

Article

Rehabilitación de la Lesión Isquiotibial y prevención de la recurrencia utilizando entrenamiento excéntrico en estado alargado: Un nuevo concepto

Brandon Schmitt¹, Tim Tyler^{1,2} y Malachy P McHugh²

¹PRO Sports Physical Therapy of Westchester. Scarsdale, NY, USA.

²Nicholas Institute of Sports Medicine and Athletic Trauma. Lenox Hill Hospital, New York City. NY, USA.

RESUMEN

Antecedentes y Propósito: la lesión de isquiotibiales es muy frecuente en el deporte y ha habido un éxito limitado en el intento de reducir su tasa de recurrencia hasta la fecha. **Descripción de Tópicos con Evidencia Relacionada:** Las carreras a alta velocidad requieren de fuerza excéntrica en posiciones alargadas de los isquiotibiales. El estado de estiramiento activo ocurre cuando la cadera está en flexión y la pierna se mueve hacia la extensión, entonces el estiramiento del isquiotibial se produce en las dos articulaciones sobre las cuales actúa. Existe evidencia que sugiere que los atletas que han sufrido una lesión isquiotibial pierden fuerza en esta condición, es decir cuando el músculo es solicitado en la actividad, en estado de estiramiento activo. **Objetivo:** Para examinar el factor de riesgo que contribuye a dicha tasa de recurrencia y proponer estrategias de rehabilitación direccionada hacia estos factores con el objetivo de disminuir la tasa de recurrencia. **Discusión/ Relación con la Práctica Clínica:** La dificultad de incrementar la fuerza excéntrica de los atletas en los ángulos más abiertos del recorrido articular podría predisponer a la subsecuente re-lesión. El incorporar entrenamiento excéntrico en estado muscular alargado podría ayudar a reducir la tasa de recurrencias.

Palabras Clave: lesión de isquiotibiales, excéntricos en estado alargado

ANTECEDENTES Y PROPÓSITO

Las distensiones de los isquiotibiales son una de las lesiones que más frecuentemente ocurren en el deporte. Estas pueden ser desafiantes y frustrantes para tratar debido a la alta tasa de recurrencia que presentan. Las distensiones isquiotibiales suman entre el 12 y 16% de todas las lesiones en atletas¹⁻⁵ con una alta tasa de recurrencia reportada del 22% al 34%.⁵⁻⁷ Además, las distensiones recurrentes de los isquiotibiales han mostrado resultar en más tiempo de pérdida de entrenamiento que la lesión primaria de isquiotibiales¹. Con el objetivo de disminuir esta tasa de recurrencias consideramos necesario en primera instancia examinar los potenciales factores de riesgo de lesión para abordarlos luego en forma apropiada. A pesar de que se han publicado una multiplicidad de estudios que se focalizan en los factores de

riesgo de esta lesión, existe un escases de evidencia de alto nivel con respecto a la identificación de estos factores de riesgo tanto como de la rehabilitación enfatizada en la reducción del riesgo de recurrencia.⁸ El propósito de este comentario clínico es el examinar los factores de riesgo que contribuyen a dicha alta tasa de recurrencia y proponer una novedosa estrategia de rehabilitación direccionada hacia estos factores de riesgo con el objetivo de disminuir la tasa de recurrencia.

FACTORES DE RIESGO PARA LA LESIÓN DE ISQUIOTIBIALES

Han sido propuestos en la literatura varios factores de riesgo para esta lesión incluyendo: pérdida de la flexibilidad, 9-10 déficit de fuerza, 11 fatiga local, 12 pobres estabilidad del core, falta de una correcta entrada en calor, 14 pobre postura lumbar, 15 lesión previa del isquiotibial, 16-17. Este último aparece como el más factor de riesgo consistente en la recurrencia. Engebretsen y col¹⁷ examinaron alrededor de 500 jugadores amateurs de futbol en forma prospectiva y entre todos los factores de riesgo examinados, la lesión previa isquiotibial fue el factor de riesgo más fuerte para la lesión recurrente. De hecho, la lesión previa isquiotibial ha mostrado incrementar el riesgo de recurrencia en 2 a 6 veces.¹⁶⁻¹⁸

MECANISMO DE LESIÓN

La lesión isquiotibial puede ocurrir durante una variedad de situaciones y maniobras deportivas, resultando en múltiples y diferentes tipos de lesiones, cada una de ella con un único mecanismo. El primer mecanismo que detallaremos aquí es aquel que se produce durante un estiramiento del musculo en posiciones articulare extremas, como la patada frontal alta típica de las danzas.¹⁹⁻²⁰ Estas lesiones generalmente ocurren cerca del región proximal del tendón libre del semimembranoso y parecen ser menos severas inicialmente, pero son las que requieren mayores periodos de recuperación en comparación con lesiones isquiotibiales producidas por mecanismos diferentes al descrito.²¹ El segundo mecanismo lesional ocurre durante las carreras a alta velocidad.¹⁻²² Este mecanismo mantiene cierto debate en la literatura actualmente sobre en cual fase de la carrera se produce la lesión sobre el isquiotibial: en la fase temprana del soporte del peso en el paso o en la fase final del balanceo de la pierna libre. Los autores que proponen que la lesión de isquiotibiales se produce durante la fase de soporte temprana, sugieren que es en esta fase donde el musculo absorbe la mayor fuerza como resultado de una gran fuerza de reacción vertical contra el piso.²³ Estudios in vivo sobre el comportamiento del tendón de Aquiles en el sprint²⁴ y del tendón patelar en los saltos²⁵ y rebotes²⁶, muestran que las fuerzas son mucho mayores en la fase concéntrica de estancia en oposición a la fase excéntrica de balanceo y esto podría aplicarse a los isquiotibiales también. Existe también evidencia que sugiere que los isquiotibiales podrían ser susceptibles de lesión en la fase final del swing o balanceo de la pierna libre. Estudios previos demostraron que los isquiotibiales están bajo una gran cantidad stress en esta fase terminal del swing y que la contracción excéntrica del isquiotibial es la encargada de absorber la energía cinética para enlentecer la pierna previa al apoyo.²⁷ En un estudio biomecánico, Schache y col²⁸ encontraron que el pico de estiramiento musculo-tendinoso ocurre durante esta fase en el sprint, sugiriendo que en esta fase podría colocarse en gran riesgo de lesión el isquiotibial. Estos autores entonces recomendaron un programa de rehabilitación con foco en la carga excéntrica en posiciones alargadas de este musculo.

Para valorar si existe una reducción en la producción de fuerza en longitudes musculares amplias, en atletas, quienes han sufrido una lesión en los isquiotibiales, Brockett et al²⁹ examinaron las curvas de torque a cada ángulo del recorrido angular en sujetos previamente lesionados en comparación con la pierna no involucrada del mismo sujeto así como con controles sanos. Estos autores mostraron que el pico de torque isquiotibial ocurre en ángulos significativamente más cerrados en los sujetos con lesión previa cuando se comparó con la pierna control y los controles sanos, indicando lo que puede denominarse un desplazamiento en curva longitud-tensión. Es posible que cuando un atleta sufre una lesión isquiotibial, pueda retornar al juego con una potencial debilidad del isquiotibial a longitudes musculares amplias, posiblemente predisponiéndolos a sufrir una segunda lesión durante los movimientos excéntricos durante el sprint.

Se ha bien establecido en la literatura que el entrenamiento excéntrico es efectivo en la prevención de la distensión isquiotibial.^{1,30-33} Los autores sienten que el entrenamiento excéntrico debería ser hecho no solo en posición sentada desde 90 grados a extensión completa, sino que se debería incluir también entrenamiento en posiciones de alargamiento. Nosotros hipotetizamos que entrenando en estados alargados del musculo, podría ayudar a desplazar la curva hasta adquirir la fuerza necesaria excéntrica en los rangos finales del recorrido articular disminuyendo así la susceptibilidad de sufrir nuevas lesiones.

La ausencia de rehabilitaciones con foco en el entrenamiento excéntrico en estado alargado muscular podría explicar la tan

desproporcionada alta tasa de recurrencia. Por lo tanto, es el pensamiento de estos autores que una rehabilitación completa en una lesión isquiotibial debería incluir entrenamiento excéntrico en estado alargado muscular con el objetivo de minimizar la exposición sufrir futuras lesiones. Desafortunadamente, a pesar de la aplicación de los mejores programas preventivos, las lesiones isquiotibiales todavía ocurren.

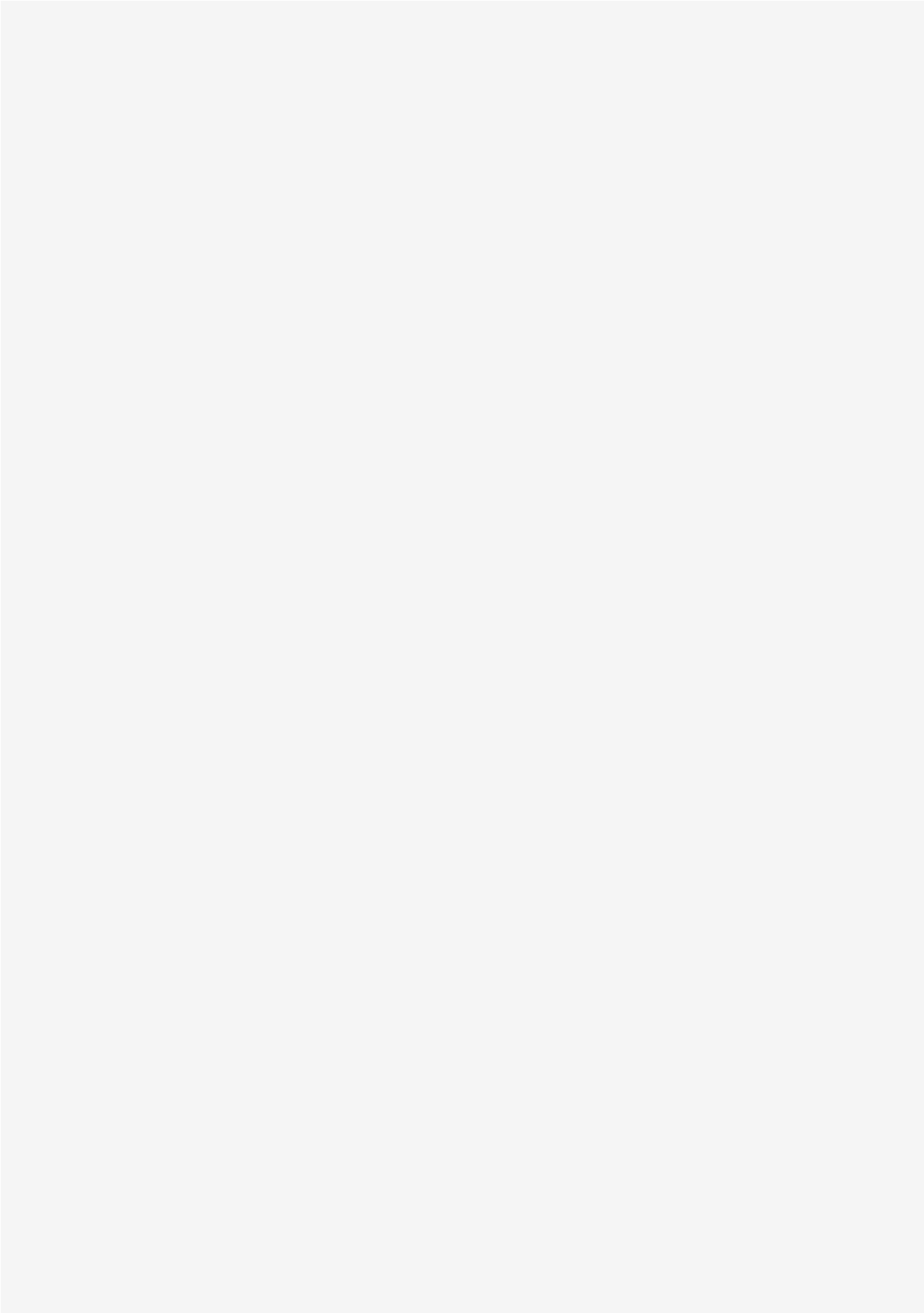
REHABILITACIÓN POST LESIÓN

La Tabla 1 esboza una guía de rehabilitación para la lesión de isquiotibiales, con énfasis en el entrenamiento excéntrico en estado alargado en las fases finales de esta rehabilitación. Es importante considerar que esta guía general y programa de rehabilitación debe ser personalizado para direccionarlo hacia los déficits específicos, obtenidos en cada atleta durante el proceso de valoración de los mismos.

En la fase aguda de la rehabilitación de una lesión isquiotibial, el objetivo debería estar puesto en la protección de la zona lesionada, minimizar el rango de movimiento y disminuir la pérdida de fuerza. Distintas modalidades como el hielo, ultrasonido pulsátil, laser son comúnmente utilizadas en este periodo. El atleta podría comenzar con entrenamiento isométrico en múltiples ángulos sin dolor (Figura 1) en promedio a las 48 hrs para permitir la cicatrización entre las fibras musculares rotas³⁴ proveyendo suficiente fuerza para abolir una separación extensa de los cabos fibrilares rotos. Este debería ser completado en series de contracción isométrica a 30°, 60°, 90° grados de flexión de rodilla. Los isquiotibiales no debería ser estirados en rangos de movimientos dolorosos en este momento de la rehabilitación pero por otro lado los ROM disponibles de la cadera y rodilla deben ser mantenidos. El movimiento es también positivo en el alineamiento de las fibras y en incrementar la fuerza de la adhesión lateral de las fibras, lo cual protege a las fibras lesionadas de una separación exagerada de los cabos rotos.³⁵ El objetivo en esta fase es normalizar la marcha y obtener niveles de fuerza en la flexión de rodilla mayores a 50% de los valores en la pierna no lesionada en un test manual a 90° de flexión de rodilla. Una vez que se han conseguido estos objetivos el atleta podría comenzar la siguiente fase.

El objetivo de la segunda fase es restablecer progresivamente los niveles de fuerza a través de todo el rango de movimiento y mejorar el control neuromuscular de la cadera y pelvis en preparación para los movimientos específicos del deporte. El atleta podría comenzar en esta fase, con el entrenamiento de la fuerza, tanto en acciones concéntricas como excéntricas. El entrenamiento excéntricos puede ser logrado utilizando un dinamómetro isocinetico si está disponible, y realizar también ejercicios como el peso muerto a piernas estiradas, el peso muerto a un pie (Figura 2), y el curl nórdico (Figura 3). Para realizar el peso muerto a una pierna el paciente apoya la pierna no lesionada en una silla o superficie fija y se inclina hacia abajo en un plano diagonal mientras mantiene la pierna de apoyo estirada y controla la lordosis lumbar fisiológica. El curl nórdico es realizado con la ayuda del terapeuta, quien fija los pies del paciente mientras este esta arrodillado. El paciente lentamente se deja caer hacia delante mientras mantiene una postura neutral de las caderas hasta que el o ella no pueden controlar más el descenso, empujándose luego con los miembros superiores para alcanzar la posición de comienzo nuevamente. Al completarse esta fase el atleta debería tener fuerza completa en un test muscular manual (5/5) o bien estar dentro del 80% de los valores de la pierna no lesionada entre 0 y 90 grados del rango de movimiento medidos con un dinamómetro isocinetico, con el objetivo de progresar a la siguiente fase. El atleta debería también ser capaz de correr tanto de frente como de espalda sin dolor a velocidades moderadas en este punto de la rehabilitación.

En la tercera y última fase de la rehabilitación el foco está puesto en los movimientos funcionales y el entrenamiento excéntrico en posiciones muscular alargadas. Ejercicios pliométricos y entrenamiento específico del deporte podrían ser iniciados en esta etapa así como ejercicios de estabilidad avanzados. El entrenamiento excéntrico en estado muscular alargado podría ser hecho utilizando el dinamómetro isocinetico. Utilizando una organización, para este tipo de entrenamiento, descrita en la literatura,^{36,37} el dispositivo Biodex™ podría modificarse de tal manera que el paciente se coloque en el rango final de la flexión de cadera y luego extienda y flexión pasivamente la rodilla dentro del rango final de movimiento (Figura 4). El paciente resiste el estiramiento pasivo a medida que la rodilla es extendida. Es imperativo que la cadera este en posición de flexión a medida que la rodilla se extiende para asegurar que el isquiotibial se encuentra realmente en un estado alargado. El entrenamiento excéntrico en estado alargado podría conseguirse en forma alternativa sin dinamómetro isocinetico, manteniendo la rodilla de la pierna involucrada contra el pecho del paciente mientras resiste la extensión de rodilla generada por una banda elástica o cable, fijados en el tobillo. (Figura 5a) o con resistencia manual, para luego utilizar sus brazo de manera de asistir en la flexión de rodilla y retornar a la posición inicial, realizando luego la resistencia solo en la fase excéntrica, es decir durante la extensión de la rodilla generada por las resistencias (Figura 5b). Al finalizar esta fase el deportista debería presentar niveles de fuerza óptimos a través de todo el rango de movimiento y debería ser capaz de ejecutar habilidades relativas al deporte sin limitaciones.



Fase 1

Objetivos.

1. Proteger el tejido en curación
2. Minimizar la atrofia y la pérdida de fuerza.
3. Prevenir la pérdida de movilidad

Protección.

Evitar excesivas cargas de estiramiento activas o pasivas del isquiotibial
Evitar patrones de marcha antálgica.

Hielo.

2-3 veces diariamente.

Ejercicios terapéuticos realizados en forma diaria.

1. Bici fija.
2. Isométricos submaximos en tres ángulos de flexión, 0°,45°,90° (figura 1)
3. Estabilidad a una pierna.
4. Tabla inestable.
5. Movilización de tejido blando (STM)/ Asistido instrumentalmente (IASMT)
6. Ultrasonido pulsátil, ciclo de trabajo 50%, 1 MHz, 1.2 W/cm2.
7. Entrenamiento progresivo de la musculatura de cadera.
8. Entrenamiento isotónico de flexión de rodilla, sin dolor.
9. Desbridamiento activo del nervio ciático.

Fase 2

Objetivos

1. Restablecer la fuerza isquiotibiales sin dolor, progresando hacia el ROM completo.
2. Desarrollar el control neuromuscular del tronco y la pelvis con aumento progresivo de la velocidad del movimiento preparándose para los movimientos funcionales.

Protección.

Evitar el estiramiento del isquiotibial en rangos finales si este es doloroso.

Hielo.

10-15 min post ejercicio.

Ejercicios terapéuticos realizados en forma diaria (realizados 5/7 días*semana)

1. Bici fija
2. Tapiz rodante a intensidades moderadas y altas (incrementado progresivamente los intervalos de trabajo), sin dolor tanto en velocidad como en la zancada.
3. Entrenamiento isocinetico excéntrico en estado no alargado.
4. Peso muerto a una pierna sin peso
5. Estabilidad a una pierna con perturbaciones.
6. Curls de isquiotibiales supino con pelota.
7. STM/IASTM
8. Curl Nordico (figura 3)
9. Saltos ida y vuelta.
10. Caídas de pierna en posición de prono.
11. Caminata lateral y posterior resistida con bandas
12. Activación del nervio ciático.

Criterio de progresión a la siguiente fase.

1. Niveles de fuerza completa (5/5) sin dolor durante un test de flexión de rodilla en prono.
2. Carrera hacia delante y atrás sin dolor a moderada intensidad.
3. Déficit de fuerza menores a 20% comparada con la pierna no involucrada.
4. Entrenamiento excéntrico en estado alargado máximo sin dolor.

Fase 3

Objetivos

1. Sin síntomas durante todas las actividades.
2. Entrenamiento de la fuerza isquiotibial concéntrico y excéntrico normal a través de todo el ROM y el rango de velocidades.
3. Mejorar el control neuromuscular del tronco y la pelvis
4. Introducir el control postural en las habilidades específicas del deporte.

Protección.

Entrenamiento sin síntomas en intensidades libres.

Hielo.

10-15 min post ejercicio.

Ejercicios terapéuticos realizados en forma diaria (realizados 4/5 días*semana)

1. Tapiz rodante a intensidades moderadas y altas según tolerancia
2. Estiramiento dinámico de los isquiotibiales.
3. Entrenamiento excéntrico Isocinetico isquiotibial al final del ROM (figuras 4, 5a-b)
4. STM/IASTM
5. Entrenamiento de saltabilidad pliométrico.
6. Aceleraciones/desaceleraciones en 5/10 yardas
7. Peso muerto a una pierna con peso (figura 2)
8. Habilidades específicas del deporte que incorporen control postural a diferentes velocidades.

Criterio de retorno al juego.

1. Niveles de fuerza máximos en estado de alargamiento sin dolor (Figura 7)
2. Angulo de pico de torque simétrico en la flexión de rodilla comparativa entre miembros.
3. ROM completo sin dolor.
4. Replicación de movimientos específicos del deporte a velocidades similares del deporte sin dolor



Figura 1. Flexión de rodilla isométrica con el paciente sentado. Note que este ejercicio debe ser realizado en diferentes ángulos de flexión.

CRITERIOS DE RETORNO AL JUEGO

Si bien los deportistas demuestran valores óptimos, en el final de su rehabilitación, de fuerza y ROM evaluados tanto manualmente como con dinamómetro, aún la tasa de recurrencia permanece desproporcionalmente alta. Existe poca evidencia que sugiera test válidos funcionales para determinar el status de retorno al juego luego de una lesión isquiotibial. En este sentido Askling y cols³⁸ han descrito recientemente un test de flexibilidad dinámico, denominado H-test (Figura 6), para identificar déficits funcionales que impedirían el retorno al juego. Para realizar el H-test, la flexibilidad del isquiotibial fue calculada usando datos recolectados a partir de un electrogoniómetro, durante una flexión de cadera balística y una flexión de cadera lenta y pasiva estando el sujeto en posición de decúbito supino. Una escala VAS (0-100) fue usada para estimar la experiencia de disconfort e inseguridad por parte del deportista durante el test activo. Los pacientes con lesiones de isquiotibiales que se pensaba estaban listos para retornar al juego basándose en las evaluaciones clínicas estándar, demostraron déficits en la flexibilidad dinámica durante el H-test a pesar de tener valores de flexibilidad pasiva normales. Los pacientes también reportaron inseguridad subjetiva mientras realizaban el test. El

ROM fue evaluado con un electrogoniometro que no se encuentra disponible libremente. De todas maneras los autores del actual trabajo han podido realizar el test utilizando una cinta métrica no-retráctil y cálculos trigonométricos simples con el objeto de calcular el ángulo durante el test dinámico. (Figura 6). Se requiere investigaciones futuras para establecer la validez y utilidad clínica de este test en una población más grande de pacientes con antecedentes de lesión isquiotibial.



Figura 2. *Peso muerto a una pierna, el mismo puede ser realizado sin peso (en etapas tempranas) y progresar utilizando pesos de mano o mancuernas, como se muestra*

Como alternativa o complemento al H-test los autores han desarrollado un test muscular manual para examinar la debilidad del isquiotibial en estado alargado, que actualmente se encuentra en testeo de validación. Ya que el grupo muscular isquiotibial es un musculo biarticular, que cruza ambas articulaciones, la cadera y la rodilla, tanto la flexión de la cadera como la extensión de rodilla deben ser incorporadas cuando se testea al isquiotibial en su longitud funcional verdadera. Para realizar este test funcional manual el atleta debe estar acostado en posición supina y sostener un muslo contra el pecho sujetándolo firmemente. La pierna contralateral se mantiene extendida contra el plano de examen. Luego el evaluador extiende pasivamente la rodilla hasta encontrarse con una resistencia de tejido blando (es decir poner en estiramiento al isquiotibial). El evaluador entonces retrocede permitiendo que la pierna a evaluar se coloque 10º menos desde la posición de estiramiento máximo (Figura 7). Desde esta posición el evaluador realiza el test de frenado manual contra un intento concéntrico del evaluado, y gradúa la sensación percibida utilizando la escala tradicional de 0-5 establecida por Kendall u obteniendo datos objetivos utilizando un dinamómetro isométrico de mano.



Figura 3. Curl Nórdico



Figura 4. Entrenamiento excéntrico en estado alargado en la Biodextm.

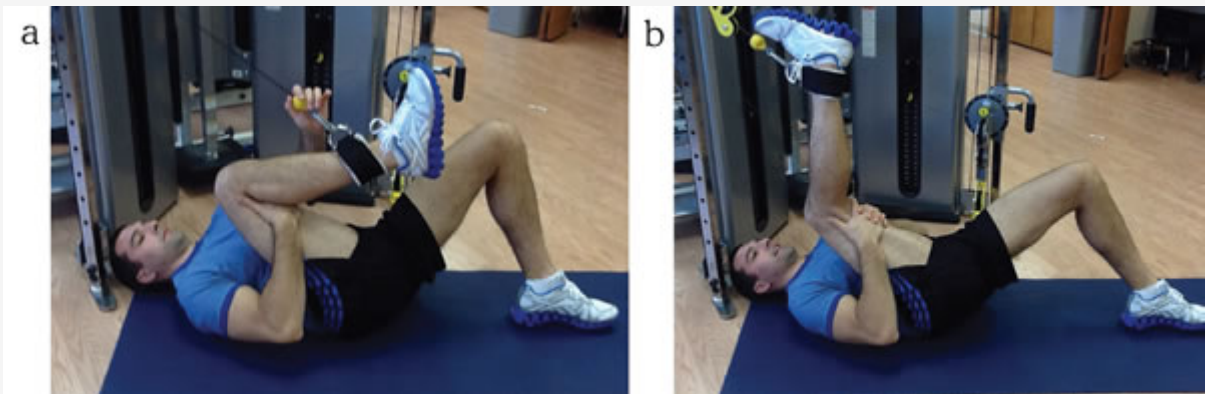


Figura 5. a,b. Entrenamiento excéntrico en estado alargado en el cable columna



Figura 6. Test de Flexibilidad Dinámica de Isquiotibiales (H-test).



Figura 7. Test manual de isquiotibiales en estado alargado

CONCLUSIÓN

Las lesiones isquiotibiales han mostrado ser por lejos, una plaga en la participación de los atletas en el deporte, especialmente aquellos que se especializan en movimientos de sprint o explosivos, primariamente debido tanto a la alta

incidencia como a la alta tasa de recurrencia. Estas lesiones parecen crear una debilidad subsecuente en los estados alargados de este musculo, predisponiendo al atleta a la lesión. El entrenamiento excéntrico en estado alargado muscular podría incrementar la fuerza en estos grados finales del ROM resultando en menores recidivas y por lo tanto debería incorporarse en un proceso de rehabilitación. Se necesitan mayores y futuras investigaciones para determinar el efecto de este entrenamiento excéntrico en estado muscular alargado, en la incidencia de lesiones de isquiotibiales o en su tasa de recurrencia

REFERENCIAS

1. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, et al (2006). Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med*; 34: 1297-1306
2. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, et al (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football - analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*; 38: 36-41
3. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*; 39: 1226-32
4. Elliot MC, Zarins B, Powell JW, et al (2011). Hamstring strains in professional football players: a 10 year review. *Am J Sports Med*; 39: 1621-8
5. Orchard J, Seward H (2002). Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *Br J Sports Med*; 36: 39-44
6. Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitak K, et al (2011). Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med*; 39: 304-10
7. Marcus C, Elliott CW, Zarins B, et al (2011). Hamstring Muscle Strains in Professional Football Players: 10 Year review. *Am J Sports Med*; 39:843-850
8. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M (2012). Hamstring strain injuries: are we headed in the right direction?. *Br J Sports Med*; 42: 81-86
9. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med*; 45:709-14
10. Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, et al (2010). A Prospective Study of the Relationship Between Lower Body Stiffness and Hamstring Injury in Professional Australian Rules Footballers. *Am J Sports Med*; 2058-64
11. Orchard J, Marsden J, Lord S, et al (1997). Preseason Hamstring Muscle Weakness Associated with Hamstring Muscle Injury in Australian Footballers. *Am J Sports Med*; 25: 81-85
12. Small K, McNaughton LR, Greig M, et al (2009). Soccer fatigue, sprinting, and hamstring injury risk. *Int J Sports Med*; 8:587
13. Sherry MA, Best TM (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther*; 34:116-25
14. Worrell TW (1994). Factors associated with Hamstring injuries. An approach to treatment and preventative measures. *Sports Med*; 17: 338-45
15. Hennessey L, Watson AW (1993). Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med*; 27:243-246
16. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, et al (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: A prospective cohort study. *Am J Sports Med*; 2010: 1147-53
17. Hagglund M, Walden M, Ekstrom J (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med*; 40: 767-72
18. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, et al (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian Football. *Scan J Med Sci Sports*; 16:7-13
19. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, et al (2007). Acute first time hamstring strains during slow speed stretching: a clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *Am J Sports Med*; 35: 1716-24
20. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, et al (2008). Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *Am J Sports Med*; 36: 1799-804
21. Askling CM, Saartok T, Thortensson et al (2006). Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med*; 40: 40-44
22. Heidersheit BC, Sherry MA, Silder A, et al (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther*; 40: 67-81
23. Orchard JW (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the early stance phase of sprinting. *Br J Sports Med*; 46: 88-89
24. Komi PV (1990). Relevance of in vivo force measurements to human biomechanics. *J Biomechanics*; 23(Suppl 1):23-34
25. Finni T, Komi PV, Lepola V (2000). In vivo human triceps surae and quadriceps femoris muscle function in squat jump and countermovement jump. *Eur J Appl Physiol*; 83:416-26
26. Finni T, Komi PV, Lepola V (2001). In vivo muscle mechanics during locomotion depend on movement amplitude and contraction intensity. *Eur J Appl Physiol*; 85:272-8
27. Chumanov ES, Scache AG, Heidersheit BC, et al (2011). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *Br J Sports Med*; 46:90
28. Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, et al (2012). Mechanics of the human hamstring muscle during sprinting. *Med Sci Sports*

Exerc; 44: 647-58

29. Brockett CL, Morgan DL, Proske U (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc; 36: 379-87*
30. Arason A, Andersen TE, Holme I, et al (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci; 18:40-48*
31. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A (2003). A hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason training with eccentric overload. *Scand J Med Sci; 13: 244-50*
32. Gabbe BL, Branson R, Bennel KL (2006). A pilot randomized controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australianfootball. *J Sci Med Sport; 9: 103-09*
33. Petersen J, Thorborg K, Bachmann M, et al (2011). Preventive Effect of Eccentric Training on AcuteHamstring Injuries in Men's Soccer: A cluster- Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med; 39: 2296-2303*
34. Jarvinen AH, Jarvinen TLN, Kaariainen M, et al (2005). Muscle injuries biology and treatment. *Am J SportsMed; 33: 745-64*
35. Kaariainen M, Liljamo T, Peltto-Huikko M, et al (2008). Regulation of alpha-7 integrin by mechanical stress during skeletal muscle regeneration. *Neuromuscular Disord 2001; 11: 360-69.*
36. McHugh MP, Nesse M. Effect of strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc; 40: 566-73*
36. Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, et al (2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res; 22: 809-17*
37. Askling CM, Nilsson J, Thorstensson A (2010). A new hamstring test to compliment the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 18: 1798-803*

Cita Original

Brandon Schmitt, Tim Tyler, Malachy McHugh. The International Journal of Sports Physical Therapy, Volume 7, Number 3, June 2012, Page 333-341