

# Il metabolismo energetico e l'allenamento della forza negli sport di durata $\leq 60''$

Massimiliano Ditroilo

Istituto di Ricerca sull'Attività Motoria  
Laboratorio di Biomeccanica e Valutazione Funzionale

Facoltà di Scienze Motorie, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

# Classificazione bioenergetica degli sport (Dal Monte, 1969; Lubich, 1990)

- Attività ad impegno prevalentemente anaerobico alattacido
- Attività ad impegno prevalentemente anaerobico lattacido
- Attività ad impegno aerobico-anaerobico massivo
- Attività ad impegno aerobico-anaerobico alternato
- Attività ad impegno prevalentemente aerobico
- Attività di destrezza
- Attività ad impegno combinato

**Tab. 2.1.** Attività a impegno prevalentemente anaerobico lattacido (durata: 20-45 secondi) (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Atletica leggera		Ciclismo BMX su pista	1, 4
200 m	1, 4	Nuoto 50 m	1, 4
400 m	1, 4	Nuoto pinnato	
Body-building	1, 4	50 m apnea	1, 4
Pattinaggio ghiaccio 500 m velocità	1, 4	100 m sub	1, 4
Pattinaggio rotelle 300 m cronom.	1, 4		

Percentuale masse muscolari impegnate: 1) + + +; 2) + +; 3) +.

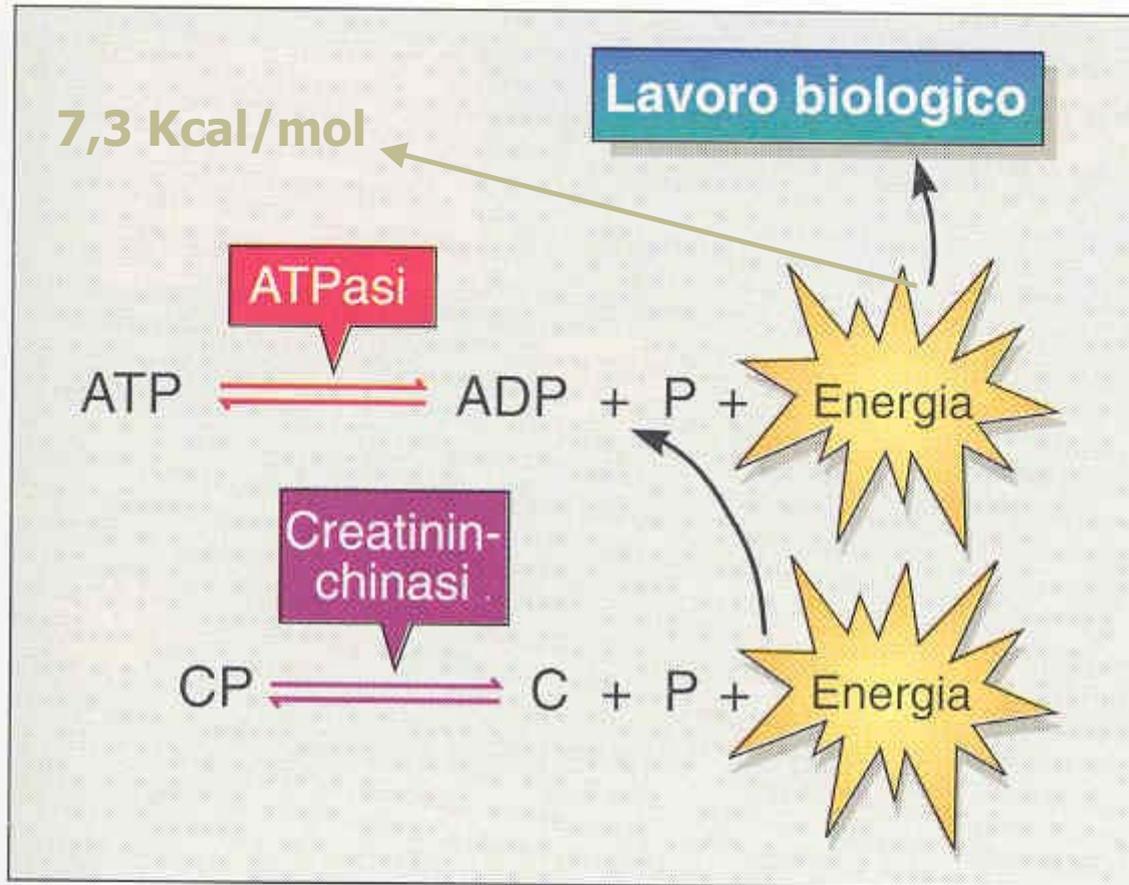
Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) + + +; 5) + +; 6) +.

**Tab. 2.2.** Attività a impegno aerobico-anaerobico massivo (durata 45 secondi - 4-5 minuti) (modificata da DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Nuoto		Atletica leggera	
100 m	1, 4	800 m	1, 4
200 m	1, 4	1500 m	1, 4
400 m	1, 4	400 m hs	1, 4
Nuoto pinnato		Braccio di ferro	2, 4
200 m sup	1, 4	Pattinaggio ghiaccio	
400 m sup	1, 4	1000 m	1, 4
400 m sub	1, 4	1500 m	1, 4
Canottaggio		3000 m	2, 4
Singolo	1, 4	Pattinaggio rotelle	
Due di coppia	1, 4	500 m inseguimento	1, 4
Quattro di coppia	1, 4	1500 m	1, 4
Due con	1, 4	Ciclismo	
Due senza	1, 4	Inseguimento individuale	1, 4
Quattro con	1, 4	Inseguimento a squadre	1, 4
Quattro senza	1, 4	Km da fermo	1, 4
Otto	1, 4	Keirin	1, 4
Canoa 500 m e 1000 m		Tiro alla fune	1, 4
Kayak K1-K2-K4	2, 4		
Canadese C1-C2	2, 4		

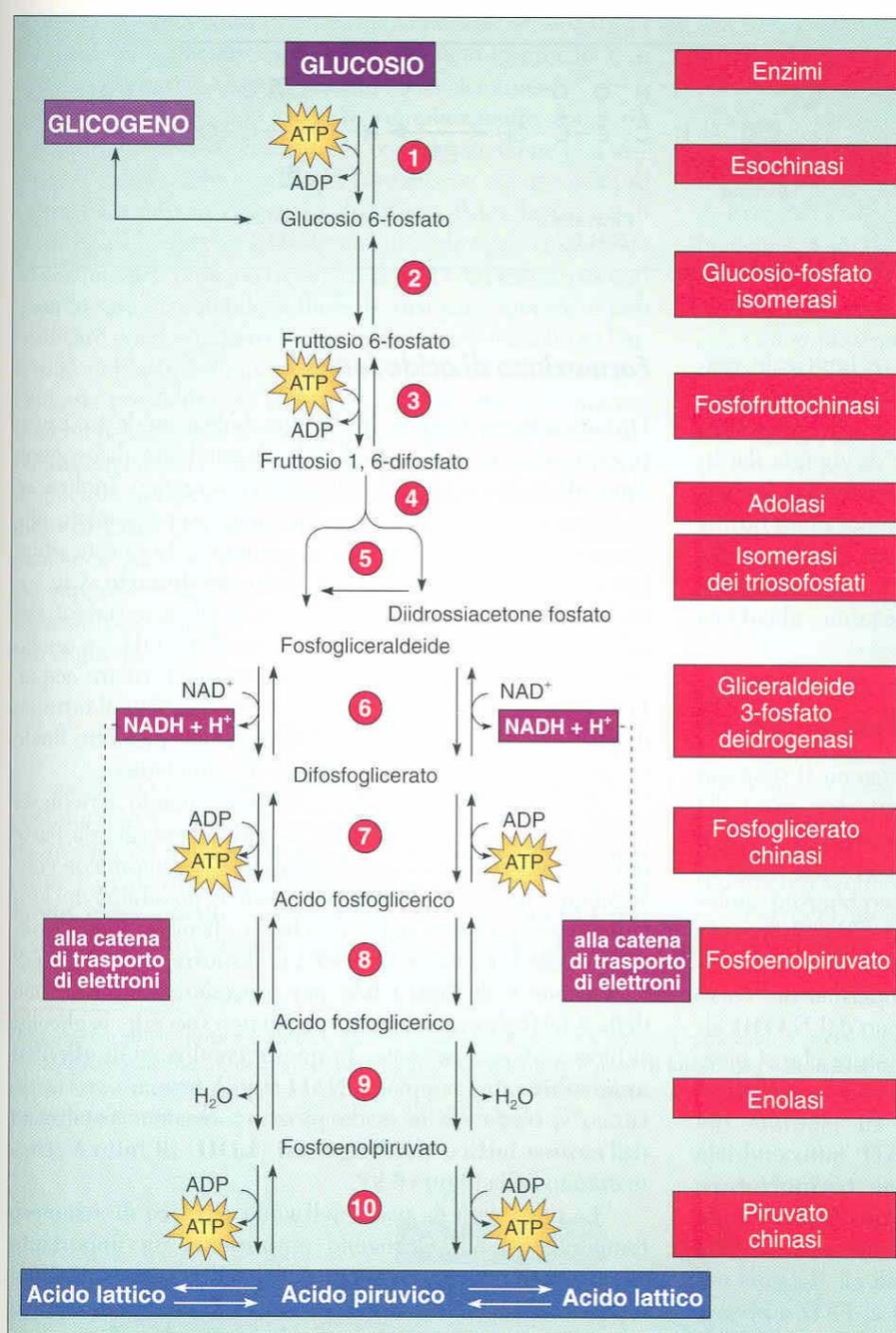
Percentuale masse muscolari impegnate: 1) +++; 2) ++; 3) +.

Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) +++; 5) ++; 6) +.



**FIGURA 6.3**

ATP e CP rappresentano sorgenti anaerobiche di energia. L'energia che si libera dalla scissione del CP viene usata per la sintesi di ATP partendo da ADP e fosforo.

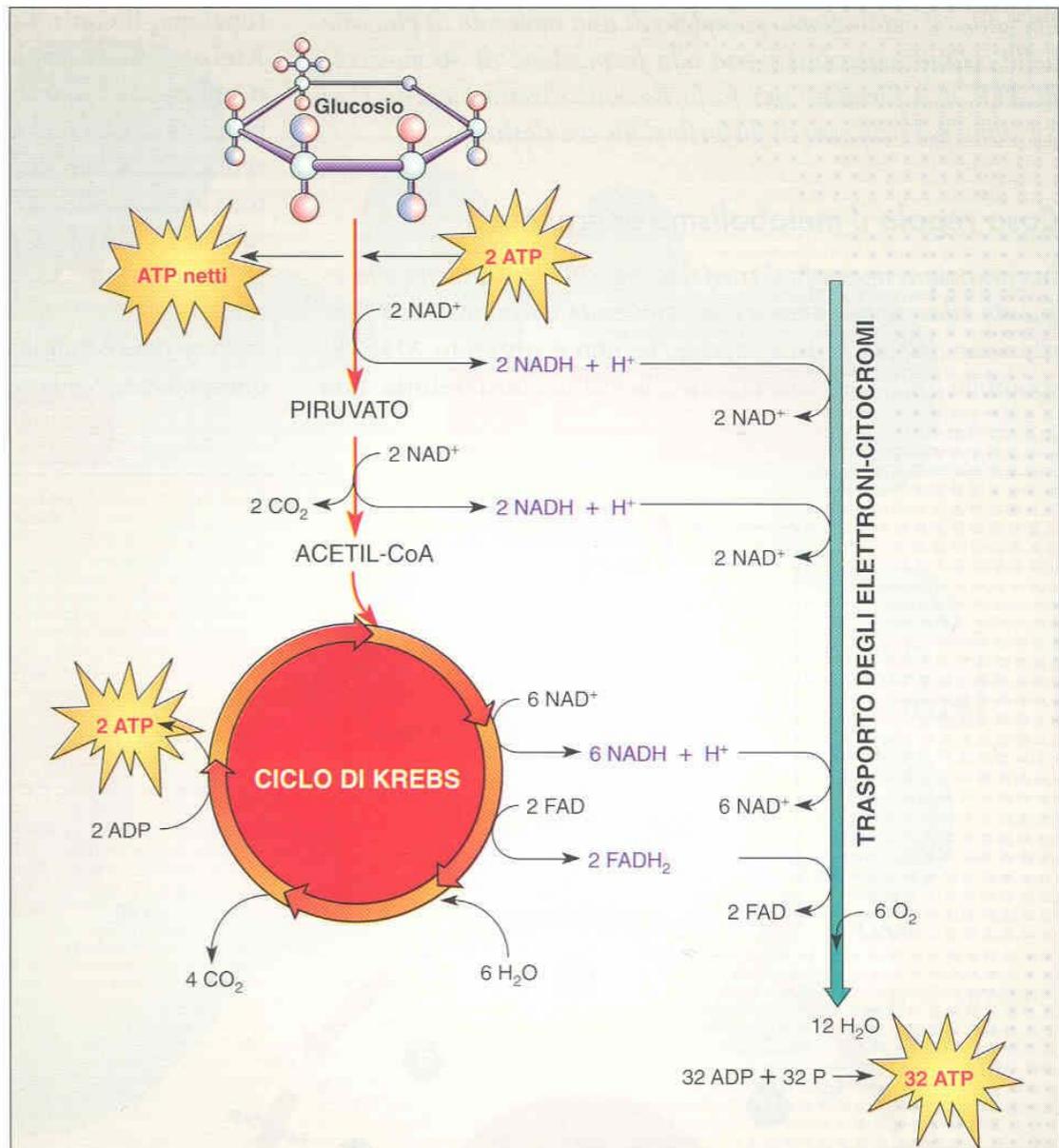


**FIGURA 6.8**

La glicolisi consiste in una sequenza di 10 reazioni catalizzate da specifici enzimi che portano il glucosio a essere degradato per via puramente anaerobica sino ad acido piruvico. L'acido lattico si forma nel processo della glicolisi anaerobica quando l'ossidazione del NADH (che forma NAD) non è sufficientemente rapida in relazione alla velocità delle reazioni glicolitiche.

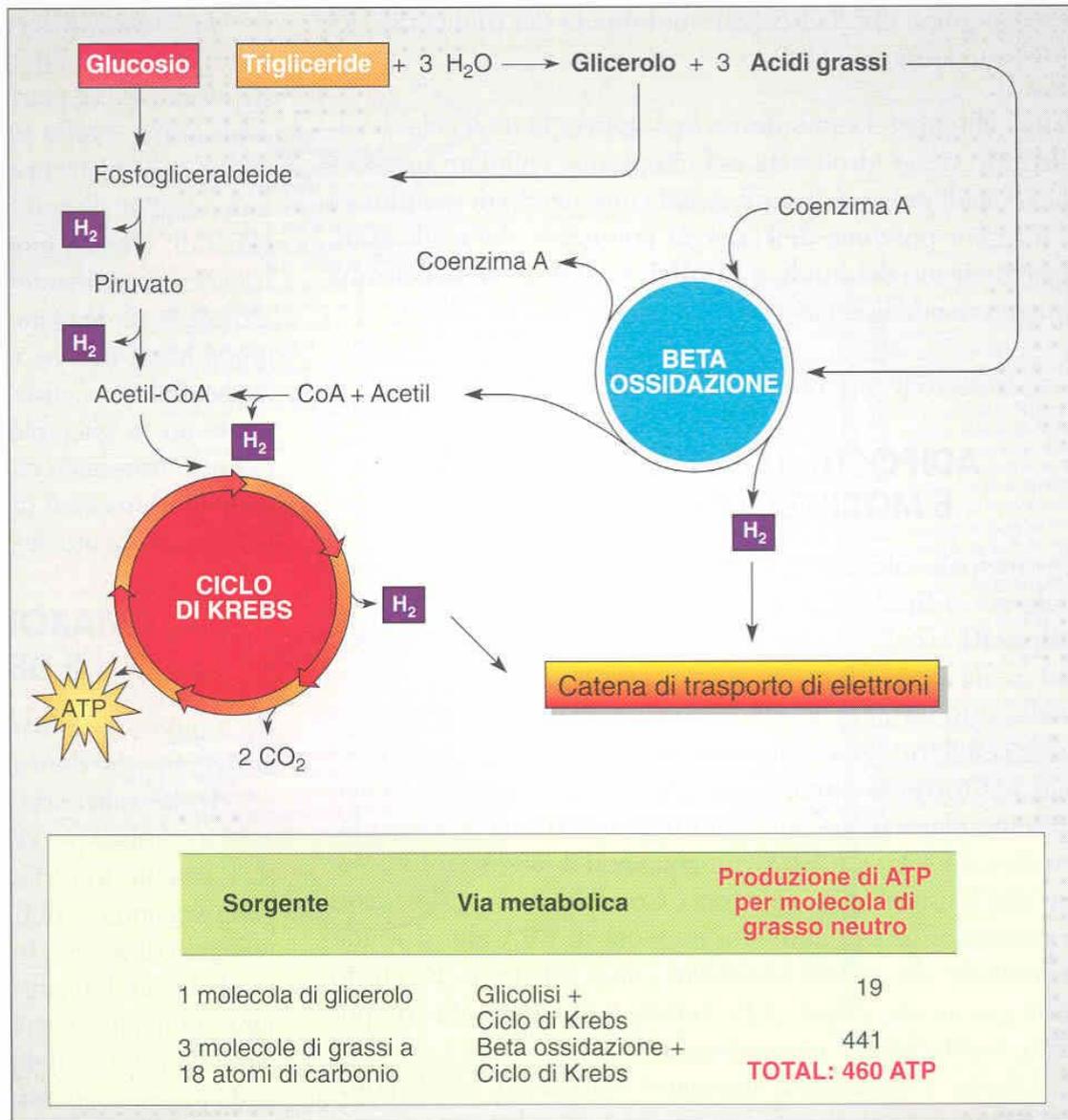
**FIGURA 6.13**

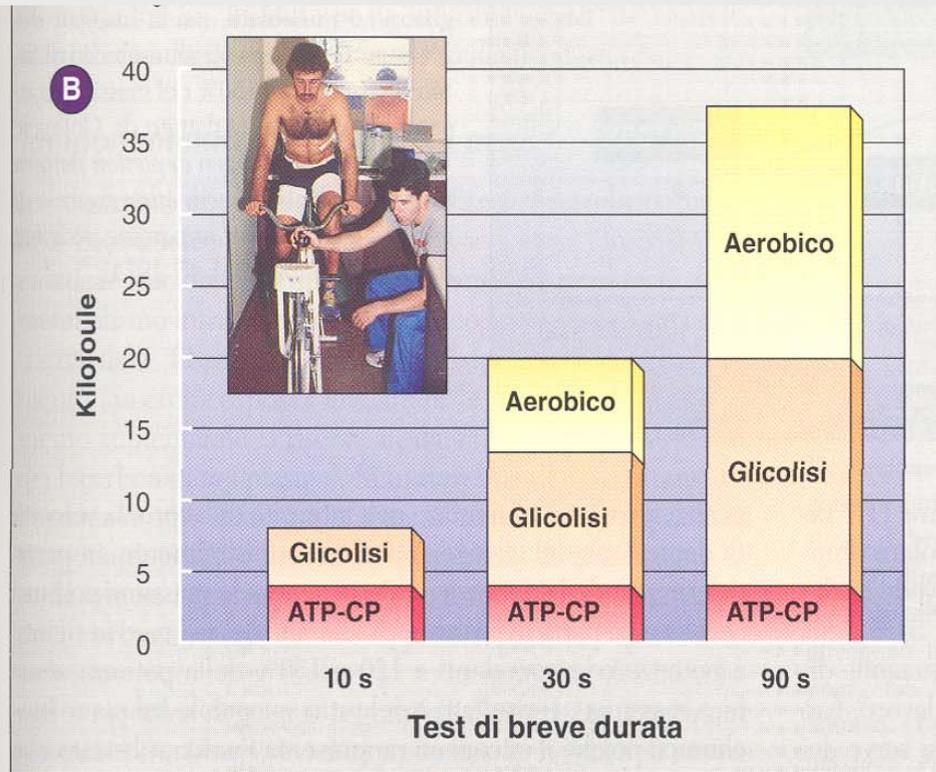
La completa scissione di una molecola di glucosio attraverso la glicolisi, il ciclo di Krebs e l'azione della catena respiratoria porta al netto alla sintesi di 36 molecole di ATP.



**FIGURA 6.14**

Schema generale del catabolismo del glicerolo e degli acidi grassi provenienti da un trigliceride. Il glicerolo entra nella catena di reazioni della glicolisi. Gli acidi grassi vanno incontro alla  $\beta$ -ossidazione da cui si forma come prodotto finale acetil-CoA. Gli idrogeni che si liberano da glicolisi,  $\beta$ -ossidazione e ciclo di Krebs finiscono alla catena respiratoria.

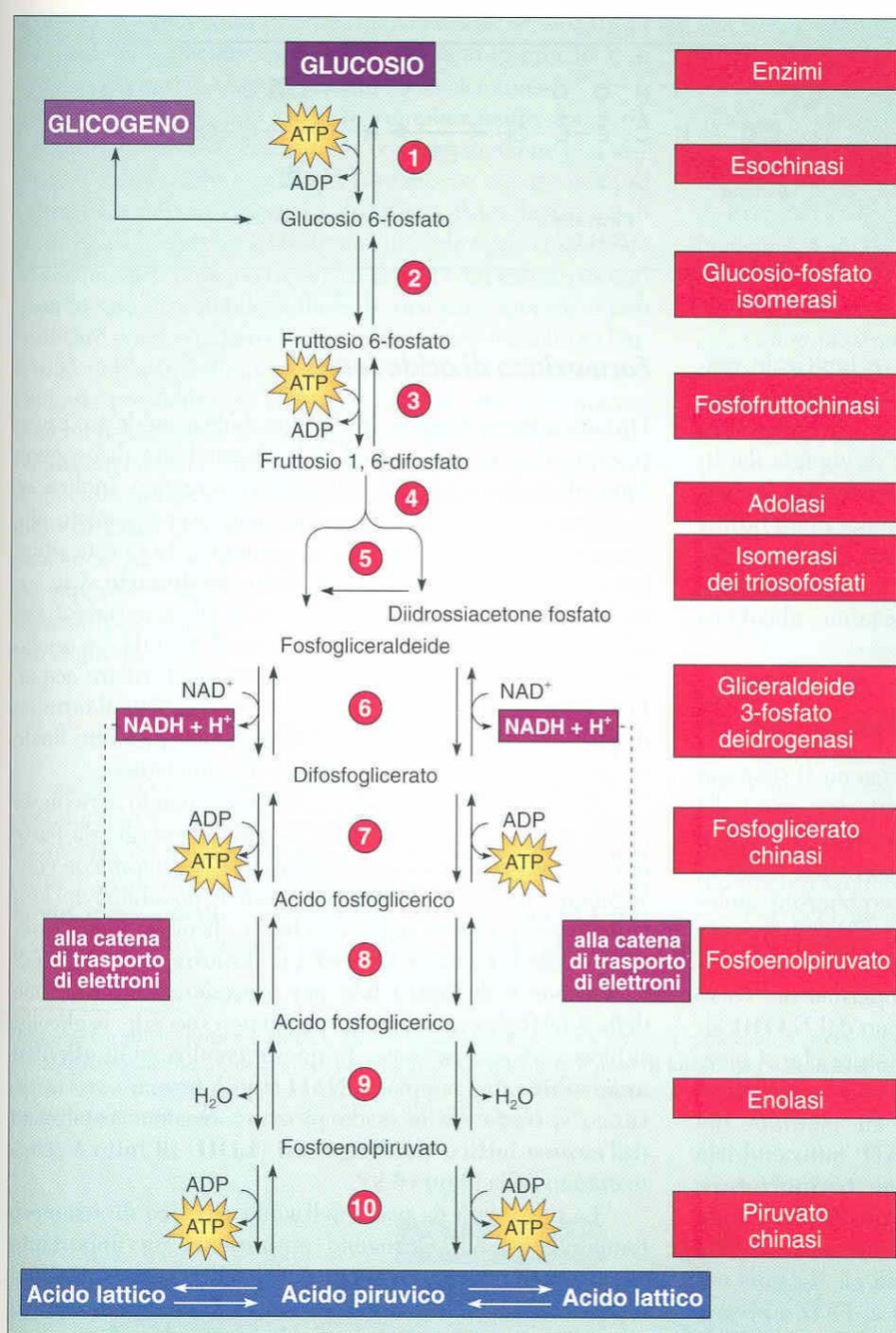




**FIGURA 11.5**

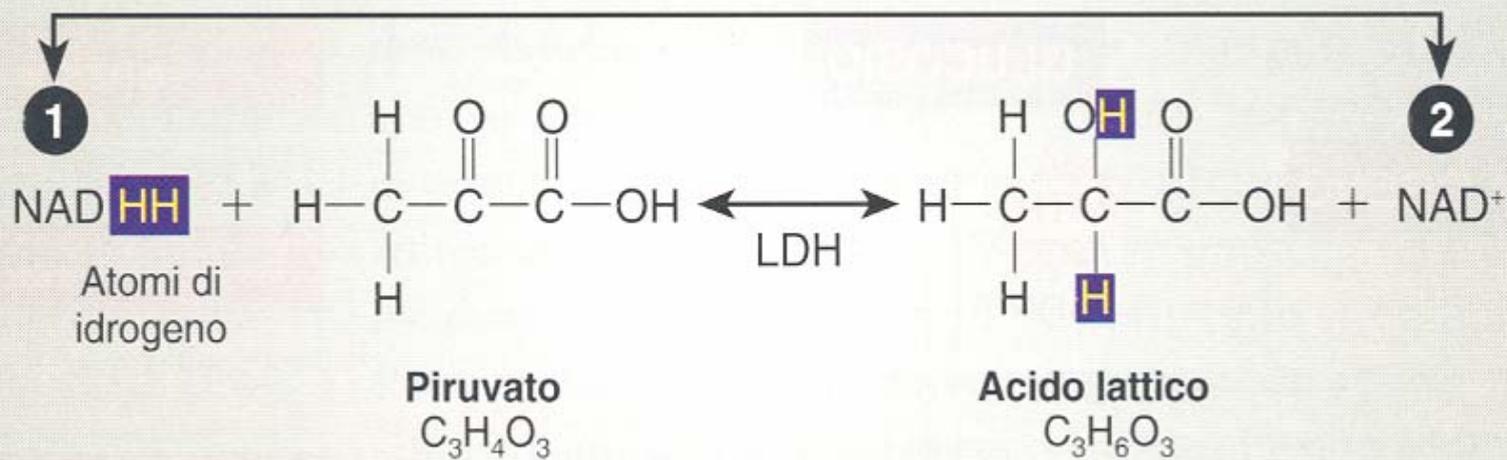
Contributo relativo dei tre meccanismi esoergonici alla produzione di lavoro in tre test di corta durata. **A.** Percentuale del lavoro totale.

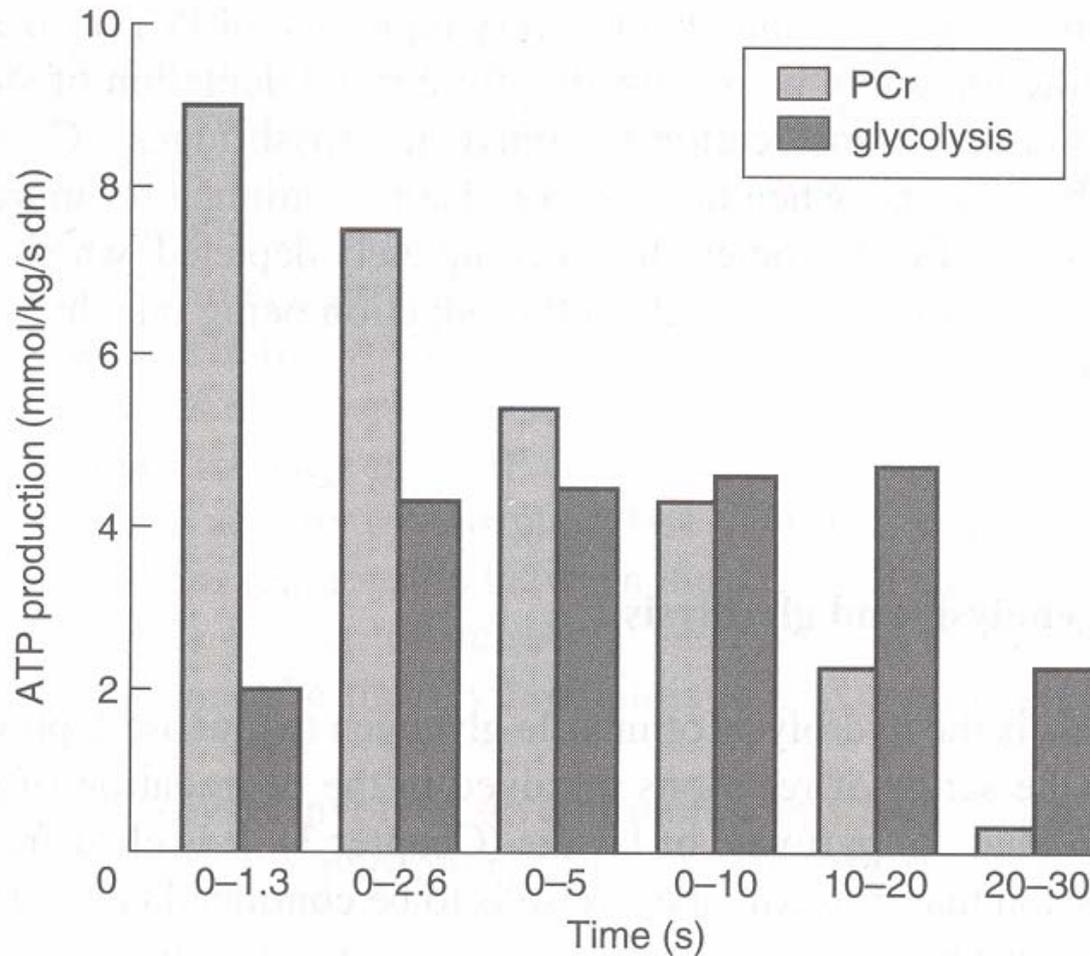
**B.** Kilojoule totali di energia. I risultati sono basati su dati ottenuti con il test di Katch. (Dati: Applied Physiology Laboratory, University of Michigan, Ann Arbor).



**FIGURA 6.8**

La glicolisi consiste in una sequenza di 10 reazioni catalizzate da specifici enzimi che portano il glucosio a essere degradato per via puramente anaerobica sino ad acido piruvico. L'acido lattico si forma nel processo della glicolisi anaerobica quando l'ossidazione del NADH (che forma NAD) non è sufficientemente rapida in relazione alla velocità delle reazioni glicolitiche.





*Fig. 6.1* Rates of anaerobic ATP resynthesis from phosphocreatine (PCr), glycolysis and together during 30 s of near maximal-intensity isometric contraction in humans. Values were calculated from metabolite changes measured in biopsy samples obtained during intermittent electrically evoked contraction (1.6 s stimulation at 50 Hz, 1.6 s rest).

- Capacità di un meccanismo energetico
- Potenza di un meccanismo energetico

### Tabella 30.3

#### Fonti energetiche per la contrazione muscolare

<i>Fonte energetica</i>	<i>Velocità massima di produzione di ATP (mmoli/s)</i>	<i>Totale ~P disponibile (mmoli)</i>
ATP muscolare		223
Creatina fosfato	73,3	446
Glicogeno muscolare a lattato	39,1	6 700
Glicogeno muscolare a CO <sub>2</sub>	16,7	84 000
Glicogeno epatico a CO <sub>2</sub>	6,2	19 000
Acidi grassi del tessuto adiposo a CO <sub>2</sub>	6,7	4 000 000

*Nota:* Le riserve energetiche sono stimate per una persona di 70 kg con una massa muscolare di 28 kg. Da E. Hultman e R.C. Harris, in *Principles of Exercise Biochemistry*, a cura di J.R. Poortmans (Karger, 1988), pp. 78-119.

<b>DISTANZA</b> (m)	<b>LATTATO</b> (mmol/l)	<b>AUTORE</b>
------------------------	----------------------------	---------------

### **Corse dell'atletica leggera**

---

<b>100</b>	13	K & K, 1977
<b>200</b>	19,5	K & K, 1977
<b>400</b>	25	K & K, 1977
<b>800</b>	25,5	Lacour & coll., 1990
<b>1.500</b>	22,5	Lacour & coll., 1990
<b>5.000</b>	14	K & K, 1977
<b>10.000</b>	8	K & K, 1977

### **Nuoto**

---

<b>50 sl</b>	13	Bonifazi & coll., 1993
<b>100 sl</b>	14	Bonifazi & coll., 1993
<b>200 sl</b>	16	Bonifazi & coll., 1993
<b>400 sl</b>	14	Bonifazi & coll., 1993
<b>1.500 sl</b>	9	Bonifazi & coll., 1993

### **Pattinaggio su ghiaccio**

---

<b>500</b>	14,2	K & K, 1980
<b>1.000</b>	16	K & K, 1980
<b>1.500</b>	17,3	Astrand & Rodahl, 1970
<b>5.000</b>	15,1	Astrand & Rodahl, 1970
<b>10.000</b>	13,45	K & K, 1980

### **Canottaggio**

---

<b>2.000</b>	18	K & K, 1977
--------------	----	-------------

### **Canoa**

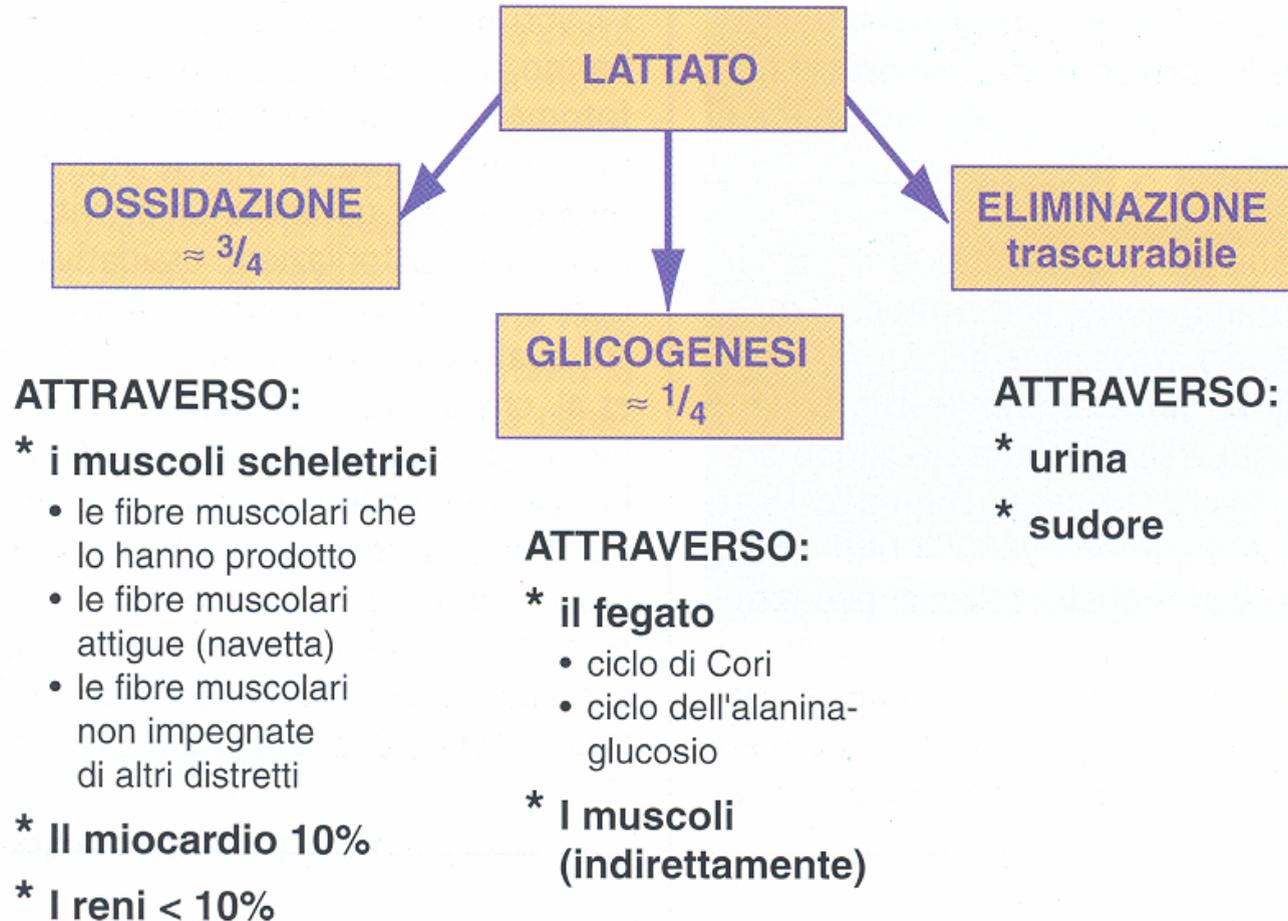
---

<b>500</b>	16,0	Dal Monte & coll., 1992
<b>1.000</b>	13,5	Dal Monte & coll., 1992

# Destino del lattato dopo esercizio

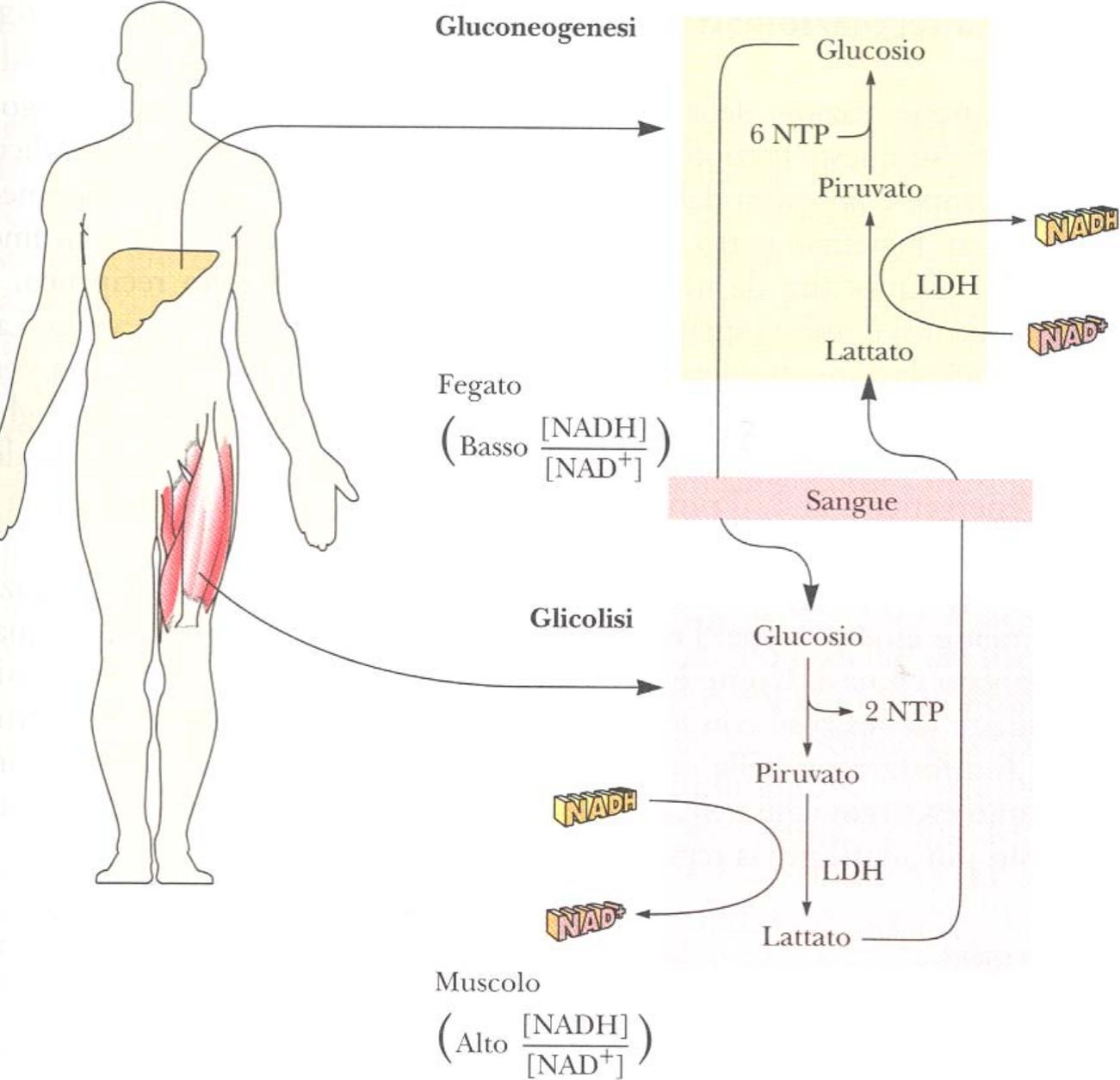
Vecchia concezione: il lattato viene resintetizzato a glucosio e glicogeno

# DESTINO DEL LATTATO



**Figura 2 – Riepilogo della produzione e del destino del lattato, che mette in evidenza il suo ruolo di metabolita intermedio, potenzialmente ricco di energia**

Figura 21.10 Il ciclo di Cori



**FIGURA 7.11**

Andamento del lattato ematico dopo esercizio massimale in relazione a condizioni di recupero passivo e attivo con intensità di lavoro pari al 35 e al 65% della massima potenza aerobica variamente combinate. La linea orizzontale indica il livello di lattato prodotto da un carico lavorativo del 65%. (Adattato da Dodd, S. et al.: *Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise*. «J. appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.», 57:1462, 1984).

