

Monograph

# Consideraciones para el Entrenamiento Posterior a una Lesión Isquiotibial en Atletas

Carly M Green<sup>2</sup>, Paul Comfort<sup>1</sup> y Martyn Matthews<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Salford, Greater Manchester.

<sup>2</sup>Sports Injury Specialist Clinic, Essex, United Kingdom.

## RESUMEN

Durante el primer año, luego de la vuelta a la práctica deportiva, la recurrencia de esguinces en los músculos isquiotibiales alcanza una tasa del 12-31%. Los motivos de esto incluyen la reducción de la fuerza de tensión, la reducción de la fuerza muscular y de los tejidos adyacentes y la reducción de la flexibilidad de la unidad músculo-tendinosa. Los estiramientos por si solos no son suficientes para promover una rehabilitación completa, lo que resulta en una tasa de recurrencia de hasta el 54.5% dentro de las dos semanas de la vuelta a la práctica deportiva. Los ejercicios específicos del deporte han mostrado ser una forma efectiva de promover la rehabilitación. Para una completa rehabilitación de los isquiotibiales, es esencial la incorporación de ejercicios pliométricos excéntricos y de ejercicios específicos del deporte en el momento apropiado.

**Palabras Clave:** esguince, rango de movimiento, estiramiento, fortalecimiento, rehabilitación

## INTRODUCCION

Los esguinces en los músculos isquiotibiales son difíciles de tratar, tienen una rehabilitación lenta y han mostrado una alta tasa de recurrencia (23, 58, 60). Las tasas normales de recurrencia se encuentran entre el 12 y el 31% durante el primer año del retorno a la práctica deportiva (60) pero puede alcanzar valores tan altos como el 54.5% (68). Los factores responsables de la recurrencia en las lesiones de los isquiotibiales incluyen la reducción de la fuerza de tensión debido al tejido cicatrizado en el sitio de la lesión, la reducción de la fuerza en la musculatura adyacente como resultado de la atrofia por desuso, la inhibición refleja, la reducción de la flexibilidad de la unidad músculo-tendinosa (MTU) y posibles cambios adaptativos en la biomecánica de los movimientos deportivos luego de la lesión original (23, 58, 60). Los esguinces de la MTU son las formas más prevalentes de lesión entre los atletas (17, 44, 48, 80) siendo los músculos que cubren dos articulaciones, tal como los isquiotibiales, los más susceptibles de sufrir un esguince (22). Los isquiotibiales se encuentran entre los músculos de las extremidades inferiores que más comúnmente sufren una lesión, siendo los esguinces la lesión más prevalente en deportes tales como el fútbol y el atletismo de pista y campo (14). Los esguinces isquiotibiales representan el 12-16% de las lesiones en el fútbol (28-60) y en el fútbol australiano (60), el 11% en jugadores de críquet (71) y el 24% entre velocistas y saltadores de nivel universitario (79).

Las altas tasas de recurrencia reportadas en relación con las lesiones de los isquiotibiales (23, 58, 60, 68, 71, 79) pueden reducirse mediante una reintroducción progresiva a las actividades que prepararán al atleta completamente para las demandas del deporte. Para una completa rehabilitación se debería permitir que haya un tiempo suficiente entre las diferentes etapas del tratamiento. Estas etapas incluyen la movilización y el estiramiento, para evitar la pérdida de

extensibilidad, mejorar el rango de movimiento (ROM), ayudar a reducir la formación de tejido cicatrizado (39, 40, 50, 52); evitar la atrofia y mejorar la fuerza (60, 68) y el entrenamiento de la fuerza ya condicionamiento específico del deporte para preparar adecuadamente para su vuelta al deporte (15, 19, 30, 32, 36, 46, 54).

## CAUSAS DE LESIONES

---

La literatura sugiere que los isquiotibiales sufren dos tipos de esguinces, uno que se produce durante la realización de carreras de esprint máximo (75, 79) y el otro que se produce durante la realización de estiramientos en rangos de movimientos extremos (5). Entre las causas de esguinces isquiotibiales se incluyen los problemas en la postura de la columna lumbar (33), las lesiones previas (3, 21, 27, 73), la falta de flexibilidad (12, 14, 22, 27, 29, 33, 45, 48, 74), la realización de una entrada en calor inapropiada (76, 77), la fatiga (76, 77), desbalances en la fuerza muscular entre los cuádriceps y los isquiotibiales (16, 21, 27, 48, 79) y una inadecuada coordinación (14, 16, 27). Los esguinces isquiotibiales también se han asociado con la carga excéntrica (14, 16, 50), tal como la que debe soportarse durante una rápida desaceleración. Los esguinces isquiotibiales se producen más comúnmente en la porción larga del bíceps femoral (7, 51, 72, 75), en la porción más próxima a la unión musculo-tendinosa (51, 60). Se han reportado esguinces isquiotibiales en velocistas, cuando estos alcanzan la velocidad máxima o cuasi máxima (6) y durante la realización de acciones musculares excéntricas potentes (14). Los esguinces se producen más comúnmente durante dos fases del ciclo de la carrera; en el momento en que se lleva la pierna hacia delante y durante el despegue del pie de apoyo (69) ya que en esta fase los isquiotibiales desaceleran la flexión de la cadera y la extensión de la rodilla (39, 40), lo que resulta en una gran carga excéntrica. También se ha hallado que si bien los velocistas sufren lesiones más frecuentemente durante la carrera, en la danza las lesiones se producen más frecuentemente durante la realización de estiramientos lentos (6). En actividades tales como la danza, la mayoría de las lesiones isquiotibiales se producen durante los estiramientos (flexión de cadera con extensión de rodilla) (6, 8), lo cual resulta en una carga excéntrica con la inserción proximal del músculo semimembranoso como sitio de lesión (8).

## REHABILITACION RECOMENDADA

---

Si bien existe un limitado consenso acerca de cómo tratar en forma efectiva las lesiones de los isquiotibiales, se recomienda seguir un enfoque multidisciplinario (20). El tratamiento y la rehabilitación deberían ajustarse a la severidad de la lesión y al proceso de curación (44, 50). El tiempo de rehabilitación varía dependiendo de la severidad de la lesión, con una duración promedio de 16 semanas, pero con un rango de 6-50 semanas (7). La utilización de imágenes de resonancia magnética ha permitido determinar que las lesiones que sufren los bailarines tardan en promedio 50 semanas en volver al estatus previo a la lesión (8). La rehabilitación de los tejidos blandos debería llevarse a cabo mediante el uso de crioterapia (34, 41), drogas antiinflamatorias no esteroideas (18, 34, 35), modalidades de electroterapia (34, 35) y ejercicios para el fortalecimiento y estiramiento (60, 68); sin embargo, para reducir la recurrencia de la lesión, estos ejercicios de fortalecimiento deben ser específicos de las demandas del deporte/actividad de cada individuo (15, 19, 30, 32, 36, 46, 54).

## RESTAURACION DEL RANGO DE MOVIMIENTO

---

La cicatrización del tejido blando se caracteriza por la formación de tejido conectivo que es más corto y menos elástico que la estructura original, lo cual deriva en una reducción de la flexibilidad y en una pérdida de la función (24). En los músculos, el desarrollo de tejido cicatrizado deriva en la restricción de la contracción y en el incremento del riesgo de ruptura (23) lo que a su vez puede derivar en una reducción de la elasticidad del ciclo de estiramiento-acortamiento dada la limitación en el alargamiento de las fibras (43) y todo esto incrementa el riesgo de recurrencia de la lesión. Para recuperar esta pérdida de flexibilidad y evitar una lesión e inflamación (18, 24, 76, 77), es esencial realizar, en forma concurrente, ejercicios de estiramiento y fortalecimiento en los que el sujeto no sienta dolor, comenzando con ejercicios isométricos y progresando a ejercicios dinámicos (60). Durante la fase de remodelación de la rehabilitación, el estiramiento de los músculos determina las líneas de estrés a lo largo de las cuales se orientarán las fibras de colágeno. Si no se lleva a cabo este procedimiento, no se recuperará apropiadamente la fuerza de tensión y esto derivará en una prolongación del dolor, en la limitación de la función y en el incremento de la susceptibilidad del tejido a una nueva lesión (52).

El estiramiento de los músculos isquiotibiales ha mostrado incrementar el ROM en la articulación de la cadera, siendo la técnica más adecuada para esto los estiramientos estáticos llevados a cabo 3-5 veces por semana, realizando 4 repeticiones de 30-45 segundos (9-11, 52, 55, 63, 64). Sin embargo, cuando se intenta restaurar el rango de movimiento en un atleta lesionado, la investigación ha demostrado que el estiramiento regular (4 repeticiones de 30s, 3-4 veces por día, a partir de las 48 horas posteriores a la lesión) reduce el tiempo necesario para restaurar el ROM, en comparación con el estiramiento llevado a cabo una vez por día (5.7 vs 7.3 días) (10, 52). También es necesario señalar que los músculos lesionados que sufren cambios en su viscoelasticidad pueden requerir estiramientos de mayor duración (>30 s) o más repeticiones para obtener los mismos beneficios que un músculo saludable (52).

El estiramiento también ha mostrado ser un potente estimulante de la síntesis proteica y del crecimiento muscular que puede asociarse con una adaptación al incremento de la longitud funcional mediante la adición o remoción de sarcómeros en serie (31) y por lo tanto este tipo de ejercicios debe continuarse realizando conjuntamente con los ejercicios de fortalecimiento.



**Figura 1.** Peso muerto rumano.



**Figura 2.** Ejercicio para el fortalecimiento de los músculos isquiotibiales (denominado estiramiento nórdico).

Cuando se realizan ejercicios de estiramiento luego de la realización de ejercicios o luego de una lesión, la longitud de los sarcómeros se ajusta a la óptima para la generación de fuerza, velocidad y potencia (31).



## RESTAURACION DE LA FUERZA

Los estiramientos combinados con otros protocolos para el tratamiento de una lesión, tal como el fortalecimiento, mejora el proceso de rehabilitación y resulta en una reducción de recurrencia (65, 68, 77). Sherry y Best (68) observaron una recurrencia del 7% utilizando una combinación de ejercicios progresivos de agilidad y estabilización del tronco en comparación con una recurrencia del 70% (en el periodo de 1 año) del grupo que realizó ejercicios de estiramiento y fortalecimiento. El tiempo promedio para retornar al deporte fue de 22 días y 37 días, respectivamente. El grupo que realizó los ejercicios progresivos de agilidad y estabilización del tronco llevó a cabo un programa de entrenamiento que incluyó ejercicios isométricos, ejercicios concéntricos y excéntricos lentos y rápidos, lo cual era más representativo de las demandas del deporte que el protocolo de entrenamiento que incluía ejercicios de estiramiento y fortalecimiento. Los ejercicios para los músculos isquiotibiales, tales como las flexiones de rodilla y el peso muerto con rodillas extendidas (Figura 1) deberían incorporarse al programa de fortalecimiento debido a que provoca una mayor actividad de los isquiotibiales en comparación con la sentadilla (1, 78). También es necesario señalar que la investigación sugiere que la sentadilla, a pesar de las variaciones técnicas, produce una menor activación de los isquiotibiales que de los cuádriceps (1, 25, 26, 42, 53, 57, 59, 67). Por esta razón, la sentadilla puede no ser un ejercicio apropiado para el fortalecimiento de los músculos isquiotibiales, aunque es un ejercicio esencial para el acondicionamiento de los atletas previo a la realización de actividades pliométricas. El entrenamiento de la fuerza puede ayudar a evitar la recurrencia de lesiones debido al incremento de la rigidez y de la fuerza de las unidades músculo-tendinosas (49). La incorporación de ejercicios de carrera y agilidad ha demostrado permitir un retorno a la actividad deportiva mucho más rápido (10-14 días) cuando se combinan con ejercicios de estiramiento, y técnicas de rehabilitación como la crioterapia y la electroterapia (34), sin ocurrencia de lesión por el resto de la temporada. La inclusión de ejercicios excéntricos (desaceleración) también parece tener un efecto beneficioso para la prevención y rehabilitación de los esguinces isquiotibiales y por lo tanto estos ejercicios pueden reducir la recurrencia de lesiones (13, 14, 19, 46, 61, 62, 79). Esto puede deberse al hecho de que los esguinces isquiotibiales están asociados con rápidas cargas excéntricas (14, 50). Los ejercicios excéntricos para los isquiotibiales, tal como las *extensiones nórdicas* (Figuras 2 y 3) han mostrado reducir el riesgo de lesión isquiotibial (2, 4, 15, 19, 30, 54) al provocar mayores ganancias de fuerza que el entrenamiento concéntrico (46, 47, 54) y mejorando así el índice de fuerza entre isquiotibiales-cuádriceps, especialmente a grandes velocidades (38, 54). El entrenamiento excéntrico hace que el ángulo en el que se produce el torque pico se sea más próximo a la extensión completa (13, 19, 47, 54) lo cual también puede ayudar en la prevención de lesiones.



**Figura 4.** Ejercicio complejo para los isquiotibiales (posición inicial y final).



**Figura 5.** Ejercicio complejo para los isquiotibiales (posición intermedia).

La incorporación de ejercicios pliométricos y de ejercicios de agilidad dentro del programa de entrenamiento ha mostrado incrementar el torque pico de los isquiotibiales y mejorar el índice de fuerza entre isquiotibiales y los cuádriceps (36). La incorporación de ejercicios pliométricos puede reducir el riesgo de lesión (32), lo que puede atribuirse a la rápida carga excéntrica. La progresión de actividades específicas del deporte y actividades pliométricas debería pasar de movimientos unidireccionales (e.g., saltos desde media sentadilla) a movimientos bidireccionales (e.g., rebotes) y por último a movimientos multidireccionales (e.g., rebotes en zigzag) (32). Antes de que los atletas realicen ejercicios pliométricos de alta intensidad se recomienda que estos puedan realizar más de 1 repetición en sentadilla con el 150% de su masa corporal (37, 56). Sin embargo si los ejercicios pliométricos se realizan en el agua, creando un efecto de descarga a través de la flotación, los mismos pueden introducirse antes en el programa de rehabilitación lo cual ha mostrado ser altamente efectivo (66, 70).

|  |  |
|--|--|
| Tratamiento Inicial*                         | El tratamiento para la fase aguda de un esguince isquiotibial inicial incluye el reposo con aplicaciones de hielo, compresión y elevación (188, 24, 28, 34, 60).   |
| Restauración del ROM*                        | Estiramientos diarios, llevados a cabo 3-4 veces, y manteniendo la posición 30-45 segundos por estiramiento (10, 11, 55); realizar 4 veces al día (52) ejercicios en los que haya que soportar el peso corporal, sin que se sienta dolor, y dentro del ROM (28)  |
| Fortalecimiento Inicial*                     | El fortalecimiento inicial se enfoca en ejercicios específicos para los isquiotibiales, incluyendo las flexiones de rodilla y el peso muerto a rodillas extendidas (ver Figura 1) (1, 78) y los ejercicios complejos (ver Figuras 4, 5), a la vez que se continúa con los ejercicios para incrementar el ROM.  |
| Fortalecimiento Excéntrico de Baja Velocidad | Realizar actividades excéntricas de baja velocidad tales como el peso muerto a rodillas extendidas, las extensiones nórdicas (ver Figuras 2 y 3) (2, 15, 19, 30, 46, 49), las sentadillas en tijeras, a la vez que se continúa con el desarrollo de la fuerza concéntrica y el mantenimiento del ROM.  |
| Fortalecimiento Excéntrico de Alta Velocidad | Realizar ejercicios pliométricos y actividades específicas del deporte para incrementar el torque de los isquiotibiales a altas velocidades (32, 36), por ejemplo, saltos desde media sentadilla, saltos con apoyos en tijeras, rebotes y saltos con caída. Se continúa con el trabajo para mantener la fuerza y el ROM.   |
| Progresiones Específicas del Deporte         | Las actividades específicas del deporte y las actividades pliométricas deberían progresar desde movimientos unidireccionales a movimientos bidireccionales y por último a movimientos multidireccionales. Por ejemplo, realizar rebotes a una pierna, saltos hacia atrás, saltos laterales, rebotes laterales, rebotes en zigzag con ambas piernas, y rebotes en zigzag a una pierna. En esta etapa se continúan con los ejercicios para el mantenimiento de la fuerza y el ROM. |

**Tabla 1.** El continuum de la rehabilitación/acondicionamiento. ROM = rango de movimiento. \*La etapa inicial de la rehabilitación deberá ser supervisada por personal apropiadamente calificado.

## APLICACION: EL CONTINUUM DEL ACONDICIONAMIENTO

A partir de la revisión de la literatura parecería que, luego de un esguince isquiotibial, la restauración del ROM es una medida inadecuada de la capacidad del atleta para retornar al deporte. Además, debido a la alta recurrencia de las

lesiones, el estiramiento por sí solo no parece ser suficiente como para preparar completamente a los atletas para la actividad deportiva (68). Sin embargo, el estiramiento combinado con el fortalecimiento y el entrenamiento específico del deporte puede resultar mucho más efectivo (32, 64, 68, 77). Por lo tanto, el entrenamiento debería ser específico de las demandas del deporte de cada atleta y se deberían considerar diversos factores entre los que se incluyen, las fuerzas ejercidas, los tipos de acciones musculares, los patrones de movimiento, la velocidad de movimiento y los mecanismos de lesión, entre los cuales el más común es la carga excéntrica (6-8, 39, 40, 69). Estos principios pueden ser incorporados en un marco de rehabilitación progresivo que prepare al atleta para el retorno a la actividad deportiva (Tabla 1).

## CONCLUSION

---

Para reducir el riesgo de recurrencia de una lesión, es esencial comprender el mecanismo de la lesión y tratar estos aspectos implementando una progresión apropiada de ejercicios. En el caso de esguinces isquiotibiales, el mecanismo de lesión parece ser la carga excéntrica (6, 8) a alta velocidad (39, 40, 69); por lo que se deben incorporar ejercicios que provoquen carga excéntrica (6-8, 39, 40, 69) e incrementar progresivamente la velocidad de movimiento utilizando actividades pliométricas (32, 36).

## REFERENCIAS

---

1. Andersen LL, Magnussun SP, Nielson M, Haleem J, Poulsen K, and Aagaard P (2006). Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: Implications for rehabilitation. *Phys Ther* 86: 683-697
2. Arnason A, Anderson TE, Holme I, Engebretsen L, and Bahr R (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: An intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 18: 40-48
3. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, and Bahr R (2004). Factors for injuries in football. *Am J Sports Med* 32: S4-S16
4. Askling C, Karlsson J, and Thorstensson A (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports* 13: 244-250
5. Askling CM, Lund H, Saartok T, and Thorstensson A (2002). Self reported hamstring injuries in student dancers. *Scand J Med Sci Sports* 12: 230-235
6. Askling CM, Saartok T, and Thorstensson A (2006). Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to preinjury level. *Br J Sports Med* 40: 40-44
7. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, and Thorstensson A (2007). Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *Am J Sports Med* 35: 197-206
8. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, and Thorstensson A (2007). Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *Am J Sports Med* 35: 1716-1724
9. Bandy WD and Irion JM (1994). The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 74:845-852
10. Bandy WD, Irion JM, and Briggler M (1997). The effect of time and frequency of static stretching on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 77: 1090-1096
11. Bandy WD, Irion JM, and Briggler M (1998). The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 27: 295-300
12. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riauour A, Leslie S, Plant D, and Cirone, J (1998). Isokinetic strength does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med* 32: 309-314
13. Brockett CL, Morgan DL, and Proske U (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 33: 783-790
14. Brockett CL, Morgan DL, and Proske U (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36:379-387
15. Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, and Reddin DB (2006). Incidence, risk and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 38: 1297-1306
16. Cameron M, Adams R, and Maher C (2003). Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Phys Ther Sport* 4: 159-166
17. Canale ST, Cantler ED, Sisk TD, and Freeman BL (1981). A chronicle of injuries of an American intercollegiate football team. *Am J Sports Med* 9: 384-389
18. Clanton TO and Coupe KJ (1998). Hamstring strains in athletes. *J Am Acad Orthop Surg* 6: 237-248
19. Clark R, Bryant A, Culgan J, and Hartley B (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Phys Ther Sport* 6:67-73

20. Croisier JL (2004). Factors associated with recurrence hamstring injuries. *Sports Med* 34: 681-695
21. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, and Crielaard JM (2003). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 30: 199-203
22. Cross KM and Worrell TW (1999). Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *J Athl Train* 34: 11-14
23. Dadebo B, White J, and George KP (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med* 38: 388-394
24. Drezner JA (2003). Practical management: hamstring muscle injuries. *Clin J Sport Med* 13: 48-52
25. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilke KE, and Andrews JR (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sport Exerc* 30:556-569
26. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, Bergemann BW, and Moorman CT (2001). Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1552-1566
27. Foreman TK, Addy T, Baker S, Burns J, Hill N, and Madden T (2006). Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: A systematic review. *Phys Ther Sport* 7: 101-109
28. Fuller CW and Walker J (2006). Quantifying the functional rehabilitation of injuries football players. *Br J Sport Med* 40: 151-157
29. Funk D, Swank AM, Adams KJ, and Treolo D (2001). Efficacy of moist heat pack application over static stretching on hamstring flexibility. *J Strength Cond Res* 15: 123-126
30. Gabbe BJ, Branson R, and Bennell KL (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *J Sci Med Sport* 9: 103-109
31. Goldspink G (1999). Changes in muscle mass and phenotype and the expression of autocrine and systemic growth factors by muscle response to stretch and overload. *J Anat* 194: 323-334
32. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, and Tekulve FX (2000). Avoidance of soccer injuries with pre-season conditioning. *Am J Sports Med* 28: 659-662
33. Hennessey, L and Watson, AWS (1993). Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med* 27: 243-246
34. Herrington L (2000). Patients with hamstring muscle strains returning to sport in less than 14 days: A case report of treatment used. *Phys Ther Sport* 1: 137-138
35. Hertal J (1997). The role of non-steroidal anti-inflammatory drugs in the treatment of soft tissue injuries. *J Athl Train* 32: 350-358
36. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, and Noyes FR (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 24: 765-773
37. Holcomb WR, Kleiner DM, and Chu DA (1998). Plyometrics: Considerations for safe and effective training. *Strength Cond* 20:36-41
38. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, and Guadagnoli MA (2007). Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring-quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res* 21: 41-47
39. Hoskins WT and Pollard HP (2005). Successful management of hamstring injuries in Australian Rules footballers: Two case reports. *Chiropr Osteopat* 13: 4
40. Hoskins W and Pollard H (2005). The management of hamstring injury □ Part 1: Issues in diagnosis. *Man Ther* 10: 96-107
41. Hubbard TJ, Aronson SL, and Denegar CR (2004). Does cryotherapy hasten the return to participation? A systematic review. *J Athl Train* 39: 88-94
42. Isear JA, Erickson JC, and Worrell TW (1997). EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Med Sci Sports Exerc* 29: 532-539
43. Ishikawa M and Komi PV (2004). Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. *J Appl Physiol* 96: 848-852
44. Jarvinen TA, Kaariainen M, Jarvinen M, and Kalimo, H (2000). Muscle strain injuries. *Curr Opin Rheumatol* 12: 155-161
45. Jonhagen S, Nemeth G, and Eriksson, E (1994). Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 22: 262-266
46. Kaminski TW,Webberson CV, and Murphy RM (1998). Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: Clinical implications. *J Athl Train* 33: 216-221
47. Kilgallon M, Donnelly AE, and Shafat A (2007). Progressive resistance training temporarily alters hamstring torque angle relationship. *Sand J Med Sci Sports* 17: 18-24
48. Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, and Vaughan L (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* 19: 76-81
49. Kubo K, Kanehisa H, and Fukanaga T (2002). Effects of resistance and stretching training programmes on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Physiol* 538: 219-226
50. Kujala UM, Orava S, and Jarvinen M (1997). Hamstring injuries: current trends in treatment and prevention. *Sports Med* 23:397-404
51. Lempainen L, Sarimo J, Mattila K, Heikkila J, and Orava S (2007). Distal tears of the hamstring muscle: review of the literature and our results of surgical treatment. *Br J Sports Med* 41: 80-83
52. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, and Papacostas E (2004). The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athlete follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 36: 756-759
53. McCaw ST and Melrose DR (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med Sci Sports Exerc* 31: 428-436
54. Mjolsnes R, Arnason A, Osthagen T, Raastad T, and Bahr R (2004). A10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 14: 311-317
55. Nelson RT and Bandy WD (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train* 39: 254-258

56. Newton H (2002). Explosive Lifting for Sports. *Champaign, IL: Human Kinetics*, pp. 33
57. Ninos JC, Irrgang JJ, Burdett R, and Weiss JR (1997). Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30° of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. *J Orthop Sports Phys Ther* 25: 307-315
58. Orchard J and Best TM (2002). The management of muscle strain injuries: An early return verses the risk of recurrence. *Clin J Sports Med* 12: 3-5
59. Panerillo RA, Backus SI, and Parker JW (1994). The effect of the squat exercise on anteriorposterior knee translation in professional football players. *Am J Sports Med* 22: 768-773
60. Petersen J and Holmich P (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med* 39: 319-323
61. Proske U and Morgan DL (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 537: 333-345
62. Proske U, Morgan DL, Brockett DL, and Percival P (2004). Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 31: 546-550
63. Reid DA and McNair PJ (2004). Passive force, angle, and stiffness changes after stretching of hamstring muscles. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1944-1948
64. Roberts JM and Wilson K (1999). Effects of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med* 33: 259-263
65. Robertson VJ and Baker KG (2001). A review of therapeutic ultrasound: Effectiveness studies. *J Phys Ther* 81: 1339-1350
66. Robinson LE, Devor ST, Merrick ME, and Buckworth J (2004). The effect of land vs aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J Strength Cond Res* 18: 84-91
67. Schaub PA and Worrell TW (1995). EMG activity of six muscles and VMO: VL ratio determination during a maximal squat exercise. *J Sports Rehabil* 4: 195-202
68. Sherry MA and Best TM (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther* 34: 116-125
69. Stanton PE (1989). Hamstring injuries in sprinting—the role of eccentric exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 10:343-349
70. Stemm JD and Jacobson BH (2007). Comparison of land and aquatic based plyometric training on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 21: 568-571
71. Stretch RA (2003). Cricket Injuries: a longitudinal study of the nature of injuries to South African Cricketers. *Br J Sports Med* 37: 250-253
72. Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, and Heiderscheit BC (2006). Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev* 34: 135-141
73. Verall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT, and Spriggins AJ (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: A prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med* 35: 435-440
74. Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, and Cambier, D (2001). Intrinsic Risk Factors for the development of patellar tendonitis in the athletic population. *A two year prospective study. Am J Sports Med* 29: 190-195
75. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, and Hodson A (2004). Football Association Medical Research Programme. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 38: 36-41
76. Worrell TW (1994). Factors associated with hamstring injuries: An approach to treatment and preventative measures. *J Sports Med* 17: 338-345
77. Worrell TW, Smith TL, and Winegardner J (1994). Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 20:154-159
78. Wright GA, Delong TH, and Gehlsen G (1999). Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift and back squat movements. *J Strength Cond Res* 13:168-174
79. Yamaoto T (1993). Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow up study of collegiate track and field athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 33: 194-199
80. Zemper ED and Pieter W (1999). Injury rates during the 1988 US Olympic Team Trials. *Br J Sports Med* 23: 161-164

### Cita Original

Paul Comfort, Carly M. Green, and Martyn Matthews. Training Considerations after Hamstring Injury in Athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1):68-74, 2009.