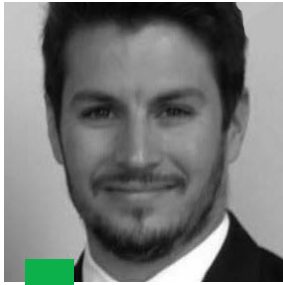




AUTOR

LIC. GABRIEL WILLIG

lic.gabriel.willig@gmail.com



Coordinador General de la  
Especialidad en Kinesiología  
Deportiva. U. Favaloro

Coordinador General  
Laboratorio de Investigaciones  
Biomecánicas.

Cátedra de Biomecánica y  
Anatomía Funcional (UBA)

Lic. en Kinesiología y Fisiatría  
Facultad de Medicina (UBA)

## LOS ISQUIOTIBIALES EN LA CARRERA, ¿CÓMO, CUÁNDO Y POR QUÉ?

La lesión por distensión muscular en los isquiotibiales es una de las lesiones más comunes en deportes como atletismo, fútbol, y rugby.<sup>9, 18</sup> La gran mayoría de estas lesiones son producto de distintos mecanismos que se producen durante la carrera.

La carrera la podemos definir desde una simple interpretación como una sucesión de saltos hasta una compleja coordinación psicomotriz, neuromuscular y biomecánica, en la cual se generan una cantidad enorme de fenómenos físicos que dan como resultado el avance veloz del cuerpo humano.

La comprensión de todos estos fenómenos es fundamental a la hora de planificar el entrenamiento, prevenir y/o tratar lesiones en cualquier atleta que desarrolle este gesto.

Lo primero que se tiene que hacer para analizar la carrera, es determinar los eventos que la definen. Existen varios criterios para determinar las distintas fases de la carrera, desde parámetros temporales utilizados clásicamente, anatomo-funcionales<sup>14</sup> y funcionales.<sup>11, 18</sup>

Las fases claves del ciclo de la carrera, se pueden definir como:

1. La fase de postura temprana (frenado): esta fase comienza cuando el pie hace contacto inicial (IC) y finaliza en la fase de postura media, que se estima entre 0 y 15% del ciclo.
2. La fase de postura tardía (propulsión): esta fase comienza en la fase de postura media y finaliza en la zona libre (TO), estimada en un 15–30% del ciclo.
3. La fase inicial y media de swing (recuperación): esta fase comienza en TO y finaliza aproximadamente dos tercios del camino a través de la fase de swing, que se estima en 30 a 77% del ciclo.
4. La fase de oscilación tardía (pre-activación): esta fase comienza aproximadamente dos tercios de la fase de oscilación y finaliza en el IC, estimado en 77–100% del ciclo.

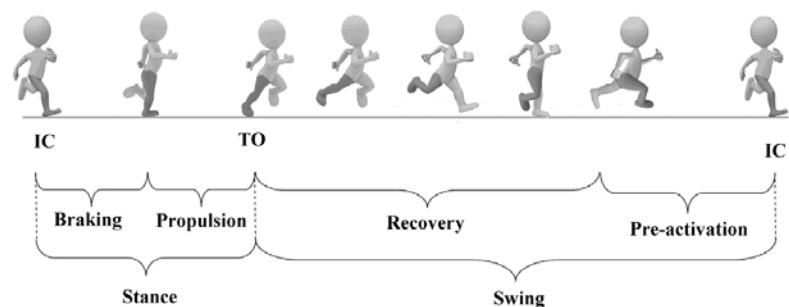


FIGURA 1: Fases de la carrera

El estudio de la carrera se la puede realizar de diferentes formas y ámbitos, mediante la utilización de cintas rodantes o en la pista de forma directa. La gran mayoría de los estudios de la carrera se realizan en cinta rodante por la logística y el espacio que las distintas situaciones requieren. Se conoce que las diferencias cinemáticas no son significativas, aunque podemos encontrar diferencias a tener en cuenta, al momento de analizar los datos obtenidos. Un ejemplo de ello, es la comparación del ángulo de flexión de la rodilla en el despegue entre las carreras en cinta rodante y sobre el piso como se menciona en el estudio de Frishberg (1983) que mostró que el ángulo de flexión en la rodilla durante el despegue durante la carrera en el suelo fue significativamente mayor que el de la carrera en cinta. Un ángulo de flexión de rodilla más pequeño significa que la rodilla está en una posición más recta y que la unidad músculo-tendón de los isquiotibiales es más larga durante la fase de postura tardía en el sprint sobre el suelo en comparación con el sprint en la cinta de correr.

Para obtener información confiable y fehaciente del real desempeño funcional del atleta es fundamental la utilización de la más alta tecnología disponible, entre las cuales podemos nombrar la electromiografía inalámbrica de superficie sincronizada con acelerómetros que marquen los distintos eventos que componen la carrera.

El uso de la electromiografía (EMG) es ampliamente reconocido como una herramienta valiosa para mejorar la comprensión del rendimiento y el riesgo potencial de lesiones en la carrera de velocidad. Los tiempos de las

“  
**Para obtener información confiable y fehaciente del real desempeño funcional del atleta es fundamental la utilización de la más alta tecnología disponible, entre las cuales podemos nombrar la electromiografía inalámbrica de superficie sincronizada con acelerómetros.**  
 ”

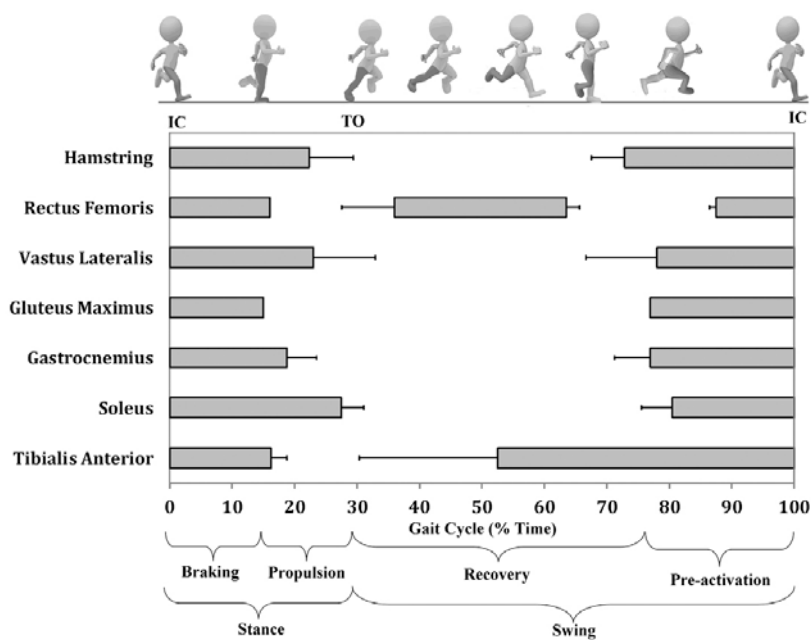


FIGURA 2: Tiempos de activación muscular

“  
**Los estudios de biomecánica de la carrera indican que los isquiotibiales están activos durante todo el ciclo de la marcha, con picos en la activación durante la postura temprana y las fases de oscilación tardías.**”

activaciones musculares en relación con las fases del ciclo de marcha son de particular interés para científicos y entrenadores.

En biomecánica deportiva, el análisis de EMG proporciona información importante sobre la actividad muscular que puede ser útil para optimizar el rendimiento o reducir la probabilidad de lesiones.<sup>12</sup>

Los sistemas inalámbricos (sEMG) son particularmente útiles a tal fin, ya que no restringen el movimiento y facilitan la captura de datos, como el atleta que corre en una pista en lugar de una cinta de correr en un entorno de laboratorio.<sup>17</sup> Por lo que podemos identificar de forma temprana los riesgos de lesiones en los atletas, ya sean desequilibrios musculares o una incorrecta biomecánica de la carrera, lo cual puede ayudar a prevenir una lesión o recurrencia de la misma debido a la ejecución deficiente de la biomecánica o de métodos de entrenamiento no óptimos.<sup>8</sup> Y las lesiones de los músculos isquiotibiales son una de ellas.

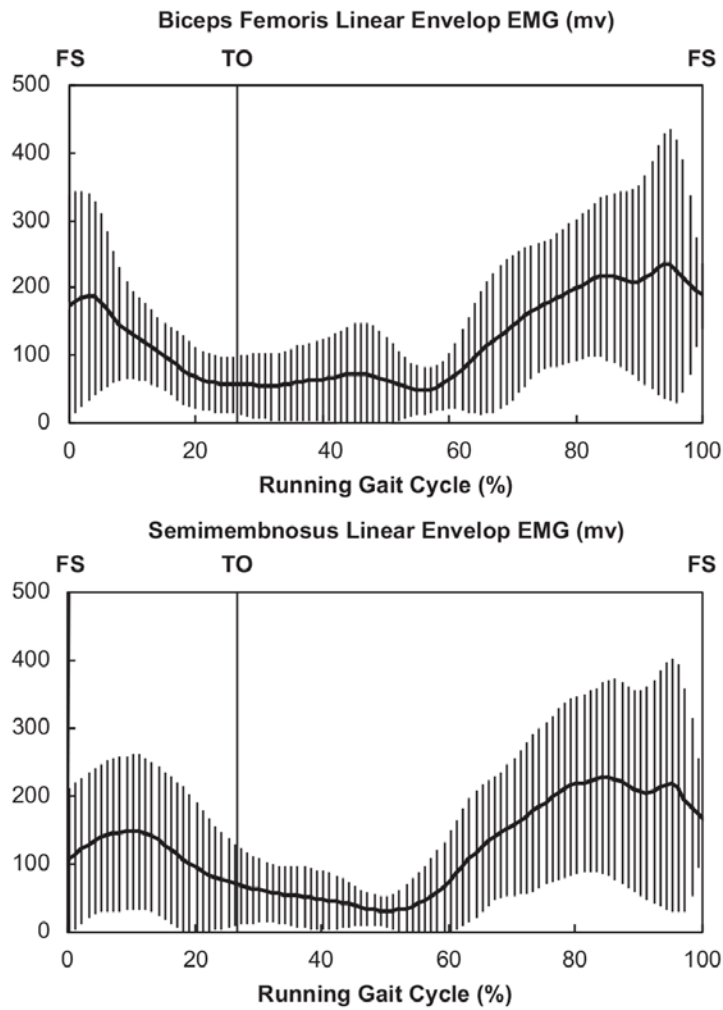
Los estudios de biomecánica de la carrera indican que los isquiotibiales están activos durante todo el ciclo de la marcha, con picos en la activación durante la postura temprana y las fases de oscilación tardías.<sup>9</sup>

La lesión por distensión muscular de los isquiotibiales es una lesión frustrante debido a la persistencia de los síntomas, la lenta recuperación y la alta tasa de reincidencia.<sup>7, 19</sup> Por lo que conocer cómo se producen estas lesiones será fundamental tanto para una buena rehabilitación, como así también para la prevención de las lesiones.

Las lesiones por distensión muscular se producen durante las contracciones excéntricas<sup>5</sup>, las cuales pueden ser atribuidas al alargamiento de los músculos biarticulares como los isquiotibiales durante la flexión de la cadera.<sup>16</sup> Pero para producir la lesión es necesario que el músculo esté altamente activado.<sup>6</sup> Estos hallazgos son apoyados por Schache et al. y cols. (2010), cuyos resultados indican que los isquiotibiales lesionados demostraron una clara intolerancia para realizar una contracción excéntrica inmediatamente después de una lesión muscular.

De los isquiotibiales, la porción larga del músculo Biceps femoral (BF<sub>lh</sub>) es el área lesionada con mayor frecuencia<sup>3</sup>, postulándose razones como la diferencia en la longitud de la fibras<sup>13</sup> o la diferencia en la tensión músculo-tendón entre estos músculos reportada por Wood (1987), pero todavía no hay suficiente evidencia para explicar la diferente tasa de lesión.

La patomecánica de la lesión nos plantea que la velocidad de contracción excéntrica máxima de los isquiotibiales es significativamente mayor durante la fase de oscilación tardía lo que podría explicar por qué el 90% de las lesiones por distensión de los isquiotibiales se producen en el vientre del músculo<sup>1</sup> ya que las activaciones máximas de los músculos isquiotibiales ocurrieron durante la fase de postura temprana y la fase de oscilación tardía, además mientras tanto alcanzan la longitud máxima y la velocidad máxima de alargamiento del conjunto tendón-músculo que fue significativamente mayor durante esta fase.<sup>18</sup> Justificando largamente el porqué de las lesiones en esta fase y con esa ubicación muscular.



**Fig. 3.** Hamstring muscle linear envelop EMG during a running gait cycle (FS = foot strike, TO = toe off).

FIGURA 3: Actividad electromiográfica de los isquiotibiales durante el ciclo completo de la carrera

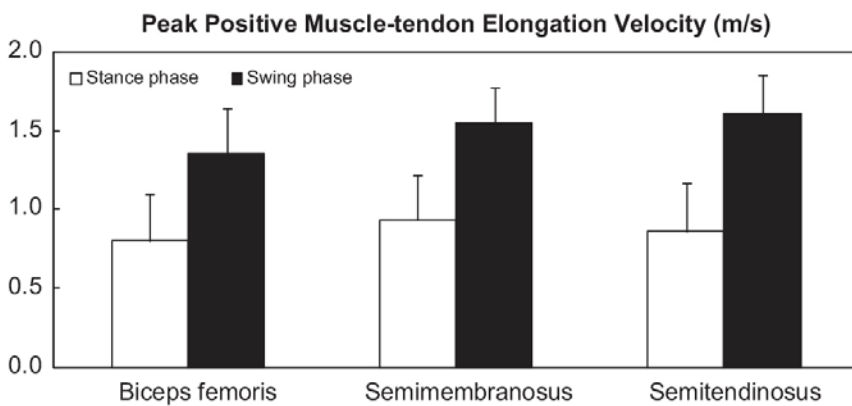


FIGURA 3 BIS: Comparación de la velocidad máxima de alargamiento músculo-tendón. Pico de elongación músculo-tendón: las velocidades de alargamiento del tendón fueron significativamente mayores en la fase de oscilación tardía que en la fase de postura tardía ( $p=0,001$ ). Las velocidades de alargamiento del tendón muscular del semimembranoso y semitendinoso en la fase de oscilación tardía fueron significativamente mayores que las del bíceps femoral ( $p=0,002, 0,003$ )

¿Pero es la única forma en que los isquiotibiales son expuestos a esfuerzos capaces de generar lesión?

Mann y Sprague (1981) sugieren que la máxima flexión de la rodilla con la que inicia la fase de postura tardía y el momento de extensión de la cadera que se produce podría generar una lesión por tensión muscular en los isquiotibiales durante la propulsión. Aunque en esta fase la activación muscular no es máxima, la velocidad de alargamiento del conjunto tendón-músculo tampoco lo es.

Pero se observó que la longitud del conjunto tendón-músculo en la máxima velocidad de elongación fue sensiblemente mayor en la fase de apoyo tardío que en la fase de oscilación tardía.<sup>18</sup> Lo que podría ser la causa de una lesión por tensión.

“  
**Es más probable que ocurra una lesión por tensión en la unión tendón-músculo de los isquiotibiales durante la fase de postura tardía que durante la fase de oscilación tardía, mientras que es más probable que ocurra en el vientre del músculo durante la fase de oscilación tardía que durante la fase de postura tardía.**”

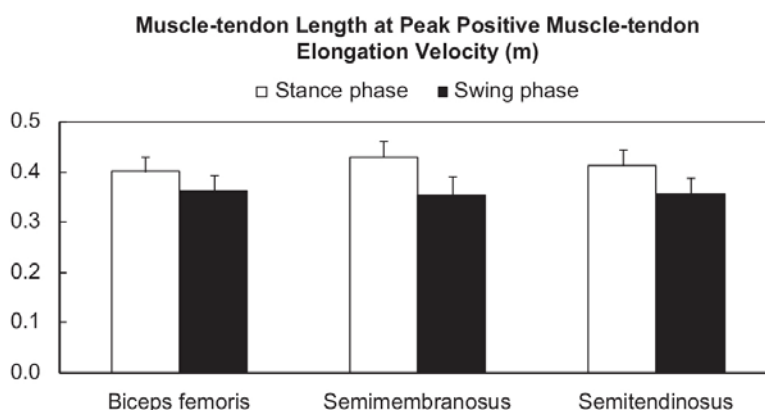


FIGURA 4: Comparación de la longitud músculo-tendón en la velocidad máxima de alargamiento músculo-tendón. Las longitudes semimembranosas y semitendinosas del músculo-tendón en sus picos de alargamiento fueron mayores en la fase de postura tardía que en la fase de oscilación tardía (p= 0,001, 0,004). La longitud semimembranosa músculo-tendón en su pico máximo de velocidad de alargamiento tendón en la fase de postura tardía fue significativamente mayor que la de los biceps femoris y semitendinosus (p= 0.001, 0.015).

Best et al. (1995) mostraron que la lesión por tensión se produjo en la unión del tendón muscular cuando la tasa de tensión era baja, pero ocurrió en el vientre muscular distal cuando la tasa de tensión era alta, lo que ocurre en la fase de postura tardía y oscilación tardía respectivamente.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es más probable que ocurra una lesión por tensión en la unión tendón-músculo de los isquiotibiales durante la fase de postura tardía que durante la fase de oscilación tardía, mientras que es más probable que ocurra en el vientre del músculo durante la fase de oscilación tardía que durante la fase de postura tardía.<sup>18</sup>

Este mecanismo de lesión tiene que ser estudiado en profundidad para llegar a una mejor comprensión del por qué de los distintos tipos de lesiones y las ubicaciones intramusculares de las mismas, ya que conocer estos procesos con mayor claridad nos dará pautas importantes en la toma de

decisiones durante la planificación de la rehabilitación y/o prevención de lesiones, sobre todo en los pacientes recurrentes.

## DISCUSIÓN

Como hemos visto en esta revisión son varios los factores que pueden generar alteraciones de la estructura y la función de los músculos isquiotibiales, sobre todo considerando las variadas situaciones a la que se los someten durante los distintos deportes que incluyen la carrera como medio principal de locomoción, como niveles de fatiga, cambios de dirección en la carrera, aceleraciones y desaceleraciones bruscas, etc.

Algunos puntos nos llevan a pensar qué próximas investigaciones podrían incluir los siguientes disparadores:

Los velocistas tienen una mayor inclinación del tronco hacia adelante mientras aceleran a velocidad máxima. Esto puede resultar en un aumento de las tensiones de los isquiotibiales durante la fase de postura tardía, y por lo tanto, un mayor riesgo de una lesión por distensión de los isquiotibiales. La fase de transición entre zancadas, puede generar fuerzas que expongan a los isquiotibiales a grandes cargas, ya que vienen de la contracción excéntrica de la fase de oscilación tardía y se ven contrariadas por la fuerza de reacción del piso en esta transición por lo que es otra posible causa de lesión a evaluar. Son variables que también tendremos que considerar y analizar al momento de enfrentarnos con una lesión en estos grupos musculares. Por lo que no es lo mismo evaluar la función en un maratonista o un velocista, o como mencionamos anteriormente, tampoco lo es en distintos niveles de fatiga.

## CONCLUSIONES

Debemos comprender las condiciones en las que evaluamos a nuestros atletas para tomar determinaciones terapéuticas acertadas. La utilización de la tecnología inalámbrica nos posibilita la evaluación funcional del atleta. Correr en cinta rodante genera una menor extensión de rodilla en la fase de postura tardía lo que lleva a un menor esfuerzo de los isquiotibiales. La ubicación de la lesión puede estar indicando que el mecanismo de lesión no es siempre el mismo. Según el mecanismo de lesión las conductas terapéuticas tendrían que ser diferentes para tratar de adaptar la musculatura al esfuerzo para el cual no estuvo preparado antes de la lesión.

## BIOGRAFÍA

1. Askling, C.M., Tengvar, M., Saartok, T., Thorstensson, A., 2007. Acute first-time hamstring strains during high-speed running: a longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *American Journal of Sports Medicine* 35, 197–206.
2. Best, T.M., McElhaney, J.H., Garrett Jr., W.E., Myers, B.S., 1995. Axial strain measurements in skeletal muscle at various strain rates. *Journal of Biomechanical Engineering* 117, 262–265
3. De Smet, A. A., & Best, T. M. (2000). MR imaging of the distribution and location of acute hamstring injuries in athletes. *American Journal of Roentgenology*, 174, 393–399.
4. Frishberg, B.A., 1983. An analysis of overground and treadmill sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15, 478–485.
5. Garrett, W. E., Jr. (1996). Muscle strain injuries. *American Journal Sports Medicine*, 24(6 Suppl.), S2–S8.

6. Hasselman, C.T., Best, T.M., Seaber, A.V., Garrett Jr., W.E., 1995. A threshold and continuum of injury during active stretch of rabbit skeletal muscle. *American Journal of Sports Medicine* 23, 65–73.
7. Hawkins, R.D., Hulse, M.A., Wilkinson, C., Hodson, A., Gibson, M., 2001. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine* 35, 43–47.
- 8- Howard RM, Conway R, Harrison AJ. Muscle activity in sprinting: a review. *Sports Biomech.* 2018 Mar;17(1):1-17. doi: 10.1080/14763141.2016.1252790. Epub2017 Feb 28. Review.
9. Liu, Y., Sun, Y., Zhu, W., & Yu, J. 2017. The late swing and early stance of sprinting are most hazardous for hamstring injuries. *Journal of Sport and Health Science*, 6(2), 133–136.
10. Mann, R.V., Sprague, P.G., 1981. A kinetic analysis of sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13, 325–328.
11. Novacheck, T. F. 1998. The biomechanics of running. *Gait & Posture*, 7, 77–95. doi:10.1016/S09666362(97)00038-6.
12. Paul, L., & Wood, L. 2002. Skeletal muscle fatigue. *Physical Therapy Reviews*, 7, 123–132. doi:10.1179/108331902125001815.
13. Pierrynowski, M.R., 1995. Analytic representation of muscle line of action and geometry. In: Allard, P., Stokes, I.A.F., Jean-Pierre, Blanche (Eds.), *Three Dimensional Analysis of Human Movement*. Human Kinetics, Champaign, IL.
14. Pink M, Perry J, Houglum PA, Devine DJ. 1994. Lower extremity range of motion in the recreational sport runner. *Am J Sports Med.* Jul-Aug;22(4):541-9.
- 15- Schache, A. G., Kim, H. J., Morgan, D. L., & Pandy, M. G. 2010. Hamstring muscle forces prior to and immediately following an acute sprinting-related muscle strain injury. *Gait Posture*, 32(1), 136–140. S0966-6362(10)00076-7.
16. Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., ... Heiderscheit, B. C. 2005. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine & Science Sports & Exercise*, 37(1), 108–114.
17. Van Caekenberghe, I., Segers, V., Willems, P., Gosseye, T., Aerts, P., & De Clercq, D. 2013. Mechanics of overground accelerated running vs. running on an accelerated treadmill. *Gait & Posture*, 38, 125–131.
18. Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE. 2008. Hamstring muscle kinematics and activation during over ground sprinting. *J Biomech.* Nov14;41(15):3121-6.
19. Woods, C., Hawkins, R.D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A., 2004. The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine* 38, 36–41