

Canvis en la concentració d'ions i en el volum plasmàtic després d'un partit de tennis individual femení

GEMA TORRES LUQUE^a i CARMEN VILLAYERDE GUTIÉRREZ^b

^aDepartamento de Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia. Espanya.

^bEscuela Ciencias de la Salud. Universidad de Granada. Granada. Espanya.

RESUM

Objectiu: Observar els possibles canvis a nivell bioquímic, després d'un partit de tennis individual femení.

Material i mètode: Es van seleccionar 10 jugadores de tennis (edat: $15,6 \pm 0,87$ anys; talla: $164 \pm 0,19$ cm; pes: $58,77 \pm 2,08$ kg). Abans de la competició es va fer una extracció de 15 ml de sang, i es va permetre ingerir 500 ml d'aigua. Durant el partit es va controlar la freqüència cardíaca i la ingesta d'aigua (ad libitum). Els partits van ser enregistrats en vídeo. Es va fer una nova extracció de sang una vegada finalitzat l'esforç. Les variables valorades van ser freqüència cardíaca (FC), temps total de joc, temps de treball i temps de descans, concentració plasmàtica d'electròlits (sodi, potassi i clor) i volum plasmàtic.

Resultats: Temps de joc de $99,6 \pm 18,5$ min., una FC mitjana durant el joc de $158,4 \pm 1,98$ bat/min-l. Després del partit es va observar increment del volum plasmàtic ($3,59 \pm 2,56\%$), pèrdua del pes corporal ($-1,31 \pm 0,27$), i un augment significatiu de la concentració plasmàtica de sodi ($136,98 \pm 1,71$ a $145,77 \pm 1,77$) i clor ($92,17 \pm 1,21$ a $100,12 \pm 1,31$) ($p \leq 0,001$) i un descens del potassi ($3,90 \pm 0,13$ a $3,13 \pm 0,19$) ($p \leq 0,01$).

Discussió: A causa de la distorsió del balanç hidroelectrolític es veu la necessitat de controlar la hidratació.

PARAULES CLAU: Tennis. Dones. Balanç electrolític. Competició.

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 ± 0.87 years, height: 164.55 ± 1.98 cm, weight: 58.77 ± 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 ± 18.5 min and mean HR during the match was 158.4 ± 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 ± 0.27) were observed, as well as a significant rise in plasma sodium (136.98 ± 1.71 to 145.77 ± 1.77) and chloride concentrations (92.17 ± 1.21 to 100.12 ± 1.31) compared with those registered before the match ($p \leq 0,001$). Plasma potassium concentration decreased slightly (3.90 ± 0.13 to 3.13 ± 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.

INTRODUCCIÓ

El tennis és un esport amb característiques diferenciades. La durada d'un partit varia en funció de la superfície de joc, malgrat que si es juga al millor de 3 sets, com són habitualment les competicions, la durada oscil·la entre 90-120 minuts¹. La relació entre temps de joc i temps de descans s'ha establert en un 30% de treball respecte d'un 70% de descans²⁻⁵. Alhora, el caràcter intermitent d'aquest esport fa que un tennista es vegi forçat a passar d'una freqüència cardíaca baixa a una altra alta bruscament i en molt pocs segons⁶. No obstant això, la intensitat mitjana del tennis individual s'ha situat^{4,7-10} entorn de 140-160 bat/min⁻¹. La qual cosa, en percentatge de la freqüència cardíaca (FC) màxima teòrica o real, segons l'estudi, és del 75 al 85%^{2,3,10,11}.

Malgrat que el tennis és una especialitat esportiva que en multitud d'ocasions es juga en un ambient calorós, no hi ha gaires estudis que mostrin els canvis electrolítics després d'un partit. Els jugadors de 17 anys i rànquing nacional, tenen una pèrdua de sodi per sudoració de 89,8 mmol/l⁻¹ de joc, que pot superar la mitjana diària d'ingesta de 87 a 174 mmol/l⁻¹¹². En un estudi amb 20 subjectes d'ambdós sexes durant 3 dies de torneig a 32 °C i 53% d'humitat relativa (HR), la pèrdua de sodi per suor va ser de 158,7 mmol/dia⁻¹ en homes i de 86,5 mmol/l⁻¹ en dones¹³. Therminarias et al¹⁴, en 9 tennistes femenines joves i 10 veteranes, van avaluar canvis a nivell sanguini d'electrolítics després de 120 minuts de partit amb una adversària del mateix nivell de joc. Els valors obtinguts de sodi en joves van ser de 139,5 ± 0,4 a 140,9 ± 1,1 mmol/l⁻¹; i en veteranes, de 141,6 ± 0,8 a 143,3 ± 1,1 mmol/l⁻¹. Quant al potassi, en el primer grup va ser de 4,4 ± 0,1 i 3,9 ± 0,1 mmol/l⁻¹; i en el segon, de 4,1 ± 0,1 a 4,4 ± 0,4 mmol/l⁻¹. Les dades no van ser significatives estadísticament ni intragrup ni intergrup. Els únics canvis significatius trobats en relació amb els paràmetres electrolítics es van observar en el fòsfor, en què no van existir canvis respecte del mateix grup abans i després del partit, però sí entre grups (1,1 ± 0,1 vs. 1,5 ± 0,1). La competició de tennis es du a terme normalment en un ambient calorós, on els canvis en la temperatura corporal, i la resposta als canvis electrolítics poden ser determinants^{13,15-17}.

Una pobra rehidratació pot afectar l'eficiència en els desplaçaments de 5-10 m tan comuns en una activitat com el tennis¹⁸. Igualment, el tennis afavoreix una rehidratació durant l'activitat en els temps de pausa, la qual pot ser líquida o sòlida. Aquests processos de rehidratació són d'una importància vital per mantenir l'estabilitat en els esforços de la competició¹⁹.

L'objectiu del nostre estudi ha estat valorar els possibles canvis iònics i en el volum plasmàtic després d'un partit de tennis individual en jugadores de tennis adolescents de gènere femení.

MATERIAL I MÈTODE

Subjectes

Hi han participat 10 jugadores de tennis de gènere femení, amb una edat mitjana de 15,6 ± 0,87 anys; una talla de 164 ± 0,19 cm; pes de 58,77 ± 2,08 kg i un percentatge de greix corporal (avaluat per mitjà de plecs cutanis) de 15,44 ± 1,08%. Tots els tutors van donar el seu consentiment per escrit perquè les jugadores participessin en aquest estudi.

Procediment

Totes les tennistes van jugar un partit de tennis oficial de categoria regional. El dia de la competició van ser citades a les 8,30 hores en condicions de dejuni previ de 8 hores, i se'ls va permetre d'ingerir un màxim de 500 ml d'aigua mineral (Lanjarón), i sense haver fet cap esforç físic en les 24 hores precedents. A partir d'aquest moment se'ls va fer una extracció de sang. Tot seguit les tennistes van prendre un iogurt natural (Danone) amb 8-10 grams de sucre comú. Cada jugadora va entrar a la pista de tennis amb una ampolla d'1,5 litres d'aigua mineral Lanjarón, marcada amb el seu nom, a fi de valorar el volum de la ingesta durant el partit, que van fer ad libitum. A totes les tennistes se'ls va controlar la freqüència cardíaca (FC) durant el partit, mitjançant un pulsòmetre Polar Accurex PlusTM, que va registrar i va emmagatzemar l'FC cada 5 segons. Per a cada partit es va utilitzar un pot de pilotes noves (3), marca Dunlop Ford. Es va fer un escalfament entre 10 i 15 minuts a la pista abans de començar el partit. Els partits es van jugar al millor de tres sets amb tie-break en tots, i van ser enregistrats per mitjà d'una càmera Sony Handycam per a l'anàlisi posterior. Tots els partits es van jugar a una temperatura ambient que va oscil·lar entre 19 i 22 °C, amb un grau d'humitat relativa entre el 40 i 50%.

Així doncs, la primera extracció de sang es va produir entre les 8,30 i 8,45 hores del matí, mentre que la segona extracció es va produir entre les 10.30 i 12.30 hores, amb un interval horari més ampli a causa de la durada dels partits. Aquestes extraccions es van obtenir per punció venosa a la regió antecubital, amb els subjectes en posició asseguda. Les mostres van ser traslladades al laboratori, on es va fer l'anàlisi hematològica de les mostres i l'obtenció d'alíquotes de plasma després del cen-

trifugat, que van ser emmagatzemades en tubs de polipropilè a -20 °C fins a l'anàlisi posterior.

En el tractament estadístic de les dades es va utilitzar el paquet estadístic SPSS per a Windows (versió 11.0). En totes les dades s'indica el valor de mitjana i la desviació típica (DT). S'ha considerat un interval de confiança del 95% per a un valor de p igual o menor de 0,05 ($p \leq 0,05$).

RESULTATS

Durada i intensitat del partit

El temps total de joc va ser de $99,66 \pm 18,5$ min.; amb un temps de joc real de $30,0 \pm 5,93$ min.; i un temps de descans de $69,66 \pm 9,6$ min. La freqüència cardíaca mitjana en els partits va ser de $158,4 \pm 1,98$ bat/min⁻¹, la qual cosa va representar $80,83 \pm 1,46\%$ de l'FC màxima del grup de jugadores.

Canvis en el volum plasmàtic

El volum plasmàtic va ser calculat a partir dels valors corresponents a l'hematòcrit (Hct) i a la concentració d'hemoglobina (Hb), segons el mètode de Dill i Costill²⁰. Cal indicar que en aquests càlculs es va assignar el valor 100 (100%) al volum sanguini. D'altra banda, es va controlar la ingesta d'aigua a demanda feta per les tennistes. En la taula I es mostren els valors mitjans d'ingesta hídrica durant la competició ($0,48 \pm 0,08$ litres), els canvis en el volum plasmàtic, tot observant el percentatge de canvi entre abans i després de l'activitat ($3,59 \pm 2,56\%$) i el canvi en percentatge del pes corporal entre abans i després del partit ($-1,31 \pm 0,27\%$).

Canvis en electròlits plasmàtics

En la taula II es mostren els valors plasmàtics mitjans, obtinguts abans i després de la competició de tennis per al sodi ($136,98 \pm 1,71$ respecte de $145,77 \pm 1,77$ mEq/l⁻¹), potassi ($3,90 \pm 0,13$ respecte de $3,13 \pm 0,19$ mEq/l⁻¹) i clor ($92,17 \pm 1,21$ respecte de $100,12 \pm 1,31$ mEq/l⁻¹). Els asteriscos indiquen la significació estadística en comparar ambdues situacions (* $p \leq 0,01$) (** $p \leq 0,001$).

DISCUSSIÓ

Durada i intensitat del partit

Els resultats en relació amb la durada dels partits corroboren el que ja han informat altres autors³⁻⁵, tot i que en catego-

Taula I

Valors mitjans i desviació típica (DT) de la ingesta líquida d'aigua, com també el canvi en el volum plasmàtic i pes corporal abans i després del partit

Variable (n = 10)	Mitja	DT
Ingesta líquida d'aigua (l)	0,48	0,08
Canvis en el pes corporal (%)	-1,31	0,27
Canvis en el volum plasmàtic	+ 3,59	2,56

Taula II

Nivells plasmàtics mitjans de sodi, potassi i clor abans i després de la competició de tennis

Variable (n = 10)	Abans		Després	
	Mitjana	DT	Mitjana	DT
Sodi (mEq/l ⁻¹)	136,98	1,71	145,77	1,77**
Potasi (mEq/l ⁻¹)	3,90	0,13	3,13	0,19*
Clor (mEq/l ⁻¹)	92,17	1,21	100,12	1,31**

* $p \leq 0,01$.

** $p \leq 0,001$.

DT: desviació típica.

ries diferents⁵. Així, la durada dels partits va ser entorn de 100 minuts de joc total, i amb una relació temps de joc/temps de descans d'1:3, és a dir aproximadament 30% respecte de 70% joc/descans, respectivament. El mateix reglament del tennis permet un temps de descans entre punts de 20 segons i un temps de 90 segons en els canvis de camp²¹.

Quant a la intensitat de l'esforç realitzat en els partits, en valorar les variacions observades en la freqüència cardíaca a causa del caràcter intermitent d'aquest esport, vam trobar una FC mitjana de les nostres tennistes de 158 bat/min⁻¹, que coincideix amb el que han referit altres autors^{4,14,15}, per bé que alguns estudis^{3,8,9} observen aquest valor mitjà una mica per sota, entre 130 - 145 bat/min⁻¹. Aquest valor representaria entorn del 80% de l'FC màxima, tot concordant també amb altres autors^{10,11}; una intensitat considerada predominantment aeròbica en subjectes de 15 a 17 anys²².

Canvis en el volum plasmàtic

Els canvis en el volum plasmàtic durant l'exercici físic moderat o intens vénen donats per un desplaçament de líquid des

de l'espai intravascular cap als compartiments intersticials i intracel·lulars de la musculatura activa²³. Hi ha diversos mecanismes responsables d'aquestes modificacions. En primer lloc, la magnitud dels canvis està influenciada per la pressió del fluid a nivell capil·lar²⁴. L'augment de la pressió arterial i l'efecte de la contracció muscular sobre les vènules afavoreixen l'augment de la pressió hidrostàtica en els capil·lars, i forcen la filtració del plasma cap a l'espai extravascular. En canvi, el descens de la pressió hidrostàtica capil·lar genera l'entrada de fluid cap a l'espai intravascular, la qual cosa es tradueix en un augment del volum plasmàtic. Per facilitar aquest procés, es produeix una redistribució sanguínia a partir dels circuits esplàncnic i renal²⁵.

Malgrat que es tracta d'un esforç de llarga durada, i que molts estudis que indiquen una disminució del VP en esforços de curta i/o llarga durada²⁶⁻²⁹, en el nostre estudi hem observat un lleu augment en el VP. Cal considerar que la ingesta d'aigua en aquesta investigació va ser lliure, amb una mitjana de $0,48 \pm 0,08$ l.

L'increment del VP ha estat constatat en diversos estudis; així, en esforços de llarga durada, si es fa una ingesta adequada de líquid, el VP tendeix a mantenir-se o fins i tot a augmentar, tot afavorint la realització de l'exercici, i evita en qualsevol cas una deshidratació produïda per la pèrdua de líquids³⁰⁻³¹. D'altra banda, és interessant destacar que els canvis de VP poden passar de valors negatius a positius pel fet que els esportistes estiguin aclimatats a les condicions ambientals³⁰. En el nostre cas, i en tractar-se de subjectes entrenats, es podria pensar en una possible adaptació termoreguladora.

En el tennis són molt escassos els estudis que valoren els canvis en el VP, malgrat que sembla que hi hagi consens respecte de la manca de variació, o increment del VP^{8,28,32}, a causa de les característiques del seu reglament, ja que els temps de descans entre jocs permeten una hidratació continuada¹⁹. Bergeron et al¹³ van observar una disminució lleu en el VP després d'una fase d'escalfament ($-0,7 \pm 5,3\%$); i que aquest anava pujant a mesura que s'anava jugant el partit, i passava d'un increment del $2,3 \pm 4,1\%$ en acabar el partit a $5,1 \pm 8,3\%$ cinc minuts després d'haver-lo acabat. En un esport com el tennis, en què es pot ingerir sòlid i/o líquid lliurement durant la competició en els temps de descans, fa pensar que aquest procés de rehidratació sigui adequat a les demandes^{17,19}.

Els nostres resultats amb relació al volum plasmàtic mostren (taula I) un increment de $3,59 \pm 2,56\%$. Com s'indica en l'apartat de material i mètode, la ingesta líquida d'aigua durant el partit va ser lliure i cada jugadora podia ingerir el volum que considerés oportú. La ingesta d'aigua va ser de $0,48 \pm 0,08$ litres, semblant en totes les tennistes (taula I), i malgrat que no

pot ser considerada una ingesta alta, cal tenir en compte que cada jugadora va ingerir 500 ml abans de començar el partit, i abans de cada extracció. Aquests resultats estan en la línia dels estudis que refereixen un increment del VP en esforços de llarga durada, si es fa una ingesta adequada de líquid, ja que el VP tendeix a mantenir-se o fins i tot a augmentar, la qual cosa facilita la realització de l'exercici, i evita en qualsevol cas una deshidratació produïda per la pèrdua de líquids^{30,31}. Observant aquests resultats en tennistes entrenades, es pot pensar en una possible adaptació termoreguladora.

Canvis en els electròlits plasmàtics

Els mecanismes fisiològics responsables d'equilibrar les pèrdues d'aigua i electròlits que es produeixen durant l'esforç físic a través de la respiració i la suor, fonamentalment, són l'estímul de la set i la disminució de la diüresi amb el control hormonal de la vasopresina³³. Alhora, l'augment del volum plasmàtic durant la rehidratació inhibeix l'alliberament de vasopresina i estimula la del peptid natriurètic atrial, els efectes del qual, a nivell renal, permeten ajustar el volum del líquid extracel·lular. En presència de nivells elevats de vasopresina, l'administració d'aigua sense sal pot causar hiponatrèmia per dilució³⁴. Es considera hiponatrèmia quan les xifres de sodi en plasma són inferiors a 135 mmol/l^{-1} . En absència de malaltia i/o tractament farmacològic que justifiqui aquestes xifres, cal pensar en una sobrecàrrega aquosa, semblant al que s'esdevé en casos de polidipsia psicògena³⁵. En conseqüència, un dels paràmetres homeostàtics que pot patir canvis importants durant l'exercici físic és l'osmolaritat plasmàtica, dependent bàsicament de la concentració de sodi i els seus anions. El sodi és l'ió més abundant al compartiment extracel·lular. La seva concentració oscil·la al voltant de 142 mEq/l^{-1} i l'osmolaritat plasmàtica entorn dels 300 mOsm/l^{-1} , i no solen variar més enllà del 2-3%. Aquests paràmetres han de ser controlats d'una manera precisa, ja que determinen la distribució de líquid entre els compartiments intracel·lular i extracel·lular. Com que el sodi i els anions que l'acompanyen representen a prop del 94% dels soluts del compartiment extracel·lular, l'osmolaritat plasmàtica sol calcular-se en la majoria dels laboratoris multiplicant la concentració plasmàtica de sodi per 2,1. La deshidratació i pèrdua d'electròlits és una constant durant l'activitat esportiva, que adquireix més rellevància en els esforços de llarga durada i quan la temperatura ambiental és elevada, i pot arribar a constituir un factor limitant de l'aptitud física i del rendiment esportiu.

Els nostres resultats mostren un increment significatiu ($p \leq 0,001$) en els nivells de sodi en acabar el partit respecte dels

nivells basals (de $136,98 \pm 1,71$ a $145,77 \pm 1,77$ mEq/l⁻¹), els quals mostren xifres compatibles amb una hemodilució. L'increment observat en els nivells de sodi en les nostres tennistes (6,8%) es correspon amb els increments observats per altres autors després d'exercici físic, quantificats entre el 3 i 5%³⁶. Malgrat l'escassetat de treballs en què s'analitzen esforços referents al tennis de competició, cal destacar la investigació desenvolupada per Therminarias et al¹⁴, els quals mostren un increment dels nivells plasmàtics de sodi tant en tennistes joves ($21,2 \pm 1,9$ anys) com en adults ($46,5 \pm 1,3$ anys). Per la seva banda, Bergeron et al^{12,13} registren pèrdues de sodi i potassi a través de la suor durant un partit de tennis. Malgrat no valorar els canvis en la concentració plasmàtica d'aquests ions, els autors indiquen que aquestes pèrdues no haurien de tenir una repercussió directa sobre el rendiment dels tennistes, sobretot quan n'estigui garantida l'aportació en la dieta. Per la seva banda, els nivells basals de potassi de les nostres tennistes també mostren nivells compatibles amb una hemodilució, i minven significativament ($p \leq 0,01$) després del partit (de $3,90 \pm 0,13$ a $3,13 \pm 0,19$ mEq/l⁻¹; taula II). Malgrat que en un principi es podria esperar un augment en els nivells de potassi com a conseqüència de l'exercici muscular intens i prolongat, com s'ha evidenciat en alguns estudis^{37,38}, en canvi els nostres resultats mostren un descens significatiu d'aquest ió, en la línia d'allò observat per Therminarias et al¹⁴, que van trobar un descens de potassi després de jugar un partit de tennis.

Els nostres resultats són compatibles amb un estat d'hiperhidratació previ al partit. L'explicació podria estar en la inges-

ta dels 500 ml d'aigua abans de la competició esportiva, com a recurs utilitzat per les jugadores per compensar les pèrdues per sudoració durant el partit. La hiperhidratació aconseguida d'aquesta manera podria ser responsable d'una hemodilució, amb la disminució consegüent de la concentració plasmàtica dels diversos ions observada abans del partit. La pèrdua de líquid per sudoració durant el joc induïx una relativa deshidratació, que podria explicar l'augment en la concentració de sodi i en l'osmolaritat, atès que en finalitzar el partit s'aconsegueixen valors fisiològics per a ambdós paràmetres i que la ingesta de líquid a demanda va mantenir un nivell acceptable d'hidratació com mostra el volum plasmàtic.

CONCLUSIÓ

Els nivells basals d'electròlits en plasma (sodi, clor i potassi) determinats abans de la competició van mostrar valors indicatius de sobrecàrrega aquosa, que van tornar cap a valors fisiològics en finalitzar el partit, malgrat l'esforç físic de llarga durada que representa un partit de tennis, aspecte que s'haurà de tenir en compte en el control de la competició en adolescents.

No es van observar canvis significatius en volum plasmàtic després de la competició, malgrat la complexitat dels processos d'hiperhidratació/deshidratació/rehidratació. Aquestes troballes suggereixen que les jugadores de tennis són capaces d'optimitzar la ingesta de líquids a demanda, amb relació a les necessitats homeostàtiques desencadenades durant el partit.

Bibliografia

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.