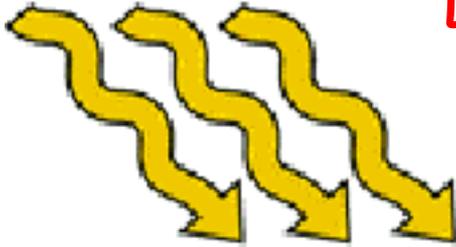
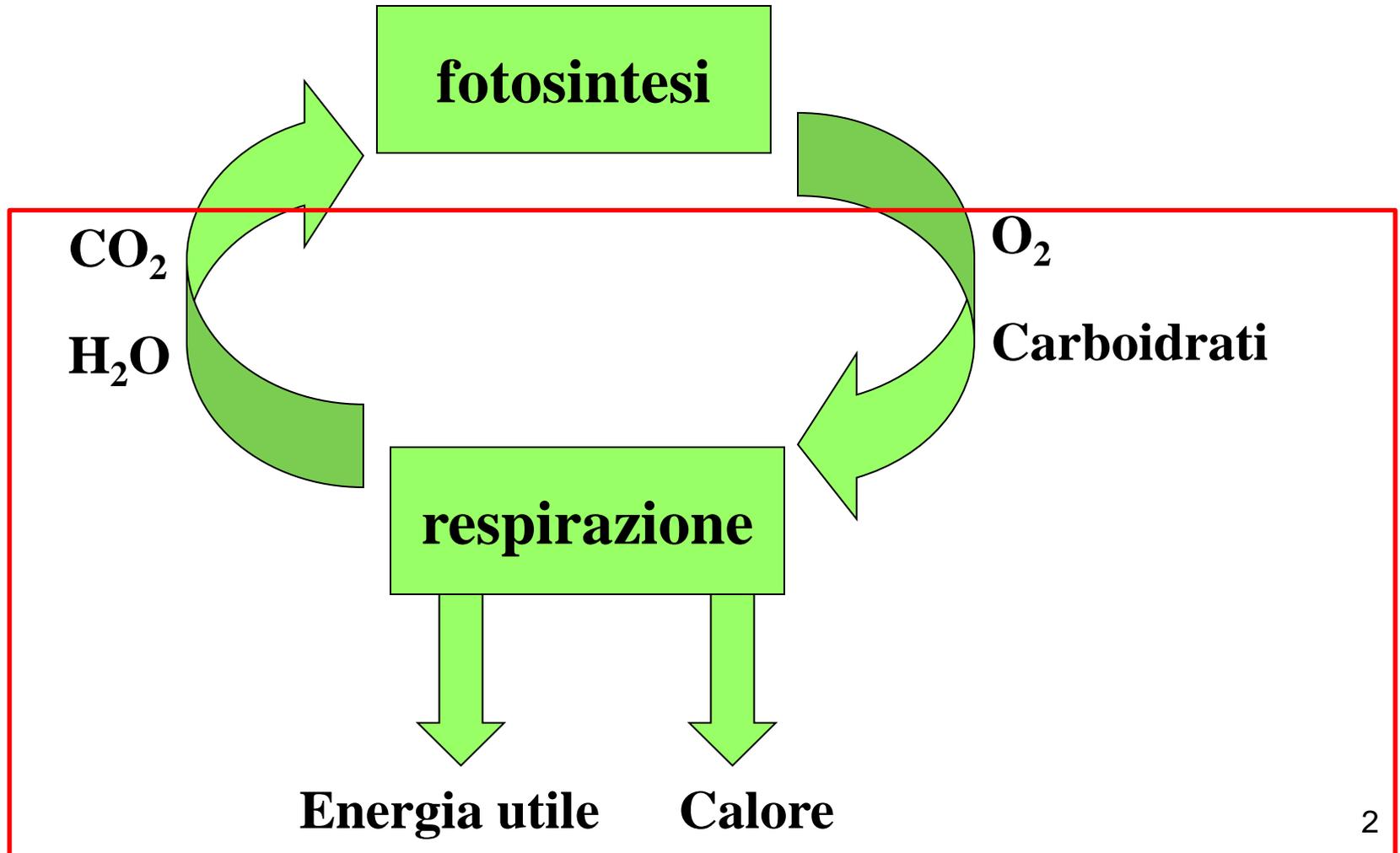


Respirazione cellulare

luce



La respirazione è un processo complementare alla fotosintesi e permette di completare il ciclo del Carbonio.

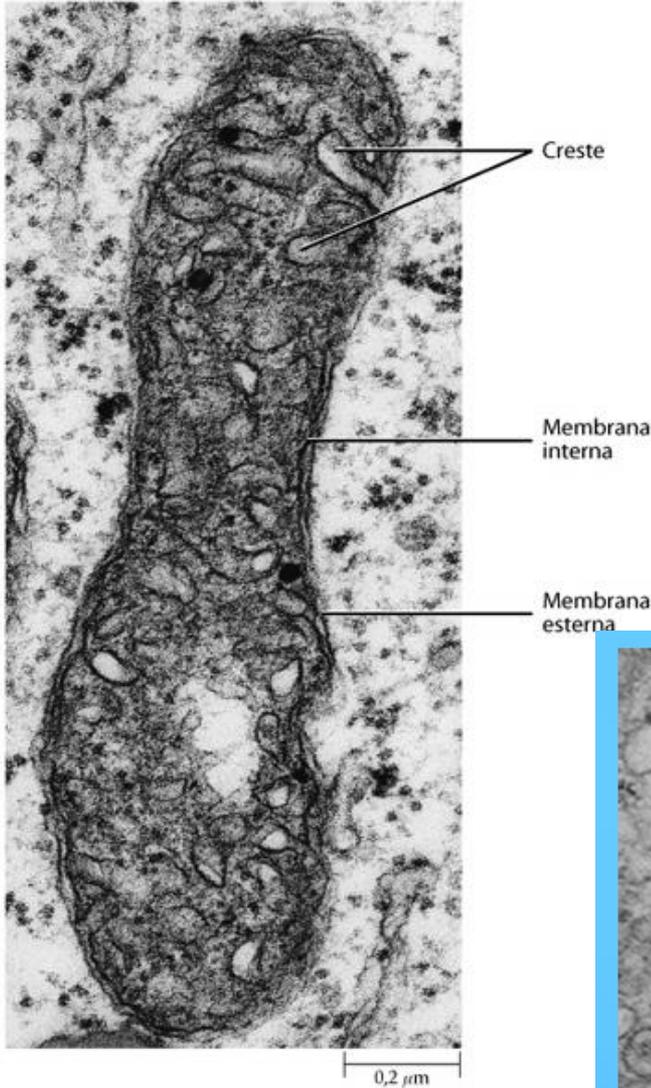


La respirazione aerobica produce energia sotto forma di ATP.

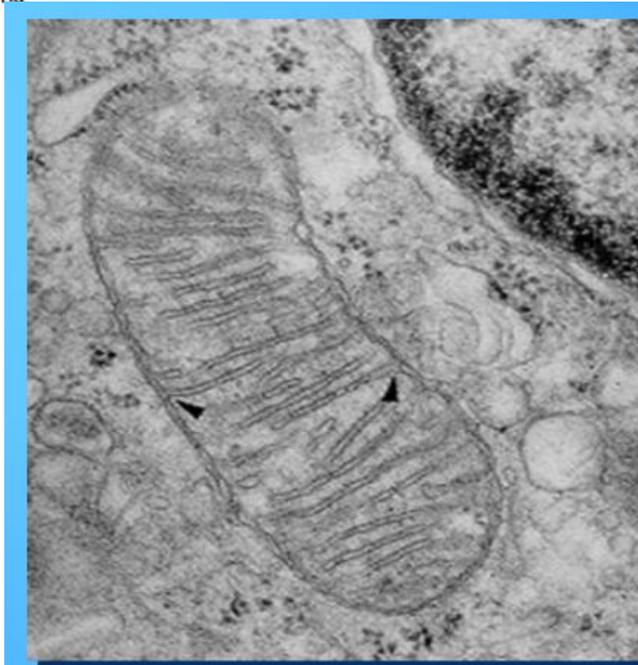
Quest'ultima viene utilizzata per le diverse vie metaboliche, come produzione di aa, di ac. nucleici lipidi, lignina

L'ATP rappresenta la molecola universale di scambio energetico (immediato) nei sistemi viventi ed è coinvolta in tutti i processi cellulari.

IL MITOCONDRIO e LA RESPIRAZIONE



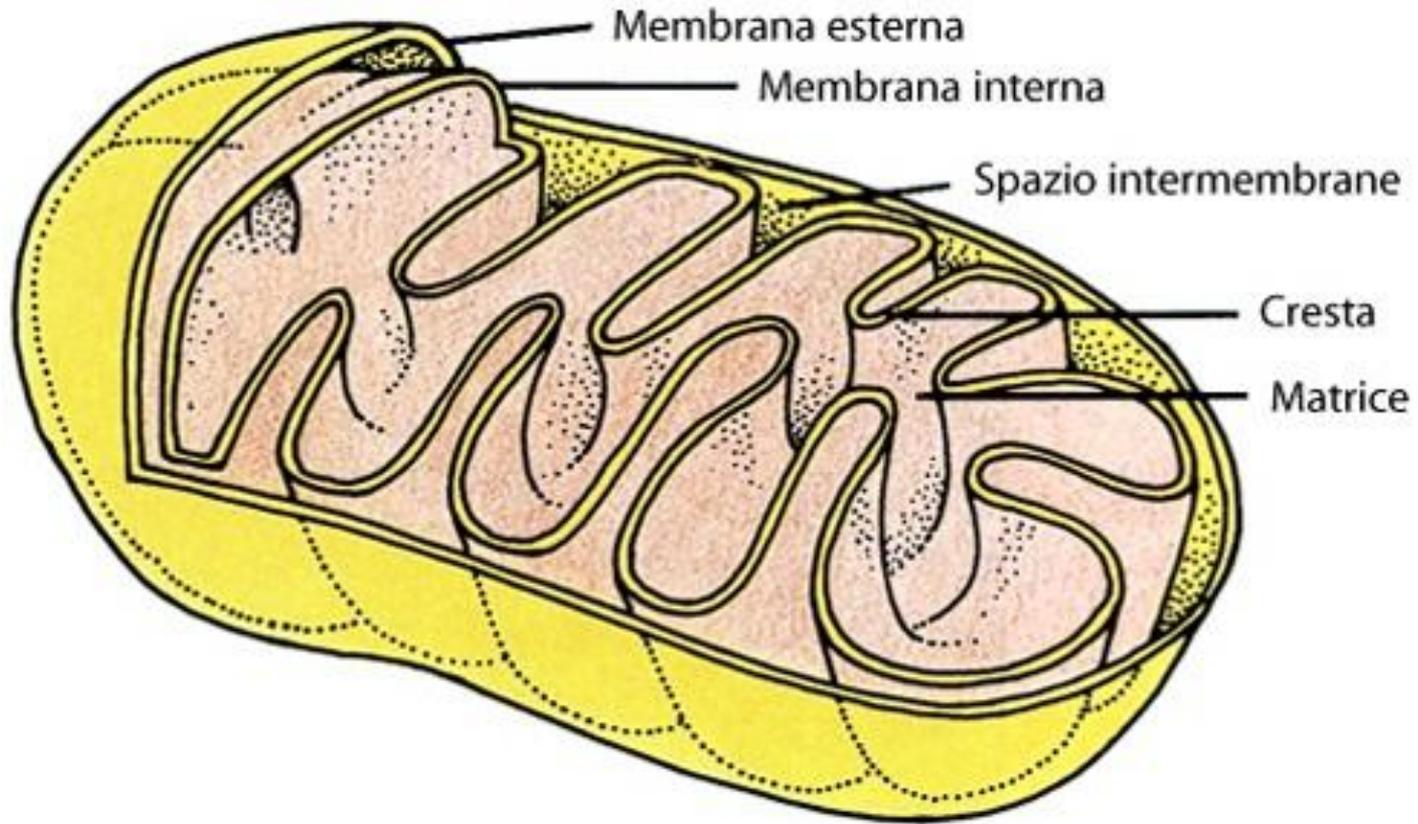
I mitocondri sono i siti della respirazione cellulare, durante questo processo l'energia chimica dei legami dei composti organici (Carboidrati) viene convertita in ATP.



La maggior parte dell'ATP viene prodotta sulla superficie delle creste mitocondriali, i processi sono catalizzati da enzimi associati alle creste.

4

La struttura del mitocondrio ne determina la funzione

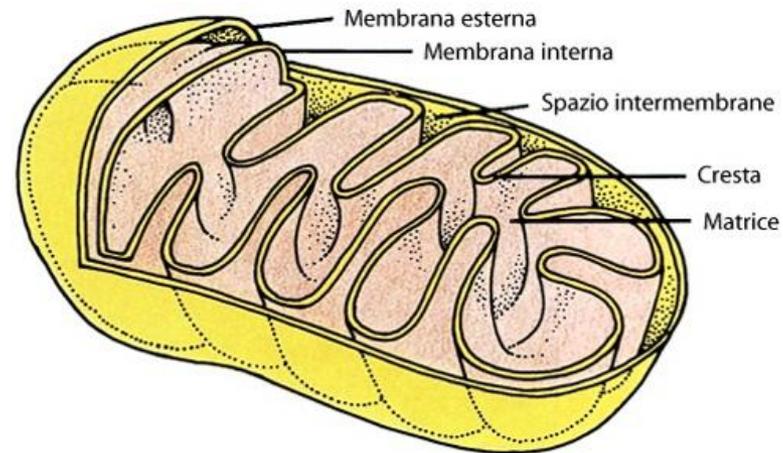


Molti degli enzimi e dei trasportatori di e- coinvolti nella respirazione sono presenti sulla membrana interna.

La membrana esterna è permeabile a molte piccole molecole e la soluzione che è contenuta nello spazio tra le due membrane ha una composizione simile a quella del citosol.

La membrana interna, invece, permette il passaggio solo di alcune molecole come ad esempio il piruvato, l'ATP e l'ADP, mentre blocca il passaggio di altre molecole e ioni come H^+ .

Questa permeabilità selettiva sarà determinante per la capacità del mitocondrio di produrre ATP.



La matrice dei mitocondri contiene H_2O , enzimi, coenzimi, fosfato, ioni e altre molecole coinvolte nella respirazione.

Tutti gli enzimi del ciclo dell'acido citrico sono localizzati nella soluzione della matrice, tranne uno che è associato alla membrana interna insieme ai componenti della catena di trasporto degli e^- .

La catena di trasporto degli elettroni si realizza sulle creste mitocondriali.

Le molecole di carboidrati ricche di energia si accumulano nelle cellule degli organismi fotosintetizzanti sotto forma di saccarosio o di amido.

La tappa preliminare della respirazione è quella di trasformare questi carboidrati complessi in monosaccaridi.

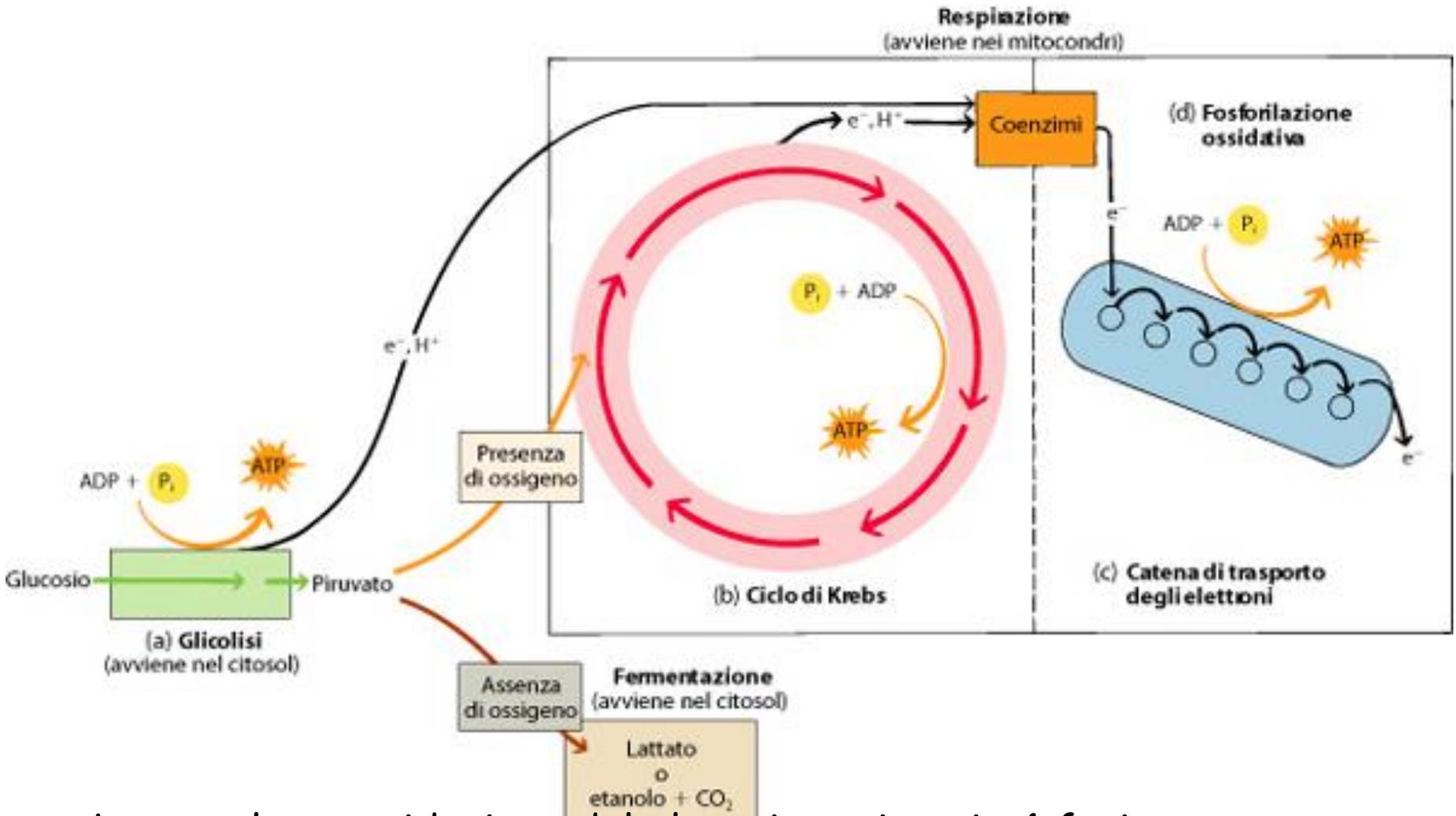
Saccarosio ed amido devono essere idrolizzati a glucosio, il loro monomero base.

Normalmente le reazioni della respirazione iniziano dal glucosio.

La respirazione è quell'insieme di reazioni che portano alla completa demolizione del glucosio per ottenere energia e formare CO_2 ed H_2O .

Veduta d'insieme della respirazione:

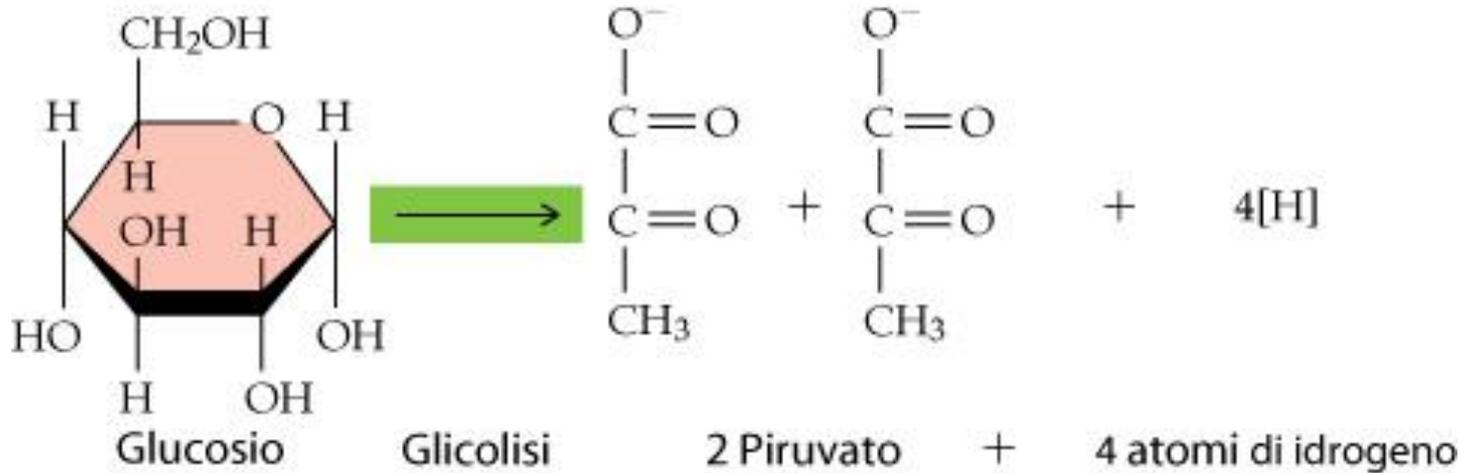
L'ossidazione del glucosio



La completa ossidazione del glucosio avviene in 4 fasi:

Glicolisi, ciclo di Krebs o **ciclo dell'acido citrico**, catena di trasporto degli e^- e fosforilazione ossidativa.

La glicolisi avviene nel citosol



Nella glicolisi la molecola di glucosio, a 6 atomi di C, viene scissa in 2 molecole di acido piruvico, composto a 3 atomi di C e 4 H.

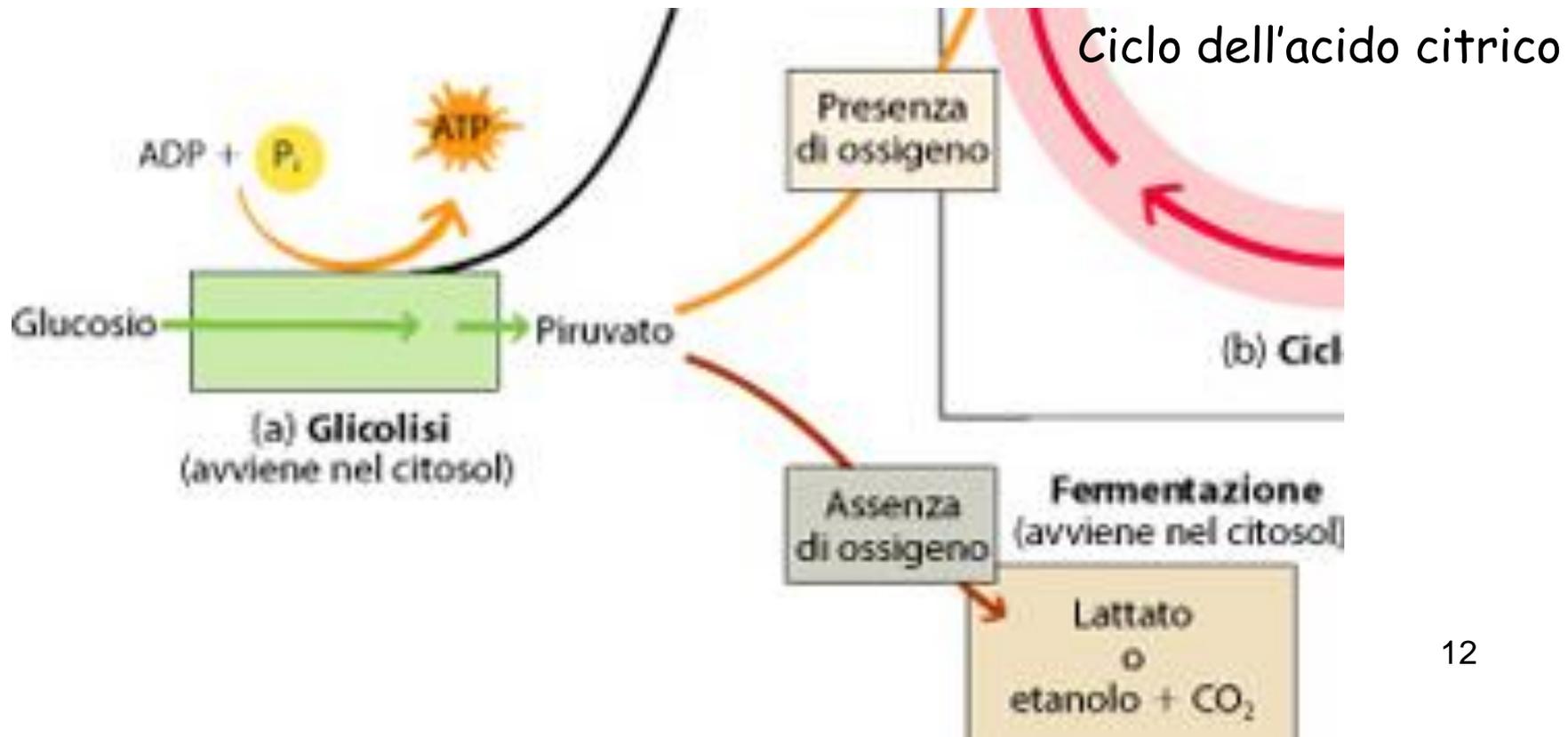
La fase iniziale della glicolisi richiede il consumo di 2 molecole di ATP.

Con la glicolisi si guadagnano 4 molecole di ATP e 2 molecole di NADH, quindi il guadagno energetico netto della glicolisi è di 2 molecole di ATP e 2 molecole di NADH.

E' un processo che non richiede O_2

Il piruvato è un intermedio chiave del metabolismo energetico della cellula e viene utilizzato in molte vie metaboliche. La via metabolica intrapresa dipende dalle condizioni in cui si svolge e dal tipo di organismo.

Il fattore ambientale che maggiormente determina la via metabolica del piruvato è la disponibilità o meno di O_2 .



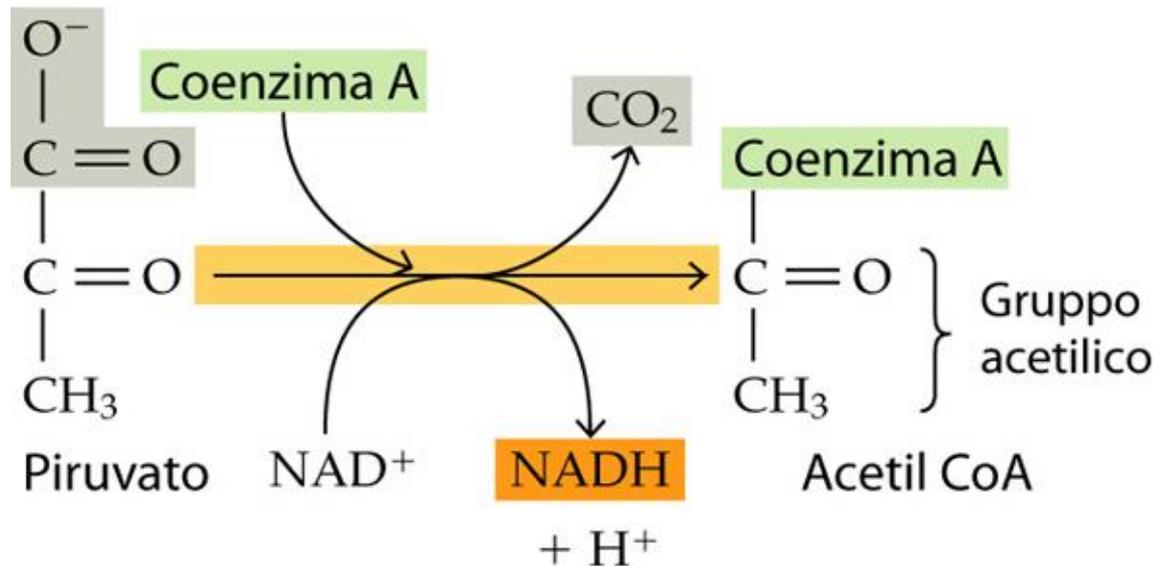
In presenza di O_2 , il piruvato viene completamente ossidato a CO_2 . Negli organismi eucarioti la via aerobica porta alla produzione di una quantità di ATP di gran lunga maggiore di quella prodotta nella glicolisi.

Negli eucarioti queste reazioni avvengono nei mitocondri.

Il piruvato che si è formato nella glicolisi passa nella matrice mitocondriale ma non viene utilizzato come tale nel ciclo di Krebs.

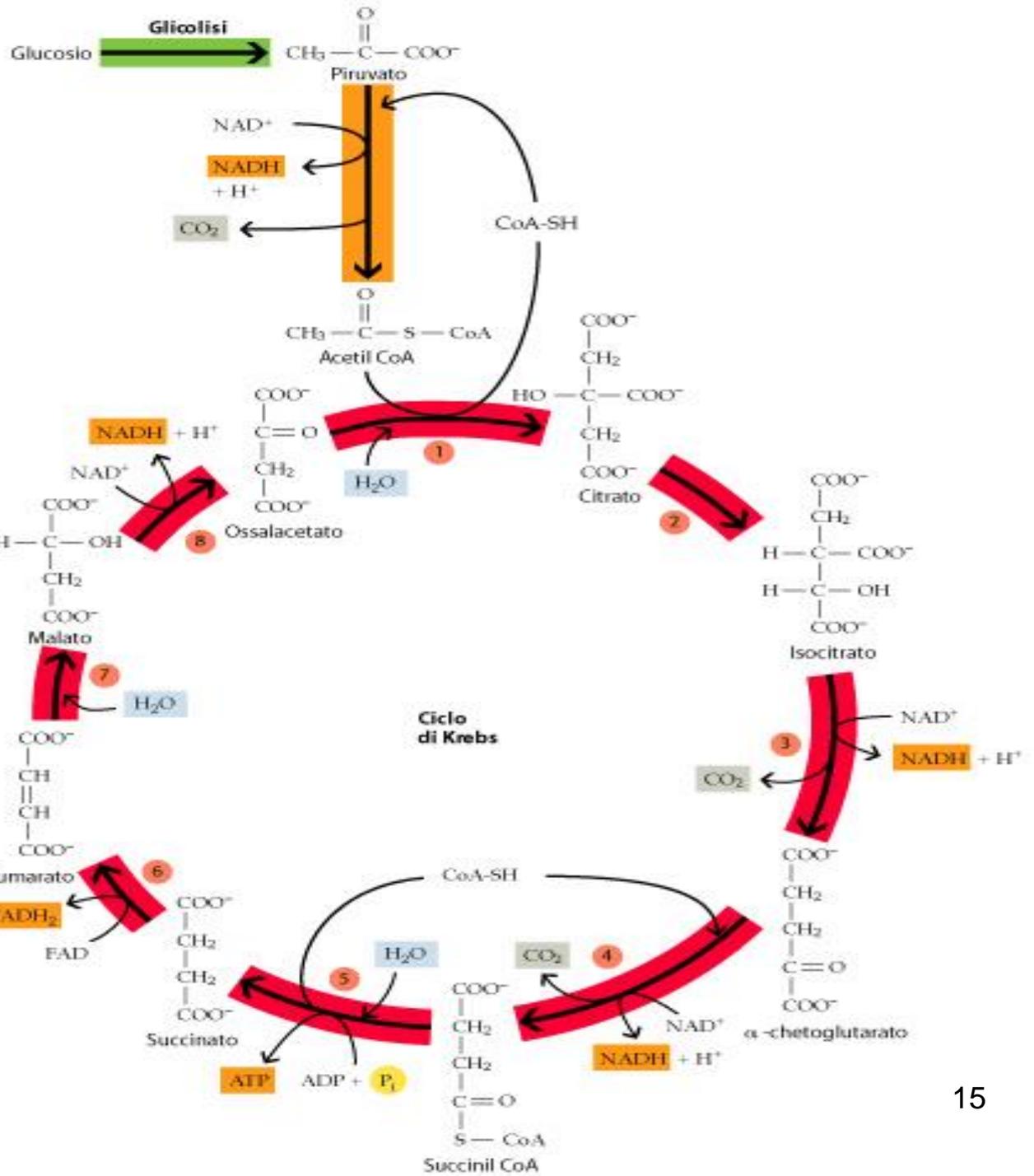
Nel mitocondrio, il piruvato viene **ossidato e decarbossilato**. Una molecola di CO_2 si stacca dal piruvato, gli e^- vengono rimossi ed accettati dal NAD^+ che si riduce a $NADH$.

Le 2 molecole di piruvato si ossidano a gruppi acetilici $-CH_3CO$



Ogni gruppo acetilico si lega temporaneamente al coenzima A per formare l'acetil CoA.

Quest'ultimo entra nel ciclo di Krebs.



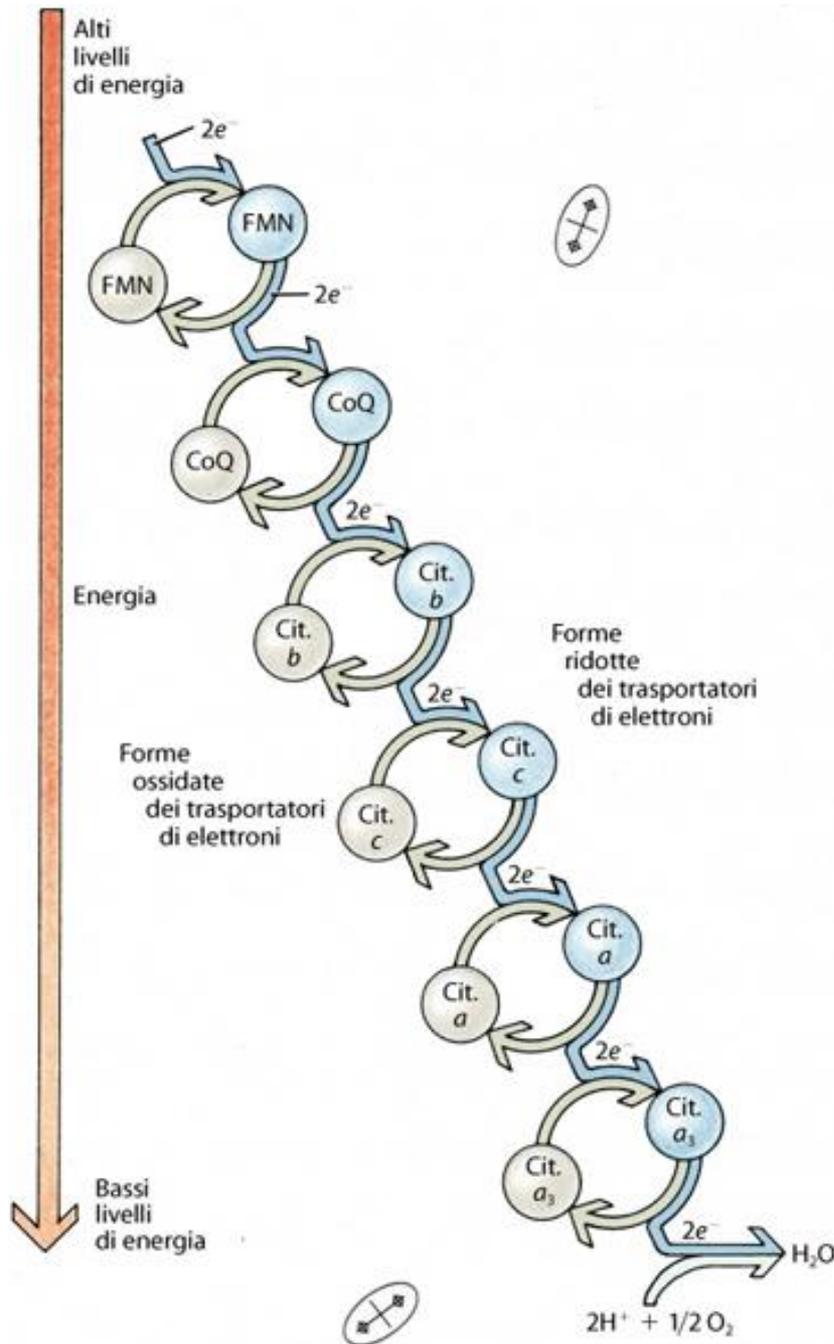
*Gli enzimi che catalizzano queste reazioni:

1. Citrato sintasi
2. Aconitasi
3. Isocitrato deidrogenasi
4. α -chetoglutarato deidrogenasi
5. Succinil CoA sintetasi
6. Succinato deidrogenasi
7. Fumarasi
8. Malato deidrogenasi

*Il CoA viene spesso indicato come CoA-SH

La maggior parte dell'energia ricavata dalla completa ossidazione del glucosio si trova a livello degli e^- trasferiti al NAD^+ e FAD.

Nella successiva fase della respirazione questi e^- ad alta energia vengono trasportati gradualmente, attraverso una catena di trasporto degli e^- , fino all' O_2 .



Ogni trasportatore è in grado di accettare e donare uno o due e⁻. Ogni trasportatore può accettare e⁻ solo da quello che lo precede e trasferirli a quello che lo segue.

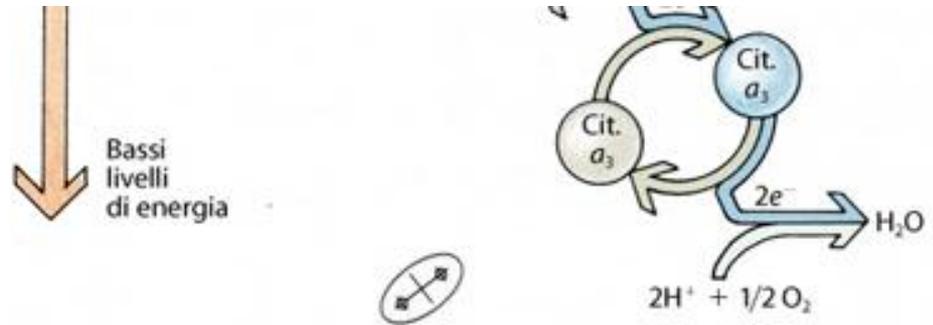
FMN - Flavin mononucleotide
 CoQ - Coenzima Q
 Cit - Citocromi ..

Poichè gli e^- fluiscono lungo la catena da un livello più alto di energia ad un livello molto più basso, l'energia che si libera viene sfruttata per generare un gradiente protonico.

Questo gradiente protonico è necessario per la formazione di ATP da ADP e P.

Questo processo è noto come fosforilazione ossidativa.

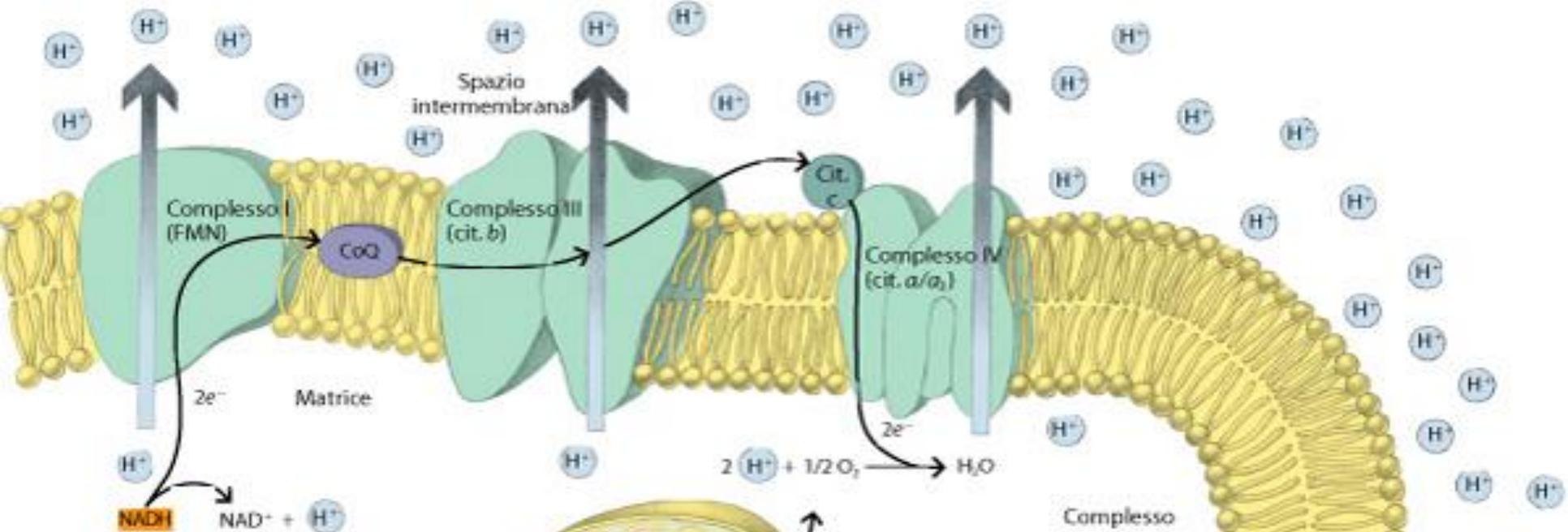
Alla fine della catena gli e^- vengono accettati dall' O_2 che combinandosi con H^+ forma l' H_2O .



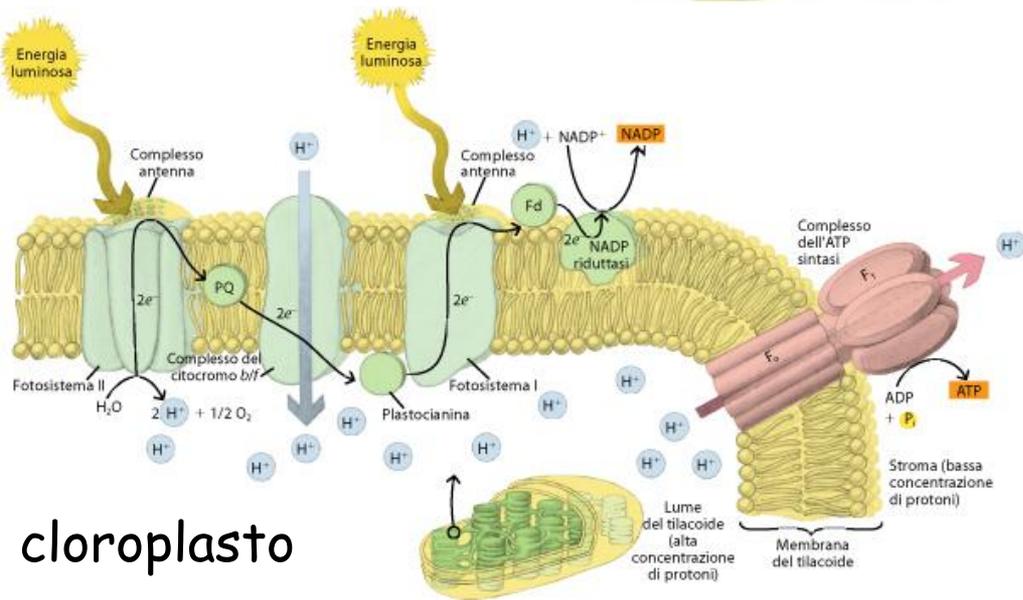
- Il ciclo di Krebs avviene nella matrice del mitocondrio
- La fosforilazione ossidativa avviene nelle creste del mitocondrio

La fosforilazione ossidativa è un grosso processo esoergonico che libera energia sotto forma di ATP

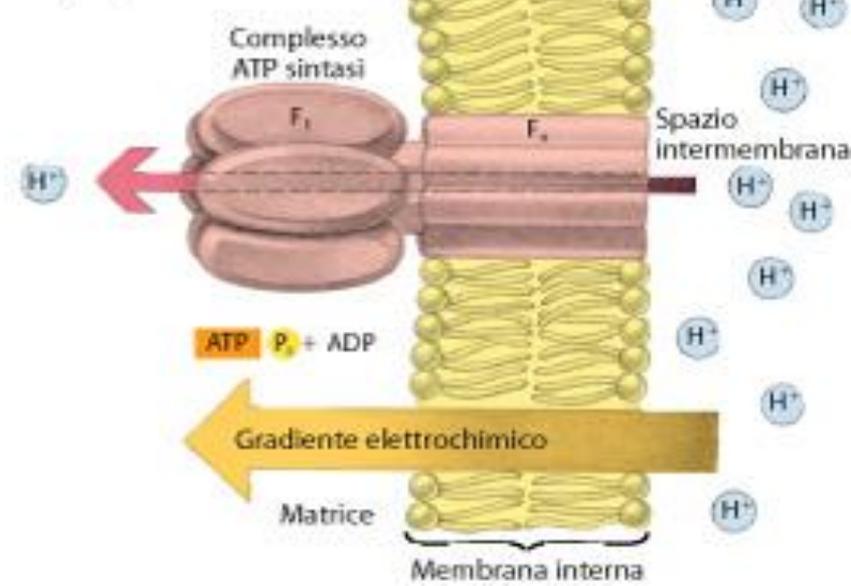
La fosforilazione ossidativa si realizza mediante un meccanismo di accoppiamento chemiosmotico.



mitocondrio



cloroplasto



La sintesi chemiosmotica dell'ATP nel mitocondrio.

**Quanta energia, originariamente
presente nella molecola di
glucosio viene recuperata sotto
forma di ATP?**

Molecole prodotte in:

Ossidazione di
1 NADH = 3
ATP

Ossidazione di
1 FADH₂ = 2
ATP

	Citosol	Matrice del mitocondrio	Trasporto elettronico e fosforilazione ossidativa
Glicolisi	2 ATP 2 NADH		4 ATP (resa netta)
Conversione del piruvato ad acetil CoA		2 × (1 NADH)	2 × (3 ATP) → 6 ATP
Ciclo di Krebs		2 × (1 ATP) 2 × (3 NADH) 2 × (1 FADH ₂)	2 ATP 2 × (9 ATP) → 18 ATP 2 × (2 ATP) → 4 ATP

Totale: 36 ATP

Queste 36 molecole, tranne quelle ottenute nella glicolisi, sono tutte prodotte nei processi che avvengono nei mitocondri.

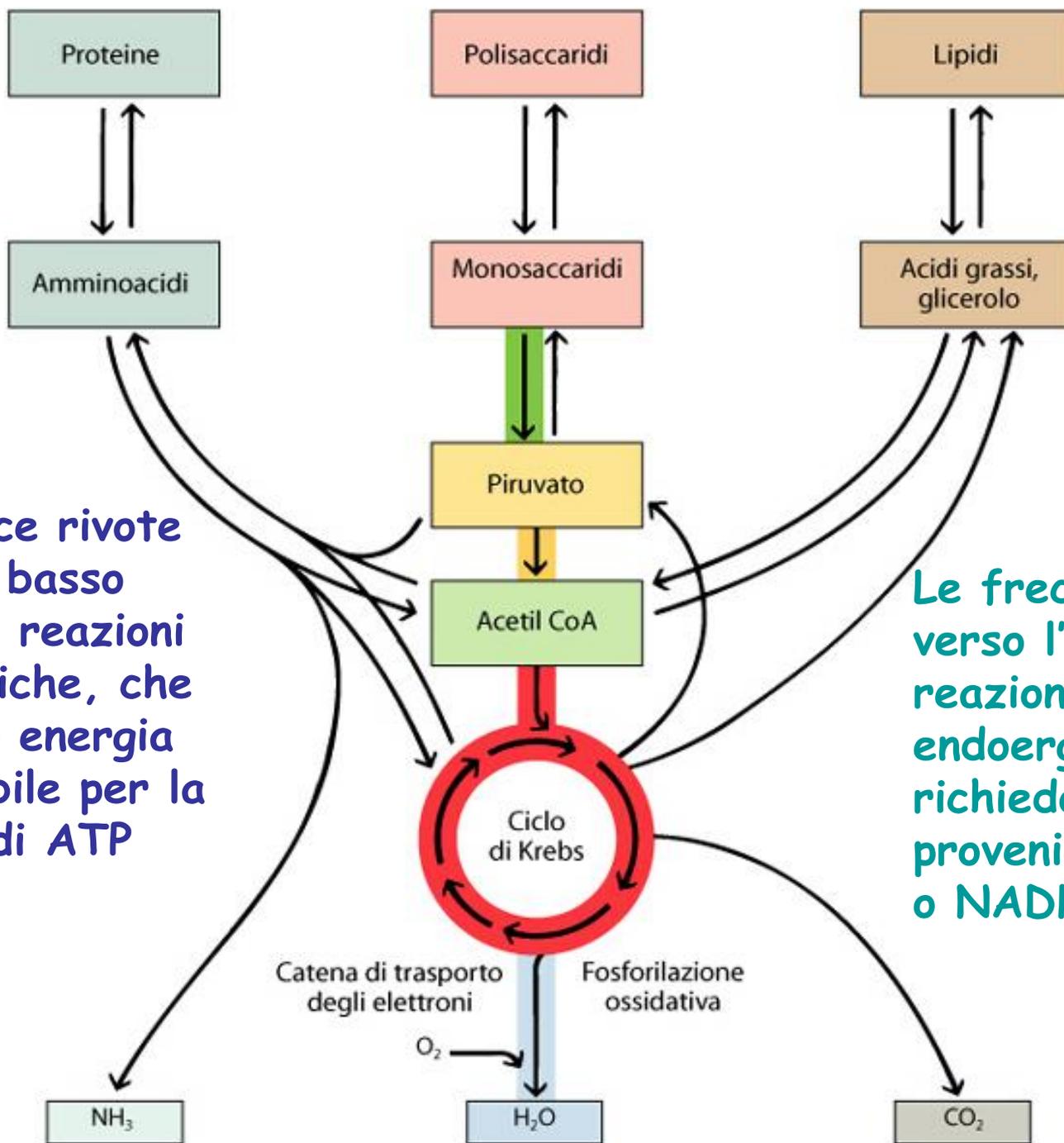
E, tranne 4, sono tutte prodotte dall'ossidazione di NADH o FADH₂, nella catena di trasporto degli e- accoppiata alla fosforilazione ossidativa.

Il glucosio non è l'unico substrato per la respirazione.

I lipidi e le proteine possono essere convertiti in acetil-CoA ed entrare nel ciclo di Krebs.

I lipidi vengono inizialmente idrolizzati a glicerolo e acidi grassi e successivamente gli acidi grassi subiscono la rimozione di gruppi acetilici sotto forma di acetil-CoA.

Le proteine vengono scisse in aa da cui vengono poi rimossi i gruppi amminici. I rimanenti scheletri di carbonio possono essere trasformati negli intermedi del ciclo di Krebs.



Le frecce rivote verso il basso indicano reazioni esoergoniche, che liberano energia utilizzabile per la sintesi di ATP

Le frecce rivote verso l'alto indicano reazioni endoergoniche che richiedono energia proveniente da ATP o NADH

Il ciclo dell'acido citrico serve anche ad altro?

