

IL RIEQUILIBRIO IDRICO-SALINO NELLO SPORT

**Fulvio Marzatico, Gianni Benzi, Istituto di Farmacologia, Università di Pavia
Centro Studi e Ricerche FIDAL, Roma**

Nella pratica sportiva, il problema della disidratazione e della conseguente reintegrazione idrico-salina è diventato recentemente uno degli argomenti principali di discussione fra gli addetti ai lavori non solo a causa degli incidenti accaduti a vari atleti durante alcune gare di fondo in occasione di importanti avvenimenti sportivi (Olimpiadi 1984, Mondiali di Atletica Leggera 1987), ma anche per le implicazioni commerciali che derivano dall'utilizzo ormai diffusissimo di quelle che vengono chiamate comunemente «sport drinks». Tuttavia, tale argomento viene ancora affrontato con superficialità; per questo vogliamo contribuire ulteriormente in modo semplice e chiaro alla discussione di alcuni problemi riguardanti sia i liquidi e gli elettroliti corporei, sia la termoregolazione. Va subito puntualizzato che l'acqua e gli elettroliti dell'organismo formano un'unità funzionale e, quindi, variazione dell'una comporta anche variazione degli altri.

1. L'equilibrio idrico-salino corporeo

L'acqua presente nell'organismo umano varia in rapporto all'età, al sesso ed al peso corporeo. Eccezion fatta per l'adiposità spongiosa, la concentrazione

d'acqua è minore nelle donne e negli uomini grassi; infatti, nel tessuto adiposo è contenuta una bassa quantità di acqua, mentre la percentuale contenuta nei muscoli è superiore al 75%.

L'acqua nel corpo umano è distribuita in modo ineguale fra i diversi compartimenti organismici; la maggior quantità si trova confinata nel compartimento intracellulare costituendo il 40% del peso corporeo, mentre la restante quantità (cioè il 20% del peso corporeo) è confinata nello spazio extracellulare. Il liquido extracellulare è composto essenzialmente dal plasma sanguigno, dal liquido interstiziale e dalla linfa.

L'organismo, attraverso un continuo equilibrio dinamico, cerca di mantenere costante la quantità di liquidi presenti nelle cellule e negli spazi interstiziali; questo equilibrio comporta il ripristino di circa 2,5 L di liquidi ogni 24 ore. Questo ricambio avviene attraverso: (a) l'assunzione di bevande (circa il 50%); (b) la componente idrica degli alimenti solidi; (c) l'acqua che può essere prodotta attraverso l'ossidazione dei composti glucidici, proteici e lipidici degli alimenti (0,6 ml per grammo di carboidrati, 1,9 ml per grammo di grassi e 0,44 ml per grammo di proteine).

2. La termoregolazione

Gran parte dell'energia che serve per mantenere in vita tutte le cellule dell'organismo (e, quindi, non solo la quota energetica persa durante il lavoro muscolare) si trasforma in calore: questo deve essere disperso come tale e non è più convertibile in alcuna altra forma di energia. L'organismo lavora in modo ottimale solo se è assicurato un intervallo di temperatura molto limitato: $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Al di fuori di questo intervallo, le variazioni termiche, anche se limitate, comportano una diminuzione significativa della prestazione sia fisica che mentale.

È notazione molto elementare che esistono diversi modi di disperdere il calore in eccesso: per conduzione, per convezione, per irradiazione e per evaporazione. In campo sportivo, comunque, è particolarmente importante l'evaporazione che si attua quando le goccioline di sudore evaporano ed assorbono così una parte dell'energia calorica sviluppata dall'organismo, smaltendola nell'aria.

La sudorazione a riposo costituisce la traspirazione, attraverso la quale si possono perdere fino a 0,5 g di sudore/min (Gagge e Nishi, 1977): il punto critico di disidratazione al quale la temperatura rettale comincia a salire (soglia di disidratazione) è indotto da una perdita di acqua pari a circa il 3% del peso corporeo (Wyndham, 1973).

3. L'influenza del sesso e dell'età sulla sudorazione

Per quanto riguarda la differenza fra i sessi, si è dimostrato che in ambienti moderatamente umidi le donne limitano la sudorazione riducendo il numero di

ghiandole sudoripare che secernono attivamente, mentre gli uomini riducono la sudorazione limitando l'attività delle singole ghiandole attive. In ambienti secchi, quando l'evaporazione non subisce limitazioni, rispetto alle donne gli uomini reclutano un numero inferiore di ghiandole, instaurando una specie di riserva utile nel caso di stimoli che dovessero incrementare ulteriormente la produzione di sudore (Frye e Kamon, 1983). Esistono quindi delle differenze importanti circa le modalità di adattamento termico dei soggetti di sesso femminile rispetto a quelli di sesso maschile.

Per quanto riguarda l'influenza dell'età, sia i dati epidemiologici che quelli laboratoristici indicano che la funzione termoregolatoria declina con l'invecchiamento (Kenney et al., 1986). Il meccanismo responsabile di questo declino non è del tutto chiaro, anche se sembra che l'alterazione del processo di secrezione giochi un ruolo fondamentale (Crowe e Moore, 1973; Drinkwater e Horvarth, 1979). Tuttavia, non tutti i dati in letteratura sono concordi nell'indicare delle differenze sostanziali nella sudorazione fra soggetti anziani e giovani (Davies, 1979; Lind et al., 1970).

Un lavoro sperimentale (Kenney e Anderson, 1988) condotto su donne di età compresa fra i 52 e 62 anni che fra i 20 ed i 30 anni ha contribuito notevolmente alla comprensione delle differenze età-dipendenti nella sudorazione. In ambiente caldo secco (48°C ; 15% di umidità relativa) la capacità di produrre sudore nei soggetti giovani risulta significativamente più alta rispetto a quella dei soggetti anziani; in ambiente caldo umido (37°C ; 60% di umidità relativa) non si evidenziano invece significative

Tabella I - Variazione percentuale del volume plasmatico in soggetti di sesso femminile di varie età

Condizioni ambientali	Soggetti maturi 52-62 anni	Soggetti giovani 20-30 anni
caldo secco (48°C 15% U)	-7.5 ± 0.8	-6.0 ± 0.8
caldo umido (37°C 60% U)	-3.7 ± 0.6	-1.8 ± 0.4

differenze età-dipendenti nella sudorazione. Ciò può essere dovuto ad una diminuzione nella capacità di secernere sudore da parte di ogni singola ghiandola, in quanto (Anderson e Kenney, 1987) alle varie età il numero delle ghiandole secernenti per cm^2 di pelle è pressoché uguale: 83 ± 3 . Inoltre, si rileva un maggiore decremento del volume plasmatico nei soggetti maturi, sia in ambiente caldo secco che in ambiente caldo umido (Tab. I).

Le differenze quindi nella sudorazione fra persone anziane e giovani: (a) dipendono dalle condizioni climatiche esterne o, meglio, dalla tensione di vapore ambientale; (b) non sembra siano da attribuire al numero delle ghiandole sudipare, ma risultano piuttosto legate ad un decremento nella produzione di sudore per ghiandola; (c) sono correlate anche ad una minore capacità nell'incrementare la sudorazione.

Si ricorda, infine, che con l'invecchiamento il contenuto di acqua passa da circa il 70% del peso corporeo nei bambini al 48% nell'anziano.

4. La produzione di sudore durante l'attività motoria

Le informazioni disponibili riguardo alle quantità di sudore prodotte durante l'allenamento e la competizione sono ancora scarse. Sudorazioni nell'ordine di 1,5 L/ora sono riscontrabili abbastanza comunemente nelle prestazioni di endurance: in condizioni climatiche caratterizzate da temperature elevate sono state misurate sudorazioni di 2-3 L/ora, anche in soggetti perfettamente acclimatati (Costill, 1978; Saltin, 1978). Durante le gare di endurance il peso corporeo può decrementare anche del 4%, con una perdita di sudore sino a ben 5 L (Maron e Horvarth, 1978; Brotherhood, 1982).

È importante sottolineare che, in condizioni ambientali normali, la velocità di produzione del sudore è correlabile al grado di allenamento, mentre la quantità totale di sudore prodotto risulta essere in relazione all'entità dell'energia spesa. Il

conoscere la velocità di sudorazione è un fattore molto importante, in quanto si possono facilmente instaurare stati di disidratazione: non si tiene infatti nel debito conto che la quantità di sudore persa nell'unità di tempo può essere anche il doppio della quantità dei liquidi che possono essere assorbiti dopo la loro ingerazione (Gisolfi, 1983).

Inoltre, va ancora sottolineato la elementare nozione che, ai fini termoregolatori, la sudorazione non deve essere considerata come sinonimo di evaporazione: infatti solo quest'ultima consente effettivamente di mantenere l'omeostasi della temperatura corporea. Occorre quindi bandire quelle pratiche dimagranti tendenti acriticamente ad ottenere eccessi di sudorazione mediante l'uso di indumenti di materiale plastico. Il peso perduto con tali pratiche lo si recupera entro le 24 ore, mentre si va incontro a pericolosi turbamenti sia nell'equilibrio idrico-salino sia nella termoregolazione.

5. La funzione degli elettroliti e la loro composizione nel sudore

I più importanti elettroliti organismici che vengono perduti durante la sudorazione partecipano ad alcuni processi cellulari fondamentali, tra cui possiamo ricordare: (a) l'omeostasi; (b) l'attività di vari enzimi catalizzanti un gran numero di fondamentali processi metabolici; (c) la contrazione muscolare; (d) la funzionalità del sistema nervoso.

Esamineremo qui di seguito la funzione organismica di alcuni dei più noti elettroliti.

5.1 Il potassio

Il valore normale del potassio plasmatico è mediamente di circa 4,5 mEq/L (Tab. II). Lo ione potassio è fondamentale per la conducibilità dello stimolo nervoso e (come per il magnesio) la sua presenza è rilevabile soprattutto nel compartimento intracellulare. Da un punto di vista fisiologico e fisiopatologico, le alterazioni nel contenuto di potassio possono causare disturbi nella funzionalità muscolare.

Dalla Tab. II risulta che il potassio viene eliminato con la sudorazione in concentrazioni comprese fra i 4 e i 5 mEq/L, senza che né l'entità della sudorazione (Fig. 1), né l'acclimatizzazione, né le diete povere di K^+ incrementino o diminuiscano queste perdite (Costill et al., 1976). Infatti le concentrazioni di K^+ (sia plasmatiche che muscolari) sono mantenute entro limiti normali anche in soggetti che, pur consumando una dieta relativamente bassa di K^+ (25 mMol/giorno), perdono durante l'allenamento fino a 3 L/giorno di sudore (Costill et al., 1982). Altri ricercatori hanno però evidenziato come si possa instaurare una carenza di potassio in particolari condizioni di sudorazione molto elevata, oppure in soggetti che assumono diete particolarmente povere di K^+ e contemporaneamente ricche di Na^+ (Knochel et al., 1972; Molhotra et al., 1981).

Altri autori (Francis e MacGregor, 1978) hanno riportato che la ingestione di soluzioni particolarmente ricche di Na^+ e K^+ durante esercizio in ambiente caldo-umido (32°C; 50% di umidità relativa) induce una riduzione delle risposte fisiologiche, tra cui sia il ben noto incremento plasmatico di aldosterone e renina, sia la perdita degli stessi ioni sodio e potassio. Successivamente, gli stessi autori (Francis, 1979) hanno osservato che sia l'acqua che una soluzione di elettroliti e glucosio prevenivano in egual misura il decremento nel volume plasmatico e l'incremento di cortisol e di acido urico che si verificano notoriamente in soggetti impegnati in 2 ore di esercizio fisico e privati dell'approvvigionamento di liquidi.

Infine, va rilevato (Johnson et al., 1988) che non si riscontrano variazioni rilevanti del bilancio elettrolitico in soggetti che si allenano a 35°C (con un'umidità relativa del 40%) e che assumono acqua o soluzioni contenenti carboidrati ed elettroliti in modo da apportare nella dieta un'addizionale quantità di K^+ pari a 1,4 g/giorno (Fig. 2).

5.2 Il cloruro di sodio

I valori plasmatici normali per il Na^+ e per il Cl^- sono rispettivamente 135-145 mEq/L e 100-115 mEq/L (Tab. II). La funzione fisiologica di tali ioni è quella di mantenere entro limiti definiti la pressione osmotica esistente fra i vari compartimenti intra ed extra-cellulari. Il Na^+ ed il Cl^- sono persi in quantità elevata e variabile durante la sudorazione (0,5 e 3,5 g/L), dato che la concentrazione di NaCl nel sudore varia da 10 a 60 mEq/L (Tab. II). Durante l'esecuzione di esercizi che in circa un'ora e mezza incrementano la sudorazione da 0,2 a ben 1,6 L, le concentrazioni di K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} rimangono immodificate o diminuiscono; al contrario (Fig. 1), le concentrazioni di Na^+ e Cl^- nel sudore subiscono un netto aumento (Costill et al., 1975).

Sudorazioni che inducono delle perdite di 4 L di sudore (pari a circa il 6% del peso corporeo) portano ad un deficit di sodio e cloro intorno al 5-7%. Tuttavia (Fig. 3), l'utilizzo di bevande che offrono un apporto addizionale di circa 1,8 g di sodio non modifica sostanzialmente il bilancio elettrolitico di questo ione (Johnson et al., 1988).

Tabella II - Concentrazioni medie di alcuni elettroliti nel sudore ed in vari costituenti organismici

	Elettroliti (mEq/L)			
	Na^+	Cl^-	K^+	Mg^{2+}
Sudore	10-60	30-50	4-5	0,02-6
Plasma	135-145	100-115	4-6	1,5-2,5
Muscolo	8-10	5-8	160-165	30-35
Liquido extracellulare	140-145	115-120	3-5	1,5-2,5
Liquido intracellulare	13-15	3-5	155-160	25-30
Eritrociti	14-15	52-55	90-95	1,5-2,5

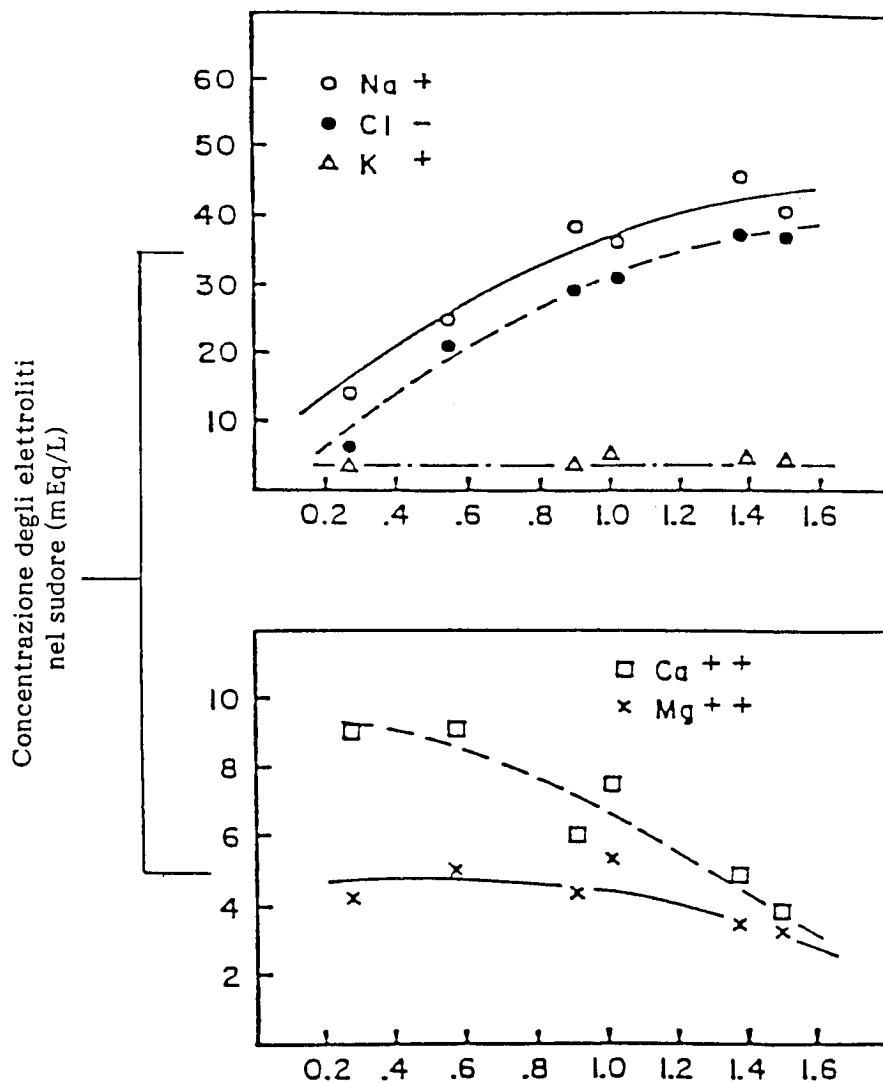


Figura 1 - Modificazioni della concentrazione nel sudore degli elettroliti (espressa in ordinata in mEq/L) all'aumentare della sudorazione (espressa in litri in ascissa)

POTASSIO

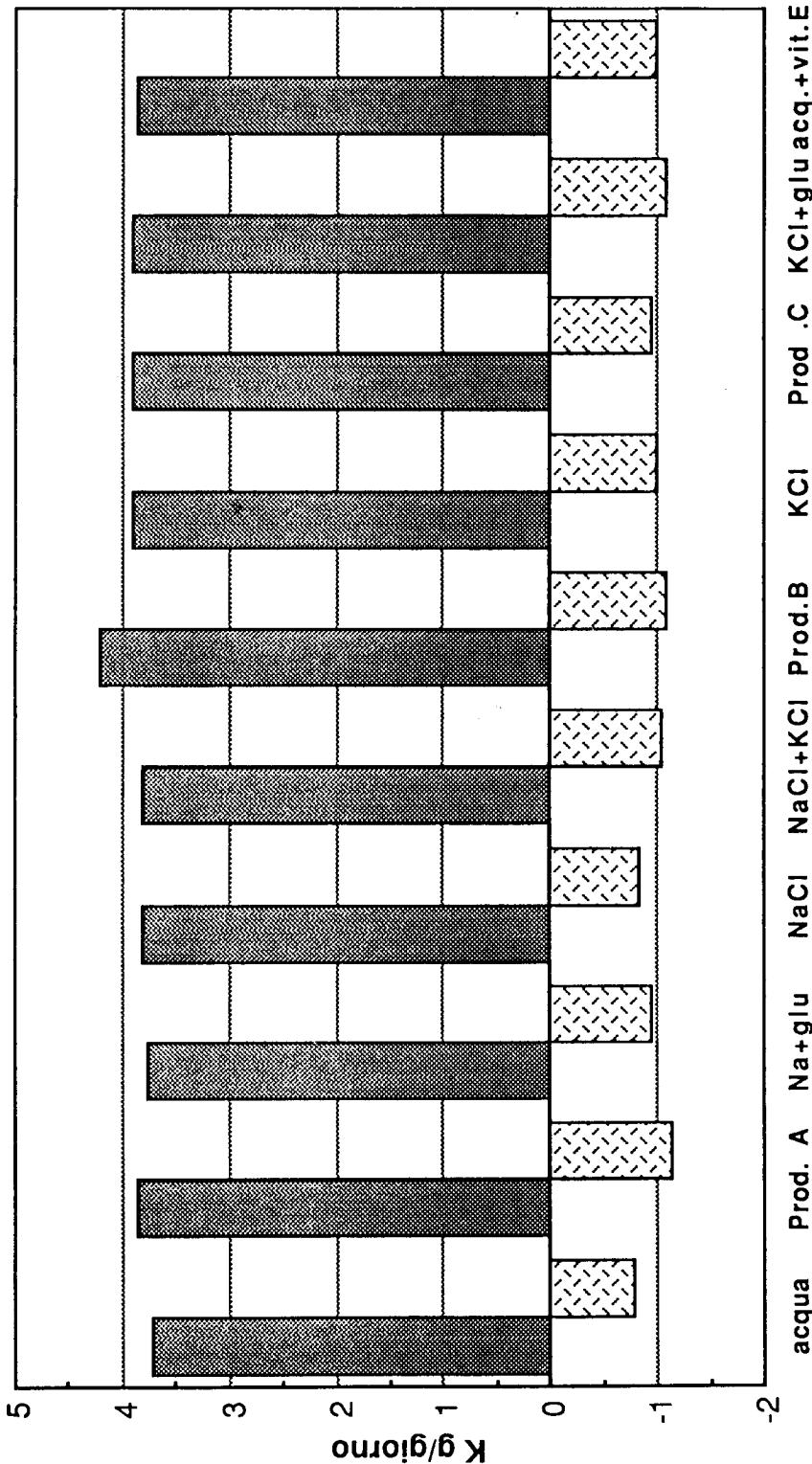


Figura 2 - Bilancio elettrolitico del potassio in soggetti che: (a) si allenano a 35°C e ad un'umidità relativa del 40%; (b) ricevono per via orale soluzioni a vario contenuto elettrolitico (ascissa) fra cui alcune preparazioni commerciali. L'escrescione dell'elettrolita è rappresentata dall'area piena degli istogrammi al cui lato, al di sotto dello zero, è indicato il bilancio negativo: tale parte dell'istogramma a destra e sotto lo zero si deve considerare facente parte dello stesso istogramma

SODIO

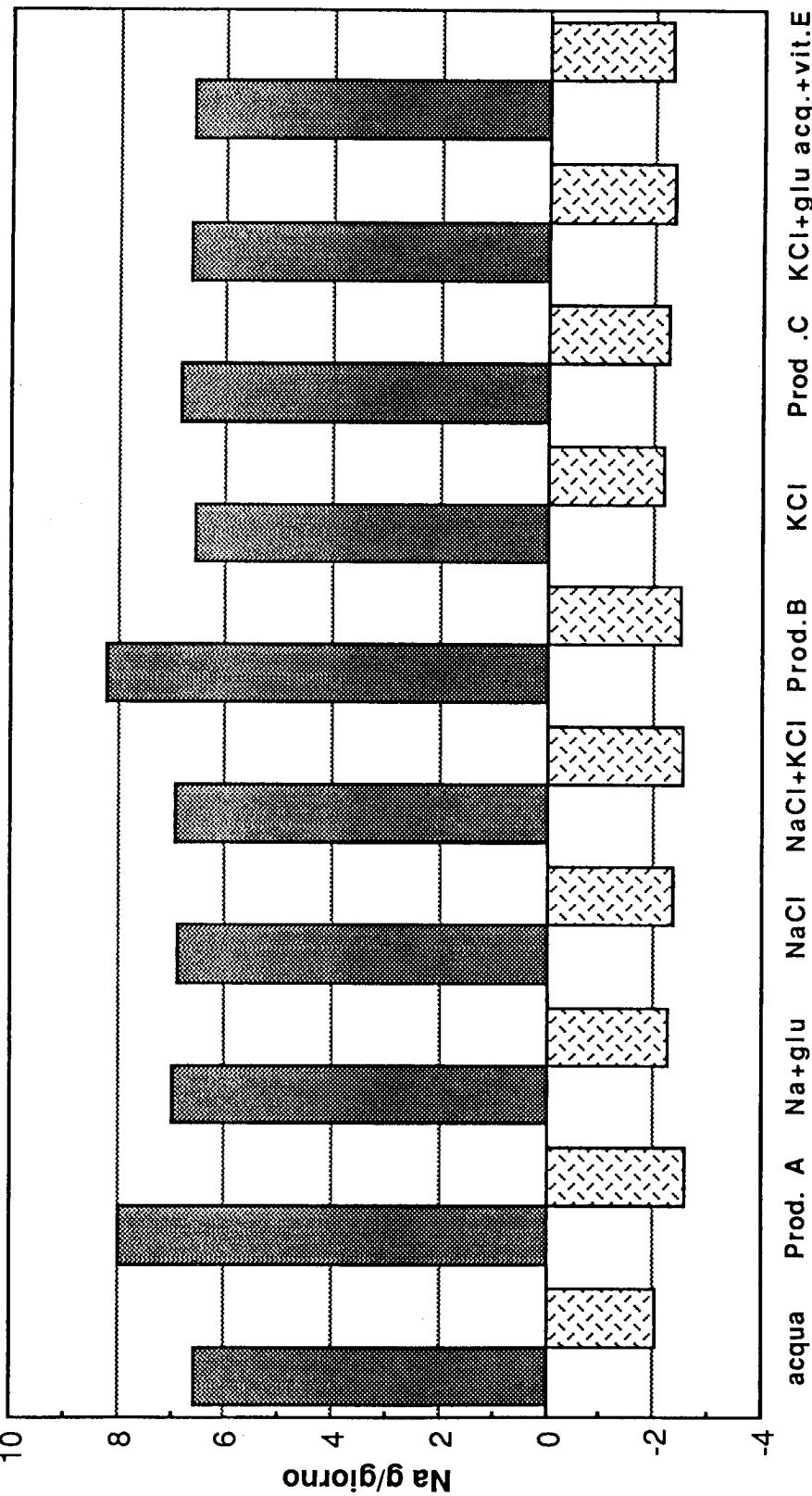


Figura 3 - Bilancio elettrolitico del sodio in soggetti che: (a) si allenano a 35°C ed ad una umidità relativa del 40%; (b) ricevono soluzioni a vario contenuto elettrolitico (ascissa) fra cui alcune preparazioni commerciali. L'escrezione dell'elettrolita è rappresentata dall'area piena degli istogrammi al cui lato, al di sotto dello zero, è indicato il bilancio negativo: tale parte dell'istogramma a destra e sotto lo zero si deve considerare facente parte dello stesso istogramma

5.3 Il calcio

Il calcio plasmatico si trova in concentrazioni comprese fra i 1,05-1,25 mEq/L. L'azione di questo ione è fondamentale per la trasmissione dell'eccitazione nervosa al muscolo e per la contrazione muscolare. L'esercizio fisico in condizioni che stimolano la sudorazione non determina nel sudore (Fig. 1) modificazioni sostanziali nelle concentrazioni di Ca^{2+} (Costill et al., 1975). Inoltre, anche l'utilizzo sia di acqua che di soluzioni di elettroliti e di zuccheri apportanti un surplus di Ca^{2+} pari a 250 mg/giorno, non modifica sostanzialmente il bilancio organismo di tale elettrolita. È interessante segnalare che soluzioni contenenti anche la vitamina E (Fig. 4) possono incrementare la perdita di Ca^{2+} con le feci (Johnson et al., 1988).

5.4 Il magnesio

Le concentrazioni normali di magnesio plasmatico sono comprese fra 1,5 e 2,5 mEq/L. La funzione dello ione è molto importante a livello cellulare in quanto entra a far parte di numerosi processi metabolici cellulari preposti alla libera-
zione di energia. La carenza di questo ione può inoltre determinare crampi e tremori muscolari.

In campo sportivo è stata prestata particolare attenzione alle variazioni di magnesio e spesso sono stati divulgati suggerimenti per attuarne un maggiore ap-
porto nella comune dieta o con bevande integrative. Tuttavia, come già descritto per il potassio e per il calcio, anche mar-
cati incrementi nella sudorazione non portano a significativi incrementi nella perdita di magnesio (Fig. 1). Va rilevato che secondo alcuni autori la concentrazione di Mg^{2+} nel sudore sarebbe compresa fra 0,01 e 0,15 mEq/L (Consolazio et al., 1963; Vellar e Askevold, 1968; Ver-
non e Wacker, 1978); quindi, anche le su-
dorazioni molto abbondanti farebbero perdere quantità di Mg^{2+} ancora assai

basse rispetto alle quantità introdotte nell'organismo con una dieta giornaliera bilanciata. Altre esperienze hanno invece indicato perdite giornaliere molto maggiori di Mg^{2+} (fino a 6,5 mEq/gior-
no), tali da poter intaccare, a lungo anda-
re, le riserve dell'organismo.

Il magnesio è tuttavia risparmiato dal-
l'organismo attraverso un efficace meccanismo di ricaptazione urinaria (Fig. 5); pertanto, il bilancio del Mg^{2+} risulta pos-
itivo dopo l'assunzione di soluzioni a base di elettroliti e carboidrati. D'altra parte, nei muscoli non si evidenziano particolari deplezioni di tale ione in sog-
getti sottoposti per 4 giorni a ripetute su-
dorazioni che portano a perdite di 3 L di sudore al giorno (Costill et al., 1982).

5.5 Il ferro

Oltre agli elettroliti elencati sopra, il sudore contiene anche alcuni dei costi-
tuenti idrosolubili del plasma, quali ami-
noacidi, vitamine, metallo-ioni, ecc. Se la perdita con la sudorazione di aminoacidi, vitamine, ecc. è modesta e rara-
mente produce degli stati carenziali in individui ben alimentati ed acclimatati (Robinson e Robinson, 1954), maggior attenzione deve essere rivolta alle perdi-
te di ferro, elemento essenziale e caren-
te in molti atleti di endurance, specie se l'alimentazione non è ben equilibrata (Ehn et al., 1980; Paulev et al., 1983). Il ferro presente nel sudore può raggiungere anche concentrazioni di 400 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Vellar, 1968); in condizioni normali il ferro presente nel sudore è però di circa 260 $\mu\text{g}/\text{L}$ e dipende anche da quale parte del corpo il sudore viene prelevato (Tab. III).

Se si considera che durante le gare di endurance la quantità di sudore elimina-
to può essere compresa fra 1 e 3 L, da parte dei fondisti si deve calcolare una per-
dita supplementare di ferro di circa 0,4-1,0 mg/giorno; cioè, rispetto alla nor-
male popolazione, si raddoppia la perdi-
ta di ferro giornaliera (Clement e Asmum-
son, 1982).

CALCIO

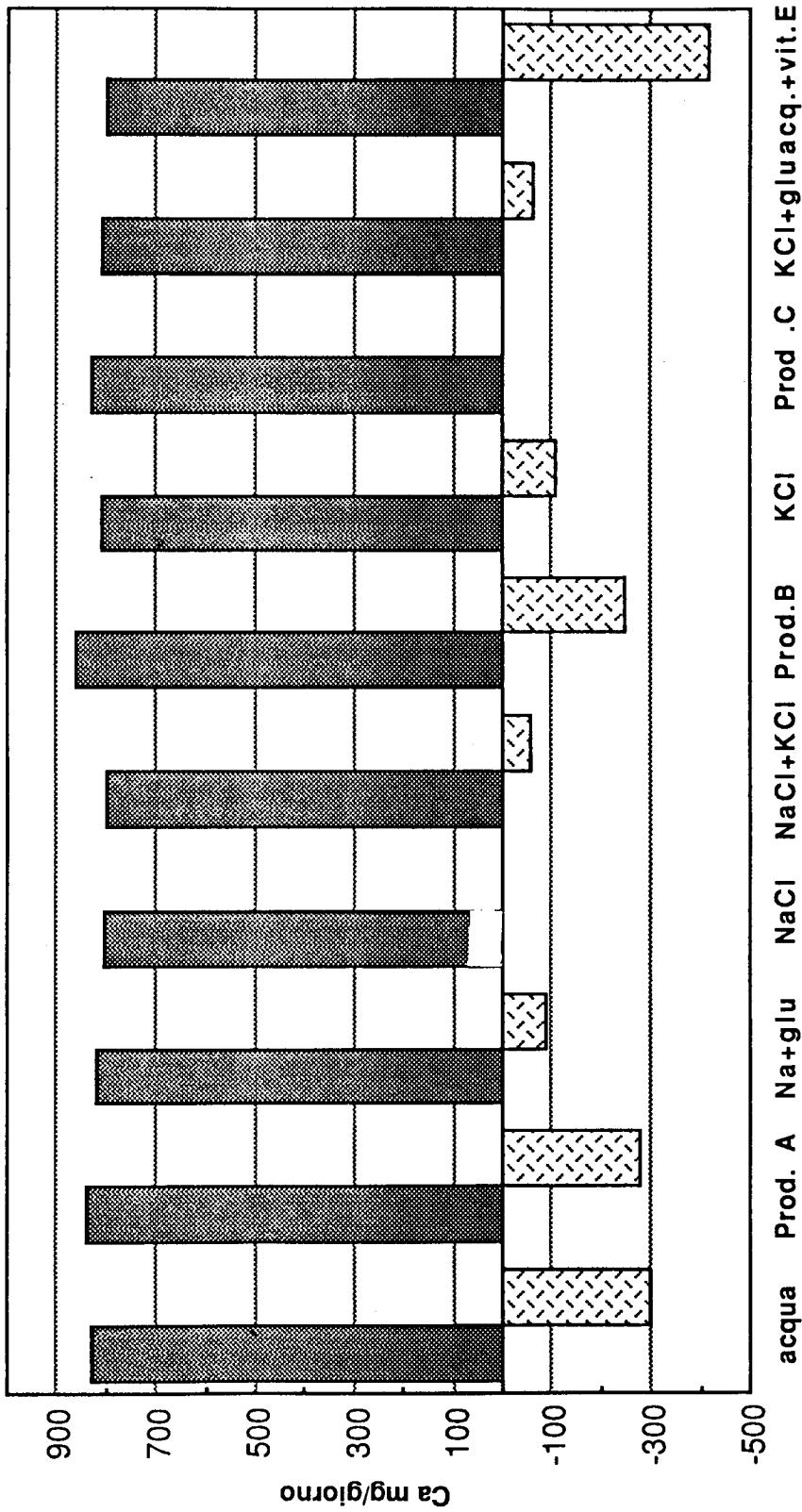


Figura 4 - Bilancio elettrolitico del calcio evidenziato nelle condizioni delle Figure 2 e 3

MAGNESIO

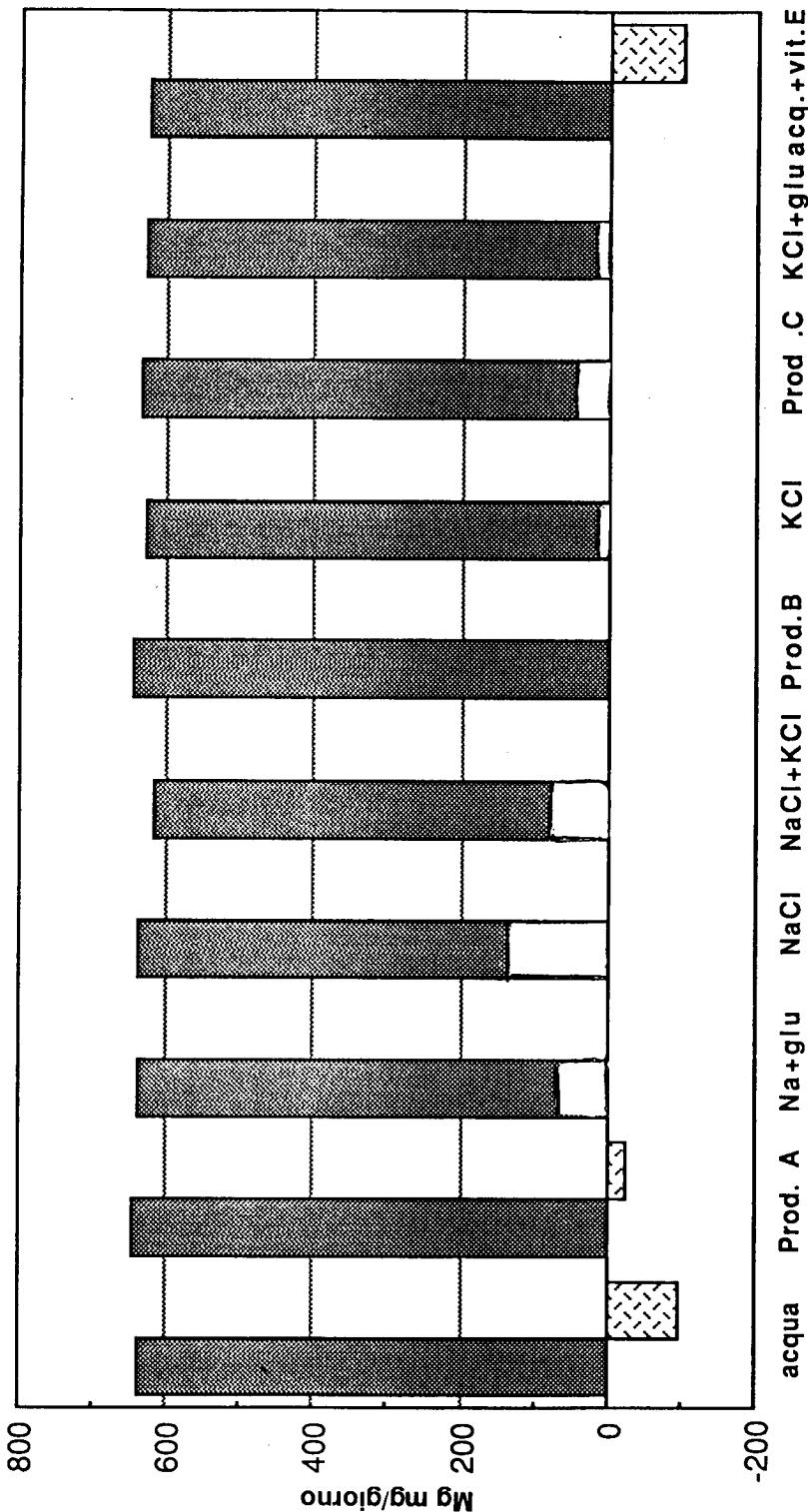


Figura 5 - Bilancio elettrolitico del magnesio evidenziato nelle condizioni delle Figure 2 e 3

Tabella III - Concentrazione di Ferro in alcuni liquidi corporei

Liquidi corporei	Ferro (μM)
SIERO	
Normale	0
Artrite reumatoide	0
Osteoartrite	0
Ematocromatosi	4,3 \pm 6,7
LIQUIDO SINOVIALE	
Artrite reumatoide	3,1 \pm 1,9
Osteoartrite	0,37 \pm 1,1
LIQUIDO CEFALORACHIDIANO	
Normale	1,84 \pm 1,3
Sclerosi multipla	1,75 \pm 0,8
Epilessia	2,48 \pm 1,9
SUDORE	
Braccia	0,72 \pm 2,5
Tronco	4,62 \pm 2,9

6. La prevenzione della disidratazione e il riequilibrio idrico-salino

L'esame dei dati della presente rassegna evidenzia la complessità dei meccanismi connessi con l'omeostasi idrico-salina: ciò sia nelle prestazioni ad alto livello che nell'attività motoria amatoriale. In particolare, è necessario rivedere con maggior senso critico le modalità con le quali si attuano i «rifornimenti» collettivi durante le varie e differenziate competizioni sportive.

Per evitare i danni che sono causati dalle perdite di liquidi bisogna che l'assunzione di acqua e di elettroliti sia fatta in rapporto alla loro effettiva perdita e non in base a pregiudizi acritici. È buona norma che gli allenatori controllino il peso e lo stato di idratazione degli atleti prima e dopo la gara o l'allenamento. In generale, la normale dieta mediterranea garantisce delle assunzioni di elettroliti che sono sufficienti a compensare le perdite con il sudore: la soglia oltre la quale dovrebbe subentrare una parziale reintegrazione salina potrebbe essere indicata nella perdita idrica di circa 2,5-3 L. La reintegrazione deve però avvenire non abusando di elettroliti, dal momento che il sudore è ipotonico rispetto al plasma. Infatti, la sua osmolarità è circa 80-180 mOsm/L rispetto al plasma che

presenta un'osmolarità di circa 300-310 mOsm/L (Marzatico e Benzi, 1988).

Specialmente se l'allenamento o la gara vengono attuati in condizioni di temperatura elevata, si instaura uno stato di lieve iper-elettrolitemia. Pertanto, desideriamo puntualizzare che, contrariamente a quanto talvolta viene proposto dagli «sport drinks», le bevande che si intendono somministrare agli atleti od agli amatori devono essere sempre leggermente ipotoniche rispetto al liquido extracellulare (o al plasma). Raccomandiamo che queste bevande presentino una bassa concentrazione di sostanze disciolte. Nonostante questo concetto sia già stato largamente espresso da numerosi studiosi (Costill e Saltin, 1974; Coyle et al., 1978; Seiple et al., 1983; Lupo, 1987; Marzatico e Benzi, 1988), i prodotti commerciali a più larga diffusione sono raramente isotonicici, sovente leggermente ipertonici oppure, più raramente, fortemente ipertonici.

Anche se la concentrazione degli elettroliti è notevolmente diversa da una preparazione all'altra (Tab. IV), la maggior parte del carico osmolare di queste soluzioni è da attribuirsi al notevole contenuto zuccherino: questo, tuttavia, rallenta lo svuotamento gastrico (Fig. 6) e ritarda l'entrata in circolo sia dei liquidi che degli elettroliti.

Equilibrio idrico-salino

Tabella IV - Caratteristiche di alcune bevande contenenti carboidrati (tutti i valori sono approssimati)

Bevanda	Carboidrati		Elettroliti (mEq/L)	
	Contenuto (%)	Tipo	Na ⁺	K ⁺
AQUASPORT	8,0	S	39	7
BODY FUEL 450	4,5	MD	16	2
CHANCE	8,0	MD, F, S	26	7
EXCEED	7,0	MD, F	10	5
GATORADE	6,0	S, G	20	3
GOOKINAID E.R.G.	5,0	G	16	10
ISOSTAD	7,0	S, F, G	23	5
MAX	7,5	MD, F	0	0
RECHARGE	7,6	F, G	5	10

Abbreviazioni - MD: maltodestrano (polimero del glucosio); F: fruttosio; S: saccarosio; G: glucosio

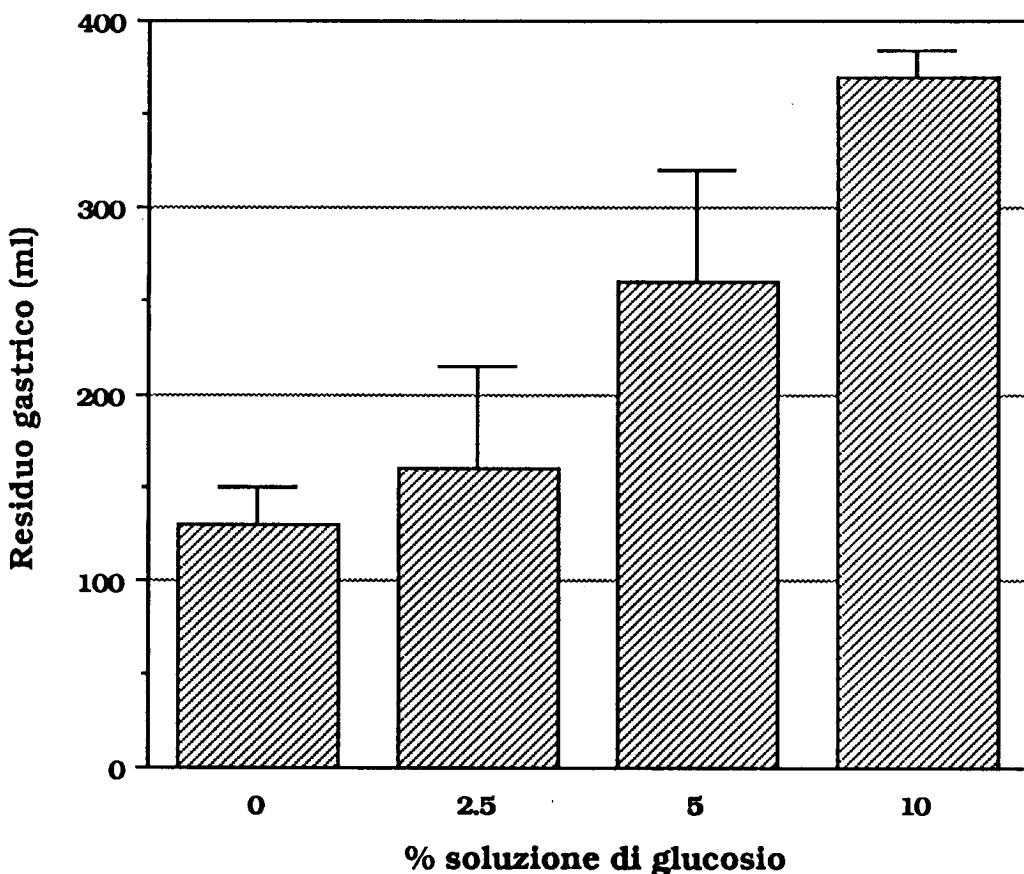


Figura 6 - Effetto sullo svuotamento gastrico della concentrazione del glucosio contenuto nelle bevande secondo lo schema sperimentale di Costill e Saltin (1974). Si evidenzia come esista una proporzionalità diretta fra l'entità del residuo gastrico e la concentrazione di glucosio: il limite è intorno ad un contenuto percentuale del 2,5%

È abbastanza sorprendente come talvolta si trascuri la banale notazione che con il sudore non si perdono solo elettroliti, ma soprattutto l'acqua. Il reintegro di questa non offre particolari difficoltà dal momento che può passare liberamente attraverso la mucosa intestinale in base al gradiente osmotico «lume intestinale → cellule intestinali → sangue mesenterico → circolazione sistemica». Lo scopo è quello di riequilibrare il volume plasmatico depauperato dalla sudorazione; tuttavia, se si introducono nell'intestino soluzioni ipertoniche, qui si stabilisce immediatamente un flusso di acqua dal sangue verso il lume intestinale (Fordtran e Locklear, 1966; Brener et al., 1983; Minami e McCallum, 1984): ciò causa un decremento nel volume plasmatico, raggiungendo così l'effetto opposto di quello prefisso.

Fortunatamente per gli atleti, allo scopo di evitare che nell'intestino tenue siano presenti liquidi ipertonici, l'organismo mette in atto un meccanismo di difesa per cui, a livello del duodeno e del digiu-

no, le bevande ipertoniche vengono rapidamente rese almeno isotoniche. Questo evento è solo una modalità di difesa dal momento che, come già accennato in precedenza, le attività fisiche (specie se svolte in climi caldi) inducono una lieve iper-elettrolitemia. La razionalità postula quindi che solo, l'utilizzo di bevande leggermente ipotoniche favorisce immediatamente un recupero di acqua per l'organismo e ripristina un normale volume plasmatico. Al contrario, l'utilizzo di bevande ipertoniche, o anche isotoniche, potrebbe impedire lo stabilirsi di quel gradiente osmotico fisiologico che sostiene il riassorbimento di acqua dall'intestino verso il circolo sanguigno.

Per non sbilanciare il gradiente osmotico «lume intestinale → tessuti» risulta molto importante la carica osmotica delle bevande presenti in commercio che è sostanzialmente determinata (Tab. IV) dalla concentrazione degli zuccheri presenti (glucosio, fruttosio, saccarosio e maltodestrano). Tuttavia, molte volte questi sono contenuti in quantità ecces-

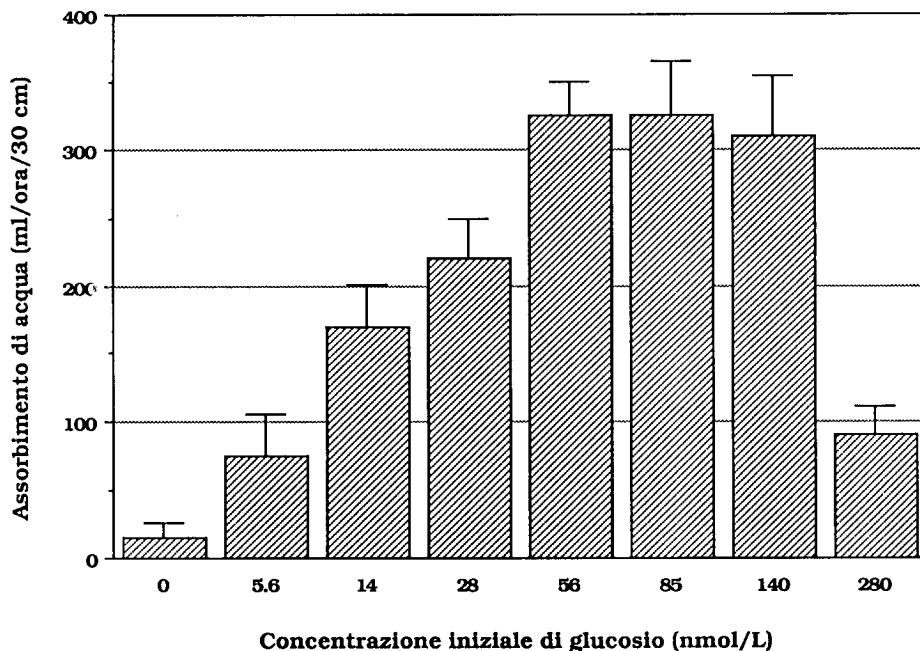


Figura 7 - Entità dell'assorbimento dell'acqua (espresso in ordinata) in rapporto alla concentrazione di glucosio nel lume intestinale (espressa in ascissa), secondo lo schema sperimentale di Sladen e Dawson (1969)

siva, sfavorendo così lo svuotamento gastrico dei liquidi (Fig. 6). In ogni modo, una certa quantità di zuccheri deve essere presente per almeno due motivi: a) per la loro funzione energetica; b) perché un'opportuna quantità di glucosio a livello intestinale favorisce l'assorbimento di acqua (Fig. 7). Tuttavia la concentrazione zuccherina dovrebbe rimanere intorno al 4%, tenendo però conto del tipo di carboidrati utilizzati.

A livello della membrana intestinale il trasporto attivo del glucosio è particolarmente facilitato dalle concentrazioni di Na^+ . Il fruttosio viene assorbito invece più lentamente, in quanto sfrutta un car-

rier differente ed il suo assorbimento non sembra essere sensibile né alle concentrazioni di Na^+ , né a quelle di altri elettroliti (Holdsworth e Dawson, 1964). Infine va rilevato che, oltre alle vitamine, alcune bevande commerciali contengono anche della caffeina la quale, essendo diuretica, può intervenire negativamente sul bilancio idrico-salino.

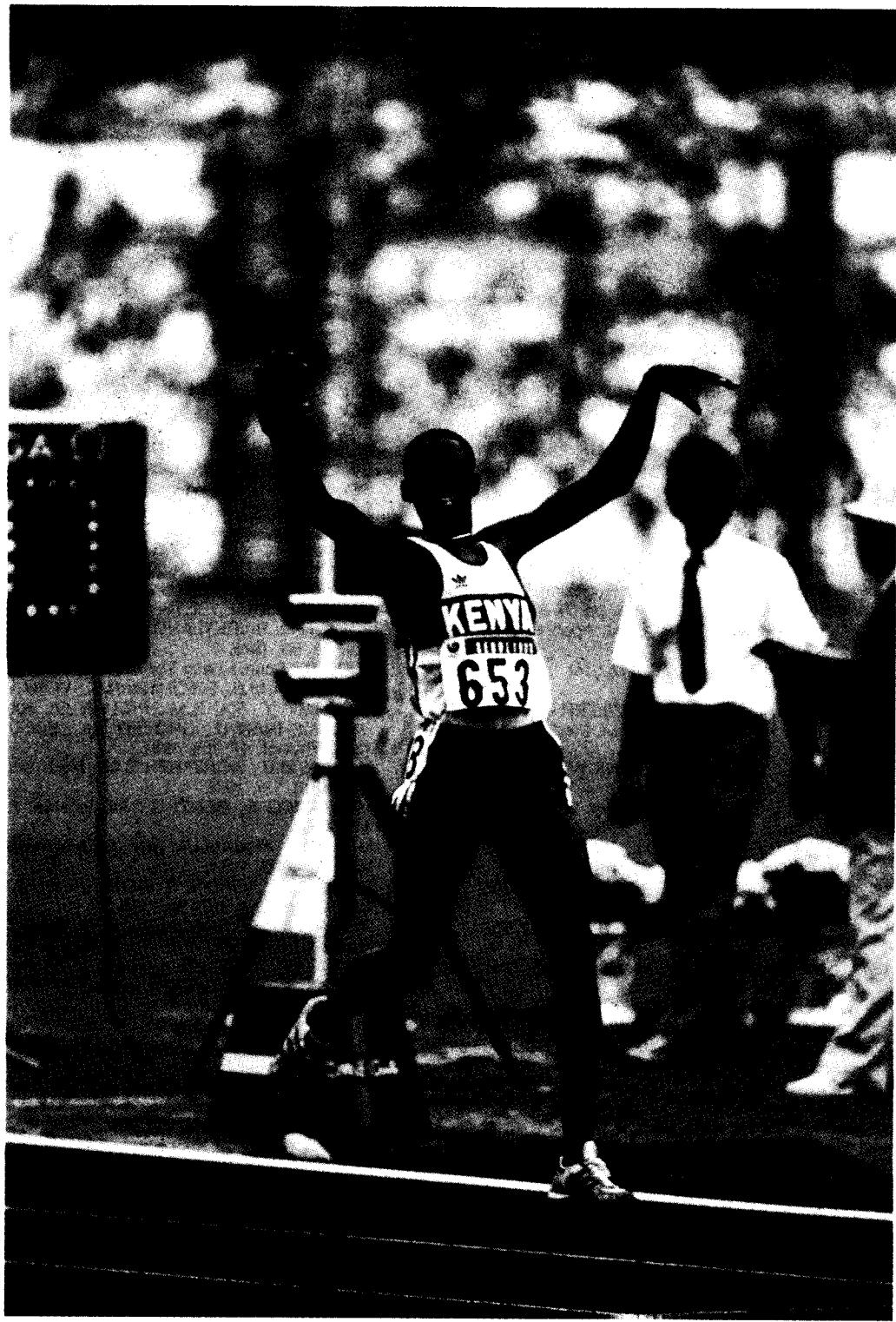
Alla luce dei dati qui sopra riportati, ci sembra doveroso segnalare che occorre attuare una revisione critica delle modalità con le quali si rende operativo il rifornimento dei reintegratori dell'equilibrio idrico-salino: e ciò riguarda la massa degli sportivi, siano essi atleti di élite o amatori.

Indirizzo degli Autori

*Dott. Fulvio Marzatico
Istituto di Farmacologia
Università di Pavia
Facoltà di Scienze
MMFFNN
Piazza Botta, 11
27100 Pavia*

Bibliografia

1. ANDERSON R.K., KENNEY W.L.: *J. Appl. Physiol.* 63, 1089, 1987.
2. BRENER W., HENDRIX T.R., MCHUGH P.R.: *Gastroenterology* 85; 7682, 1983.
3. BROTHERHOOD J.R.: *Austr. J. Sports Med.* 14, 8, 1982.
4. CLEMENT D.B., ASMUNSON R.C., *Phys. Sports Med.* 10, 37, 1982.
5. CONSOLAZIO C.F., MATOUSH L.O., NELSON R.A., HARDING R.S., CANHAM J.E.: *J. Nutr.* 79, 407, 1963.
6. COSTILL D.L.: In «*Nutrition, physical fitness and health*», Parizkova e Rogozkin (eds.), Univ. Park Press, Baltimora, pp. 76-87, 1978.
7. COSTILL D.L., SALTIN B.: *J. Appl. Physiol.* 37, 679, 1974.
8. COSTILL D.L., MILLER J.M.: *Int. J. Sports Med.* 1, 2, 1980.
9. COSTILL D.L., COTÉ R., MILLER T., WYNDER S.: *Aviat. Space Environ. Med.* 45, 795, 1975.
10. COSTILL D.L., COTÉ R., FINK W.J.: *J. Appl. Physiol.* 40, 6, 1976.
11. COSTILL D.L., COTÉ R., FINK W.J.: *Am. J. Clin. Nutr.* 36, 266, 1982.
12. COYLE E.F., COSTILL D.L., FINK W.J., HOPPES D.G.: *Res. Quart.* 49, 119, 1978.
13. CROWE J.P., MOORE R.E.: *J. Physiol.* 236, 43, 1973.
14. DAVIES C.T.M.: *Eur. J. Appl. Physiol.* 17, 735, 1979.
15. DRINKWATER B.L., HORVARTH S.M.: *Med. Sci. Sports Exerc.* 2, 49, 1979.
16. EHN L., CARLMARK B., HOGLUND S.: *Med. Sci. Sports Exerc.* 12, 61, 1980.
17. FORDTRAN J.S., LOCKLEAR T.W.: *J. Dig. Dis.* 11, 503, 1966.
18. FRANCIS K.T.: *Aviat. Space Environ. Med.* 50, 115, 1979.
19. FRANCIS K.T., MacGREGOR R. III: *Aviat. Environ. Med.* 49, 461, 1978.
20. FRYE A.J., KAMON E.: *J. Appl. Physiol.* 54, 972, 1983.
21. GAGGE A.P., NISHI Y.: In «*Handbook of Physiology*», Am. Physiol. Society, Bethesda, 1977.
22. GISOLFI C.V.: In «*Nutrient Utilization during Exercise*», pp. 21-25, Ross Laboratories, Columbus, 1983.
23. HOLDSWORTH C.D., DAWSON A.M.: *Clin. Sci.* 27, 371, 1964.
24. JOHNSON H.L., NELSON R.A., CONSOLAZIO C.F.: *Med. Sci. Sports Exerc.* 20, 26, 1988.
25. KENNEY W.L., ANDERSON R.K.: *Med. Sci. Sports Exerc.* 20, 155, 1988.
26. KENNEY W.L., LEWIS D.A., ANDERSON R.K., BUJKIRK E.R.: In «*Physical Activity and Sports*», vol. 1, Scientific and Medical Aspects, Albany, NY, 1986.
27. KNOCHEL J.P., DOTIN N., HAMBURGER R.J.: *J. Clin. Invest.* 51; 242, 1972.
28. LIND A.R., HUMPHREYS W., COLLINS K.J., FOSTER K., SWEETLAND K.F.: *J. Appl. Physiol.* 38, 50, 1970.
29. LUPO S.: *Scuola dello Sport* 11, 23, 1987.
30. MALHOTRA M.S., SRIDHARAN K., VENKATASWAMY Y., RAI R.M., PICHAN G., RADHAKRISHNAN U., GROVER S.K.: *Eur. J. Appl. Physiol.* 47, 169, 1981.
31. MARON M.B., HORVARTH S.M.: *Med. Sci. Sports* 10, 137, 1978.
32. MARZATICO F., BENZI G.: *AtletiCastudi* 2, 143, 1988.
33. MINAMI H., McCALLUM R.W.: *Gastroenterology* 86, 1592, 1984.
34. PAULEV P.E., JORDAL R., PEDERSEN N.S.: *Clin. Chim. Acta* 127, 19, 1983.
35. ROBINSON S., ROBINSON A.H.: *Physiol. Rev.* 34; 202, 1954.
36. SALTIN B.: In «*Nutrition, Physical Fitness and Health*», Parizkova e Rogozkin (eds.), Univ. Park Press, Baltimora, pp. 88-97, 1978.
37. SEIPLE R.S., VIVIAN V.M., FOX E.L., BARTELES R.L.: *Med. Sci. Sports Exerc.* 15, 366, 1983.
38. SLADEN G.E., DAWSON A.M.: *J. Clin. Sci.* 36, 119, 1969.
39. VELLAR O.D.: In «*Nutrient Losses Through Sweating*» (PhD thesis), Universitatsforlagets trykningssentral, Oslo, Norway, 1968.
40. VELLAR O.D., ASKEVOLD R.: *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 22, 65, 1968.
41. VERNON W.B., WACKER W.E.C.: *Adv. Clin. Biochem.*, Churchill Livingstone, New York, pp. 39-71, 1978.
42. WYNDHAM C.H.: *Am. Rev. Physiol.* 35, 193, 1973.



Ufficio Stampa FIDAL