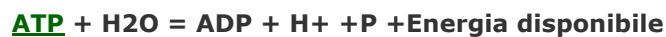


Approccio ai metabolismi energetici

La **contrazione muscolare**, così come moltissime altre funzioni cellulari, avviene grazie all'**energia** liberata dalla rottura del legame fosfoanidridico che unisce il **fosforo α** al fosforo β nella molecola di **ATP**:

Tali quantità sono quelle tipiche di un atleta di 70 - 75 kg



La cellula muscolare ha a disposizione riserve limitate di **ATP** (2,5 g/Kg di muscolo, per un totale di circa 50g). Tali riserve sono sufficienti soltanto per lavori massimali della durata di circa un **secondo**. Il nostro organismo ha comunque a disposizione dei sistemi energetici che gli permettono di risintetizzare continuamente ATP.

I MECCANISMI DI RISINTESI DELL'ATP:

I meccanismi per la risintesi di ATP sono 3 e per ognuno occorre considerare 4 fattori:

- **POTENZA**: massima quantità di energia prodotta nell'unità di tempo
- **CAPACITA'**: quantità totale di energia prodotta dal sistema
- **LATENZA**: tempo necessario per ottenere la massima potenza
- **RISTORO**: tempo necessario per la ricostituzione del sistema

METABOLISMO ANAEROBICO ALATTACIDO :

Nel muscolo, come in altre cellule, esiste una riserva importante di gruppi fosforici attivi chiamata fosfocreatina **ocreatina** fosfato (CP) o fosfogeno. La creatina fosfato si forma nel muscolo a riposo associando ad una molecola di **creatina** una molecola di fosfato inorganico. Quando il corpo necessita immediatamente di grandi quantità di energia la fosfocreatina dona il suo gruppo fosfato alla ADP secondo la seguente reazione:



dove:

PC= **CREATINA FOSFATO** sintetizzata a riposo nel muscolo scheletrico associando ad una molecola di creatina una molecola di fosfato inorganico

[ADP e ATP \(visualizza articolo\)](#)

C=creatina

L'enzima che catalizza la reazione è la **creatinchinasi**.

Nel meccanismo anaerobico alattacido l'ossigeno non interviene e proprio a questa caratteristica si deve l'aggettivo "anaerobico". Anche la produzione di acido lattico è assente ed è per questo che il termine anaerobico viene affiancato dall'aggettivo "alattacido"



Il sistema anaerobico lattacido ha una latenza molto breve, una potenza elevata ed una capacità estremamente ridotta. Le riserve di fosfocreatina, infatti, si esauriscono rapidamente (circa 4-5 secondi). Tali riserve variano comunque da soggetto a soggetto ed aumentano con l'allenamento

Durante l'attività muscolare intensa e di breve durata, il decremento della forza sviluppata è direttamente collegato al depauperamento delle riserve muscolari di fosfocreatina. Lo sanno bene i centometristi che negli ultimi metri vedono inesorabilmente calare la propria velocità di punta .

ATP e fosfocreatina stivate nei **muscoli** vengono usate contemporaneamente nel corso di sforzi brevi ed intensi. Nel complesso danno una autonomia energetica di 4-8 secondi

Caratteristiche del sistema:

Potenza: Elevata (60-100 Kcal/min)

Capacità: Molto bassa (5-10 Kcal)

Latenza: Minima (PC si degrada appena cala la concentrazione di ATP)

Ristoro: Rapido (al cessare dello sforzo o al diminuire dell'intensità gran parte della creatina viene rifosforilata a CP in circa 10"); questo sistema di resintesi è importante nelle attività che richiedono forza e velocità (salto, corsa breve e veloce, allenamenti di forza con serie brevi e carico elevato)

METABOLISMO ANAEROBICO LATTACIDO:

Anche questo sistema energetico non utilizza ossigeno. Nel citoplasma delle cellule il glucosio muscolare viene trasformato in **acido lattico** attraverso una serie di 10 reazioni catalizzate da **enzimi**. Il risultato finale è la liberazione di energia che viene utilizzata per la resintesi di ATP



Dal momento che il **piruvato** in presenza di O₂ partecipa alla produzione di ATP la **glicolisi** è anche la prima fase della degradazione aerobica dei carboidrati. La disponibilità di O₂ nella cellula determina l'entità dei processi metabolici aerobici ed anaerobici.

La glicolisi diviene anaerobica se: **scarseggia nei mitocondri l'ossigeno** per accettare gli idrogenioni prodotti dal ciclo di Krebs

Se il **flusso glicolitico è troppo rapido**, ovvero se il flusso di idrogeno è maggiore della possibilità di trasporto dal citoplasma in sede intramitocondriale per la fosforilazione (eccessiva intensità di esercizio e dunque richiesta di **ATP**)

Se sono **presenti nei muscoli isoforme di LDH** che favoriscono la conversione di piruvato in lattato tipico delle fibre veloci.

Caratteristiche del sistema:

Potenza: Inferiore alla precedente (50 Kcal/min)

Capacità: Molto maggiore della precedente (fino a 40 Kcal)

Latenza: 15-30 secondi (se l'esercizio è subito molto intenso interviene in coda al sistema lattacido)

Ristoro: Subordinato alla eliminazione dell'acido lattico con resintesi di glucosio, con energia fornita dai processi ossidativi (pagamento del debito di O₂ lattico); questo sistema di resintesi è importante nelle attività intense di durata compresa tra i 15" e 2' (es. corsa da 200 a 800m, inseguimento su pista ecc.).

METABOLISMO AEROBICO

In condizioni di riposo od esercizio fisico moderato la risintesi di ATP è garantita dal metabolismo aerobico. Questo sistema energetico permette la completa ossidazione dei due principali combustibili: i carboidrati ed i lipidi in presenza di ossigeno che funge da comburente.

Il metabolismo aerobico avviene principalmente all'interno dei [mitocondri](#) eccetto alcune fasi "preparatorie".

Resa del sistema:

1 mol di palmitato ([acido grasso](#)) 129 ATP

1 mol di glucosio (zucchero) 39 ATP

gli acidi grassi contengono infatti più atomi di idrogeno degli zuccheri e di conseguenza più energia per la risintesi di ATP; sono però più poveri di ossigeno e per questo hanno una resa energetica inferiore (a parità di ossigeno consumato).

La miscela di acidi grassi e glucosio cambia con l'intensità di esercizio:

a bassa intensità gli acidi grassi sono più coinvolti

aumentando lo sforzo aumenta invece la scissione del glucosio (vedi: [Metabolismo energetico nel lavoro muscolare](#))

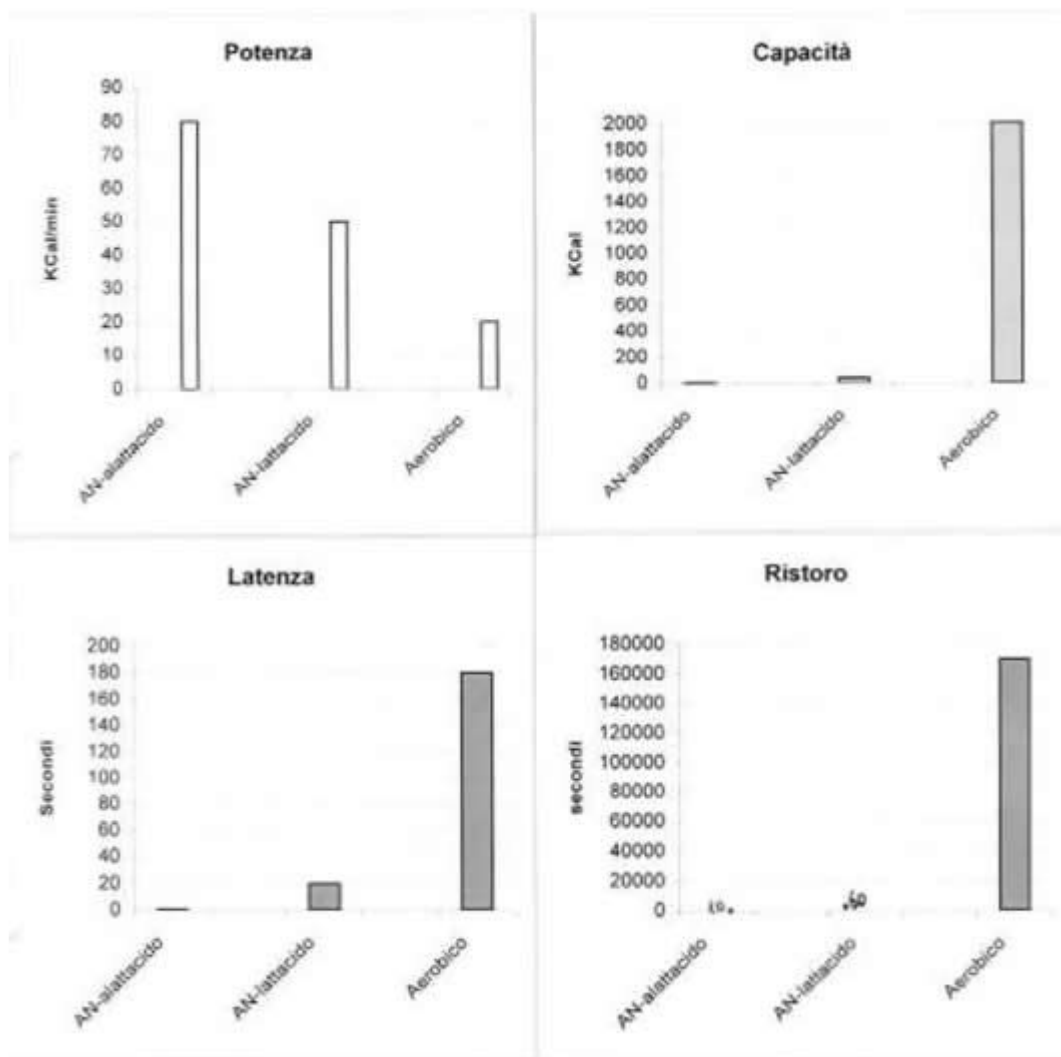
Potenza: poco più bassa dei precedenti (20 Kcal/min) Variabile a seconda del consumo di O₂ dei soggetti

Capacità: Alta (fino a 2000 Kcal) Dipende da riserva di glicogeno e di lipidi soprattutto | La durata di utilizzo dipende da intensità di esercizio e grado di allenamento | A intensità basse il tempo di utilizzo è praticamente illimitato, ad intensità alte è necessaria la presenza di glicogeno

Latenza: maggiore dei precedenti: 2-3'

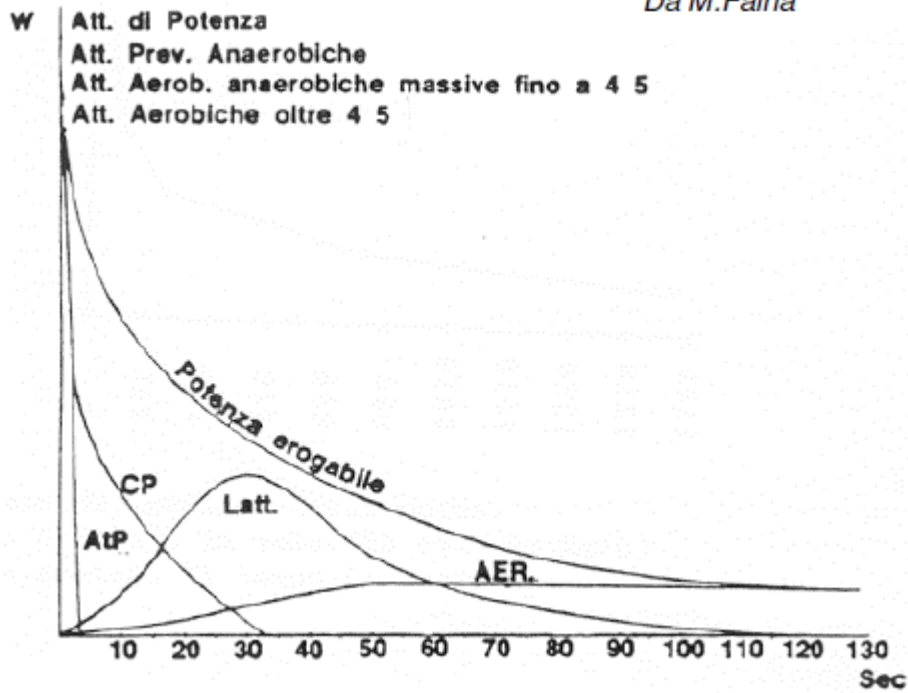
Ristoro: Molto lungo (36-48 ore)

RIASSUMENDO:



| <i>Tempo</i> | <i>attività motoria</i> | <i>qualità della prestazione</i> |
|-------------------|---|----------------------------------|
| Fino a 10" | Anaerobica alattacida | Alta |
| Fino a 45" | Anaerobica lattacida | medio-alta |
| Fino a 4' | Cala l'attività anaerobica lattacida e aumenta l'attività aerobica | medio-bassa |
| Oltre i 4' | Prevale l'attività aerobica | bassa |

Da M.Faina



Tempo necessario alla massima attivazione (latenza) dei vari sistemi energetici

Notiamo per l'ennesima volta, come ATP e **fosfocreatina** (CP) abbiano un ruolo essenziale nei primi secondi di esercizio (attività di potenza) e come tra i 15 ed i 50 secondi subentri il massimo contributo della glicolisi anaerobica, con produzione di lattato. Solo intorno ai 50-60 secondi il metabolismo aerobico raggiunge la sua piena efficacia.

Tempo di esercizio e vie di produzione dell'energia:

1-10" fase della potenza anaerobica (alattacida)

20-45" fase anaerobica (mista)

1-8' fase tolleranza al lattato

>10' fase aerobica