

# Influencia de la fatiga en la actividad muscular y el rendimiento del miembro superior.

Samuel Rota y Christophe Hautier.

Université de Lyon.

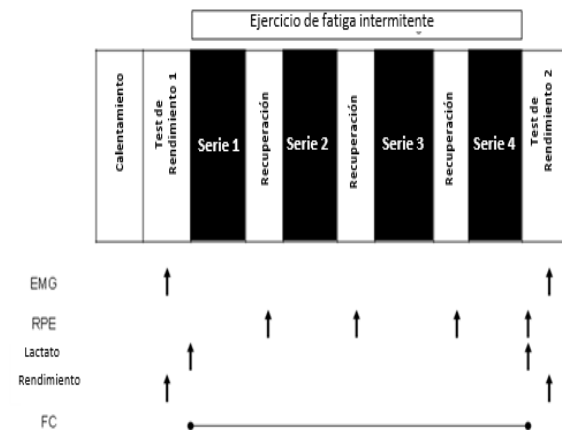
## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es examinar la incidencia de la fatiga sobre la precisión, la velocidad de la pelota y la actividad muscular durante el servicio y el golpe de derecha. El protocolo de la fatiga dio como resultado una disminución de la velocidad de la pelota en los servicios y una menor precisión en los golpes de derecha, debido a la menor activación de ciertos músculos. Los jugadores que experimentaban fatiga utilizaban una estrategia de adaptación basada en el tipo de golpe, sin modificar su coordinación intermuscular. Estos resultados nos llevan a considerar la posibilidad de trabajar sobre la resistencia a la fatiga para golpes y grupos musculares específicos.

Palabras clave: Fatiga, Velocidad de la pelota, Precisión, Estrategia de adaptación.  
Recibido: 6 de Junio de 2012  
Aceptado: 8 de Octubre de 2012  
Autor correspondiente: Samuel Rota, Université de Lyon.  
Email: [samuel.rota@fft.fr](mailto:samuel.rota@fft.fr)

## INTRODUCCIÓN

Dada la dimensión física del tenis moderno, la fatiga es un tema considerablemente relacionado con el rendimiento durante la competición. Si bien existe un consenso sobre la importancia de la fatiga en el tenis y su influencia sobre el resultado del juego, es aún necesario comprender por qué ocurre para poder limitar sus efectos. Varios estudios científicos confirman lo que han observado los entrenadores sobre la degradación de los golpes y movimientos y la mala elección táctica en la situación de fatiga (Davey y cols., 2002). Horney y cols. (2007) resumieron los resultados publicados sobre este tema (2007). Se demostró que después de una sesión de entrenamiento de tenis que llevaba al agotamiento, la fatiga reducía en un 69% la precisión de los golpes de fondo y en un 30% la velocidad de la pelota en los servicios (Davey y cols., 2002). Igualmente, un trabajo físico intenso de 2 horas disminuía la velocidad y precisión de los golpes de fondo y segundos saques y aumentaba la tasa de errores de los últimos (Vergauwen y cols., 1998). Finalmente, la actividad electromiográfica (EMG) y la fuerza isométrica máxima de los cuádriceps disminuía significativamente durante los partidos simulados (Girard y cols., 2006; 2008). Según estos últimos autores, el deterioro de la función neuromuscular durante un partido de tenis prolongado podría explicarse por el deterioro tanto a nivel central (dominio del aspecto motriz) como periférico (activación / contracción).



**Figura 1: Estructura del protocolo experimental y de los diferentes parámetros medidos. (EMG: electromiografía de superficie; RPE: esfuerzo percibido; Rendimiento: medidas de precisión y velocidad de la pelota; FC: frecuencia cardíaca).**

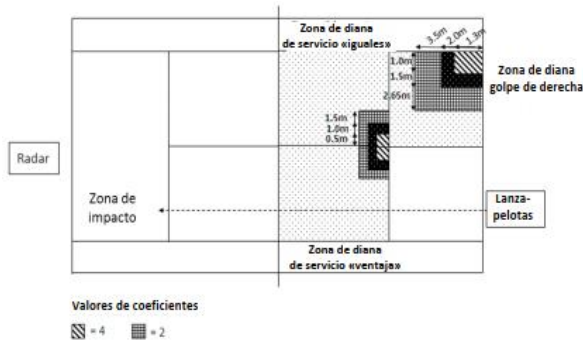
Sin embargo, a pesar de experimentar una fatiga significativa, algunos jugadores mantienen la velocidad y precisión de sus saques (Horney y cols., 2007). Por lo tanto, parece que durante el servicio, en situaciones de fatiga, pueden existir estrategias neuromusculares compensatorias (Girard y cols., 2009) para mantener el nivel de rendimiento. Por lo tanto, nos pareció

interesante estudiar las adaptaciones musculares del miembro superior asociadas con la fatiga en el tenis.

**MÉTODO**

Tras 20 minutos de calentamiento, se sometió a 8 tenistas adultos (clasificados 15 a 4/6 en Francia) a una prueba para medir su rendimiento en el golpe, antes y después de un ejercicio intermitente que llevara a la fatiga (Figura 1).

La prueba de rendimiento se centró en la velocidad medida por un radar - y la precisión de los servicios y los golpes de derecha cruzados. Los sujetos debían realizar servicios potentes y precisos buscando el "saque ganador directo" a la zona de la "T". Una máquina lanzaba pelotas para que los jugadores golpearan de derecha (3 segundos por golpe). Se evaluó la precisión de los tiros por medio de objetivos, el más pequeño ganaba más puntos (Figura 2), la pelota que botaba fuera del área objetivo, no ganaba puntos. Se calculó la tasa de error como el número de golpes dentro del objetivo/el número total de golpes. Se registró la actividad eléctrica de ocho músculos del miembro superior dominante por medio de EMG de superficie durante la producción del golpe. Se calcularon los inicios, finales y niveles de activación de cada músculo.



**Figura 2. Diagrama de la prueba de rendimiento y valores de coeficientes asociados con las áreas objetivo (cuadros de saque).**

El ejercicio para inducir la fatiga constaba de cuatro secuencias de 12 repeticiones de 1 servicio + 8 golpes de derecha cruzados (2 segundos por golpe). Se permitieron períodos de recuperación (semi-activa) de 20 segundos entre repeticiones y 90 segundos (sentados) entre secuencias (Figura 1). Los jugadores tenían que pegar con intensidad máxima y retornar al centro de la cancha entre cada golpe de derecha. La frecuencia cardíaca (HR), concentración de lactato en sangre ([La] s) y el esfuerzo percibido fueron medidos durante la prueba.

Se utilizaron las medidas ANOVA repetidas y un t-test de Student para evaluar las diferencias entre los varios indicadores antes y después de la fatiga.

**RESULTADOS**

La frecuencia cardíaca media se mantuvo constante entre las secuencias (174.7 ± 10.6 ppm) pero el lactato en sangre aumentó significativamente de 2.8 mmol.l-1 a 5.7 mmol.l-1 (p = 0.04). Los valores RPE aumentaron entre las secuencias (p <0.02) excepto entre las secuencias 3 y 4. Los jugadores consideraron que su esfuerzo fue "duro" (RPE = 14.5) durante las primeras secuencias, luego "muy duro" (RPE = 17.5) durante la última secuencia del ejercicio.

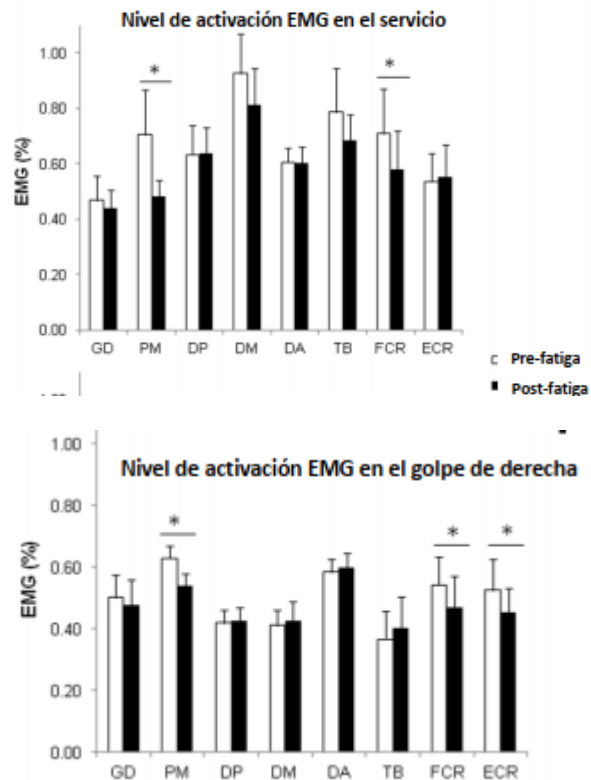
	VELOCIDAD (M.S-1)		PRECISIÓN		REGULARIDAD (%)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Servicio	38.9 (10)	37.8 (10) *	1.3 (0.4)	1.1 (0.4)	43.4 (15.4)	48.6 (15.2)
Golpe de derecha	26.9 (10)	26.9 (10)	1.3 (0.3)	1.0 (0.2) *	41.7 (15.4)	49.9 (15.2)

**Valores: media (desviación estándar). \* Diferencia significativa entre pre y post-prueba (p <0.05)**

**Tabla 1. Criterios de rendimiento para el servicio y el golpe de derecha antes y después de los estados de fatiga.**

Se observaron disminuciones significativas de velocidad del servicio (3.2%) y precisión del golpe de derecha (21.1%) después del ejercicio que inducía a la fatiga (Figura 3). La tasa de error también tendía a incrementar especialmente en el golpe de derecha (27.6%) (p = 0.056).





**Figura 3. El nivel de activación de electromiográfica estandarizada de los músculos del miembro superior en el servicio y el golpe de derecha en estados pre y post fatiga. (LD: dorsal ancho; PM: pectoral mayor, PD: deltoide posterior; MD: deltoide; AD: deltoide anterior, T: tríceps, FCR: flexor radial del carpo, ECR: extensor radial del carpo).**

Los niveles de activación electromiográfica del pectoral mayor (PM) y flexor radial del carpo (FCR) disminuyeron significativamente durante el servicio y el golpe de derecha, pero disminuyeron para el extensor radial del carpo (ECR) durante el golpe de derecha ( $p < 0.04$ ). No se detectaron diferencias en el inicio, terminación y duración de la actividad muscular, independientemente del músculo observado.

#### COMENTARIO

Este estudio demuestra el efecto negativo que ejerce la fatiga sobre la velocidad del servicio y la precisión del golpe de derecha, y una significativa disminución de la amplitud electromiográfica del pectoral mayor, flexor radial del carpo y extensor radial del carpo. No obstante, el patrón temporal de la coordinación inter muscular pareció mantenerse. Dada la frecuencia cardíaca media, el lactato en sangre y la evaluación del esfuerzo percibido (RPE), el protocolo de fatiga imponía una carga mayor que la del partido, aproximándose a la de un peloteo intenso (Kovacs 2006). La fatiga específica experimentada por el jugador provocó diferentes estrategias de adaptación dependiendo del golpe. Ciertamente, los jugadores disminuyeron la velocidad de su servicio,

probablemente para mantener una alta precisión y una baja tasa de errores. Sin embargo en los golpes de derecha, prefirieron preservar la velocidad a expensas de la precisión y regularidad. A pesar de las diferencias de protocolo entre los estudios, nuestros resultados confirman los de trabajos anteriores (Hornery y cols., 2007). Esta estrategia, consciente o inconsciente, alude al conflicto de precisión de velocidad de Fitt, que podría explicar las evoluciones inversas de la velocidad de la pelota y la precisión del saque.

El saque está considerado como uno de los golpes más importantes del juego de tenis (Elliott, 2001) y tiene una incidencia significativa sobre el resultado de un partido (Gillet y cols., 2009). Por lo tanto, tanto en entrenamiento como en competición, la precisión y la regularidad del servicio se consideran esenciales. Con respecto al golpe de derecha, se lo ha descrito como el golpe clave del tenis moderno (Brabenec, 2000), y suele utilizarse como arma ofensiva para realizar tiros ganadores. Trabajar sobre el golpe de derecha durante el entrenamiento implica ejercicios utilizando dianas- objetivos mucho más grandes que los utilizados para el servicio y que se basan más en la potencia que en la precisión. Por lo tanto, estos requisitos de entrenamiento específicos para un golpe podrían afectar las estrategias adoptadas en relación con el conflicto de precisión- velocidad durante situaciones de fatiga.

La fatiga podía probablemente causar un remodelado de la coordinación inter-muscular para mantener el rendimiento durante el gesto. Sin embargo, en este estudio no se observaron cambios del patrón temporal de activación. No obstante, la pérdida de velocidad del servicio podría explicarse parcialmente por la menor actividad de los dos músculos que generan velocidad, el pectoral mayor y el flexor radial del carpo, que parecen ser determinantes en la fase de aceleración (Morris y cols. 1989; Ryu y cols., 1988). Están involucrados, respectivamente, en la rotación del hombro y la flexión de la muñeca, lo cual contribuye en un 40% y 30% al total de la velocidad del servicio (Elliott, 2006). Durante el estado de fatiga, los jugadores parecen disminuir la activación de estos músculos, causando una disminución de la velocidad. El propósito de esta adaptación puede ser limitar el riesgo de lesión reduciendo la amplitud y las fuerzas del movimiento (Kovacs, 2006). El deterioro de la precisión del golpe de derecha podría estar relacionado con la disminución de niveles de activación del flexor y del extensor radial del carpo ya que la menor actividad de estos músculos puede producir un control deficiente de la raqueta. La reducción de la actividad muscular podría alterar la manera de sujetar la raqueta, la estabilidad de la muñeca (Morris y cols., 1989) y también el golpe y vibración en el momento del impacto (Chow et al., 2007). Los cambios de actividad electromiográfica de estos músculos observados en el golpe de derecha, asociados con los dolores de antebrazo que experimentan algunos jugadores confirman que las altas fuerzas de aprehensión generadas en el impacto durante los golpes de fondo producen limitaciones

significativas en el antebrazo del jugador (Davey y cols., 2002) y pueden producir una fatiga muy localizada.

## CONCLUSIÓN

El estudio destaca la utilidad del trabajo sobre la velocidad del servicio y la precisión del golpe de derecha en estado de fatiga. También parece ser útil desarrollar la resistencia muscular del pectoral mayor y de los músculos del antebrazo, que parecen ser los más susceptibles a la fatiga. Según estos resultados, los entrenadores y los jugadores deben desarrollar un programa de entrenamiento específico, a fin de demorar la fatiga y desarrollar estrategias efectivas para mantener el rendimiento, reduciendo al mismo tiempo, el riesgo de lesión.

## REFERENCIAS

- Brabenc, J. (2000) Why the forehand is a key stroke. *ITF Coaching and Sport Science Review* 21, 11-13.
- Chow, J.W., Knudson, D.V., Tillman, M.D. & Andrew, D.P. (2007) Pre- and post-impact muscle activation in the tennis volley: effects of ball speed, ball size and side of the body. *Br J Sports Med* 41(11), 754-9. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037184>
- Davey, P.R., Thorpe, R.D. & Williams, C. (2002) Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci* 20(4), 311-8. <https://doi.org/10.1080/026404102753576080>
- Elliott, B. (2006) Biomechanics and tennis. *Br J Sports Med* 40(5), 392-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023150>
- Elliott, B. (2001) The serve. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 24, 3 - 4.
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvenecq, R. & Stein, J.F. (2009) A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. *J Strength Cond Res* 23(2), 532-9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818efe29>
- Girard O., Guerin P., Teulier C., Millet G.P., Micallef J.P. (2009) Effets de la fatigue sur les coordinations segmentaires au service en tennis : étude préliminaire. pp. 353-360 in Cronier L., Bayle E. (eds.) *Le tennis dans la société de demain*. AFRAPS.
- Girard, O., Lattier, G., Maffiuletti, N.A., Micallef, J.P. & Millet, G.P. (2008) Neuromuscular fatigue during a prolonged intermittent exercise: Application to tennis. *J Electromyogr Kinesiol* 18(6), 1038-46. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.05.005>
- Girard, O., Lattier, G., Micallef, J.P. & Millet, G.P. (2006) Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med* 40(6), 521-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023754>
- Hornery, D.J., Farrow, D., Mujika, I. & Young, W. (2007) Fatigue in tennis: mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med* 37(3), 199-212. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00002>
- Kovacs, M.S. (2006) Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med* 40(5), 381-5; discussion 386. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023309>
- Morris, M., Jobe, F.W., Perry, J., Pink, M. & Healy, B.S. (1989) Electromyographic analysis of elbow function in tennis players. *Am J Sports Med* 17(2), 241-7. <https://doi.org/10.1177/036354658901700215>
- Ryu, R.K., McCormick, J., Jobe, F.W., Moynes, D.R. & Antonelli, D.J. (1988) An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *Am J Sports Med* 16(5), 481-5. <https://doi.org/10.1177/036354658801600509>
- Vergauwen, L., Spaepen, A.J., Lefevre, J. & Hespel, P. (1998) Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 30(8), 1281-8. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00016>
- Wu, C.L., Shih, M.C., Yang, C.C., Huang, M.H. & Chang, C.K. (2010) Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. *J Int Soc Sports Nutr* 7, 33. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-33>

CONTENIDO ITF ACADEMY RECOMENDADO (HAZ CLICK ABAJO)



Derechos de Autor (c) 2012 Samuel Rota y Christophe Hautier.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/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](#)