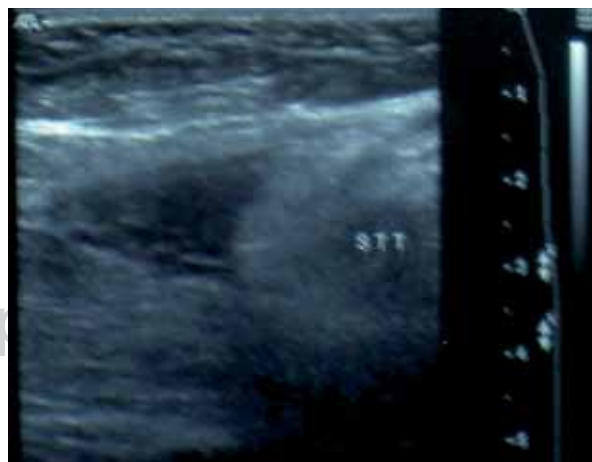


Figura 2. Ultrasonido de cara posterior de muslo, se observa hematoma y la ruptura total del músculo semitendinoso en la unión del tercio superior con tercio medio.



Figura 3. Cara posterior de muslo derecho en donde se observa: hundimiento en unión de tercio superior con tercio medio, secundario a ruptura total de músculos semitendinosos y semimembranosos, abultamiento de tercio medio e inferior del muslo por la retracción de las masas musculares.



Figura 4. Cara lateral de muslo derecho con grosor aumentado en cara posterior de tercio inferior, secundario a retracción de músculos semimembranosos y semitendinosos de nueve meses de evolución.

de programa de ejercicios de acondicionamiento físico. Después de cuatro semanas de trabajo diario presentó: bíceps femoral derecho y glúteo mayor con calificación de 5, obtuvo ganancia en fuerza isométrica de 30% para bíceps femoral y de 40% para glúteo mayor.

DISCUSIÓN

Anatómicamente los músculos isquiotibiales¹ (MI) que se encuentran en la cara posterior del muslo son: el semitendinoso (SM), el semimembranoso (ST) y el bíceps femoral (BF). Los tres músculos están conformados principalmente por fibras rápidas de tipo II,² la porción posterior del aductor mayor es considerado parte de este grupo (no obstante, no tiene efecto sobre la rodilla) ya que su contracción se origina al mismo tiempo que la de los MI; el BF es el más lateral y consiste de dos cabezas, la larga se origina de la tuberosidad isquiática y del ligamento sacrotuberoso; su cabeza corta lo hace de la línea áspera del fémur, ambas porciones forman un tendón que se inserta en la cabeza peronea y en el cóndilo femoral lateral. Cada porción tiene diferente inervación, la rama tibial del nervio ciático (L5, S1) inerva a la porción larga y la rama peronea (L5, S1, S2), a la corta; su acción es flexión y rotación lateral de la rodilla; la porción larga produce rotación, extensión y aducción de la articulación coxofemoral.



Figura 5. Ultrasonido con transductor lineal de muslo derecho, nueve meses después de la lesión. Se puede observar áreas extensas de fibrosis (áreas ecogénicas) en las zonas correspondientes, unión de tercio superior con tercio medio de los músculos semimembranosos y semitendinosos, secundarias a ruptura miofibrilar antigua, no se observan calcificaciones ni colecciones líquidas.

Los músculos SM y ST se encuentran en la parte medial de la cara posterior del muslo, el ST tiene su origen junto con la porción larga del bíceps en la tuberosidad isquiática, forma un largo tendón antes de insertarse en la tibia como parte del tendón anserino. El SM también tiene su origen en la tuberosidad isquiática y forma un grueso tendón que se inserta en la parte posteromedial de la tibia, la rama tibial del nervio ciático inerva a ambos, su acción es flexión de rodilla y rotación medial de la misma, así como la extensión y rotación medial de la articulación coxofemoral.

La biomecánica³ de los MI es compleja; durante la marcha existen dos fases: la de estancia y la de balanceo. En la primera una extremidad está en contacto con el piso, al incrementar la velocidad (carrera), el tiempo de la fase de estancia disminuye y existe un periodo de flotación pues ninguna extremidad está en contacto con el piso, con el incremento en la carrera esta fase se incrementa y el tiempo en el cual los músculos trabajan para producir velocidad se reduce, haciendo que éstos tengan que contraerse más rápido así como absorber fuerzas en un periodo de tiempo más corto.⁴ Durante la fase inicial de balanceo, los MI permanecen quietos hasta que el balanceo anterior se produce y el SM se activa produciendo un trabajo excéntrico para desacelerar la flexión del muslo. El SM y el ST incrementan su actividad para revertir la dirección del muslo y desacelerar la extensión tibial, mientras tanto el BF permanece quieto; los MI se vuelven activos en el último tercio de la fase de balanceo para controlar la extensión de la rodilla y entonces trabajan excéntricamente desacelerando a la tibia y controlando la flexión de cadera. Justo antes del choque de talón los MI se contraen concéntricamente de manera breve para preparar el soporte de carga; en el choque de talón el SM y el BF se contraen simultáneamente para dar estabilidad a la rodilla cuando ésta inicia su flexión.^{5,6} Durante la parte media de la fase de apoyo, el ST se contrae junto con los otros músculos para auxiliar a estabilizar la cadera y la rodilla en extensión; antes de la propulsión el BF presenta un pico de contracción importante mientras los otros músculos mantienen la contracción que permanece durante la flexión de la rodilla.⁷

La mayoría de los análisis biomecánicos de los MI han sido hechos en corredores de corta distancia sobre la banda sinfín;⁸ de manera consistente muestran que la máxima longitud de los MI ocurre al final de la fase de balanceo de la marcha, justo antes del contacto con el piso. Durante la propulsión, la cual involucra más flexión de cadera, el estiramiento de los MI es compensado por cierta flexión relativa de la rodilla, la electromiografía confirma que la máxima contracción de los MI correlaciona con esta porción de las fases de la carrera aplicando una fuerza de freno al cuádriceps y a los flexores de cadera.⁹

La lesión habitualmente se presenta durante el periodo de máxima contracción excéntrica del ciclo de la carrera, cuando el músculo se está alargando y contrayendo al mismo tiempo,¹⁰ pues se incrementa el momento de extensión de la rodilla, lo que puede estirar a los MI más allá de sus capacidades elásticas. La mayoría de los estudios epidemiológicos indican que de los tres MI, el BF tiene una mayor propensión a lesión;¹⁰⁻¹³ la rigidez del psoas iliaco es directamente responsable de una basculación pélvica anterior que coloca a los MI en desventaja mecánica, pues incrementa su tensión al final de la fase de balanceo.

La frecuencia de lesión de los MI alcanza el 33% entre deportistas de 16 a 25 años,¹⁴ su presencia es mayor en aquellos deportes que requieren contracciones excéntricas intensas y con velocidad de los MI, en los esquiadores acuáticos¹⁵ es una lesión frecuente. Existen diferentes actividades que reclutan a los MI de manera distinta, por ejemplo en las bailarinas las lesiones se presentan durante los ejercicios de estiramiento estático¹⁶ (habitualmente en la barra); los esquiadores en agua tienen un alto riesgo de lesión proximal de los MI cuando elevan la parte anterior del esquí,¹⁷ ya que la fuerza aplicada sobre la parte posterior del mismo ocasiona flexión de cadera y extensión de la rodilla (en extensión máxima) de manera súbita (como en el caso que presentamos); los jugadores de Hockey sobre hielo presentan el problema en el centro del músculo por mantener a los MI semicontraídos y al momento de la propulsión extenderlos bruscamente con una cadera en semiflexión;^{18,19} los corredores de maratón muestran disminución de la fuerza excéntrica de los MI durante el curso de la carrera.²⁰ Se han efectuado muchos estudios en jugadores de fútbol soccer y en jugadores de rugby,²⁰⁻²³ ya que ambos deportes requieren despegue con velocidad brusca y pateo de balón en muchas ocasiones durante el encuentro, lo que ocasiona fatiga muscular; además, durante el pateo del balón se requiere mayor fuerza excéntrica de los MI²⁴ para frenar la extensión de la rodilla, cuando se falla el golpe sobre el balón se incrementa aún más el riesgo de lesión.

Los factores de riesgo²⁵ para lesión de los MI son: competición (más que entrenamiento), disminución de flexibilidad²⁶ del cuádriceps, incremento de la edad (mayor rigidez de MI y sobrepeso), zancada más larga durante la aceleración,²⁷ fatiga muscular,²⁸ falta de estiramiento previo de MI, disminución de la complianza de los tendones y torneos de temporadas largas.²⁹ El principal factor de riesgo es haber presentado una lesión previa,³⁰ ya que la incidencia de lesión recurrente es de 14% para jugadores de balompié y de 30 a 54% para los jugadores de rugby, en el resto de los deportes varía de 15 a 30%. Habitualmente la causa de la segunda lesión de MI es el regreso a la competición³¹ o entrenamiento de manera prematura;³² al

respecto los estudios indican que los corredores velocistas requieren un promedio de 16 semanas de recuperación para el regreso completo a la competición, mientras que en las bailarinas el promedio es de 50 semanas.³³

El diagnóstico³⁴ de la lesión de los MI es efectuado mediante un interrogatorio y un examen clínico. La valoración indica que el paciente presenta dolor en cara posterior del muslo sobre el vientre muscular afectado, puede observarse equimosis dependiendo del grado de lesión y puede palparse abultamiento en caso de hematoma o hundimiento en el trayecto muscular cuando existe ruptura importante.³⁵ Una prueba diagnóstica es con el paciente en posición unipodal con apoyo en extremidad sana, se le pide al paciente que retire el zapato de la extremidad afectada, apoyando su talón contra el borde tibial medial, lo que además de causarle dolor resulta difícil o imposible.³⁶

De los estudios de gabinete que se pueden utilizar en las lesiones de los MI, el ultrasonido³⁷ resulta ser de mucha utilidad (más económico), al igual que la resonancia magnética.³⁸ Las lesiones musculares pueden clasificarse según su apariencia imagenológica en: a) distensión muscular (grado I): cuando un músculo es estirado hasta su límite máximo; anatómicamente estas lesiones son microscópicas, comprometiendo menos del 5% del espesor total del músculo, se forman pequeñas cavidades líquidas serohemáticas que llenan el vacío que dejan las zonas de retracción miofibrilar consecutivas a la microruptura, éstas pueden estar rodeadas por edema muscular y son de difícil diagnóstico ecográfico por su pequeño tamaño; b) el desgarro parcial (grado II) es una lesión más extensa en donde el músculo sufre ruptura parcial y compromete más del 5% del espesor; c) el desgarro completo (grado III) compromete el vientre completo del músculo,³⁹ con una separación completa de los cabos, por retracción e interposición de hematoma (como en el primer ultrasonido del caso motivo de este trabajo); su diagnóstico ecográfico se basa en la aparición de una zona de disrupción de los septos fibroadiposos, de ese modo es posible identificar una hendidura entre las fibras, la cual es ocupada por un hematoma. Éste es el sello de la rotura muscular,⁴⁰ su magnitud indica generalmente la extensión de la lesión, puede ser intermuscular, caracterizada por la presencia de sangre que diseca los planos fasciales entre los músculos, su aspecto ecográfico varía según el momento en que se le estudie; la hemorragia activa o reciente, puede verse difusamente hiperecogénica, luego de unas pocas horas el sangrado se comporta como una masa homogénea e hipoeecogénica; en una siguiente etapa, los elementos de la sangre (células, suero, fibrina, etc.) pueden separarse y dar como resultado un nivel líquido-líquido; después de varios días, la colección se hace uniformemente anecogénica; por último, estas colecciones se reabsorben en un periodo

variable de tiempo, dependiendo de la magnitud inicial de la lesión y el área es sustituida por fibrosis.

Las complicaciones⁴¹ de lesión de MI son: síndrome compartimental del muslo, afección del nervio ciático, ya sea en el momento de la lesión o su compresión durante el proceso de cicatrización, y la miositis osificante⁴² por calcificación ectópica del hematoma, las tres complicaciones requieren estudios y manejo específico.

El tratamiento de la lesión aguda⁴³ de los MI es similar independientemente del mecanismo que la origine; posteriormente, el manejo tiende a diversificarse de acuerdo a los requerimientos individuales. En la fase aguda, el reposo de la zona lesionada es imperativo, las metas iniciales son parar el sangrado y controlar la respuesta inflamatoria, el vendaje y la aplicación de hielo auxilian a lograrlo.⁴⁴ Los antiinflamatorios no esteroideos pueden ser usados por un corto periodo de tiempo para moderar, pero no eliminar, los efectos de la cascada inflamatoria, necesaria para iniciar el proceso de curación. Los estudios en animales indican que estos fármacos interfieren con el proceso de curación cuando son prescritos por tiempos prolongados;⁴⁵ los corticoides están contraindicados por la razón anterior, además de inhibir la formación de puentes de colágena necesarios en la cicatrización; sin embargo, estudios no controlados mencionan que su aplicación en la zona de lesión, disminuye el tiempo de retorno en jugadores profesionales de balompié.⁴⁶ En relación al estiramiento profiláctico de los MI no han mostrado influir en el grado o tipo de lesión, pero su uso posterior a la lesión puede ser de mucha utilidad; un estudio controlado encontró beneficio al iniciar estiramiento 48 horas posteriores a la lesión, efectuando el ejercicio cuatro veces por día en comparación con una vez por día.⁴⁷ La restauración de la longitud muscular reduce las cargas excéntricas impuestas cuando se reanuda la actividad; el estiramiento de los MI, manteniendo la pelvis con basculación anterior, ha mostrado ser la manera más efectiva. La rehabilitación funcional incluye la recuperación de fuerza y elasticidad previas a la lesión así como la disminución del dolor, el fortalecimiento supervisado ha mostrado reducir el riesgo de lesión recurrente.⁴⁸ El fortalecimiento indicado inicialmente es de tipo concéntrico, seguido de fortalecimiento excéntrico con cadena cinética abierta, este último es más efectivo que el primero, sin embargo es el que puede causar mayor riesgo de lesión por lo que debe iniciarse de manera gentil contra cargas pequeñas. Los programas de rehabilitación deben incluir el fortalecimiento de los músculos abdominales que mantienen una plataforma pélvica estable, así como el mantenimiento del resto de la musculatura y de la condición física general y no dedicarse únicamente a la lesión de los MI.⁴⁹ El regreso al deporte debe estar soportado

con mediciones que indiquen niveles de recuperación de fuerza del 90 a 95% y demostrar la habilidad para desarrollar los cambios de movimientos que el deporte requiere, en cuanto a las actividades que requieren movimientos balísticos, lo indicado será esperar un tiempo prolongado para realizarlas nuevamente.⁵⁰ Los ejercicios nórdicos de estiramiento de los MI son parte de las medidas preventivas indicadas en atletas que desean reducir el riesgo de lesión; al respecto, los estudios señalan un beneficio aparente pero aún se requiere confirmación con estudios de mayor tiempo de duración.⁵¹ El tratamiento quirúrgico⁵² está reservado para las fracturas con avulsión y desplazamiento de la tuberosidad isquiática y ruptura total,⁵³ la reparación del tendón común proximal ha mostrado buenos resultados en casos seleccionados en donde el tratamiento conservador ha fallado.

REFERENCIAS

- Testut L, Latarjet A. *Tratado de Anatomía Humana*. Barcelona, Salvat: 1979: 179-183.
- Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 783-787.
- Schache AG, Wrigley TV, Baker R et al. Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait Posture* 2009; 29: 332-338.
- Yu B, Queen RM, Abbey AN et al. Hamstring muscle kinematics and activation during over ground sprinting. *J Biomech* 2008; 41: 3121-3126.
- Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, Heiderschiet BC. Neuro-musculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev* 2006; 34: 135-141.
- Fields KB, Bloom OJ, Priebe D, Foreman B. Basic biomechanics of the lower extremity. *Prim Care Clin Office Pract* 2005; 32: 245-251.
- Thelen DG, Chumanov ES, Best TM, Swanson SC, Heiderschiet BC. Simulation of biceps femoris musculotendon mechanics during the swing phase of sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 1931-1938.
- Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, Young M, Heiderschiet BC. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 108-114.
- Heiderschiet BC, Hoerth DM, Chumanov ES, Swanson SC, Thelen BJ, Thelen DG. Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: a case study. *Clin Biomech* 2005; 20: 1072-1078.
- Mjolsnes R, Amason A, Osthaagen T. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2004; 14: 311-317.
- Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Incidence, risk and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006; 34: 297-306.
- Askling C, Saartok T, Thorstensson A. Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med* 2006; 40: 40-44.
- Drezner JA. Practical management: hamstring muscle injuries. *Clin J Sports Med* 2003; 13: 48-52.
- Clark RA. Hamstring injuries: risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore* 2008; 37: 341-346.
- Sallay PI, Freidman RL, Coogan PG, Garrett WE. Hamstring muscle injuries among water skiers: functional outcome and prevention. *Am J Sports Med* 1996; 24: 130-136.
- Carlson C. The natural history and management of hamstring injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2008; 1: 120-123.
- Chakravarthy J, Ramisetty N, Pimpalnerkar A, Mohtadi N. Surgical repair of complete proximal hamstring tendon ruptures in water skiers and bull riders: a report of four cases and review of the literature. *Br J Sports Med* 2005; 39: 569-572.
- Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 371-378.
- Jonhagen S, Nemeth G, Eriksson E. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 1994; 22: 262-266.
- Koller A, Sumann G, Schobersberger W, Hoertnagl H, Haid C. Decrease in eccentric hamstring strength in runners in the tirol speed marathon. *Br J Sports Med* 2006; 40: 850-852.
- Gabbe BJ, Finch CF, Bennell KL, Wajswelner H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med* 2005; 39: 106-110.
- Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The Football association medical research programme: an audit of injuries in professional football analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004; 38: 36-41.
- Gabbe BJ. Why are oldre Australian football players at greater risk of hamstring injury? *J Sci Med Sport* 2006; 9: 327-333.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 244-250.
- Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1297-1306.
- Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med* 2003; 31: 41-46.
- Petersen J, Holmich P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med* 2005; 39: 319-323.
- Mair SD, Seaber AV, Glisson RR, Garrett WE. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med* 1996; 24: 137-143.
- Hawkins RD, Husle MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association of football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med* 2001; 35: 43-47.
- Crosier J, Forthomme B, Namurois M. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 2002; 30: 199-203.
- Orchard J, Best TM, Verrall GM. Return to play following muscle strains. *Clin J Sport Med* 2005; 15: 436-441.
- Gibbs NJ. The accuracy of MRI in predicting recovery and recurrence of acute grade one hamstring muscle strains within the same season in Australian rules football players. *J Sci Med Sport* 2004; 7: 248-258.
- Silder A, Heiderschiet BC, Thelen DG et al. MR observations of long-term musculotendon remodeling following a hamstring strain injury. *Skeletal Radiol* 2008; 37: 1101-1109.
- Schneider-Kolsky ME. A comparison between clinical assessment and magnetic resonance imaging of acute hamstring injuries. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1008-1015.
- Clanton TO, Coupe KJ. Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1998; 6: 237-248.
- Zeren B, Oztekin HH. A new self-diagnostic test for biceps femoris muscle strains. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 166-169.
- Connell DA. Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *Am J Roentgenol* 2004; 183: 975-984.
- Davis KW. Imaging of the hamstrings. *Semin Musculoskelet Radiol* 2008; 12: 28-41.

39. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, Spriggins AJ. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injuries: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med* 2001; 35: 435-440.
40. Volpi P. Muscle strains in soccer: a five-year survey of an Italian major league team. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004; 12: 482-485.
41. Kronberg C, Lew P. The effect of stretching neural structures on grade one hamstring injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989; 10: 481-487.
42. Domínguez CL. Miositis osificante traumática. *Rev Mex Reumat* 2001; 16: 291-294.
43. Drezner JA. Practical management: hamstring muscle injuries. *Clin J Sports Med* 2003; 13: 48-52.
44. Sherry MA. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2004; 34: 116-125.
45. Kronberg C, Lew P. The effect of stretching neural structures on grade one hamstring injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989; 10: 481-487.
46. Levine WN, Bergfeld JA, Tessendorf W. Intramuscular corticosteroid injection for hamstring injuries: a 13-year experience in the national football league. *Am J Sports Med* 2000; 28: 297-300.
47. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E. The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 756-759.
48. Mjøltnes R, Árnason Á, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2004; 14: 311-317.
49. McIntosh A, Bahr R. Developing and managing an injury prevention program with the team. En: Bahr R, Engebretsen L, editors. *Sports Injury Prevention, IOC Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell; 2009: 17-29.
50. Bahr R. Principles of injury prevention. En: Bruchner P, Khan K, editors. *Clinical Sports Medicine*. 3rd ed. McGraw-Hill Australia Pty Ltd.; 2006: 78-101.
51. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG. The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian rules football players. *Br J Sports Med* 2005; 39: 363-368.
52. Sarimo J, Lempainen L, Mattila K, Orava S. Complete proximal hamstring avulsions: a series of 41 patients with operative treatment. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1110-1115.
53. Lempainen L, Sarimo J, Heikkilä J, Mattila K, Orava S. Surgical treatment of partial tears of the proximal origin of the hamstring muscles. *Br J Sports Med* 2006; 40: 688-691.