

L'ALIMENTAZIONE NELL'ATTIVITÀ SPORTIVA

L'interesse per l'alimentazione dell'atleta durante il periodo di allenamento e prima della gara, non è nuovo; risale ad almeno 2000 anni! Questo è il motivo per cui tante credenze, tanti tabù, tante superstizioni alimentari si riferiscono a questo argomento.

Ancora oggi alcuni allenatori ed alcuni atleti attribuiscono addirittura effetti taumaturgici a certi cibi e bevande. Il fatto poi che talvolta l'allenatore e lo sportivo stesso, seguendo tali credenze, arrivano al successo, viene preso come conferma delle loro teorie.

L'uso di mangiare grosse quantità di carne per sostituire le ipotetiche perdite di materiale proteico dai muscoli durante l'esercizio atletico era già in uso presso i maratoneti dell'antica Grecia.

La scoperta poi delle vitamine ha aperto ulteriormente la fantasia dei sognatori di gloria sulla base della semplice considerazione che se poche vitamine fanno bene e mantengono lo stato di salute, figuriamoci tante...!

In linea generale possiamo anticipare che, a parte alcuni particolari accorgimenti di cui parleremo più avanti, l'alimentazione di un atleta non differisce qualitativamente dalla alimentazione di un qualsiasi individuo in condizioni fisiologiche, sano. Pertanto i criteri che devono ispirare gli allenatori e gli atleti stessi nello stabilire una razione alimentare sono quelli dell'alimentazione in generale, vale a dire che il problema deve ridursi ad un'intelligente analisi della prestazione e della completa comprensione del bilancio tra spesa di energia per il lavoro fisico ed introduzione di energia (sotto forma di alimento) per sopperire alla spesa stessa.

Innanzitutto occorre chiarire il concetto di quoziente respiratorio (Q.R.), cui i fisiologi della nutrizione attribuiscono grande importanza. Il Q.R. rappresenta il rapporto tra anidride carbonica prodotta dal soggetto (cioè eliminata con la respirazione) e l'ossigeno consumato dallo stesso soggetto durante un uguale periodo di osservazione.

Questo rapporto, se ben valutato e ponderato, ci fornisce indicazioni estremamente utili al fine di stabilire qual'è il materiale, cioè l'alimento, che il nostro soggetto « usa di più » durante un certo periodo della giornata. Infatti è noto che quando un organismo brucia preferenzialmente carboidrati il suo Q.R. si avvicina al valore di 1, mentre quando brucia di preferenza grassi il Q.R. si avvicina a 0,7, e il bruciare proteina comporta un Q.R. intorno a 0,85.

Inoltre, poichè le proteine sono in pratica le uniche sostanze che contengono grosse quantità di azoto nella loro molecola, l'esame dell'azoto urinario, cioè quello escreto con l'emuntorio renale, ci fornirà un'ulteriore grossa indicazione di quante proteine vengono bruciate dal soggetto per l'esecuzione di un certo tipo di esercizio, in un determinato intervallo di tempo ed in certe condizioni (va ricordato che ad ogni grammo di azoto eliminato corrispondono circa 6,25 gr di proteine consumate).

Conoscendo poi il Q.R. delle proteine si risale facilmente non solo a quale alimento il soggetto usa, ma anche a quanto ne usa in determinate circostanze. Quindi, mi sembra utile sottolineare il fatto che la conoscenza del quoziente respiratorio di un individuo riveste particolare importanza nei riguardi dell'atteggiamento che poi andrà preso e delle conseguenti indicazioni circa l'alimento che per *quel soggetto* e per *quel tipo di prestazione atletica* va introdotto.

In altri termini, quando si vuol stabilire una dieta per un campione, occorre conoscere, sia pure indirettamente, il suo *atteggiamento metabolico* durante l'allenamento e durante l'esercizio sportivo vero e proprio. Ciò che è stato bruciato deve essere reintrodotta!

Pertanto, a parte il caso del singolo campione che deve essere considerato singolarmente con una osservazione scientifica veramente oculata, per una collettività di atleti si possono stabilire dei criteri generali che vanno considerati, non solo dal punto di vista di *quanto* e *cosa* introdurre, ma anche di *come* introdurre l'alimento che necessita, ed in fine *a chi* occorre in modo particolare.

Prima di prendere in esame i singoli punti: *quanto*, *cosa*, *come* ed *a chi*, è opportuno fare una premessa di carattere generale.

L'organismo umano non ha la capacità di accumulare proteine, vale a dire che non è possibile, se non in misura estremamente limitata, accumulare proteine nei tessuti per poi mobilitarle al momento del bisogno.

La capacità di accumulo di glucidi (o carboidrati o zuccheri) è invece già più spiccata e deriva dalla possibilità di depositare nei muscoli e nel fegato notevole quantità di *glicogeno* il quale rappresenta « la banca » dei

carboidrati dalla quale l'organismo può «prelevare» in funzione dei bisogni e delle condizioni in cui la prestazione atletica si verifica (fig. 1).

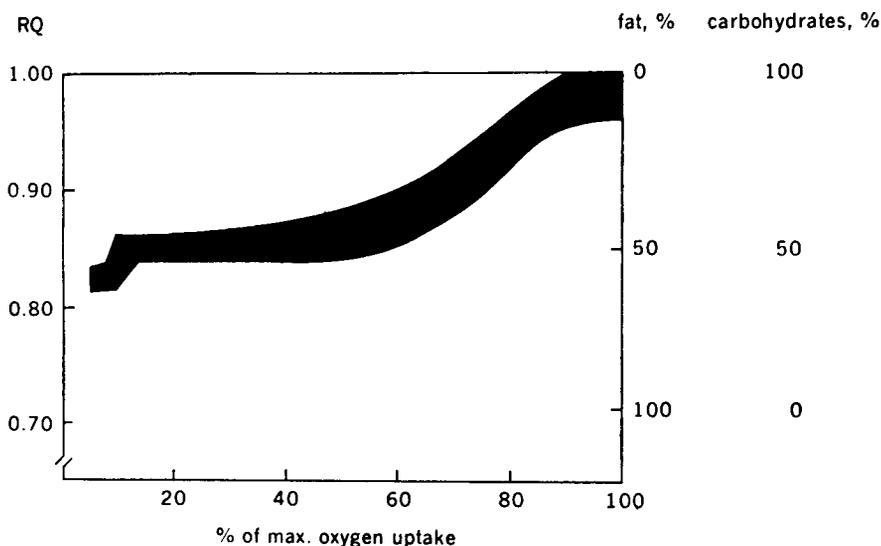


Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle relazioni intercorrenti fra:

- quoziente respiratorio (RQ; in ordinata a sinistra);
- consumo di ossigeno, espresso come percentuale del consumo massimo (% of max. oxygen uptake; in ascissa);
- percentuale di energia fornita dai grassi (fat, %) e dagli zuccheri (carbohydrates, %; in ordinata a destra).

E' possibile osservare come, con l'aumentare del consumo di ossigeno, il quoziente respiratorio tende a spostarsi verso l'unità, per una più notevole partecipazione degli zuccheri ai processi energetici.

Anche per quanto riguarda i lipidi (o grassi) esistono dei depositi nell'organismo in cui queste sostanze si possono accumulare e dai quali possono essere mobilizzate in caso di necessità.

Va sottolineato che, mentre i carboidrati di deposito vengono mobilizzati più prontamente dall'organismo rispetto ai lipidi, è pur vero che per ogni grammo di glicogeno che si deposita vengono immagazzinati anche circa 3 gr di acqua, il che è un fattore che può essere talvolta negativo in quanto si ha un aumento del peso corporeo con sostanze energeticamente nulle.

Attualmente è stato dimostrato che *la partecipazione in percentuale di grassi e di carboidrati nella miscela metabolica che l'atleta brucia durante l'esercizio sportivo dipende da un gran numero di fattori, tra cui l'intensità e la durata del lavoro in funzione della capacità aerobica del soggetto.*

Nel lavoro aerobico infatti (lavoro che non fa contrarre debito di ossigeno) la partecipazione dei grassi arriva fino al 70%.

Nel lavoro pesante, in cui i processi metabolici sono in parte anche anaerobici, la maggiore partecipazione è quella dei carboidrati.

In soggetti alimentati per molti giorni con diete ad alto contenuto in grassi, in cui solo il 5% era rappresentato da carboidrati, erano in grado di lavorare ad un certo regime solo per 1 ora e, durante tale periodo, dal 70 al 99% dell'energia utilizzata derivava dai grassi (fig. 2).

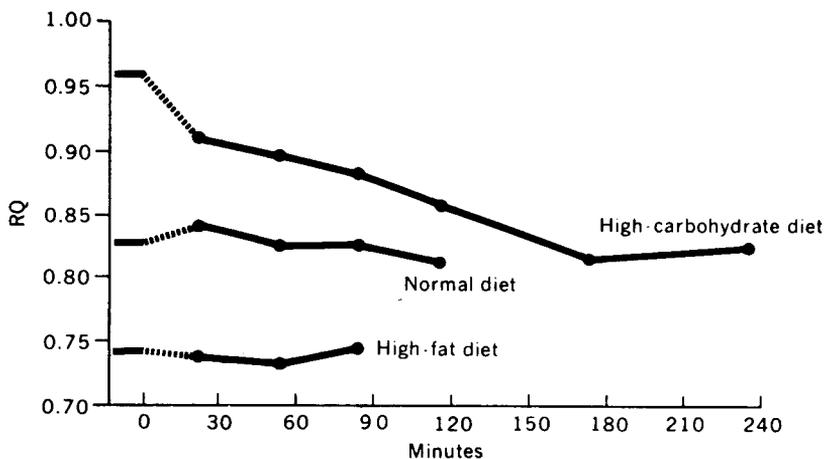


Fig. 2 - Variazioni del quoziente respiratorio (RQ; in ordinata) in funzione del tempo (in minuti; in ascissa) in atleta che compie una prestazione pari a 1080 Kilogrammetri/minuto. L'atleta ha svolto la prestazione dopo un periodo di alimentazione con: dieta normale (Normal diet), dieta ricca di grassi (High-fat diet) o dieta ricca di carboidrati (High-carbohydrate diet).

In soggetti alimentati con dieta al 90% in carboidrati, lo stesso lavoro standard poteva essere prolungato fino a 4 ore.

Il controllo biotico di pezzetti di muscoli prelevati durante l'esecuzione di un lavoro al cicloergometro, ha chiaramente dimostrato tre fatti:

- 1) che la capacità lavorativa di un soggetto dipende dal contenuto in glicogeno del muscolo che sta eseguendo il lavoro;
- 2) che il contenuto in glicogeno del muscolo è fortemente regolato da fattori locali che possono essere sollecitati con l'allenamento;
- 3) che un elevato contenuto in glicogeno nel muscolo che lavora non fa aumentare la capacità massima del muscolo ad erogare lavoro, ma ne prolunga la prestazione allontanando così i sintomi della fatica (fig. 3).

Il problema si sposta quindi a considerare quali fattori dietetici possono condizionare un maggior accumulo di carboidrati nel muscolo.

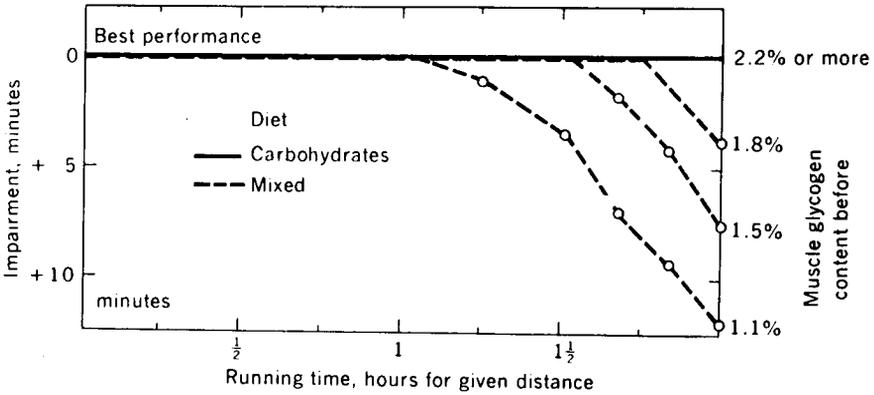


Fig. 3 - Interrelazioni fra:

- contenuto percentuale di glicogeno muscolare (Muscle glycogen content before) prima della prestazione atletica (in ordinata, a destra);
- tempi in cui si sono fatti i rilievi durante la prestazione atletica (Running time, hours for given distance; in ascissa) consistente in una corsa di 30 Km;
- deficit della prestazione, espresso come minuti impiegati in più rispetto al tempo di migliore performance (impairment, minutes; in ordinata, a sinistra).

Notare come durante la prima ora non si siano verificate variazioni.

Esperimenti accuratamente eseguiti hanno dimostrato che tre giorni di alimentazione ricca in carboidrati danno un contenuto in glicogeno muscolare di circa 3,5 gr/100 gr di muscolo (valori normali: circa 1,7 gr/100 gr di muscolo), e che il risultato migliore per accumulare glicogeno muscolare lo si ottiene svuotando con un modico e prolungato esercizio i depositi di glicogeno, tenendo quindi il soggetto per 1-2 giorni con alimentazione mista e poi alimentandolo con diete fortemente ricche in carboidrati (fig. 4).

Veniamo ora a considerare più specificatamente il problema dell'alimentazione. Innanzitutto è necessario tenere ben presente che l'ingestione di cibo causa una redistribuzione della massa sanguigna dal settore muscolare a quello gastrico ed intestinale, per cui l'esercizio fisico dopo il pasto determina un conflitto per l'approvvigionamento di sangue; perciò la prestazione atletica non deve essere svolta subito dopo una assunzione di cibo di una certa consistenza. In linea generale il pasto pre-gara dovrebbe essere ingerito almeno due ore e mezza prima dell'esercizio atletico. Inoltre

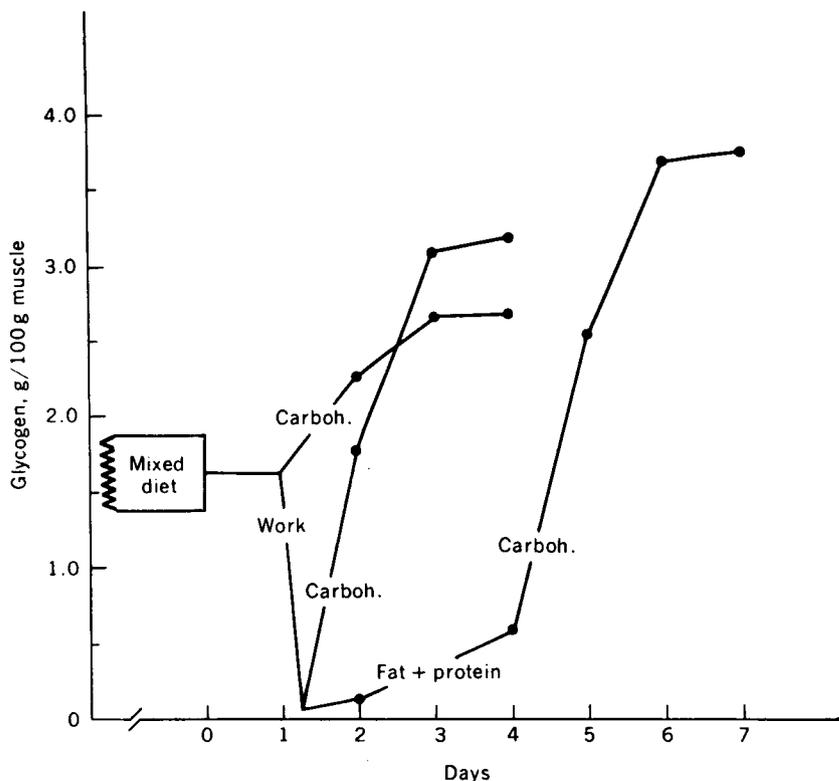


Fig. 4 - Possibilità di variare nel tempo, misurato in giorni (Days, in ascissa), il contenuto percentuale di glicogeno muscolare (Glycogen, g/100 g muscle; in ordinata). Inizialmente gli atleti sono nutriti con dieta mista (Mixed diet); al giorno 1 una parte di essi riceve carboidrati (Carboh.) mentre l'altra parte di essi svolge una prestazione atletica di rilievo al termine della quale alcuni atleti sono nutriti con grassi e proteine (Fat+protein) e gli altri atleti con carboidrati (Carboh.).

tale pasto deve essere leggero e deve consistere essenzialmente di quei cibi che soggettivamente sono considerati i più facilmente digeribili.

E' consigliabile inoltre evitare di ingerire abnormi quantità di carboidrati prima dell'evento atletico, essendosi dimostrato che una eccessiva ed irrazionale ingestione di zucchero poche ore prima di un forte lavoro può talvolta addirittura ridurre la massima performance.

Nel caso di eventi atletici che implicano la messa in attività, ad elevato livello di prestazione, di numerosi gruppi muscolari per un periodo di 1 ora o più, l'esperienza suggerisce che è bene che l'atleta ingerisca una buona quantità di carboidrati nei giorni precedenti l'evento atletico, per accrescere i depositi di glicogeno; si dovrà inoltre evitare lavoro pesante o impe-

gnato prima dell'evento, allo scopo di non depauperare i depositi di glicogeno esistenti.

D'altra parte è consigliabile di non nutrirsi regolarmente con diete monodirezionalmente ricche in carboidrati, in quanto ciò indirizza i processi metabolici ad un eccessivo sfruttamento metabolico di carboidrati invece di una utilizzazione bilanciata anche di acidi grassi liberi.

Se il periodo della gara è molto lungo, prima del periodo di riscaldamento, può essere vantaggioso ingerire moderate quantità di carboidrati possibilmente sotto forma di soluzione glucosata. Ad esempio, durante una 50 Km sciistica si può ingerire fino ad 1 litro di una soluzione contenente fino ad un massimo di 400 g/litro di zuccheri, ripartendo le assunzioni in 5-6 volte. Poichè la soluzione è piuttosto concentrata è bene però abituarsi ad ingerirla durante gli allenamenti, per evitare spiacevoli sensazioni; lo stesso trattamento può ovviamente essere riservato per una lunga gara in bicicletta, per una marcia o per una maratona.

Va inoltre notato che la velocità di assorbimento di glucosio, acqua e minerali da parte del tratto gastroenterico non è influenzata dalla concomitanza di un esercizio sportivo, a patto che questo non determini la necessità di un consumo di ossigeno maggiore del 70% di quello massimale.

Lo svuotamento gastrico e l'assorbimento intestinale delle soluzioni saline è sufficientemente rapido da riparare le perdite di elettroliti che, a mezzo del sudore, si verificano durante l'esercizio, specie se di impegno protratto e in condizioni climatiche particolari.

Bisogna in ogni caso ricordare che l'aggiunta di glucosio all'acqua può causare una inibizione del normale svuotamento gastrico; inoltre forti concentrazioni di zucchero in acqua determinano la permanenza di eccessive quantità di acqua o di liquidi organici nello stomaco: ciò può portare, durante la performance, a senso di oppressione in sede gastrica, a dolorabilità in sede addominale, ecc.

Il problema è quindi di stabilire quanto debba essere concentrata la soluzione da ingerire: in linea generale si preferiscono le soluzioni al 10%, ma taluni atleti tollerano bene anche soluzioni al 40%: è solo quindi con un attento esame obiettivo e soggettivo che si possono stabilire le concentrazioni ottimali (dal 10% al 40%) relative ad ogni singolo atleta.

Con eccezione dei giorni precedenti e del giorno della gara, l'atleta deve consumare una dieta che deve avere la caratteristica essenziale di essere qualitativamente *bilanciata*.

Volendo bilanciare in una dieta la componente chetogena con quella antichetogena, la proporzione fra le varie sostanze alimentari deve rispettare la formula generale

$$L \leq \frac{1}{2} P + 2G$$

dove L = lipidi

P = proteine

G = glucidi

Cioè i grassi non devono superare la somma della metà delle proteine e del doppio dei carboidrati.

Va tenuto presente che mentre 1 g di grassi produce circa 9 calorie, 1 g di zuccheri o di proteine ne producono circa 4.

E' stato notato che la riduzione a 4 g/die di proteine per un periodo di 10 giorni non modifica la performance atletica, che non è d'altra parte aumentata dalla ingestione di 160 g al giorno di proteine. La richiesta proteica (a parte eventuali periodi di convalescenza e di accrescita delle masse muscolari) arriva fino ad 1 g di proteine per Kg di peso corporeo.

Un atleta di 70 Kg necessita quindi di almeno 70 g di proteine al giorno (pari alla produzione di 280 calorie).

Per quanto riguarda la distribuzione e la frequenza dei pasti durante la giornata, sembra che non vi sia nessun motivo fisiologico per modificarla, ad eccezione della prima colazione del mattino che deve avere una consistenza maggiore di quella che si è solito attribuirle. Infatti più pasti frequenti ma leggeri sono da preferirsi a pochi pasti abbondanti; una dieta bilanciata e frazionata migliora la prestazione, non foss'altro che per ragioni fisiologiche: pertanto si raccomanda che la dieta di un atleta sia distribuita in almeno tre pasti al giorno.

E' noto che la deficienza vitaminica causa una riduzione della capacità atletica, ma uno stato di avitaminosi è veramente difficile da realizzare in un soggetto che si alimenti con dieta mista. Pertanto, mentre è giusto che la dieta abbia un normale contenuto di vitamine, risulta illusorio il pensare di ottenere un miglioramento della performance con un aumento della loro introduzione. Particolare favore presso gli atleti gode l'uso del complesso vitaminico B quale attivatore della capacità sportiva, ma tutti gli studi condotti con rigore scientifico sono stati, senza eccezione, negativi.

Nel caso di vitamine idrosolubili poi, una eccessiva ingestione nella dieta non fa che aumentarne la eliminazione con le urine!

E' stato notato che alcuni atleti hanno talvolta un basso tasso sierico di ferro; dato che il ferro è un costituente fondamentale dell'emoglobina e che l'emoglobina è il trasportatore dell'ossigeno, è evidente che una riduzione del ferro può causare un ridotto trasporto dell'ossigeno. Ciò però solo a condizione che questo basso livello costituisca il primo segno di una iniziale riduzione del contenuto in emoglobina del sangue. Pertanto non appare giustificata una somministrazione eccessiva di ferro nella dieta: questo elemento, come del resto lo zinco, il rame ed il cobalto devono essere somministrati specificatamente solo in caso di carenze organiche. In ogni altro caso la dieta bilanciata è in grado di fornire quantità assolutamente sufficienti di tali elementi, tutti di grande importanza per un mantenimento della emopoiesi a standard ottimali.

Un altro problema pratico è legato al fatto che alcuni atleti, quali i pugili, si assoggettano a diete globalmente carenti per ridurre il proprio peso per boxare ad es. in classi inferiori: ciò deve essere considerato assolutamente deleterio sia dal punto di vista fisico che da quello etico.

Durante una prestazione atletica, specie se intensa e prolungata, si possono perdere vari litri di acqua; il consiglio che in generale vien dato è quello di non bere durante la prestazione per evitare di aumentare la evaporazione. Questo consiglio è tuttavia in aperto contrasto col fatto fisiologico che la sudorazione è un processo vitale, il quale, durante il lavoro, aiuta a mantenere costante la temperatura corporea ed a ridurre l'eccessivo surriscaldamento; pertanto è preferibile rimpiazzare il liquido possibilmente alla stessa velocità con cui viene eliminato. E' opportuno inoltre, durante gli allenamenti che precedono la gara, introdurre i liquidi eventualmente persi, onde non giungere alla gara in condizioni di anche lieve disidratazione. Valga il concetto elementare che una larga disponibilità di acqua è sempre meglio di poca; nel primo caso infatti i reni penseranno ad eliminarne l'eccesso: si ricordi che una perdita dell'1-2% di acqua rispetto al peso corporeo può iniziare a dare disturbi sia soggettivi che oggettivi.

Una domanda che talvolta viene posta è quella che si riferisce alla eventuale introduzione di sali con l'acqua che viene bevuta: va ricordato a questo proposito che il sudore è ipotonico rispetto ai liquidi corporei, per cui la perdita di sale è piuttosto scarsa. Pertanto la sudorazione determina un aumento della concentrazione di cloruro di sodio nei liquidi corporei, per cui basta introdurre acqua per ristabilire la normale situazione. Un eccesso di cloruro di sodio introdotto con l'acqua può addirittura essere dannoso.

COSTO ENERGETICO DI ALCUNI SPORT

Sport	Calorie/ora	Sport	Calorie/ora
<i>Marcia:</i>		<i>Ginnastica:</i>	
2 Miglia/h	200	Corpo libero	200-500
3 »	250	<i>Golf</i>	300
4 »	300	<i>Tennis</i>	400-500
Corsa	800-1000	<i>Calcio</i>	550
<i>Ciclismo:</i>		<i>Canoa:</i>	
5 Miglia/h	250	2,5 Miglia/h	180
10 »	450	4,0 »	420
14 »	700		
<i>Equitazione:</i>		<i>Nuoto:</i>	
Marcia	150	Stile crawl	900
Trotto	500	<i>Sci:</i>	700
Galoppo	600	<i>Pattinaggio:</i>	300-700

L'INTEGRAZIONE NERVOSA NELLA PRESTAZIONE ATLETICA

Quando al mattino, svegliandoci, decidiamo che è giunto il momento di alzarci, questo atto, più o meno gradito a seconda dei soggetti, è terribilmente complicato per un fisiologo; quando poi si esegue qualche piegamento o un breve esercizio atletico, la cosa assume dimensioni enormi; basti pensare che il solo fatto di decidere di alzarsi dal letto implica la messa in opera di miliardi di cellule che, in modo ordinato e coordinato, fanno sì che l'atto possa compiersi nel migliore dei modi, nel più breve tempo possibile e con una minima spesa di energia.

Il sistema nervoso centrale (SNC) è la stazione di arrivo e di controllo che riceve le informazioni dagli esterocettori, cioè da altre cellule o gruppi di cellule specializzate, che reagiscono alla luce, al tatto, alla temperatura o agli agenti chimici, e dagli enterocettori, cioè da cellule o da gruppi di cellule che vengono stimulate dalla postura per esempio, o dagli organi viscerali.

A parte il fatto che non tutti, anzi una minima parte di questo complicato processo sia noto, è chiaro che una trattazione di tutti gli aspetti dell'integrazione operata dal SNC non possono essere trattati brevemente, pertanto occorre limitarci a considerare soltanto alcuni aspetti, scelti in modo che si possa intuire quale e quanta parte i centri nervosi superiori abbiano nel determinismo di un certo movimento, di una certa attività atletica.

Un chiaro esempio di come l'attività muscolare debba dipendere completamente dall'influenza del sistema nervoso, è dato dalla presenza della placca neuromotrice e dal fuso neuromuscolare; la prima è rappresentata dalla parte effettrice del movimento, il secondo dalla parte afferente, cioè il « servizio informazioni » del muscolo periferico.

L'attività muscolare è quindi in stretta ed evidente dipendenza dal sistema nervoso. Ma non possiamo fermarci a considerare solo questo punto, cioè soltanto questa influenza.

Sappiamo per esempio, che durante uno sforzo fisico anche di modesta entità, un numero notevole di fattori e di regolazioni entrano in gioco uno dopo l'altro, spesso nel modo più coordinato, per rendere non solo possibile l'esercizio stesso, ma per renderlo talvolta il più economico possibile.

Basti pensare, ad esempio, ad un muscolo o ad un gruppo muscolare che viene messo in azione per un determinato esercizio; fino a quando l'esercizio è di breve durata e di limitata intensità, esso non comporta grandi modificazioni, ma qualora aumenti di intensità o si prolunghi per un certo tempo la sua effettuazione non sarà soltanto legata alla placca neuromotrice di cui abbiamo visto il funzionamento o del fuso, ma sarà legata a modificazione, per esempio, della vascolarizzazione del muscolo, cioè in ultima analisi, ad un aumentato apporto di sangue e quindi di ossigeno e di sostanze nutritive al muscolo per potergli consentire di continuare a contrarsi.

La modificazione circolatoria che quindi si verifica comporta, non solo una variazione del tono nervoso a livello del circolo periferico, ma è il risultato, il più spesso delle volte, di una modificazione della pressione arteriosa sistemica generale, con redistribuzione del sangue nei diversi distretti circolatori dell'organismo. Ma una aumentata pressione arteriosa implica anche un aumento del lavoro cardiaco, il quale può essere sopportato mediante variazioni opportune del tono vegetativo.

Non ultima la respirazione, viene anch'essa influenzata ed adeguata ai bisogni dell'esercizio e quindi, frequenza e profondità del respiro si modificano anche esse per sopperire ai bisogni dell'esercizio muscolare.

Si può pertanto affermare che non esiste movimento, il più piccolo, che non sia sotto l'influenza regolatrice del Sistema Nervoso, intendendo con questa parola sia il Sistema Nervoso Centrale che quello Periferico, che quello Vegetativo.

Non va poi dimenticato l'effetto che lo stato d'animo dell'atleta produce sulla sua performance; il « giocare in casa » non è tanto legato alla conoscenza più o meno profonda del terreno su cui si svolge la gara, ma implica un particolare stato affettivo del soggetto e di incitamento da parte del proprio pubblico, che, il più delle volte, modificano la performance atletica aumentandola notevolmente e ciò è stato documentato scientificamente anche in laboratorio.

L'atto muscolare volontario origina nella corteccia cerebrale.

La esatta sequenza nella contrazione dei diversi muscoli implicati nell'esercizio è guidata dal cervelletto che funziona come organo di correlazione per la muscolatura scheletrica.

Durante un esercizio, il sistema nervoso centrale riceve costantemente un flusso di stimoli che poi vengono trasmessi ai muscoli, ai tendini, ai legamenti ed alle articolazioni.

Mediante questo flusso, i muscoli e le articolazioni sono in grado di proseguire l'atto iniziato e quindi far procedere l'esercizio.

Molti di questi aggiustamenti sono soltanto riflessi.

Di speciale interesse sono le funzioni del labirinto che regola la posizione del capo e l'aggiustamento della postura.

Quando un animale, quale il gatto viene fatto cadere dall'alto con le zampe rivolte verso l'alto, cade sul pavimento sempre sulle sue zampe, non sbaglia mai. In questo processo è la testa che inizia la rotazione del corpo verso il basso.

L'azione « guidante » è anche di fondamentale importanza nell'atletica. Un uomo che sollevi un peso al di sopra della sua testa, girerà la testa verso il braccio che sta compiendo l'esercizio.

Nel golf, nello sci, nel pattinaggio, una scorretta posizione della testa determinerà una prestazione scadente.

Nelle persone normali la testa ha un ruolo guida anche se esse hanno gli occhi chiusi, se invece gli utricoli ed il sacculo sono distrutti, la chiusura degli occhi fa perdere il senso dell'orientamento nello spazio, ed il soggetto non è in grado di mantenere l'equilibrio.

I sordomuti hanno più spesso il labirinto danneggiato, e mantengono l'equilibrio solo con la vista, questo è il motivo per cui i sordomuti non devono nuotare al buio.

Imparare un esercizio richiede molta concentrazione e pratica.

Deve esservi un lungo periodo durante il quale ci si abitua all'esercizio.

Per mezzo dell'allenamento molti dei dettagli tecnici che vengono eseguiti all'inizio mediante concentrazione, vengono poi eseguiti quasi inconsciamente, automaticamente.

Tipico è l'atteggiamento dell'automobilista principiante e quello di chi è abituato alla guida.

Una delle più importanti variazioni fisiologiche indotte dalla attività muscolare riguarda la circolazione sanguigna.

Questo è un ingranaggio essenziale in quanto, se la circolazione muscolare non aumenta, la contrazione non può essere sostenuta per lungo tempo e perciò l'esercizio deve fermarsi.

L'aumento della circolazione è necessario per molte ragioni:

- per l'apporto di una maggior quantità di materiale, soprattutto O_2 come fonte di energia per la contrazione;
- per rimuovere i prodotti di rifiuto, quale il CO_2 , l'ac. lattico, che altrimenti rapidamente si accumulerebbero e ridurrebbero la funzione muscolare; e
- per consentire una maggior dissipazione del calore prodotto dalla attività muscolare.

Eccetto che per i piccoli e localizzati movimenti implicanti soltanto pochi gruppi muscolari, la portata cardiaca deve aumentare durante il lavoro.

Inizialmente è necessario esaminare le richieste circolatorie durante l'esercizio.

Le variazioni che avvengono a livello del muscolo che si contrae e la domanda che è necessaria per svolgere un lavoro, causano una catena di eventi nella circolazione.

La contrazione muscolare implica, come abbiamo accennato, l'uso delle scorte di energia come combustibile, generalmente ossidate nei processi di liberazione dell'energia.

Poichè le riserve di ossigeno corporeo sono minime, l'ossigeno deve continuamente essere fornito da parte del circolo, per fare proseguire i processi ossidativi.

Quando l' O_2 è disponibile, la contrazione muscolare viene portata avanti con i processi aerobici e poco o nulla di ac. lattico viene formato. L'acido piruvico è ossidato a CO_2 ed H_2O .

Quando l'apporto di O_2 è inadeguato alla richiesta, i processi anaerobici possono sostituire in parte quelli aerobici, ed energia è ancora disponibile.

Quando il lavoro è fatto anaerobicamente si può arrivare alla produzione limite di 3-4 grammi di ac. lattico per secondo.

Quando quindi si richiede una grossa quantità di O_2 ai muscoli ed una efficiente asportazione di CO_2 , il sistema cardio-polmonare deve operare adeguatamente attraverso una serie di tappe:

1) *1ª tappa* - implica l'introduzione di aria dall'ambiente esterno, da miscelare con i gas polmonari. Questa tappa implica una deformazione polmonare prodotta dai muscoli respiratori, durante l'inspirazione e l'espirazione.

La più importante richiesta di questo processo meccanico è: *a)* il gas inspirato deve essere distribuito uniformemente alle unità terminali dei polmoni, dove lo scambio O_2 - CO_2 avviene con il sangue e, *b)* l'energia richiesta per determinare questo scambio gassoso deve essere così elevata che una parte dell' O_2 addizionale deve essere speso per l'extra lavoro dei muscoli respiratori.

2) *2ª tappa* - La seconda tappa implica la diffusione dell' O_2 introdotto con il sangue.

Oltre alle caratteristiche chimico-fisiche del sangue e degli alveoli per questo scambio, il fattore più importante è rappresentato dall'area di superficie di scambio cioè dalla superficie alveolare.

3) *3ª tappa* - E' riferita alla velocità con cui il cuore pompa il sangue e quindi è regolata dai meccanismi riflessi cui abbiamo accennato. In pratica la quantità di O_2 che può essere trasportato dal sangue ai tessuti è limitata dalla quantità di emoglobina contenuta nei globuli rossi.

Perciò l'unica via mediante la quale più O_2 può essere portato ai tessuti è quella di aumentare il flusso, confortato da una aumentata estrazione di O_2 da parte dei tessuti.

Durante l'esercizio entrambi questi fattori sono molto importanti. Va notato che non tutto l'extra O_2 che viene richiesto deve servire i muscoli, ma una aliquota deve andare alla cute per provvedere al raffreddamento del corpo.

4) *la 4ª tappa* implica il trasporto dei gas del sangue ai muscoli dove l' O_2 viene utilizzato, e la diffusione della CO_2 dai muscoli verso i polmoni dove viene eliminata.

I fattori implicati in questo aspetto del processo sono per la massima parte ignoti, ma probabilmente implicano la circolazione capillare/unità di massa muscolare, ed il gradiente di diffusione richiesto per il flusso di gas verso i polmoni.

5) *5ª tappa* - La tappa finale nell'utilizzazione dell' O_2 è determinata dalla velocità con cui il trasferimento dell' O_2 dallo stato molecolare viene

incorporato nelle molecole ossidate. L'affinità dell'O₂ per gli enzimi è così alta che la velocità di utilizzazione è praticamente non influenzata finché la concentrazione di O₂ non cade molto in basso.

Vediamo ora più da vicino questi processi.

La portata cardiaca - Il più importante fenomeno nella funzione cardio-vascolare durante l'esercizio muscolare è l'aumento della portata cardiaca, cioè il volume di sangue espulso dal cuore dell'unità di tempo.

Una maggior portata può essere ottenuta per effetto di un aumento sia della frequenza che della gettata.

Per un aumento di 10 volte del consumo di O₂, la portata cardiaca aumenta di 5 volte.

Questo aumento è prodotto direttamente dall'effetto nervoso ed umorale sul cuore stesso e da un aumento del ritorno di sangue al cuore dalla circolazione periferica.

La portata cardiaca = Frequenza cardiaca × gettata cardiaca ed è anche uguale al consumo di O₂ (cc/min) diviso per la differenza Arterio-Venosa (A-V) media (ml/l).

Conseguentemente la portata cardiaca è uguale a:

$$P.C. = \text{freq. Card.} \times \text{Gett. sist.} = \frac{\text{Cons. O}_2 \text{ totale}}{\text{Diff. A-V media}}$$

Conseguentemente:

Cons. O₂ totale = Freq. Card. × Gett. Sist. × Diff. A-V media, ad un consumo O₂ maggiore di un litro/min. la differenza A-V e la gett. sist. rimangono piuttosto costanti per ogni soggetto, anche se vi sono differenze tra i soggetti.

Questa costanza rende conto della relazione diretta trovata tra freq. card. e portata o consumo O₂.

Le modificazioni della frequenza cardiaca e della gettata hanno circa la stessa influenza nell'aumentare la portata cardiaca.

La gettata sistolica a riposo varia da caso a caso, e dipende dalla postura del soggetto, diventando circa del 30% minore nella posizione « in piedi » rispetto alla « sdraiata ».

Per un soggetto maschio in piedi la gettata è circa 60-80 ml per battito.

A causa del cuore più piccolo, nella donna la gettata è minore e la frequenza è del 20% maggiore, a parità di consumo di O₂. Durante l'esercizio moderato o forte la gettata sistolica raddoppia o triplica e questo

aumento non è accompagnato da un apprezzabile aumento delle dimensioni del cuore.

L'aumento della gettata sistolica implica un maggior vigore nella contrazione cardiaca, mediata in parte almeno dal Sistema Nervoso e dall'azione ormonica sul cuore.

A riposo la frequenza cardiaca è spesso variabile, dipendendo non soltanto dalla postura ma anche dallo stato emotivo del soggetto. Generalmente nelle gare la frequenza cardiaca aumenta prima dell'esercizio, e questo aumento porta ad un proporzionale aumento della portata cardiaca.

Questa variazione dipende dall'atleta, cioè dal suo Sistema Nervoso.

Il grado con cui le variazioni si verificano dipende dalla partecipazione di impulsi provenienti dalla corteccia cerebrale non solo diretti al cuore ma anche indiretti attraverso una stimolazione del surrene.

Non appena inizia l'esercizio atletico la frequenza sale rapidamente. Con questa variazione la frazione di ogni ciclo cardiaco deputata alla sistole aumenta leggermente e la frazione deputata alla diastole si riduce.

Frequenze cardiache maggiori di 200 batt/min. sono state registrate in soggetti che davano una prestazione elevata, ma normalmente la frequenza cardiaca non supera le 3 volte il valore basale.

Quando l'esercizio termina la frequenza cardiaca per pochi secondi rimane a livello massimo avuto prima della fine dell'esercizio. Quindi interviene il ripristino e l'andamento dei parametri dipende dall'esercizio effettuato e dalle condizioni ambientali.

Variazione della pressione arteriosa e del ritorno venoso del sangue al cuore.

Le variazioni circolatorie durante il lavoro vengono ottenute con un leggero aumento della pressione arteriosa media.

Per questo motivo il flusso sanguigno nei diversi distretti corporei deve essere ridistribuito, ad esempio dai visceri addominali ai muscoli e, se necessario, alla cute.

Queste reazioni sono mediate e coordinate attraverso i centri vasomotori del midollo allungato.

Durante il lavoro aumenta la pressione arteriosa massima, ma la minima non aumenta.

Quando viene raggiunto un livello costante di consumo di O_2 la pressione diventa stazionaria. In queste condizioni la frequenza cardiaca continua ad aumentare indicando probabilmente un aumento della gittata/minuto.

Questo è ciò che avviene nel circolo sistemico. Nei diversi distretti corporei, avvengono delle modificazioni. I capillari cerebrali non reagiscono in modo particolare, mentre quelli cutanei sono soggetti a modificazioni pressorie.

Nei capillari polmonari si ha anche un effetto di spremitura dovuta alla contrazione muscolare.

Quando i muscoli si contraggono, si ha aumento della resistenza capillare ed il flusso probabilmente si riduce. Nello stesso tempo le vene profonde adiacenti ai muscoli si svuotano ed il sangue viene forzato a tornare al cuore.

Questo ritorno di sangue al cuore, viene ulteriormente aumentato dalla pompa respiratoria: effetto della depressione intratoracica che facilita il ritorno.

Il ritorno della pressione arteriosa al valore di riposo, dipende, nel periodo di ripristino, dall'intensità dell'esercizio svolto. Dopo un esercizio moderato di breve durata, la P. Arteriosa sistolica cade rapidamente a livello basale e vi rimane costante. Poichè la P. diastolica non cambia significativamente, la pressione pulsatoria subisce lo stesso effetto.

Dopo un esercizio esauriente la P.A. sistolica cade rapidamente al di sotto del valore basale e la diastolica subisce la stessa sorte o rimane costante, per cui, talvolta la pressione differenziale cade a 15-20 mmHg, 30-60 minuti dopo la pressione ritorna a livello normale.

Distribuzione del flusso

In aggiunta alle necessità di un aumento del flusso ai muscoli attivi, la distribuzione del sangue deve anche essere adeguata ai bisogni metabolici degli altri tessuti.

Per un esercizio eseguito a temperatura ambiente per un breve tempo il flusso cerebrale rimane costante: ciò indica che il flusso è sufficiente per mantenere i processi ossidativi per tutto il tempo.

In condizioni di riposo gran parte della portata cardiaca va a questi organi, ma con l'aumento dell'intensità dell'esercizio la proporzione di sangue che raggiunge gli organi si riduce ad una piccola frazione del totale. Nonostante la forte portata cardiaca, il flusso coronarico aumenta soltanto 2-3 volte. Questa piccola variazione del flusso riflette l'efficienza del cuore

come pompa. La grossa parte della portata circolatoria affluisce quindi ai muscoli. Ma la quantità attuale di sangue disponibile per i muscoli in esercizio è limitata non soltanto dalla capacità del cuore ad aumentare la portata cardiaca ma anche dalla frazione che fluisce attraverso la cute e che consente il raffreddamento e dalla frazione che affluisce ai muscoli respiratori.

Durante un lavoro pesante ciò implica non solo il diaframma, ma in pratica tutti i muscoli del tronco che, ad alti livelli di ventilazione polmonare sono necessari per assistere la respirazione.

Un punto importante è che l'ossigeno ed il flusso di sangue richiesto dalla pompa respiratoria aumentano rapidamente agli alti livelli di esercizio.

Comunque questa aliquota dipende anche dal modo con cui si effettua la respirazione.

Va notato che un altro importante meccanismo è quello che viene messo in funzione dai tessuti periferici.

In condizioni normali la differenza artero-venosa in ossigeno è di circa 5-6 ml/100 ml di sangue e non oltrepassa i 13 ml/100 ml.

Il sangue proveniente dai muscoli in esercizio mostra una differenza A-V di 16-17 ml O₂/100 ml, in funzione dell'intensità dell'esercizio. Il grado di estrazione di ossigeno da parte dei muscoli può essere importante e determinante per un atleta che compia un forte esercizio con portata cardiaca al massimo.

L'approvvigionamento di ossigeno al cuore dipende dal flusso coronarico.

Durante la diastole vi è una rapida entrata di sangue nelle arterie coronariche, mentre durante la sistole isometrica ventricolare l'afflusso viene bruscamente ridotto, riprende quindi non appena inizia la fase di eiezione e segue le variazioni della pressione aortica fino alla fine della sistole.

Quando la frequenza cardiaca aumenta durante l'esercizio, la fase diastolica viene ridotta e conseguentemente è minore il tempo/battito per l'apporto di ossigeno al muscolo. Poichè anche a riposo la differenza A-V del sangue coronarico è elevata, un significativo aumento della disponibilità di O₂ per il cuore può essere solo ottenuto mediante un più ampio flusso d'organo. Se il consumo di O₂ del cuore è proporzionale al suo lavoro esterno durante l'esercizio, questo sarebbe incapace di aumentare la portata cardiaca senza un proporzionale aumento del flusso coronarico che ad alta frequenza cardiaca potrebbe essere un forte ostacolo. Quando il lavoro del

ventricolo Sn viene aumentato a causa di un aumento della pressione arteriosa, il consumo di O_2 aumenta.

Anche quando la frequenza cardiaca aumenta il consumo di O_2 aumenta.

Nell'individuo normale la funzione cardiaca è regolata dal SNC che aumenta o riduce l'attività secondo le necessità integrate di tutto il corpo.

La maggior parte delle regolazioni è raggiunta da un equilibrio tra tono vagale e tono simpatico.

Un aumento del tono vagale riduce la frequenza cardiaca ed insieme il flusso coronarico; un aumento del tono simpatico invece, accelera la frequenza cardiaca e rilascia il tono dei vasi coronarici aumentandone il flusso. In aggiunta a ciò la stimolazione simpatica aumenta fortemente la energia per la contrazione e perciò aumenta il volume pulsatorio.

Durante il lavoro la combinazione di una riduzione del tono vagale e di un aumento di quello simpatico determina un aumento della richiesta di O_2 , della frequenza cardiaca ma contemporaneamente del flusso coronarico.

La regolazione dell'attività cardiaca è anche influenzata da fattori ormonali, soprattutto Adrenalina e Nor-adrenalina prodotti dalla midollare del surrene.

Prima e durante il lavoro questi ormoni vengono liberati dalla stimolazione del sistema nervoso simpatico, e la loro azione è simile a quella di una stimolazione simpatica, diretta sul cuore.

Questi meccanismi che insorgono in rapida successione di tempo, hanno notevole importanza per quanto riguarda la risposta del cuore nell'esercizio atletico e non rappresentano altro che una piccola frazione di tutti quei meccanismi, quale la vasodilatazione locale e l'aumento del numero dei capillari funzionanti a livello muscolare, che si verificano non appena si è costretti a compiere un lavoro.

Qualora i meccanismi succitati venissero meno in tutto o in parte alla loro funzione si assisterebbe all'impossibilità di erogare un qualsiasi lavoro estremo in quanto si andrebbe incontro ad anossia, a forte debito di ossigeno.