

Article

# Fisiología Aplicada del Tenis

Mark S Kovacs<sup>1</sup><sup>1</sup>*Department of Kinesiology, Tuscaloosa, Alabama 35487, USA. University of Alabama.*

## RESUMEN

---

Un partido de tenis competitivo requiere de las principales variables fisiológicas; sin embargo, la especificidad de estas variables todavía debe ser determinada apropiadamente. Se ha sugerido que el entrenamiento general de la fuerza y la flexibilidad son beneficiosos para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones, aunque no se conocen pautas específicas de entrenamiento. El presente artículo presenta una revisión de los estudios específicos que se relacionan con el tenis competitivo, resaltando la necesidad de un entrenamiento específico del tenis en oposición al entrenamiento físico generalizado. También se identifican los estudios que respaldan la premisa de que el tenis tiene requerimientos fisiológicos que deben ser comprendidos cuando se diseñan programas de entrenamiento e investigación.

**Palabras Clave:** tenis, acondicionamiento, entrenamiento, competencia

## INTRODUCCIÓN

---

El tenis es un deporte basado en la imprevisibilidad. La imprevisibilidad de la duración de un punto, la selección del tiro, la estrategia, la duración del partido, el clima y el oponente, influyen la complejidad de los aspectos fisiológicos del tenis. El diseño e implementación del entrenamiento para el tenis, requiere de la sólida comprensión de muchas variables fisiológicas críticas para el óptimo rendimiento. El tenis requiere de cortos estallidos de energía "explosiva" repetidos docenas, sino cientos de veces por partido o sesión de práctica. A diferencia de otros deportes, el tenis, no tiene límites de duración lo que puede resultar que un partido dure menos de una hora o más de cinco horas (en partidos al mejor de cinco sets). Esta variabilidad requiere que los tenistas estén altamente entrenado tanto anaerómicamente para el rendimiento como aerómicamente para su recuperación durante y después de los partidos.

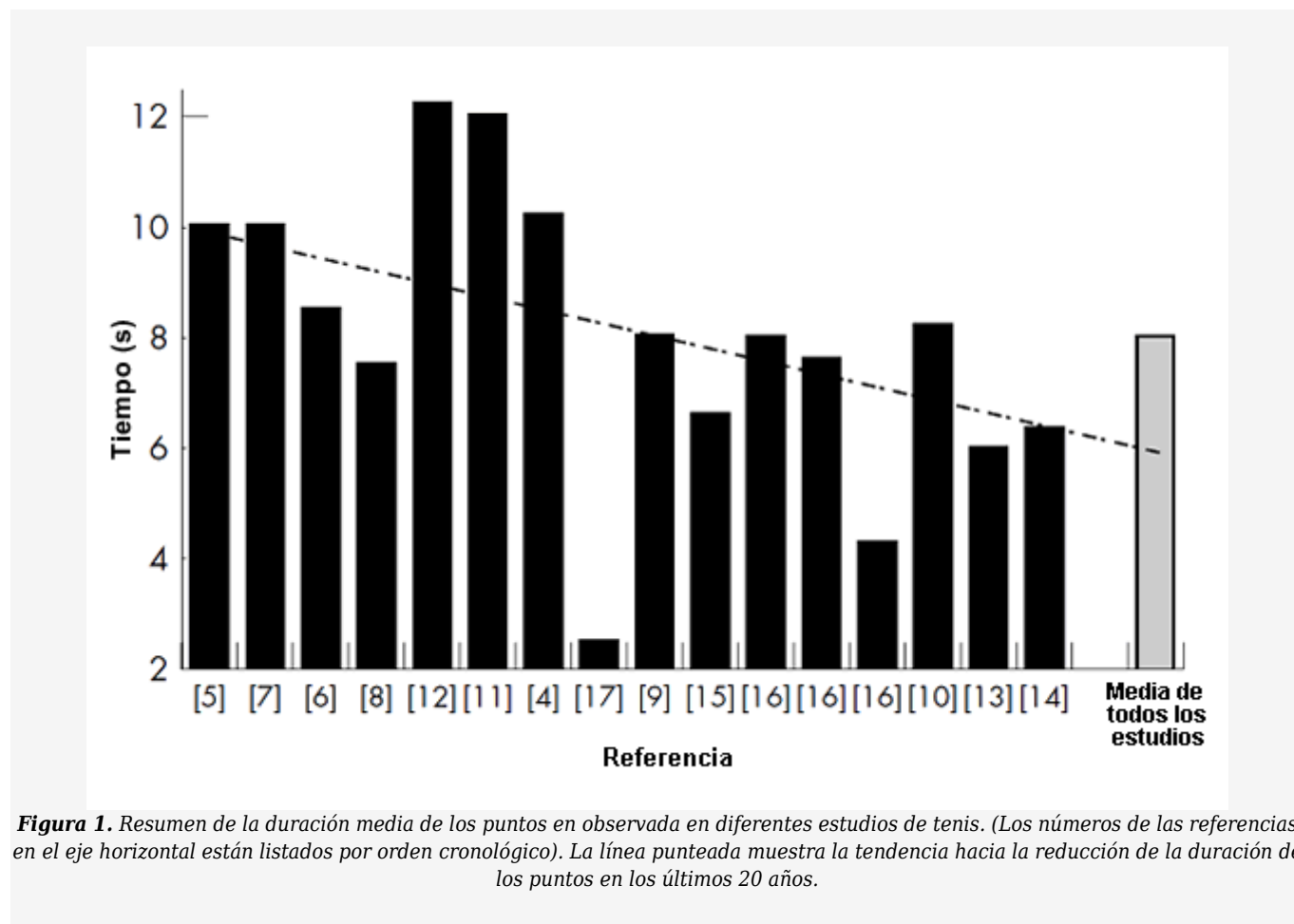
Si bien el tenis es uno de los deportes más populares a nivel mundial, se han llevado a cabo pocas revisiones que ayuden a los científicos del deporte, entrenadores y jugadores con un resumen de las investigaciones relacionadas con el tenis. Esta información puede ayudar a crear programas de entrenamiento diseñados para mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesión. La información para esta revisión basada en evidencias científicas fue obtenida utilizando los motores de búsqueda de *Medline* y *Sportdiscus* revisando los artículos para obtener mayores fuentes y examinando las referencias en búsqueda de información relevante.

## MATCH ANÁLISIS Y DURACIÓN DE LOS PUNTOS

---

La mayoría de los jugadores de tenis compiten en torneos jugados al mejor de dos sets, y estos sets varían substancialmente en duración, aunque se ha sugerido un tiempo tentativo promedio para la duración de un partido de 1.5 horas (1).

La duración media de los peloteos (*rallies*) a lo largo de los partidos de tenis también varía substancialmente, dependiente de una multitud de factores entre los que se incluyen el estilo de juego, la superficie, el ambiente, la estrategia, el nivel de juego, la velocidad de los tiros, y la motivación. Se han analizado los períodos de trabajo-pausa durante partidos de tenis de alto nivel y como era de esperarse han mostrado gran variabilidad (2). La mayoría de los partidos de alto nivel exhiben un índice trabajo-pausa de entre 1:2 a 1:5, teniendo los puntos una duración promedio de entre tres segundos en las superficies más rápidas (césped, pista) hasta cerca de 15 segundos (Figura 1) (3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17). La duración media ( $\pm$  DE) de los puntos resumida en estudios previos fue de 8.00 (2.58) s. Esta información podría ser utilizada como guía para estructurar programas de entrenamiento dentro y fuera de la pista para jugadores de tenis.



**Figura 1.** Resumen de la duración media de los puntos en observada en diferentes estudios de tenis. (Los números de las referencias en el eje horizontal están listados por orden cronológico). La línea punteada muestra la tendencia hacia la reducción de la duración de los puntos en los últimos 20 años.

En un estudio reciente llevado a cabo durante un torneo de tenis universitario de alto nivel, la duración promedio de los puntos fue de 6.36 (4.69) segundos (14). El estilo de juego de los tenistas puede tener un gran impacto sobre la duración de los puntos (18). Cuando el jugador en control del rally se encontraba atacando (golpeado fuerte la pelota e intentando llegar a la red consistentemente), la duración de los puntos fue de 4.8 (0.4) s (18). La duración de los peloteos varió entre 6 y 11 segundos (media 8.2 (1.2) segundos) cuando el jugador en control del rally era un jugador de toda la cancha (aquel que juega desde el fondo, pero no presenta problemas para ir a la red) (18). La duración promedio de los puntos fue de 15.7 (3.5) s cuando el jugador en control del rally era un jugador de fondo (aquel que juega la gran mayoría de los puntos desde el fondo, y prefiere no subir a la red). Esta diferencia en la duración fue estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) (18). El porcentaje de tiempo de juego con respecto al tiempo total del partido (sobre polvo de ladrillo) ha mostrado ser de aproximadamente el 21 (5.5) % para jugadores ofensivos, 28 (4.2) % para jugadores de toda la cancha y del 38.5 (4.9) % para jugadores de fondo (18). En un estudio previo, el porcentaje de tiempo de juego durante un partido, sobre superficies duras, fue de aproximadamente el 20% (20). A partir de los hallazgos de la investigación se podría indicar que el tiempo total de juego es de solo el 20-30% del tiempo total de juego (6,20)

# PRINCIPALES COMPONENTES FÍSICOS

## Respuestas y Requerimientos Cardiorrespiratorios

El consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ) es comúnmente utilizado como uno de los principales marcadores de la capacidad aeróbica y cardiorrespiratoria. En los partidos de tenis existe una tendencia general hacia un incremento del  $\dot{V}O_2$  y de la frecuencia cardíaca a medida que el juego progresa, con una reducción durante los periodos de descanso cuando se producen los cambios de cancha (18). Los valores del  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  en tenistas competitivos de alto nivel varían entre 44 y 69  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , con una basta mayoría de valores mayores a los 50  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (Figura 2) (3,4,7,10,18,20,21,22,23). Estos valores de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  clasificarían a los jugadores de tenis como aeróbicamente entrenados (24). Es interesante señalar que los tenistas con un juego ofensivo agresivo exhiben menores valores de  $\dot{V}O_2$  durante un partido que los jugadores que juegan principalmente desde el fondo (18). Esta información debería aplicarse al diseñar programas de entrenamiento específicos para diferentes estilos de juego. A partir de los hallazgos de investigaciones previas, se recomienda que los tenistas competitivos de alto nivel tengan valores de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  mayores a 50  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  para entrenar y competir en el nivel apropiado. Además, el entrenamiento debería ajustarse al estilo específico de juego de cada tenista.

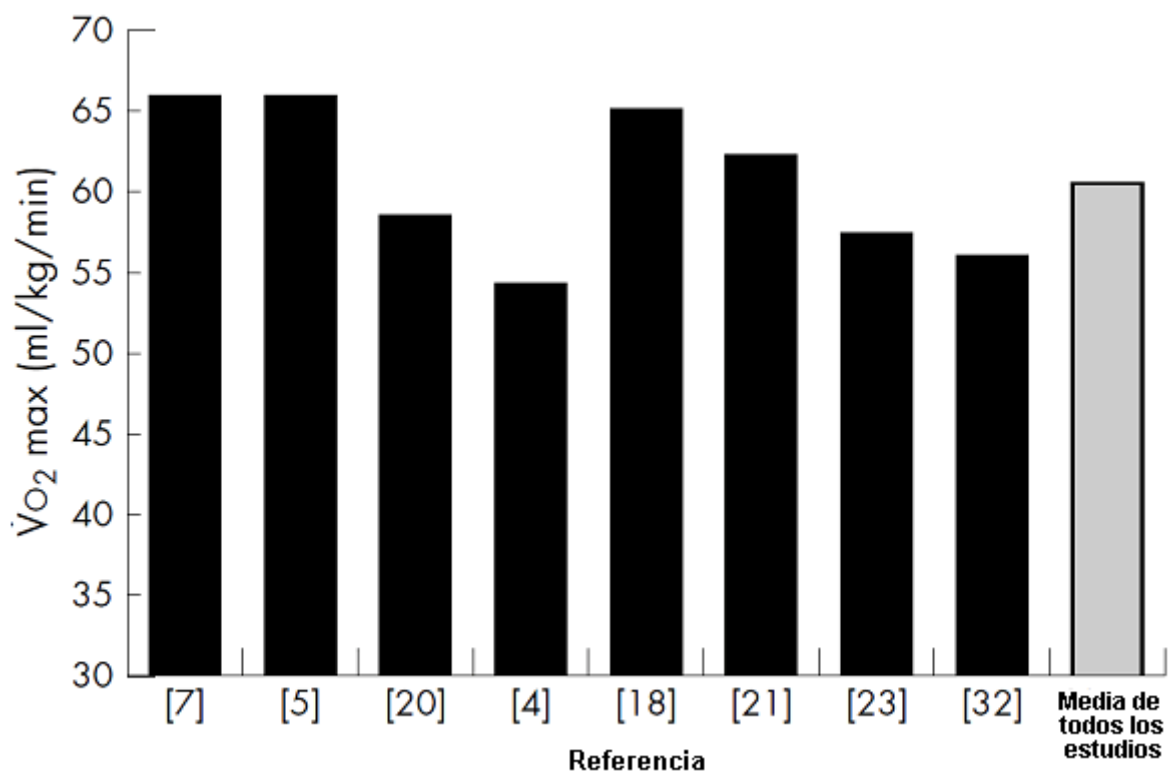


Figura 2. Valores medios de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  obtenidos en diferentes estudios.

La frecuencia cardíaca es un método práctico para monitorear la intensidad durante el entrenamiento. Durante un partido de 85 minutos, se observó que la frecuencia cardíaca media en un grupo de tenistas universitarios fue de 144.6 (13.2)  $\text{latidos}\cdot\text{min}^{-1}$  (25). La frecuencia cardíaca y la frecuencia cardíaca de reserva fueron consistentes con los resultados de otros estudios (7,8,19,26). Esto indicó que la frecuencia cardíaca se mantiene significativamente elevada por encima de los valores pre-ejercicio a pesar de la variación en la intensidad y de la naturaleza intermitente del juego. Si bien la frecuencia cardíaca es un índice de intensidad que se puede medir con relativa sencillez, no debería ser utilizada como medición del metabolismo, ya que no representa con precisión la naturaleza fisiológica de un deporte intermitente como el tenis. La variabilidad de la frecuencia cardíaca y los rangos durante un partido se deben principalmente a los continuos movimientos de arranque y frenado y a la naturaleza explosiva del deporte. Algunos estudios previos han sugerido que el tenis es un deporte aeróbico debido a la duración del juego y a los valores relativamente moderados de frecuencia cardíaca

durante el juego (20). Sin embargo, la naturaleza explosiva del saque y los golpes de fondo, los rápidos cambios de dirección que requieren de una alta capacidad anaeróbica, y el requerimiento de un alto porcentaje de fibras rápidas no representan actividades típicamente aeróbicas. Por lo tanto, sería negligente sugerir que el tenis es un deporte predominantemente aeróbico; sino que sería mejor clasificarlo como una actividad predominantemente anaeróbica que requiere de altos niveles de acondicionamiento aeróbico para evitar la fatiga y ayudar en la recuperación entre los puntos.

### **Velocidad y Agilidad**

El tenis ha sido frecuentemente descrito como un juego de continuos cambios debido a que cada pelota que el oponente golpea puede tener diferente velocidad, diferente tipo y tasa de spin, y puede ser dirigida a diferentes partes de la pista (27). Esta complejidad requiere que los tenistas posean rápidos tiempos de reacción y una gran velocidad para dar el "primer paso". Los jugadores de tenis deben tener una capacidad excepcional para moverse linealmente, pero también para realizar movimientos laterales y multidireccionales. Un estudio de investigación evaluó la relación entre la aceleración, la velocidad máxima y la agilidad en jugadores de fútbol. Los resultados de este estudio indicaron que estas tres variables son individuales y cada cualidad específica es independiente de la otra (28). Por lo tanto es importante que los tenistas entrenen los patrones de movimiento específicos que se producen durante el juego. Si se aplica el principio de especificidad para el diseño de los programas de entrenamiento, entonces estos deberían incluir actividades de esprint en distancias que no sean mayores a las que el atleta cubre durante un punto. Un programa que consista de sprints sobre distancia de 20 metros parecería más que apropiado.

### **Fuerza**

La fuerza muscular y articular se requiere tanto para la mejora del rendimiento (velocidad de la pelota) como para reducir el riesgo de lesión (protección de las articulaciones, ligamentos, tendones, etc.). Se requiere de un contacto sólido entre la raqueta y la pelota para una óptima ejecución de cada golpe, y esto se ve influenciado por la fuerza de prensión. Se necesita una muñeca firme para evitar que la cabeza de la raqueta se aleje del camino deseado bajo la influencia de las altas velocidades angulares y de los grandes torques (29). Se ha reportado que los tenistas de elite tienen una fuerza de prensión de 600 N, así como también una mayor resistencia muscular en la musculatura prensora en comparación con no deportistas (30). Kibler y Chandler (30) hallaron que la fuerza de prensión y la resistencia de la musculatura prensora no tuvieron una buena correlación. Por lo tanto, la fuerza y la resistencia prensora deberían evaluarse y entrenarse separadamente. En el caso del servicio, se ha mostrado que la mayor contribución a la velocidad final de la cabeza de la raqueta fue, en orden de importancia: la rotación interna del brazo, la flexión de la muñeca, la aducción horizontal del brazo, la pronación del antebrazo y el movimiento hacia delante del hombro (31, 32).

La región del hombro se ve altamente involucrada en todos los golpes del tenis, y se ha mostrado que los valores pico del torque interno, externo y diagonal del hombro contribuyen substancialmente a la velocidad de la pelota durante el servicio (33). Por lo tanto, no es sorprendente que la región del hombro sea uno de los focos principales de la investigación relacionada con la prevención y rehabilitación de lesiones en el tenis. Las contracciones musculares excéntricas desempeñan un rol importante en actividades funcionales, pero en el hombro del tenista - específicamente el manguito rotador - el infraespinoso y el redondo menor son de gran importancia durante la fase final de los golpes, más específicamente durante el movimiento de saque (34). Estos dos músculos realizan una gran contracción excéntrica para desacelerar la extremidad y preservar la salud articular (35). Los niveles adecuados de fuerza y rango de movimiento (ROM) de los músculos del manguito rotador son esenciales para prevenir lesiones por sobreuso ya que son vitales en la estabilización y movimiento a través de los rangos de movimientos extremos experimentados durante los golpes de tenis, específicamente durante el saque (29,36).

La velocidad del servicio o del lanzamiento depende parcialmente en una rápida rotación concéntrica interna durante la fase de aceleración del servicio (35). El entrenamiento de la fase excéntrica podría afectar específicamente la fase de desaceleración, lo cual podría determinar los componentes de trayectoria y velocidad (37). El entrenamiento isocinético tanto excéntrico como concéntrico de los músculos del hombro ha resultado en ganancias significativas de la potencia, particularmente a altas velocidades funcionales, así como también en grandes incrementos en la explosividad de los músculos del manguito rotador (37). Por lo tanto, sería recomendable que los tenistas incluyan entrenamientos excéntricos y concéntricos en sus programas de entrenamiento para la mejora del rendimiento.

Los índices de fuerza del tren superior han sido foco de la mayoría de las investigaciones sobre el entrenamiento de la fuerza en el tenis, incluso cuando se ha reportado que la mayoría de las lesiones en este deporte se producen en el tren inferior (38). Por lo tanto, sería importante incluir ejercicios de fortalecimiento para el tren inferior en los programas de entrenamiento de jugadores de tenis (39). Contrariamente a las diferencias asimétricas observadas en la fuerza del tren superior, las medidas de la fuerza en el tren inferior han mostrado ser simétricas en jugadores de tenis (40). Si bien se requiere mayor investigación respecto de la fuerza del tren inferior y el rendimiento en el tenis, podría ser beneficioso que los tenistas realicen ejercicios tanto bilaterales como unilaterales para mejorar su rendimiento y reducir el riesgo de

lesión.

## Flexibilidad

Las demandas físicas del tenis provocan adaptaciones musculoesqueléticas que en ciertos casos son positivas (incremento de la fuerza) y en ciertos casos negativas (reducción del ROM articular y de la flexibilidad). Estas demandas repetidas para producir tensión por los músculos que se acortan pueden provocar, con el uso continuo, un ciclo de microtraumas, seguido de la formación de tejido cicatrizante, seguido de otro microtrauma (41). Estas adaptaciones pueden volverse negativas, reduciendo el ROM articular, cambiando el patrón biomecánico y reduciendo la eficiencia en la producción de tensión e incrementando el riesgo de lesión muscular (42).

Se ha observado que los tenistas tienen un mayor rango de movimiento del hombro interno en su brazo dominante y en comparación con otros deportistas, pero tienen un menor rango de movimiento del hombro externo (42). La principal razón de esto probablemente sea la acción repetida del servicio que incrementa el ROM interno - un posible beneficio para el rendimiento. Sin embargo, si no se mejora el ROM externo, el desequilibrio creado, aunque mejore el rendimiento a corto plazo, puede derivar en la lesión muscular y articular en el mediano y largo plazo.

Un estudio que investigó el ROM del hombro a lo largo de cuatro meses de competencia en tenistas mujeres universitarias halló que no hubo mejoras en la rotación interna o externa de la articulación glenohumeral (43). Esto sugiere que jugar al tenis por sí solo, sin un entrenamiento del ROM del hombro externo, no es suficiente para mejorar el ROM del hombro, lo cual podría incrementar el rendimiento. Por lo tanto, los tenistas deberían realizar un programa que incluya ejercicios para el ROM del hombro tanto durante la pretemporada como durante la temporada competitiva.

El dolor lumbar y las lesiones en la región inferior de la espalda son comunes entre jugadores de tenis de elite (42) y esto se correlaciona con un pobre rango de movimiento en la porción inferior de la espalda y los isquiotibiales (42). Se ha observado que los jugadores de tenis exhiben un menor ROM en los isquiotibiales en comparación con otros deportistas, pero incluso un peor ROM en la porción posterior de la pierna durante el servicio (42). Esta reducción del ROM en los isquiotibiales puede explicarse por la necesidad de los tenistas de adoptar frecuentemente la "posición baja de preparación". Esta es la posición más eficiente para comenzar un movimiento explosivo, ya que provoca el descenso del centro de masa, pero además requiere que los isquiotibiales se encuentren acortados por períodos de tiempo prolongado. Es de vital importancia que se implemente un programa de estiramiento para los isquiotibiales desde edades tempranas, de manera que los tenistas puedan mejorar su rendimiento utilizando la posición de preparación pero que esto no represente, en forma contraproducente, un incremento del riesgo de lesión para los músculos de la porción inferior de la espalda o los isquiotibiales.

El entrenamiento de la flexibilidad debe ser individualizado. Si el ROM es adecuado, entonces un entrenamiento excesivo de la flexibilidad podría provocar efectos negativos (reducción de la potencia). Por lo tanto, el foco del entrenamiento debería ser el mantenimiento de la flexibilidad mientras se busca la mejora de otras variables, en lugar de tratar en forma continua de incrementar el ROM (44).

## RENDIMIENTO

### Componentes Físicos, Edad y Rankings

Existen algunas investigaciones prácticas que han buscado vincular los componentes de la aptitud física, la edad y el ranking en jugadores competitivos de categoría junior. Se han llevado a cabo estudios correlacionales para determinar que componentes físicos tienen una mayor relación con los resultados de los partidos y el posicionamiento en el ranking. Solo se ha hallado una correlación entre los resultados de ciertos tests de rendimiento y el ranking de tenistas de categoría junior - el test del hexágono para la valoración de la agilidad y la velocidad ( $r = 0.23$ ,  $p < 0.05$ ) (45). No se hallaron correlaciones entre la clasificación de los golpes de los tenistas (según el mayor nivel asignado por los entrenadores de tenis de la USPTA) y los tests de rendimiento físico (45). Se observaron mayores correlaciones entre los golpes y los rankings nacionales (derecha,  $r = 0.68$ ,  $p < 0.05$ ; revés,  $r = 0.59$ ,  $p < 0.05$ ; servicio,  $r = 0.57$ ,  $p < 0.05$ ) que entre los golpes y los rankings locales (derecha,  $r = 0.44$ ,  $p < 0.05$ ; revés,  $r = 0.31$ ,  $p > 0.05$ ; servicio,  $r = 0.43$ ,  $p < 0.05$ ) (45). Excepto para el golpe de revés, el cual no tuvo una correlación significativa con el ranking local, cada golpe se correlacionó significativamente con los rankings locales y nacionales (45). Tal como lo establecieron los autores, el hallazgo más relevante de esta investigación fue que los tests de rendimiento físico en tenistas varones avanzados (8-12 años de edad) no predijeron su habilidad de juego a nivel competitivo (45). Sin embargo, la agilidad fue la capacidad física que más influyó el nivel competitivo de los tenistas jóvenes. Los datos de este estudio indican que las destrezas relacionadas con

los golpes del tenis pueden ser utilizadas para predecir el éxito en estas edades. La falta de maduración física en los varones durante estas edades (8-12 años) podría ser la principal explicación del por qué el rendimiento físico no estuvo relacionado con los rankings del tenis. El dramático incremento en la fuerza, el tamaño y la resistencia se produce, en los niños, entre los 12 y 15 años (46). Por lo tanto, parece que a medida que los tenistas experimentan su maduración biológica se alterarían los factores principales que afectan su rendimiento.

En un estudio llevado a cabo para expandir los hallazgos del estudio de Roetert et al (45), se evaluaron tres niveles de jugadores de tenis de elite categoría junior: los pertenecientes al Equipo Nacional de la USTA (media para la edad: 15.4 años); los que se encontraban en el Campamento de Desarrollo (media para la edad: 13.6 años); y los que se hallaban en los centros del entrenamiento de la USTA (edad no especificada). El análisis para relacionar los rankings con los tests de rendimiento permitió clasificar correctamente al 91.4% de los casos. Las siete variables que permitieron esta fuerte asociación fueron: el tests del hexágono, las flexiones de brazos, los desplazamientos laterales, la rotación interna del hombro dominante, la rotación externa del hombro dominante, el test de "sit and reach" y el test de abdominales (47). Por lo tanto, con el propósito de la identificación de talentos, los siete tests previamente mencionados podrían servir de guía para estimar el éxito actual y futuro en el juego.

Debido a que la técnica de golpeo parece influenciar los rankings más que la capacidad física en los jugadores jóvenes, su entrenamiento debería concentrarse en desarrollar una mecánica de golpeo efectiva y eficiente, mejorando la técnica y la colocación de la pelota, y poniendo menos énfasis en el acondicionamiento físico hasta que los niños alcancen la pubertad. Sin embargo, es imprescindible que en estas edades se desarrolle un mínimo de aptitud física para tolerar las prácticas y los partidos.

Por otra parte, en tenistas competitivos de categoría junior parece haber un incremento en los problemas en la región del hombro. A medida que se incrementa la edad, se produce una continua reducción en el ROM interno (48,49). Esto sugiere que los jugadores de tenis categoría junior deberían incluir un programa para mejorar el ROM interno del hombro y así prevenir desequilibrios de flexibilidad.

### **Potencia vs Colocación de la Pelota**

La relación entre potencia y colocación de la pelota en el tenis es un área de interés. La investigación ha mostrado que medidas tales como el torque pico en la extensión de rodillas, el torque pico durante la flexión de rodillas, y el torque pico durante la rotación externa del hombro estaban inversamente correlacionados con la colocación de la pelota ( $r = -0.55$ ,  $p < 0.05$ ;  $r = -0.49$ ,  $p < 0.05$ ; and  $r = -0.567$ ,  $p < 0.05$ , respectivamente) (33). La potencia promedio diagonal del hombro también estuvo inversa y significativamente correlacionada con la colocación de la pelota durante el saque ( $r = -0.49$ ,  $p < 0.05$ ) (33). Los investigadores señalaron que los jugadores que exhiben los mayores valores de fuerza isocinética y, quizás, la mayor velocidad de la pelota tienen mayor dificultad para colocar la pelota (33). Estos resultados son una extensión de la relación velocidad-precisión descrita originalmente en la ley de Fitt (50). Como se esperaba, se han hallado correlaciones entre la fuerza del hombro y la velocidad de los golpes ( $r^2 = 0.68$ ) (51). Interesantemente, en dos estudios llevados a cabo con jugadores de categoría junior, las medidas de flexibilidad no estuvieron significativamente relacionadas con las medidas de la colocación de la pelota o la velocidad de la misma (33, 51). Esto difiere de lo hallado en jugadores universitarios en los cuales se realizaron mediciones similares (52).

### **Fatiga y Rendimiento**

Debido a que los jugadores realizan prácticas o juegan partidos que pueden durar horas, la fatiga es una de las principales preocupaciones a la hora de diseñar programas de entrenamiento. La fatiga ha mostrado tener un efecto negativo sobre la mecánica del jugador (53), provocando la reducción de la velocidad de la pelota (rendimiento), posiblemente a través de un mecanismo protector para evitar la lesión limitando grandes rangos de movimiento y fuerzas que comprometan la posición biomecánica. La fatiga ha mostrado reducir la capacidad propioceptiva (54), lo cual puede derivar en mecanismos protectores cuya respuesta es muy lenta como para evitar la lesión. La fatiga, además, afecta la sensibilidad del movimiento articular, reduce el rendimiento deportivo e incrementa la disfunción del hombro (55). En este sentido se ha observado que la fatiga reduce la rotación externa del hombro, lo cual ha sido sugerido como la posible razón de la reducción de la fuerza y el rendimiento observada durante partidos de tenis extensos (53).

Además de las consecuencias de la fatiga sobre la biomecánica del tenis, también se produce una reducción en las funciones metabólicas y fisiológicas de los jugadores. La duración de la recuperación, así como la duración y la intensidad del trabajo, son factores importantes que regulan el impacto fisiológico durante el ejercicio intermitente (i.e., un partido de tenis). Los estudios llevados a cabo con ejercicios de sprints y con ejercicios de sobrecarga han mostrado la importancia de la recuperación sobre el rendimiento subsiguiente (56,57,58,59,60). La reducción de la potencia durante la realización de ejercicios intermitentes de alta intensidad, tal como en el tenis, se ha relacionado con la degradación continua de la fosfocreatina, provocando una mayor participación de la glucogenólisis y la glucólisis, lo cual deriva en el incremento de

las concentraciones sanguíneas y musculares de lactato y la reducción del pH muscular (51). Si se realizan ejercicios intermitentes de alta intensidad con períodos de recuperación limitados, se producirá fatiga, y si este estado continúa por algunos días puede derivar en un estado de “*overreaching*” o peor en el síndrome de “*sobreentrenamiento*”.

La calidad de los patrones de movimiento y la coordinación de acciones específicas en el tenis es dependiente del impacto fisiológico producido durante ejercicios intermitentes de corta duración. Pequeños cambios en el tiempo de recuperación pueden provocar grandes cambios en el rendimiento (61). Los tenistas, como se esperaría, sienten que a mayor duración de los períodos de recuperación menor es la dificultad para realizar los ejercicios. Ferrauti et al (61) sugirieron que la reducción en la velocidad de carrera resulta de una imprecisa preparación del golpe, derivando en una reducción de la velocidad de golpeo (rendimiento), así como también en un posible error en el intento de golpeo (evitar errores vs golpes ganadores). Por lo tanto, cuando se estructuran ejercitaciones para la práctica en la pista, es importante que la intención de la ejercitación sea bien comprendida. Cuando se trabaja sobre aspectos técnicos es esencial promover la adecuada recuperación. Es imperativo utilizar índices de trabajo/pausa que provean al entrenador y al tenista el ambiente adecuado para obtener el óptimo resultado. Por lo tanto, cuando se trabajan aspectos técnicos es importante que los períodos de recuperación sean mayores a los utilizados cuando se trabaja sobre movimientos específicos del tenis o cuando se entrena un sistema energético (2).

La precisión en el golpeo puede verse reducida hasta un 81% cuando un jugador de tenis se encuentra cerca de la fatiga volitiva (62,3). Se ha reportado que luego de dos horas de entrenamiento vigoroso, se produjo un incremento en los errores de golpes desde el fondo durante *rallies* defensivos y un incremento en los errores durante el primer servicio (64).

Se ha observado que la fatiga provocada por la ejecución de golpes máximos en el tenis resultó en una reducción del 69% en la precisión de los golpes realizados desde el fondo y en una reducción del 30% en la precisión de los servicios hacia la derecha (63). Luego de un test fatigante, el servicio es el golpe que más se deteriora. Esta reducción de la precisión en el servicio fue más evidente durante los saques hacia la derecha que durante los saques hacia la izquierda. El ejercicio fatigante utilizado en este estudio fue un peloteo de cuatro minutos con golpes de derecha y revés con períodos de recuperación de 40 segundos hasta el agotamiento volitivo (63). No obstante es importante aclarar que si bien este protocolo podría inducir la fatiga buscada, la misma no representa el impacto fisiológico que se produce durante un partido ni durante la mayoría de los ejercicios de práctica. Este estado de fatiga inducido artificialmente derivará en altos niveles de lactato que no suelen observarse durante un partido de tenis (20). Un partido de tenis tiene, en promedio, puntos que duran menos de 10 segundos con períodos de recuperación de aproximadamente 20 segundos entre los puntos y 90 segundos luego de cada *game*, por lo que las variables fisiológicas raramente derivarán en la acumulación de lactato. Por lo tanto, el incremento en los niveles de lactato no es una de las principales causas de fatiga durante un partido de tenis.

## CONCLUSIONES

---

La mejora del rendimiento en el tenis es el objetivo de cualquier científico, entrenador o tenista. La practicidad de esta información debería aplicarse cuando se diseñen programas de entrenamiento para tenistas de alto nivel. La edad, el sexo, el estilo de juego, los componentes físicos, técnicos y tácticos y los componentes psicológicos determinaran el éxito de un tenista. La planificación efectiva y las pautas de entrenamiento ayudarán a diseñar programas efectivos y productivos para optimizar el rendimiento.

Es recomendable, como en cualquier deporte, que los tenistas entrenan de manera específica para mejorar el rendimiento específico del tenis y reducir el riesgo de lesiones. La mayoría de los ejercicios de entrenamiento deberían simular los requerimientos temporales experimentados durante un partido (5-20 segundos) con índices de trabajo/pausa adecuados (1:3 a 1:5). Debido a que la velocidad, la agilidad y los movimientos realizados a máxima velocidad responden a un entrenamiento específico e individualizado, es importante que los tenistas se enfoquen en entrenar sobre las distancias que se recorren característicamente durante un partido (< 20 metros), con ejercitaciones que combinen movimientos lineales, laterales y multidireccionales.

El desarrollo de una buena capacidad aeróbica es importante para la recuperación durante un partido y entre sesiones de entrenamiento. Se recomienda que los tenistas alcancen valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  mayores a  $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Asimismo, es importante desarrollar adecuados niveles de fuerza en todos los músculos y articulaciones, pero las áreas específicas deberían ser el hombro, el antebrazo/muñeca, la zona lumbar y el núcleo corporal. Los jugadores de tenis característicamente exhiben un ROM menor al óptimo en la zona del hombro, la zona lumbar y los isquiotibiales. Debido a que estas áreas son vitales para el óptimo rendimiento, el desarrollo continuo debería ser foco principal de una rutina de entrenamiento.

Debido a que el tenis ha cambiado dramáticamente en los últimos 20 años, se requiere mayor investigación respecto de todos los aspectos relacionados con el entrenamiento. Si bien se han realizado investigaciones de calidad en las décadas del ochenta y noventa, los cambios en la velocidad de juego, en el tipo de jugador y en la estrategia de juego, hacen que estos aspectos deban ser el foco de la investigación dentro de este deporte. No se ha obtenido suficiente información durante los torneos en relación a sus efectos sobre el rendimiento y la recuperación. Además, existe un saludable debate acerca de si los jugadores de tenis son predominantemente “aeróbicos o anaeróbicos” y acerca de qué métodos de entrenamiento son más beneficiosos y eficientes desde la perspectiva de la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones.

## REFERENCIAS

1. Bergeron M F, Maresh C M, Armstrong L. E et al (1995). Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment. *Int J Sport Nutr.* 5180-193.193
2. Kovacs M (2004). Energy system-specific training for tennis. *Strength Condition J.* 2610-13.13
3. Christmass M A, Richmond S E, Cable N T. et al (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *J Sport Sci.* 16739-747.747
4. Christmass M A, Richmond S E, Cable N T. et al (1994). A metabolic characterisation of single tennis. In: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. Science and racket sports. *London E & F Spon.* 3-9.9
5. Dawson B, Elliott B, Pyke F. et al (1985). Physiological and performance responses to playing tennis in a cool environment and similar intervalized treadmill running in a hot climate. *J Hum Mov Stud.* 1121-34.34
6. König D, Huonker M, Schmid A. et al (2001). Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Med Sci Sport Exerc.* 33654-658.658
7. Elliott B, Dawson B, Pyke F (1985). The energetics of singles tennis. *J Hum Mov Stud.* 1111-20.20
8. Morgans L F, Jordan D L, Baeyens D A. et al (1987). Heart rate responses during singles and doubles tennis competition. *Phys Sportsmed.* 1567-74.74
9. Richers T A (1995). Time-motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *J Hum Mov Stud.* 2873-86.86
10. Smekal G, Von Duvillard S P, Rihacek C N. et al (2001). A physiological profile of tennis matchplay. *Med Sci Sports Exerc.* 33999-1005.1005
11. Therminarias A, Dansou P, Chirpaz-Oddou M F. et al (1991). Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match: effect of ageing. *Int J Sports Med.* 1210-16.16
12. Chandler T J (1991). Work/rest intervals in world class tennis. *Tennis Pro.* 34
13. Kovacs M S (2004). A comparison of work/rest intervals in men's professional tennis. *Med Sci Tennis.* 910-11.11
14. Kovacs M S, Strecker E, Chandler W B. et al (2004). alTime analysis of work/rest intervals in men's collegiate tennis. In: *National Strength and Conditioning Conference, Minneapolis: NSCA, 2004;18,e364*
15. Yoneyama F, Watanabe H, Oda Y (1999). Game analysis of in-play-time and out-of-play-time in the Davis Cup. In: *Fifth IOC World Congress on Sport Sciences, 1999. Sydney, Australia: Sports Medicine Australia, book of abstracts, 204*
16. O'Donoghue P, Ingram B (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *J Sports Sci.* 19107-115.115
17. Hughes M D, Clark S (1995). Surface effect on elite tennis strategy. In: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. Science and racket sports. *London: E & F Spon.* 272-278.278
18. Bernardi M, De Vito G, Falvo M E. et al (1998). Cardiorespiratory adjustment in middle-level tennis players: are long term cardiovascular adjustments possible?. In: *Lees A, Maynard I, Hughes M, Reilly T, editors. Science and racket sports II. London: E & F Spon.* 20-26.26
19. Docherty D (1982). A comparison of heart rate responses in racquet games. *Br J Sports Med.* 1696-100.100
20. Bergeron M F, Maresh C M, Kraemer W J. et al (1991). Tennis: a physiological profile during match play. *Int J Sports Med.* 12474-479.479
21. Faff J, Ladyga M, Starczewska C J (2000). Physical fitness of the top Polish male and female tennis players aged from twelve years to senior category. *Biol Sport (Warsaw).* 17179-192.192
22. Bergeron M F, Armstrong L E, Maresh C M (1995). Fluid and electrolyte losses during tennis in the heat. *Clin Sports Med.* 1423-32.32
23. Smekal G, Von Duvillard S P, Pokan R. et al (2003). Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *Eur J Appl Physiol.* 89489-495.495
24. Green J M, Crews T R, Bosak A M. et al (2003). A comparison of respiratory compensation thresholds of anaerobic competitors, aerobic competitors and untrained subjects. *Eur J Appl Physiol.* 90608-613.613
25. Bergeron M F, Maresh C M, Kraemer W J. et al (1991). Tennis: a physiological profile during match play. *Int J Sports Med.* 12474-479.479
26. Seliger V, Ejem M, Pauer M. et al (1973). Energy metabolism in tennis. *Int Z Angew Physiol.* 31333-340.340
27. Groppel J L (1986). biomechanics of tennis: an overview. *Int J Sport Biomech.* 2141-155.155
28. Little T, Williams A G (2005). Specificity of acceleration, maximal speed and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 1976-78.78



29. Behm D G (1988). A kinesiological analysis of the tennis service. *NSCA J.* 104-14.14
30. Kibler W B, Chandler T J (1989). Grip strength and endurance in elite tennis players. *Med Sci Sports Exerc.* 21S65
31. Elliott B C, Marshall R N, Noffal G J (1995). Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *J Appl Biomech.* 11433-442.442
32. Sprigings E, Marshall R, Elliott B. et al (1994). A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racket head speed. *J Biomech.* 27245-254.254
33. Perry A C, Wang X, Feldman B B. et al (2004). Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance?. *J Strength Cond Res.* 18136-143.143
34. Chandler T J (1998). Conditioning for tennis: preventing injury and enhancing performance. In: Lees A, Maynard I, Hughes M, Reilly T, editors. *Science and racket sports II.* London: E & F Spon. 77-85.85
35. Duda M (1985). Prevention and treatment of throwing arm injuries. *Phys Sports Med.* 13181-185.185
36. Fleisig G, Nicholls R, Elliott B. et al (2002). Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomech.* 251-71.71
37. Ellenbecker T S, Davis G J, Rowinski M J (1988). Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. *Am J Sports Med.* 1664-69.69
38. Bylak J, Hutchinson M R (1998). Common sports injuries in young tennis players. *Sport Med.* 26119-132.132
39. Bergeron M F (1988). Conditioning the legs for tennis. *NSCA J.* 1040-41.41
40. Ellenbecker T S, Roetert E P (1995). Concentric isokinetic quadriceps and hamstring strength in elite junior tennis players. *Isokinet Exerc Sci.* 53-6.6
41. Kibler W B, McQueen C, Uhl T (1988). Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin Sports Med.* 7403-416.416
42. Chandler T J, Kibler W B, Uhl T L. et al (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *Am J Sports Med.* 18134-136.136
43. Ellenbecker T S, Roetert E P (2002). Effects of a 4-month season on glenohumeral joint rotational strength and range of motion in female collegiate tennis players. *J Strength Cond Res.* 1692-96.96
44. Lindstedt S L, LaStayo P C, Reich T E (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News Physiol Sci.* 16256-261.261
45. Roetert E P, Garrett G E, Brown S W. et al (1992). Performance profiles of nationally ranked junior tennis players. *J Appl Sport Sci Res.* 6225-231.231
46. Kraemer W J, Fry A C, Frykman P N. et al (1989). Resistance training and youth. *Pediatr Exerc Sci.* 1336-350.350
47. Roetert E P, Brown S W, Piorowski P A. et al (1996). Fitness comparisons among three different levels of elite tennis players. *J Strength Cond Res.* 10139-143.143
48. Roetert E P, Ellenbecker T S, Brown S W (2000). Shoulder internal and external rotation range of motion in nationally ranked junior tennis players: a longitudinal analysis. *J Strength Cond Res.* 14140-143.143
49. Kibler W B, Chandler T J, Livingston B P. et al (1996). Shoulder range of motion in elite tennis players. *Am J Sports Med.* 24279-285.285
50. Fitts P M (1992). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol.* 121262-269.269
51. Signorile J F, Sandler D J, Smith W N. et al (2005). Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *J Strength Cond Res.* 19519-526.526
52. Kraemer W J, Triplett N T, Fry A C. et al (1995). An in-depth sports medicine profile of women college tennis players. *J Sports Rehab.* 479-98.98
53. Murray T A, Cook T D, Werner S L. et al (2001). The effects of extended play on professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 29137-142.142
54. Myers J B, Guskiewicz K M, Schneider R A. et al (1999). Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. *J Athlet Train.* 34362-367.367
55. Carpenter J E, Blasler R B, Pellizzon G G (1998). The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. *Am J Sports Med.* 26262-265.265
56. Hargreaves M, McKenna M J, Jenkins D G. et al (1998). Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *J Appl Physiol.* 841687-1691.1691
57. Linossier M T, Denis C, Dormois D. et al (1993). Ergometric and metabolic adaptations to a 5 s sprint training programme. *Eur J Appl Physiol.* 68408-414.414
58. Linossier M T, Dormois D, Geysant A. et al (1997). Performance and fibre characteristics of human skeletal muscle during short sprint training and detraining on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol.* 75491-498.498
59. Abdessemed D, Duche P, Hautier C. et al (1999). Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *Int J Sports Med.* 20368-373.373
60. Balsom P D, Seger J Y, Sjodin B. et al (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int J Sports Med.* 13528-533.533
61. Ferrauti A, Pluim B M, Weber K (2001). The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. *J Sports Sci.* 19235-242.242
62. Davey P R, Thorpe R D, Williams C (2003). Simulated tennis match play in a controlled environment. *J Sports Sci.* 21459-467.467
63. Davey P R, Thorpe R D, Williams C (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sport Sci* 20311-318.318
64. Vergauwen L, Spaepen A J, Lefevre J. et al (1998). Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sport Exerc.* 301281-1288.1288

## Cita Original

Kovacs, M.S. Applied physiology of tennis performance. Br J Sports Med. 2006; 40(5): 381-386.