



La fatiga neuromuscular en el tenis: ¿La mente sobre los músculos?

Olivier Girard.

Universidad de Lausanne, Suiza.

RESUMEN

Para poder resistir adecuadamente durante la competición y los torneos, los tenistas deben acelerar, desacelerar, cambiar de dirección, moverse rápidamente, mantener el equilibrio y repetidamente, ejecutar golpes de calidad óptima durante varias horas. Este artículo de revisión explica el proceso de manifestación de la fatiga durante el juego prolongado de partidos y detalla los factores neurológicos y musculares que pueden afectar a las habilidades tenísticas y al rendimiento. Se presentan resultados científicos como base de las recomendaciones prácticas que ayudan a los jugadores a soportar mejor la fatiga durante partidos intensos y prolongados.

Palabras clave: Función neuromuscular, Cansancio, Alteración del rendimiento.

Recibido: 10 de Enero 2014.

Aceptado: 8 de Junio 2014.

Autor correspondiente: Olivier Girard, Universidad de Lausanne, Suiza.

Email: oliv.girard@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La fatiga muscular suele cuantificarse como la reducción de la fuerza máxima que puede ejercer un músculo, pero su etiología es compleja, especialmente en situaciones de esfuerzos intermitentes de alta intensidad en los que participa todo el cuerpo, como es jugar al tenis. La incapacidad para producir y/o mantener la fuerza requerida, que puede alterar el movimiento en cancha y la producción de los golpes, se puede atribuir a varios mecanismos que se dan dentro de las regiones corticales en los elementos contráctiles musculares. Sin embargo, hasta hace poco tiempo, no se prestaba demasiada atención a los ajustes neuromusculares de la fatiga en el tenis.

solamente disminuyó levemente (en los golpes de fondo) o no cambió (en el servicio) tras una agotadora sesión de entrenamiento en cancha. Sin embargo, la falta de sensibilidad y la gran variabilidad en las variables seleccionadas limitan considerablemente la generalización de estos resultados. Otro aspecto criticable de los mismos es que los niveles de fatiga experimentados por los jugadores no reflejaban los registrados durante el juego de partidos (ej. por el formato del protocolo, el uso de una máquina lanza pelotas para realizar la evaluación de las habilidades en cancha pre- y post-fatiga; Davey y cols. 2002). Por ejemplo, es cuestionable cómo una prueba intermitente para el agotamiento voluntario en 35 minutos podría producir un grado comparable de tensión fisiológica al de la competición real.

MANIFESTACIÓN DE LA FATIGA

Protocolos específicos para la actividad

Durante las últimas décadas, varios estudios han proporcionado evidencia científica para apoyar las observaciones de los entrenadores sobre la influencia de fatiga en el rendimiento, como se demuestra con los golpes fallados (i.e. potencia y precisión) y con los movimientos en cancha alterados (i.e. velocidad, posición respecto a la pelota). Se han elaborado protocolos para inducir la fatiga y determinar sus efectos sobre la ejecución de los golpes, en condiciones específicas, similares a la competición (Davey y cols. 2002; Hornery y cols. 2007a; Vergauwen y cols. 1998). Estos estudios han proporcionado resultados contradictorios en cuanto al cambio en la velocidad y la precisión de los golpes. Por ejemplo, Davey y cols. (2002) observaron una gran disminución en la precisión de los golpes (26.9% y 30% en los golpes de fondo y en el servicio, respectivamente) durante una prueba que simulaba el juego del tenis mientras que en el estudio de Vergauwen y cols. 1998, por el contrario, la precisión

Juego de partidos

Para superar estas limitaciones, varios investigadores han evaluado los efectos de la fatiga sobre el rendimiento durante las condiciones de partido simuladas. Por ejemplo, Mitchell y cols. (1992) han notado que la fatiga tras tres horas de juego de un partido de tenis se manifiesta por una reducción de la velocidad en el servicio y un mayor tiempo para completar patrones de desplazamiento de ida y vuelta. Girard y cols. (2006) recientemente observaron una reducción progresiva en la fuerza máxima voluntaria (10-13% en cuádriceps) y rigidez de piernas muy correlacionada con los aumentos de esfuerzo, y dolores musculares percibidos durante un partido de tres horas mientras que la fuerza explosiva se mantenía y sólo disminuía tras el ejercicio. Inmediatamente después del ejercicio, se observó una pérdida de fuerza similar (-15%) en los flexores plantares utilizando el mismo protocolo de partido (Girard y cols. 2011). Sin embargo, el curso de tiempo de estas adaptaciones difiere entre los extensores de la rodilla (progresivo) y los músculos flexores plantares (patrón bifásico con una pérdida marcada tras 90 min (Figura 1).

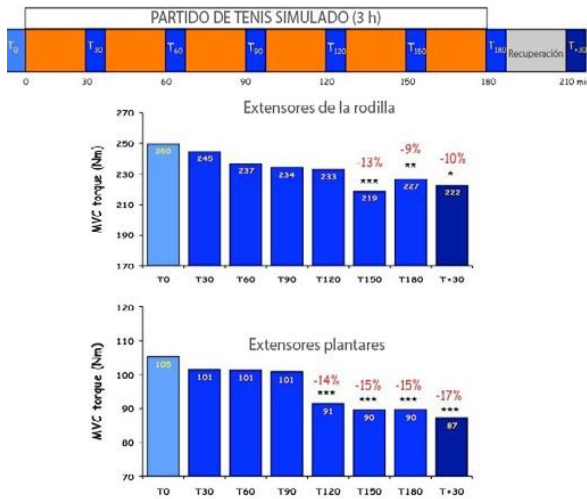


Figura 1. Torsión de la contracción voluntaria isométrica máxima del extensor de la rodilla y músculos flexores plantares antes de (T0), durante (T30: 30° min; T60: 60° minuto; T90: 90° min; T120: 120t° min; T150: 150° min), inmediatamente después (T180), y 30 minutos después de (T+30) un partido de tenis de tres horas (ver Girard y cols. 2008; y Girard y cols. 2011).

FACTORES RESPONSABLES DE LA FATIGA

Definir y cuantificar la fatiga neuromuscular

La fatiga es un fenómeno complejo cuya etiología depende de las características de la tarea realizada (principio de dependencia de la tarea). La incapacidad de producir/mantener la fuerza requerida se puede atribuir a varios mecanismos potenciales desde la región cortical (factores neurales) a elementos contráctiles (factores musculares). Cada una de estas etapas es un posible factor limitante para la producción de la fuerza y finalmente, del rendimiento en la cancha. El enfoque tradicional utilizado para identificar las causas de la fatiga muscular ha sido distinguir entre la "central" (una disminución de fuerza muscular inducida por el ejercicio debido a una reducción de reclutamiento) y la "periférica" (disminución de fuerza debido a una disminución de la contractilidad de la fibra muscular inducida predominantemente por eventos metabólicos dentro del músculo). Esto se puede realizar aplicando un estímulo eléctrico en el nervio periférico (tibial o femoral) y analizando los cambios en electromiografías (EMG), fuerzas voluntarias y evocadas (Figura 2). Utilizando este método, ha sido posible demostrar que ambos mecanismos nerviosos (activación muscular afectada) y contráctil (contractilidad muscular) contribuyen a la alteración de la función neuromuscular a medida que progresa el partido tras tres horas de tenis (Girard y cols. 2008; Girard y cols. 2011).

Mecanismos de fatiga central versus periférica

La reducida activación central se asocia con los cambios en el metabolismo de los neurotransmisores o en respuesta a retroalimentaciones sensoriales aferentes (inhibición de la actividad motoneuronal), posiblemente debido a los cambios de las propiedades metabólicas y/o mecánicas dentro del músculo (Gandevia, 2001). Prácticamente, un impulso neural subóptimo

sobre el músculo podría afectar al desarrollo de la fuerza (habilidad para alcanzar los niveles más altos de fuerza muscular dentro de la fase inicial de contracción muscular) que se cree es una clave determinante para los movimientos rápidos del miembro. Varios factores, incluyendo la menor disponibilidad de fosfocreatina, mayor acidez muscular, menor almacenamiento de carbohidratos musculares (glicógeno) o bajo nivel de glucosa en sangre se mencionan como causas de la fatiga a nivel muscular (Fitts, 1994). La fatiga observada temporalmente tras periodos de ejercicios agotadores o peloteos intensos consecutivos tiene relación directa, probablemente, con las perturbaciones en la homeostasis del ion del músculo, la alteración de la excitación del sarcolema (incremento en potasio celular) o la acumulación de metabolitos (fosfocreatina, lactato).

Estimulación percutánea

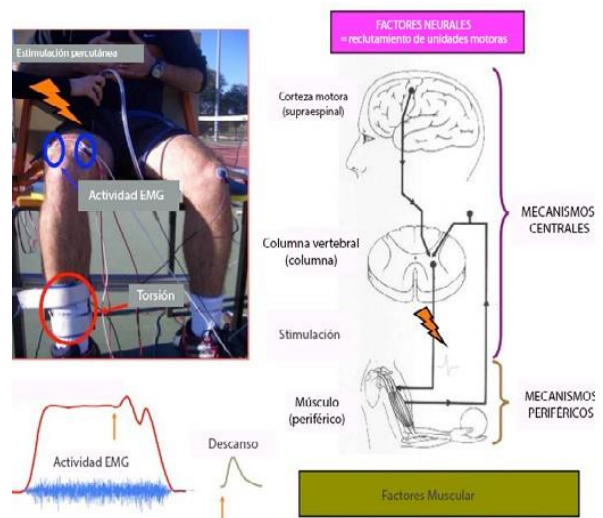


Figura 2. La evaluación confiable de la fatiga muscular se puede estudiar utilizando la técnica de la neuroestimulación. Comparando la contracción nerviosa sobreimpuesta a una contracción máxima voluntaria y la contracción nerviosa evocada en el músculo relajado (es decir el nervio femoral percutáneo, estimulación supra máxima), la técnica de interpolación de la contracción nerviosa junto con la electromiografía de superficie (EMG) puede ser una técnica confiable no invasiva para caracterizar la activación muscular (factores neurales). Al examinar la modificación de la contracción nerviosa en descanso es posible clarificar si una pérdida de propiedades contráctiles del músculo (factores musculares) puede también contribuir a la función neuromuscular afectada (Ver Girard y Millet, 2008).

Perturbaciones homeostáticas adicionales

Los ambientes cálidos y la deshidratación empeoran la fatiga, mientras que los suplementos de carbohidratos antes o durante la competición pueden finalmente contribuir para demorar la fatiga (Hornery y cols. 2007b). Cuando se juega al tenis con calor es probable que la alta temperatura del tronco (> 38.5°C) perjudique la función del sistema nervioso reduciendo el nivel del impulso central cognitivo o neural al músculo (ej. decisiones tácticas erróneas, pérdida de fuerza). Se cree que la regulación de las piernas es otro aspecto importante para la optimización del rendimiento locomotor (acelerar en carrera).

La reducción progresiva de la rigidez de las piernas durante un partido de tenis de tres horas sugiere que algunas de las disminuciones de fatiga inducida observadas en los movimientos de tenis en cancha podrían explicarse parcialmente por las alteraciones de las características mecánicas del complejo músculo-tendón (Girard y cols. 2006). Además, Hornery y cols. (2007c) observaron un incremento significativo en la circulación de creatina quinasa, lo cual parece ser signo de daño muscular agudo. El daño muscular producido por las numerosas contracciones excéntricas asociadas con los movimientos en cancha podría ser un factor importante de la fatiga subyacente observada durante el juego de tenis.

CONCLUSIÓN

La fatiga afecta el rendimiento en el tenis y puede manifestarse mediante golpes descentrados, movimientos en cancha alterados, o elecciones cognitivas (tácticas) incorrectas. La etiología de la fatiga muscular es un fenómeno complejo (ej. distinguir entre la fatiga temporal y la que aparece en la etapa final de una competición) que podría suponer un perjuicio de los procesos tanto neurales (activación del músculo sub opcional) como contráctiles (acumulación de metabolitos).

Aplicaciones prácticas

- Los factores neurales son ampliamente responsables de la mayor fuerza inducida en el entrenamiento después de la electromio- estimulación y/o los programas de resistencia. Respetando los patrones de movimiento y las exigencias específicas (Bennie y Hrysomallis, 2005), tales modalidades de entrenamiento podrían ser eficientes para mejorar las variables relacionadas con el tenis y demorar la fatiga “central”.
- Los tenistas deben generar repetidamente grandes cantidades de potencia durante las acciones explosivas en los golpes y en los rápidos movimientos en cancha. Por lo tanto, la mejora a nivel muscular de los procesos estructurales (adaptaciones hipertroóficas) y biomecánicas (regulación del potasio plasma, propiedades contráctiles de la contracción nerviosa) se espera que proporcione una ventaja para mejorar la resistencia a la fatiga (Behm y St Pierre, 1998).
- La utilización de situaciones de pre-fatiga (ej. rebotes, saltos en profundidad, ejercicios pliométricos, balón medicinal) seguidas de entrenamiento interválico de alta intensidad sería eficiente para reducir la discapacidad observada en la contractilidad del músculo (desajuste entre activación-contracción).

REFERENCIAS

Behm DG, St-Pierre D. The effects of strength training and disuse on the mechanisms of fatigue. *Sports Med.* 1998;25(3):173-189. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00004>

Bennie J, Hrysomallis C. Resistance training considerations for the sport of squash. *Strength Cond J.* 2005;27(3):30-38. <https://doi.org/10.1519/00126548-200506000-00005>

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci.* 2002;20(4):311-318. <https://doi.org/10.1080/026404102753576080>

Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994;74(1):49-94. <https://doi.org/10.1152/physrev.1994.74.1.49>

Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001;81(4):1725-1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>

Girard O, Lattier G, Micallef J-P, Millet GP. Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med.* 2006;40(6):521-526. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023754>

Girard O, Lattier G, Maffiuletti NA, Micallef JP, Millet GP. Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(6):1038-1046. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.05.005>

Girard O, Millet GP. Neuromuscular fatigue in racquet sports. *Neurol Clin.* 2008; 26 (1):181-194. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2007.11.011>

Girard O, Racinais S, Micallef J-P, Millet GP. Spinal modulations accompany peripheral fatigue during prolonged tennis playing. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(3):455-64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01032.x>

Hornery D, Farrow D, Mujikal, Young W. Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007a;2(4):423-438. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2.4.423>

Hornery D, Farrow D, Mujika I, Young W. Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med.* 2007b;37(3):199-212. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00002>

Hornery D, Farrow D, Mujika I, Young W. An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *Br J Sports Med.* 2007c ;41(8):531-536. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.031351>

Mendez-Villanueva A, Fernandez Fernandez J, Bishop D. Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by single tennis match play with reference to the development of fatigue. *Br J Sports Med.* 2007;41(11):717-22. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037259>

Mitchell JB, Cole KJ, Grandjean PW, Sobczak RJ. The effect of a carbohydrate beverage on tennis performance and fluid balance during prolonged tennis play. *J Appl Sport Sci Research.* 1992;6(2):174-180. <https://doi.org/10.1519/00124278-199205000-00006> <https://doi.org/10.1519/00124278-199208000-00009> [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1992\)006<0096:TEOACB>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1992)006<0096:TEOACB>2.3.CO;2) [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1992\)006<0174:TEOACB>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1992)006<0174:TEOACB>2.3.CO;2)

Vergauwen L, Spaepen AJ, Lefevre J, Hespel P. Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(8):1281-1288. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00016> <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00017>

CONTENIDO ITF ACADEMY RECOMENDADO (HAZ CLICK ABAJO)



Derechos de Autor (c) 2014 Olivier Girard.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la](#)