

ELEMENTI DI FISIOLOGIA SPORTIVA

Introduzione

Il sistema cardiorespiratorio è formato da due sistemi distinti: il cuore ed i suoi vasi (sistema cardiovascolare), ed i polmoni (sistema cardiopolmonare). Il sistema cardiorespiratorio è principalmente una rete di trasporto nel corpo. Il sangue serve come veicolo per portare i gas (come l'ossigeno) e le sostanze nutritive (come i grassi, gli amminoacidi ed i carboidrati) che sono poi trattenute nel corpo dalle cellule dove sono necessarie. Il sangue raccoglie anche i prodotti di scarto (come l'acido lattico e il biossido di carbonio) dalle cellule che li producono e li porta dove possono essere espulsi o metabolizzati.

Nei polmoni il sangue consegna il biossido di carbonio e preleva l'ossigeno. Il sangue è trasportato nel corpo da una incredibile rete di vasi sanguigni. Pertanto il sistema cardiopolmonare è composto dal cuore, che pompa il sangue; i polmoni, dove il sangue preleva ossigeno; i vasi sanguigni, che trasportano il sangue attraverso il corpo. Ci sono tre tipi di vasi sanguigni: arterie, capillari e vene. Generalmente le arterie trasportano sangue con ossigeno pulito preso dal cuore per essere consegnato alle varie cellule e ai tessuti. I capillari sono vasi molto stretti con pareti sottili attraverso i quali avviene lo scambio di gas, di sostanze nutritive e di prodotti di scarto delle cellule, tra il sangue e le cellule del corpo. Dopo essere passato attraverso i capillari, il sangue entra nelle vene. Il sistema venoso rappresenta la rete di vasi attraverso i quali il sangue, ora più povero in ossigeno di quello arterioso ma con un contenuto molto più alto di biossido di carbonio, ritorna al cuore per continuare il suo flusso ciclico.

Il sistema muscolare rappresenta la base per tutti i movimenti del corpo umano. Nessuno di noi potrebbe fare il più piccolo movimento senza la funzione dei muscoli ed in particolare senza la loro incredibile capacità di contrarsi.

Il sistema di produzione dell'energia di cui ogni organismo ha bisogno, si basa sull'alimentazione. Il cibo che noi ingeriamo, però, non fornisce direttamente energia all'organismo (come avviene nel mondo vegetale), ma ha bisogno di essere modificato chimicamente in elementi nutritivi basilari. Questi nutrimenti vengono poi distribuiti in tutto il corpo ed immagazzinati, in parte, nelle cellule dei tessuti.

L'apparato cardiovascolare

Premessa

Il sistema cardiovascolare è costituito dal cuore e dalla rete di vasi sanguigni. E' un sistema idraulico nel quale il cuore ha la funzione di pompa, i vasi hanno la funzione di tubazioni ed il sangue è il liquido che vi scorre. La funzione del sistema cardiovascolare è fondamentale per lo svolgimento di processi chimici vitali per l'organismo e per la distribuzione delle sostanze così sintetizzate a tutti gli organi e tessuti del corpo.

Il cuore

Il cuore è un muscolo composto di una parte sinistra e di una parte destra; ognuna di queste due parti è composta dalla sezione superiore e dalla sezione inferiore: in tutto quattro parti. Le due parti superiori si chiamano atri, le due parti inferiori ventricoli. La parte destra del cuore riceve il sangue venoso (sangue che torna al cuore attraverso le vene) che poi viene spinto nei polmoni. Tutto il sangue proveniente dal sistema venoso entra nell'atrio destro e successivamente fluisce

nel ventricolo destro. Quando il muscolo (cuore) si contrae, il ventricolo destro comprime tutto il volume di sangue di cui si è riempito e spinge il sangue nelle arterie polmonari verso i polmoni. Il sangue entra nell'atrio destro (AD), il quale rappresenta un compartimento di immagazzinamento caratterizzato da una parete piuttosto sottile, destinato a ricevere il sangue venoso di ritorno. Quest'ultimo viene spinto dalla contrazione cardiaca dell'atrio, attraverso la valvola del tricuspide, nel ventricolo destro (VD). Il ventricolo è, in pratica, la vera e propria camera di pompaggio del cuore, come si può verificare dal fatto che include gran parte della massa muscolare cardiaca. Il ventricolo destro pompa il sangue attraverso la valvola polmonare nell'arteria polmonare, fino ai polmoni. Dopo che i globuli rossi hanno scambiato ossigeno ed anidride carbonica al livello degli alveoli polmonari, il sangue ritorna all'atrio sinistro (AS) attraverso le vene polmonari. (Paradossalmente, nel circolo polmonare le arterie contengono sangue venoso, mentre le vene contengono sangue arterioso: questo perché il termine di vena o di arteria viene assegnato ad un vaso in relazione al suo rapporto di origine con il muscolo cardiaco). La contrazione dell'atrio sinistro spinge il sangue attraverso la valvola mitrale nel ventricolo sinistro (VS), da dove viene pompato attraverso la valvola aortica in tutto il corpo. Nei polmoni il sangue riceve ossigeno fresco e sprigiona anidride carbonica nei capillari polmonari. L'ossigeno e, limitatamente, l'anidride carbonica sono portati nei globuli rossi con una proteina chiamata emoglobina. Il sangue ossigenato di fresco ritorna nell'atrio sinistro attraverso le vene polmonari, poi fluisce nel ventricolo sinistro. Simultaneamente alla contrazione del ventricolo destro, il ventricolo sinistro si contrae e pompa il sangue attraverso la più grande arteria del corpo - l'aorta - verso tutto il resto del corpo. Quindi la principale ed unica funzione del cuore consiste nel pompare il sangue attraverso il corpo. La pressione esercitata dal battito cardiaco costringe il sangue a scorrere continuamente, secondo un itinerario ben definito. Questo percorso viene mostrato nella figura 1.

In sostanza, il sistema cardiovascolare ha due vie di circolazione: una è la circolazione polmonare, dal cuore ai polmoni e dai polmoni al cuore; l'altra, detta anche grande circolazione, è il fluire del sangue dal ventricolo sinistro al resto del corpo e viceversa. E' importante sottolineare che il ventricolo destro ed il sinistro si contraggono nello stesso momento, ed ognuno di questi pompa la stessa quantità di sangue ad ogni contrazione.

Ci sono due fasi nel funzionamento ritmico della contrazione cardiaca e relativo rilassamento (ciclo cardiaco): le sistole e le diastole. Le sistole sono relative alla fase di contrazione, le diastole alla fase di rilassamento. Durante le sistole l'atrio si contrae per primo, pompando il sangue al ventricolo; una frazione di secondo più tardi il ventricolo si contrae pompando il sangue ai polmoni ed al corpo.

E' importante ricordare che le parti sinistra e destra del cuore si contraggono nello stesso istante, per cui nello stesso momento il sangue del ventricolo destro è pompato ai polmoni attraverso le arterie polmonari, ed il sangue del ventricolo sinistro è pompato al resto del corpo attraverso l'aorta. Quando il cuore si rilassa durante le diastole, il sangue riempie le sezioni destra e sinistra del cuore preparandosi per la prossima contrazione. E' da notare che durante le diastole il muscolo cardiaco viene alimentato dal suo stesso flusso sanguigno (che fornisce ossigeno) attraverso le arterie coronarie. Uno dei molti benefici di avere un alto livello di benessere cardiopolmonare è che il cuore ha tempi di riposo più lunghi (durante le diastole) negli esercizi con intensità submassimale, compreso il riposo, rispetto a quelli di un organismo poco allenato. Nel seguito se ne vedranno i motivi.

La gittata cardiaca

La quantità di sangue espulso da ogni ventricolo in un minuto è chiamata gittata cardiaca (Q). Le gittate cardiache dei ventricoli destro e sinistro sono esattamente le stesse; tuttavia il sangue del

ventricolo sinistro viene espulso con una forza maggiore di quella impiegata per espellere il sangue dal ventricolo destro: infatti il sangue che esce da quest'ultimo compie un tragitto minore andando ai polmoni e tornando al cuore, mentre il sangue espulso dal ventricolo sinistro percorre tutto il resto del corpo prima di tornare al cuore.

La gittata cardiaca è il prodotto di due fattori. Uno è il battito cardiaco (HR - Heart Rate), cioè il numero dei battiti per minuto (bpm). Il secondo è il volume unitario (SV - Stroke Volume), cioè la quantità di sangue pompato da ogni ventricolo per ogni battito. La quantità SV viene misurata in millilitri (ml). Moltiplicando HR per SV si ottiene la gittata cardiaca secondo la seguente formula:

$$Q=HR*SV$$

Per esempio se il battito cardiaco è di 60 bpm ed il cuore pompa 70 ml di sangue per ogni battito, la gittata cardiaca sarà:

$$60 \text{ bpm} * 70 \text{ ml/battito} = 4200 \text{ ml/minuto}$$

Per inciso, questo rappresenta il valore fisiologico della gittata cardiaca a riposo.

La frazione di espulsione

La quantità di sangue che riempie i ventricoli durante le diastole non sempre viene completamente espulsa durante le sistole. La percentuale del sangue presente nel ventricolo alla fine delle diastole e che viene successivamente espulso durante la contrazione è chiamata frazione di espulsione. La frazione di espulsione durante il riposo è pari al 50% circa; in fase di riposo la necessità di ossigeno da parte delle cellule muscolari è minima, pertanto il cuore riesce a fornire il fabbisogno di ossigeno con uno sforzo minimo. Ma durante il lavoro, quando i muscoli richiedono una maggiore quantità di ossigeno, il cuore reagisce svuotando il ventricolo durante la contrazione. Così, durante l'esercizio la frazione di espulsione può aumentare fino al 100% del sangue presente nel ventricolo alla fine delle diastole. L'importanza dell'aumento della frazione di espulsione, che comporta un aumento dell'emissione cardiaca, sarà illustrato successivamente.

La frequenza cardiaca

La frequenza cardiaca a riposo oscilla tra i 68 ed i 72 battiti per minuto. Questo valore normalmente si riduce per coloro che si dedicano con regolarità ad un'attività di tipo aerobico. Problemi ereditari e di età rappresentano ulteriori fattori in grado di influenzare il battito cardiaco. Una elevata capacità aerobica (ad esempio, l'essere in grado di mantenere a lungo l'esecuzione di un esercizio fisico) può essere determinata geneticamente; inoltre, durante il processo di invecchiamento la capacità aerobica comincia a decrescere ad una velocità direttamente proporzionale al calo del fitness. Ogni allievo può essere caratterizzato da un diverso livello di fitness aerobico. Qualche volta è possibile organizzare classi omogenee sulla base di tale livello (principiante, intermedio, avanzato). Altre volte il gruppo includerà individui con diversi livelli di fitness cardiorespiratorio. Infatti, anche se si cercherà di formare classi specifiche basate su livelli di fitness il più possibile omogenei, non sempre i partecipanti sono in grado di valutare il proprio livello. Il compito dell'allenatore consiste nella scelta delle persone più in forma per le lezioni più avanzate e, allo stesso tempo, nella costruzione di una classe di base per i principianti con minore esperienza. L'allenatore deve in ogni caso fare molta attenzione ai seguenti casi limite: 1) gli allievi che frequentano le classi avanzate da diversi anni potrebbero essere caricati a tal punto da spingersi troppo in là; 2) i principianti potrebbero essere dotati di capacità cardiorespiratorie che non possono essere sforzate troppo a lungo. Per mantenersi entro precisi limiti di sicurezza, bisogna aiutare tutti i partecipanti a controllare il loro

battito cardiaco durante gli esercizi, in modo da non costringerli a sforzarsi troppo (o troppo poco), allo scopo di raggiungere un livello ottimale e quindi benefico dell'allenamento.

Per controllare l'aumento del carico di lavoro cui è sottoposto il cuore durante un'attività fisica di livello elevato, gli allievi devono imparare ad allenare il cuore in modo da fargli sopportare una mole di lavoro progressivamente più alta con il procedere dell'allenamento. In questo modo si fornisce al cuore il tempo di adattarsi a pompare più velocemente ed a rifornire del quantitativo di sangue necessario le aree che ne hanno bisogno.

L'obiettivo è di fare in modo che il cuore di ogni allievo sia in grado di fronteggiare adeguatamente un aumento del carico di lavoro. Raggiungere un fitness aerobico significa riuscire in questa progressione individuale durante l'allenamento, ovvero dare al cuore ed ai polmoni il tempo di adattarsi a sforzi ulteriori.

Poiché il battito cardiaco è un indicatore attendibile del livello dello sforzo compiuto dal sistema cardiorespiratorio durante l'esercizio fisico, nelle classi di aerobica è una operazione di routine la misura del battito cardiaco; l'insegnante deve aiutare gli allievi a misurare la quantità di lavoro eseguita mediante il controllo periodico del battito cardiaco. Si raccomanda di eseguire tale controllo ogni 7-10 minuti (Gerson, 1985), in modo che gli allievi sappiano se stanno eseguendo correttamente gli esercizi e quindi traggano adeguati benefici dall'allenamento aerobico; se non stanno lavorando con la giusta intensità, allora si deve intervenire con le dovute correzioni.

Vediamo, allora, quale può essere un buon sistema per controllare la frequenza del battito cardiaco in una classe di aerobica. Durante il primo incontro, si deve insegnare ai partecipanti il metodo più corretto per calcolare il proprio intervallo di allenamento della frequenza cardiaca (è consigliabile effettuare tale operazione durante un incontro preliminare, allo scopo di non perdere troppo tempo durante la lezione vera e propria).

Per questo scopo si consiglia anche di preparare dei brevi promemoria contenenti le formule esposte qui di seguito e di utilizzare dei cartelloni che aiutino ad esporre il significato dei vari calcoli. (La formula di Karvonen è in genere utilizzata per calcolare l'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca in un soggetto adulto sano).

1. $220 - \text{età} = \text{frequenza cardiaca massima}$

Il numero 220 rappresenta una costante che indica i limiti anatomici e fisiologici del cuore. Il valore dell'età viene sottratto poiché dopo i 25 anni la frequenza cardiaca massima comincia a diminuire progressivamente al ritmo approssimativo di un battito ogni anno.

2. $\text{Frequenza cardiaca massima} - \text{frequenza cardiaca a riposo} = \text{limite di sicurezza della frequenza cardiaca}$

Dalla frequenza cardiaca massima si sottrae il valore della frequenza cardiaca a riposo perché quest'ultima varia da individuo ad individuo a causa di un differente grado di fitness e di altri fattori. Il momento migliore per misurare la frequenza cardiaca a riposo è al mattino, prima di alzarsi dal letto. Gli allievi che assumono farmaci devono chiedere al loro medico se questi possono provocare alterazioni a carico della frequenza cardiaca a riposo e/o durante gli esercizi (come, ad esempio, i trattamenti farmacologici usati per il controllo dell'ipertensione).

3. $\text{Limite di sicurezza del battito cardiaco} * 0,65 (0,85) = 65\% (85\%) \text{ del limite di sicurezza della frequenza cardiaca}$

Per sollecitare adeguatamente il sistema cardiorespiratorio, gli allievi devono lavorare con una frequenza oscillante tra il 65% e l'85% del proprio limite di sicurezza della frequenza cardiaca.

4. $\text{Intervallo allenamento frequenza cardiaca: limite inferiore} = 65\% \text{ limite di sicurezza del battito cardiaco} + \text{frequenza cardiaca a riposo}$
 $\text{limite superiore} = 85\% \text{ limite di sicurezza del battito cardiaco} + \text{frequenza cardiaca a riposo}$

La frequenza cardiaca a riposo viene nuovamente presa in considerazione a causa delle differenze tra i vari individui. I valori sopra esposti rappresentano l'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca. Quando gli allievi eseguono delle attività aerobiche, dovrebbero

sforzarsi di mantenere la propria frequenza cardiaca entro questi limiti: questo rappresenta un metodo sufficientemente valido per raggiungere e mantenere un adeguato livello di allenamento cardiorespiratorio. Se gli allievi riescono a rimanere entro questi limiti, possono lavorare ininterrottamente per 20-30 minuti; oltre questa soglia il livello massimale dello sforzo può essere mantenuto per soli 10-15 minuti. Il valore minimo dell'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca rappresenta un traguardo facilmente raggiungibile anche dal principiante, mentre gli allievi dei corsi più avanzati dovrebbero sforzarsi di arrivare al limite massimo. Come esempio, viene riportata la sequenza dei calcoli necessari per determinare l'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca di una donna di venti anni con una frequenza cardiaca a riposo di 74 battiti per minuto. $220 - 20 (\text{età}) = 200$ (frequenza cardiaca massima) - 74 (frequenza cardiaca a riposo) = 126 (limite di sicurezza della frequenza cardiaca). Ne consegue che l'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca durante l'esercizio dovrebbe oscillare tra i seguenti valori minimo e massimo:

$$\text{MIN} = 126 * 0,65 + 74 = 155,9 \quad \text{MAX} = 126 * 0,85 + 74 = 181,1$$

E' bene sottolineare come l'esempio riportato sia relativo, nel limite massimo, ad un lavoro prevalentemente aerobico (difficilmente raggiungibile a livello aerobico). E' comunque di fondamentale importanza insegnare ai partecipanti il modo con cui localizzare il battito cardiaco e contare le pulsazioni cardiache nella maniera più corretta. E' abbastanza facile individuare il battito delle arterie carotidee a livello del collo, lateralmente al pomo di Adamo, seguendo la linea della trachea ed eseguendo una leggera pressione; la pulsazione radiale, invece, può essere facilmente individuata sulla parte anteriore del polso, a livello della base del pollice. In questi punti le arterie si trovano immediatamente al di sotto dell'epidermide; ciò rende facilmente percettibile il battito cardiaco utilizzando l'indice ed il medio ed eseguendo una leggera pressione sulla pelle. E' bene far notare che una pressione eccessiva potrebbe provocare un riflesso che rallenta il battito cardiaco. Può essere utile che gli allievi si esercitino in tali tecniche per più volte prima di effettuare una rilevazione vera e propria. Una volta impostata la tecnica di rilevamento, l'insegnante deve concordare un comando di facile comprensione (ad esempio, "prepararsi") per indicare che ci si accinge a determinare la frequenza cardiaca. In questo momento è fondamentale mantenere un certo movimento, anche se ridotto per poter effettuare una rilevazione accurata: fermarsi bruscamente potrebbe provocare un ristagno di sangue a livello dei vasi venosi degli arti (soprattutto gli inferiori), con conseguente rallentamento del ritorno venoso al cuore e la probabile insorgenza di qualche malessere (mal di testa, senso di svenimento).

Con un altro comando (per esempio "via!" oppure "zero!") l'insegnante stabilisce l'inizio del conteggio, assicurandosi che ogni partecipante alla lezione conti ogni battito dal momento in cui viene dato il via fino al termine del conteggio stesso. Per determinare la frequenza del battito cardiaco al minuto, si può rilevare la frequenza per un tempo di 10 secondi e moltiplicare il risultato per sei. E' indispensabile chiarire ai partecipanti l'importanza di mantenersi entro i limiti di allenamento aerobico. Gli allievi devono essere sicuri di svolgere un esercizio intenso quanto basta, in modo che la stanchezza non prenda il sopravvento troppo precocemente: una volta che si sia raggiunto un certo grado di dimestichezza con l'esercizio, i partecipanti potranno misurare senza difficoltà il loro livello di partecipazione all'attività aerobica.

Si deve insegnare ai partecipanti la giusta modalità di innalzamento del battito cardiaco, per adattarlo ogni volta al livello di esecuzione dell'esercizio. La frequenza cardiaca aumenta quando i movimenti o gli esercizi coinvolgono sia la parte superiore che quella inferiore del corpo. La frequenza cardiaca aumenta anche quando i movimenti sono eseguiti in maniera abnorme, tra l'altro occupando materialmente più spazio. In altre parole, un individuo che si allena ad un ritmo al di sotto della frequenza cardiaca di allenamento aerobico (cosa non troppo frequente), può aumentare l'intensità dell'esercizio sia muovendo contemporaneamente braccia e gambe, sia

effettuando l'esercizio con intensità maggiore. Una persona che si allena mantenendosi al di sopra della frequenza cardiaca di allenamento aerobico (cosa piuttosto comune) può correggersi agendo in maniera opposta: eliminando, cioè, ogni movimento non necessario che coinvolga la parte superiore del corpo ed eseguendo movimenti meno ampi. Allo stesso modo, l'esecuzione può essere facilmente modificata passando gradatamente dalla corsa alla camminata. Mantenendo costante il ritmo di allenamento, nel giro di 6-8 settimane la frequenza cardiaca a riposo degli allievi comincerà a diminuire a causa del processo di adattamento del sistema cardiocircolatorio. All'inizio la frequenza cardiaca dei partecipanti tenderà ad innalzarsi rapidamente in risposta all'allenamento; in seguito, in concomitanza con l'aumento del grado di allenamento degli allievi, occorrerà aumentare il carico di lavoro per ottenere e mantenere la frequenza cardiaca di allenamento aerobico. Si consiglia la realizzazione di poster sui quali siano descritte: la formula con cui si calcola la frequenza cardiaca, le modalità con cui rilevare le proprie pulsazioni, gli accorgimenti principali da prendere per aumentare o diminuire la frequenza cardiaca. L'accuratezza con cui tali poster vengono disegnati può aggiungere un tocco di vivacità e di colore al posto di allenamento. E' molto importante, nella didattica, aiutarsi con i disegni; questi, infatti, rappresentano per gli allievi una memoria permanente delle considerazioni principali da tenere in mente per svolgere l'esercizio fisico in piena sicurezza, all'interno dell'intervallo aerobico allenante.

L'apparato respiratorio

Il sistema cardiopolmonare è un complesso di organi e di strutture che hanno il compito fondamentale di rifornire di ossigeno l'organismo, introducendo aria ed espellendo l'anidride carbonica.

I polmoni

Il sistema cardiovascolare è soltanto una parte del sistema cardiorespiratorio; i polmoni rappresentano l'altra metà. La funzione principale dei polmoni è di ossigenare il sangue. Durante l'esercizio, così come avviene a riposo, l'anidride carbonica e l'ossigeno vengono continuamente scambiati tra gli alveoli polmonari ed i capillari del sistema cardiovascolare. Il percorso seguito dai gas respiratori può essere esemplificato nella seguente maniera.

L'aria viene inalata attraverso il naso e la bocca, per poi percorrere un complesso sistema di condotti elastici (figura 2). L'allenamento aerobico migliora la capacità funzionale del cuore e dei polmoni attraverso un lavoro di squadra, consistente nella assunzione di ossigeno e nella sua distribuzione ai muscoli coinvolti nell'esercizio fisico.

Estrazione dell'ossigeno nei muscoli

Come già detto, uno degli scopi principali del sistema cardiopolmonare durante l'esercizio è di distribuire ossigeno ed altri nutrienti ai muscoli che stanno lavorando e di portar via, dai muscoli stessi, l'anidride carbonica e altri prodotti di scarto. L'emissione cardiaca rappresenta la quantità di sangue (e quindi di ossigeno) che fluisce verso i muscoli ogni minuto. Ma un altro fattore critico, specialmente in fase di esecuzione degli esercizi, è la quantità di ossigeno prelevata dall'emoglobina (ricordarsi che ciò avviene nei capillari dei muscoli) e successivamente utilizzata nelle cellule dei muscoli in lavoro. Questo processo viene chiamato estrazione di ossigeno.

Normalmente, non tutto l'ossigeno distribuito alle cellule per mezzo delle arterie viene prelevato dai capillari. L'ammontare di ossigeno presente nel sangue venoso è certamente inferiore a quello

presente nel sangue arterioso; cioè una parte di ossigeno ritorna al cuore. In altre parole siamo capaci di trasmettere al sangue (per mezzo dei polmoni) più ossigeno di quanto siamo in grado di consumare a livello cellulare. Pertanto, in una persona sana, l'incapacità di respirare velocemente non è un fattore limitante delle prestazioni. La maggiore limitazione è invece rappresentata dalla capacità dei muscoli di estrarre ossigeno dal flusso sanguigno per produrre energia.

La trachea si divide nei bronchi che, a loro volta, si suddividono in diramazioni più piccole. Questi condotti più piccoli (i bronchioli) continuano a suddividersi fino a terminare in microscopiche sacche di aria (gli alveoli) circondate da capillari. Gli alveoli sono strutture caratterizzate da una sottilissima parete tale da consentire un passaggio rapido alle molecole di ossigeno e di anidride carbonica. I rapporti vascolari tra cuore e polmoni sono piuttosto semplici. Il ventricolo destro pompa il sangue all'interno dell'arteria polmonare. Il sangue scorre quindi attraverso tale arteria per arrivare ai capillari polmonari che circondano gli alveoli. Lo scambio dei gas respiratori si verifica a causa della differente concentrazione di questi gas tra alveoli e capillari circostanti. Negli alveoli c'è un'alta concentrazione di ossigeno, mentre i capillari (che portano sangue che ha già ceduto il proprio ossigeno ai tessuti periferici del corpo) presentano un'alta concentrazione di anidride carbonica. Dopo lo scambio gassoso il sangue ritorna al cuore, attraverso le vene polmonari, fino all'atrio sinistro. Da qui il sangue passa nel ventricolo sinistro fino alla valvola aortica, per poi distribuirsi a tutto l'organismo. Nel suo percorso il sangue rifornisce di ossigeno tutte le cellule del nostro corpo, liberandole contemporaneamente dell'anidride carbonica prodotta (questa viene eliminata ad ogni respirazione polmonare).

Il sistema muscolare

Premessa

Oltre alle conoscenze di base sul funzionamento e sulla gestione del sistema cardiopolmonare, un allenatore deve dedicare particolare attenzione al sistema muscolare di base. Il muscolo è un organo la cui funzione è quella di contrarsi e di rilassarsi. I muscoli lavorano in coppia: uno si contrae per far muovere un osso in una certa direzione e, contemporaneamente, il suo antagonista si rilassa per permettere che l'osso si muova; per far compiere all'osso il movimento opposto, il primo muscolo si rilassa ed il secondo si contrae.

I muscoli del corpo umano sono circa 650 e si suddividono in tre tipi:

- i muscoli dello scheletro (muscoli volontari) che consentono di muovere a comando la testa, gli arti, la colonna vertebrale: sono muscoli del tipo "striato";
- i muscoli dei visceri (muscoli involontari) che controllano i movimenti delle pareti degli organi interni quali stomaco, intestino, vasi sanguigni, occhi: sono muscoli del tipo "liscio";
- il muscolo cardiaco (muscolo involontario) che con le sue contrazioni fa funzionare il cuore come una pompa: è del tipo striato come i primi, ma di struttura particolare ed unica.

In un programma di fitness i muscoli maggiormente coinvolti sono quelli volontari dello scheletro. Nel corpo umano ci sono circa 620 muscoli volontari che hanno diverse forme e dimensioni. Alcuni sono corti e piccoli, altri larghi e piatti, altri ancora lunghi e fusiformi: ciascuno ha la struttura, la forma e le dimensioni più adatte per svolgere il proprio lavoro. Ogni muscolo svolge una precisa funzione, se considerato singolarmente, ma, se si contrae insieme con altri muscoli per realizzare un certo movimento, può di volta in volta essere il protagonista principale di quel movimento (funzione agonista) o può tendere a fermarlo (funzione antagonista), oppure partecipare attivamente, al pari di altri muscoli, a realizzare un movimento complesso (funzione sinergica).

La contrazione di un muscolo determina un movimento solo nel caso che esso sia inserito in ossa articolate fra di loro. Le caratteristiche del movimento che ne consegue dipenderanno quindi

dalle inserzioni e dalla potenza del muscolo, nonché dalle caratteristiche meccaniche dell'articolazione interposta tra le due ossa nelle quali è inserito il muscolo. I muscoli volontari sono, insieme allo scheletro nel quale sono inseriti, i determinanti fondamentali delle forme corporee: una spalla ben tornita o un bel paio di gambe dipendono fundamentalmente da un equilibrato ed armonico sviluppo muscolare. E' per questo che una vita sedentaria o l'eccessivo esercizio muscolare possono alterare le caratteristiche estetiche di un corpo.

Le fibre muscolari

Con le dovute limitazioni dettate dalla generalizzazione, possiamo dire che ci sono due tipi fondamentali di fibre (o cellule) muscolari dello scheletro: le fibre a contrazione lenta (tipo I, toniche-rosse) e fibre a contrazione rapida (tipo II, fasciche-bianche)). L'individuazione di questi due tipi di fibre muscolari é stata possibile grazie ad una tecnica di laboratorio chiamata biopsia muscolare. Durante una biopsia muscolare, un campione di tessuto muscolare viene prelevato per mezzo di un ago inserito nel muscolo. Il frammento di tessuto prelevato viene collocato su di una diapositiva e colorato, per essere poi osservato al microscopio. Ciascun tipo di fibra ha caratteristiche proprie. La fibra di tipo I si contrae più lentamente della fibra di tipo II. La fibra di tipo I ha molti mitocondri, ha un'alta capacità aerobica, e quindi è resistente alla fatica. Le fibre di tipo I, chiamate anche fibre rosse, sono di sezione più piccola rispetto alle fibre di tipo II. Le fibre a contrazione rapida, dette anche fibre bianche, vengono suddivise in due sottogruppi: tipo IIa e tipo IIb. Le fibre del tipo IIa sono dette a contrazione rapida ossidante, perché hanno un maggior quantitativo di mitocondri; le fibre del tipo IIb sono dette a contrazione rapida glicolitica. Tuttavia le fibre del tipo IIa non hanno la stessa capacità aerobica delle fibre a contrazione lenta.

Per quanto riguarda la distribuzione dei due tipi di fibre valgono le due considerazioni seguenti. La prima è che in ogni individuo la distribuzione delle fibre lente e di quelle rapide è diversa nei diversi muscoli; per esempio, il rapporto tra i due tipi di fibre è diverso fra bicipiti e quadricipiti come pure fra deltoidi e tricipiti. La seconda è che nello stesso muscolo di diversi individui è molto probabile un diverso contenuto percentuale dei due tipi di fibre; una persona può avere un'alta percentuale di fibre di tipo II nei quadricipiti, e un'altra può averne uno scarso contenuto. A titolo indicativo, atleti di potenza come i sollevatori di pesi hanno il 60-90% di fibre a contrazione rapida nei muscoli che sono maggiormente utilizzati nello svolgimento del loro sport. Invece, atleti di resistenza come i fondisti hanno probabilmente il 60-90% di fibre muscolari a contrazione lenta nei loro muscoli più sollecitati.

Gli allenatori devono sapere che, con un allenamento alla resistenza di breve durata, non è possibile modificare le fibre del tipo II in fibre del tipo I, ma è invece possibile aumentare la capacità aerobica delle fibre a contrazione rapida. Analogamente, un allenamento alla potenza non modifica le fibre di tipo I in fibre di tipo II. Le caratteristiche dei tipi di fibre e la loro risposta all'allenamento sono molto complesse; per la loro comprensione è necessario consultare trattati specifici. In questa sede è importante sottolineare che in un individuo la composizione delle cellule muscolari è determinata geneticamente; con l'allenamento non è possibile modificare un tipo di fibra in un altro; gli allenatori devono progettare programmi di allenamento individuali e comprendere le ragioni per cui persone diverse rispondono in modo diverso ad uno stesso programma di allenamento. Non ci sono differenze tra maschi e femmine per quanto riguarda la distribuzione dei diversi tipi di fibre muscolari; fisiologicamente i muscoli maschili sono identici a quelli femminili, con gli stessi tipi di fibre, con la stessa distribuzione e con le stesse prestazioni.

I muscoli scheletrici

Le cellule muscolari, siano esse del tipo a contrazione lenta che quelle del tipo a contrazione rapida, si contraggono sempre con lo stesso meccanismo; anche se le fibre di tipo II si contraggono più rapidamente di quelle di tipo I. I muscoli sono costituiti da molte fibre muscolari singole. Guardando una fibra muscolare al microscopio, si osserva che essa è costituita da moltissimi elementi ripetitivi, chiamati sarcomeri. Inoltre, lungo tutta la fibra muscolare ci sono catene di proteine chiamate miofibrille. In una miofibrilla ci sono numerose proteine, ma le uniche importanti nel processo di contrazione di un muscolo sono le proteine actina e miosina, conosciute anche come le proteine contrattili.

La contrazione muscolare

Perché avvenga la contrazione di un muscolo, è necessario che ci sia un quantitativo sufficiente di ATP in prossimità delle proteine actina e miosina, e che ci sia un comando dal sistema nervoso centrale. Quando questi due fattori sono presenti, le sottili estremità (teste) della miosina si attaccano all'actina, formando un ponte incrociato actina-miosina. Il processo è definito teoria dei filamenti scorrevoli.

L'energia dell'ATP fa sì che le estremità della miosina ruotino verso il centro del sarcomero, trascinando il filamento dell'actina ad esse attaccato, in modo tale che l'actina scorre verso l'interno, verso il centro del sarcomero. Questo processo fa sì che ciascun sarcomero si accorci, lungo tutto il muscolo; poiché tutti i sarcomeri si accorciano nello stesso istante, si verificherà una riduzione della lunghezza dell'intera fibra muscolare. Quando molte fibre si accorciano, si ha una contrazione muscolare; questa consiste, dunque, nell'accorciamento simultaneo di un elevato numero di fibre dello stesso muscolo. Anche se la singola fibra si accorcia quando si contrae, la contrazione muscolare non sempre comporta l'accorciamento dell'intero muscolo. Una contrazione concentrica è quella che comporta l'accorciamento del muscolo; una contrazione eccentrica è quella che avviene quando la resistenza è maggiore della forza sviluppata, e quindi il muscolo in effetti si allunga; una contrazione isometrica è la contrazione delle singole fibre, senza modifiche della lunghezza dell'intero muscolo.

Per riassumere, la contrazione muscolare è una interazione fra le proteine actina e miosina, che provoca un accorciamento delle singole fibre muscolari, stimolata da un impulso nervoso e mantenuta dall'energia dell'ATP.

Forza di contrazione

Quando una fibra muscolare si accorcia, essa esercita una forza. Poiché i muscoli dello scheletro funzionano secondo il criterio del "tutto o niente", quando una singola fibra si accorcia, essa genera la massima forza di cui è capace, ovvero non è in grado di dosare la forza di contrazione (come, invece, avviene nel muscolo cardiaco). L'entità della forza prodotta durante la contrazione di un muscolo, dipende da due fattori: 1) la dimensione delle singole fibre (una fibra è tanto più forte quanto più è grande); 2) il numero di fibre muscolari che si contraggono simultaneamente.

La forza generata dalla contrazione muscolare è legata anche alla velocità del movimento intorno all'articolazione ed alla lunghezza iniziale del "ventre" del muscolo. La relazione forza-velocità è tale che quanto più veloce è il movimento tanto più bassa sarà la forza generata dal muscolo in contrazione. Per esempio, il bicipite sviluppa una maggiore forza durante la contrazione se la velocità di rotazione attorno al gomito è di 60 gradi al secondo, di quanta ne sviluppa se la velocità è di 180 gradi al secondo. La relazione forza-lunghezza indica che un muscolo genera la forza massima quando inizia a contrarsi ad una lunghezza pari a 1,2 volte la lunghezza a riposo.

Questo spiega perché alcuni atleti come i giocatori di baseball o di golf, eseguono alcuni leggeri esercizi di stretching prima di iniziare i movimenti oscillanti.

Dimensione della fibra muscolare

La forza generata da una fibra è proporzionale alla sua sezione: una fibra larga esercita una forza maggiore di una fibra stretta. Inoltre, la forza esercitata da un muscolo di una determinata sezione è la stessa sia se il muscolo appartiene ad un uomo sia se esso appartiene ad una donna. Gli uomini sono generalmente più forti perché hanno una maggiore quantità di tessuto muscolare.

Comunque le donne reagiscono altrettanto bene degli uomini ad un programma di allenamento alla forza; cioè un programma di allenamento alla forza è per tutti e due i sessi una componente importante di un programma di benessere fisico.

Unità motrici

In ogni muscolo, le fibre sono stimulate singolarmente o a gruppi. L'insieme del nervo (collegato al midollo spinale) e delle fibre muscolari da esso stimulate è chiamato unità motrice. Le unità motrici hanno diverse dimensioni. Ci sono unità motrici nelle quali il nervo stimola solo 5-10 fibre; a queste sono associati movimenti piccoli, delicati come muovere gli occhi, battere le palpebre, dipingere. Ma ci sono anche unità motrici che consistono di un nervo e di 500-1000 fibre; queste sono chiamate in causa quando si svolgono attività come sollevamento pesi, gioco del calcio, salto.

Indipendentemente dalla loro dimensione, le unità motrici sono costituite da fibre di tipo I e da fibre di tipo II. Quando le fibre di una unità motrice si contraggono, tutte le fibre muscolari di questa unità si contraggono insieme, ed inoltre sviluppando la massima forza (tutto o niente); la forza totale sviluppata dipende da quante unità motrici si contraggono simultaneamente.

Capacità, forza e resistenza

Colui che intraprende professionalmente la carriera di insegnante di fitness o di tecnico sportivo dovrebbe impostare le sue conoscenze su tre basi fondamentali: tecnica di esercizi, tecnica allenante, tecnica didattica e psicopedagogica. A questo proposito è utile, ci auguriamo, richiamare al lettore di questo testo i significati generali attribuiti ai vocaboli capacità, potenza, forza e resistenza. In questa breve introduzione tali vocaboli vengono esaminati secondo un senso comune per ogni disciplina ginnico-sportiva; questo per far sì che il lettore stesso si renda conto che la metodologia di allenamento, pur avendo basi comuni, varia in ragione delle esigenze di ogni disciplina. Entriamo subito in argomento, con un esempio pratico.

Sembra chiaro, obiettivamente, che la capacità aerobica per un maratoneta da 2 ore e 30 minuti non ha niente a che vedere, da un punto di vista di finalità di allenamento, con quella di un ottimo allievo di ginnastica aerobica o di un insegnante da 4 ore e più di lezione al giorno. Il maratoneta può essere convinto che i due soggetti sopra citati non abbiano una buona capacità aerobica in quanto non riuscirebbero mai a correre, per esempio, 1 ora e 30' a 3' e 10" al Km ma, forse, a malapena 50' a 5' al Km, credendo di essere fortissimi nel jogging. La capacità, in senso generale, è collegata ad un concetto di quantità, di autonomia, come dire quanto serbatoio, quanta durata, anche se abbinata a diversi livelli di intensità. Nel ginnasta la capacità è collegata alla durata della gara, nel maratoneta ai suoi 42 e passa chilometri, nell'insegnante alle ore di lezione giornaliere, nell'ottocentista ai due giri di pista a quella certa andatura. Poi, caso per caso, si può esaminare se occorre più o meno capacità aerobica, anaerobica lattacida o alattacida. La

potenza, sempre in senso generale, è collegata ad un valore di quantità di energia esprimibile effettivamente con quel tipo di metabolismo sfruttandolo al limite ed al meglio possibile. In conseguenza di ciò il tempo, e non l'economia ed il minor sforzo, gioca un ruolo determinante in quanto si tratta di vedere quanto può dare e quanto può durare nei suoi limiti, e non quanto può essere prolungata l'azione economizzando l'energia (capacità o resistenza). Con la potenza si spara, con la capacità si carica. Ad esempio per allenare la potenza aerobica, un fondista effettua generalmente lavori dai 1000 ai 3000 metri ad andature più elevate di una gara di 10000 metri; l'adeguamento a tali intensità di tutto l'organismo dovrebbe via via innalzare la sua "soglia". Ma per arrivare ad allenamenti di "potenza", il nostro amico fondista deve aver già ben lavorato sulla funzionalità del suo sistema cardiorespiratorio, sulla funzionalità muscolo-legamentosa e così via, deve cioè possedere un'ottima "capacità" di base, in questo caso aerobica. Da questo esempio è comprensibile che in ginnastica aerobica, in base al testo che state consultando, un lavoro di "potenza" si avvicina al famoso 85% dell'intensità aerobica e che questo, una volta raggiunto, spesso richiamato e saputo mantenere con una buona capacità, sia "il" lavoro allenante, in forma ottimale, l'apparato cardiorespiratorio.

Nei soggetti allenati, un lavoro meno intenso e più prolungato va sempre e comunque programmato, in quanto solo con questo lavoro le sollecitazioni organiche vengono preparate al lavoro più "duro" e, nello stesso tempo, imparano a "ben funzionare" in tempi prolungati, ad avere cioè, "resistenza".

Concludendo questa breve ma speriamo chiara sintesi, in parole molto semplici possiamo dire che lo sviluppo di capacità non prevede allenamenti al limite dell'espressione di energia, ma della migliore ed efficace espressione di energia protratta nel tempo; la potenza, invece, vuole vedere "quanta" energia è esprimibile sfruttando al massimo quel meccanismo. A questo proposito ricordiamo al lettore che tutti i meccanismi energetici del metabolismo cardiorespiratorio e muscolare, cioè l'aerobico, l'anaerobico lattacido e l'anaerobico alattacido posseggono caratteristiche di allenabilità sia per la capacità che per la potenza. La potenza alattacida (identificata a volte con la forza esplosiva) è legata al massimo dispendio di energia nel minimo tempo; la capacità aerobica, chiamata anche endurance, è legata al minimo dispendio di energia nel massimo tempo. Questi sono i due estremi, in relazione al tempo, delle prestazioni fisico-sportive di un essere umano.

Anche per la forza gradiremmo introdurre l'argomento con un esempio: un sollevatore di pesi può trarre un giovamento generale dalla forza e resistenza muscolare che si effettua in ginnastica aerobica con i pesetti o gli elastici, giovamento che però non è specifico per le sue esigenze di prestazione sportiva; lo stesso dicasi per un velocista di atletica leggera, il quale ha ovviamente bisogno di mantenere iper efficienti soprattutto le sue fibre bianche con allenamenti di forza elastica, veloce e reattiva, spesso e volentieri balistici. Anche per la forza, quindi non dobbiamo e non possiamo fare di tutta l'erba un fascio. Prendiamo la semplice e sempreverde definizione di forza dei nostri padri dell'Educazione Fisica: possibilità muscolare di opporsi o di vincere una resistenza sottoforma di massa contraria. Quando andiamo ad esaminare quanta resistenza, per quanto tempo ed a che velocità di esecuzione allora stiamo esaminando i vari "tipi" di forza. Quindi, se si effettuano attività in cui un gruppo muscolare vince o si oppone ad una resistenza qualsiasi (anche la forza di gravità), applichiamo una forza. Esistono due situazioni che caratterizzano lo "stato" muscolare: il tono ed il trofismo. Il tono, come si sa, è la minima contrazione basale, continuamente presente, che permette alle fibre muscolari di rispondere efficacemente ad un superiore stimolo di contrazione, non scompare mai se non in particolari attività di rilassamento, tende ad aumentare con l'attività fisica di qualsiasi tipo ma, alle volte, può essere squilibrato da ipocinesia, ipertrofia e/o problemi al sistema nervoso centrale. Il trofismo esprime la qualità muscolare di corrispondere efficacemente a stimoli di elevato contenuto e consumo energetico all'interno della fibra muscolare stessa.

Si ricorda brevemente ai futuri e odierni insegnanti che l'attività muscolare può e deve essere sollecitata, per un ottimo fitness, a misura d'uomo. Il benessere globale cioè prevede qualità di forza che un completo allenamento dovrebbe salvaguardare; ad esempio, gli arti inferiori posseggono doti naturali e funzionali che si esprimono e si sviluppano correndo e saltando, anche da adulti. Ormai in quasi tutte le palestre nè si corre nè si salta più. Un altro esempio riguarda la muscolatura lombare, essenziale cintura di mantenimento della fisiologica lordosi, che ormai viene quasi soltanto allungata e molto raramente atrofizzata, con il risultato che spesso le vertebre lombari si squilibrano perché non sostenute dall'unica muscolatura che sta in loro contatto, che non è certo quella addominale. Riassumiamo brevemente le varie essenziali tipologie della forza:

- forza massima o massimale: massimo valore di forza esprimibile con la contrazione di tutte le fibre muscolari;
- forza statica: forza che si esprime con minima escursione muscolare per lo più equilibrante (vedi ginnasta o funambolo); è di basilare importanza in quanto sollecita il circuito gamma e il sistema extrapiramidale;
- forza veloce: applicazione della forza con contrazioni e decontrazioni muscolari efficaci, dipendenti dalla velocità di esecuzione; e' molto utile svilupparla in età evolutiva;
- forza elastica: applicazione della forza che sfrutta la qualità elastica del muscolo;
- forza reattiva: applicazione della forza che sfrutta la qualità di reazione muscolare a stimoli a volte unici, a volte ravvicinati in rapida successione.

Quando si cerca di far durare nel tempo le applicazioni di tali forze, ovviamente senza eccessiva diminuzione dell'efficacia, si parla di "resistenza alla forza".

Veniamo ora ad un classico della teoria dell'allenamento: la resistenza. La definizione, sempre dei nostri padri, indica la resistenza come la capacità di prolungare nel tempo una qualsivoglia attività fisica. Tale definizione è adattabile alla velocità (resistenza alla velocità), alla forza (resistenza alla forza), al metabolismo aerobico (resistenza aerobica o endurance) e mette in luce una comunanza fondamentale. La resistenza è un concetto di capacità, cioè di autonomia, è legata, quindi, al saper sfruttare le energie senza sprecarle il più a lungo possibile.

Linguisticamente parlando, la differenza fondamentale tra capacità e resistenza consiste nel fatto che la prima è come il serbatoio, la seconda è il saperlo utilizzare senza sprechi il più a lungo possibile. La prima è una qualità sviluppabile sempre presente, la seconda è un'azione migliorabile con una tecnica di allenamento e con fattori psicologici.

Un ulteriore utile parallelismo che l'insegnante di fitness e di ginnastica aerobica deve concepire insieme alla generale teoria dell'allenamento è la divisione delle capacità motorie in condizionali e coordinative. Le prime sono "dipendenti in gran percentuale" dalle possibilità puramente energetiche e meccaniche dell'apparato locomotore, nonché, ovviamente, dalle condizioni psicologiche dell'atleta o dell'allievo e sono: forza, resistenza, velocità. Le seconde, intese come "capacità di organizzare e controllare il movimento", dipendono in gran percentuale dalle condizioni cognitivo-operazionali e psicomotorie dell'atleta o dell'allievo nonché, anche qui, da quelle psicologiche. Le capacità coordinative furono riassunte da Blume nel 1981 in:

- capacità di accoppiamento e combinazione dei movimenti
- capacità di differenziazione
- capacità di equilibrio
- capacità di orientamento
- capacità di ritmo
- capacità di reazione
- capacità di trasformazione.

Un bravo insegnante di attività motoria e fitness dovrebbe aver presente che in tutto ciò le condizioni psicologiche, le motivazioni; gli stati d'animo degli allievi giocano un ruolo

effettivamente prezioso per l'attività stessa. Ciò che definiamo ed indichiamo come capacità fisiche (motorie) è anche un risultato o una possibilità di una disposizione individuale e finalizzata al movimento senza la quale manca il padrone del movimento stesso, pur essendo presente il suo corpo, cioè il soggetto.

E' interessante a questo punto ricordare lo specchietto che negli anni '70, cioè in pieno boom di psicomotricità, i fratelli S. ed E. Fabbri descrissero come fattori di ordine psicomotorio:

- educazione e controllo della respirazione
- equilibrio statico, statico-dinamico e dinamico
- definizione e coordinazione della lateralità
- coordinazione senso-motoria
- strutturazione spazio temporale
- controllo di tono e rilassamento psicosomatico
- percezione posturale globale e intersegmentaria
- coordinazione dinamica generale.

E' chiaro che in un adulto tali fattori dovrebbero essere pienamente acquisiti ma, ahimè, non è sempre così. Se l'insegnante di fitness nota carenza di alcuni di questi fattori e che tale carenza persiste, dovrà trovare delle strade metodologiche psicomotorie per risolvere il problema, costruendo esercizi, percorsi, circuiti, lavori di coppia o di gruppo in cui "ammuffiti" circuiti interneuronici vengono rispolverati, e soprattutto, dovrà inserire l'allievo in classi meno avanzate.

Il sistema di produzione dell'energia

Produzione cellulare di energia

Perché l'ossigeno è così importante? Cercare di capire le funzioni del sistema cardiopolmonare nella distribuzione e nella estrazione dell'ossigeno può aiutare a spiegare la produzione di energia nelle cellule, e particolarmente nelle cellule dei muscoli.

La moneta di scambio energetica: l'ATP

Quando un muscolo si contrae ed esercita una forza, l'energia usata per comandare la contrazione proviene da una sostanza speciale presente nelle cellule e conosciuta come ATP, adenosina trifosfato. L'ATP è la sorgente di energia del corpo, allo stesso modo di come la benzina è la sorgente di energia di un motore di automobile. Quanto più rapidamente ed efficacemente le cellule muscolari producono l'ATP, tanto maggiore sarà il lavoro che le cellule saranno in grado di svolgere prima di stancarsi. Anche se c'è una certa quantità di ATP immagazzinata in una cellula muscolare, la sua disponibilità è limitata. Ciò vuol dire che le cellule muscolari devono produrre continuamente ATP per poter continuare a lavorare. Le cellule muscolari alimentano la riserva di ATP utilizzando tre diversi percorsi biochimici, ovvero diverse sequenze di reazioni chimiche.

I sistemi energetici aerobico ed anaerobico

La parola "aerobico" vuol dire in presenza di ossigeno. Il sistema energetico aerobico per la produzione di ATP è predominante quando alle cellule viene fornita una quantità di ossigeno sufficiente a soddisfare le esigenze di produzione di energia, come avviene, ad esempio, quando il muscolo è in riposo. La maggior parte delle cellule, comprese le cellule muscolari, contiene delle strutture chiamate mitocondri. I mitocondri sono le sedi della produzione di energia aerobica (ATP). Più grande è il numero di mitocondri in una cellula, maggiore è la capacità di quella cellula a produrre energia aerobica.

Gli altri due sistemi energetici sono le fonti primarie di ATP quando le cellule ricevono una quantità di ossigeno insufficiente a soddisfare i fabbisogni energetici. In assenza di sufficienti quantitativi di ossigeno, come accade quando una cellula muscolare ha bisogno di produrre una grossa forza molto rapidamente per sollevare un grosso peso, la cellula passa al sistema energetico anaerobico, che fornisce una fonte di ATP rapidamente disponibile.

"Anaerobico" significa in assenza di ossigeno. La produzione anaerobica di ATP avviene all'interno delle cellule, ma al di fuori dei mitocondri.

Molte cellule, come quelle del cuore, del cervello e di altri organi, hanno una capacità anaerobica estremamente limitata. Pertanto queste cellule devono essere continuamente rifornite di ossigeno, altrimenti muoiono. Per esempio se una arteria coronaria (che fornisce sangue ed ossigeno al muscolo cardiaco) si ostruisce per accumulo di deposito di colesterolo, ci sarà un ridotto flusso di sangue attraverso questa arteria, chiamato ischemia. Il minor flusso di sangue può portare ad una insufficienza dell'ossigeno fornito al muscolo cardiaco, sia durante il riposo che durante l'esercizio fisico, la qual cosa spesso produce una sensazione di dolore e/o di pressione sul torace, chiamata angina pectoris. Se viene a mancare il supporto di ossigeno, come avviene quando si forma un grumo di sangue in corrispondenza di una occlusione dell'arteria, l'area del muscolo cardiaco (miocardio) che si trova oltre il blocco subisce un infarto miocardico, spesso chiamato attacco di cuore. Se il fenomeno coinvolge gran parte del miocardio, il risultato è un fatale attacco di cuore. Nel cervello l'ischemia può portare ad un ictus. Diversamente dal cuore e dal cervello, i muscoli scheletrici, come i tricipiti ed i quadricipiti, hanno una notevole capacità anaerobica. Un istruttore deve conoscere le modalità di produzione delle energie aerobica ed anaerobica sia in funzione delle sostanze utilizzate per la produzione di ATP, sia in funzione dell'intensità dell'esercizio, dove il riposo ed il massimo sforzo rappresentano gli estremi della possibile intensità. Il corpo usa un processo chimico estremamente complesso per produrre l'ATP. Tuttavia, anche una conoscenza di base del processo può aiutare molto l'insegnante nella fase di definizione ed impostazione di un programma di esercizi. I lipidi (acidi grassi) ed i carboidrati (glucosio) sono le due sostanze (substrati) che le cellule del corpo usano per produrre la maggior parte di ATP. Le proteine, che sono costituite da varie combinazioni di amminoacidi, non rappresentano una fonte di energia preferenziale; in un cliente nutrito normalmente, le proteine giocano un ruolo minore nella produzione di energia. Tuttavia, quando una dieta non fornisce una sufficiente quantità di calorie, il corpo è capace di utilizzare le proteine immagazzinate nei tessuti muscolari per produrre l'energia occorrente. Anche se questo non è certo un processo ideale. A riposo, quando il sistema cardiopolmonare è facilmente in grado di fornire la quantità adeguata di ossigeno ai mitocondri delle cellule muscolari, sia gli acidi grassi che il glucosio sono utilizzati per produrre l'ATP.

In altre parole, a riposo, la maggior parte di ATP necessaria viene prodotta aerobicamente, utilizzando sia il glucosio che gli acidi grassi. Infatti, a riposo, il corpo produce all'incirca una caloria al minuto. Circa il 50% di questa caloria per minuto deriva dal grasso, anche se la persona non è allenata. In un atleta ben allenato i grassi forniscono fino al 70% della spesa calorica a riposo.

Quando l'intensità dell'esercizio aumenta, il sistema cardiovascolare compie tutti gli sforzi possibili per aumentare la sua fornitura di ossigeno ai mitocondri dei muscoli in lavoro per produrre aerobicamente il quantitativo di ATP necessario. Seguitando ad aumentare l'intensità dell'esercizio, ad un certo punto, determinato sia dal livello di fitness del cliente sia dalle sue caratteristiche genetiche, il sistema cardiovascolare diventa incapace a fornire sufficiente ossigeno ai muscoli che lavorano; allora i muscoli fanno ricorso al sistema anaerobico per produrre rapidamente l'ATP. L'intensità di esercizio alla quale non è più disponibile un adeguato apporto di ossigeno è chiamata soglia anaerobica, la quale viene raggiunta prima dello sforzo massimo.

Il sistema anaerobico, tuttavia, non può essere utilizzato per un periodo prolungato. La fonte primaria per la produzione anaerobica di ATP è il glucosio, che è contenuto nei muscoli e nel fegato come glicogeno, una grande molecola costituita da catene di glucosio. Una seconda sorgente per la produzione di ATP è il fosfato creatina, una molecola che può essere rapidamente separata per ottenere un aiuto alla produzione di ATP. Tuttavia, così come per la riserva di ATP nei muscoli, c'è una disponibilità estremamente limitata di fosfato creatina. Alcune ricerche svolte circa 20 anni fa (J. Bergstrom ed altri) hanno mostrato che, anche in un atleta ben allenato, i muscoli immagazzinano solo la quantità di fosfato creatina e di ATP, che insieme sono chiamati fosfageni, sufficiente a 10 secondi di sforzo massimo.

Per riassumere, fin tanto che una cellula muscolare è aerobica, essa utilizza sia i grassi che il glucosio per produrre ATP. Il sistema aerobico produce molto più ATP di quanto ne produca il sistema anaerobico, soprattutto perché i grassi danno 9 calorie di energia per grammo, mentre il glucosio e le proteine solo 4 calorie per grammo. Inoltre i prodotti di scarto della produzione aerobica di ATP sono l'acqua e l'anidride carbonica (CO₂); entrambi sono tollerati abbastanza bene dal corpo, così che la produzione di energia aerobica non provoca una fatica muscolare. Poiché l'acqua è un prodotto di scarto della produzione aerobica di ATP è fondamentale sostituire l'acqua eliminata bevendo moltissimo ogni giorno. Più ci si esercita più acqua bisogna bere. Quando un muscolo in esercizio diventa anaerobico esso si dà al glucosio (e limitatamente al sistema fosfogeno) per produrre ATP.

Comunque, non soltanto è molto minore l'ATP prodotto anaerobicamente di quello prodotto aerobicamente per ogni molecola di substrato usata, ma i prodotti di scarto della produzione anaerobica di ATP comprendono l'acido lattico. All'aumentare dei livelli di acido lattico e di altri prodotti di scarto nel muscolo, sarà sempre più difficile consentire al muscolo contrazioni continuate. Si ritiene che l'acido lattico sia la causa principale dei dolori repentini (bruciori) in un muscolo che si sta esercitando. Oltre alla formazione di acido lattico i muscoli mandano altri segnali quando non riescono più a produrre aerobicamente il quantitativo necessario di ATP. Uno di questi è l'iperventilazione, definita come una respirazione più veloce del necessario, che rappresenta il segnale che la produzione anaerobica di ATP è predominante. Quando non è disponibile ossigeno in quantità sufficiente, il muscolo segnala al cervello la necessità di aumentare il ritmo e la profondità del respiro. Tuttavia poiché il fattore limitante non è la respirazione ma l'estrazione di ossigeno dal muscolo, l'iperventilazione è un processo futile.

Il processo chimico che il corpo utilizza per produrre l'ATP dipende da alcune proteine del corpo chiamate enzimi. Gli enzimi sono necessari per avviare la reazione chimica che produce l'ATP, sia aerobicamente che anaerobicamente. Gli enzimi che metabolizzano i grassi sono diversi da quelli che metabolizzano i carboidrati. Inoltre vengono usati enzimi diversi per metabolizzare i carboidrati aerobicamente, da quelli usati per metabolizzare i carboidrati anaerobicamente. Così quando ci si esercita con una intensità al di sotto della soglia anaerobica, gli enzimi aerobici che metabolizzano il grasso ed i carboidrati sono dominanti nella produzione di ATP. Ma quando l'esercizio viene svolto in prossimità della soglia anaerobica, gli enzimi anaerobici hanno un ruolo dominante nella produzione di ATP.

L'allenamento aerobico porta ad un aumento delle capacità del sistema aerobico, ma ha un piccolo effetto sugli enzimi anaerobici. Pertanto l'allenamento aerobico aumenta significativamente la nostra capacità a bruciare grassi. L'allenamento anaerobico, d'altro canto, porterà principalmente ad un miglioramento funzionale del sistema degli enzimi anaerobici. Tutto ciò rappresenta un'altra applicazione del principio di specificità dell'allenamento.

La capacità aerobica

Gli allievi delle classi di aerobica sono spesso desiderosi di conoscere il loro potenziale aerobico,

per confrontarlo con quello di allievi di altre attività di tipo aerobico. Numerose ricerche hanno dimostrato che la ginnastica aerobica rappresenta una valida alternativa metodologica di miglioramento delle qualità aerobiche (non escludendo tutte le altre metodologie ma, anzi, valorizzandone le finalità). Comprendere le modalità del consumo di ossigeno aiuterà l'insegnante a capire l'intimo significato del fitness aerobico.

La capacità totale di consumare ossigeno a livello cellulare è conosciuta come massimo consumo di ossigeno o V_{O2} massimo. Questa espressione rappresenta la nostra massima capacità aerobica. Il V_{O2} massimo dipende da due fattori: (1) la distribuzione di ossigeno ai muscoli che stanno lavorando attraverso il sangue, o emissione cardiaca, e (2) la capacità di estrarre l'ossigeno dal sangue per distribuirlo ai capillari e di utilizzare l'ossigeno nei mitocondri (elementi di produzione di energia aerobica presenti nella maggior parte delle cellule). Il consumo massimo di ossigeno è rappresentato dalla seguente formula:

$V_{O2} \text{ max} = \text{emiss. cardiaca max} * \text{estraz. ossigeno max}$

V_{O2} (il volume di ossigeno consumato) è misurato sia in millilitri di ossigeno consumato per chilogrammo di peso corporeo per minuto (ml di ossig./Kg/min), sia in litri di ossigeno consumato per minuto (lt di ossig./min). Possiamo ora indicare quanto ossigeno è usato a riposo e confrontarlo con una ipotetica capacità aerobica massima di un cliente che pesa 70 Kg. Se il suo battito cardiaco a riposo è di 60 bpm, il volume unitario SV è di 70 ml/battito (ricorda che : emiss. cardiaca = battito cardiaco * volume unitario), e l'estrazione di ossigeno è di 6 ml di ossig./100 ml di sangue; pertanto il suo V_{O2} a riposo è:

$V_{O2} = 60 \text{ bpm} * 70 \text{ ml/battito} * 6 \text{ ml ossig. /100 ml}$

Questo equivale a 252 ml di ossig./min. Diviso per i 70 Kg. il V_{O2} a riposo è circa 3,5 ml/Kg/min. Durante un esercizio massimale il nostro cliente ha un battito di 180 bpm, un volume unitario di 115 ml/battito ed una estrazione di ossigeno di 15 ml di ossig./100 ml di sangue. Pertanto il suo massimo V_{O2} è:

$VOZ_{\text{max}} = 180\text{bpm} * 115\text{ml/batt.} * 15\text{ml ossig. /100ml}$

che equivale a 3,105 ml di ossig./min ovvero 44,4 ml/Kg/min. Benché l'esempio si riferisca ad un ipotetico cliente in condizioni medie, esso illustra chiaramente che i nostri corpi hanno una enorme capacità ad incrementare il consumo di ossigeno; in questo esempio c'è stato un incremento di più di 12,5 volte. Mentre gli aumenti sia del battito che del volume unitario giustificano l'aumento dell'emissione cardiaca durante l'esercizio, l'aumento della estrazione di ossigeno (indicata anche come differenza di ossigeno arterio-venosa) è provocata da diversi stimoli.

Durante l'esercizio numerosi cambiamenti intervengono a rendere più agevole il prelievo dell'ossigeno dalle molecole di emoglobina ed il suo successivo uso per la produzione di energia aerobica nei muscoli. Questi cambiamenti comprendono aumenti della temperatura, dell'acidità, e del livello del diossido di carbonio nel flusso sanguigno.

Il valore di V_{O2} a riposo pari a 3,5 ml/Kg/min viene anche chiamato un Equivalente Metabolico, o 1 MET. Le attività sono spesso descritte in termini di MET; per esempio, la Pallavolo ha un campo di 3-6 MET e la danza aerobica un campo di 6-9 MET. Per determinare il V_{O2} equivalente ad un dato valore di MET basta moltiplicare quest'ultimo per 3,5. I medici spesso prescrivono gli esercizi in base al valore di MET, soprattutto per quei pazienti che seguono un programma di riabilitazione cardiaca.

Con l'allenamento aerobico non solo si verifica un aumento del V_{O2} max, ma si provoca anche un aumento della percentuale dello sforzo massimo alla quale si presenta la soglia anaerobica. In pratica questo vuol dire che un individuo è capace di produrre ATP aerobicamente con una intensità che cresce con il livello di allenamento. Inoltre una persona allenata aerobicamente generalmente può svolgere attività più intense di quanto possa fare una persona non allenata. Molti ricercatori si sono domandati se gli appassionati di aerobic dance si allenano con una

intensità tale da raggiungere i benefici aerobici, misurati sulla base del loro consumo aerobico. Dai dati raccolti da un gruppo di dieci donne, Weber (1974) riferisce che l'aerobic dance richiede un valore di V_{O_2} medio pari a 29 ml/Kg/min. Questi valori riflettono una percentuale del Max V_{O_2} dei soggetti analizzati abbastanza alta, il che dimostra come gli esercizi di aerobic dance possano realisticamente rappresentare un efficace allenamento aerobico. Non appena un individuo raggiunge un buon livello di forma aerobica, il suo Max V_{O_2} aumenta.

Rockefeller e Burke (1979) hanno condotto uno studio su donne ventunenni coinvolte in uno stage di 10 settimane di aerobic dance. La lezione era di 40 minuti ed aveva una cadenza trisettimanale. All'inizio del corso, il V_{O_2} medio delle partecipanti era di 34,3 ml/Kg/min. Vaccaro e Klinton (1981) hanno notato anche un aumento del Max V_{O_2} nei soggetti praticanti aerobic dance da 31,1 a 38,2 ml/Kg/min. I soggetti studiati da Vaccaro e Klinton erano donne di un college che partecipavano ad un corso di aerobic dance di due ore settimanali per 10 settimane. Il consumo massimale di ossigeno, al pari della frequenza cardiaca di allenamento, è influenzato dall'età, da fattori ereditari e dal livello di fitness fisico. Ad esempio, superati i trent'anni, interviene una lenta ma progressiva perdita della capacità aerobica (all'età di 65 anni essa può diminuire fino al 35%). Alcuni individui sviluppano una notevole capacità aerobica per cui sono in grado di sostenere un allenamento ad alto livello. Quanto più grande sarà il fitness aerobico di una persona, tanto più elevato risulterà il Max V_{O_2} .

Un'altra interessante relazione fisiologica si verifica tra il consumo di ossigeno e la quantità di calorie (Kcal) spese durante l'esercizio. La matematica elementare ci insegna che determinate unità di misura possono essere convertite in altre. Come 12 pollici equivalgono ad un piede e tre cucchiaini da tè equivalgono ad un cucchiaio da minestra, allo stesso modo la quantità di ossigeno consumata durante l'esercizio può essere convertita nella quantità di calorie utilizzata in ogni minuto. Ad esempio, quando viene utilizzato un litro di ossigeno vengono spese all'incirca 5 Kcal. Perciò, una donna che balla ad un ritmo medio con una frequenza cardiaca di 135 bpm e che utilizza circa 20 ml/Kg/min (1,16 litri/minuto), consumerà approssimativamente 5,8 Kcal al minuto. Un uomo che utilizza circa 1,4 litri/minuto, spenderà circa 7,0 Kcal/minuto. I fisiologi del movimento utilizzano questo rapporto di conversione energetico per calcolare il numero approssimativo di calorie spese durante l'aerobic dance. La maggior parte degli studi conferma che l'esercizio svolto ad una intensità moderata, entro l'intervallo di allenamento della frequenza cardiaca, spenderà tra le 6 e le 8 Kcal al minuto.