

# Il meccanismo energetico del muscolo

L'energia meccanica espressa dal movimento deriva dalla trasformazione dell'energia chimica, a sua volta derivata dalla trasformazione degli alimenti. Questo processo si chiama **metabolismo energetico**.

Tutti i cibi energetici – carboidrati, grassi e proteine – vengono degradati nelle cellule (e precisamente nei mitocondri) liberando una grande quantità di energia. Questa energia viene immagazzinata sotto forma di composto chimico chiamato **ATP (adenosintrifosfato)**, formato da una molecola di **adenosina (A)** legata a **tre molecole di fosforo (P)**.

Quando il muscolo si contrae, l'ATP “si demolisce”, cioè **cede energia** e si trasforma in **ADP (adenosindifosfato)**. Il muscolo possiede una riserva di ATP che gli consente un lavoro per circa 10 secondi.

In sintesi, possiamo dire che:



Per proseguire l'attività muscolare **l'ADP si deve trasformare nuovamente in ATP**. Questo avviene tramite due meccanismi:

- il **processo anaerobico** (in assenza di ossigeno);
- il **processo aerobico** (con l'utilizzo di ossigeno).

## Il processo anaerobico

Quando il movimento o la prestazione è di breve durata (meno di 60”), l'organismo non ha il tempo di utilizzare il processo aerobico e quindi fa fronte alle richieste di energia attraverso due sistemi:

1. il **sistema anaerobico lattacido**: utilizza le sostanze ricche di fosforo presenti nel muscolo (ATP e CP, ovvero **fosfocreatina**), ricreando così ATP e **creatina (C)** e liberando quindi una grande quantità di energia immediatamente utilizzabile.



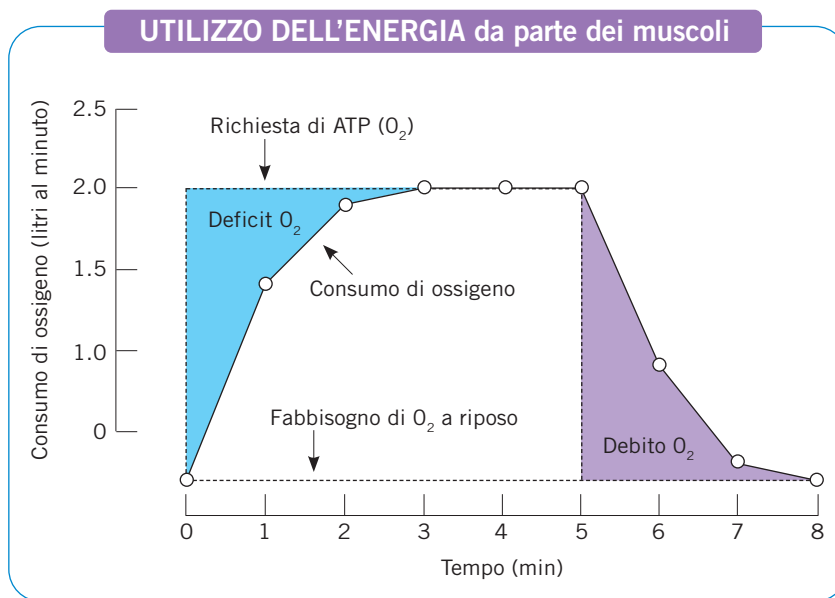
Il velocista sudafricano Wayde Van Niekerk, campione olimpico e detentore del record mondiale della specialità dei 400 m piani con il tempo di 43”03.

È il caso del lavoro muscolare di grande intensità e brevissima durata, che non superi gli 8-10" (ad esempio un salto, una corsa veloce come i 60 m, il sollevamento pesi, gli sprint finali, i lanci). Ma poiché le riserve di ATP e CP si esauriscono rapidamente, occorre che si attivi il sistema lattacido;

2. il **sistema anaerobico lattacido**: dalla digestione dei carboidrati complessi (zuccheri) derivano carboidrati più semplici come il glucosio, che viene immagazzinato nelle cellule sotto forma di **glicogeno**. Le cellule che sono in grado di immagazzinare maggiori quantità di glicogeno sono quelle del fegato e dei muscoli. Il sistema anaerobico lattacido trasforma il glicogeno in acido lattico (tale processo è chiamato **glicolisi**), che in parte rimane in circolazione (e viene smaltito durante il recupero) e in parte viene ritrasformato dal fegato in glicogeno per renderlo di nuovo utilizzabile.



È il caso di un lavoro muscolare molto intenso della durata da 1' a 3', come i 400 m di corsa. Tuttavia, le potenzialità della glicolisi anaerobica non possono essere sfruttate completamente, perché l'**accumulo di acido lattico** costringe l'atleta a fermarsi quando si è formato solo un terzo delle molecole teoricamente producibili.

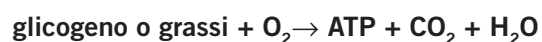


La parte azzurra indica l'energia spesa all'inizio di un esercizio, a carico dei meccanismi anaerobici (la frequenza cardiaca e il consumo d'ossigeno aumentano); la parte centrale bianca mostra i meccanismi aerobici; la parte viola è la fase di ripristino, durante la quale il consumo di ossigeno diminuisce.

## Il processo aerobico

Quando gli zuccheri e i grassi depositati nei muscoli vengono a contatto con l'ossigeno, si produce una combustione (chiamata anche ossidazione) e si libera energia che viene utilizzata per riformare l'ATP.

I prodotti di rifiuto, cioè anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e acqua (H<sub>2</sub>O), vengono trasportati dal sangue ed eliminati attraverso la respirazione e il sudore. Questo processo, che consente di demolire completamente il glucosio, si verifica all'interno di piccoli organi contenuti nelle cellule, i **mitocondri**. Nella prima fase il glucosio viene trasformato in **acido piruvico**; successivamente questo attraverso il meccanismo denominato **ciclo di Krebs** produce ATP, anidride carbonica e acqua.



Il **meccanismo aerobico** sviluppa grandi quantità di energia e si attiva nel caso di sforzi prolungati della durata superiore a 5' (nuoto, camminata, ballo, ciclismo, corse di mezzofondo, maratona, sci di fondo). Questo sistema dipende dalla quantità di ossigeno disponibile e occorre qualche minuto perché sia realizzabile. La massima potenza sviluppabile attraverso i meccanismi ossidativi dipende dalla quantità di ossigeno disponibile nei muscoli.

La **massima potenza aerobica** ( $VO_2 \text{ max}$ ) è definita come la massima quantità di energia che si rende disponibile attraverso i meccanismi ossidativi. Quando si esegue un esercizio che esprime la massima tensione possibile con la contrazione (sforzo massimale), man mano che lo sforzo cresce d'intensità si verifica anche un incremento del consumo di ossigeno ( $VO_2$ ) che arriva sino a un punto massimo,  $VO_2 \text{ max}$ ; da questo momento in poi l'esercizio può essere continuato solo per poco tempo. Il  $VO_2 \text{ max}$  o **capacità aerobica** varia da soggetto a soggetto ed è condizionato dall'età (raggiunge il suo massimo a 20 anni).

I fattori da cui dipende il  $VO_2 \text{ max}$  sono i seguenti:

- la predisposizione genetica;
- il  $VO_2 \text{ max}$  può aumentare anche di 20 volte, da 0,25 a 5 litri al minuto per uno sforzo di 2' o 3';
- l'allenamento favorisce l'assorbimento dell' $O_2$  da parte dei muscoli;
- migliorando la gittata cardiaca arriva più sangue e ossigeno ai muscoli.



Il fondista italiano Federico Pellegrino, classe 1990, campione del mondo nella specialità sprint a tecnica libera nel 2017.



La stanchezza delle atlete dopo la conclusione di una gara di mezzofondo.