


 Scuola Interuniversitaria  
 di Specializzazione  
 all'Insegnamento Secondario  
 MEDICINA DELL'ATTIVITÀ FISICA E  
 SPORTIVA NELL'ETÀ EVOLUTIVA

Facoltà di  
 Scienze Motorie  
 URBINO


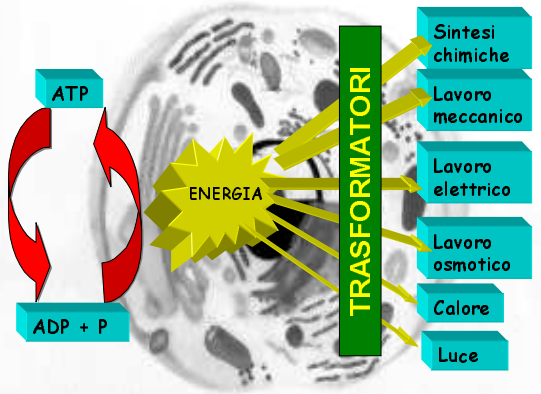
**I SISTEMI ENERGETICI  
 NELL'ATTIVITÀ FISICA  
 E SPORTIVA**

**Prof. Danilo Gambarara**

Gli organismi viventi necessitano di un continuo apporto energetico che deve essere fornito dagli alimenti e convertito, tramite diverse vie metaboliche, in una forma chimica agevolmente utilizzabile.



Nell'uomo, e nella maggior parte degli esseri viventi, la molecola comune alle varie tipologie d'utilizzo dell'energia è l'**ATP** che, pur non possedendone una gran quantità per ogni suo legame fosforico, è in grado di liberarla sotto una forma facilmente impiegabile nei vari processi biochimici.

I sistemi preposti alla produzione di energia vengono classificati in base alla presenza o alla assenza di **ossigeno** nelle reazioni biochimiche; avremo quindi:

**SISTEMA ANAEROBICO**

**SISTEMA AEROBICO**

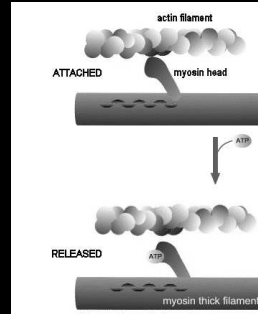
Il sistema anaerobico può seguire due principali vie metaboliche: una che avviene senza la produzione di **acido lattico**, e un'altra che ha questa molecola come prodotto finale. Quindi avremo:

## SISTEMA ANAEROBICO

alattacido  
lattacido

## SISTEMA AEROBICO

La produzione di ATP è necessaria perché tale molecola è indispensabile nei meccanismi della contrazione muscolare.



Nella produzione d'energia avremo un diverso impiego in base alla durata (**capacità**) ed all'intensità (**potenza**) del gesto atletico richiesto

## POTENZA

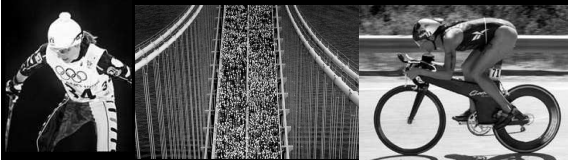
E' la quantità massima d'energia sviluppata al minuto (unità convenzionale di tempo).



È **massima** nel sistema energetico **alattacido** (3.5 moli ATP/min.), **intermedia** nel **lattacido** (1.5 moli ATP/min.) e **bassa** nel sistema energetico **aerobico** (1.0 moli ATP/min.).

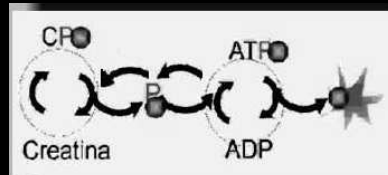
## CAPACITÀ

E' la quantità totale d'energia sviluppabile: circa 0.6 moli d'ATP per l'alattacido, 1.2 moli d'ATP per il lattacido e pressoché infinita quella del sistema aerobico.



## SISTEMA ANAEROBICO ALATTACIDO (dei FOSFAGENI)

E' basato sull'utilizzo dei fosfageni muscolari: fosfocreatina (PC) e ATP. La PC è idrolizzata liberando energia che è utilizzata per la risintesi dell'ATP consumato durante la contrazione muscolare.



### SISTEMA ANAEROBICO ALATTACIDO

I fosfageni forniscono rapidamente energia, ma causa la loro bassa concentrazione muscolare (4-6 mmoli/kg ATP e 15-17 mmoli/kg PC), si esauriscono altrettanto velocemente in pochi secondi.



### SISTEMA ANAEROBICO LATTACIDO (Glicolisi Anaerobica)

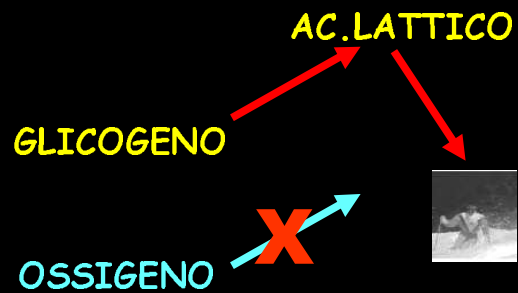
E' l'idrolisi parziale del glucosio, che, in assenza d'O<sub>2</sub>, si arresta ad acido lattico: quando l'utilizzo di tale sistema è protratto abbastanza a lungo, l'acido lattico tende ad accumularsi e può causare fatica muscolare.



### SISTEMA ANAEROBICO LATTACIDO (Glicolisi Anaerobica)

La glicolisi anaerobica è una via metabolica a basso rendimento: infatti sono prodotte solo tre moli d'ATP per mole di glicogeno consumato.

### GLICOLISI ANAEROBICA



### SISTEMA ANAEROBICO LATTACIDO

L'utilizzo è massimo per i primi 90 secondi, e continua ad essere, insieme al meccanismo aerobico, importante fonte d'energia per esercizi continui e massimali sino a circa 3-4 minuti.

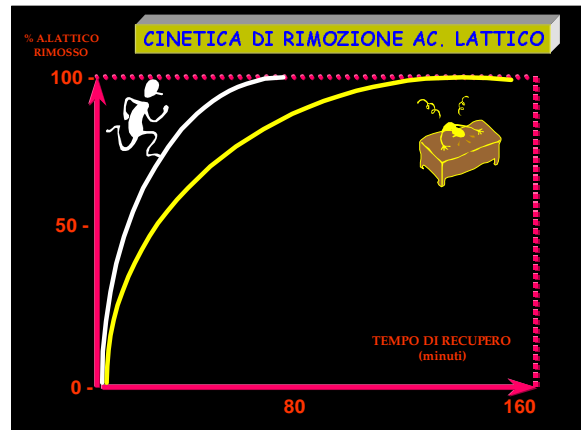
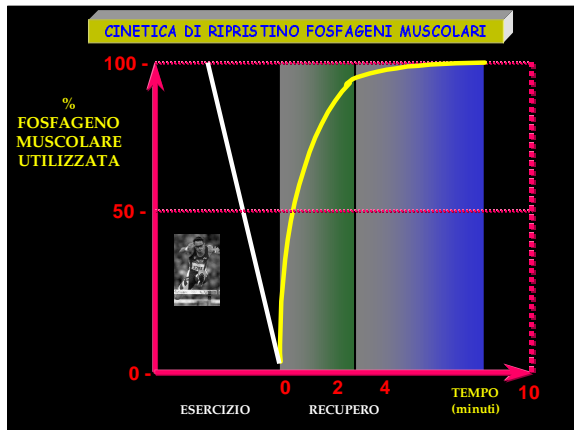


400 m



100 m

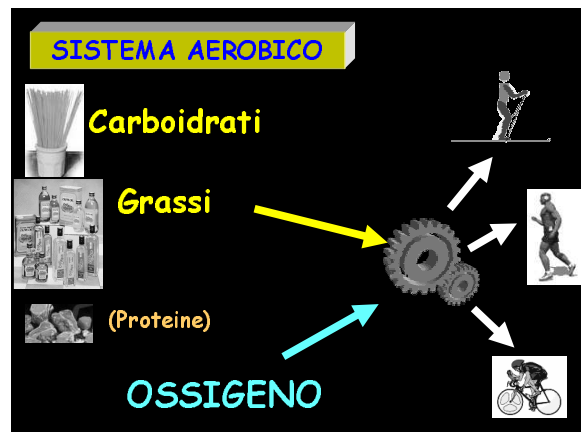




### "SMALTIMENTO" DELL'ACIDO LATTICO

Un blando esercizio fisico dopo uno sforzo molto intenso permette un più rapido smaltimento dell'acido lattico prodotto per diversi motivi:

- Evita una brusca diminuzione della portata cardiaca permettendo un adeguato flusso sanguigno muscolare ed evitando il "ristagno" dell'acido lattico.
- L'acido lattico può essere così convertito nel fegato a piruvato
- Mantiene attivi i meccanismi aerobici che riescono a consumare il piruvato derivato dal lattato.



### SISTEMA AEROBICO

Si basa sull'utilizzo dei substrati alimentari (carboidrati, lipidi e proteine) metabolizzati in presenza d'ossigeno; è un sistema a relativa bassa potenza, ma a grandissima capacità e ottimo rendimento: vengono, infatti, prodotte ben 39 moli d'ATP per mole di glicogeno consumato.

### SISTEMA AEROBICO

Il tempo con cui il sistema arriva alla massima potenza ( $VO_2$  max) è di circa 2-3 minuti: carichi di lavoro intorno al 70% di tale intensità possono essere sostenuti anche per diverse ore.

### CLASSIFICAZIONE BIOENERGETICA DEGLI SPORT

SPORT DI POTENZA (alattacidi)	10''- 15''
SPORT prevalentemente ANAEROBICI	15''- 45''
SPORT ANAEROBICI - AEROBICI MASSIVI	45''- 180''
SPORT prevalentemente AEROBICI	superiore a 180''

### SPORT ANAEROBICI - AEROBICI ALTERNATI

#### SPORT di DESTREZZA

- Scarso impegno muscolare
- Intenso impegno muscolare
- Impegno muscolare posturale e direzionale

#### SPORT COMBINATI

### SPORT DI POTENZA (10-15'')

#### Atletica Leggera

Lanci disco, giavellotto, martello, peso  
Salti alto, lungo, triplo, asta  
110m piani, 110m hs

#### Sollevamento pesi

### SPORT ANAEROBICI (15-45'')

#### Atletica Leggera

200-400m piani

#### Pattinaggio

Ghiaccio 500m Rotelle 300m

#### Nuoto

50m → 100 m sl



### SPORT ANAEROBICI-AEROBICI MASSIVI (45-180'')

#### Atletica Leggera

800-1500m piani, 400m hs

#### Pattinaggio

Ghiaccio → 3000m  
Rotelle → 1500m

#### Nuoto

→ 400m

#### Canoa

500-1000m



### SPORT PREVALENTEMENTE AEROBICI (>180'')

#### Atletica Leggera

3000 siepi 5000-10000m maratona marcia

Sci fondo 5→50km, gran fondo, skiroll

#### Pattinaggio

Ghiaccio 5-10km Rotelle 3→ 20km

#### Nuoto

800-1500m, gran fondo

Canottaggio 2000m (singolo → otto)

Canoa 10000m (K<sub>1/2/4</sub> C<sub>1/2</sub>)

Ciclismo strada, ciclocross, MTB



### SPORT ANAEROBICI-AEROBICI ALTERNATI

#### SPORT DI SQUADRA

Baseball, Calcio,  
Football Americano,  
Hockey, Pallacanestro,  
Pallamano, Pallanuoto,  
Pallavolo, Rugby



### SPORT ANAEROBICI-AEROBICI ALTERNATI

#### SPORT DI SQUADRA

#### SPORT DI COMBATTIMENTO E LOTTA

#### Arti Marziali

Karate, Kung Fu, Tae Kwon Do,  
Thai Box

Judo, Lotta, Pugilato



**SPORT ANAEROBICI-AEROBICI ALTERNATI**

**SPORT DI SQUADRA**

**SPORT DI  
COMBATTIMENTO E LOTTA**

**TENNIS-SQUASH**



**SPORT di DESTREZZA  
con NOTEVOLE IMPEGNO MUSCOLARE**

Arrampicata sportiva

Canoa Slalom, Rapide

Ginnastica

Nuoto sincronizzato

Scherma

Sci Alpino, Nautico

Pattinaggio artistico  
Ghiaccio/Rotelle

Tuffi

Windsurf



**SPORT di DESTREZZA  
con SCARSO IMPEGNO MUSCOLARE**

Tiro a segno

Tiro a volo

Bocce

Pesca Sportiva



**SPORT di DESTREZZA  
con IMPEGNO MUSCOLARE  
POSTURALE e DIREZIONALE**

Bob e Slittino

Equitazione, Golf

Sport Motoristici

Snowboard, Surf

Tiro Arco, Tennis tavolo

Vela, Volo a vela



**SPORT COMBINATI**

**BIATHLON**



**SPORT COMBINATI**

**BIATHLON**

**COMBINATA  
NORDICA**



## SPORT COMBINATI

BIATHLON



COMBINATA NORDICA



PENTATHLON



## SPORT COMBINATI

BIATHLON

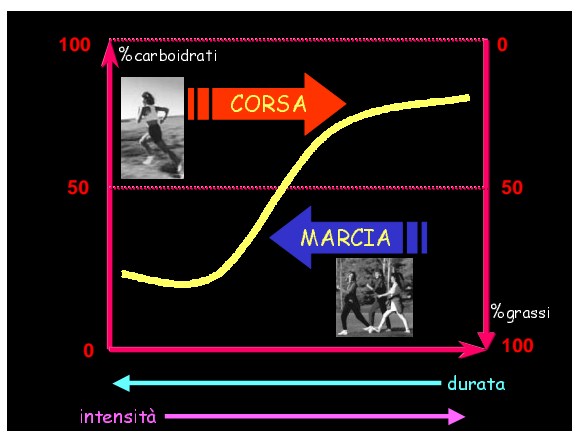
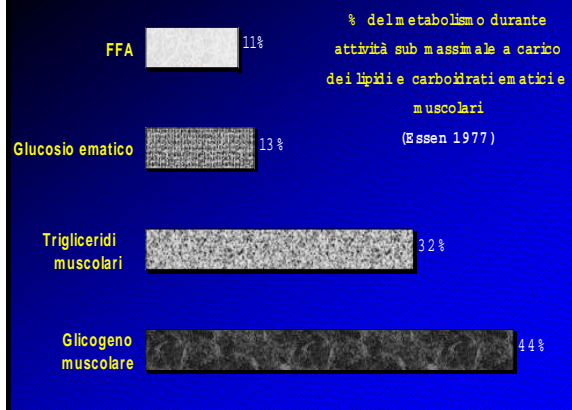
COMBINATA NORDICA

PENTATHLON

DECATHLON, EPTATHLON

## BIOENERGETICA ATTIVITÀ RESISTENZA

La produzione d'energia durante l'attività aerobica si basa sull'utilizzo bilanciato di carboidrati e lipidi. Le proteine contribuiscono marginalmente e solo in determinate situazioni hanno un ruolo energetico importante.



Il maggiore o minore utilizzo dei lipidi rispetto ai carboidrati è in funzione dell'intensità e della durata dell'attività aerobica; infatti, aumentando l'intensità dell'esercizio e di conseguenza diminuendone la durata, l'organismo tende ad aumentare l'utilizzo dei carboidrati rispetto ai grassi.

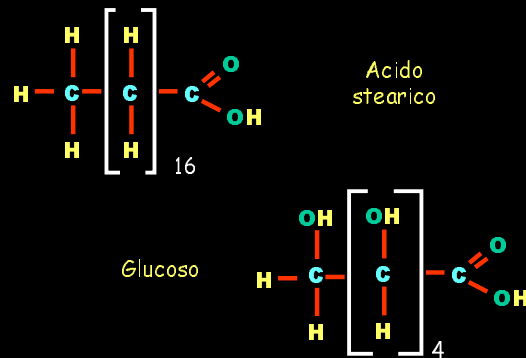


Carichi di lavoro pari al 70% del VO2 max comportano un consumo glucidico di 2.5-3 g/minuto, mentre si passa a 4 g/minuto aumentando l'intensità sino all'85% del VO2 max.



I carboidrati sono quindi preferiti ai lipidi quando vi è la necessità di avere un rapido e importante apporto energetico, pur avendo un potere calorico (4 cal/g) inferiore alla metà di quello dei grassi (9 cal/g).

Questo perché questi ultimi, per produrre energia, necessitano di molto più ossigeno rispetto agli zuccheri: quindi l'equivalente energetico per volume d'ossigeno consumato, cioè il reale indice d'efficienza energetica, è più alto nei carboidrati rispetto ai grassi.

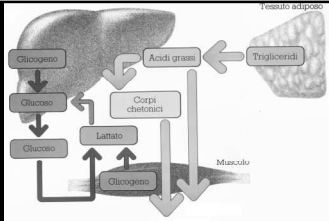


Nelle attività di lunga durata la fatica può essere descritta riferendosi a quella sensazione molto comune nei maratoneti che intorno al 35° Km sperimentano, come si dice in gergo, di scontrarsi contro un muro ("hitting the wall").



In questo gruppo di sport, nel quale vanno considerate, per comodità, non solo le attività ad impegno prevalentemente aerobico, ma anche alcune prove delle attività ad impegno combinato (come i giochi di squadra), una delle cause d'insorgenza della fatica va individuata nell'esaurimento delle scorte di glicogeno muscolare.





Il glicogeno muscolare rappresenta la forma con la quale i carboidrati sono immagazzinati nell'organismo. Esso si trova in quantità limitata nei muscoli (1,5 - 2 grammi per 100 grammi di muscolo) e nel fegato (80 grammi).

Ciò rende ragione del perché, in caso di sforzi prolungati, il glicogeno muscolare possa esaurirsi, mentre ciò non accade ai lipidi, i cui depositi sono virtualmente illimitati.



Per esercizi che richiedono meno del 60% o più del 90% della massima potenza aerobica non si assiste ad una significativa riduzione delle scorte di glicogeno.



Nel primo caso, poiché l'intensità dello sforzo è molto modesta, il carburante utilizzato è rappresentato quasi esclusivamente dai grassi, con un modestissimo uso del glicogeno; l'interruzione dello sforzo per fatica acuta è causata, da altri motivi come ipoglicemia, iperammoniemia, alterazione dei neurotrasmettitori cerebrali, discomfort, dolore muscolare, aumento della temperatura corporea, disidratazione.



Nel secondo caso, trattandosi di sforzi molto intensi (di tipo lattacido), il glicogeno rappresenta l'unico substrato utilizzabile per la produzione glicolitica di ATP e l'esaurimento interviene precocemente, impedendo quindi la deplezione dei depositi di glicogeno, essenzialmente per l'accumulo d'acido lattico nei tessuti (acidosi metabolica).



Si assume, da quanto riportato in letteratura, che uno sforzo che sia protratto alla massima intensità sostenibile dal metabolismo aerobico per tempi prolungati (come la maratona, per l'appunto), il glicogeno muscolare può fornire l'energia per non più di due ore.



Se si vuole resistere di più, come nella marcia per esempio, si deve utilizzare un livello più basso di rotazione del proprio motore aerobico.

Altre caratteristiche importanti, che confermano il ruolo fondamentale del glicogeno, consiste nel fatto che l'utilizzo del glicogeno muscolare avviene in maniera percentualmente differente nei diversi tipi di fibre muscolari (veloci o lente), in relazione all'intensità dell'esercizio.



E', infatti, noto che per esercizi di bassa intensità saranno preferenzialmente reclutate le fibre lente ossidative (poco affaticabili); all'aumentare dell'intensità dello sforzo sono reclutate dapprima le fibre veloci ossidativo-glicolitiche (mediamente affaticabili) e successivamente quelle veloci glicolitiche (molto affaticabili).



E' inoltre noto che la deplezione del glicogeno avverrà prevalentemente a carico dei distretti muscolari coinvolti in una determinata attività e che, per uno stesso muscolo, le modalità con le quali è svolto uno stesso tipo di esercizio (es. corsa) influenzano il consumo di questo substrato.



L'ipotesi che la fatica acuta durante esercizi di lunga durata è legata, almeno in parte, alla deplezione di glicogeno muscolare è supportata dal fatto che, nei giorni che precedono una gara, una dieta ad alto contenuto di carboidrati che ne aumenti le riserve è in grado di prolungare la capacità di resistenza per una data intensità di lavoro, sia rispetto ad una dieta normale che, in modo ancora più evidente, rispetto ad una dieta iperlipidica.

