

Hidratació i exercici físic

JOSÉ M. ROSÉS^a I PERE PUJOL^b

^aInstitut de Biometria Aplicada (BIOMET). Assessor Científic de Recuperation Electrolitos. Barcelona.

^bCap del Servei de Nutrició i Dietètica. Centre d'Alt Rendiment. Sant Cugat del Vallès. Barcelona.

RESUM

L'aigua té propietats tèrmiques, ja que contribueix a mantenir la temperatura corporal constant, especialment durant la pràctica d'un exercici perllongat en un ambient calorós i humit. El sodi és el principal catió perdut amb la suor. Els autors revisen les causes de la pèrdua a causa de l'exercici: la deshidratació, la hipohidratació i la hiponatremia, com també les conseqüències, en primer lloc la disminució del rendiment esportiu i, en segon lloc, el deteriorament funcional de músculs i tendons. Es revisen les diverses modalitats i recomanacions per a una hidratació correcta: prèvia a l'exercici, durant l'exercici i la rehidratació després de l'exercici. S'analitzen els avantatges d'una rehidratació postexercici amb una beguda moderadament alta en sodi (0,15 g/100 ml) en comparació amb una beguda amb un baix contingut en sodi (0,07 g/100 ml), juntament amb ingesta del 150% de la pèrdua de pes per deshidratació.

PARAULES CLAU: Sodi. Deshidratació. Hipohidratació. Hiponatremia dilucional. Rehidratació amb una solució amb alt i baix contingut en sodi.

ABSTRACT

Water has thermal properties, since it helps to maintain body temperature constant, especially during prolonged physical exercise in a hot and humid environment. The main cation lost through sweat is sodium.

The authors review the causes of exercise-induced fluid loss (dehydration, hypohydration and hyponatremia) as well as its consequences (firstly, a reduction in sporting performance and secondly, muscle and tendon functional impairment). The distinct modalities and recommendations for adequate hydration before and during exercise, as well as for rehydration after exercise, are reviewed.

The advantages of postexercise rehydration with moderately high sodium-containing drinks (0.15 g/100 ml) in comparison with low sodium-containing drinks (0.07 g/100 ml), together with intake of 150% of the weight lost through dehydration, are discussed.

KEY WORDS: Sodium. Dehydration. Hypohydration. Dilutional hyponatremia. Rehydration through high and low sodium-containing sports drinks.

L'aigua participa en les reaccions cel·lulars com a medi de reacció, reactiu o producte. A més, participa en el transport de nutrients, gasos i productes de rebuig metabòlic. L'aigua té propietats tèrmiques: durant l'exercici, malgrat que la contracció muscular genera molta calor, la temperatura corporal augmenta poc. L'alta conductivitat tèrmica de l'aigua facilita un transport ràpid de calor cap a la pell i aconseguir refredar ràpidament el cos, evaporant la suor, eliminant vapor amb l'aire exhalat o directament per la pell a través de la perspiració insensible^{1,2}.

La calor metabòlica generada per l'exercici pot ser dissipada per mantenir la temperatura corporal en els estrets límits fisiològics. Quan la temperatura ambiental supera la temperatu-

ra de la pell, la pèrdua de calor només pot esdevenir-se per l'evaporació de la suor a la superfície de la pell. La producció significativa de suor també s'esdevindrà en ambient fred si la quantia de treball és alta. La taxa de suor que supera els 2 l × h⁻¹ pot mantenir-se durant diverses hores en persones entrenades i aclimatades per fer exercicis en ambient calorós i humit. La pèrdua de massa corporal en maratonians pot oscil·lar entre l'1% i el 6% (0,7-4,2 Kg de massa corporal en un home de 70 Kg) a baixa temperatura ambiental (10 °C), fins més del 8% (5,6 Kg) en ambient calorós³.

L'exercici continuat en un ambient calorós/humit disminueix la capacitat de perdre calor per radiació/convecció i evaporació, respectivament, tot ocasionant un augment de la tem-

peratura corporal i una sudoració més gran, i produint-se els fenòmens següents: *a)* disminució de l'execució (rendiment) de l'exercici; *b)* augment de la temperatura corporal (hipertèrmia), que produeix una alteració del sistema nerviós central (SNC) amb la disminució consegüent de la capacitat d'execució motora de l'exercici; *c)* disminució del flux sanguini muscular i un augment del flux sanguini cutani; *d)* augment del consum de glucogen muscular; *e)* augment de la producció d'àcid làctic (acidosi), i *f)* fatiga muscular^{2,4}.

L'aclimatació a la calor (exercici regular en un medi calorós) produeix una sèrie de canvis encaminats a minimitzar les alteracions en l'homeòstasi a causa de l'estrès per la calor. L'aclimatació a la calor porta com a conseqüència les adaptacions següents: un augment del volum plasmàtic (10-12%); un inici més ràpid de la sudoració, com també un augment de la capacitat de sudoració; una disminució de la pèrdua de sal (clorur sòdic) per la suor; un augment del flux sanguini muscular, juntament amb una disminució del flux sanguini cutani, i, per últim, un augment de la producció de les "proteïnes d'estrès" que són sintetitzades en resposta a l'estrès cel·lular (calor, acidosi, etc.). Aquestes proteïnes protegeixen la cèl·lula de l'agressió tèrmica, intervenen en el desenvolupament de la termotolerància i en la protecció cel·lular davant de les càrregues de calor a causa de l'exercici prolongat⁵. L'aclimatació completa a la calor s'aconsegueix en una o dues setmanes, mentre que la pèrdua de l'aclimatació és ràpida després de pocs dies d'inactivitat (manca d'exposició a la calor): comença a declinar al cap d'una setmana i és completa a les 4 setmanes.

L'intercanvi lliure d'aigua entre els compartiments de líquid corporal assegura que el contingut d'aigua de la suor deriva de tots els compartiments. La distribució està influenciada per la taxa de suor, la composició de la suor i la pèrdua d'aigua total i d'electròlits. Costill et al⁶ van provocar deshidratació en subjectes en etapes successives mitjançant exercicis amb bicicleta i exposició a la calor. Amb nivells baixos de pèrdua d'aigua corporal (3%), la pèrdua d'aigua provenia en gran manera de l'espai extracel·lular; a mesura que s'incrementava la pèrdua d'aigua, un gran percentatge de la pèrdua provenia de l'espai intracel·lular. En el llarg temps transcorregut per aconseguir els graus més alts de pèrdua de suor, provindrà d'alguna redistribució de l'aigua corporal. El sodi és el principal catió perdut amb la suor, amb unes pèrdues típiques entre $40-60 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$, en comparació amb la pèrdua entre $4-8 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ de potassi. Atesa la pèrdua de sodi més elevada i la distribució d'aquests cations entre els compartiments d'aigua corporal, és probable que la pèrdua principal d'aigua provingui de l'espai extracel·lular.

CAUSES I CONSEQÜÈNCIES DE LA PÈRDUA DE LÍQUID CAUSADA PER L'EXERCICI

En la pèrdua de líquid causada per l'exercici, poden donar-se 3 situacions. En primer lloc, la deshidratació apareix quan la pèrdua de líquid a conseqüència de l'exercici excedeix la ingesta de líquid. En segon lloc, la hipohidratació es produeix quan manca hidratació abans de l'inici d'una competició a causa d'una restricció de la ingesta de líquid, pràctica d'un exercici de preescalfament, ús de diürètics o exposició a sauna. Per últim, la hiponatrèmia es manifesta com a resultat de la pràctica d'un exercici perllongat amb sudoració abundant i una ingesta excessiva de líquid, superior a la pèrdua per la suor i l'orina, o per la ingesta de líquids amb baix contingut de sodi⁷⁻⁹.

Les conseqüències de la pèrdua de líquid són bàsicament dues. D'una banda, hi ha una disminució del rendiment esportiu. En primer lloc, està condicionat per l'afectació cardiovascular, a causa de l'augment del treball cardíac. En segon lloc, pel deteriorament funcional de músculs i tendons, pel fet que l'augment de la temperatura muscular altera l'estructura normal de les proteïnes contràctils i de la col·làgena, amb risc de lesions musculotendinoses. D'una altra banda, tenim els riscos de la deshidratació. Així, la pèrdua del 3% del pes corporal causa contractures i rampes musculars i un augment del risc de lipotímia (temperatura corporal, 38 °C); la pèrdua del 5% del pes corporal ocasiona un major risc de lesions musculotendinoses (temperatura corporal, 39 °C); la pèrdua del 8% del pes corporal provoca la contracció sostinguda del múscul sense possibilitat de relaxació (temperatura corporal > 39,5 °C); i finalment, la pèrdua del 10% del pes corporal comporta un risc vital^{2,9,10}.

COMPOSICIÓ I VOLUM DE L'AIGUA DE LA BEGUDA

L'aigua corrent no és la beguda ideal per a la rehidratació postexercici quan el que cal és el restabliment ràpid i complet del balanç de líquid i tot el consum és en forma líquida. Costill i Sparks¹¹ van demostrar que la ingesta d'aigua corrent –després de la deshidratació induïda per l'exercici– del 4% de la massa corporal va provocar una gran disminució de l'osmolaritat plasmàtica seguida d'una abundant diüresi: l'elevada pèrdua d'aigua urinària va resultar un fracàs per aconseguir un balanç de líquid positiu al final de la quarta hora de l'estudi. Tanmateix, quan es va ingerir una solució amb contingut d'electròlits ($106 \text{ g} \times \text{l}^{-1}$ de carbohidrats, $22 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ de Na^+ , $2,6 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ de K^+ , $17,2 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ de Cl^-), la diüresi va ser menor i el balanç net d'aigua es va situar molt pròxim al nivell preexercici.

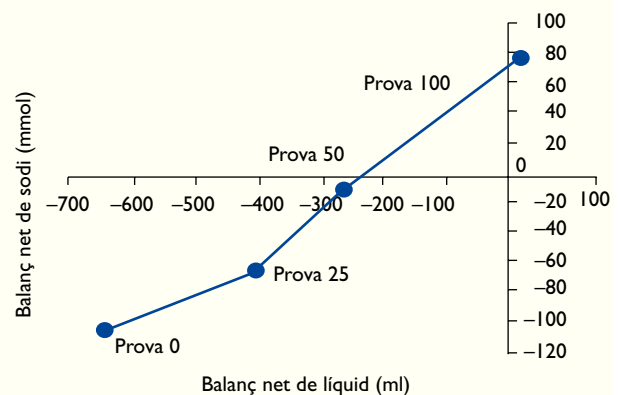
Els primers estudis per investigar els mecanismes de la rehidratació postexercici van mostrar que la ingesta de grans volums d'aigua corrent després de la deshidratació induïda per l'exercici té com a conseqüència una ràpida caiguda de l'osmolaritat plasmàtica i de la concentració de sodi, tot produint una diüresi immediata i acusada. En aquests estudis, els subjectes van fer exercici de baixa intensitat en ambient calorós durant 90-110 min, tot ocasionant un nivell mitjà de deshidratació equivalent al 2,3% de la massa corporal preexercici, i descansant a continuació durant 1 h abans de començar a beure. El volum plasmàtic no es va restablir fins passats 60 min, en què es va ingerir aigua corrent juntament amb càpsules de placebo (sacarosa). En canvi, quan es van ingerir càpsules de clorur sòdic amb aigua per aconseguir una solució salina amb una concentració efectiva del 0,45% ($77 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$), la restauració del volum plasmàtic va ser completa en menys de 20 min. En l'assaig del NaCl, el consum de líquid *ad libitum* va ser més alt i la producció d'orina va ser menor, tot perdent-se el 29% del consum d'aigua com a orina durant les 3 h següents, respecte del 49% en l'assaig amb aigua corrent. El retard de la rehidratació en l'assaig amb aigua corrent va ser per una pèrdua d'aigua en forma d'orina causada per un retorn ràpid als valors de control de l'activitat de la renina plasmàtica i de l'aldosterona¹²⁻¹⁵.

L'addició de sodi a les begudes per a rehidratació pot, doncs, justificar-se de dues maneres¹². La primera és que el sodi estimula l'absorció de glucosa a l'intestí prim: l'absorció d'aigua des de la llum intestinal és purament un procés passiu que està determinat sobretot per gradients osmòtics locals. El co-transport actiu de glucosa i sodi crea un gradient osmòtic que actua per fomentar l'absorció neta d'aigua, i la proporció de rehidratació és, per tant, més gran quan es consumeixen les solucions de glucosa amb clorur sòdic que no pas quan s'ingereix aigua corrent. La segona és que el reemplaçament de pèrdues per la suor amb aigua corrent condueix, si el volum ingerit és prou gran, a l'hemo dilució: el descens de l'osmolaritat plasmàtica i de la concentració de sodi que s'esdevé en aquesta situació reduirà l'impuls de beure i estimularà la producció d'orina i comportarà conseqüències potencialment més serioses, com ara la hiponatrèmia.

S'ha proposat que les begudes utilitzades per a la rehidratació postexercici haurien de tenir una concentració de sodi semblant a la de la suor. Amb tot, el contingut dels electròlits de la suor mostra una variació considerable entre persones i en el temps; sembla impossible prescriure una única formulació per a cada persona o per a cada situació. En una investigació sistemàtica de la relació entre les pèrdues de sodi per la suor de

Figura 1

Balanç net de sodi respecte del balanç net de líquids 6 h després de la fi del període de rehidratació. Les begudes amb un volum equivalent al 150% de la pèrdua per la suor, contenint 0, 25, 50 i 100 $\text{mmol} \times \text{l}^{-1}$ de sodi (proves 0, 25, 50 i 100, respectivament) es van consumir després de l'exercici. Sis hores després de la rehidratació, el balanç de líquids es manté només quan la ingesta de sodi ha estat més gran que la pèrdua de sodi per la suor.



tot el cos i l'efectivitat de les begudes amb concentracions diferents de sodi en el restabliment del balanç de líquids, Shirreffs et al¹⁶ van demostrar que, sempre que es consumeixi un volum suficient de líquid, l'euhidratació s'aconsegueix quan la ingesta de sodi és més gran que la pèrdua de sodi per la suor (fig. 1).

El sodi és l'ió més gran del líquid extracel·lular, però el potassi és l'ió més gran del líquid intracel·lular. Per tant, el potassi pot ser important per aconseguir la rehidratació ajudant a retenir l'aigua en l'espai intracel·lular. Maughan et al¹² van provocar una deshidratació en homes d'aproximadament un 2% de la massa corporal sotmetent-los a un exercici en ambient calorós seguit d'una ingesta d'una beguda amb glucosa ($90 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$), una beguda amb sodi ($60 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1} \text{ NaCl}$), una beguda amb potassi ($25 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1} \text{ KCl}$) o una beguda amb els tres components. Totes les begudes es van consumir en un volum equivalent a la pèrdua de massa, però es va excretar un volum d'orina més petit després de la rehidratació quan es van ingerir cadascuna de les begudes que contenien electròlits (entre 250-300 ml) comparades amb la beguda sense electròlits (una mitjana de volum de 577 ml). Es va observar una disminució del volum plasmàtic estimat d'un 4,4% amb la deshidratació en tots els assajos, però es va endarrerir la taxa de re-

cuperació quan la beguda es va consumir amb KCl. Es van trobar diferències en la quantitat total d'electròlits reemplaçats, i també diferències en el tipus d'electròlits presents en les begudes. No obstant això, no es van trobar diferències en la fracció del líquid ingerit retingut 6 h després de beure les solucions que contenien electròlits. Això es podria atribuir al fet que el volum de beguda consumit va ser equivalent al volum perdut per la suor; a causa de les pèrdues continuades d'orina, els subjectes van estar deshidratats durant tot l'estudi, fins i tot immediatament després del període d'ingesta de beguda. Els volums d'orina excretada es van mantenir pròxims als valors basals i les ulteriors reduccions significatives de l'excreció d'orina no van poder produir-se en ingerir-se sodi i potassi. Per tant, el potassi sembla important en l'augment de la rehidratació, tot afavorint la rehidratació intracel·lular.

Les pèrdues d'orina obligatòria persisteixen encara en situació de deshidratació a causa de la necessitat d'eliminar els productes de rebuig metabòlics. Per tant, el volum de líquid consumit després de la sudoració secundària a l'exercici o a la pèrdua per la calor ha de ser més gran que el volum perdut per la suor si es du a terme una rehidratació eficaç. Això contradueix les recomanacions que els atletes haurien d'igualar el consum de líquid exactament a la quantia de la pèrdua de massa corporal. Shirreffs et al¹⁵ van investigar la influència del volum de líquid ingerit en l'eficàcia de la rehidratació secundària a la deshidratació induïda per l'exercici equivalent aproximadament al 2% de la massa corporal. Després de l'exercici es van consumir els volums de beguda equivalents al 50, 100, 150 i 200% de la pèrdua per la sudoració. Per investigar la possible interacció entre el volum de beguda consumit i el seu contingut de sodi, es va comparar una beguda amb un contingut en sodi relativament baix ($23 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ equivalents a 529 mg) i una amb un contingut moderadament alt en sodi ($61 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ equivalents a 1.403 mg).

Amb ambdues begudes, el volum d'orina produït tenia relació amb el volum de beguda consumit; els volums més petits es van produir quan es va reposar el 50% de les pèrdues i els més grans quan es va reposar el 200% de les pèrdues. Els subjectes no van poder tornar a la situació d'euhidratació quan van ingerir un volum equivalent o menor a la pèrdua per la suor, independentment de la composició de la beguda. Quan van ingerir un volum de beguda igual al 150% de la pèrdua per la suor, els subjectes estaven lleument hipohidratats 6 h després de beure si la beguda tenia una concentració de sodi baixa, i estaven en una condició semblant en beure la mateixa beguda amb un volum doble al de la seva pèrdua per la suor. Amb la beguda alta en sodi es va retenir suficient líquid com per man-

tenir els subjectes en un estat d'hiperhidratació 6 h després de la ingesta de beguda en consumir el 150% o el 200% de la seva pèrdua per la suor (fig. 2). L'excés hauria estat eventualment perdut per la producció d'orina o per la successiva pèrdua de suor si la persona reprenia l'exercici o es movia en un ambient calent. Els canvis de volum plasmàtic calculats van indicar una disminució d'aproximadament un 5,3% amb la deshidratació. Al final del període de l'estudi, el patró general va posar en relleu que l'augment del volum plasmàtic va estar directament relacionat amb el volum de líquid consumit. L'increment va tendir a ser més gran per a aquelles persones que van ingerir la beguda amb alta concentració de sodi.

En un estudi recent, Pujol et al¹⁷ van comparar l'eficàcia (osmolaritat plasmàtica) de la rehidratació d'una beguda amb un contingut moderadament alt de sodi ($0,15 \text{ g}/100 \text{ ml}$) i una solució amb un baix contingut de sodi ($0,07 \text{ g}/100 \text{ ml}$). Tots els voluntaris van ingerir un 150% de la pèrdua de pes post-exercici. Amb la beguda amb un contingut relativament alt de sodi, la rehidratació va ser més ràpida que amb la beguda amb un contingut baix de sodi (fig. 3a i b). Així doncs, els resultats d'aquest i d'altres estudis indiquen que es pot aconseguir la rehidratació després de l'exercici només si les pèrdues d'electròlits per la suor i l'aigua són reposades amb la concentració de sodi i aigua adequats. Les begudes que contenen aproximadament $50 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ de sodi s'han mostrat més efectives que les concentracions de sodi de la majoria de les begudes per a esportistes, que oscil·len entre $10\text{-}25 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$, i en alguns casos encara menys. Així, les begudes amb concentracions baixes de sodi són ineficaces per rehidratar i, a més, també fan minvar l'estímul de beure.

L'addició d'una font energètica no és necessària per a la rehidratació, malgrat que una petita quantitat de carbohidrats pot millorar l'absorció intestinal de sodi i aigua i, a més, millorar el gust de la beguda. Tanmateix, és convenient l'addició de carbohidrats en exercicis intensos i de llarga durada, perquè normalitza la hipoglucèmia, endarrereix la fatiga i accelera la recuperació del glucogen perdut. Solen afegir-se carbohidrats en forma de glucosa, fructosa, associació de glucosa i fructosa, sacarosa, entre altres^{2,18,20}. Així, en l'estudi de Pujol et al¹⁷, la solució amb una concentració moderadament alta de sodi, juntament amb l'afegit dels monosacàrids glucosa i fructosa, va assolir un restabliment més ràpid i marcat postexercici del Pi/total, PCr/beta-ATP i Pi/PCr, en comparació amb la beguda amb baixa concentració de sodi ($0,07 \text{ g}/100 \text{ ml}$), mesurat mitjançant l'espectroscòpia per ressonància magnètica nuclear (³¹P-NMR) (taula I). Probablement, la ràpida rehidratació post-exercici va contribuir-hi.

Figura 2

Balanç net de líquids respecte de temps. El volum de beguda consumit va ser la meitat (50%), igual (100%), una vegada i mitja (150%) i el doble (200%) de la pèrdua per la suor. El balanç net de líquid zero correspon a l'estat d'euhidratació. La hipohidratació lleu es va presentar 6 hores després de la rehidratació quan es va consumir un gran volum de beguda amb baix contingut en sodi ($23 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$), però amb el mateix volum la hiperhidratació es va aconseguir amb la beguda amb alt contingut en sodi ($61 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$).

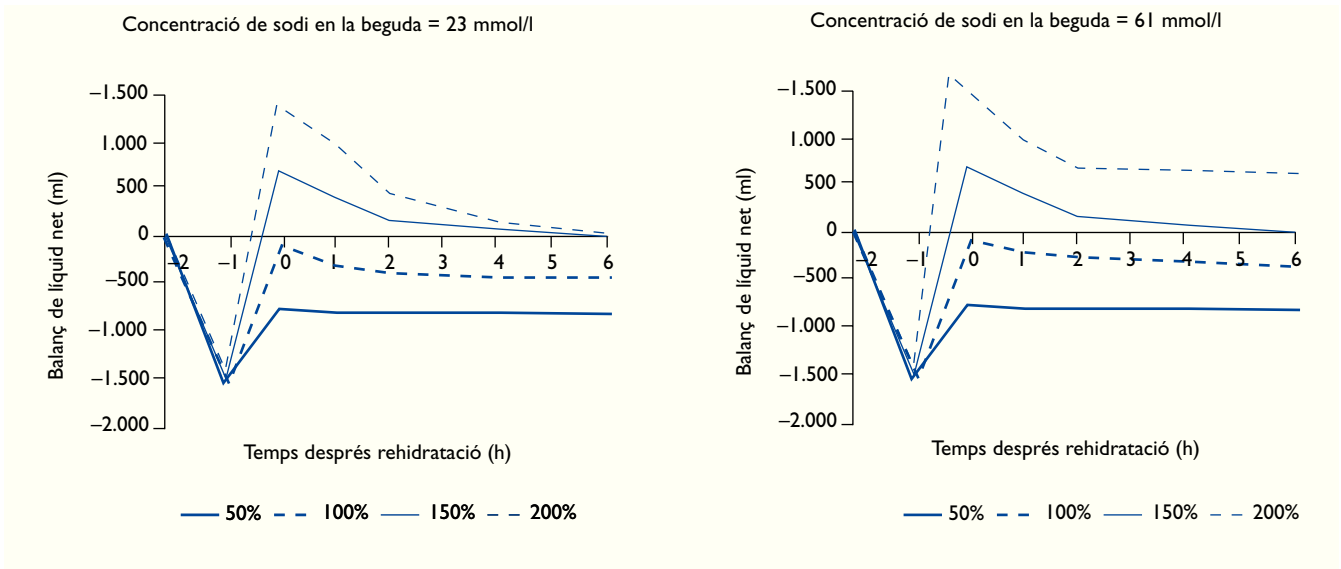
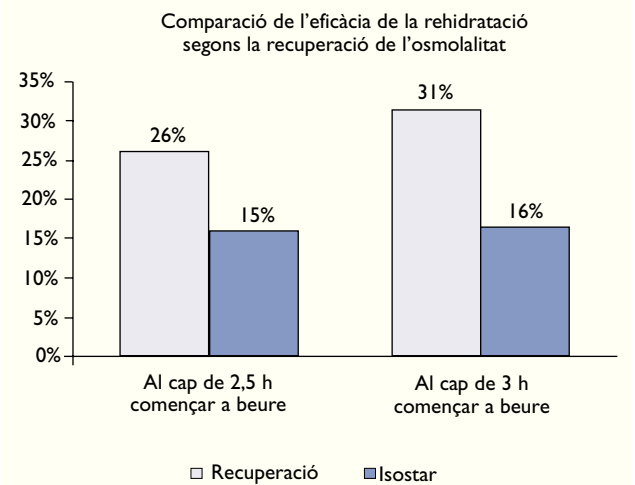
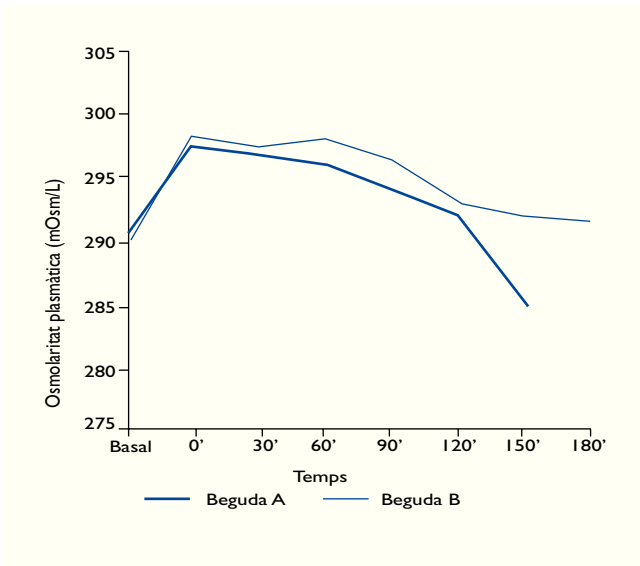


Figura 3a i b



Per últim, recerques recents demostren que l'exercici induïx, en el múscul que treballa, a produir i alliberar interleucina (IL)-6. Aquesta citocina té efectes metabòlics importants i la seva producció està íntimament regulada pel glucogen muscular i les concentracions de glucosa en la sang. La suplemen-

tació de carbohidrats a l'aigua de beguda disminueix la concentració sistèmica d'IL-6. Una conseqüència biològica de la càrrega de carbohidrats durant l'exercici pot ser la inhibició de la lipòlisi, malgrat que se'n desconeix el significat clínic. A més, la IL-6 és el inductor més gran d'alliberament de cortisol,

Taula I

	Temps	Diferència	p
Pi/total	Basal-final	0,013	0,007
	Final 2 h	0,016	0,001
	Final-6 h	0,010	0,034
Pi/beta- ATP	Basal-final	0,082	0,045
	Final-2 h	0,118	0,003
Pi/Pcr	Basal-final	0,032	0,015
	Final-2 h	0,040	0,002

el qual, alhora, produeix una immunosupressió. Així, la conseqüència de la inhibició i/o l'alliberament d'IL-6 és que s'incrementa el cortisol plasmàtic i, per tant, els canvis immunològics en resposta a l'exercici es minimitzen. A més, l'exercici provoca una acumulació de limfòcits en la sang, la qual cosa va seguit d'una disminució del nombre d'aquests, com també d'una alteració de la funció limfocitària. S'ha demostrat que la càrrega de carbohidrats durant l'exercici atenua els efectes de l'exercici sobre els limfòcits i, consegüentment, sobre la funció immunitària²¹⁻²⁴.

LA HIDRATACIÓ ABANS, DURANT I DESPRÉS DE L'EXERCICI²⁵⁻²⁹

En la hidratació prèvia a l'inici de l'exercici, l'objectiu és aconseguir que els esportistes estiguin ben hidratats abans del començament de l'entrenament o de la prova de competició, ja que l'euhidratació assegura una funcionalitat i un rendiment muscular correctes. L'indicador més fiable d'una correcta hidratació és l'osmolaritat plasmàtica, que s'ha de situar entre 280 i 300 mOsm \times l⁻¹^{30,31}. Però en la pràctica s'empra la variació del pes corporal (taula II).

Entre els consells per a una hidratació preexercici correcta hi ha la recomanació de la ingesta de 400 a 600 ml de líquid 2-3 h abans de l'exercici, per facilitar als mecanismes renals el temps suficient per regular el volum total del líquid corporal i l'osmolaritat a valors òptims preexercici i ajudar a endarrerir o evitar els efectes perjudicials de la deshidratació durant l'exercici.

En la hidratació durant l'exercici, l'objectiu és aconseguir que els esportistes ingereixin prou quantitat de líquid per mantenir el balanç hidroelectrolític positiu, ja que fins i tot la deshidratació parcial pot comprometre el treball muscular, tot repercutint negativament en el rendiment esportiu.

Taula II

Estat d'hidratació basat en els canvis del pes corporal

Estat de hidratació	Canvi en el peso corporal (%)
Ben hidratat	+1 a -1%
Deshidratació mínima	-1 a -3%
Deshidratació significativa	-3 a -5%
Deshidratació greu	> 5%

Quant als consells per a la hidratació durant l'exercici, cal tenir en compte que a partir dels 30 min de l'inici de l'exercici, comença a fer falta de compensar la pèrdua d'aigua; i a partir de l'hora ja és imprescindible. Cal tenir present que les ingestes de volums molt petits es buiden amb lentitud, tot i que volums excessius produeixen una molesta distensió gàstrica i enlenteixen fins i tot més el buidatge.

Es recomana la ingesta de 150-350 ml de líquid a intervals de 15-20 min, començant des de l'inici de l'exercici, amb una concentració de sodi entre 20-30 mmol \times l⁻¹ per prevenir la hiponatremia. En exercicis intensos i de llarga durada, és convenient l'addició de carbohidrats per mantenir l'oxidació dels sucres, normalitzar la hipoglucèmia, retardar l'aparició de la fatiga i accelerar la recuperació del glucogen perdut. Quant a la ingesta de líquids, cal tenir present que una beguda massa freda, per bé que vingui més de gust, enlenteix l'absorció, i en determinades condicions pot produir un petit xoc tèrmic ("tall de digestió"), que pot arribar a produir petits esvaniments o lipotímies. D'altra banda, una beguda massa calenta no és agradable i també enlenteix l'absorció. Per tant, es recomana ingerir una beguda "fresca", és a dir, entre 10 i 15 °C.

Per últim, cal recordar que en la rehidratació després de l'exercici, l'objectiu fonamental és el restabliment immediat de la funció fisiològica muscular, especialment si s'inicia després d'una nova tongada d'exercicis. La rehidratació postexercici consisteix a corregir qualsevol pèrdua de líquid acumulada durant el transcurs de l'exercici. L'ideal és completar la rehidratació durant les 2 primeres hores després d'haver finalitzat un exercici.

Per a una rehidratació postexercici correcta i ràpida es recomana d'ingerir almenys un 150% de la pèrdua de pes per omplir la pèrdua de líquid per la suor més les pèrdues obligatòries d'orina, amb una concentració de sodi entre 50 i 60 mmol \times l⁻¹, per mantenir l'osmolaritat plasmàtica i el desig de beure^{10,16,32-34}.

Els carbohidrats s'han de consumir tan aviat com sigui possible després de l'exercici, ja que el múscul té una alta afinitat per a la captació de glucosa immediatament després de l'exercici, i la resíntesi més gran del glucogen muscular es produeix durant les 2 primeres hores immediatament després d'haver-se finalitzat l'exercici.

El restabliment ràpid dels dipòsits de glucogen muscular es du a terme a costa de la glucosa, molt més ràpida que la fructosa, mentre que aquesta produeix una resíntesi de glucogen hepàtic més ràpida que la glucosa. Es recomana la ingesta de 0,7 g/Kg de pes de carbohidrats cada 2 h durant les primeres 4 a 6 h després de l'exercici, per potenciar al màxim la resíntesi de glucogen.

Bibliografia

1. Willmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise*. Illinois: Human Kinetics Pub; 1999.
2. Barbany JR. *Alimentación para el deporte y la salud*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca; 2002.
3. Maughan RJ, Shirreffs SM. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. En: Harries M, Williams C, Stanish WD, editors. *Oxford Textbook of Sports Medicine*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 1998.
4. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
5. Locke M, Nobre EG. *Exercise and Stress Response. The Role of Stress Proteins*. Boca Raton: CRC Press; 2002.
6. Costill DL, Cote R, Fink W. Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol*. 1976;40:6-11.
7. Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner D, Plummer P. National Athletic Trainers Association position statement: Exertional heat illnesses. *J Athl Training*. 2002;37:329-43.
8. Bar SI. Effects of dehydration on exercise performance. *Can J Appl Physiol*. 1999;24:164-72.
9. González Alonso J, Mora Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol*. 1995;79:1487-96.
10. Maughan RJ, Gleeson M. *The Biochemical Basis of Sports Performance*. Oxford: Oxford University Press; 2004.
11. Costill DL, Sparks KE. Rapid fluid replacement after thermal dehydration. *J Appl Physiol*. 1973;34:299-303.
12. Maughan RJ, Owen JH, Shirreffs SM, Leiper JB. Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *Eur J Appl Physiol*. 1994;69:209-15.
13. Maughan RJ, Leiper JB. Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;71:311-9.
14. Maughan RJ, Shirreffs SM. Recovery from prolonged exercise: restoration of water and electrolyte balance. *J Sports Sci*. 1997;15:297-303.
15. Shirreffs SM, Maughan RJ. Volumen repletion following exercise-induced volume depletion in man: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol*. 1998;274:F868-75.
16. Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, Maughan RJ. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:1260-71.
17. Pujol P, Rosés JM, Drobnic F, Aliste L, González C, Moreno A. Rehydration following exercise: effects of administration of two beverages, one with relatively low sodium content versus one with moderately high sodium content. A randomized controlled crossover study. 2004. Presentado en el 3r Congrés de la Societat Catalana de Medicina de l'Esport. Andorra, octubre 2004 (pendent de publicació).
18. Bahrke MS, Yesalis CE, editors. *Performance-Enhancing Substances in Sport and Exercise*. Illinois: Human Kinetics; 2002.
19. Bucci LR. *Nutrients as Ergogenic Aids for Sports and Exercise*. Boca Raton: CRC Press; 1993.
20. Clark N. *Nutrición para deportistas*. Madrid: Desnivel Ediciones; 2002.
21. Nieman DC, Pedersen BK. Exercise and immune function: recent development. *Spots Med*. 1999;27:73-80.

22. Nieman DC, Henson DA, Garner EB, Butterworth DE, Warren BJ, Utter A, et al. Carbohydrate affects natural killer cell redistribution but not activity after running. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:1318-24.
23. Pedersen BK. Exercise, Cytokines, and Lymphocytes. En: Hughes DA, Darlington LG, Bendich A, editors. *Diet and Human Immune Function.* Totowa: Humana Press; 2004.
24. Gleeson M, Bishop NC. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: modification of immune responses to exercise by carbohydrate, glutamine and anti-oxidant supplements. *Immunol Cell Biol.* 2000;78:554-61.
25. American Dietetic Association. Nutrition and athletic performance. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine. *J Am Diet Assoc.* 2000;100:1543-56.
26. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC, et al. American College of Sports Medicine. Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:i-vii.
27. Latzka WA, Montain SJ. Water and electrolyte requirements for exercise. *Clin Sports Med.* 1999;18:513-24.
28. Noakes T, Martin DE. IMMDA-AIMS Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *New Studies in Athletics.* 2002;17:15-24.
29. Shirreffs SM. Restoration of fluid and electrolyte balance after exercise. *Can J Appl Physiol.* 2001;26 Suppl:S228-35.
30. Nose H, Mack GW, Shi X, Nadel ER. Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J Appl Physiol.* 1988;65:325-31.
31. Popowski LA, Oppliger RA, Lambert GP, Johnson RF, Johnson AK, Gisolfi CV. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:747-53.
32. Wong SH, Williams C, Adams N. Effects of ingesting a large volume of carbohydrate-electrolyte solution on rehydration during recovery and subsequent exercise capacity. *Int J Sports Nutr Exerc Metab.* 2000;10:375-93.
33. Montain SJ, Sawka MN, Wenger B. Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis. *Exerc Sports Sci Rev.* 2001;29:113-7.
34. Shirreffs SM, Maughan RJ. Rehydration and recovery of fluid balance after exercise. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000;28:27-32.