

## COME FUNZIONANO I MUSCOLI

L'energia necessaria perchè avvenga la contrazione muscolare è fornita da una sostanza particolare chiamata ATP (**acido adenosintrifosforico**). L'ATP è presente in piccole quantità nei muscoli, ma può cedere costantemente energia grazie al suo continuo riformarsi.

Questo è possibile perchè dopo aver ceduto ai muscoli l'energia necessaria a compiere la contrazione, l'ATP lascia il posto a una sostanza chiamata ADP (**acido adenosindifosforico**) che, a sua volta, riacquista velocemente energia diventando ATP. La necessaria e continua trasformazione di ADP in ATP viene chiamata ricarica dell'ATP: per verificarsi ha bisogno di sfruttare una fonte di energia che può essere ottenuta in due modi:

- 1) con l'aiuto dell'ossigeno: **PROCESSO AEROBICO**
- 2) senza l'aiuto dell'ossigeno: **PROCESSO ANAEROBICO**

### IL PROCESSO AEROBICO

Ni muscoli sono presenti zuccheri (**glicogeno**) e all'occorrenza vi arrivano acidi grassi; quando queste sostanze vengono a contatto con l'ossigeno trasportato dal sangue, bruciano, producendo l'energia necessaria a trasformare l'ADP in ATP e lasciando come sostanza di rifiuto anidride carbonica e acqua. Perciò:

**zucchero o grassi + ossigeno = ENERGIA + anidride carbonica + acqua**

**ADP + energia = ATP.**

Questo processo è molto redditizio; infatti gli zuccheri e i grassi bruciando sfruttano tutta l'energia in loro possesso e le sostanze che rimangono ( anidride carbonica e acqua) sono velocemente eliminate tramite il sangue di ritorno dai muscoli.

Tutto questo meccanismo dipende dalla quantità di ossigeno che arriva ai muscoli: se il movimento non è molto intenso, è sufficiente questa combustione tra zuccheri o grassi e ossigeno per rendere possibile la contrazione.

Per esempio, un atleta ben allenato che esegue le corse di resistenza, se mantiene sempre un ritmo lento e costante corre quasi esclusivamente sfruttando l'ossigeno che respira e questo per molte ore senza eccessiva fatica. Quando però i muscoli sono sottoposti a sforzi intensi e rapidi, le fibre muscolari sfruttano una notevole quantità di ATP destinato a divenire ADP; di conseguenza l'ossigeno assimilato con la respirazione non basta a trasformare velocemente l'elevata quantità di ADP in nuovo ATP.

E' a questo punto che entra in funzione il secondo meccanismo per produrre energia:

## IL PROCESSO ANAEROBICO

Il processo anaerobico può essere a sua volta di due tipi:

**1) Processo anaerobico alattacido:** nel muscolo è presente una piccola quantità di materiale altamente energetico (la fosfocreatina) che ha la possibilità di ricaricare immediatamente ADP. All'arrivo dell'impulso nervoso la fosfocreatina (detta anche creatinfosfato CP) si scinde in fosforo e creatina liberando energia per ricostruire l'ATP dall'ADP.

Questo processo è anaerobico e alattacido cioè non ha bisogno di ossigeno né di zuccheri, che produrrebbero acido lattico. È un processo immediato e molto potente, però può durare al massimo 10" circa, perché la fosfocreatina si esaurisce in fretta: è sufficiente per correre 60 metri, fare uno scatto, una rincorsa o uno sprint finale di una corsa di resistenza. Perciò:

**CP: creatina + fosforo + ENERGIA**  
**ADP + ENERGIA = ATP**

**2) Processo anaerobico lattacido:** gli zuccheri si scindono producendo energia e una sostanza, l'ACIDO LATTICO. Una parte di questo acido si accumula nei muscoli, un'altra viene lentamente portata dal sangue al fegato che provvede a ritrasformarlo in zucchero. Perciò:

**zucchero = ENERGIA + acido lattico**  
**ADP + ENERGIA = ATP**

Rispetto al precedente questo meccanismo non è conveniente perché con una stessa quantità di zucchero la quantità di energia, e perciò di ATP, che si produce è notevolmente inferiore. Un'altra difficoltà è procurata poi dalla presenza dell'acido lattico; infatti, quando questo supera una certa quantità all'interno del muscolo, lo blocca quasi completamente. Questo fenomeno ha pressoché le stesse caratteristiche di un avvelenamento, naturalmente temporaneo: in breve tempo questo acido viene ritrasformato e la situazione torna normale.

Il muscolo ricorre a questo processo per rifornirsi di ATP negli sforzi che durano circa 60", quindi possiamo affermare che possiedono una grande capacità anaerobica i nuotatori su brevi distanze, i quattrocentisti dell'atletica, gli sciatori dello slalom speciale. Devono però essere in grado di sopportare l'accumulo di acido lattico anche i calciatori o i rugbisti, con i loro ripetuti scatti e allunghi durante una partita.

## LA SUCCESSIONE DEI PROCESSI ENERGETICI

Nei primi secondi di corsa, qualunque sia la velocità, i nostri muscoli traggono l'energia dal processo di scissione dell'ATP già disponibile.

Per un massimo di 30" di corsa, e indipendentemente dalla velocità, l'energia viene fornita dalla scissione del creatinfosfato (processo anaerobico alattacido).

Continuando lo sforzo, poiché il processo aerobico non è ancora entrato in funzione, l'energia viene reperita dal processo anaerobico lattacido: lo zucchero si scinde, l'ATP si ricarica ma c'è un piccolo accumulo di acido lattico. Dopo circa 2-3 minuti di corsa entra in funzione il processo aerobico.

Se l'intensità dello sforzo è tale da richiedere una quantità di ossigeno che la nostra respirazione e la nostra circolazione riescono a fornire, noi corriamo utilizzando solo l'energia proveniente dal processo aerobico: la corsa può durare teoricamente all'infinito in quanto questo processo non produce sostanze intossicanti.

Se l'intensità dello sforzo è elevata e la quantità di ossigeno fornita è inferiore a quella richiesta per l'ossidazione di zuccheri e grassi dobbiamo per forza attingere energia dal processo anaerobico lattacido. Così facendo l'acido lattico comincia ad accumularsi e il nostro organismo contrae un debito di ossigeno; continuando lo sforzo con la stessa intensità ci si dovrà fermare a un certo punto perché l'accumulo di acido lattico diventa insopportabile.

Riducendo invece l'intensità dello sforzo, il processo anaerobico si interrompe e si rimette in funzione solo quello aerobico che progressivamente può ripagare il debito di ossigeno e rimuovere dal sangue e dai muscoli l'acido lattico accumulato.

## I COMBUSTIBILI NEI MUSCOLI

Negli sforzi intensi e di breve durata, che si svolgono con la produzione di acido lattico, i muscoli utilizzano esclusivamente gli zuccheri. Durante questi sforzi, non essendo sufficienti le scorte di zucchero che il muscolo possiede, si riscontra un notevole aumento della quantità di glucosio nel sangue, la cui meta è naturalmente la fibra muscolare. Invece negli esercizi a bassa intensità, ma di notevole durata, dove predomina la combustione provocata dall'ossigeno, quando cominciano a scarseggiare i glucidi vengono utilizzati in gran parte i grassi.

I grassi si trovano accumulati nelle cellule adipose al di fuori delle fibre muscolari: all'occorrenza essi vengono mobilitati dai depositi e, tramite il sangue, vengono portati ai muscoli dai quali sono sfruttati come combustibile.

Le proteine in genere hanno il compito di riparare i tessuti logorati; solo in casi particolari, quando zuccheri e grassi sono esauriti, possono, in minima parte, diventare carburante per i muscoli.

## RIASSUMENDO

**Sforzi intensi ma brevi** sono a carico del sistema anaerobico alattacido, che viene progressivamente sostituito dal sistema lattacido se lo sforzo viene prolungato.

**Sforzi di lunga durata e poco intensi**, invece, sono a carico del sistema aerobico che utilizza l'ossigeno per realizzare la combustione di zuccheri e grassi e la conseguente produzione di energia.

A titolo indicativo:

la **frequenza cardiaca** (cioè il numero delle contrazioni del cuore in un minuto) a riposo è compresa tra 60 e 80. Durante l'attività fisica il numero delle pulsazioni aumenta :

- intorno ai **100-120** battiti al minuto indica un lavoro **scarso**
- "     "     **120-140**     "     "     "     "     "     "     **aerobico**
- "     "     **140-170**     "     "     "     "     "     "     **intenso anaerobico**
- "     "     **170-190**     "     "     "     "     "     "     **sub-massimale anarobico**