

# Cambios en la concentración de iones y en el volumen plasmático después de un partido de tenis individual femenino

GEMA TORRES LUQUE<sup>a</sup> Y CARMEN VILLAYERDE GUTIÉRREZ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia. España.

<sup>b</sup>Escuela de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada. Granada. España.

## RESUMEN

**Objetivo:** Observar los posibles cambios bioquímicos después de un partido de tenis individual femenino.

**Material y método:** Se seleccionaron 10 jugadoras de tenis (edad:  $15,6 \pm 0,87$  años; talla:  $164 \pm 0,19$  cm; peso:  $58,77 \pm 2,08$  kg). Antes de la competición se realizó una extracción de 15 ml de sangre, y se permitió ingerir 500 ml de agua. Durante el partido se controló la frecuencia cardíaca (FC) y la ingesta de agua (ad libitum). Los partidos fueron grabados en vídeo. Una vez finalizado el esfuerzo se realizó otra extracción de sangre. Las variables valoradas fueron FC, tiempo total de juego, tiempo de trabajo y tiempo de descanso, concentración plasmática de electrolitos (sodio, potasio y cloro) y volumen plasmático.

**Resultados:** Tiempo de juego de  $99,6 \pm 18,5$  min, con una FC media durante el juego de  $158,4 \pm 1,98$  lat/min<sup>-1</sup>. Después del partido se observó un incremento del volumen plasmático ( $3,59 \pm 2,56\%$ ), pérdida de peso corporal ( $-1,31 \pm 0,27$ ), así como un aumento significativo de la concentración plasmática de sodio ( $136,98 \pm 1,71$  a  $145,77 \pm 1,77$ ) y cloro ( $92,17 \pm 1,21$  a  $100,12 \pm 1,31$ ) ( $p \leq 0,001$ ) y un descenso del potasio ( $3,90 \pm 0,13$  a  $3,13 \pm 0,19$ ) ( $p \leq 0,01$ ).

**Discusión:** Debido a la distorsión del equilibrio hidroelectrolítico, se ve la necesidad de controlar la hidratación.

**PALABRAS CLAVE:** Tenis. Mujeres. Equilibrio electrolítico. Competición.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine possible electrolyte changes induced by competitive tennis in young female players.

**Material and methods:** Ten female tennis players (mean  $\pm$  SEM age:  $15.6 \pm 0.87$  years, height:  $164.55 \pm 1.98$  cm, weight:  $58.77 \pm 2.08$  kg) were selected to participate in an official tennis tournament. A blood sample (15 mL) was obtained 30 minutes before the tournament. After extraction, the players drank 500 mL of water before the match. Water intake (ad libitum) and heart rate (HR) were recorded during the match. The matches were recorded on video. Another blood sample was obtained at the end of the match. The variables analyzed were HR, total play time, real play time, rest time, plasma electrolyte concentrations (sodium, potassium and chloride), and total plasma proteins to determine plasma volume changes.

**Results:** Total play time was  $99.6 \pm 18.5$  min and mean HR during the match was  $158.4 \pm 1.98$  bpm-l. After the match, an increase in plasma volume ( $3.59 \pm 2.56\%$ ) and a decrease in body weight ( $-1.31 \pm 0.27$ ) were observed, as well as a significant rise in plasma sodium ( $136.98 \pm 1.71$  to  $145.77 \pm 1.77$ ) and chloride concentrations ( $92.17 \pm 1.21$  a  $100.12 \pm 1.31$ ) compared with those registered before the match ( $p \leq 0,001$ ). Plasma potassium concentration decreased slightly ( $3.90 \pm 0.13$  to  $3.13 \pm 0.19$ ) ( $p \leq 0.01$ ).

**Discussion:** Hydration should be controlled in tennis players to avoid electrolyte imbalance.

**KEY WORDS:** Tennis. Female. Electrolyte balance. Competition.

## INTRODUCCIÓN

El tenis es un deporte que posee características diferenciales. La duración de un partido varía en función de la superficie de juego, aunque si se juega al mejor de 3 sets, como son las competiciones habituales, la duración oscila entre 90-120 min<sup>1</sup>. La relación entre tiempo de juego y tiempo de descanso se ha establecido en un 30% de trabajo frente a un 70% de descanso<sup>2-5</sup>. A su vez, el carácter intermitente de este deporte hace que un tenista se vea forzado a pasar de una frecuencia cardíaca (FC) baja a una alta de forma brusca y en muy pocos segundos<sup>6</sup>. No obstante, la intensidad media del tenis individual se ha situado<sup>4,7-10</sup> en torno a 140-160 lat/min<sup>-1</sup>. Lo que a nivel de porcentaje de la FC máxima teórica o real, dependiendo el estudio, es del 75 al 85%<sup>2,3,10,11</sup>.

A pesar de que el tenis es una especialidad deportiva que en multitud de ocasiones se juega en un ambiente caluroso, no existen muchos estudios que muestren los cambios electrolíticos después de un partido. Los jugadores de 17 años y ranking nacional poseen una pérdida de sodio por sudoración de 89,8 mmol/l<sup>-1</sup>, pudiendo superar la media diaria de ingesta de 87 a 174 mmol/l<sup>-1</sup><sup>12</sup>. En un estudio realizado con 20 sujetos de ambos sexos durante 3 días de torneo a 32 °C y 53% de humedad relativa, la pérdida de sodio por sudor fue de 158,7 mmol/l<sup>-1</sup> en varones y de 86,5 mmol/l<sup>-1</sup> en mujeres<sup>13</sup>. Therminarias et al<sup>14</sup>, en 9 tenistas jóvenes y 10 veteranas, evaluaron cambios sanguíneos de electrolitos después de 120 min de partido con una adversaria del mismo nivel de juego. Los valores obtenidos de sodio en jóvenes fueron de 139,5 ± 0,4 a 140,9 ± 1,1 mmol/l<sup>-1</sup>; y en veteranas, de 141,6 ± 0,8 a 143,3 ± 1,1 mmol/l<sup>-1</sup>. En cuanto al potasio, en el primer grupo fue de 4,4 ± 0,1 y 3,9 ± 0,1 mmol/l<sup>-1</sup>, y en el segundo, de 4,1 ± 0,1 a 4,4 ± 0,4 mmol/l<sup>-1</sup>. Los datos no fueron significativos a nivel estadístico ni intragrupo ni intergrupo. Los únicos cambios significativos encontrados en relación a los parámetros electrolíticos se observaron en el fósforo, donde no hubo cambios respecto al propio grupo antes y después del partido, pero sí entre grupos (1,1 ± 0,1 frente a 1,5 ± 01). La competición de tenis se realiza normalmente en un ambiente caluroso, donde los cambios en la temperatura corporal y la respuesta a los cambios electrolíticos pueden ser determinantes<sup>13,15-17</sup>.

Una pobre rehidratación puede afectar a la eficiencia en los desplazamientos de 5-10 m tan comunes en una actividad como el tenis<sup>18</sup>. A su vez, el tenis favorece una rehidratación durante la actividad en los tiempos de pausa, la cual puede ser líquida o sólida. Estos procesos de rehidratación son de vital importancia para mantener la estabilidad en los esfuerzos de la competición<sup>19</sup>.

El objetivo de nuestro estudio ha sido valorar los posibles cambios iónicos y en el volumen plasmático, después de un partido de tenis individual en jugadoras de tenis adolescentes de sexo femenino.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

Han participado 10 jugadoras de tenis de sexo femenino, con una edad media de 15,6 ± 0,87 años; una talla de 164 ± 0,19 cm; un peso de 58,77 ± 2,08 kg y un porcentaje de grasa corporal (evaluado por medio de pliegues cutáneos) de 15,44 ± 1,08%. Todos los tutores dieron su consentimiento por escrito para que las jugadoras participasen en este estudio.

### Procedimiento

Todas las tenistas jugaron un partido de tenis oficial de categoría regional. El día de la competición fueron citadas a las 8.30 h de la mañana en condiciones de ayuno previo de 8 h, permitiéndoseles ingerir un máximo de 500 ml de agua mineral (Lanjarón), y sin realizar ningún esfuerzo físico en las 24 h precedentes. A partir de este momento se les practicó una extracción de sangre. A continuación las tenistas tomaron un yogur natural (Danone) con 8 a 10 g de azúcar común. Cada jugadora entró en la pista de tenis con una botella de 1,5 l de agua mineral de Lanjarón, marcada con su nombre, con objeto de valorar el volumen de la ingesta durante el partido, que realizaron ad libitum. A todas las tenistas se les controló la FC durante el partido, por medio de un pulsómetro Polar Accurex Plus<sup>TM</sup>, que registró y almacenó la FC cada 5 s. Para cada partido se utilizó un bote de pelotas nuevas (3), marca Dunlop Ford. Se realizó un calentamiento entre 10 y 15 min en pista antes de iniciar el partido. Los partidos se jugaron al mejor de 3 sets con tie-break en todos ellos, y fueron grabados con una cámara Sony Hadycam para su posterior análisis. Todos los partidos se jugaron a una temperatura ambiente que osciló entre 19 y 22 °C, con un grado de humedad relativa entre el 40 y el 50%.

Así pues, la primera extracción de sangre se produjo entre las 8.30 y las 8.45 h de la mañana, mientras que la segunda extracción se produjo entre las 10.30 y las 12.30 h; el intervalo horario fue más amplio debido a la duración de los partidos. Dichas extracciones se obtuvieron por punción venosa en la región antecubital, con los sujetos en posición de sentados. Las muestras fueron llevadas al laboratorio, donde se procedió a su análisis hematológico y a la obtención de alícuotas de plasma

tras el centrifugado, que fueron almacenadas en tubos de polipropileno a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior análisis.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows (versión 11.0). En todos los datos se indica el valor promedio y la desviación típica (DT). Se ha considerado un intervalo de confianza del 95% para un valor de  $p$  igual o menor de 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS

### Duración e intensidad del partido

El tiempo total de juego fue de  $99,66 \pm 18,5$  min, con un tiempo de juego real de  $30,0 \pm 5,93$  min y un tiempo de descanso de  $69,66 \pm 9,6$  min. La FC media en los partidos fue de  $158,4 \pm 1,98$  lat/min<sup>-1</sup>, lo que representó  $80,83 \pm 1,46\%$  de la FC máxima del grupo de jugadoras.

### Cambios en el volumen plasmático

El volumen plasmático se calculó a partir de los valores correspondientes al hematocrito y a la concentración de hemoglobina, según el método de Dill y Costill<sup>20</sup>. Es necesario indicar que en estos cálculos se asignó el valor 100 (100%) al volumen sanguíneo. A su vez, se controló la ingesta de agua a demanda por parte de las tenistas. En la tabla I se muestran los valores medios de ingesta hídrica a lo largo de la competición ( $0,48 \pm 0,08$  l), los cambios en el volumen plasmático, observando el porcentaje de cambio entre antes y después de la actividad ( $3,59 \pm 2,56\%$ ), y el cambio en porcentaje del peso corporal entre antes y después del partido ( $-1,31 \pm 0,27\%$ ).

### Cambios en electrolitos plasmáticos

En la tabla II se muestran los valores plasmáticos medios, obtenidos antes y después de la competición de tenis para el sodio ( $136,98 \pm 1,71$  frente a  $145,77 \pm 1,77$  mEq/l<sup>-1</sup>), potasio ( $3,90 \pm 0,13$  frente a  $3,13 \pm 0,19$  mEq/l<sup>-1</sup>) y cloro ( $92,17 \pm 1,21$  frente a  $100,12 \pm 1,31$  mEq/l<sup>-1</sup>). Los asteriscos indican la significación estadística al comparar ambas situaciones (\* $p \leq 0,01$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

## DISCUSIÓN

### Duración e intensidad del partido

Los resultados en relación con la duración de los partidos corroboran lo informado por otros autores<sup>3-5</sup>, aunque en cate-

**Tabla I** Valores medios y desviación típica (DT) de la ingesta de agua, y cambios en el volumen plasmático y en el peso corporal antes y después del partido

Variable (n = 10)	Media	DT
Ingesta líquida de agua (l)	0,48	0,08
Cambios en el peso corporal (%)	-1,31	0,27
Cambios en el volumen plasmático	+ 3,59	2,56

**Tabla II** Valores plasmáticos medios de sodio, potasio y cloro antes y después de la competición de tenis

Variable (n = 10)	Antes		Después	
	Media	DT	Media	DT
Sodio (mEq/l <sup>-1</sup> )	136,98	1,71	145,77	1,77**
Potasio (mEq/l <sup>-1</sup> )	3,90	0,13	3,13	0,19*
Cloro (mEq/l <sup>-1</sup> )	92,17	1,21	100,12	1,31**

\*  $p \leq 0,01$ .

\*\*  $p \leq 0,001$ .

DT: desviación típica.

gorías diferentes<sup>5</sup>. Así la duración de los partidos estuvo en torno a 100 min de juego total, y la relación tiempo de juego/tiempo de descanso fue de 1:3, es decir, aproximadamente del 30 frente a 70% de juego/descanso, respectivamente. El propio reglamento del tenis permite un tiempo de descanso entre puntos de 20 s, con un tiempo de 90 s en los cambios de campo<sup>21</sup>.

Respecto a la intensidad del esfuerzo realizado en los partidos, al valorar las variaciones observadas en la FC, debido al carácter intermitente de este deporte, encontramos una FC media de nuestras tenistas de  $158$  lat/min<sup>-1</sup>, que coincide con lo referido por otros autores<sup>4,14,15</sup>, aunque algunos estudios<sup>3,8,9</sup> observan este valor medio, algo por debajo, entre  $130$  y  $145$  lat/min<sup>-1</sup>. Este valor representaría en torno al 80% de la FC máxima, también en consonancia con otros autores<sup>10,11</sup>; una intensidad considerada predominantemente aeróbica en sujetos de 15 a 17 años<sup>22</sup>.

### Cambios en el volumen plasmático

Los cambios en el volumen plasmático durante el ejercicio físico moderado o intenso se deben a un desplazamiento de líquido desde el espacio intravascular hacia los compartimientos

intersticiales e intracelulares de la musculatura activa<sup>23</sup>. Existen varios mecanismos responsables de estas modificaciones. En primer lugar, la magnitud de los cambios está relacionada con la presión del fluido a nivel capilar<sup>24</sup>. El aumento de la presión arterial y el efecto de la contracción muscular sobre las vénulas favorecen el aumento de la presión hidrostática en los capilares, forzando la filtración del plasma hacia el espacio extravascular. Por el contrario, el descenso de la presión hidrostática capilar genera la entrada de fluido hacia el espacio intravascular, lo que traduce un aumento del volumen plasmático. Para facilitar este proceso, se produce una redistribución sanguínea a partir de los circuitos esplácnico y renal<sup>25</sup>.

A pesar de que se trata de un esfuerzo de larga duración, y que son muchos los estudios que indican una disminución del volumen plasmático en esfuerzos de corta y/o larga duración<sup>26-29</sup>, en nuestro estudio hemos observado un ligero aumento en el volumen plasmático. Hay que considerar que la ingesta de agua en esta investigación fue libre, y la media fue de  $0,48 \pm 0,08$  l.

El incremento del volumen plasmático se ha constatado en diferentes estudios. Así, en esfuerzos de larga duración, si se realiza una ingesta adecuada de líquido, el volumen plasmático tiende a mantenerse o incluso a aumentar, lo que favorece la realización del ejercicio y evita en cualquier caso una deshidratación producida por la pérdida de líquidos<sup>30,31</sup>. Por otro lado, es interesante destacar que los cambios de volumen plasmático pueden pasar de valores negativos a positivos por el hecho de que los deportistas estén aclimatados a las condiciones ambientales<sup>30</sup>. En nuestro caso, y al tratarse de sujetos entrenados, se podría pensar en una posible adaptación termorreguladora.

En el tenis son muy escasos los estudios que valoran los cambios en el volumen plasmático, aunque parece existir consenso respecto a la falta de variación, o incremento del volumen plasmático<sup>8,28,32</sup>, debido a las características reglamentarias de este deporte, ya que los tiempos de descanso entre juegos permiten una continua hidratación<sup>19</sup>. Bergeron et al<sup>13</sup> observaron una ligera disminución en el volumen plasmático tras una fase de calentamiento ( $-0,7 \pm 5,3\%$ ), y que éste iba en ascenso según se iba desarrollando el encuentro, pasando de un incremento del  $2,3 \pm 4,1\%$  al terminar el partido, a un  $5,1 \pm 8,3\%$  5 min después de finalizado. En un deporte como el tenis, donde se puede ingerir sólido y/o líquido de forma libre a lo largo de la competición en los tiempos de descanso, hace pensar que este proceso de rehidratación sea adecuado a las demandas<sup>17,19</sup>.

Nuestros resultados con relación al volumen plasmático muestran (tabla I) un incremento de  $3,59 \pm 2,56\%$ . Como se indicó en el apartado de material y método, la ingesta líquida de agua durante el partido fue libre y cada jugadora pudo ingerir el

volumen que consideró oportuno. La ingesta de agua fue de  $0,48 \pm 0,08$  l, similar en todas las tenistas (tabla I), y aunque no se puede considerar una ingesta alta, hay que tener en cuenta que cada jugadora ingirió 500 ml antes de comenzar el partido, y antes de cada extracción. Estos resultados están en la línea de los estudios que refieren un incremento del volumen plasmático en esfuerzos de larga duración, si se realiza una ingesta adecuada de líquido, ya que el volumen plasmático tiende a mantenerse o incluso a aumentar, lo que facilita la realización del ejercicio y evita en cualquier caso una deshidratación producida por la pérdida de líquidos<sup>30,31</sup>. Observando estos resultados en tenistas entrenadas, se puede pensar en una posible adaptación termorreguladora.

### Cambios en los electrolitos plasmáticos

Los mecanismos fisiológicos responsables de equilibrar las pérdidas de agua y electrolitos que se producen durante el esfuerzo físico a través de la respiración y el sudor fundamentalmente, son el estímulo de la sed y la disminución de la diuresis bajo el control hormonal de la vasopresina<sup>33</sup>. A su vez, el aumento del volumen plasmático durante la rehidratación inhibe la liberación de vasopresina y estimula la del péptido natriurético auricular, cuyos efectos a nivel renal permiten ajustar el volumen del líquido extracelular. En presencia de valores elevados de vasopresina, la administración de agua sin sal puede causar hiponatremia por dilución<sup>34</sup>. Se considera hiponatremia cuando las cifras de sodio en plasma son inferiores a  $135$  mmol/l<sup>-1</sup>. En ausencia de enfermedad y/o tratamiento farmacológico que justifique dichas cifras, es preciso pensar en una sobrecarga acuosa, similar a lo que ocurre en casos de polidipsia psicógena<sup>35</sup>. En consecuencia, uno de los parámetros homeostáticos que puede experimentar cambios importantes durante el ejercicio físico es la osmolaridad plasmática, dependiente básicamente de la concentración de sodio y sus aniones. El sodio es el ión más abundante en el compartimiento extracelular. Su concentración oscila alrededor de  $142$  mEq/l<sup>-1</sup>, y la osmolaridad plasmática en torno a los  $300$  mOsm/l<sup>-1</sup>, y no suelen variar más allá del 2-3%. Estos parámetros deben ser controlados de forma precisa, ya que determinan la distribución de líquido entre los compartimientos intra y extracelular. Como el sodio y los aniones que lo acompañan representan cerca del 94% de los solutos del compartimiento extracelular, la osmolaridad plasmática suele calcularse en la mayoría de los laboratorios multiplicando la concentración plasmática de sodio por 2,1. La deshidratación y la pérdida de electrolitos es una constante durante la actividad deportiva y adquiere mayor relevancia en los esfuerzos de larga duración y cuando la temperatura

ambiental es elevada, llegando a constituir un factor limitante de la aptitud física y del rendimiento deportivo.

Nuestros resultados muestran un incremento significativo ( $p \leq 0,001$ ) en los valores de sodio al término del partido, respecto a los valores basales (de  $136,98 \pm 1,71$  a  $145,77 \pm 1,77$  mEq/l<sup>-1</sup>), los cuales muestran cifras compatibles con una hemodilución. El incremento observado en los valores de sodio en nuestras tenistas (6,8%) se corresponde con los incrementos observados por otros autores tras la realización de ejercicio físico, cifrados entre el 3 y el 5%<sup>36</sup>. A pesar de la escasez de trabajos en los que se analicen esfuerzos relativos al tenis de competición, hay que destacar la investigación desarrollada por Therminarias et al<sup>14</sup>, quienes muestran un incremento de los valores plasmáticos de sodio tanto en tenistas jóvenes ( $21,2 \pm 1,9$  años) como en adultos ( $46,5 \pm 1,3$  años). Por su parte, Bergeron et al<sup>12,13</sup> registran pérdidas de sodio y potasio a través del sudor durante un partido de tenis. A pesar de no valorar los cambios en la concentración plasmática de estos iones, los autores indican que dichas pérdidas no deberían tener una repercusión directa sobre el rendimiento de los tenistas, sobre todo cuando esté garantizado su aporte en la dieta. Por su parte, los valores basales de potasio de nuestras tenistas también muestran cifras compatibles con una hemodilución, y disminuyen significativamente ( $p \leq 0,01$ ) después del partido (de  $3,90 \pm 0,13$  a  $3,13 \pm 0,19$  mEq/l<sup>-1</sup>; tabla II). Aunque en un principio podría esperarse un aumento en los valores de potasio como consecuencia del ejercicio muscular intenso y prolongado, como se ha evidenciado en algunos estudios<sup>37,38</sup>, nuestros resultados por el contrario muestran un descenso significativo de este ión, en la línea de lo observado por Therminarias et al<sup>14</sup>, que encuentran un descenso de potasio después de jugar un partido de tenis.

Nuestros resultados son compatibles con un estado de hiperhidratación previo al partido. La explicación podría estar en la ingesta de los 500 ml de agua antes de la competición deportiva, como recurso de afrontamiento utilizado por las jugadoras para compensar las pérdidas por sudoración durante el partido. La hiperhidratación así conseguida podría ser responsable de una hemodilución con la consiguiente disminución de la concentración plasmática de los diferentes iones observada antes del partido. La pérdida de líquido por sudoración durante el juego induce una relativa deshidratación, que podría explicar el aumento en la concentración de sodio y en la osmolaridad, habida cuenta que al finalizar el partido se alcanzan valores fisiológicos para ambos parámetros y que la ingesta de líquido a demanda mantuvo un nivel aceptable de hidratación, como muestra el volumen plasmático.

## CONCLUSIÓN

Los valores basales de electrolitos en plasma (sodio, cloro y potasio) determinados antes de la competición mostraron valores indicativos de sobrecarga acuosa, que retornaron hacia valores fisiológicos al finalizar el partido, a pesar del esfuerzo físico de larga duración que representa un partido de tenis, aspecto que deberá tenerse en cuenta en el control de la competición en adolescentes.

No se observaron cambios significativos en volumen plasmático después de la competición, a pesar de la complejidad de los procesos de hiperhidratación/deshidratación/rehidratación. Estos hallazgos sugieren que las jugadoras de tenis son capaces de optimizar la ingesta de líquidos a demanda, con relación a las necesidades homeostáticas desencadenadas durante el partido.

## Bibliografía

1. Registro Profesional de Tenis. Programa de formación para directores, coaches y profesionales de la enseñanza del tenis. Madrid: RPT; 2002.
2. Elliott B, Dawson B, Pyke F. The energetics of singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*. 1985;11:11-20.
3. Reilly T, Palmer J. Investigation of exercise intensity in male singles lawn tennis. En: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. *Science and Racket Sports II*. London: E & FN Spon; 1995. p. 10-3.
4. Smekal G, Von Duvillard S, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, et al. A physiological profile of tennis match play. *Medicine Science Sports Exercise*. 2001;33:999-1005.
5. Fernández J, Méndez-Villanueva A, Pluim BM. Intensity of tennis match play. *British Journal Sports Medicine*. 2006;40:387-91.
6. Pujol P. Rendimiento físico y la salud en la práctica del tenis. Sant Cugat, Barcelona: Centro de Alto Rendimiento; 1997.
7. Jetté M, Landry F, Tiemann B, Blümchen G. Ambulatory blood pressure and Holter monitoring during tennis play. *Canadian Journal Sports Science*. 1991;16:40-4.
8. Bergeron M, Maresh C, Kraemer W, Abraham A, Conroy B, Gabaree C. Tennis: A physiological profile during match play. *International Journal Sports Medicine*. 1991;12:474-9.

9. Ferrauti A, Bergeron M, Pluim B, Weber K. Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European Journal Applied Physiology*. 2001;85:27-33.
10. Torres G, Cabello D, Carrasco L. Functional differences between tennis and badminton in young sportsmen. En: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. *Science and Racket Sports III*. London: E & FN Spon; 2004. p 185-9.
11. Therminarias A, Dansou P, Chirpaz-Oddou M, Quirino A. Effects of age on heart rate response during a strenuous match of tennis. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*. 1990;30:389-96.
12. Bergeron M. Heat cramps during tennis: a case report. *International Journal of Sport Nutrition*. 1996;6:62-8.
13. Bergeron M, Maresh C, Armstrong L, Signorile J, Castellani J, Kenefick R, et al. Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment. *International Journal of Sport Nutrition*. 1995;5:180-93.
14. Therminarias A, Dansou P, Chirpaz M, Gharib C, Quirino A. Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match. Effect of ageing. *International Journal Sports Medicine*. 1991;12:10-6.
15. Therminarias A, Dansou P, Chirpaz M, Eterradosi J, Favre-Juvin A. Cramps, heat stroke and abnormal biological responses during a strenuous tennis match. En: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. *Science and Racket Sports II*. London: E & FN Spon; 1995. p. 28-31.
16. Bergeron M. Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal Science Medicine Sport*. 2003;6:19-27.
17. Bergeron MF, Waller JL, Marinik EL. Voluntary fluid intake and core temperature responses in adolescent tennis players: sports beverage versus water. *British Journal Sports Medicine*. 2006;40:406-10.
18. Magal M, Webster MJ, Sistrunk LE, Whitehead MT, Evans RK, Boyd JC. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Medicine Science Sports Exercise*. 2003;35:150-6.
19. Kovacs MS. Carbohydrate intake and tennis: are there benefits? *British Journal Sport Medicine*. 2006;40:e13.
20. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and cells in hydration. *Journal Applied Physiology*. 1974;37:247-8.
21. International Tennis Federation. *Rules of tennis*. London: ITF; 2000.
22. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2001.
23. Van Beaumont W, Undrekofler S, van Beaumont S. Erythrocyte volume, plasma volume and acid base changes in exercise and heat dehydration. *Journal Applied Physiology*. 1981;50:1255-62.
24. Nose H, Takamata A, Mack GN, Oda Y, Okuno T, Kang DH, et al. Water and electrolyte balance in the vascular space during graded exercise in humans. *Journal Applied Physiology*. 1991;70:2757-62.
25. Senay LC, Pivarnik M. Fluid shifts during exercise. *Exercise Sports Science Review*. 1985;13:335-87.
26. Mannix E, Palange P, Aronoff G, Manfredi F, Farber M. Atrial natriuretic peptide and the renin-aldosterone axis during exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1990;22:785-9.
27. Barr S, Costill D, Fink W. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline or no fluid. *Medicine Science Sports Exercise*. 1991;23:811-7.
28. Mitchell J, Grandjean P, Pizza F, Starling R, Holtz R. The effect of volume ingested on rehydration and gastric emptying following exercise-induced dehydration. *Medicine Science Sports Exercise*. 1994;26:1135-43.
29. Marins JC, Dantas EH, Zamora S. Deshidratación y ejercicio físico. *Selección*. 2000;9:149-63.
30. Houmard JA, Wheeler WS, McCammon MR, Holbert D, Israel RG, Barakat HA. Effects of fitness level and the regional distribution of fat on carbohydrate metabolism and plasma lipids in middle- to older-aged men. *Metabolism*. 1991;40:714-9.
31. Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Hellemans I, Kimber NE, Boswell DR, et al. A prospective study of exercise-associated hyponatremia in two ultradistance triathletes. *Clinical Journal Sport Medicine*. 2000;10:136-41.
32. Kavasis K. Fluid replacement needs of young tennis players. En: Reilly T, Hughes M, Lees A. *Science and Racket Sports II*. London: E & FN Spon; 1995. p. 28-31.
33. Carter JE, Gisolfi CV. Fluid replacement during and after exercise in the heat. *Medicine Science Sports Exercise*; 1989;21:532-9.
34. Taakamata A, Ito E, Yaegashi K, Takamiya H, Maegawa Y, Itoh T, et al. Effect of an exercise-heat acclimation program on body fluid regulatory responses to dehydration in older men. *American Journal Physiology*. 1999;277:1041-50.
35. Arbol F, Marcos F, Contreras C, Arranz MJ. Coma profundo secundario a hiponatremia severa por autointoxicación acuosa. *Emergencias*. 1998;10:1-2.
36. López A, Nicot G, Hernández M. Comportamiento del sodio y del potasio en líquidos corporales de corredores de larga distancia. *Congreso Internacional de Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas*. La Habana (Cuba); 1988.
37. Wade CE, Claybaugh JR. Plasma renin activity, vasopressin concentration and urinary excretory responses to exercise in men. *Journal Applied Physiology*. 1980;49:930-6.
38. Opstad PK, Oktedalen O, Aakvaag A, Fonnum F, Lund PK. Plasma renin activity and serum aldosterone during prolonged physical strain. The significance of sleep and energy deprivation. *European Journal Physiology*. 1985;54:1-6.