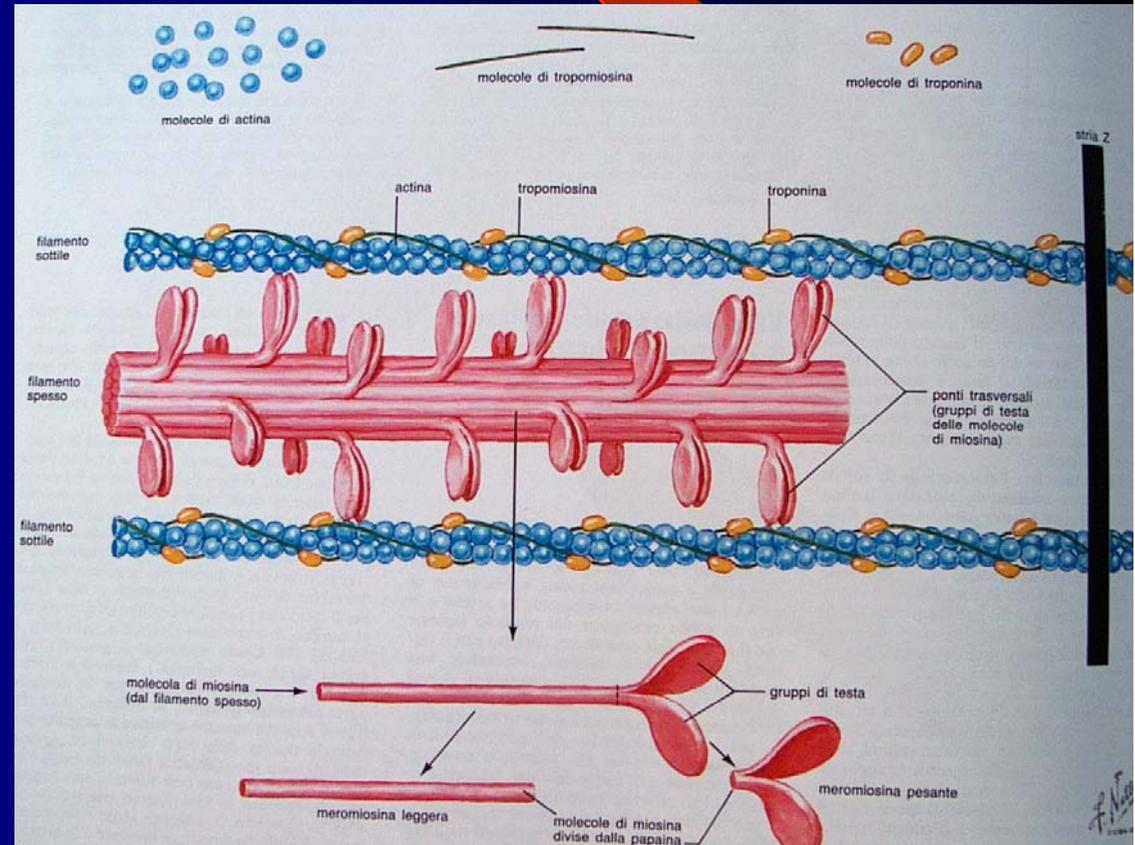
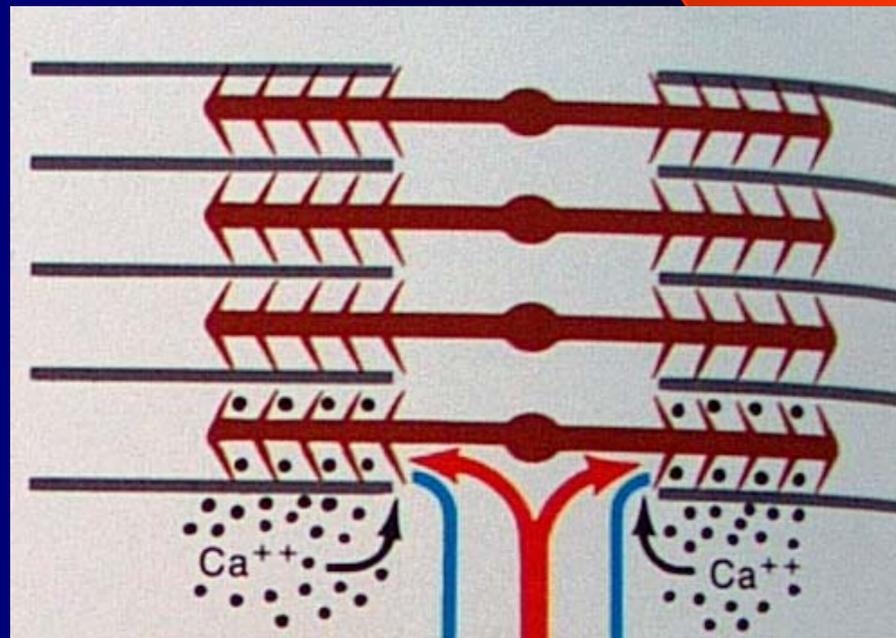


Meccanismo della contrazione

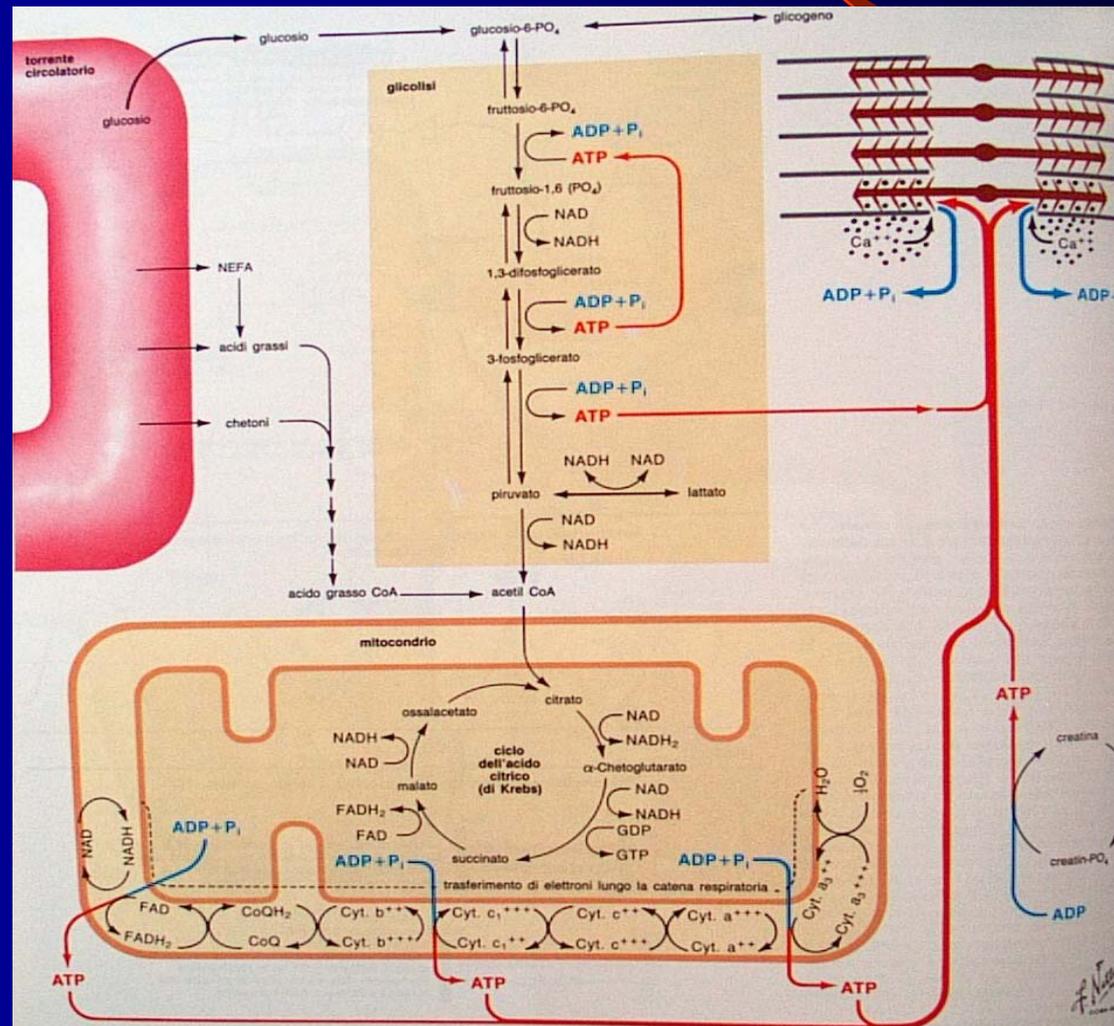
- **Miofibrilla** costituita da serie di filamenti di molecole di actomiosina (proteina contrattile)
- I filamenti sono disposti lungo l'asse maggiore della fibra muscolare e percorrono ininterrottamente i dischi chiari e i dischi scuri



- **Durante la contrazione i filamenti si accorciano**
- **L'accorciamento e l'allungamento del muscolo sono la risultante di mutamenti che riguardano la singola molecola di actomiosina**
- **L'actomiosina sotto l'influenza di particolari sostanze chimiche ha la proprietà di modificare il suo stato fisico accorciandosi od allungandosi**



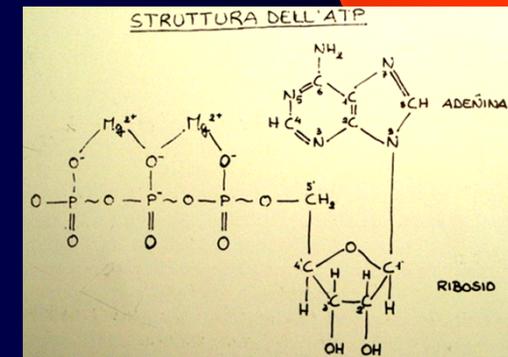
- Il cambiamento dello stato fisico dell'actomiosina è sostenuto dalla liberazione di legami fosforici dall'ATP



Produzione di energia nel muscolo

Muscolo  Contrazione

- **Compie un lavoro e deve avere a disposizione una certa quantità di energia**
- **Contrazione: utilizzazione da parte della fibra muscolare di energia liberata da composti chimici nella fibra stessa**
- **La sostanza che fornisce energia per la contrazione muscolare è l'ATP (adenosintrifosfato)**



Sostanze

- **Acido adenosintrifosforico: ATP**

- **Fosfocreatina**

composti organici fosforati. Il legame fosforico è labile e può essere facilmente interrotto con liberazione di notevole quantità di energia.

Sono fonte energetica immediata.

Il muscolo attinge l'energia necessaria per lo svolgimento della contrazione

- **Glicogeno**

serbatoio di energia dalla cui scissione si liberano quei legami energetici che vanno a ricostituire l'ATP e la fosfocreatina

- **Una volta utilizzato l'ATP è degradato ad ADP che non è utilizzabile come fonte energetica**
- **La ricarica dell'ADP in ATP può avvenire utilizzando diverse sostanze (fosfageni, zuccheri, grassi, proteine) attraverso 3 meccanismi.**

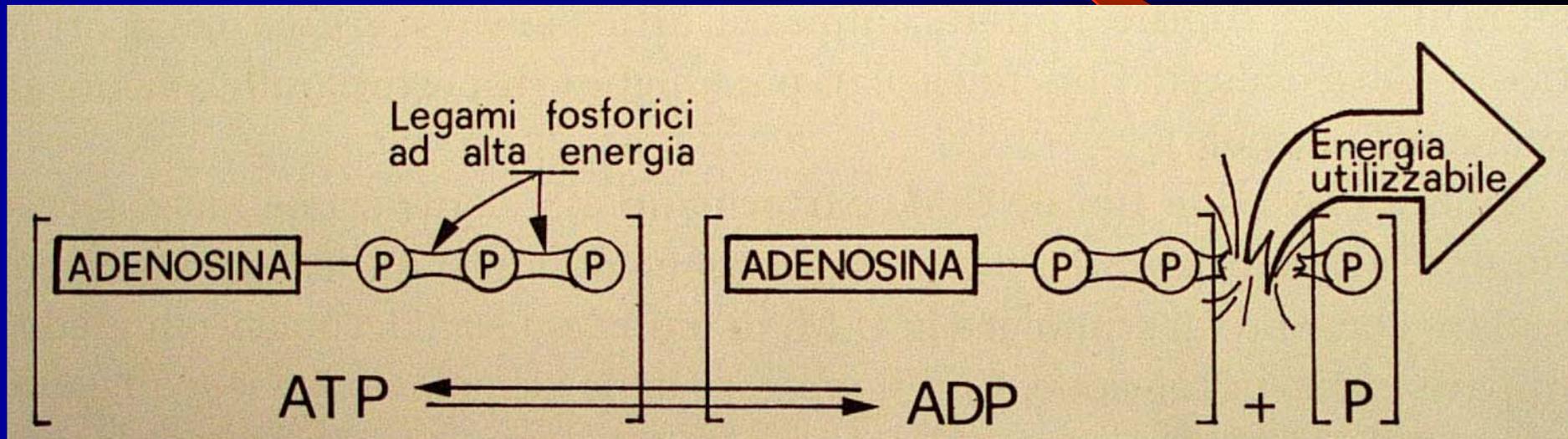
- **Anaerobico – alattacido** (fosfocreatina CP)
- **Anaerobico – lattacido** (glucosio: viene demolito in assenza di O₂ in 2 molecole di acido lattico e 2 di ATP)
- **Aerobico** (il processo fornisce ATP in presenza di O₂ metabolizzando glicidi, lipidi e protidi)

Scissione dell'ATP

- **Stimolo → muscolo → scissione ATP**
- **ATP possiede 3 legami fosforici ad alto livello energetico (ΔG).**
- **Un legame viene liberato con una reazione chimica: enzima catalizzatore adenosintrifosfatasi o ATP-asi**
- **L'ATP-asi è strettamente correlata e viene attivata dall'actomiosina**

- **ATP = ADP + γ ph**
- **Il legame energetico ph libera energia che in parte si trasforma in energia meccanica inducendo una modificazione dello stato fisico della proteina contrattile**
- **L'actomiosina che è alla base della contrazione, attiva la scissione dell'ATP e, a sua volta, viene da tale scissione stimolata a contrarsi**

- La scissione di Atp si svolge in condizioni anaerobiche (ambiente privo di ossigeno)

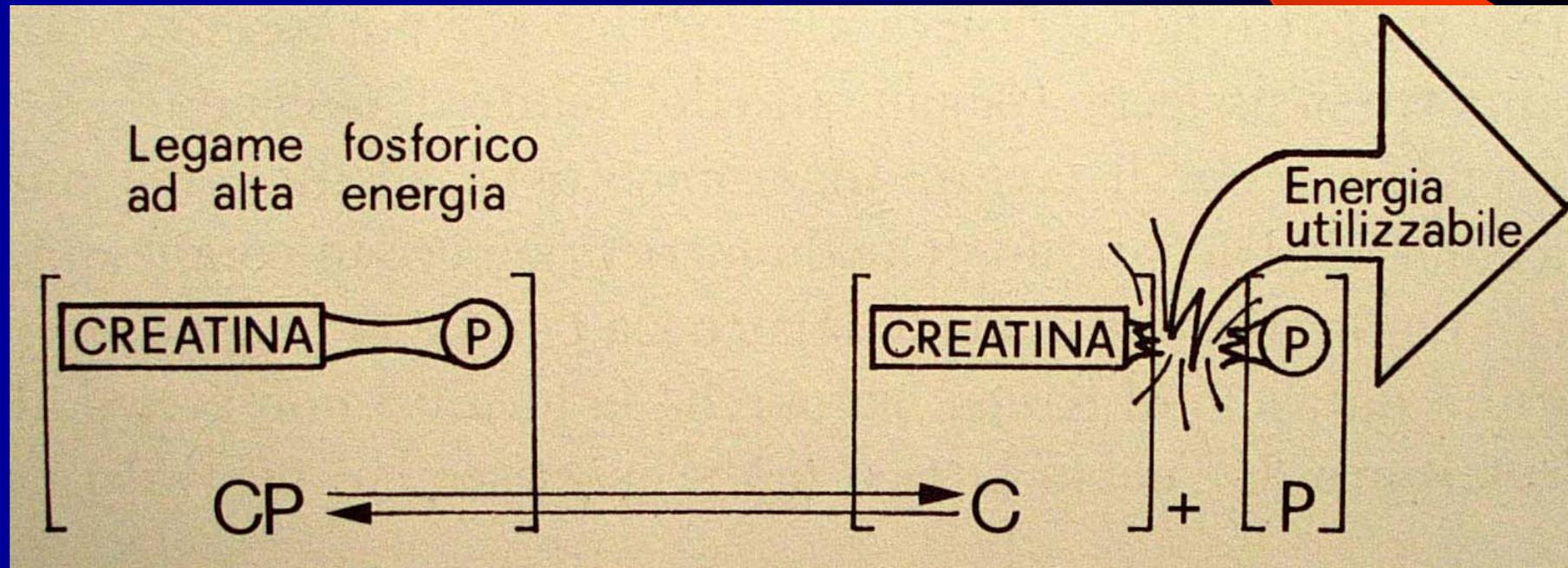


www.fisiokinesiterapia.biz

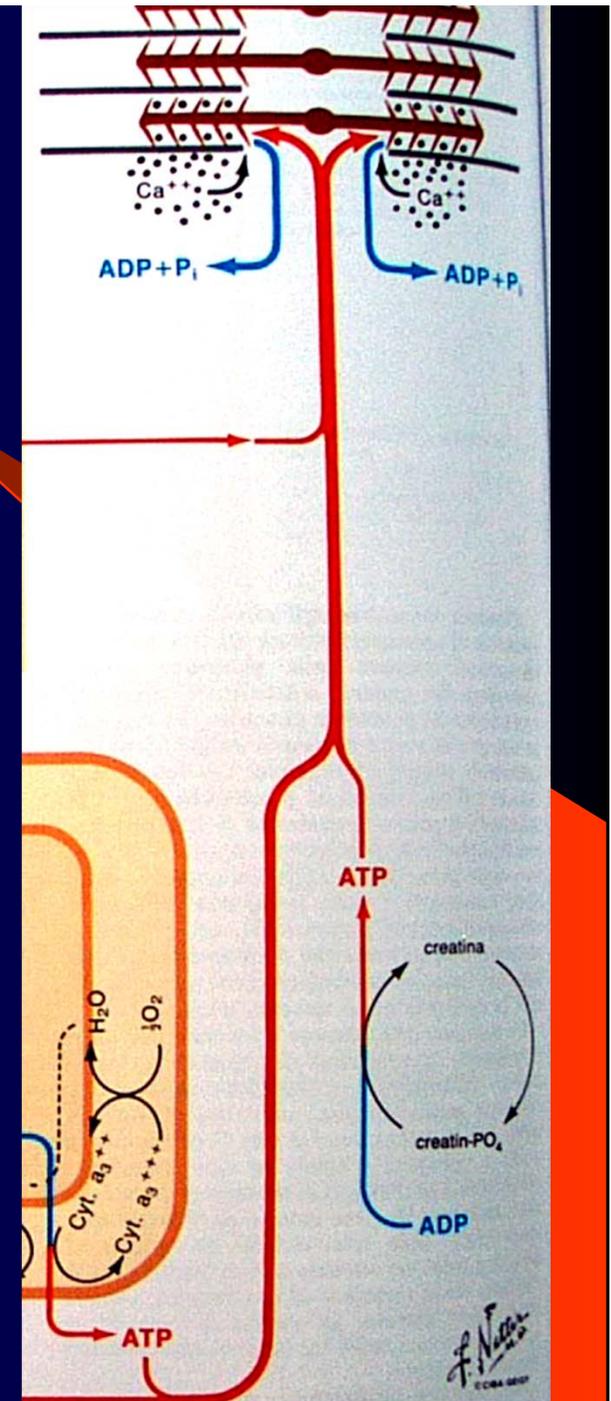
Scissione della fosfocreatina: via anaerobica - lattacida

- **L'ATP costituisce la fonte più immediata di energia.**
- **Fornisce direttamente alla fibra muscolare il materiale energetico necessario alla contrazione**
- **È necessario che sia costantemente disponibile altrimenti la contrazione non può avvenire**

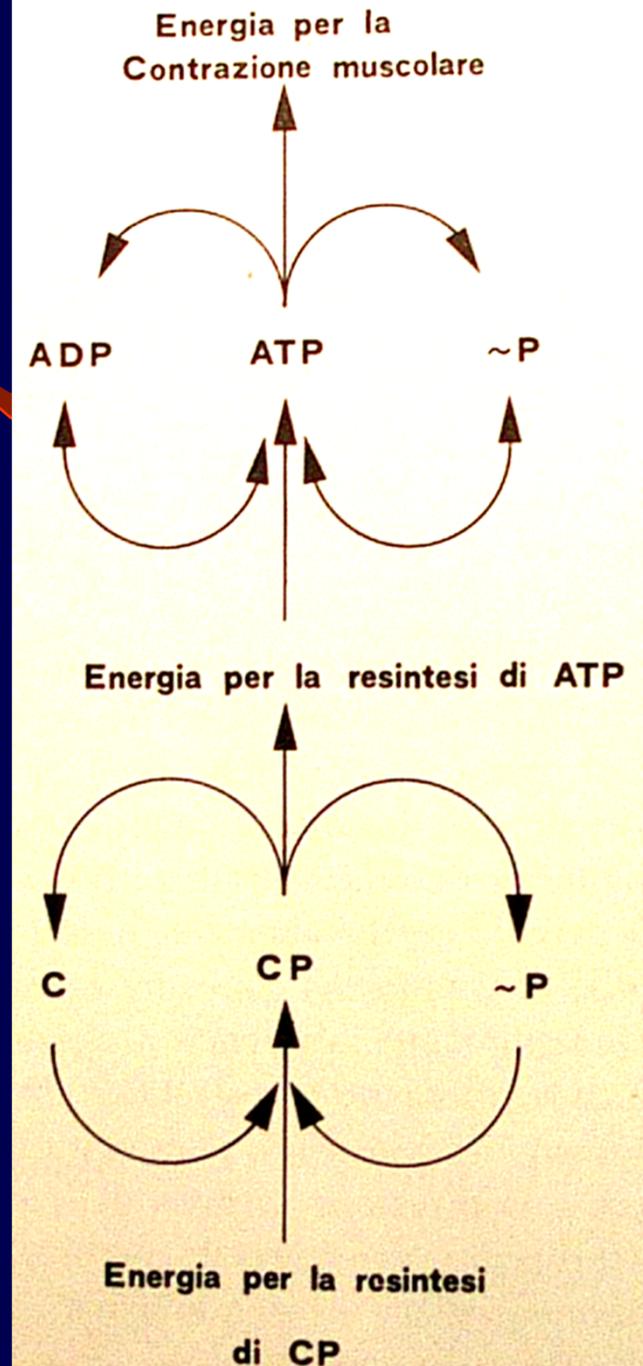
- L'ADP deve resintetizzarsi in ATP captando un legame energetico ph.
- Il legame è fornito da fosfocreatina = creatina + ph
- In tal modo l'ATP è costantemente disponibile e può fronteggiare le necessità di una contrazione successiva



- La disponibilità dell'ATP cessa quando tutta la fosfocreatina si è convertita in creatina
- La scissione della creatina si svolge in condizioni anaerobiche
- Gli enzimi che operano in queste reazioni sono la CPK (creatinfosfochinasi) e la MK (miocinasasi) che sono presenti in grande quantità nelle fibre di tipo II-B



- Questo sistema, molto potente, è implicato in tutte le discipline sportive, in particolare in quelle che richiedono una immediata disponibilità di energia (velocità, scatto).
- L'allenamento specifico è quello di potenza (prove ripetute di grande intensità)

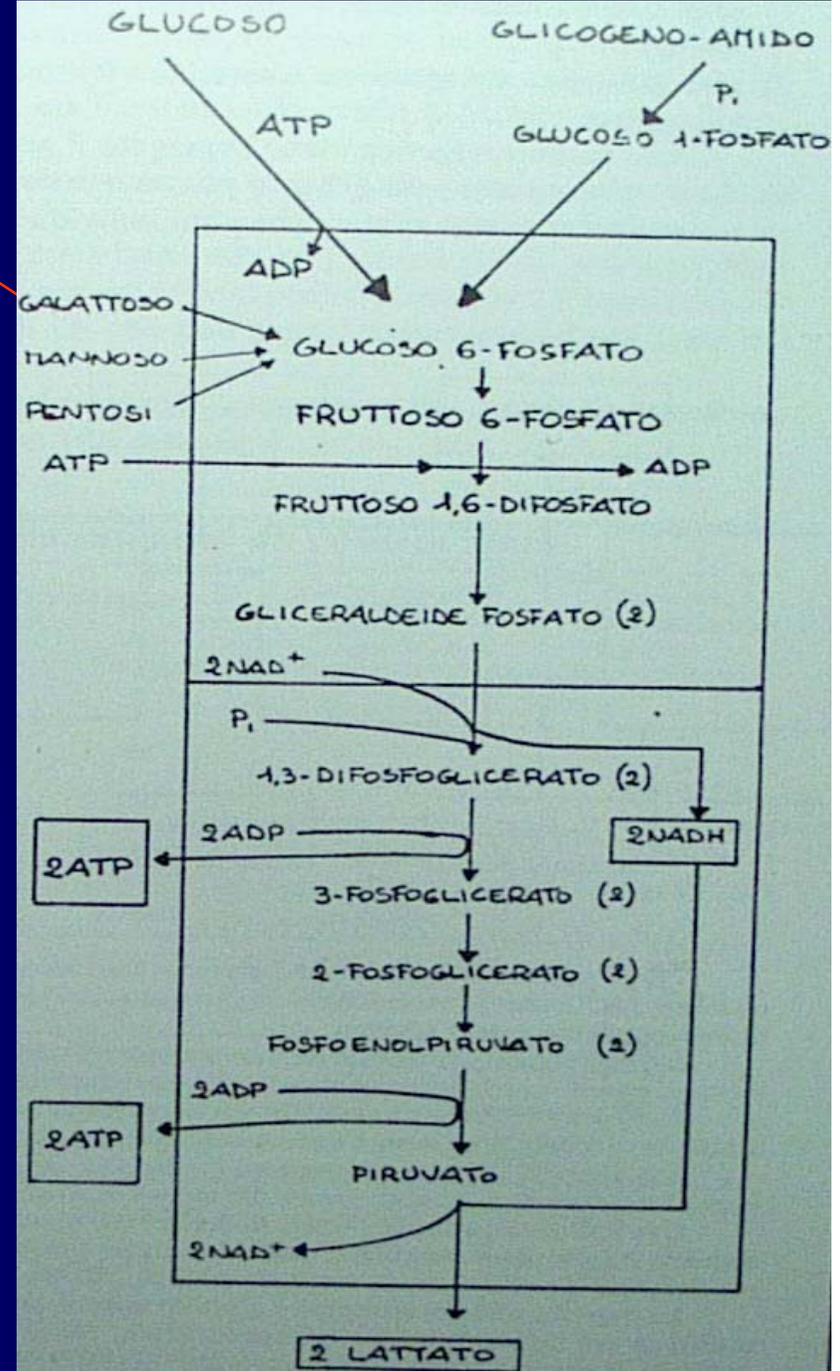


- Quando le riserve di CP vengono esaurite non sarà più possibile resintetizzare ATP.

Occorre pertanto una nuova fonte energetica per ripristinare le riserve di CP.

La fonte energetica è rappresentata dalla **glicolisi**: complessa catena di reazioni chimiche che porta alla trasformazione del glicogeno in ac. Lattico

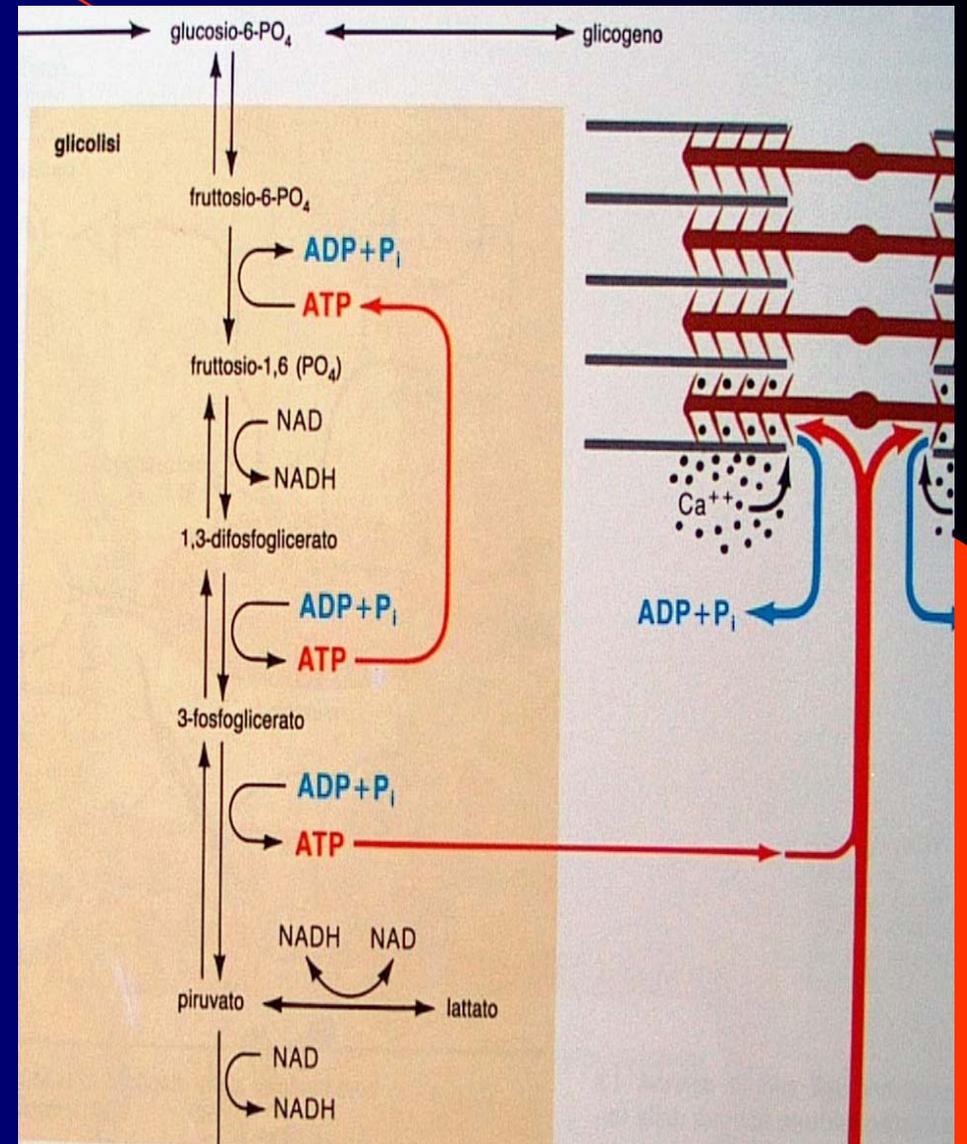
- Quando l'apporto di ossigeno è insufficiente (lavoro anaerobico) la principale sorgente di energia per il muscolo è la glicolisi che trasforma il glicogeno muscolare in piruvato e quindi in ac. lattico



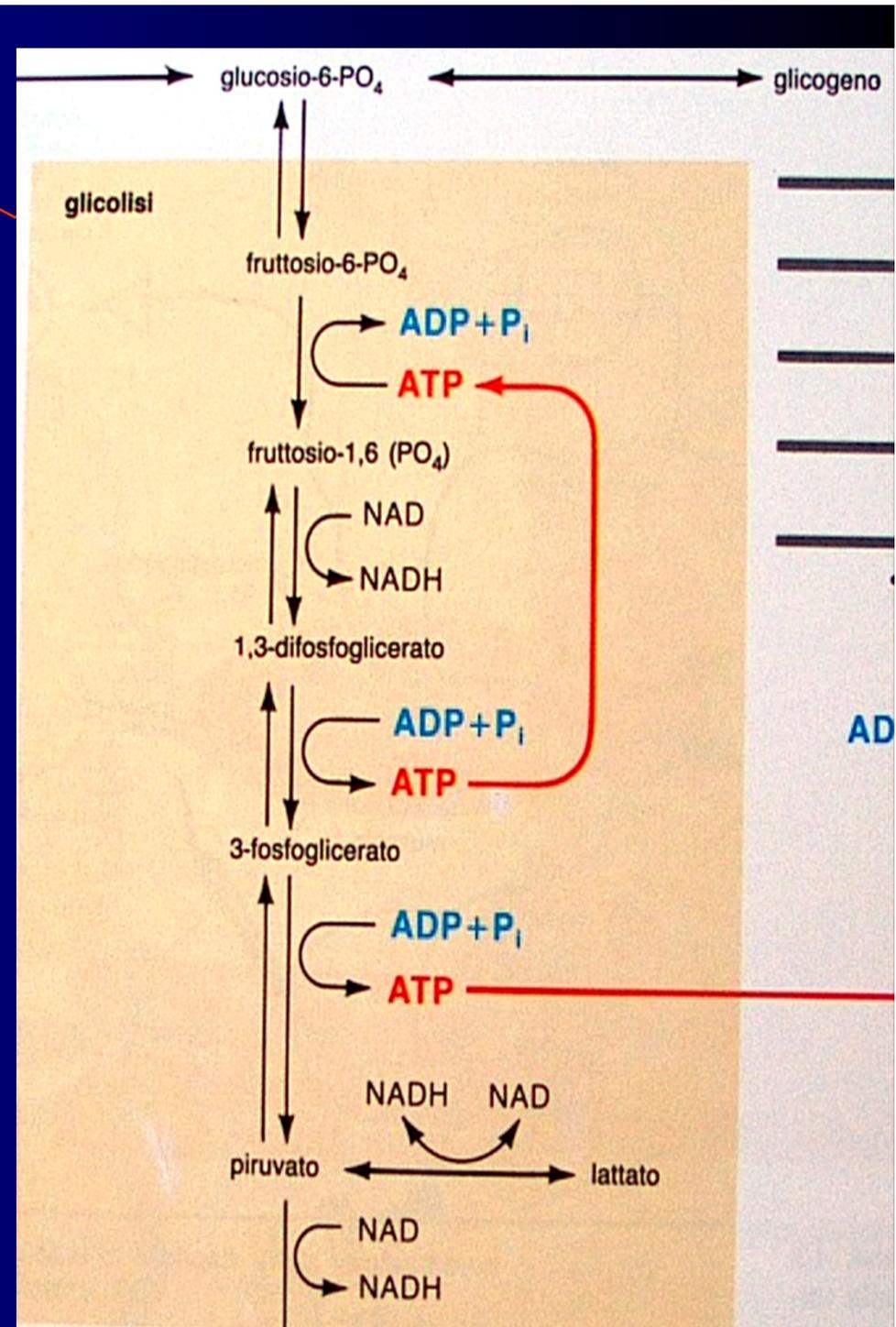
- **Il glucosio, in seguito a trasformazioni chimiche diventa glicogeno e viene immagazzinato principalmente nel fegato e nei muscoli.**
- **Il glicogeno epatico può venire rapidamente trasformato in glucosio ed essere trasportato con il sangue ai muscoli dove viene trasformato nuovamente in glicogeno**

Scissione del glicogeno muscolare

- Sostanza appartenente alla categoria degli zuccheri.
- Costituito da molecole di glucosio
- Presente nel:
 - * **fegato**: regola la glicemia
 - * **muscolo**: partecipa alla produzione di energia necessaria alla contrazione



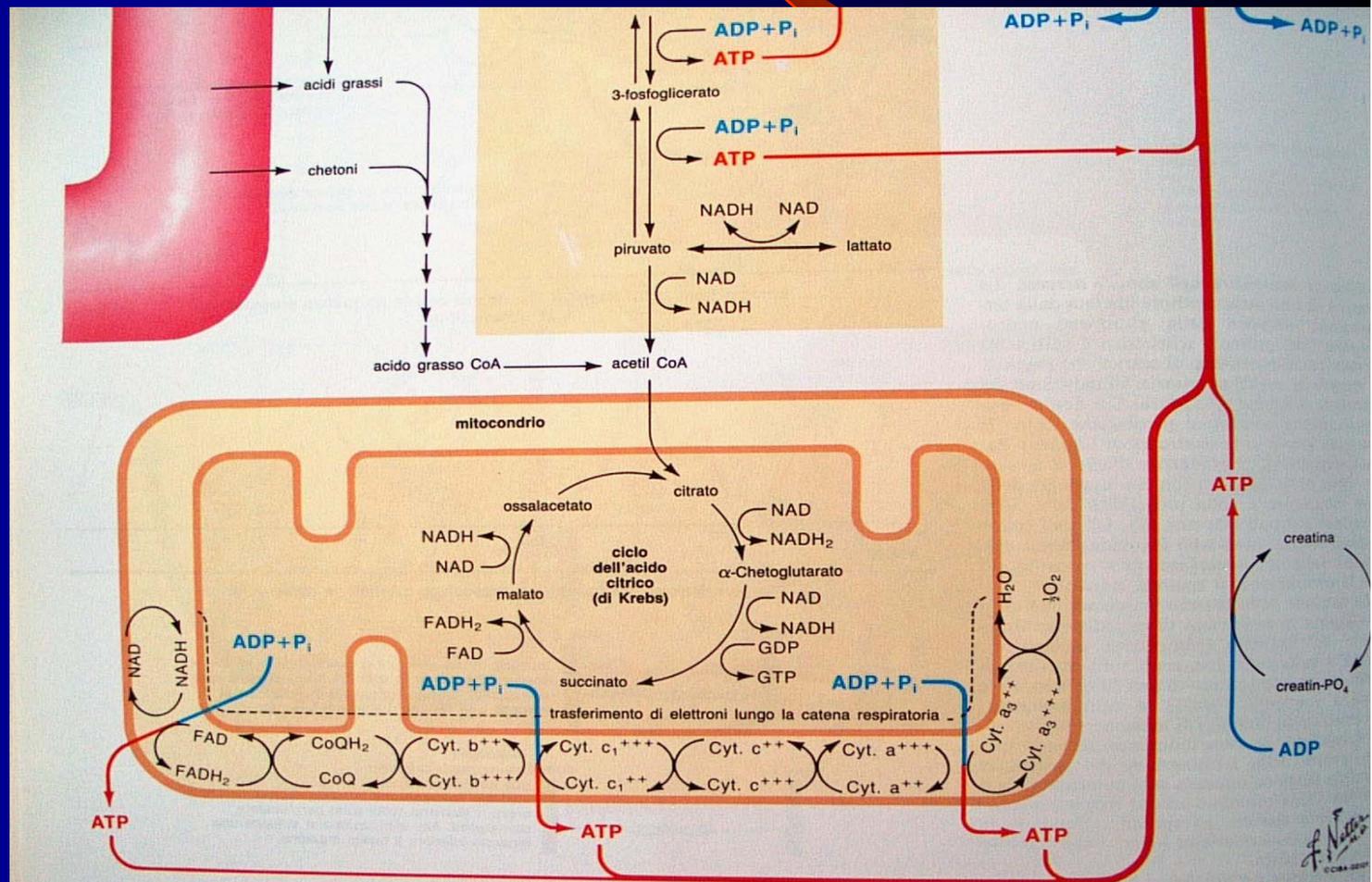
- La scissione del glicogeno avviene nel muscolo, in gran parte, in ambiente anaerobico
- Il glicogeno si scinde attraverso tappe successive (glicolisi) in una serie di organici fosforati e giunge infine all'acido piruvico



- I legami energetici ph risintetizzano l'ATP poi la fosfocreatina



- L'acido piruvico viene degradato
- La sua scissione avviene in ambiente:
 - * anaerobico → ac. lattico
 - * aerobico → ossidato ad H₂O e CO₂



Contrazione prolungata

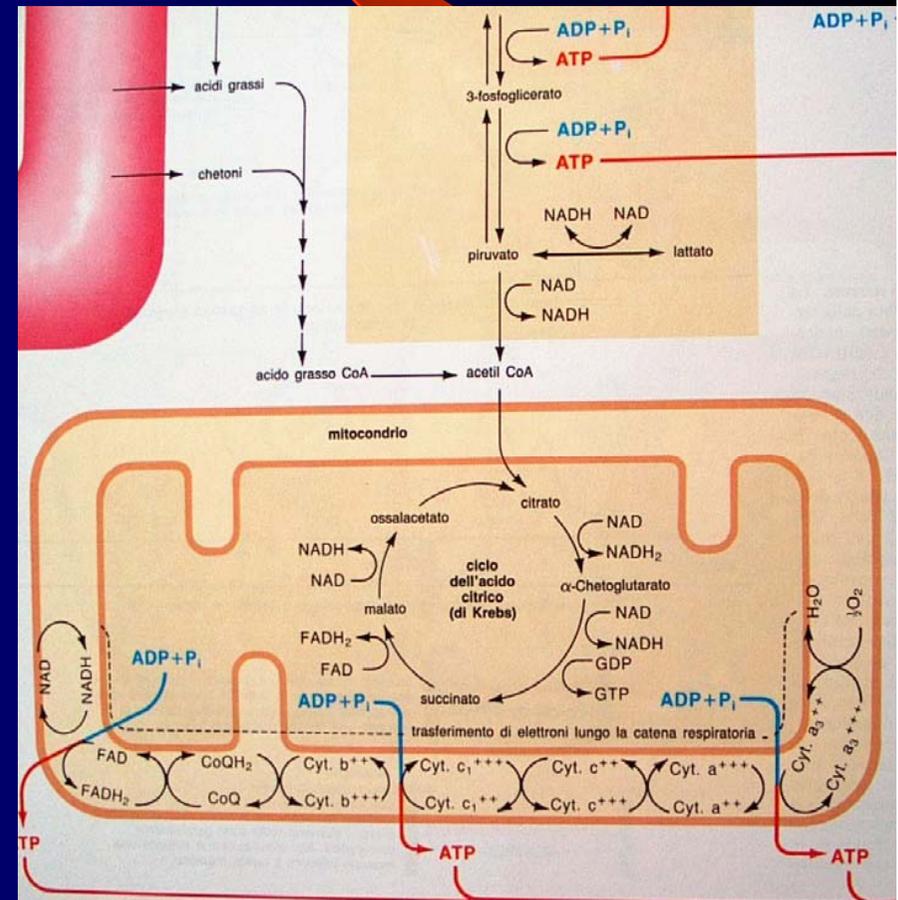
- **ATP costante (viene costantemente risintetizzato)**
- **Fosfocreatina e glicogeno diminuiscono**
- **Acido lattico si accumula con altre sostanze cosiddette della fatica (ac. Fosforico, CO₂, creatina, ecc.**

Acido lattico

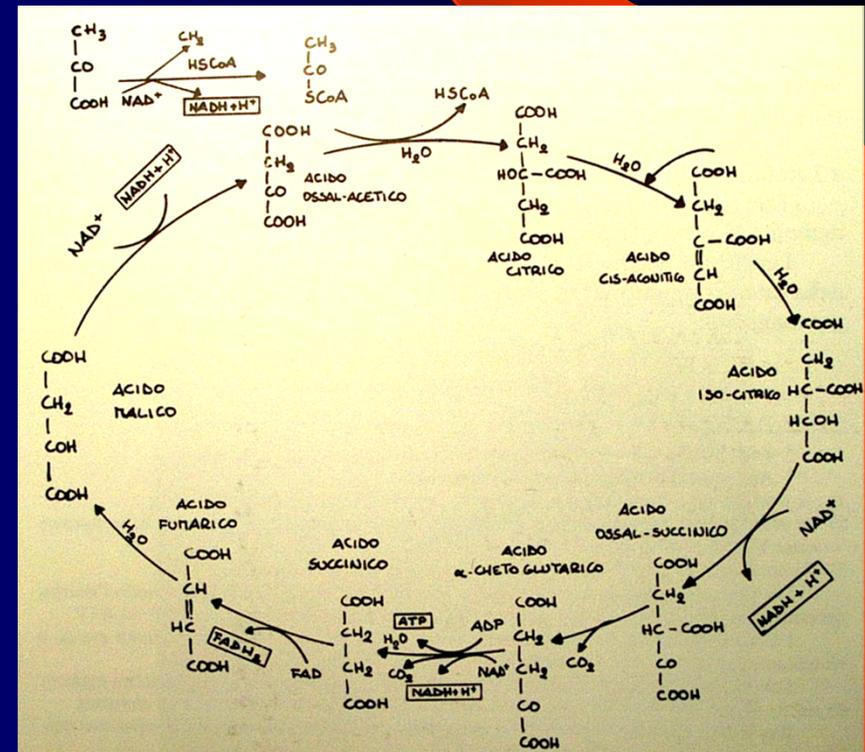
- **Derivante dalla glicolisi, rappresenta un veleno per l'attività muscolare e deve essere rimosso per evitare la cessazione della contrazione**
- **Nel muscolo in presenza di ossigeno viene convertito nuovamente in ac. Piruvico e da questo in H₂O e CO₂**
- **Diffonde nel sangue circolante come lattato di sodio in forma ionizzata (Na⁺ e lattato⁻)**
- **In parte nel fegato, in parte ritorna nel muscolo, in presenza di ossigeno, viene convertito in glucosio**

- **L'acido lattico deve venire allontanato dal muscolo e provvisoriamente "tamponato" dalla riserva alcalina per poi essere ossidato da un successivo apporto di ossigeno (pagamento del debito di ossigeno)**
- **Viene anche metabolizzato nel fegato dove la sua ossidazione consente la produzione di energia per resintetizzare glicogeno**

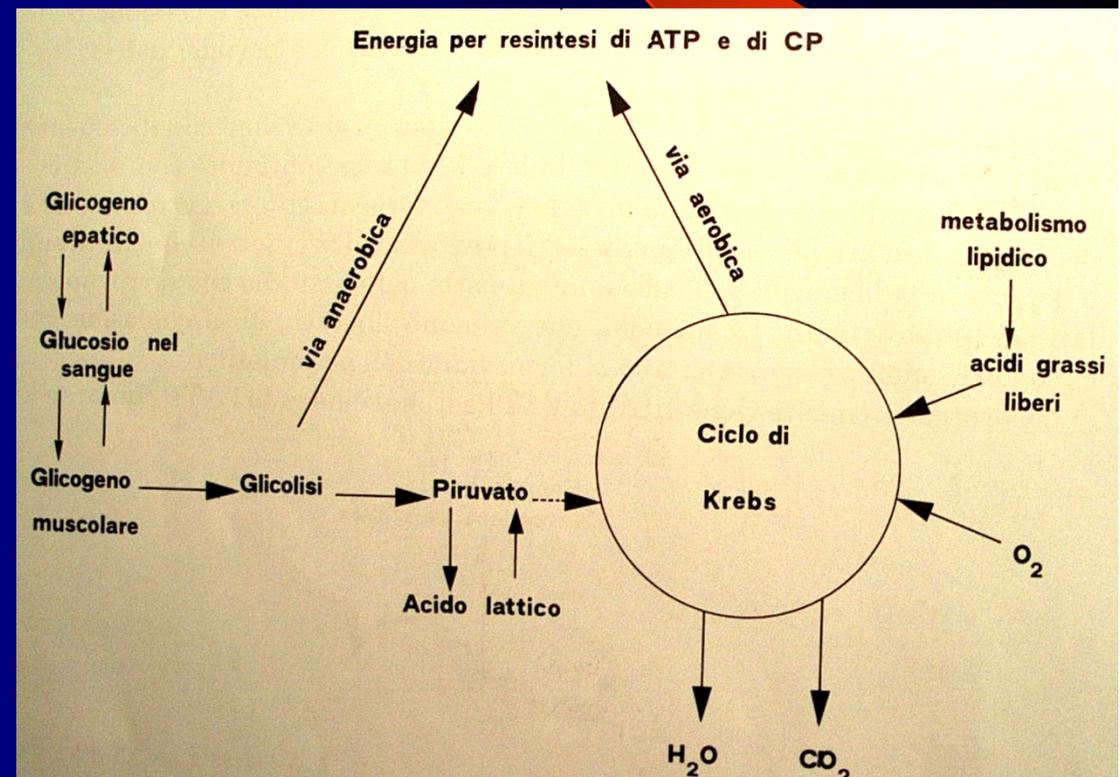
- Il destino dell'ac. Lattico è sempre intimamente legato alla quantità di ossigeno presente nell'ambiente.
- In condizioni aerobiche non si arriva mai alla produzione di ac. Lattico sia perchè la maggiore fonte di energia è costituita dal ciclo di Krebs sia perché la glicolisi non arriva al prodotto terminale costituito dall'ac. Lattico ma si inserisce col piruvato nel ciclo di Krebs.



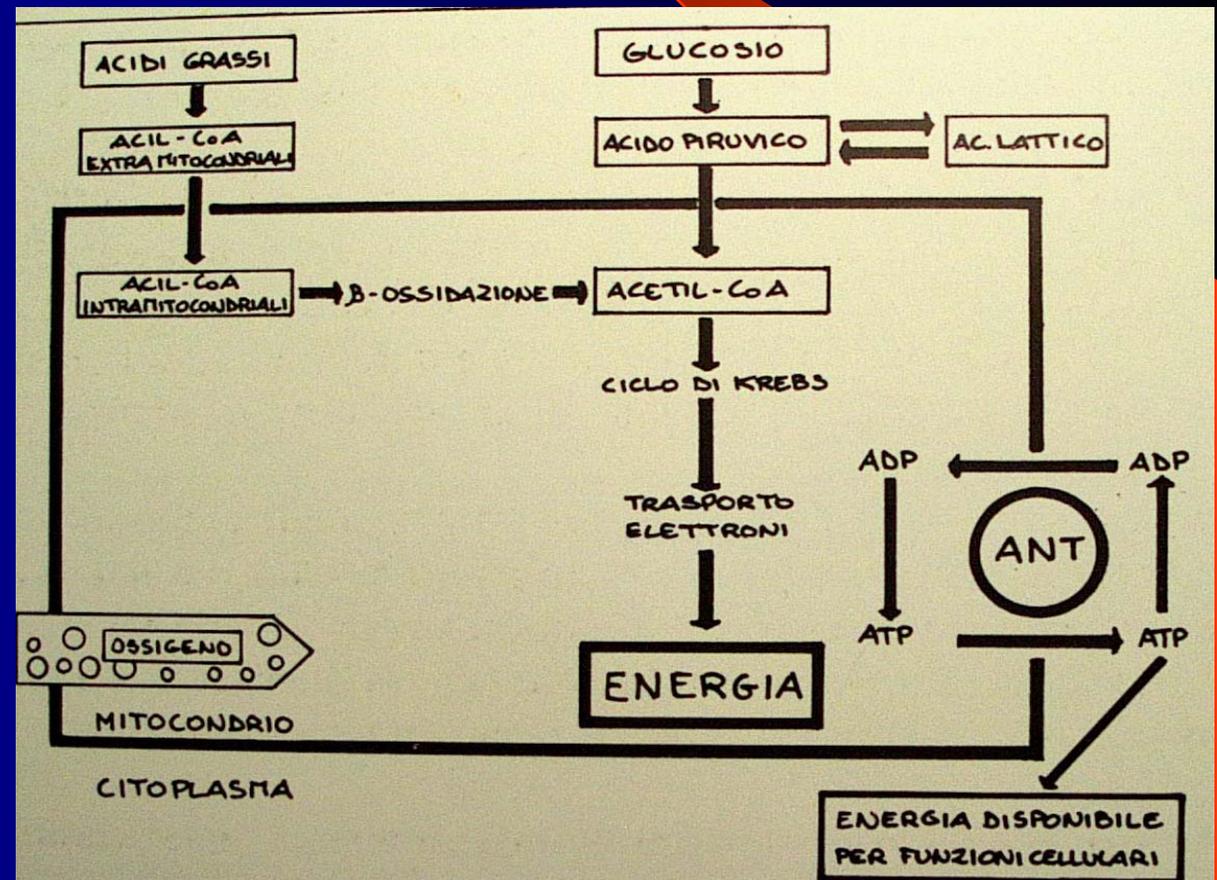
- Un adeguato apporto di Ossigeno al muscolo (lavoro aerobico) evita la formazione di ac. Lattico in quanto il piruvato derivante dalla glicolisi invece di trasformarsi in ac. Lattico entra a partecipare ad una serie di reazioni chimiche (ciclo dell'ac. Citrico o ciclo di Krebs) da cui deriva ulteriore energia utilizzabile per resintetizzare CP ed ATP



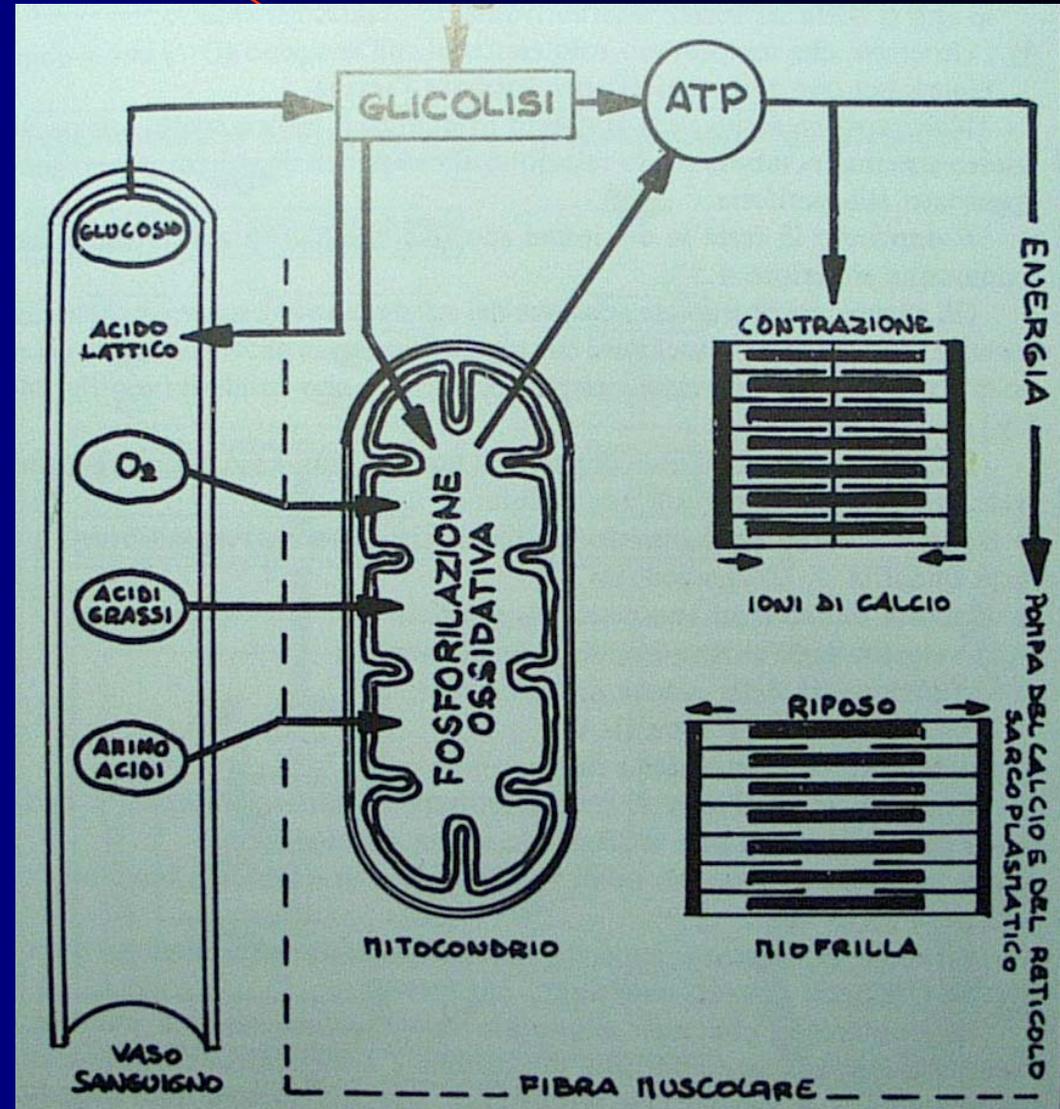
- Al ciclo di krebs partecipano anche i grassi derivanti dal metabolismo lipidico che costituiscono una ulteriore fonte di energia per il muscolo
- Perché questo si realizzi necessitano: apporto di O₂ ed eliminazione di acqua ed anidride carbonica ad opera dell'apparato respiratorio e circolatorio



- 2 sono i carburanti del muscolo: glicogeno ed ac. Grassi
- Il glicogeno viene prevalentemente consumato in condizioni anaerobiche (sforzi violenti)
- I grassi vengono metabolizzati in presenza di ossigeno (normali attività)



- Sede dei processi chimici sono i mitocondri, vere officine per la produzione di energia utilizzabile dal muscolo



- **L'allenamento comporta il miglioramento di tutte le reazioni implicate, aumenta il letto vascolare (sia il calibro che il numero dei capillari) e migliora le capacità del soggetto a sopportare livelli lattacidemici più elevati**