

Gli effetti della disidratazione sulle prestazioni di lunga durata

Giovanni Mirri

Medico Specialista in Medicina dello Sport
Collaboratore Dipartimento Fisiologia e Biomeccanica
Istituto di Scienze dello Sport - CONI

Com'è noto l'uomo è un animale a "sangue caldo" che regola costantemente la propria temperatura corporea interna sul valore di $37^{\circ}\text{C} \pm 0.5$. Questa condizione di equilibrio termico si basa sul costante pareggio tra produzione di calore e sua cessione all'esterno e va sempre preservata al fine di garantire l'ottimale svolgimento di tutte le reazioni biologiche.

L'energia prodotta dai muscoli viene infatti utilizzata solo in parte per compiere un lavoro (20-25% circa), mentre la quota restante viene trasformata in calore; calore che, pertanto, deve essere ceduto all'esterno al fine di evitare dannose variazioni della temperatura corporea.

Durante l'attività fisica si assiste, in seguito all'aumento dell'attività muscolare, ad un notevole incremento della produzione metabolica di calore, con aumento progressivo della temperatura corporea interna fino a valori che dipendono dall'intensità dell'esercizio e dalla capacità di dispersione. L'incremento della temperatura è dovuto all'inerzia dei meccanismi termodispersivi (conduzione, convezione, irraggiamento, sudorazione), per cui all'inizio dello sforzo si produce un bi-

lancio termico positivo finché non viene raggiunto un nuovo equilibrio, ad un livello più alto di temperatura, tra produzione e cessione di calore. Tale inerzia va essenzialmente riferita ad un ritardo nell'attivazione della sudorazione, che è la via termodispersiva principalmente attiva durante l'esercizio fisico. Peraltro va anche considerato che l'aumento della temperatura corporea è fisiologico per una più efficace contrazione muscolare. Il calore accumulato durante lo sforzo viene poi restituito durante il ristoro, quando la zona di controllo termico è riportata al normale valore di riposo (fig. 1).

Uno schema del diverso contributo dato dai vari meccanismi termodi-

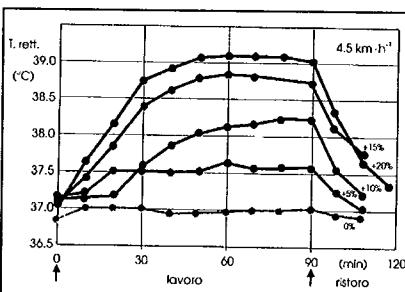


Figura 1 - Temperatura rettale (Trect) riscontrata in un soggetto in funzione del tempo durante esercizi di marcia su ergometro trasportatore alla velocità costante di $4,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ed all'inclinazione del terreno indicata (da: Cerretelli P., 1985).

spersivi nel corso di esercizi di intensità progressivamente crescente, condotti alla temperatura ambientale di 21°C , è rappresentato in fig. 2, mentre in fig. 3 è riportata l'influenza di differenti

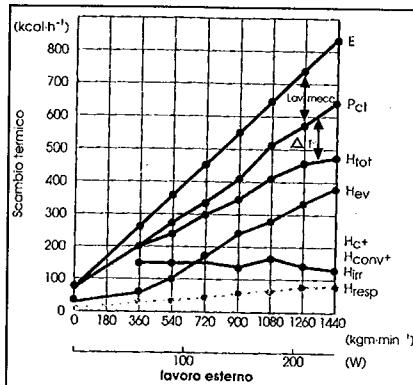


Figura 2 - Entità degli scambi termici ($\text{kcal} \cdot \text{h}^{-1}$) a riposo e nel corso di esercizi di intensità crescente ($\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1}$ o watt) in un soggetto nudo che si trova in un ambiente di aria a 21°C .

E: dispendio totale di energia - P_{ct} ; produzione totale di calore - H_{tot} ; emissione totale di calore - H_{ev} ; perdita di calore per evaporazione - $H_c + H_{conv} + H_{irr}$; emissione di calore per conduzione, convezione ed irraggiamento - H_{resp} ; emissione di calore per evaporazione polmonare; tale aliquota è compresa nella curva H_{ev} .

La distanza tra la curva E e la curva P_{ct} indica l'entità del lavoro meccanico compiuto, mentre la distanza $P_{ct} - H_{tot}$ è un indice dell'aumento della temperatura corporea del soggetto (ΔT°) (da Cerretelli P., 1985).

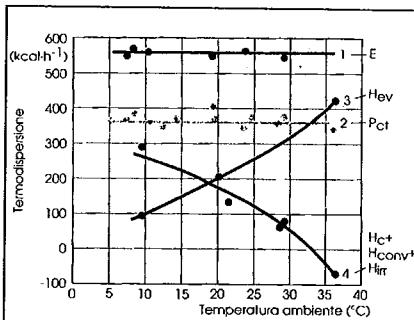


Figura 3 - Contributo dei diversi meccanismi di termodispersione in un soggetto nudo che compie un esercizio dell'intensità di $900 \text{ kgm} \cdot \text{min}^{-1}$ e della durata di 30-40 minuti in funzione della temperatura dell'ambiente. Per i simboli, v. Fig. 2 (da: Cerretelli P., 1985).

valori di temperatura ambientale per un esercizio ad intensità costante. E' interessante notare come per valori di temperatura esterna prossimi ai 37 °C la conduzione, la convezione e l'irraggiamento diventano delle vie, per così dire, di "termoacquisizione" e l'unico meccanismo in grado di permettere la cessione di calore è rappresentato dalla sudorazione.

L'attivazione della sudorazione, pertanto, avviene particolarmente per sforzi di elevata intensità (notevole produzione endogena di calore) ed in presenza di condizioni climatiche avverse (temperatura elevata, irraggiamento solare diretto, assenza di ventilazione) che rendono inefficaci gli altri meccanismi. Inoltre, poiché com'è noto, non è con la semplice sudorazione ma è attraverso l'evaporazione del sudore prodotto al livello cutaneo che viene garantita la termodispersione (0,58 Kcal per grammo di acqua evaporata), in condizioni di elevata umidità ambientale (evaporazione ostacolata) la sudorazione risulterà particolarmente abbondante nel continuo tentativo, peraltro inefficace, di cedere calore. Tale cessione risulterà nulla, e la sudorazione massimale, quando l'evaporazione è completamente impedita da un ambiente saturo di vapore acqueo (100% di umidità).

Da quanto descritto appare evidente che uno sforzo di elevata intensità, particolarmente se svolto in condizioni climatiche sfavorevoli, è causa di intense sudorazioni che possono raggiungere, in condizioni estreme, valori pari a $2-3 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$.

Nelle attività sportive di lunga durata, come la maratona, si pos-

sono quindi determinare notevoli perdite di acqua, che possono raggiungere anche i 5-6 litri.

La perdita di acqua è accompagnata da quella di elettroliti. Il sudore, infatti, pur se ipotonico rispetto agli altri liquidi corporei, contiene quantità variabili di sali minerali, in particolare Na^+ , Cl^- , K^+ e Mg^{++} . E' stato calcolato che per una produzione di sudore di circa 4 litri, pari ad una riduzione del 5,8% del peso corporeo in un individuo di 70 Kg, si verifica una perdita di Na^+ , di Cl^- , di K^+ e di Mg^{++} rispettivamente di 155, 137, 16 e 13 mEq, con riduzione del contenuto corporeo totale di questi elettroliti rispettivamente del 5,7, 1 ed 1% rispetto ai valori di riposo. Durante una maratona si possono quindi verificare perdite idrosaline che, ben prima di indurre eventi patologici gravi per cedimento acuto delle capacità termoregolatrici (colpo di calore per perdita di fluidi pari al 7-10% del peso corporeo del soggetto), sono responsabili di una sensibile riduzione della capacità di prestazione atletica rappresentando, in questa disciplina, uno dei fattori dell'insorgenza della fatica acuta.

La diminuzione delle capacità prestative avviene a partire da una perdita di acqua pari al 2%, raggiungendo un peggioramento della performance del 20-30% per perdite pari al 4-5% del peso corporeo del soggetto. La fig. 4 mostra come un determinato carico di lavoro, espresso in termini di consumo di ossigeno, possa essere mantenuto per 5,5 minuti in condizioni normali, ma solo per 3,5 minuti in condizioni di disidratazione. E' evidente, pertanto, che tale evento è in grado di provocare

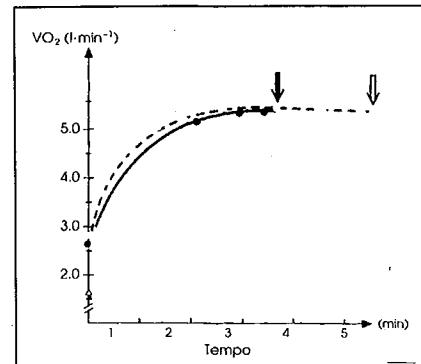


Figura 4 - Consumo di ossigeno (litri x min⁻¹) per un carico di lavoro che può essere retto per 5,5 min in condizioni normali (O), ma solo per 3,5 min dopo disidratazione (●). Le frecce indicano il massimo tempo di lavoro (da: Åstrand P.O., 1986).

una più precoce comparsa dell'esaurimento muscolare.

Le cause dell'insorgenza della fatica acuta vanno individuate essenzialmente in 2 fattori:

1) La *disidratazione*, che influisce negativamente sulla dinamica cardiocircolatoria per una riduzione della portata cardiaca e con essa della quantità di sangue diretta verso la muscolatura impegnata nel lavoro. Tale situazione va ad aggiungersi, sommandosi, al fatto che, per far fronte alle necessità della termoregolazione, una quota già rilevante della gittata cardiaca è dirottata verso la cute, piuttosto che verso i muscoli;

2) la *perdita di elettroliti*, in particolare del K^+ e del Mg^{++} , che altera l'eccitabilità delle membrane cellulari provocando un deficit di attivazione neuromuscolare.

La perdita di K^+ , riducendone la concentrazione extracellulare, aggrava la fuoriuscita di questo sale minerale dalle cellule muscolari attive contribuendo all'insorgenza della fatica locale. Durante uno sforzo, infatti, si assiste normalmente ad una cospicua fuoriuscita di K^+ dalle cellule muscolari

attive, con passaggio dapprima nell'interstizio e successivamente nel torrente circolatorio. Ciò, unitamente al contestuale passaggio di acqua dal compartimento extra a quello intracellulare, determina il declino della concentrazione intracellulare di questo elettrolita per un valore variabile dal 6 al 20%. Parallelamente si assiste ad un aumento della concentrazione intracellulare di Na^+ .

Queste modificazioni sono determinate dalla normale evoluzione del potenziale d'azione, responsabile della contrazione muscolare, e stabilizzate dal deficit energetico che si instaura per la progressiva riduzione della disponibilità intracellulare di ATP. Tale riduzione, che in una gara prolungata come la maratona è favorita dal depuramento delle scorte di glicogeno, determina, nei muscoli coinvolti nel lavoro, un'incapacità da parte delle pompe di membrana del Na^+ e del K^+ ATP-dipendenti di ricaptare in maniera completa tutto il K^+ fuoriuscito dalle cellule.

La perdita di Mg^{++} aggrava il quadro, in quanto questo elettrolita è essenziale per il corretto funzionamento delle pompe di membrana.

La conseguenza ultima e più importante di questi eventi è rappresentata dalla riduzione anche del 50% del rapporto tra la concentrazione del K^+ intracellulare e quella del K^+ extracellulare ($\text{K}_i^+/\text{K}_e^+$), con conseguente riduzione dell'eccitabilità di membrana. Si realizza infatti, in corrispondenza del sarcolema e del sistema dei tubuli T, una diminuzione del potenziale di riposo, variabile tra gli 8 ed i 14 mV, con diminuzione della probabilità d'insorgen-

za, nonchè dell'ampiezza ed efficacia di un potenziale d'azione.

Se la riduzione delle capacità pre-stative può già essere considerata un "infortunio", per un maratoneta che durante la gara insegue un risultato di prestigio, la disidratazione favorisce anche l'insorgenza di alterazioni muscolari che vanno da semplici fenomeni degenerativi reversibili (es. degenerazione vacuolare) fino alla necrosi parcellare delle fibrocellule, quest'ultima clinicamente evidenziata dall'insorgenza di dolore e dall'aumento della concentrazione plasmatica di alcuni enzimi (CK, LDH). Tali fenomeni, di cui in parte è responsabile la lipoperossidazione delle membrane cellulari indotta dalla formazione dei radicali liberi dell'ossigeno, possono predisporre ai traumi muscolari.

Per evitare che tali eventi si verifichino appare quindi essenziale l'adozione di adeguate misure preventive.

Queste si basano su:

1) un'attenta valutazione della situazione ambientale, in particolare dei valori di temperatura ed umidità, onde evitare di dare il via alle competizioni quando sussistano condizioni climatiche a rischio (fig. 5);

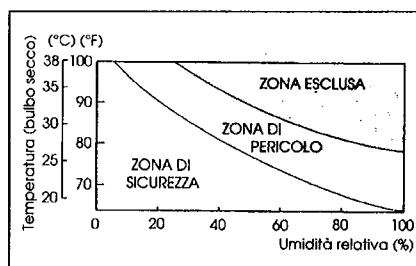


Figura 5 - Guida per la prevenzione dell'ipertermia nell'esercizio di lunga durata: la zona a sinistra della figura indica le condizioni di temperatura e di umidità dell'ambiente compatibili con una efficace termoregolazione dell'atleta (da: Cerretelli P., 1985).

- 2) l'adozione di un abbigliamento idoneo;
- 3) un adeguato allenamento ed adattamento ai climi caldi;
- 4) un adeguato reintegro di acqua e sali minerali che deve avvenire già durante lo sforzo.

Per quanto riguarda l'allenamento e l'acclimatazione al caldo va ricordato che essi determinano un progressivo adattamento del meccanismo della sudorazione che rende decisamente più efficiente il processo di termodispersione (fig. 6).

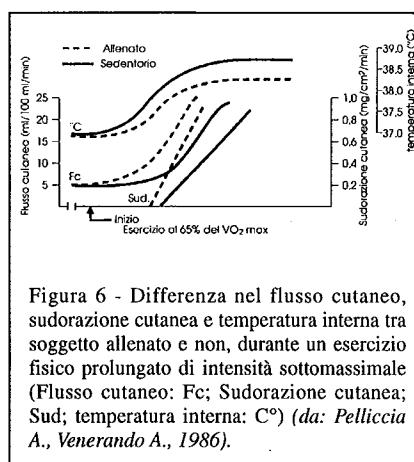


Figura 6 - Differenza nel flusso cutaneo, sudorazione cutanea e temperatura interna tra soggetto allenato e non, durante un esercizio fisico prolungato di intensità sottomassimale (Flusso cutaneo: Fc; Sudorazione cutanea: Sud; temperatura interna: C°) (da: Pelliccia A., Venerando A., 1986).

Questo adattamento consiste in tre modificazioni fondamentali:

- 1) abbassamento della soglia d'inenso;
 - 2) aumento della quantità di sudore prodotto a parità di temperatura corporea interna raggiunta;
 - 3) maggiore ipotonicità del sudore.
- Nel soggetto allenato, pertanto, durante l'esercizio fisico si ha una risposta ghiandolare anticipata ed esaltata, con inizio precoce della sudorazione e maggiore produzione di sudore a parità di stimolo.

In quest'ottica, l'espansione del volume plasmatico, che è uno degli adattamenti tipici cui vanno incontro gli atleti di resistenza, rappresenta un fenomeno di estrema

importanza in quanto mette a disposizione dell'organismo una quota supplementare di liquido da utilizzare per la sudorazione. Ciò rende la termoregolazione più efficiente e contribuisce a preservare l'apparato cardiocircolatorio da un'eccessiva riduzione della volemia.

La maggiore ipotonicità del sudore nei soggetti allenati è dovuta principalmente ad un maggiore riassorbimento di Na^+ e di Cl^- indotto dall'aldosterone in corrispondenza dei dotti escretori delle ghiandole sudoripare. Tale evento è determinato, molto probabilmente, da un aumento della sensibilità di questi ultimi all'azione dell'ormone piuttosto che da un incremento della sua secrezione; ciò favorisce un risparmio di Na^+ e di Cl^- anche se, per i noti effetti dell'aldosterone, può aumentare le perdite di K^+ .

Dal momento che l'adattamento della sudorazione dipende dall'aumento della temperatura corporea interna, esso risulta essere tanto più efficace quanto maggiore è il livello di temperatura raggiunto (ovviamente entro limiti non pericolosi) e quanto più a lungo questo valore viene mantenuto. Pertanto l'entità dell'adattamento dipende dall'intensità e dalla durata dell'esercizio, nonché dal valore della temperatura ambientale.

In relazione a quest'ultimo aspetto va precisato che il semplice allenamento svolto in clima temperato o freddo non risulta altrettanto efficace quanto un'attività sportiva costantemente praticata in condizioni di temperatura ambientale elevata, in quanto gli effetti dell'allenamento e quelli dell'acclimatazione al caldo tendono a sommarsi. Nel caso, quindi, sia necessario

prepararsi, in condizioni climatiche temperate o fredde, a competizioni che successivamente si svolgeranno al caldo, si potrebbe tentare di favorire i processi di acclimatazione utilizzando tute termiche che, impedendo la termodispersione, mantengano la temperatura corporea interna ad un livello più elevato durante l'esercizio. L'uso di tali tute, però, non è in grado di stimolare la capacità del sistema di termodispersione nella stessa maniera dell'acclimatazione al caldo.

Per quanto riguarda il reintegro idrosalino durante lo sforzo esso deve avvenire secondo rigorosi criteri scientifici, tenendo conto della necessità di compensare il più possibile sia la perdita idrica che quella di sali minerali onde prevenire la fatica e gli eventuali danni muscolari. Le bevande, pertanto, devono essere preparate in modo razionale e corretto ed assunte secondo modalità ben precise per favorirne una veloce assimilazione e garantirne l'efficacia.

La rapidità di assimilazione da parte dell'organismo dei liquidi ingeriti dipende da due fattori fondamentali:

- 1) *la velocità di svuotamento gastrico;*
- 2) *la velocità di assorbimento intestinale.*

La velocità di svuotamento gastrico è condizionata dalle seguenti caratteristiche delle bevande:

- 1) il volume;
- 2) il contenuto calorico totale;
- 3) l'osmolarità;
- 4) la temperatura.

Un'alta velocità di svuotamento gastrico può essere ottenuta sia ingerendo un notevole volume di liquido (circa 500-600 ml), sia ripetendo la somministrazione di

volumi inferiori a brevi intervalli di tempo. Sebbene volumi fino a 600 ml abbondonino lo stomaco più velocemente di piccole porzioni, gli atleti generalmente non gradiscono, durante l'esercizio, un'eccessiva distensione gastrica, perché questa interferisce con la respirazione. Pertanto è preferibile bere non più di 150-250 ml di liquido ad intervalli regolari di circa 10-15 minuti.

Il contenuto calorico totale dei liquidi ingeriti è di primaria importanza: al suo aumentare la velocità di svuotamento gastrico rallenta. Infatti soluzioni saline non energetiche abbandonano lo stomaco più rapidamente rispetto ad un equivalente volume di una bevanda energetica isosmolare.

Per quanto riguarda l'osmolarità, una soluzione ipotonica, a parità di contenuto calorico, lascia lo stomaco in tempi più brevi.

Per quanto riguarda la temperatura, le bevande fredde (4-10°C) lasciano lo stomaco più rapidamente di quelle calde. Inoltre le bevande fredde sono sicuramente più gradevoli, non sembrano determinare effetti negativi durante lo sforzo prolungato e l'insorgenza dei crampi gastrointestinali avviene solamente se il volume dei liquidi assunti è decisamente elevato.

La velocità di assorbimento intestinale dipende essenzialmente dall'osmolarità.

L'assorbimento dell'acqua, come noto, è infatti un evento passivo che risulta accelerato dalla contemporanea presenza nella bevanda di elettroliti in quanto la rimozione dal lume intestinale di sostanze osmoticamente attive stabilisce un gradiente osmotico favorevole al flusso d'acqua dal lume

intestinale verso la parete, quindi verso il torrente circolatorio. Ciò spiega perché bevande contenenti adeguate concentrazioni di sali minerali risultino più facilmente assimilabili dall'organismo.

Tuttavia è essenziale che le concentrazioni dei soluti non siano tali da rendere la soluzione ipertonica poiché in tal caso si verifica un'inversione del gradiente osmotico con richiamo d'acqua nel lume intestinale. Ciò può determinare l'insorgenza di una sintomatologia caratterizzata da crampi addominali, accompagnati da nausea e diarrea, e può contribuire ad un'ulteriore riduzione del volume plasmatico con influenze negative sullo stato di idratazione dell'atleta.

Le bevande migliori risultano essere, pertanto, quelle ipotoniche, che garantiscono un gradiente osmotico ottimale per una rapida assimilazione contribuendo a prevenire le conseguenze del deficit idrosalino, sia in termini di riduzione delle performance, sia in termini di danno alle strutture muscolari.

Per quanto riguarda la composizione oltre alla presenza del Na^+ e del Cl^- , appare opportuno aggiungere adeguate quantità di K^+ e di Mg^{++} . La perdita di questi elettroliti con il sudore è infatti "fortemente" responsabile, come abbiamo visto, dell'insorgenza della fatica per alterazione dell'eccitabilità neuromuscolare.

E' interessante in tal senso citare i risultati di uno studio in doppio cieco (Dal Monte e coll. 1993) sugli effetti sulla capacità di prestazione di 6 maratoneti, della somministrazione di un sale di K^+ e Mg^{++} durante uno sforzo prolungato sottomassimale (1,5 h. di corsa su treadmill ad intensità aerobica). La

prestazione è stata valutata, prima e dopo lo sforzo, mediante determinazione della curva lattato/velocità e del costo energetico della corsa. I risultati hanno evidenziato negli atleti che hanno assunto il sale di K^+ e Mg^{++} , rispetto a quelli che hanno assunto il placebo:

- 1) un minore aumento della soglia anaerobica (SA), intesa come velocità in grado di determinare una concentrazione ematica di acido lattico pari a 4 mM (V4mM);
- 2) un minor costo energetico (CE) della corsa.

Il primo fenomeno, lungi dall'essere considerato negativo, potrebbe essere espressione di un "risparmio" delle scorte di glicogeno muscolare favorito dall'integrazione condotta con il K^+ ed il Mg^{++} .

Lo spostamento a destra della curva lattato/velocità (aumento della SA) non sempre infatti è espressione di un miglioramento delle capacità prestative. In particolare ciò appare improbabile dopo sforzi prolungati quando l'organismo va incontro ad una marcata riduzione delle scorte di glicogeno, con depauperamento del substrato energetico della glicolisi anaerobica e conseguente limitazione nella capacità di produrre lattato. In questo caso l'aumento della SA diventa un evidente sintomo di fatica acuta, nell'insorgenza della quale il consumo di glicogeno svolge come noto un ruolo importante, indicativo non di un miglioramento, bensì di una riduzione delle capacità prestative.

Alla luce di queste considerazioni appare ovvio come il minor aumento della V4mM nei maratoneti che hanno assunto K^+ e Mg^{++} va considerato un effetto positivo correlabile ad un minor consumo

di glicogeno muscolare. La riduzione della "spesa" energetica potrebbe essere legata ad una maggiore efficienza del sistema neuromuscolare, cioè della sequenza neuromotoria che presiede al processo contrattile, con miglioramento della coordinazione, quindi del rendimento, nell'esecuzione del gesto tecnico specifico. Ciò sarebbe da ricondurre al ruolo svolto dal K^+ (evoluzione dei potenziali d'azione) e del Mg^{++} (pompe $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATP - dipendenti) nell'equilibrio elettrico della membrana cellulare, con miglioramento della funzionalità globale delle cellule nervose e muscolari. Tale miglioramento può considerarsi anche responsabile del minor CE della corsa negli atleti che hanno assunto il K^+ ed il Mg^{++} . Per concludere un'ultima considerazione. Anche se durante l'attività fisica viene assunta una congrua quantità di liquidi, non va mai dimenticato che gli atleti possono comunque andare incontro ad uno stato di parziale deficit idrosalino, in quanto la velocità con cui si suda può risultare decisamente superiore alle possibilità di assimilazione delle bevande somministrate. Da ciò deriva la necessità che il reintegro prosegua anche nel periodo di recupero tra le diverse sedute di allenamento e/o le diverse competizioni. Infatti un'alterazione, anche se lieve, dell'omoeostasi dei fluidi dell'organismo, può seriamente compromettere le condizioni di forma di un atleta, pregiudicando sia il programma di allenamento che le gare successive.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Åstrand P.O., Rodahl K. *Textbook of Work Physiology*. Ed Mc Graw-Hill, USA, 1986.
- 2) Benzi G., Bellotti P. Equilibrio idrico-salino e reintegro elettrolitico zuccherino. Da: *Farmaci, Allenamento e Sport*, p. 407-417, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma, 1990.
- 3) Cerretelli P. L'equilibrio idrico-salino in corso di esercizio fisico. Suppl. *Rivista Stampa Medica*, Esi Stampa Medica, Milano, 1989.
- 4) Cerretelli P. *Manuale di fisiologia dello sport e del lavoro muscolare*. SEU, Roma, 1985.
- 5) Costill D.L. Bilancio idrico e performance. Adi, notiziario 6, n.2, p. 11-18, 1990.
- 6) Dal Monte A., Lupo S., Giampietro M., Faina M. Il bilancio idrico e minerale della macchina umana. Mediamix, Milano, 1992.
- 7) Dal Monte A., Lupo S., Giampietro M., Faina M., Mirri G. L'andamento delle perdite e delle reintegrazioni. Mediamix, Milano, 1992.
- 8) Dal Monte A., Faina M., Mirri G., Tranquilli C., Bargossi A., Pistelli R., Bianchi G. L'Aspartato di Potassio e Magnesio. Ruolo nella prevenzione della fatica acuta. Mediamix, Milano, 1993.
- 9) Hughes E.F., Turner S.C., Brooks G.A. Effects of glycogen depletion and pedalling speed on anaerobic threshold. *J. Appl. Phys.*, 52, p. 1598-1607, 1982.
- 10) Lindinger M.I., Sjogaard G. Pótassium regulation during exercise and recovery. *Sport Medicine*, 11 (6), p. 382-401, 1991.
- 11) Marzatico F. Equilibrio idrico-salino nello sport. *Rivista di Cultura Sportiva*, SdS, CONI, n. 16, p. 63-73, 1989.
- 12) Maughan R.J., Noakes T.D. Fluid replacement and exercise stress. *Sports medicine*, 12 (1), p. 16-31, 1991.
- 13) McKenna M.J. The roles of ionic process in muscular fatigue during intense exercise. *Sports Medicine*, 13 (2), p. 134-145, 1992.
- 14) Novarini A. La sete in campo. *Sport e Medicina*, p. 19-23, 1989.
- 15) Novarini A. Metabolismo idro-elettrolitico nel lavoro sportivo. *Progressi in Medicina dello Sport*, n. 6, p. 89-113, Aulo Gaggi, Bologna, 1987.
- 16) Pelliccia A., Venerando A. *Fisiopatologia medico-sportiva*. Masson, Milano, 1986.
- 17) Resina A., Gatteschi L., Guerrini A., Luparini M., Parise G., Rubenni M.G. Il reintegro idro-elettrolitico nell'atleta. *Medicina dello Sport*, vol.45, n. 3, p. 342-348, 1992.
- 18) Resina A., Gatteschi L., Rubenni M.G. Effetti dell'attività fisica sul ricambio idro-elettrolitico. *Attività Fisica e Sport*, vol.2, n.2, p. 37-43, Esi Stampa Medica, Milano, 1991.
- 19) Sahlin K. Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, 13 (2), p. 99-107, 1992.