

Una Revisión del Perfil de Actividad y la Exigencias Fisiológicas de un Partido de Tenis

 Jaime Fernández Fernández¹, David Sanz-Rivas^{1,2}, Alberto Mendez-Villanueva³.

¹Tennis Performance Research Group, Royal Spanish Tennis Federation (RFET), Madrid, Spain.

²Faculty of Physical Activity and Sport Sciences, University Camilo Jose Cela, Madrid, Spain.

³Performance Enhancement and Talent Identification Section, ASPIRE Academy for Sports Excellence, Doha, Qatar.

[Agrandar Letra](#) | [Achicar Letra](#) | [Restablecer](#)

RESUMEN

El propósito de esta revisión es brindar información concisa y conocimientos sobre las exigencias físicas y fisiológicas del juego de un partido de tenis competitivo. Asimismo proporcionar datos útiles que puedan ayudar a los preparadores de fuerza y entrenamiento a implementar protocolos de entrenamiento efectivos a fin de mejorar el desempeño del tenis en la cancha.

Palabras Clave: tenis, actividad en los partidos, exigencias fisiológico-perceptuales, hidratación, temperatura.

INTRODUCCION

En la actualidad, el tenis es un deporte competitivo de talla mundial que atrae a millones de jugadores y seguidores en todo el mundo. Los jugadores de tenis profesionales viajan y compiten mucho durante todo el año, con torneos en el calendario profesional masculino y femenino que ascendieron, por ejemplo, a 603 y 473 respectivamente, en el 2008, incluyendo torneos y eventos de equipos para jugadores juveniles, senior y en silla de ruedas. Por lo tanto, hay muchas oportunidades para que los jugadores de todos los niveles compitan en cualquier semana del año. Además, el tenis es un deporte recreacional común, que disfruta gente de todos los niveles de habilidad de juego.

El tenis ha evolucionado de ser un juego técnico/táctico, basado en estilo y sutileza, al actual deporte de ritmo veloz y explosivo basado en habilidades físicas, donde son comunes los saques a 210 km/h. (56). Por lo tanto, para ser competitivos y exitosos, los atletas del tenis necesitan una mezcla de velocidad, agilidad y potencia, combinadas con capacidades aeróbicas de medias a elevadas. Este desempeño exitoso no se puede caracterizar por un atributo físico predominante; el tenis exige una interacción compleja de componentes físicos. Los procesos cognitivo y psicológico sustentan estos componentes físicos. Los jugadores deben desplegar habilidades de suma reacción, anticipadoras y de toma de decisión y a la vez poseer rigor mental para hacer frente a la fatiga subsiguiente y las presiones de los puntos que definen el partido y las significativas recompensas extrínsecas (por ejemplo, la clasificación y el reconocimiento económico) (48).

La evolución del juego de tenis en los últimos 20 años ha llevado a un mayor interés por la investigación en el tenis, y varios grupos (4–10, 23–34, 36–38, 46–48, 54–57, 65–70) han trabajado para crear un enfoque interdisciplinario de la ciencia del deporte a fin de comprender mejor la interacción entre las diferentes disciplinas de la ciencia del deporte (por ejemplo, la biomecánica, la fisiología) y el rendimiento en el tenis. El propósito de esta revisión es brindar información concisa y conocimientos sobre las exigencias físicas y fisiológicas del juego de un partido de tenis competitivo. Asimismo intenta proporcionar datos útiles que puedan ayudar a los preparadores de fuerza y entrenamiento a implementar protocolos de entrenamiento efectivos a fin de mejorar el rendimiento del tenis en la cancha.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN EL TENIS MODERNO

En los deportes de raqueta como el tenis, las habilidades técnicas específicas del deporte son factores predominantes (por ejemplo, las habilidades de manejo de la raqueta y la pelota y las habilidades de golpe, como la habilidad de saque) (91). Sin embargo, es ampliamente aceptado que para ejecutar tiros de nivel avanzado y competir con eficacia de manera progresiva contra más rivales de elite, los jugadores requieren niveles de aptitud física más elevados (79). La evidencia creciente sugiere que las habilidades motoras tales como la potencia, la fuerza, la agilidad y la velocidad, y la explosividad, así como también la fuerza mental y una habilidad de coordinación neuromuscular altamente desarrollada guardan relación con el rendimiento en los torneos (54, 85). Si el atleta no se encuentra en buenas condiciones, las características esenciales del tenis como la técnica, la coordinación, la concentración y las tácticas podrían no aparecer en el juego en los partidos largos ya que la fatiga prematura puede afectar prácticamente todas las habilidades específicas del tenis (38, 48, 65).

LA ACTIVIDAD EN LOS PARTIDOS DURANTE EL JUEGO DE TENIS

El partido de tenis se caracteriza por el ejercicio intermitente, alternando series cortas (4-10 segundos) de ejercicios de alta intensidad y series cortas (10-20 segundos) de recuperación interrumpidas por varios períodos de descanso de duración más prolongada (60-90 segundos) (27, 56, 83). Todos estos períodos de recuperación son controlados por las reglas de la Federación Internacional de Tenis, que establece los tiempos mínimos y máximos de descanso. Desde el año 2002, estos tiempos de descanso son de 20 segundos entre puntos, 90 segundos entre cambios y 120 segundos entre *sets* (49). A menudo la duración de un evento de tenis es mayor a una hora, y en algunos casos dura 5 horas (por ejemplo, la final masculina del Abierto de Australia 2009: 4 horas, 23 minutos) con un tiempo promedio de partido habitual de 1,5 hora (56), en el que el tiempo de juego efectivo (porcentaje del tiempo total de juego en un partido) asciende aproximadamente al 20 - 30% en las canchas de arcilla y a 10 - 15% en las canchas de superficie dura (27, 56, 83). Durante este tiempo, un jugador de tenis corre un promedio de 3 m. por tiro y un total de 8 a 15 m. en busca de un punto, completando de 1,300 a 3,600 m. por hora de juego, dependiendo del nivel del jugador (amateur o avanzado) y la superficie de la cancha (lenta o rápida) (20, 30, 74). La cantidad de cambios direccionales en un punto promedio es 4 (20, 28, 74, 79). Los jugadores tienen un promedio de 2,5 a 3 golpes por peloteo, y aproximadamente el 80% de todos los golpes se realizan en menos de 2,5 m., con el jugador de pie (33). Aproximadamente el 10% de todos los golpes se realizan con 2,5 a 4,5 m. de

movimiento principalmente con un patrón de movimiento de tipo deslizamiento, y menos del 5% de todos los golpes se realizan con más de 4,5 m. de movimiento y un patrón de movimiento de tipo carrera (distancia registrada inmediatamente después de cada golpe y necesaria para alcanzar la posición de golpe) (33). Esta información debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar sesiones de entrenamiento específico y no específico.

FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD EN LOS PARTIDOS

La investigación previa ha demostrado que el perfil de actividad durante el juego de un partido de tenis puede verse alterado por varios factores intrínsecos al deporte, como por ejemplo el tipo de superficie (arcilla, césped), el género, los diferentes comportamientos tácticos (jugadores de ataque o de línea de base), o el estrés térmico (47, 69, 78, 91). Todas estas variables pueden afectar el perfil de actividad de un partido de tenis, así como también las respuestas fisiológicas individuales hacia el juego.

SUPERFICIE DE LA CANCHA

El impacto de la superficie de la cancha de tenis en las exigencias físicas del partido se ha documentado anteriormente, con peloteos más largos y más golpes por peloteo sobre superficies lentas (arcilla) que sobre superficies rápidas (*green set*) (67, 74, 78). La velocidad de la cancha se determina en principio mediante la fricción entre la pelota y la superficie de la cancha (coeficiente de fricción) y de algún modo por el coeficiente de restitución. A mayor fricción, mayor disminución de la velocidad de la pelota. En las superficies lentas, como las canchas de arcilla, el coeficiente de restitución más elevado y el coeficiente de restitución dan como resultado un rebote alto y relativamente suave (41). Esto le otorga al jugador más tiempo para pegarle a la pelota que en las superficies rápidas, permitiendo que los jugadores alcancen más pelotas y por último que jueguen puntos de mayor duración (78). En la tabla 1 se presentan datos relacionados con los últimos estudios de investigación de tenis llevados a cabo sobre diferentes superficies en condiciones de un torneo real.

Según se presenta en la tabla 1, al parecer las diferencias que se informaron con anterioridad en la duración del peloteo entre las canchas lentas y rápidas (74, 78) se han ido acortando (14, 28, 29) en los últimos años. Recientemente Brown y O'Donoghue (14) han mostrado que las duraciones de los peloteos se han incrementado en los singles masculinos en los 4 torneos de *grand slam* mientras que en los singles femeninos han disminuido en todos los torneos, excepto en Wimbledon. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la introducción de nuevas pelotas en el 2006, como intento de la ITF de reducir la variación en el juego entre las diferentes superficies, tratando de compensar el efecto de la superficie de la cancha (50).

Referencia	Sexo	DR (s)	RT (s)	SR (n)	EPT (%)	W:R	Superficie
14	M	7.6	16.2	2.7	21.5	1:2.2	Arcilla
65	M	7.5					Arcilla
74	M	7.4	19.4	4.5	21	1:2.1	Arcilla
46	M	7.5					Arcilla
14	F	7.3	17.2	2.5	21	1:2.1	Arcilla
29	F	7.2					Arcilla
78	F	9.1	18.2	4.7	21.9	1:2.1	Arcilla
78	M	3.8					Césped
46	M	6.7	25.1	2.8	21.9	1:2.1	Dura
14	M	5.5					Césped
78	F	6.2	17.1	2.8	21.9	1:2.1	Césped
14	F	6.3					Césped
28	F	8.2	17.7				Green set

Tabla 1. Perfil de actividad de un partido reportado en condiciones de un torneo real. DR = duración de peloteos; RT = tiempo de descanso; SR = golpes por peloteo; EPT = tiempo de juego efectivo; W:R = índice trabajo-pausa; M = hombres; F = mujeres.

Recientemente se ha informado que el impacto de la superficie de la cancha en la duración del peloteo no fue evidente en los torneos de tenis femenino que se llevaron a cabo ya sea en cancha de arcilla (29) o en cancha dura (28). Sorpresivamente, se han descubierto peloteos un poco más largos (8.2 ± 5.2 segundos) sobre canchas duras (*green set*) que sobre canchas de arcilla (7.2 ± 5.2 segundos). En estos dos estudios (28, 29), los jugadores adoptaron el llamado *comportamiento defensivo* (jugar pelotas fuertes desde la línea de base) sin importar la superficie. Esto sugiere que algunos otros factores como el comportamiento táctico (91), o el tipo de pelota que se utiliza (50), también podrían impactar en los patrones de actividad (duración del peloteo) independientemente de la superficie de la cancha.

COMPORTAMIENTO TACTICO

Como se mencionó anteriormente, el comportamiento táctico de los jugadores podría alterar el perfil de actividad durante el juego. Estudios anteriores han informado que cuando el jugador en control del peloteo era un jugador ofensivo, la duración promedio de los peloteos era significativamente más corta que la de un jugador de toda la cancha o uno defensivo (91, 90). Sin embargo, esta información se ha obtenido en condiciones de un partido de tenis de simulación, y por lo tanto, se debe tener precaución a la hora de extrapolar estos resultados a las condiciones de un torneo real. Además, aunque un jugador pueda asumir un rol específico (por ejemplo, defensivo u ofensivo) en la mayoría de los juegos, la estrategia podría cambiar de acuerdo a las circunstancias de juego. Vale la pena destacar que, tal vez con relación a los cambios mencionados con anterioridad que introdujo la IFT en el 2006 (50), al parecer la cantidad de jugadores de saque y volea está disminuyendo en el tenis profesional actual. Por lo tanto, parece ser que el rol de jugador de toda la cancha es el que quisieran entrenar los preparadores para ser competitivos en el tenis del futuro.

GENERO

Se han informado diferencias en el perfil de actividad entre el tenis competitivo masculino y femenino, con una cantidad significativamente menor de golpes por

segundo en el juego femenino, con menos aces golpeados, menos juegos de saque ganados y más faltas dobles cometidas (18, 78). No obstante, en los últimos años, el juego femenino ha tenido algunos cambios (por ejemplo, ahora son comunes los saques de más de 180 km/h) y, como se mencionó con anterioridad, hay una variabilidad menor en el perfil de actividad entre los jugadores masculinos y las jugadoras femeninas (14). Como se ilustra en la Tabla 1, Fernandez-Fernandez et al. (28, 29) descubrieron perfiles de actividad similares en jugadoras femeninas que en estudios previos que se llevaron a cabo con jugadores masculinos en circunstancias reales o de simulación (17, 37, 46, 56, 67, 78). Sin embargo, como informaron recientemente Brown y O'Donoghue (14), aún existen algunas diferencias entre el juego de los hombres y el de las mujeres (por ejemplo, los hombres aún sacan con más precisión y las mujeres juegan una cantidad significativamente mayor de peloteos de línea de base que los hombres). Asimismo se debe ser cauteloso a la hora de comparar estudios, dado que los diferentes factores (por ejemplo, el estilo de juego, el nivel del rival) pueden influenciar el patrón de juego (37, 46).

ESTRES TERMICO

El estrés térmico inducido por el ejercicio y la hipertermia son características de daño potencial a la salud y al desempeño del ejercicio prolongado en condiciones de moderadas a calurosas, situación a la que a menudo se enfrentan los jugadores de tenis (48). Las temperaturas extremas en el juego en la cancha con frecuencia van acompañadas de la duración prolongada de los partidos. Por tanto, el estrés por calor puede disminuir con facilidad el rendimiento en la cancha, y también puede amenazar la salud y la seguridad de un jugador. En este aspecto, Morante y Brotherhood (68-70) mostraron que los cambios en la temperatura rectal (por ejemplo, al ser más elevada) se asociaban a los peloteos más largos y, por lo tanto, a un mayor tiempo de juego efectivo (por ejemplo, los jugadores alcanzaban temperaturas internas elevadas con los peloteos largos) durante un partido de simulación, aunque no se halló un efecto de la temperatura en las respuestas fisiológicas durante el juego (68-70). De manera similar, Hornery et al. (46) informaron que poco después del comienzo del partido en 3 torneos de tenis profesional las temperaturas del núcleo corporal de los jugadores excedían los 38.5° C y 39.0° C. Como resultado, los jugadores tendían a tener tiempos de recuperación más prolongados entre los puntos y a ser menos precisos durante la situación de saque.

La información presentada en esta sección ha llevado a un mejor entendimiento de las exigencias a las que están expuestos los jugadores durante el juego de un partido de tenis competitivo y puede ser de ayuda para que los preparadores puedan establecer un rango de características de juego que pueden resultar útiles para definir las prácticas del entrenamiento y los aspectos estratégicos del juego. Lamentablemente, aún hay muchos aspectos, como las diferencias relacionadas con la edad (por ejemplo, juveniles contra adultos) en las respuestas de juego en un partido o el impacto de múltiples partidos por día, que es probable que afecten el perfil de actividad y las respuestas fisiológicas para el juego que han recibido poca atención científica. Debería realizarse una mayor investigación a fin de proporcionar un marco específico para los jugadores en desarrollo.

EXIGENCIAS FISIOLÓGICAS DEL TENIS MODERNO

El esfuerzo físico durante el juego de tenis incluye esfuerzos de alta intensidad intercalados con períodos de duración variable y actividad de baja intensidad, durante los que tienen lugar la recuperación activa (entre puntos: 20 segundos) y los períodos de permanecer sentado (entre el cambio en el juego: 90 y 120 segundos) (33). Por lo tanto, las exigencias metabólicas se alternan entre el suministro de energía para las series de trabajo de alta intensidad y el reabastecimiento de las fuentes de energía y la restitución de la homeostasis durante los intervalos intermedios (2). Mientras que es probable que las fases críticas de juego durante un partido de tenis, tales como el saque, varios golpes, cambios rápidos de dirección y las aceleraciones cortas, sean metabólicamente dependientes de las vías anaeróbicas de suministro de energía, están superpuestas sobre un antecedente de actividad submáxima principalmente aeróbica. Por lo tanto, a la hora de diseñar programas de entrenamiento, es importante comprender la naturaleza del deporte y entrenar los sistemas de energía que predominan durante el juego de un partido (55).

Intensidad del Juego

Las estimaciones de la intensidad del ejercicio en el tenis son de utilidad para los preparadores y entrenadores físicos a fin de monitorear el progreso para entrenar de la manera más productiva y eficaz (54). La intensidad del juego durante un partido de tenis se ha descrito mediante la utilización de la frecuencia cardiaca (HR) (17, 26, 37), el consumo de oxígeno (VO_2) (25, 91, 90), las concentraciones de lactato en sangre (LA) (26, 28, 66, 91), los valores de esfuerzo percibido (RPEs) (28, 29, 36, 65, 77) y las estimaciones del gasto total de energía (30, 77) (Figura 1). En esta revisión, el enfoque principal estará puesto en los datos de la intensidad de juego obtenida durante un partido de tenis real (por ejemplo, un torneo de tenis). Además, se presentará cierta información sobre las respuestas de VO_2 obtenidas durante un partido de tenis de simulación, debido a la imposibilidad de obtener dicha información en condiciones de un torneo real. Como se mencionó con anterioridad, también se ha informado que algunos de los factores que afectan la actividad de un partido (la situación de juego y las diferentes superficies) influyen las variables fisiológicas subyacentes (HR, LA, o VO_2). Además, es importante destacar que la “intensidad” en el tenis puede provenir de otras fuentes no fisiológicas, tales como los factores psicológicos (28).



Figura 1. Ejemplo de la monitorización combinada de un jugador (VO_2 , HR, LA, y RPE) durante una sesión de entrenamiento.

En este aspecto, la investigación (4, 43, 63) reportó que las situaciones competitivas (competencias de tenis, tenis de mesa y golf) obtuvieron incrementos sustanciales en algunos indicadores fisiológicos (presión sanguínea y HR), sugiriendo que el patrón general de efectos para la competición es también un indicador de la tensión mental incrementada y la liberación de hormonas tales como el cortisol, la adrenalina y la noradrenalina (34, 41).

Frecuencia Cardíaca

Las mediciones de HR se utilizan para brindar información sobre la tensión psicofisiológica asociada al juego de un partido (54). La HR promedio en jugadores entrenados de 20 a 30 años de edad varía entre 140 y 160 y 94 ± 15.6 y 164 ± 15.8 golpes por minuto durante competencias de tenis singles y dobles, respectivamente, que corresponde a valores de entre 70 y 80 % de HRmáx. La HR puede elevarse hasta 190 y 200 latidos por minuto durante peloteos largos y rápidos (27, 56, 71), reflejando fases de alta actividad, con valores de alrededor del 100% de de HRmáx (27, 56). Los valores de HR promedio no deberían ser sólo mediciones de la intensidad del ejercicio, puesto que esto no representaría de manera precisa la naturaleza intermitente del juego de un partido de tenis (56). La descripción de los períodos de alta intensidad durante un torneo de tenis femenino reveló que los jugadores pasaban alrededor del 13% del tiempo total del partido a intensidades de ejercicio mayores al 90% de de HRmáx, sugiriendo que el juego contemporáneo podría ser más demandante de lo que se ha informado anteriormente (8, 17).

Parece importante destacar las diferencias en la HR teniendo en cuenta la situación de juego (saque contra posición de retorno). Varios estudios reportaron valores de HR significativamente mayores para el que realiza el saque que para el receptor, tanto en jugadores masculinos como en jugadoras femeninas en condiciones de un torneo real (28, 66). Estos resultados se han atribuido, entre otros, a la mayor actividad física (más golpes por peloteo) de los que realizan el saque (51, 82), que puede llevar a un mayor gasto e intensidad de energía. La situación de saque es un camino importante para ganar

el peloteo, ya sea de manera directa a través de un ace o indirecta a través del peloteo que le sigue a un buen saque. Como tal, para ser competitivamente exitoso, los juegos de saque ganados son casi “imprescindibles” (28). Por lo tanto, los valores de HR más elevados que se observaron en los jugadores de saque también podrían estar relacionados con una mayor tensión psicológica y actividad simpática debido a la necesidad de ganar los juegos con el saque (ver arriba) (45). Estos factores deben tenerse en cuenta cuando las mediciones de HR se utilizan para la evaluación de la intensidad durante un partido de tenis o a la hora de diseñar protocolos de entrenamiento (por ejemplo, utilizar la situación del saque como modo de sobrecarga fisiológica durante la práctica).

Concentraciones de Lactato

El LA, que a menudo se utiliza para estimar las intensidades de los ejercicios durante el juego de los partidos de tenis, puede proporcionar información sobre la producción de energía de los procesos glucolíticos (59). En este aspecto, Mendez-Villanueva et al. (66) informaron un LA incrementado en respuesta a los incrementos en el perfil de actividad (por ejemplo, peloteos más largos y más golpes por peloteo), respaldando la utilidad del LA para monitorear la intensidad del ejercicio durante un partido. Se ha informado que los niveles de LA durante un partido de tenis real han sido bastante bajos, con valores promedio que van de 1.8 a 2.8 mmol/L (28, 29, 66). Sin embargo, durante los peloteos largos e intensos, puede haber un incremento en los niveles de LA circulante (hasta 8 mmol/L) en condiciones de un partido real, sugiriendo una participación mayor de los procesos glucolíticos para el suministro de energía (66).

Recientemente Mendez-Villanueva et al. (66) reportaron concentraciones de LA más elevadas en el saque que en los juegos de retorno durante el juego de un partido de tenis real, que podrían estar relacionados con una contribución glucolítica incrementada de la actividad del que realiza el saque (esfuerzo máximo durante el primer saque) (66, 82).



Figura 2. Jugador utilizando un analizador de gas portátil.

En contraste, Fernandez-Fernandez et al. (28,29) descubrieron concentraciones similares en los juegos de saque y retorno en jugadoras femeninas que competían en ambas superficies, lentas y rápidas. Esto podría estar relacionado con el hecho de que las jugadoras femeninas en general utilizan el saque de manera más estratégica (saque con menos potencia y más efecto), lo que podría equiparar las respuestas metabólicas en los juegos de saque y retorno, en contraste con los singles de tenis masculino (29).

Aunque debe tenerse cautela a la hora de interpretar las concentraciones de LA alcanzadas durante los partidos competitivos puesto que muchos factores, incluyendo la aptitud física individual y el tiempo de medición, pueden afectar los resultados (19), parece importante implementar las intervenciones de entrenamiento adecuadas a fin de preparar a los jugadores para superar los valores de LA relativamente elevados que se informaron después de los peloteos de larga duración (66).

Índice de Esfuerzo Percibido

Se puede definir al RPE como “la intensidad subjetiva de esfuerzo, tensión, malestar, y/o fatiga que se experimenta durante el ejercicio físico”. La medición de RPE a través de la escala RPE de Borg (13) es un índice válido de intensidad de la ejercitación debido a la asociación que se observa entre el RPE y los indicadores fisiológicos más objetivos, incluyendo la HR y el VO_2 (84). Estudios anteriores han descrito respuestas de RPE durante un partido de tenis en jugadores masculinos y jugadoras femeninas profesionales (28, 66) en condiciones de un torneo real y en jugadores masculinos y jugadoras femeninas de nivel inferior en condiciones de un partido de simulación (36, 66). Los resultados son dudosos debido a las diferentes escalas de RPE utilizadas y las condiciones de juego de los partidos (torneos de tenis de simulación contra reales). No obstante, las investigaciones recientes (29, 66), que utilizan una escala de RPE de 15 puntos, mostraron valores promedio que variaban desde 11 o “leve” hasta 14 o “algo difícil” con valores pico de 17 o “muy difícil”, confirmando incrementos periódicos en la intensidad de la ejercitación durante el juego de un partido de tenis. Además, los resultados de Mendez-Villanueva et al. (66) indican que hubo incrementos en el RPE en respuesta a los incrementos en la actividad del partido (más duración de los peloteos o más golpes por peloteo), sugiriendo un vínculo entre las exigencias fisiológicas, perceptuales y físicas en el juego de un partido de tenis profesional masculino.

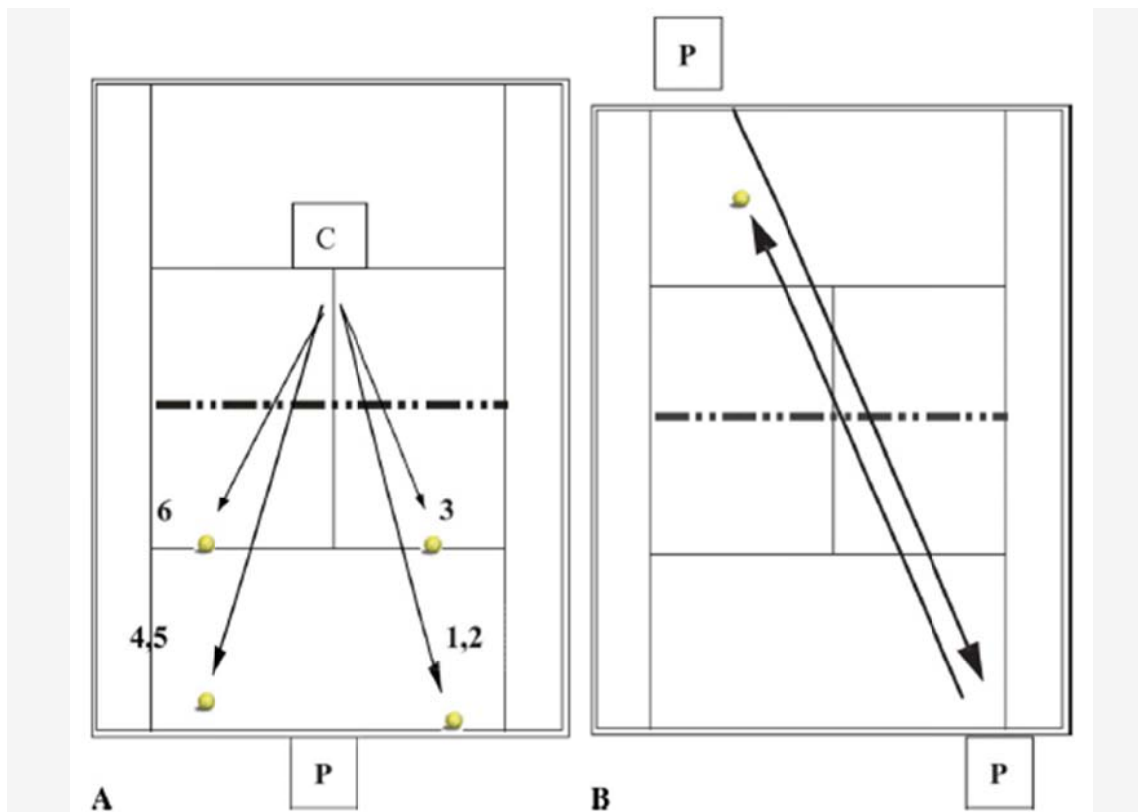


Figura 3. Ejemplos de sesiones aeróbicas en una cancha. (a) Ejemplo de un protocolo de entrenamiento por intervalos en la cancha: P= jugador, C= preparador que suministra las pelotas; drives alternados defensivos y ofensivos (1–3) y reveses (4–6); (4 x 3-minutos/descanso de 90 segundos; 90–95% de de HRmáx). (b) Ejemplo de un ejercicio aeróbico básico en la cancha: tiro cruzado contra tiro cruzado desde la línea de base (2 x (4 x 5 minutos)/descanso de 3 a 5 minutos; intensidad: 80% de HRmáx).

Con respecto a la posición de juego (saque contra retorno), hay diferencias entre la competencia masculina y la femenina con valores de RPE significativamente mayores informados sobre los jugadores de saque que en los de retorno en la competencia masculina (66). No se hallaron diferencias significativas en la competencia femenina (28). Sin embargo, se debe tener en cuenta que los valores de RPE no sólo se refieren a la percepción del esfuerzo y a la “sensación” de fatiga sino que también describen las intenciones asociadas (por ejemplo, la táctica de un jugador con relación a su rival) (1, 92).

Consumo de Oxígeno

La medición continua del VO_2 durante un partido es una variable interesante de la cual se puede recopilar información sobre la intensidad del juego durante un partido (27, 91, 90). La utilización de los analizadores de gas portátiles permite mediciones válidas de las intensidades promedio y pico durante el juego de un partido de tenis (91) (Figura 2). Además, la creación del perfil de los jugadores de tenis a través de este método (diferenciar los jugadores defensivos de los ofensivos) también puede servir como referencia para proporcionar información práctica sobre el acondicionamiento adecuado para los diferentes jugadores. Debido a las limitaciones evidentes impuestas por la competencia en los torneos, no se puede disponer de las mediciones de Vo_2 durante el juego de un partido de tenis real. Los estudios que han hecho frente a esta cuestión durante el juego de un partido de tenis de simulación informaron valores que varían de 23 a 29 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (27, 56). Estos valores corresponden aproximadamente al 50%

del consumo de oxígeno máximo ($\text{VO}_2\text{máx}$), con valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ más bajos para los jugadores considerados ofensivos (jugadores de saque y volea) que para los jugadores defensivos (juego de línea de base) (27, 56, 91).

Relativamente, hay poca diferencia entre las mediciones de VO_2 durante el juego del tenis profesional (26) y los jugadores nacionales o regionales (91, 90), pero aún nadie ha logrado brindar valores precisos y válidos de VO_2 de los mejores jugadores de tenis profesionales (por ejemplo, del top 20). Como se mencionó anteriormente para la HR, los valores promedio de VO_2 no representan todos los patrones de actividad física en la competencia del tenis. En este aspecto, Smekal et al. (91) reportaron valores pico de VO_2 cercanos a $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ durante el juego de un partido de simulación, representando $\sim 80\%$ del $\text{VO}_2\text{máx}$. Como sugieren los autores, estos valores pueden servir como guía para las exigencias de energía necesarias para mantener períodos de juego de un partido de tenis de alta intensidad.

REEMPLAZO DE FLUIDOS Y TEMPERATURA EN EL TENIS

El tenis competitivo habitualmente se juega al aire libre, en ambientes cálidos y calurosos, y está bien establecido que el ejercicio termina antes de tiempo en condiciones de calor (76). A veces, las duraciones de los partidos largos, en un entorno de cancha extremo y un estado de hidratación comprometido son una combinación de probables contribuyentes a la manifestación de la fatiga y se asocian a desempeños subóptimos (48). Por lo tanto, hacen falta preparadores, especialistas de fuerza y acondicionamiento y un equipo médico que comprendan los efectos de la temperatura y el estado de hidratación en la salud y el rendimiento de los jugadores de tenis (57). Para obtener una revisión detallada de estos temas el lector puede referirse a varias revisiones anteriores (48, 57, 88).

Hidratación

Pocos estudios han evaluado de manera sistemática el efecto de los niveles de deshidratación en el rendimiento del tenis e informado el índice de pérdida de líquido o la pérdida total de líquido como porcentaje de la masa corporal durante el juego de un partido de competencia o de simulación equivalente a 1.0 a 2.5 L/h, 2.3, y 2.7% respectivamente (5, 12, 57, 61). Muchos jugadores probablemente compiten con algún déficit en el rango normal de contenido de agua corporal (5). Esta condición se conoce como “hipohidratación” o “deshidratación” (87). Las ramificaciones de la pérdida de líquido corporal son drásticas puesto que es ampliamente reconocido que los déficits tan bajos como el 2% rigen las disminuciones en el rendimiento atlético (40). La reducción resultante en el volumen de plasma incrementa la susceptibilidad al estrés de calor o la hipertermia y otras condiciones adversas relacionadas, como los calambres musculares y el agotamiento inducido por el ejercicio (12, 16, 21, 88). Los estudios específicos del tenis reportaron prácticas de jugadores de tenis de hidratación débil (10, 9, 46), con jugadores que ya comenzaron a jugar significativamente deshidratados en un primer partido durante el campeonato nacional de tenis juvenil de varones de 14 (10). No obstante, los hallazgos de varios estudios (47, 94) sugieren que el mantenimiento del nivel de hidratación a través de la provisión de agua sola o con una suplementación de carbohidratos no está acompañada de la capacidad sostenida de una habilidad (velocidad y precisión del saque y el golpe de fondo, cinemáticas del saque y habilidad perceptual), aunque el consumo de carbohidratos ofreció ventajas fisiológicas (glucosa

en sangre incrementada y sensación térmica pre-ejercicio disminuida) (47, 53). Por lo tanto, en la actualidad los efectos de hidratación/deshidratación en el rendimiento del tenis son poco claros.

Fecha/período	Directrices generales	Ejemplos
Semana 1/preparación	4 sesiones/semana	45-60 min./sesión
	Método continuo extensivo	Actividades alternativas (natación; ciclismo)
	Intensidad: 60-75% de HR _{máx}	
Semana 2/preparación	3 sesiones/semana	En la cancha: juegos específicos del tenis; situaciones de partido adaptadas.
	Intervalo extensivo y sesiones fartlek	Fuera de la cancha: 40-60 min. (fartlek: cambio de velocidad constante con una secuencia variable de periodos de descanso intensivos, extensivos y más largos); 4 X 120 s con descanso de 90-s.
	Intensidad: 70-95% HR _{max} de HR _{máx}	
Semana 3/preparación	3 sesiones/semana	Ejercicios en la cancha (Figura 3)
	Trabajo en niveles de umbral de lactato	
	Intervalo extensivos e intensivos y sesiones fartlek	Fuera de la cancha: 6 X 3-min./descanso de 3 a 4 min.; 10 X 30"/descanso de 30"; 10 X 60"/descanso de 90"
	Intensidad: 80-95% de HR _{máx}	
Semana 4/preparación	2 sesiones/semana	Ejercicios en la cancha (Figura 4)
	Comienzo con entrenamiento anaeróbico	
	Series cortas de intervalos intensivos	Fuera de la cancha: 2 X (8 X 15") (15"/descanso de 5')
	Intensidad: 90-100% de HR _{máx}	

Tabla 2. Programa de entrenamiento para jugadores de tenis para mejorar el rendimiento aeróbico en la preparación para una temporada.

Jugar al Tenis con Altas Temperaturas

Durante la competencia de tenis, el incremento en la carga de calor corporal puede ser endógeno debido a los incrementos en el índice metabólico del jugador (42, 48) y/o exógeno (entorno del ambiente) (68). Como se mencionó con anterioridad, a menudo el tenis se juega en ambientes calurosos. Cuando se juega bajo estas condiciones por períodos prolongados, hay una posibilidad incrementada de que los jugadores experimenten síntomas de fatiga y, más tarde, lesiones por calor. Anteriormente, algunos estudios han descubierto discapacidades relacionadas con la temperatura durante el ejercicio intermitente (22, 39, 72). Es probable que al alcanzar temperaturas internas elevadas se pueda perjudicar la función del sistema nervioso central, dando como resultado un nivel reducido de conducción central cognitiva o neural hacia el músculo, que podría a su vez disminuir la función muscular (42). Morante y Brotherhood (60, 68) mostraron que debido a que la temperatura rectal y la temperatura de la piel suben, los jugadores calificaron su estado como con calor en aumento, durante un partido de tenis de simulación, aunque la temperatura del núcleo corporal permanece dentro de niveles que están fuera de peligro. Como se mencionó con anterioridad, la situación puede llevar a una disminución del rendimiento (por ejemplo, tiempos de recuperación más prolongados entre los puntos y menos precisión durante la situación de saque). Esta situación puede predisponer a los jugadores a una fatiga prematura, con las mencionadas disminuciones del rendimiento, y hasta a una enfermedad por calor (46, 69). Para superar la capacidad reducida de realizar ejercicios asociada al calor, se han utilizado varios métodos de pre-enfriamiento (inmersión en agua, chaquetas heladas, exposición al aire frío y rociadas con agua) para refrescar el cuerpo antes del

ejercicio, con los mayores beneficios probablemente asociados al ejercicio de resistencia prolongada (80). Hornery et al. (47) demostraron que las intervenciones de pre-enfriamiento y enfriamiento intermitente durante un partido de tenis de simulación prolongado proporcionaron una ventaja fisiológica (sensación térmica pre-ejercicio disminuida) pero no afectaron el rendimiento. El almacenamiento excesivo del calor no fue inducido por las condiciones de temperatura ambiental ($21.2 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ y $50.4 \pm 0.5\%$ humedad). Por lo tanto, no se asociaron beneficios al rendimiento (debido al intento no inducido por calor) con la estrategia de enfriamiento. Sin embargo, es necesario que se realicen más investigaciones para identificar los beneficios relacionados con la salud y el rendimiento de las diferentes estrategias de enfriamiento llevadas a cabo en condiciones de un torneo, antes de poder ofrecer buenas recomendaciones.

APLICACIONES PRACTICAS

El tenis es un deporte complejo que requiere una mezcla de habilidades físicas, técnicas/tácticas y psicológicas. Además, las exigencias físicas y fisiológicas de los jugadores de tenis pueden variar dependiendo del nivel de los jugadores, el estilo de juego, el sexo o la superficie de la cancha, entre otras. Asimismo, las condiciones climáticas (por ejemplo, el calor) pueden tener un efecto importante en el rendimiento subsiguiente. Todas estas características tienen consecuencias importantes a la hora de diseñar programas de entrenamiento para los jugadores de tenis. En base a la información que se proporciona en esta revisión, se pueden hacer las siguientes recomendaciones para entrenar jugadores de tenis competitivo:

- Como se mencionó con anterioridad, es probable que las fases críticas de un partido de tenis (saque, golpes, aceleraciones rápidas hacia la pelota) sean metabólicamente dependientes de las vías de suministro de energía anaeróbica, que pueden estar superpuestas sobre los antecedentes de actividad submáxima principalmente aeróbica (períodos de descanso entre los puntos y los juegos). Por lo tanto, es claro que el entrenamiento de jugadores competitivos debería enfocarse en mejorar su habilidad para realizar ejercicios de alta intensidad de manera reiterada y para recuperarse de éstos con rapidez. Esto se lleva a cabo realizando de manera regular un entrenamiento aeróbico y anaeróbico.
- Desde un punto de vista fisiológico, el entrenamiento aeróbico debería tener como objetivo mejorar la capacidad oxidativa del músculo que se utiliza de manera específica durante el juego (mejorando la capacidad del sistema cardiovascular para transportar y utilizar el oxígeno). Por lo tanto, se puede suministrar de manera aeróbica un porcentaje mayor de la energía necesaria para las acciones intensas (por ejemplo, esprints cortos), permitiendo que el jugador trabaje a ritmos de trabajo más elevados por períodos prolongados a la vez que mantiene un buen rendimiento técnico, así como también la concentración mental hacia el final del partido cuando podría aparecer la fatiga (48, 65).
- Para mejorar la aptitud física aeróbica (niveles óptimos de potencia aeróbica), se ha sugerido que la utilización de una ejercitación altamente intermitente puede ser más efectiva para mejorar los componentes aeróbicos que las intensidades de ejercitación más bajas, como por ejemplo el entrenamiento aeróbico tradicional de baja intensidad (11, 15). Sin embargo, hay ciertos atletas que podrían beneficiarse con los períodos de entrenamiento aeróbico tradicionales (jugadores con niveles aeróbicos moderados o por encima del peso de juego deseado). Este entrenamiento debería realizarse fuera de temporada, para que pueda llevarse a

cabo un entrenamiento más específico antes del período de competencia (Tabla 2).

- Con los programas actuales de entrenamiento de jugadores de tenis competitivos y debido a que la mayor parte del tiempo del entrenamiento está dedicado a un entrenamiento técnico de intensidad baja a moderada y táctico en la cancha (en términos fisiológicos, se podría clasificar como entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada) (81), el entrenamiento aeróbico complementario debería enfocarse principalmente en la ejercitación aeróbica de alta intensidad (15, 58). En este aspecto, más que un incremento en los valores aeróbicos máximos ($VO_2\text{máx}$), el objetivo fisiológico debería ser incrementar el índice de aumento en el consumo de oxígeno durante las acciones intensas breves (3). Esto se puede llevar a cabo mediante la utilización de un entrenamiento por intervalos intenso (58).
- A la hora de prescribir un entrenamiento aeróbico de alta intensidad deberían implementarse tanto los ejercicios de entrenamiento en la cancha como los que son fuera de la misma. En la Figura 3 se describen algunos ejercicios de acondicionamiento que tienen como objetivo un entrenamiento aeróbico, que se puede implementar en una cancha de tenis.
- Asimismo, pueden ser útiles los ejercicios que se presentan en la Figura 4 (“ejercicio del suicida” 6 x 60-segundos y “ejercicio de la gran X”) (55, 81, 57), con respuestas fisiológicas similares a los valores máximos en el juego ($LA = 7.6 \pm 1.1$ mmol/L) (56, 81), y se pueden recomendar para ajustarse al perfil de un ejercicio altamente intensivo en la cancha, como se describió en la literatura sobre entrenamiento (33). Al utilizar los ejercicios específicos de la cancha como el ejemplo que se presenta en las figuras 3 y 4, los jugadores tienen un medio alternativo para trabajar la eficiencia y la capacidad aeróbica mientras se eleva al máximo el tiempo de entrenamiento con la pelota. Además, sería interesante incluir zonas de objetivo “preciso”, para evaluar el rendimiento de tiro individual durante la ejecución de estos ejercicios (81).
- No obstante, los ejercicios fuera de la cancha (Tabla 3) también son necesarios porque las exigencias técnicas del juego (habilidades de manipulación de la pelota y habilidades de golpe) limitan la posibilidad de alcanzar altas intensidades fisiológicas, que sin duda son necesarias para asegurar un régimen de entrenamiento efectivo (15, 44, 73, 86).

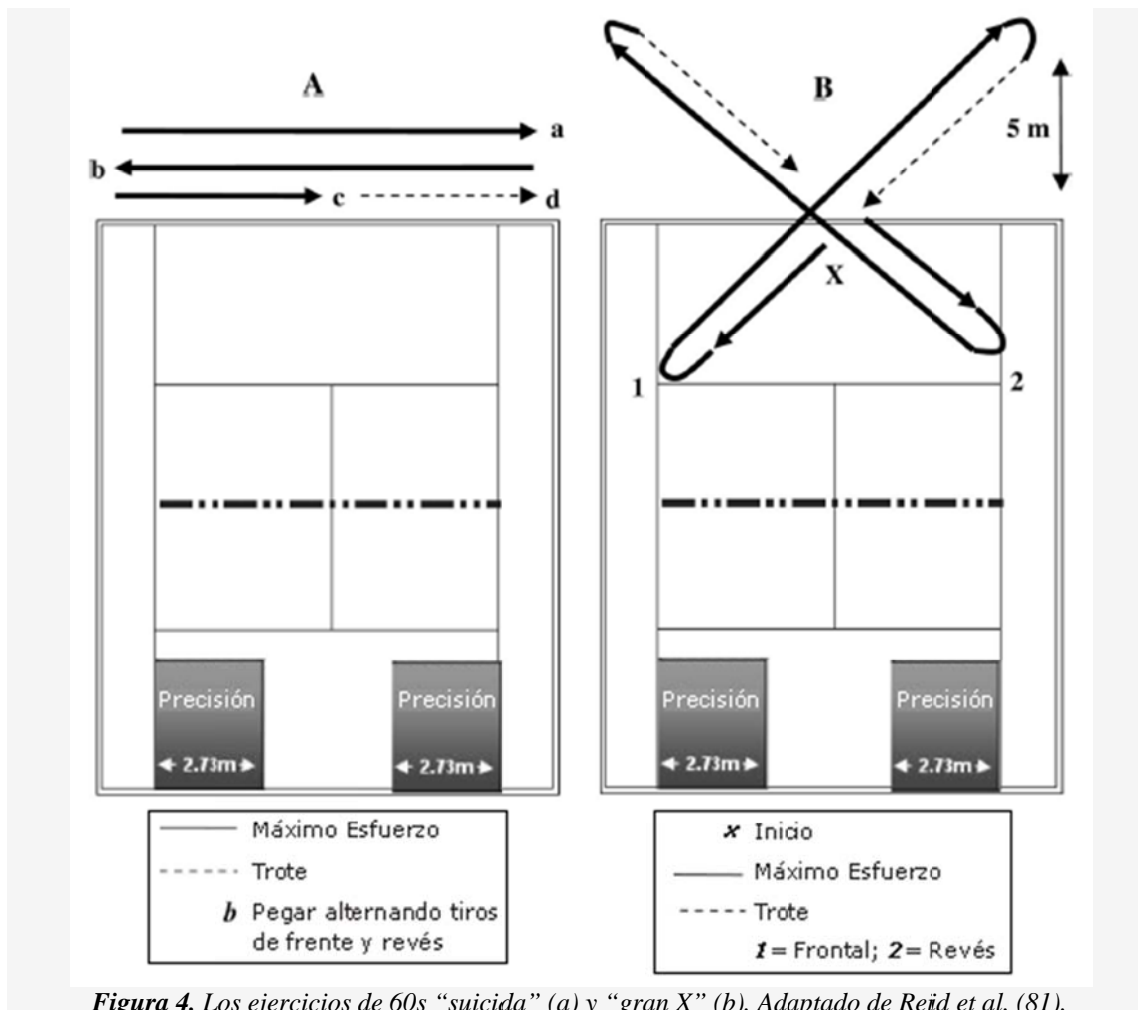


Figura 4. Los ejercicios de 60s "suicida" (a) y "gran X" (b). Adaptado de Reid et al. (81).

- En el tenis, la mayoría de las actividades de juego (golpes y cambios rápidos de dirección) son bastante breves y requieren el rápido desarrollo de la fuerza muscular que aparece de manera metabólica para asociarse con un índice elevado de utilización de fosfato de creatina. Por el contrario, el sistema de energía que produce el LA (como se mencionó con anterioridad) parece no estar muy estimulado durante los partidos de tenis competitivo (27, 56). Por lo tanto, la mayoría de los ejercicios del entrenamiento deberían estar diseñados para exigir a los jugadores la práctica de períodos breves (<10 segundos) de ejercicios de intensidad máxima con el descanso suficiente entre los esfuerzos a fin de permitir que los atletas reproduzcan la práctica máxima o casi máxima en las series subsiguientes. El entrenamiento de producción de LA (ejercicios entre 15 y 50 segundos) también debería realizarse con regularidad con el objetivo de mejorar la habilidad del jugador para realizar ejercicios de alta intensidad por períodos más prolongados (3, 2, 35). Se prefieren los movimientos específicos en la cancha (preferentemente sin la raqueta) para asegurar que se alcancen las intensidades (máximas) deseadas y que las adaptaciones musculares locales se puedan transferir en su totalidad al juego de un partido real (62). En la tabla 4 se presentan directrices generales para este tipo de entrenamiento.
- El largo y exigente calendario competitivo de los jugadores de tenis a veces no les permite a los preparadores de fuerza y acondicionamiento estructurar un plan de periodización óptimo. Como sugerencia práctica, se recomienda una cantidad mínima de 8 semanas de entrenamiento para los jugadores de tenis

principiantes para superar un duro calendario competitivo. Además, sería de mucha utilidad la inclusión de ciclos competitivos de 3 semanas intercalados con 2 semanas de recuperación y un entrenamiento para preparar física y mentalmente mejor a los jugadores (programas de recuperación y prevención de lesiones) y para la competencia.

Repeticiones	Modo	Intensidad	Recuperación
4X4 min.	Bicicleta fija (90 rpm); camera en cinta ergométrica (1% inclinación); camera	90% de HR _{máx}	90 s activos (60-70% de HR _{máx})
15 s/15 s (volumen: 35 min.)	Carrera (pista y campo de juego)	90-95% de HR _{máx}	15 s activos (70% de HR _{máx})
30 s/30 s (volumen: 35 min.)	Carrera (pista y campo de juego)	90-95% de HR _{máx}	30 s activos (70% de HR _{máx})

Tabla 3. Ejemplos de ejercitación aeróbica de alta intensidad fuera de la cancha.

Ejercicio (s)	Descanso (s)	Intensidad	Repeticiones
2-5	>50	Máxima	5-20
5-10	>100	Máxima	5-10
15-50	3-5 veces la duración del ejercicio	70-100%	2-10

Tabla 4. Directrices generales para el entrenamiento anaeróbico (por ejemplo, utilización de PC, entrenamiento de producción de LA). PC= Fosfato de creatina.

- Dadas las aparentes consecuencias en la salud, y los efectos menos claros relacionados con el rendimiento, de las prácticas deficientes de hidratación, los científicos del deporte deberían intentar proporcionarle a los jugadores regímenes de hidratación individualizados (48). Esto es imprescindible en condiciones de calor y humedad, como las que ocurren durante los torneos de tenis, en particular debido a que la sed es un indicador pobre del nivel de deshidratación (7, 16) y el consumo de fluido “ad libitum” a menudo lleva a una deshidratación involuntaria (5, 48). Aunque va más allá de esta revisión proporcionar información exhaustiva con respecto a las cuestiones del calor y la deshidratación, hay algunas directrices generales para ofrecer.
- Como se mencionó con anterioridad, muchos jugadores de tenis comienzan a jugar o entrenar deshidratados, por lo que es totalmente recomendable beber mucho líquido (agua y bebidas deportivas) a lo largo del día. Es importante asegurarse de que el jugador esté normohidratado antes del juego tomando como “regla de oro” la recomendación del Colegio Americano de Medicina Deportiva de consumir entre 400 y 600 mL de agua dos horas antes del ejercicio (57). Los entrenadores, los preparadores y los atletas deberían desarrollar programas de hidratación de manera individual mediante la medición de pérdida de fluidos (controlando el peso antes y después de la práctica/competencia, midiendo la cantidad de agua consumida y controlando el color de la orina [debería ser de un color bastante claro o casi claro]) (52).
- Durante la práctica o la competencia, es importante beber en cada cambio o tiempo de descanso, completando un plan de hidratación durante el juego de 1.2 a 1.6 L/h (57). Además, para muchos jugadores con altos índices de consumo de líquidos en la cancha (>1 L/h), a menudo funciona mejor una combinación de bebida deportiva y agua.

- La hidratación posterior a la práctica o al partido debe comenzar de inmediato, bebiendo el 150% de cualquier carencia de fluidos restante (5). Si hay otro partido el mismo día, se debe comenzar de inmediato el reemplazo de nutrientes (haciendo énfasis en los líquidos, los electrolitos y los carbohidratos). Bergeron et al. (6) han demostrado recientemente que 1 hora de descanso completo, enfriamiento y rehidratación en general ha sido efectiva para eliminar cualquier efecto remanente aparente que hubiera resultado en un daño térmico y cardiovascular mayor durante las dos series de ejercicios subsiguientes (80 minutos de ejercicios intermitentes). Los jugadores deben ingerir carbohidratos líquidos y/o sólidos para ayudar a la resíntesis del glucógeno (el cuerpo los utiliza más rápido con el calor y ayudan a almacenar más agua). Además, cuando se juega en condiciones de calor, se debe consumir suplementación de sodio antes y después en un índice de ~ 1.5 g/L (agregándole un poco de sal a la dieta), reempezando los electrolitos perdidos con el sudor (57).
- Un buen nivel de aptitud física aeróbica y un nivel apropiado de grasa corporal pueden brindarle a los jugadores una buena ventaja para tolerar el calor, y así reducir el almacenamiento de calor y regular de manera efectiva la temperatura corporal (89).
- Una buena manera de aclimatarse al calor es un entrenamiento progresivo (por ejemplo, cuatro sesiones de 30 a 45 minutos de ejercicios intermitentes) en condiciones de calor. Esto da a lugar a ciertos cambios fisiológicos que reducen el riesgo de sufrir una enfermedad por calor y colaborar con un mejor rendimiento (76, 93). Aunque una aclimatación completa puede llevar hasta 2 semanas (75), el entrenamiento de 2 a 3 días que utilice protocolos específicos (volúmenes bajos con intensidades adecuadas) realmente puede ayudar. Asimismo, es preferible usar ropa diseñada para el calor (colores claros, transpirables).

REFERENCIAS

1. Baden DA, McLean TA, Tucker R, Noakes TD, and St Clair Gibson, A. *Effect of anticipation during unknown or unexpected exercise duration on rating of perceived exertion, affect, and physiological function.* **Br J Sports Med** **39: 742–746.** 2005.
2. Balsom PD, Seger JY, Sjodin B, and Ekblom B. *Maximal-intermittent exercise: Effect of recovery duration.* **Int J Sports Med** **13: 528–533.** 1992.
3. Bangsbo J, Mohr M, and Krstrup P. *Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player.* **J Sports Sci** **24: 665–674.** 2006.
4. Baron RR, Petschnig N, Bachl G, Raberger G, Smekal G, and Kastner P. *Catecholamine excretion and heart rate as factors of psychological stress in tennis table.* **Int J Sports Med** **13: 501–505.** 1992.
5. Bergeron MF. *Heat cramps: Fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat.* **J Sci Med Sport** **6(1): 19–27.** 2003.
6. Bergeron MF, Laird MD, Marinik EL, Brenner JS, and Waller JL. *Repeated-bout exercise in the heat in young athletes: Physiological strain and perceptual responses.* **J Appl Physiol** **106: 476–485.** 2009.
7. Bergeron MF, Maresh CM, Armstrong LE, Signorile JF, Castellani JW, and Kenefick RW. *Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment.* **Int J Sport Nutr** **5: 180–193.** 1995.

8. Bergeron MF, Maresh CM, Kraemer WJ, Abraham A, Conroy B, and Gabaree C. *Tennis: A physiological profile during match play.* **Int J Sports Med** **12**: 474–479. 1991.
9. Bergeron MF, McLeod KS, and Coyle JF. *Core body temperature during competition in the heat: National Boys 14s Junior Championships.* **Br J Sports Med** **41**: 779–783. 2007.
10. Bergeron MF, Waller JL, and Marinik EL. *Voluntary fluid intake and core temperature responses in adolescent tennis players: Sports beverage versus water.* **Br J Sports Med** **40**: 406–410. 2006.
11. Billat LV. *Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training.* **Sports Med** **31(1)**: 13–31. 2001.
12. Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, and Plummer PE. *National athletic trainers' association position statement: Exertional heat illnesses.* **J Athl Train** **37**: 329–343. 2002.
13. Borg G, ed. *Borgs Perceived Exertion and Pain Scales.* Champaign, IL. **Human Kinetics.** pp. 83–89. 1998.
14. Brown E and O'Donoghue P. *Gender and surface effect on elite tennis strategy.* **ITF Coach Sport Sci Rev** **46(12)**: 9–12. 2008.
15. Buchheit M, Lepretre PM, Behaegel AL, Millet GP, Cuvelier G, and Ahmaidi S. *Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players.* **J Sci Med Sport** **12**: 399–405. 2009.
16. Burke LM and Hawley JA. *balance in team sports: Guidelines for optimal practices.* **Fluid. Sports Med** **24(1)**: 38–54. 1997.
17. Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Arthur PG, and Hartmann P. *intensity and metabolic response in singles tennis.* **Exercise. J Sports Sci** **16**: 739–747. 1998.
18. Collinson L and Hughes M. *effect on the strategy of elite female tennis players.* **Surface. J Sports Sci** **21**: 266–267. 2003.
19. Coutts A, Reaburn P, and Abt G. *Heart rate, blood lactate concentration and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during a match: A case study.* **J Sports Sci** **21**: 97–103. 2003.
20. Deutsch E, Deutsch SL, and Douglas PS. *Exercise training for competitive tennis.* **Clin Sports Med** **2**: 417–427. 1998.
21. Devlin LH, Frasier SF, Barrar NS, and Hawley JA. *levels of hypohydration impairs bowling accuracy but not velocity in skilled cricket players.* **Moderate. J Sci Med Sport** **4(2)**: 179–187. 2001.
22. Drust B, Rasmussen P, Mohr M, Nielsen B, and Nybo L. *Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance.* **Acta Physiol Scand** **183**: 181–190. 2005.
23. Ellenbecker T and Roetert EP. *Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players.* **J Sci Med Sport** **6(1)**: 63–70. 2003.
24. Ellenbecker TS, Ellenbecker GA, Roetert P, Teixeira R, Keuter G, and Sperling F. *Descriptive profile of hip rotation range of motion in elite tennis players and professional baseball pitchers.* **Am J Sports Med** **35**: 1371. 2007.
25. Elliott B, Dawson B, and Pyke F. *The energetics of single tennis.* **J Hum Mov Stud** **11**: 11–20. 1985.
26. Fernández Fernández J, Sanz-Rivas D, Sanchez-Mun˜oz C, Tiemessen I, Pluim BM, and Me´ndez-Villanueva A. *A comparison of the activity profile and*

- physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. J Strength Cond Res 23: 604–610. 2009.*
27. Fernandez J, Fernandez-Garcia B, Mendez-Villanueva A, and Terrados N. *Exercise intensity in tennis: Simulated match play versus training drills. Med Sci Tennis 10: 6–7. 2005.*
 28. Fernandez J, Mendez-Villanueva A, and Pluim BM. *Intensity of tennis match play. Br J Sports Med 40: 387–391. 2006.*
 29. Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Fernandez-Garcia B, and Terrados N. *Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. Br J Sports Med 41: 711–716. 2007.*
 30. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Fernandez-Garcia B, and Mendez-Villanueva A. *activity and physiological load during a clay-court tennis tournament in elite female players. Match. J Sport Sci 26: 1589–1595. 2008.*
 31. Ferrauti A, Bergeron AM, Pluim BM, and Weber K. *Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. Eur J Appl Physiol 85: 27–33. 2001.*
 32. Ferrauti A, Pluim BM, and Weber K. *The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. J Sports Sci 19: 235–242. 2001.*
 33. Ferrauti A, Weber K, and Wright PR. *Endurance: Basic, semi-specific and specific. In: Strength and Conditioning for Tennis. Reid M, Quinn A, and Crespo M, eds. London, United Kingdom. ITF Ltd pp. 93–111. 2003.*
 34. Filaire E, Alix D, Ferrand C, and Verger M. *Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament. Psychoneuroendocrinology 34: 150–157. 2009.*
 35. Gamble P. *and game-related solutions to metabolic conditioning for team sports. Challenges Strength Cond J 29(4): 60– 65. 2007.*
 36. Girard O and Millet GP. *Neuromuscular fatigue in racquet sports. Neurol Clin 26: 181–194. 2008.*
 37. Girard O and Millet GP. *Effects of the ground surface on the physiological and* Copyright Lippincott Williams & Wilkins. *Unauthorized reproduction of this article is prohibited technical responses in young tennis players. In: Science and Racket Sports III. Reilly T, Hughes M, and Lees A, eds. London, United Kingdom: E & F N Spon. pp. 43–48. 2004.*
 38. Girard O, Lattier G, Micallef JP, and Millet GP. *Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction and explosive strength during prolonged tennis playing. Br J Sports Med 40: 521–526. 2006.*
 39. Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, and Nielsen B. *Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. J Appl Physiol 86: 1032–1039. 1999.*
 40. Greenleaf JE. *Problem: Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. Med Sci Sports Exerc 24: 645–656. 1992.*
 41. Haake S, Chadwick S, Dignall R, Goodwill S, and Rose P. *Engineering tennis—Slowing the game down. Sports Eng 3: 131–143. 2000.*
 42. Hargreaves M and Febbraio MA. *Limits to exercise performance in the heat. Int J Sports Med 19: 115–116. 1998.*
 43. Harrison LK, Denning S, Easton SL, Hall JC, Burns VE, Ring C, and Carroll D. *effects of competition and competitiveness on cardiovascular activity. The. Psychophysiology 38: 601–606. 2001.*

44. Helgerud J, Hkydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, and Hoff J. *Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training.* . **Med Sci Sports Exerc** **39: 665–671**. 2007.
45. Helsen W and Bultynck JB. *and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football.* **Physical. J Sports Sci** **22: 179–189**. 2004.
46. Hornery D, Farrow D, Mujika I, and Young W. *Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis.* **Int J Sports Physiol Perform** **2: 423–438**. 2007.
47. Hornery D, Farrow D, Mujika I, and Young W. *Fatigue in tennis. Mechanisms of fatigue and effect on performance.* **Sports Med** **37: 199–212**. 2007.
48. Hornery D, Farrow D, Mujika I, and Young W. *An integrated physiological and performance profile of professional tennis.* **Br J Sports Med** **41: 531–536**. 2007.
49. International Tennis Federation. *Official Rules of Tennis.* Chicago. **IL: Triumph Books, pp. 10–11**. 2002.
50. International Tennis Federation. *Approved Tennis Balls and Classified Court Surfaces.* **ITF**. 2007.
51. Johnson CD and McHugh MP. *Performance demands of professional tennis players.* **Br J Sports Med** **40: 696– 699**. 2006.
52. Jones LC, Cleary MA, Lopez RM, Zuri RE, and Lopez R. *Active dehydration impairs upper and lower body anaerobic muscular power.* **J Strength Cond Res** **22: 455–463**. 2008.
53. Kay D and Marino FE. *Fluid ingestion and exercise hyperthermia: Implications for performance, thermoregulation, metabolism and the development of fatigue.* **J Sports Sci** **18(2): 71–82**. 2000.
54. Konig D, Hounker M, Schmid A, Halle M, Berg A, and Keul J. *Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players.* **Med Sci Sports Exerc** **33: 654–658**. 2000.
55. Kovacs M. *Energy system-specific training for tennis.* **Strength Cond J** **26(5): 10–1**. 2007.
56. Kovacs MS. *Tennis physiology: Training the competitive athlete.* **Sports Med** **37(3): 189–98**. 2007.
57. Kovacs MS. *review of fluid and hydration in competitive tennis.* **57. . A. Int J Sports Physiol Perform** **3: 413–423**. 2008.
58. Krustup P, Hellsten Y, and Bangsbo J. *interval training enhances human skeletal muscle oxygen uptake in the initial phase of dynamic exercise at high but not at low intensities.* **Intense. J Physiol** **559: 335–345**. 2004.
59. Krustup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, and Bangsbo J. *and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance.* **Muscle. Med Sci Sports Exerc** **38: 1165–1174**. 2006.
60. Laursen PB and Jenkins DG. *The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes.* **Sports Med** **32(1): 53–73**. 2002.
61. McCarthy PR, Thorpe RD, and Williams C. *loss during competitive tennis match-play.* **Body fluid. In: Science and Racket Sports II.** Lees A, Maynard I, Hughes M, and Reilly T, eds. London, United Kingdom: E & FN Spon. pp. 52–55. 1998.

62. McDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, Mckelvie RS, Green HJ, and Smith HK. *Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training*. **Appl Physiol** **84**: 2138–2142. 1998.
63. McKay JM, Selig SE, Carlson JS, and Morris T. *Psychophysiological stress in elite golfers during practise and competition*. **J Sci Med Sport** **29**: 55–61. 1997.
64. McRae HSH, Dennis SC, and Bosch AN. *of training in lactate production and removal during progressive exercise in human*. **Effects. J Appl Physiol** **72**: 1649–1656. 1992.
65. Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, and Bishop D. *Exercise-induced homeostatic perturbations provoked by singles tennis match play with reference to development of fatigue*. **Br J Sports Med** **41**: 717–722. 2007.
66. Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Fernandez-Garcia B, and Terrados N. *Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament*. **Br J Sports Med** **41**: 296–300. 2007.
67. Morante S and Brotherhood J. *Match characteristics of professional singles tennis*. **Med Sci Tennis** **10(3)**: 12–13. 2006.
68. Morante SM and Brotherhood JR. *Autonomic and behavioural thermoregulation in tennis*. **Br J Sports Med** **42**: 679–685. 2008.
69. Morante SM and Brotherhood JR. *temperature and physiological and subjective responses during competitive singles tennis*. **Air. Br J Sports Med** **41**: 773–778. 2007.
70. Morante SM and Brotherhood JR. *Thermoregulatory responses during competitive singles tennis*. **Br J Sports Med** **42**: 736–741. 2008.
71. Morgan L, Jordan D, Baeyens D, and Franciosa J. *Heart rate responses during singles and doubles tennis competition*. **Phys Sportsmed** **15**: 67–74. 1987.
72. Morris JG, Nevill ME, Lakomy HKA, Nicholas C, and Williams C. *Effect of a hot environment on performance of prolonged, intermittent, high intensity shuttle running*. **J Sports Sci** **16**: 677–686. 1998.
73. Mujika I, Santisteban J, Angulo P, and Padilla S. *Individualized aerobic-power training in an underperforming youth elite association football player*. **Int J Sports Physiol Perform** **2**: 332–335. 2007.
74. Murias JM, Lanatta D, Arcuri CR, and Lain o FA. *Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces*. **J Strength Cond Res** **21(1)**: 112–117. 2007.
75. Nielsen B. *Heat acclimation. Mechanisms of adaptation to exercise in the heat*. **Int J Sports Med** **19(Suppl 2)**: S154–S156. 1998.
76. Nielsen B and Nybo L. *Cerebral changes during exercise in the heat*. **Sports Med** **33(1)**: 1–11. 2000.
77. Novas AMP, Rowbottom DG, and Jenkins DG. *A practical method of estimating energy expenditure during tennis play*. **J Sci Med Sport** **6**: 40–50. 2003.
78. O Donoghue P and Ingram B. *A notational analysis of elite tennis strategy*. **J Sports Sci** **19**: 107–115. 2001.
79. Parsons LS and Jones MT. *Development of speed, agility and quickness for tennis athletes*. **Strength Cond J** **20**: 14–19. 1998.
80. Quod MJ, Martin DT, and Laursen PB. *Cooling athletes before competition in the heat: Comparison of techniques and practical considerations*. **Sports Med** **36**: 671–682. 2006.

81. Reid M, Duffield R, Dawson B, Baker J, and Crespo M. *Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills.* **Br J Sports Med** **42(2): 146–151.** 2008.
82. Reilly T and Palmer J. . *Investigation of exercise intensity in male single lawn tennis.* **J Sports Sci** **11: 543–558.** 1993.
83. Richers TA. *Time–motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis.* . **J Hum Mov Stud** **28: 73– 86.** 1995.
84. Robertson RJ and Noble BJ. *Perception of physical exertion: Methods, mediators and applications.* **In: Exercise and Sport Sciences Reviews.** Holloszy JO, ed. **Baltimore, MD: Williams and Wilkins.** pp. **407–452.** 1997.
85. Roetert EP, Garret GE, Brown SW, and Camaione DN. *Performance profiles of nationally ranked junior tennis players.* **J Appl Sport Sci Res** **6: 225–231.** 1992.
86. Rozenek R, Funato K, Kubo J, Hoshikawa M, and Matsuo A. *Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO₂max.* **J Strength Cond Res** **21(1): 188–192.** 2007.
87. Sawka MN. *Physiological consequences of hypohydration: Exercise performance and thermoregulation.* **Med Sci Sports Exerc** **24: 657–670.** 1992.
88. Sawka MN and Coyle EF. *Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat.* **Exerc Sport Sci Rev** **27: 167–218.** 1999.
89. Selkirk GA and McLellan TM. *Influence of aerobic fitness and body fatness on tolerance to uncompensable heat stress.* **J Appl Physiol** **91: 2055–2063.** 2001.
90. Smekal G, von Duvillard SP, Pokan R, Tschan H, Baron R, Hofmann P, Wonisch M, and Bachl N. *Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles.* **Eur J Appl Physiol** **89: 489–495.** 2003.
91. Smekal G, Von Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, Tschan H, and Bachl N. *A physiological profile of tennis match play.* **Med Sci Sports Exerc** **33: 999–1005.** 2001.
92. St Clair Gibson A, Lambert EV, Rauch LHG, Tucker R, Baden DA, Foster C, and Noakes TD. *The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort.* **Sports Med** **36: 705–722.** 2006.
93. Sunderland C, Morris JG, and Nevill ME. *A heat acclimation protocol for team sports.* **Br J Sports Med** **42: 327–333.** 2008.
94. Vergauwen L, Brouns L, and Hespel P. *Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis.* **Med Sci Sports Exerc** **30: 1289–1295.** 1998