

Si è ritenuto opportuno procedere ad uno studio sul CE della ginnastica aerobica in condizioni reali nei praticanti al fine di: 1) ottenere informazioni utili a meglio definire il modello funzionale di questo sport; 2) valutare gli effetti che questa attività fisica determina nell'organismo dei "comuni mortali", in ragione di verificare se questi sono in sintonia con gli scopi che deve porsi chi attraverso la pratica di quest'attività "insegue" la Fitness.

Peraltro l'attività fisica, come noto, induce, rispetto alla condizione di riposo, un incremento delle perdite di acqua e sali minerali per l'attivazione della sudorazione necessaria a mantenere costante la temperatura corporea interna in presenza di un'aumentata produzione di calore. Queste perdite devono essere compensate al fine di preservare la capacità dell'organismo di resistere e di adattarsi allo sforzo, nonché evitare quella compromissione dello stato di salute del soggetto che può sopraggiungere in condizioni estreme di deplezione idrosalina; a tale scopo l'apporto idrico e minerale va adeguato al nuovo fabbisogno in modo da mantenere in costante pareggio il bilancio dei liquidi corporei. Ciò significa che nel definire l'impegno organico-funzionale di un'attività sportiva (modello funzionale della prestazione) appare anche opportuna una valutazione accurata dello stress cui viene sottoposto, durante lo sforzo, il sistema termoregolatore.

In quest'ambito, peraltro, è opportuno distinguere:

- a) le perdite idriche, che compromettono la capacità di prestazione fisica in seguito ad un'alterazione della dinamica cardiocircolatoria;
- b) le perdite saline, che compromettono la capacità di prestazione fisica in seguito al venire meno dell'importante funzione che i minerali svolgono nella regolazione dell'equilibrio elettrico delle membrane delle cellule nervose e muscolari e nella regolazione, come coenzimi, di numerose vie metaboliche deputate alla produzione energetica.

Affinché la reintegrazione di acqua e sali minerali risulti efficace è evidente che il presupposto principale è conoscere, il più precisamente possibile, l'entità delle perdite idrosaline che possono essere determinate dallo svolgimento di un determinato sport. Ciò sia in relazione all'intensità ed alla durata dello sforzo, sia in relazione alle particolari condizioni climatiche (temperatura ed umidità) in cui l'attività viene svolta.

Anche per l'aerobica ad alto impatto, pertanto, appare necessario quantificare l'entità delle perdite idrosaline al fine di fornire, sia agli istruttori che agli "utenti" indicazioni utili per procedere ad una corretta reintegrazione dei liquidi perduti.

Relativamente al costo energetico, in uno studio condotto su 20 soggetti di sesso femminile praticanti una lezione di aerobica ad alto impatto, è stato già evidenziato come nella fase centrale della lezione mentre per gli insegnanti l'intensità dell'esercizio, cioè la velocità di produzione energetica, è ampiamente entro i limiti delle loro capacità massime, per gli allievi è tale da richiedere, oltre all'intervento del metabolismo aerobico, anche il coinvolgimento di quello anaerobico. Ciò, ovviamente, appare in contrasto con i principi di un'attività motoria definita "aerobica" che, per definizione, deve perseguire lo sviluppo delle qualità aerobiche; queste ultime intese sia come capacità di trasporto dell'ossigeno da parte dell'apparato cardiocircolatorio, sia come capacità di utilizzazione periferica dell'ossigeno per la produzione

energetica a livello delle vie metaboliche cellulari. Da questo primo studio, quindi, è apparso evidente che gli istruttori devono porre molta attenzione nella organizzazione della lezione e nella valutazione degli allievi, cercando da un lato di studiare coreografie che non richiedano un carico eccessivo e dall'altro di favorire la formazione di classi il più possibile omogenee per caratteristiche e capacità fisiche.

Per poter definire meglio questi primi rilevamenti è stata condotta una nuova sperimentazione, consistente in una misura di CE effettuata durante la lezione su 32 soggetti di diverse capacità tecniche, praticanti la ginnastica aerobica a livello amatoriale. In questa indagine è stata valutata l'entità e qualità delle risposte organico-funzionali, riscontrabili tra gli "utenti" di questo sport, all'interno di un campione già selezionato in via preliminare in base: 1) alla condizione fisica di partenza; 2) al grado di allenamento specifico inteso sia da un punto di vista fisico che di capacità tecniche; 3) al tipo di lezione relativamente alla difficoltà della coreografia ed all'intensità (frequenza di battute al minuto).

L'aver condotto lo studio sull'Aerobica cosiddetta ad "alto impatto" è stata una scelta determinata dal fatto che questa forma di ginnastica aerobica, essendo quella sicuramente più impegnativa, appare come quella che, se da un lato può facilitare il raggiungimento e/o il mantenimento della Fitness, dall'altro più facilmente rischia di sconfinare verso il coinvolgimento nella prestazione del metabolismo anaerobico. Al fine di valutare una tale eventualità, parallelamente al rilievo del consumo di ossigeno, è stata effettuata la misurazione della lattacidemia. Per evidenziare le differenze legate al sesso, sono stati tenuti distinti i dati dei maschi da quelli delle femmine.

Sono stati sottoposti all'indagine 32 soggetti (16 maschi e 16 femmine) praticanti abituali l'Aerobica ad alto impatto. Il gruppo è stato suddiviso in due sottogruppi. Il primo, composto da 8 maschi ed 8 femmine e definito "esperti", ha preso parte ad un tipo di lezione più impegnativa, caratterizzata da una frequenza di battute più elevata e da una coreografia più complicata rispetto al tipo di lezione cui hanno preso parte i restanti 16 soggetti.

Le caratteristiche antropometriche e fisiologiche dei diversi sottogruppi sono visibili in Fig. 28 e 29.

Ogni lezione ha avuto una durata complessiva teorica di 60 minuti e si è svolta secondo la struttura standardizzata, tipica di questa disciplina, e già descritta. Il Costo Energetico è stato rilevato durante tutta la lezione con metodica calorimetrica indiretta mediante l'utilizzazione di un metabolimetro portatile telemetrico (K4 Cosmed, Italia).

L'apparecchio K4 Cosmed, evoluzione del già descritto K2, ha permesso il rilievo in diretta ed in continua durante la lezione oltre che del consumo di ossigeno ( $VO_2$ ) e della frequenza cardiaca (FC), anche della produzione di anidride carbonica ( $VCO_2$ ). Per il calcolo del CE, espresso in chilocalorie, è stato considerato l'equivalente calorico dell'ossigeno, calcolato tenendo conto del Quoziente Respiratorio (QR).

E' stata effettuata anche la determinazione del tasso ematico di lattato alla fine della fase aerobica mediante prelievo di microcampioni di sangue capillare dal lobo dell'orecchio e successiva analisi con metodo enzimatico-amperometrico (ESAT, Eppendorf, Germania).

La perdita idrica è stata rilevata sottoponendo i soggetti a pesata di precisione prima e dopo l'esercizio. Ogni soggetto è stato istruito affinché prima di pesarsi dopo l'esercizio, si asciugasse con accuratezza senza svuotare né l'alvo né la vescica.

E' stata considerata la perdita di peso globale senza differenziare la quota relativa al sudore da quella relativa alla "perspiratio insensibilis", quest'ultima essendo ininfluenta ai fini dell'obiettivo di questo studio. La riduzione di peso riportata è quindi da considerarsi al netto delle sopraccitate ulteriori riduzioni. Di ciascun gruppo di soggetti (esperti uomini, esperti donne, principianti uomini, principianti donne) e per ogni parametro sono stati considerati i valori medi.

Per chiarezza espositiva ed anche per facilitare l'analisi dei risultati ottenuti si è ritenuto opportuno differenziare la discussione in due sezioni, una dedicata al costo energetico ed una alle perdite idrosaline.

## **COSTO ENERGETICO**

### **Risultati**

I risultati ottenuti sono visibili nelle Fig. da 30 a 40.

### **Conclusioni**

I risultati ottenuti appaiono di notevole interesse ai fini degli obiettivi che ci siamo prefissati.

La prima osservazione da fare è che in tutti i soggetti sottoposti all'indagine sono stati misurati (Fig. 33), in tutte e quattro le fasi della lezione, valori di FC superiori a quel 55% del massimo teorico individuato dall'American College of Sport Medicine come soglia minima da ottenere affinché un'attività fisica possa costituire un'adeguata forma di allenamento per l'apparato cardiovascolare. Ciò significa che l'Aerobica ad alto impatto è in grado di indurre stimoli organici tali da influenzare positivamente la Fitness di individui in buona salute, siano essi maschi o femmine, a prescindere dalla condizione fisica di base, sia che si tratti di soggetti già in possesso di un discreto bagaglio di capacità tecniche specifiche (esperti), sia che si tratti di soggetti del tutto "a digiuno" di questo sport (principianti).

Entrando nello specifico delle misure di CE i risultati ottenuti indicano in modo inequivocabile che la "spesa" complessiva della lezione sia negli esperti che nei principianti (Fig. 35), è stata superiore nei maschi (585 e 524 Kcal) rispetto alle femmine (405 e 335 Kcal). Questo dato appare già come un'indicazione fondamentale che permette una valutazione "dell'impatto" che la pratica di questo sport può avere sul bilancio energetico giornaliero, in riferimento al sesso e per differenti tipologie di utenti (ricordiamo come un dispendio di circa 400 Kcal corrisponde a circa 100 g di pasta ben condita).

Va subito detto, peraltro, che questi valori di CE globale non rappresentano, da soli, informazioni sufficienti a tipizzare in maniera adeguata l'impegno fisico dei soggetti, che è più elevato di quanto non appaia da questi semplici dati. Va infatti considerato che questa "spesa" energetica avviene nell'ambito di lezioni che solo nominalmente durano un'ora, ma che in realtà hanno una durata effettiva significativamente inferiore (Fig. 30). Questo da un punto di vista

fisiologico significa che il dispendio energetico non va riferito ad un'ora di attività, ma ad un tempo molto più breve. Ne risulta (Fig. 35), sia per i maschi che per le femmine, un'intensità d'esercizio decisamente superiore rispetto a quanto si potrebbe pensare e pari, rispettivamente, a 807 e 642 Kcal/h negli esperti e a 842 e 586 Kcal/h nei principianti.

E' evidente che, sia in riferimento al dispendio totale che all'intensità dell'esercizio, il sesso femminile si attesta su valori più bassi con un impatto significativamente inferiore, rispetto ai maschi, sul bilancio energetico giornaliero. Peraltro tale differenza, che appare essenzialmente legata alle diversità antropometriche, presenta un diverso comportamento negli esperti e nei principianti, quando il CE dell'esercizio è espresso non solo per unità di tempo, ma anche per unità di peso corporeo (Fig. 35). Negli esperti, infatti, tende a scomparire, con valori pari a  $10.6 \text{ Kcal} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{h})^{-1}$  nei maschi ed a  $10.7 \text{ Kcal} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{h})^{-1}$  nelle femmine. Questo dato lascia ipotizzare che nell'ambito di individui già in possesso di capacità tecniche di base non sussistono differenze legate al sesso relativamente al rendimento nell'esecuzione del gesto atletico specifico. Nei principianti, invece, la differenza permane con valori pari a  $10 \text{ Kcal} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{h})^{-1}$  nei maschi ed a  $9.3 \text{ Kcal} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{h})^{-1}$  nelle femmine.

In ogni caso, in entrambi i sessi, i valori misurati appaiono significativamente più elevati di quanto riportato nelle tabelle sul CE delle diverse attività umane (sportive e non) pubblicate dall'American College of Sports Medicine (Medicine and Science in Sports and Exercise, 1993) che attribuiscono all'Aerobica ad alto impatto un costo di 7.0 MET pari a  $24.5 \text{ ml O}_2 \cdot (\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$  [1 MET è pari a  $3.5 \text{ ml O}_2 \cdot (\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$  e corrisponde al metabolismo a riposo]. Sulla base dei dati in nostro possesso, infatti, il costo delle lezioni risulta compreso tra i 9 ed i 10 MET nei diversi gruppi.

Tale evidenza apre lo spazio ad alcune considerazioni ed è opportuno valutare l'intensità dell'esercizio riferita alle singole fasi della lezione ed espressa sia in termini assoluti (Fig. 36) che come intensità relativa (Fig. 34).

In tal senso, infatti, se si approfondisce l'analisi per la sola fase aerobica il dispendio energetico rapportato alla breve durata effettiva di questa parte della lezione offre a considerare un'intensità di lavoro particolarmente elevata (Fig. 36) e pari, negli esperti, a 738 Kcal/h nelle femmine e a 972 Kcal/h nei maschi e, nei principianti, a 678 Kcal/h nelle femmine e a 1017 Kcal/h nei maschi. Questi valori lasciano ipotizzare che, almeno in questa fase, gli effetti della lezione sull'organismo degli allievi possano aver travalicato il livello di uno sforzo puramente aerobico; tale ipotesi è supportata dai valori di intensità relativa che risultano compresi tra il 70 ed il 90% del massimo consumo di ossigeno (Fig.34), quindi in una "zona" di attivazione funzionale che, in considerazione del fatto che questi soggetti non sono atleti top level, impone sovente il coinvolgimento del metabolismo anaerobico.

I valori di lattacidemia (Fig. 37) riscontrati al termine della fase aerobica, confermano questa analisi. Essi, infatti, sono risultati, in tutti i gruppi, superiori alle 4 millimoli (mM), quindi alla cosiddetta soglia anaerobica (SA), corrispondente, come noto, a 4 mM di lattato ematico (Mader, 1976).

Questi dati devono sollecitare un'attenta riflessione sul significato di questa pratica sportiva e sugli obiettivi che ci si pone nel praticarla.

Come detto, un'attività definita aerobica dovrebbe indurre stimoli organici (cardiocircolatori e metabolici) che non eccedano gli obiettivi prefissati e non dovrebbe coinvolgere nella prestazione l'intervento del meccanismo lattacido (la lattacidemia dovrebbe mantenersi costantemente intorno alle 2 mM); nel nostro caso, invece, si può notare come le lezioni siano di intensità eccessiva. Ciò trova conferma anche nella valutazione delle fonti energetiche impiegate per compiere lo sforzo (Fig. 38 e 39); sempre riferendosi alla sola fase aerobica (Fig. 39), infatti, appare evidente che sia i maschi che le femmine utilizzano ai fini energetici essenzialmente i carboidrati mentre i grassi, che dovrebbero rappresentare la fonte prevalente di un'attività aerobica, svolgono un ruolo, per così dire, da "comprimari". Questi dati confermano quanto rilevato nel precedente e già citato studio dal quale è risultato che gli istruttori di questa disciplina sovente impostano lezioni che sono aerobiche per loro, ma non per gli allievi.

Ad ulteriore supporto di quanto detto si deve considerare che le valutazioni esposte si basano tutte sull'analisi dei valori medi mentre, nei singoli soggetti, le risposte presentano una grande variabilità e sono stati misurati valori di FC e  $VO_2$  anche prossimi al massimale (Fig. 40). Nel determinare questa variabilità indubbiamente svolgono un ruolo importante le differenze fisiologiche tra i vari soggetti che fanno sì che individui diversi, impegnati nel medesimo sforzo, sia per intensità assoluta che relativa alle loro capacità massimali, possano mostrare parametri completamente difforni. D'altra parte un'altra spiegazione, altrettanto possibile e plausibile, è che della stessa classe facciano parte soggetti con qualità fisiche e grado di allenamento sensibilmente diversi. Succede allora che il medesimo sforzo richiesto dall'insegnante risulti modesto per qualcuno e pesante per qualcun'altro.

Quest'ultima evenienza, molto più frequente di quanto si possa immaginare, è probabilmente quella rilevata dalla nostra esperienza e rappresenta il vero punto dolente delle esercitazioni che si svolgono in gruppo come avviene per la ginnastica aerobica. In questi casi, infatti, dovrebbe essere sempre possibile da parte dell'insegnante valutare preventivamente le caratteristiche individuali e gli effetti fisiologici che un determinato tipo di lezione induce nell'organismo di ciascun soggetto; ciò al fine di comporre gruppi omogenei e di programmare lo sforzo in maniera personalizzata. Solo in questo modo uno sport svolto in gruppo può risultare efficace in relazione agli obiettivi che si vogliono raggiungere con la sua pratica e che, nel caso specifico, sono stati precedentemente esposti.

Da questo punto di vista la tipizzazione dell'impegno fisico basata sulla determinazione indiretta del CE, appare come un importante punto di partenza in grado di fornire due importanti indicazioni: 1) l'aerobica ad alto impatto richiede, anche in soggetti già in possesso di un allenamento specifico, un impegno organico spesso superiore alle attese ed agli obiettivi; 2) le classi appaiono notevolmente disomogenee e questo complica il problema in quanto, mentre in alcuni casi lo stimolo organico può risultare eccessivo, in altri può risultare insufficiente.

## **PERDITE IDRICHE**

## Risultati

Le perdite idriche rilevate dalla diminuzione del peso corporeo sono riportate in Fig. 41.

Fra gli esperti, i maschi hanno perso 1187 grammi e le femmine 940 grammi, mentre tra i principianti i maschi hanno perso 1066 grammi e le femmine 650 grammi.

## Conclusioni

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 (rendimento dell'attività muscolare pari in genere a 20-25% circa), mentre la quota restante viene trasformata in calore che 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 bilancio 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 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. 42).

Uno schema del diverso contributo dato dai vari meccanismi termodispersivi nel corso di esercizi di intensità progressivamente crescente, condotti alla temperatura ambientale di  $21^{\circ}\text{C}$ , è rappresentato in Fig. 43, mentre in Fig. 44 è riportata l'influenza di differenti valori di temperatura ambientale per un esercizio ad intensità costante. È interessante notare come per valori di temperatura esterna prossimi ai  $37^{\circ}\text{C}$  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, peraltro, avviene particolarmente quando il clima è umido. Infatti poiché, com'è noto, non è con la semplice sudorazione, ma è attraverso l'evaporazione del sudore prodotto a livello cutaneo che viene garantita la termodispersione (0.58 Kcal per grammo di acqua evaporato), 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). La relazione inversa tra evaporazione del sudore ed umidità è visibile in Fig. 45.

Nel caso specifico delle lezioni di Aerobica monitorizzate, la situazione ambientale riscontrata per i valori di temperatura ed umidità è quella riportata in Fig. 46.

Durante uno sforzo, come detto, il sopraggiungere di uno stato di disidratazione, molto prima di costituire una minaccia per la salute, è in grado di provocare una significativa riduzione della capacità di prestazione fisica. La diminuzione delle capacità prestative avviene a partire da una perdita d'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. 47 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 una più precoce comparsa dell'esaurimento muscolare.

Le cause dell'insorgenza della fatica vanno individuate essenzialmente in due 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 neuro-muscolare.

Il sudore, infatti, pur essendo ipotonico rispetto agli altri liquidi corporei contiene quantità variabili di sali minerali (Fig. 48).

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 depauperamento 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 ( $K_i^+ / K_e^+$ ), con conseguente riduzione dell'eccitabilità di membrana. Si realizza infatti, in corrispondenza del sarcolemma e del sistema dei tubuli a T, una diminuzione del potenziale di riposo, variabile tra gli 8 ed i 14 mV, con diminuzione della probabilità di insorgenza, nonché dell'ampiezza ed efficacia di un potenziale d'azione.

I risultati ottenuti in questo studio mostrano che le perdite di liquidi durante la lezione, calcolate con la metodologia descritta sono comprese tra 0.6 e 1.2 litri circa ed appaiono, sia per i maschi che per le femmine, superiori negli esperti rispetto ai principianti. Questo dato risulta essenzialmente determinato, in entrambi i sessi, dalla maggior spesa energetica globale degli esperti che rende ragione, parallelamente all'effettuazione durante la lezione di una quantità di lavoro maggiore, della produzione di una più elevata quota di calore da eliminare all'esterno con la sudorazione.

Per quanto riguarda le differenze legate al sesso si può notare come, indipendentemente dalla categoria di appartenenza, le perdite di liquidi appaiono sempre più elevate nei maschi che nelle femmine. Questo dato risulta anch'esso legato alla minor spesa energetica globale, quindi alla minor produzione di calore riscontrata nel sesso femminile.

Cerchiamo ora di analizzare se sudorazioni di questa entità sono in grado di condizionare la prestazione degli atleti esaminati.

Se si esprime la perdita di liquidi come percentuale di riduzione del peso corporeo si può notare come, fatta eccezione per i principianti femmine che si collocano ad un livello significativamente basso (1%), durante una lezione di aerobica si verifica in tutti i gruppi un'attivazione della sudorazione che è ai limiti della compatibilità con il mantenimento dell'efficienza fisica. Ciò appare particolarmente evidente negli esperti maschi nei quali si assiste ad una riduzione del peso corporeo pari al 1.6%.

Questi valori assoluti, peraltro, forniscono informazioni limitate anche se già significative; infatti se si tiene conto dei valori di CE delle diverse fasi della lezione si può notare come, in tutti e quattro i gruppi, ben oltre il 50% del dispendio calorico si verifica durante la sola fase aerobica la cui durata corrisponde a circa il 45% della durata effettiva totale della lezione. Pertanto si può estrapolare, per questa fase specifica, una sudorazione sicuramente più elevata di quella ipotizzabile sulla base delle perdite idriche globali.

Inoltre, va considerato che, se da un lato le lezioni hanno avuto una durata effettiva inferiore ai 60 minuti (quindi la sudorazione indotta da un'ora di Aerobica appare superiore del 30% circa rispetto a quella misurata), dall'altro molti soggetti, soprattutto i più allenati, partecipano di frequente a due lezioni consecutive nello stesso giorno. Pertanto è possibile che in determinati casi si possano verificare (esperti maschi) perdite pari anche a 3 litri di sudore, corrispondenti ad oltre il 4% del peso corporeo ed in grado di ridurre del 20% circa le capacità del soggetto di sostenere l'attività fisica soprattutto nelle sue fasi più intense.

Tale riduzione, indotta in primis dal deficit idrico, è sicuramente favorita dalla cospicua perdita di sali minerali che si verifica a tali livelli di sudorazione. E'

stato calcolato, infatti, che una perdita di circa 4 litri determina una riduzione del contenuto corporeo totale di elettroliti pari, rispettivamente, al 5% per il  $\text{Na}^+$ , al 7% per il  $\text{Cl}^-$  ed all'1% per il  $\text{K}^+$  ed il  $\text{Mg}^{++}$  (Fig. 49).

Appare evidente, pertanto, che già durante le lezioni è necessario provvedere ad un immediato reintegro dei liquidi perduti, reintegro che deve essere assolutamente completato nei giorni di inattività onde evitare che il sommarsi delle perdite che si verificano nelle diverse sedute settimanali possa condurre ad una condizione di deficit idrosalino cronico.

Questa condizione, peraltro, è più facile possa insorgere per ioni quali il  $\text{K}^+$  ed il  $\text{Mg}^{++}$  piuttosto che per le perdite idriche e per ioni quali il  $\text{Na}^+$  ed il  $\text{Cl}^-$ . Mentre infatti è assai improbabile che non vengano compensate le perdite idriche in seguito ad un'insufficiente assunzione d'acqua e mentre il  $\text{Na}^+$  ed il  $\text{Cl}^-$  possono venire facilmente reintegrati mediante l'alimentazione con il normale sale da cucina, il  $\text{K}^+$  ed il  $\text{Mg}^{++}$ , per venire assunti in quantità adeguate, hanno bisogno di un'alimentazione particolarmente varia ed equilibrata. Per reintegrare questi ioni, pertanto, si delinea la necessità di affiancare all'alimentazione quotidiana l'assunzione di integratori salini, il cui utilizzo, peraltro, appare indispensabile già durante lo sforzo onde prevenire l'insorgenza della fatica acuta.

**Fig. 28)** CARATTERISTICHE ANTROPOMETRICHE DI CIASCUN GRUPPO

**AEROBICA "HIGH IMPACT"**  
**CARATTERISTICHE ANTROPOMETRICHE**

	ETA' (aa)	STATURA (cm)	PESO (Kg)
ESPERTI (FEMMINE n.8)	26 ± 4	162 ± 3	60 ± 2
ESPERTI (MASCHI n.8)	28 ± 5	179 ± 4	76 ± 4.5
PRINCIPIANTI (FEMMINE n.8)	27 ± 7	169 ± 4	63 ± 4
PRINCIPIANTI (MASCHI n.8)	31 ± 3	174 ± 3	84 ± 11

**Fig. 29)** VALORI DI  $\text{FC}_{\text{MAX}}$  E DI  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  DI CIASCUN GRUPPO. LA  $\text{FC}_{\text{MAX}}$  È QUELLA TEORICA CALCOLATA PER CIASCUN SOGGETTO SULLA BASE DELLA FORMULA  $\text{FC}_{\text{MAX}} = 220 - \text{ETA}$ . IL  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  È STATO CALCOLATO ESTRAPOLANDO PER CIASCUN SOGGETTO AL VALORE DELLA  $\text{FC}_{\text{MAX}}$  TEORICA LA RETTA CHE IDENTIFICAVA LA RELAZIONE  $\text{FC}/\text{VO}_2$  INDIVIDUATA PER CARICHI DI LAVORO SOTTOMASSIMALI. A TAL FINE CIASCUN SOGGETTO È STATO SOTTOPOSTO AD UN TEST AL CICLOERGOMETRO, A CARICHI CRESCENTI. IL TEST PREVEDEVA CARICHI DELLA DURATA DI 2 MINUTI CIASCUNO CHE SI SUCCEDEVANO SENZA INTERVALLI PARTENDO DA UN VALORE DI 60 WATT E CON INCREMENTO PROGRESSIVO, PER OGNI CARCIO, DI 30 WATT PER I MASCHI E DI 20 WATT PER LE FEMMINE. DURANTE TUTTO IL TEST SONO STATI RILEVATI SIA LA  $\text{FC}$  CHE IL  $\text{VO}_2$  MEDIANTE IMPIEGO DI UN APPARECCHIO TELEMETRICO MINIATURIZZATO (K4 COSMED). PER INDIVIDUARE LA RELAZIONE  $\text{FC}/\text{VO}_2$  SONO STATI CONSIDERATI, PER I SOLI CARICHI SOTTOMASSIMALI, I VALORI DI TREND DI ENTRAMBI I PARAMETRI. IL TEST È STATO INTERROTTO NON APPENA IL SOGGETTO HA RAGGIUNTO LA COSIDDETTA SOGLIA ANAEROBICA VENTILATORIA IDENTIFICATA SECONDO LA METODICA DI WASSERMAN. LA RETTA  $\text{FC}/\text{VO}_2$  COSÌ IDENTIFICATA È STATA SUCCESSIVAMENTE ESTRAPOLATA, COME DETTO, AL VALORE DELLA  $\text{FC}_{\text{MAX}}$  TEORICA DI OGNI SOGGETTO.

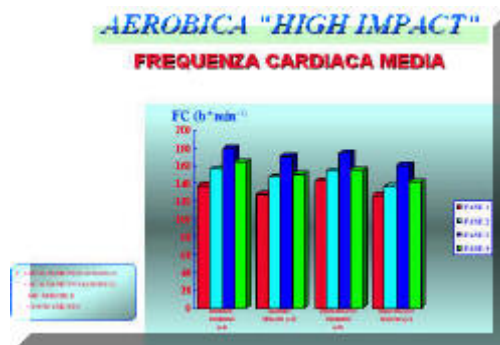
**AEROBICA "HIGH IMPACT"**  
**CARATTERISTICHE FISILOGICHE**

	FCmax (teorica)	VO2max (indiretta)
ESPERTI (FEMMINE n.8)	194 ± 4	48.3 ± 2.2
ESPERTI (MASCHI n.8)	192 ± 5	54.4 ± 1.8
PRINCIPIANTI (FEMMINE n.8)	193 ± 7	44.1 ± 2.3
PRINCIPIANTI (MASCHI n.8)	188 ± 4	51.5 ± 1.6

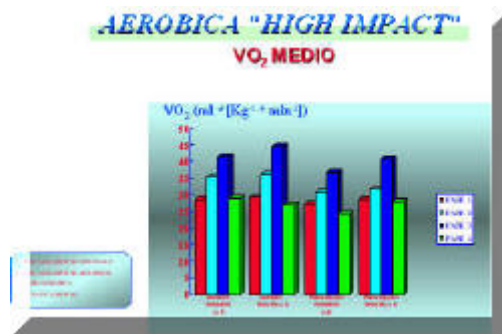
**FIG. 30)** DURATA EFFETTIVA TOTALE DELLA LEZIONE PER CIASCUN GRUPPO (SENZA CONSIDERARE LE PAUSE TRA UN ESERCIZIO E L'ALTRO, QUELLE UTILIZZATE PER BERE, CHIACCHIERARE ECC.).



**FIG.31)** VALORI DI FREQUENZA CARDIACA MEDIA MISURATI, PER CIASCUN GRUPPO, DURANTE CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE.



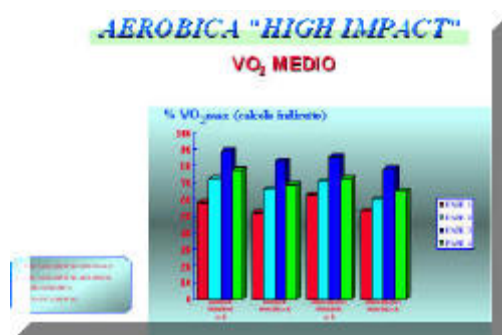
**FIG. 32)** VALORI DI CONSUMO DI OSSIGENO MEDIO MISURATI, PER CIASCUN GRUPPO, DURANTE LE FASI DELLA LEZIONE.



**FIG. 33)** VALORI DI FREQUENZA CARDIACA MEDIA MISURATI PER CIASCUN GRUPPO E DURANTE CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE, ESPRESSI COME PERCENTUALE DELLA FC<sub>MAX</sub> (TEORICA).



**FIG. 34)** VALORI DI CONSUMO DI OSSIGENO MEDIO, MISURATI PER CIASCUN GRUPPO E CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE, ESPRESSI COME PERCENTUALE DEL VO<sub>2</sub>MAX (CALCOLO INDIRETTO)



**Fig. 35)** COSTO ENERGETICO DELL'INTERA LEZIONE PER CIASCUN GRUPPO (NELL'ORDINE: ESPERTI, FEMMINE E MASCHI, E PRINCIPIANTI, FEMMINE E MASCHI), ESPRESSO IN TERMINI ASSOLUTI (KCAL), COME INTENSITÀ (KCAL/H) E PER VALORI UNITARI DI PESO CORPOREO E DI TEMPO.

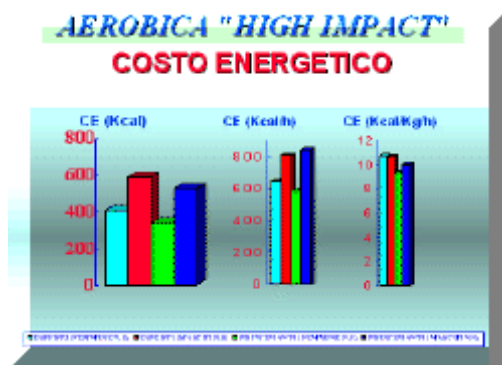


FIG. 36) INTENSITÀ DI LAVORO (KCAL/H) DI CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE PER CIASCUN GRUPPO

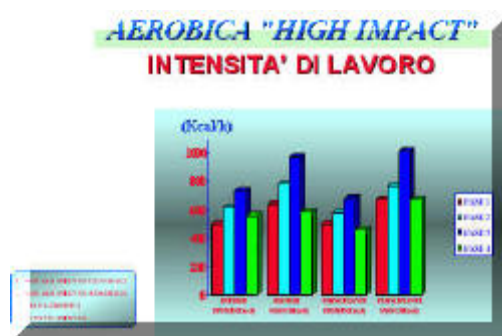


FIG. 37) VALORI MASSIMI DI LATTACIDEMIA NEI DIVERSI GRUPPI, MISURATI ALLA FINE DELLA FASE AEROBICA DELLA LEZIONE.

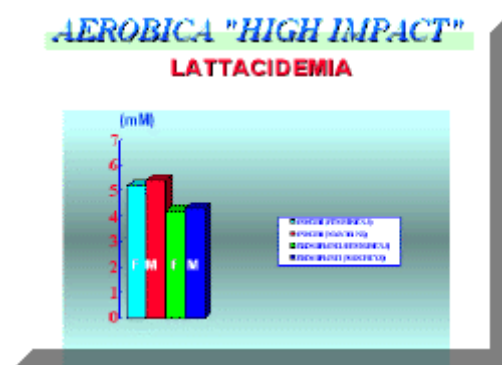
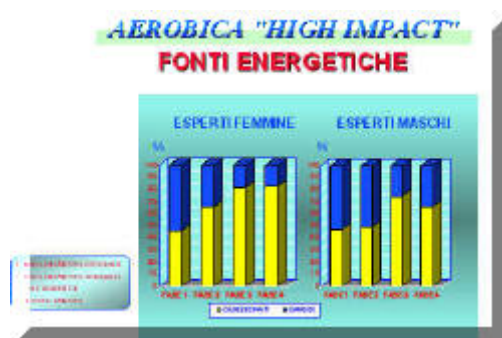
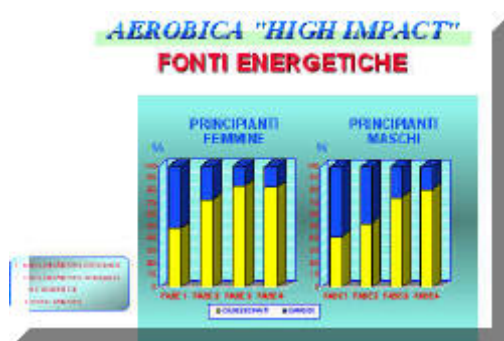


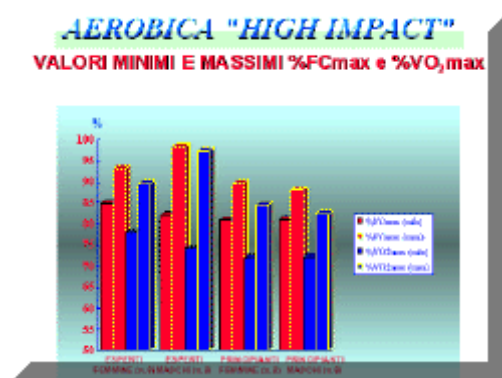
FIG. 38) PERCENTUALE DI UTILIZZO PER CIASCUN GRUPPO DURANTE CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE, DELLE DUE FONTI ENERGETICHE PRINCIPALI (CARBOIDRATI E GRASSI)



**FIG. 39)** PERCENTUALE DI UTILIZZO PER CIASCUN GRUPPO DURANTE CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE, DELLE DUE FONTI ENERGETICHE PRINCIPALI (CARBOIDRATI E GRASSI)



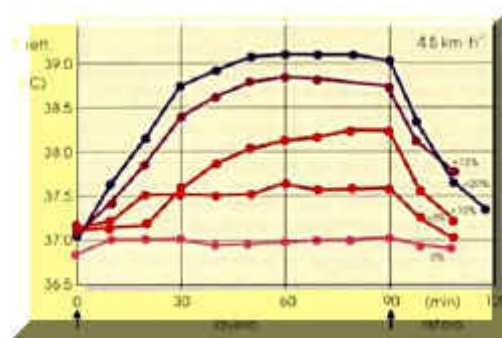
**FIG. 40)** VALORI MASSIMI E MINIMI DI FC E VO<sub>2</sub>, RILEVATI IN CIASCUN GRUPPO E DURANTE CIASCUNA FASE DELLA LEZIONE, ESPRESI COME PERCENTUALE DEI VALORI DI FC<sub>MAX</sub> E VO<sub>2</sub>MAX



**FIG. 41)** PERDITE DI LIQUIDI CORPOREI PER CIASCUN GRUPPO RELATIVE A TUTTA LA LEZIONE



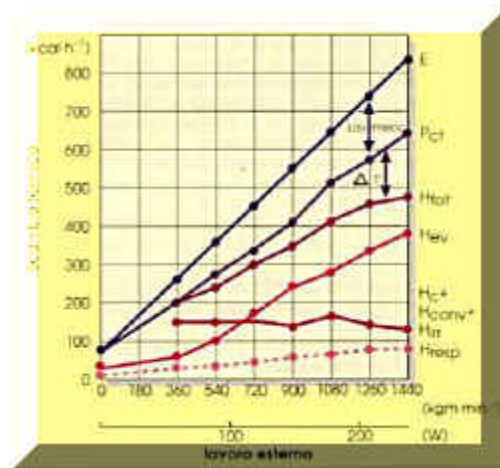
**FIG. 42)** TEMPERATURA RETTALE (T.RETT.) RISCOVRATA IN UN SOGGETTO IN FUNZIONE DEL TEMPO DURANTE ESERCIZIO DI MARCIA SU ERGOMETRO TRASPORTATORE ALLA VELOCITÀ COSTANTE DI 4.5 KM X H<sup>-1</sup> ED ALL'INCLINAZIONE DEL TERRENO INDICATA (DA: CERRETELLI P., 1985)



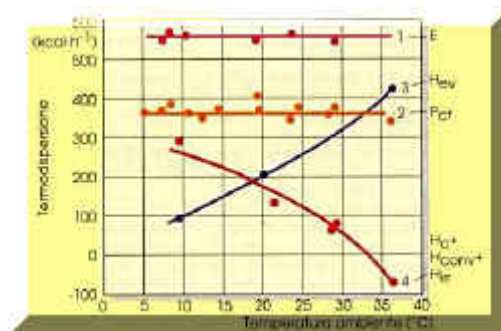
**FIG. 43)** ENTITÀ DEGLI SCAMBI TERMICI (KCAL X MIN<sup>-1</sup>) A RIPOSO E NEL CORSO DI ESERCIZI DI INTENSITÀ CRESCENTE (KGM X MIN<sup>-1</sup> O WATT) IN UN SOGGETTO NUDO CHE SI TROVA IN UN AMBIENTE DI ARIA A 21° C.

<b>E =</b>	DISPENDIO TOTALE DI ENERGIA
<b>P<sub>CT</sub> =</b>	PRODUZIONE TOTALE DI CALORE
<b>H<sub>TOT</sub> =</b>	EMISSIONE TOTALE DI CALORE
<b>H<sub>EV</sub> =</b>	PERDITA DI CALORE PER EVAPORAZIONE
<b>H<sub>C</sub> + H<sub>CONV</sub> + H<sub>IRR</sub> =</b>	EMISSIONE DI CALORE PER CONDUZIONE, CONVEZIONE E IRRADIAZIONE
<b>H<sub>RESP</sub> =</b>	EMISSIONE DI CALORE PER EVAPORAZIONE POLMONARE: TALE ALIQUOTA È COMPRESA NELLA CURVA H <sub>EV</sub>

LA DISTANZA TRA LA CURVA E E LA CURVA P<sub>CR</sub> INDICA L'ENTITÀ DEL LAVORO MECCANICO COMPIUTO, MENTRE LA DISTANZA P<sub>CR</sub> - H<sub>TOT</sub> È UN INDICE DELL'AUMENTO DELLA TEMPERATURA CORPOREA DEL SOGGETTO (DELTA T°)  
(DA CERRETELLI P., 1985)



**FIG. 44)** CONTRIBUTO DEI DIVERSI MECCANISMI DI TERMODISPERSIONE IN UN SOGGETTO NUDO CHE COMPI UN ESERCIZIO DELL'INTENSITÀ DI 900 KGM X MIN<sup>-1</sup> E DELLA DURATA DI 30-40 MIN IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE. PER I SIMBOLI, VEDI FIG. 16.



**FIG. 45)** PERCENTUALE DI EVAPORAZIONE DEL SUDORE IN FUNZIONE DELL'UMIDITÀ AMBIENTALE. SI NOTI COME LA CORRELAZIONE TRA I DUE PARAMETRI SI PRESENTI LINEARE, INVERSAMENTE PROPORZIONALE E CON INDICE DI CORRELAZIONE UGUALE A 1. DALL'ANALISI DI QUESTA RELAZIONE APPARE EVIDENTE COME, CON L'AUMENTARE DELL'UMIDITÀ, DEVE ESSERE PRODOTTA, PER PERDERE 1 KCAL, UNA QUANTITÀ DI SUDORE PROGRESSIVAMENTE SUPERIORE A 1.724 GRAMMI; TALE QUANTITÀ, OVVIAMENTE, È FUNZIONE DIRETTA DELLA FRAZIONE DI EVAPORAZIONE. PER TUTTI I VALORI DI UMIDITÀ AMBIENTALE È PERTANTO POSSIBILE CALCOLARE LA PRODUZIONE DI SUDORE, QUINDI LA PERDITA DI LIQUIDI CORPOREI, CHE SI RENDE NECESSARIA PER GARANTIRE, CON L'EVAPORAZIONE, LA TERMODISPERSIONE.



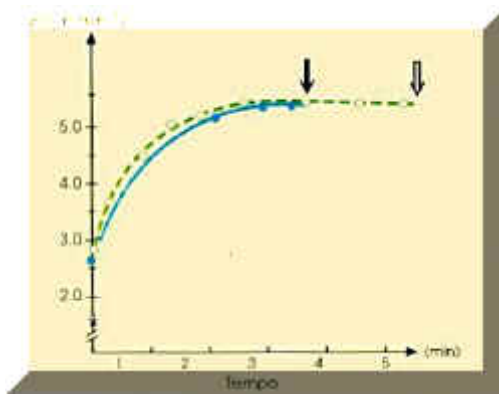
**FIG. 46)** VALORI DI TEMPERATURA (°C) ED UMIDITÀ (%) RILEVATI IN PALESTRA NEL CORSO DELLE LEZIONI MEDIANTE IMPIEGO DI UNA CENTRALINA METEOROLOGICA PORTATILE. SI TENGA PRESENTE CHE LO STUDIO È

STATO CONDOTTO NEI MESI DI NOVEMBRE E DICEMBRE. SI NOTI LA COSTANZA DELLA TEMPERATURA, GARANTITA DA UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO TERMOSTATATO, ED IL RILIEVO DI UN'UMIDITÀ PIÙ ELEVATA PER I DUE GRUPPI DI ESPERTI. QUEST'ULTIMO ASPETTO TROVA SPIEGAZIONE NEL FATTO CHE LE LEZIONI DESTINATE AGLI ESPERTI, PROGRAMMATE NEL TARDO POMERIGGIO, SONO SEMPRE STATE EFFETTUATE SUCCESSIVAMENTE ALLE LEZIONI DEI PRINCIPIANTI, QUINDI IN UNA CONDIZIONE IN CUI ALL'UMIDITÀ DI PARTENZA SI ERA AGGIUNTA, NELL'AMBIENTE CHIUSO DELLA PALESTRA, UN'ULTERIORE QUOTA DI VAPORE ACQUEO.

**AEROBICA "HIGH IMPACT"**  
**TEMPERATURA ED UMIDITA' RILEVATE DURANTE L'ESERCIZIO**

	TEMPERATURA (°C)	UMIDITA' (%)
ESPERTI (FEMMINE n.8)	18	76
ESPERTI (MASCHI n.8)	18	76
PRINCIPIANTI (FEMMINE n.8)	18	68
PRINCIPIANTI (MASCHI n.8)	18	68

**Fig. 47)** CONSUMO DI OSSIGENO (LITRI X MIN<sup>-1</sup>) 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 FRECCHE INDICANO IL MASSIMO TEMPO DI LAVORO (DA: ASTRAND P.O., 1986)



**Fig. 48)** IL SUDORE, COME NOTO, PUR ESSENDO IPOTONICO RISPETTO AGLI ALTRI LIQUIDI CORPOREI CONTIENE UNA SIGNIFICATIVA QUANTITÀ DI ELETTROLITI. IN FIGURA APPAIONO LE LORO CONCENTRAZIONI MEDIE IN CONFRONTO CON IL PLASMA, L'INTERSTIZIO E LE CELLULE MUSCOLARI. I VALORI SONO ESPRESI IN mOsm/L PER L'OSMOLARITÀ ED IN mEq/L PER GLI ELETTROLITI.

**OSMOLARITÀ E CONCENTRAZIONE DI ELETTROLITI NEL SUDORE E NEI DIVERSI COMPARTIMENTI DELL'ORGANISMO**

	SUDORE	PLASMA	INTERSTIZIO	CELLULE MUSCOLARI
Osm	80-180	300	300	300
Na <sup>+</sup>	60	140	140	10
Cl <sup>-</sup>	50	105	115	2
K <sup>+</sup>	6-8	4.5	4.5	145
Mg <sup>++</sup>	1-2	1.5	1.5	30-40

**FIG. 49)** PERDITA DI ELETTROLITI PER UNA PRODUZIONE DI SUDORE DI CIRCA 4 LITRI, ESPRESSA IN VALORE ASSOLUTO (mEq) E COME PERCENTUALE DEL PATRIMONIO CORPOREO TOTALE

**PERDITA DI ELETTROLITI CON IL SUDORE  
(SUDORAZIONE = 4 LITRI)**

	mEq	% del patrimonio totale
Na <sup>+</sup>	160	5
Cl <sup>-</sup>	140	7
K <sup>+</sup>	16	1
Mg <sup>++</sup>	12	1