

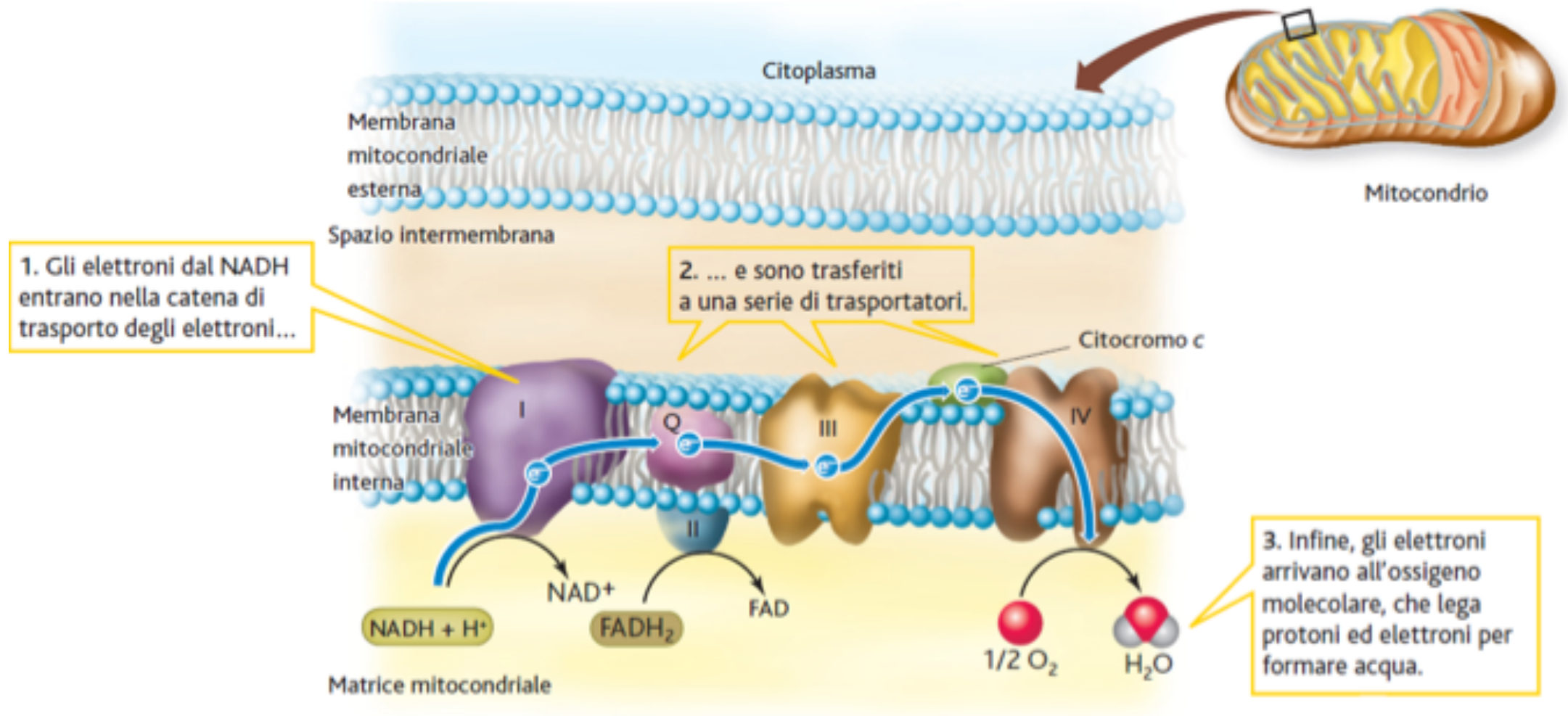
FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

Catena respiratoria

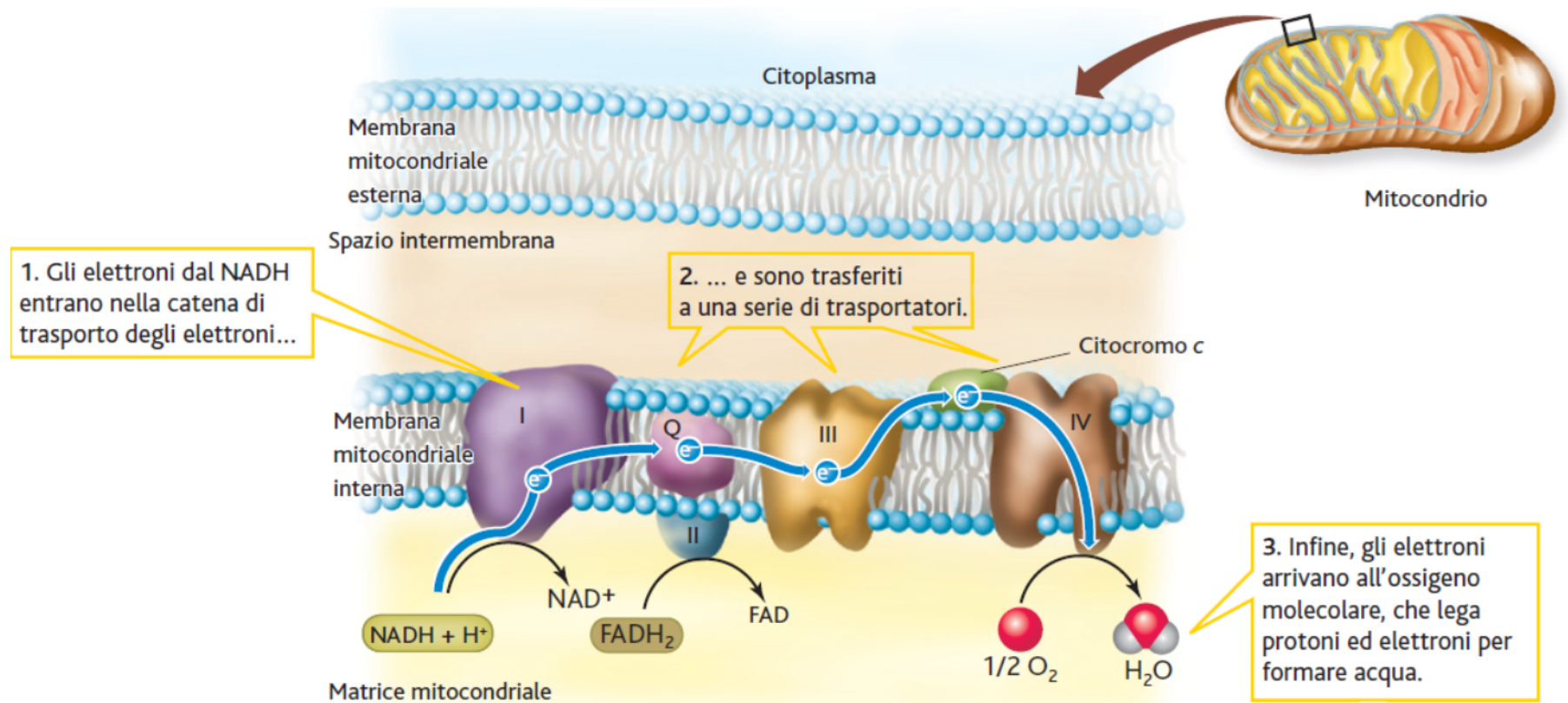
Processo chemiosmotico

- La fosforilazione ossidativa rappresenta il culmine del metabolismo energetico negli organismi aerobi.
- Le molecole di NADH e di FADH₂ si ossidano cedendo atomi di H alla catena respiratoria.
- Qui elettroni e protoni vanno incontro a da due processi strettamente accoppiati:

Gli **elettroni** vengono trasferiti dalla **catena di trasporto di elettroni** fino all' **accettore finale** l'ossigeno atmosferico che viene ridotto ad H_2O .

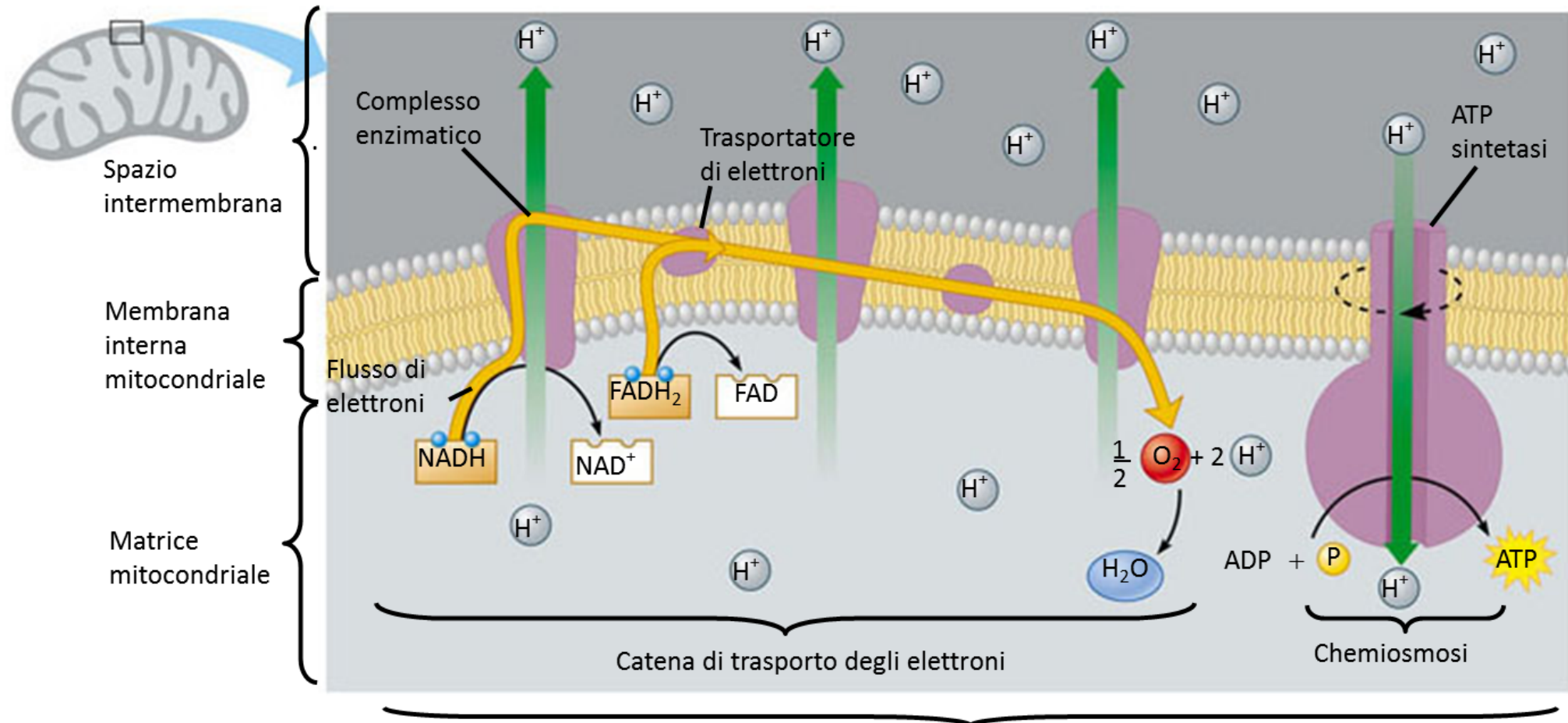


La **catena respiratoria** è una **sequenza di ossido-riduzioni**, compiuta da vari complessi (nella sequenza I-IV) accettano gli elettroni (riducendosi) e li cedono immediatamente al gruppo successivo (ossidandosi). Quando l'O, l'accettore finale, acquista 2 elettroni e 2 protoni si forma acqua



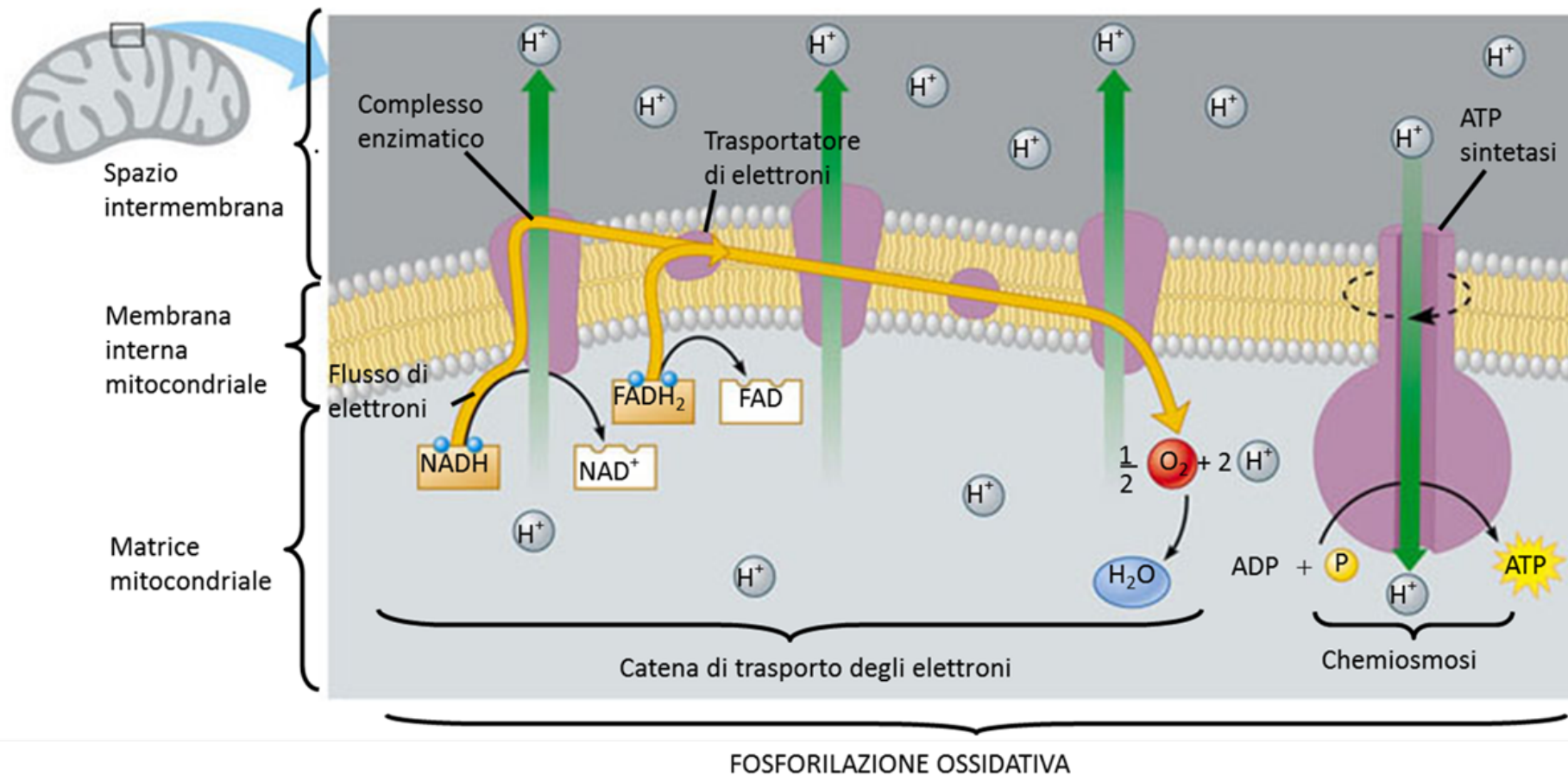
Durante il trasporto degli elettroni viene liberata energia che viene utilizzata per ‘pompare’ **gli ioni H^+** derivanti dall'ossidazione di NAD e FAD dalla matrice allo spazio intermembrana tramite un trasporto attivo attraverso la membrana interna.

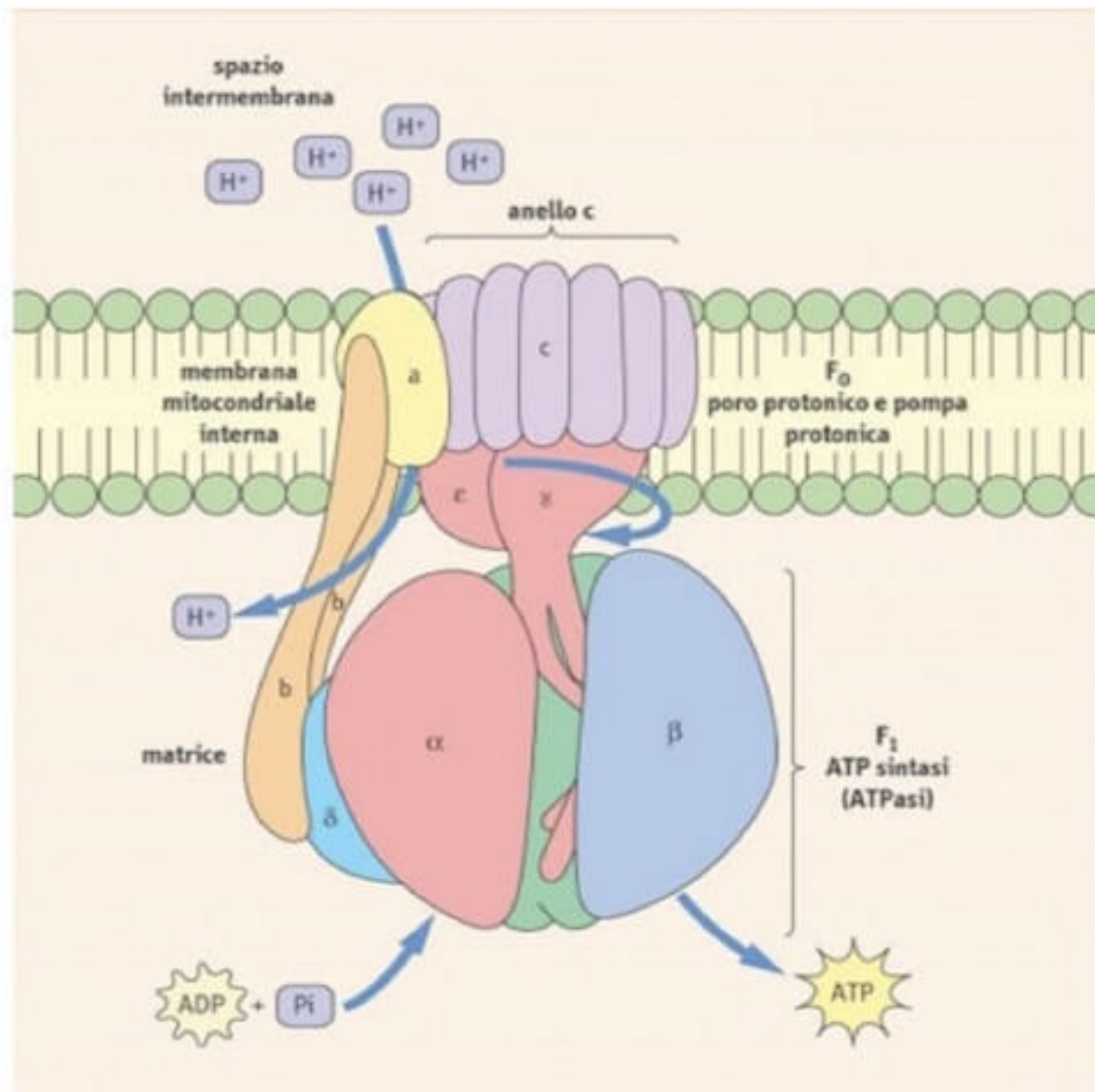
Si viene quindi a creare un **gradiente protonico elettrochimico**.



FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

- I **protoni** non possono rientrare nella matrice per ristabilire l'equilibrio perché la membrana interna non è spontaneamente permeabile al loro passaggio.
- Il rientro avviene alla fine del processo per mezzo **dell'enzima ATP-sintasi**, che sfrutta l'energia del loro potenziale elettrochimico per la **sintesi di ATP**

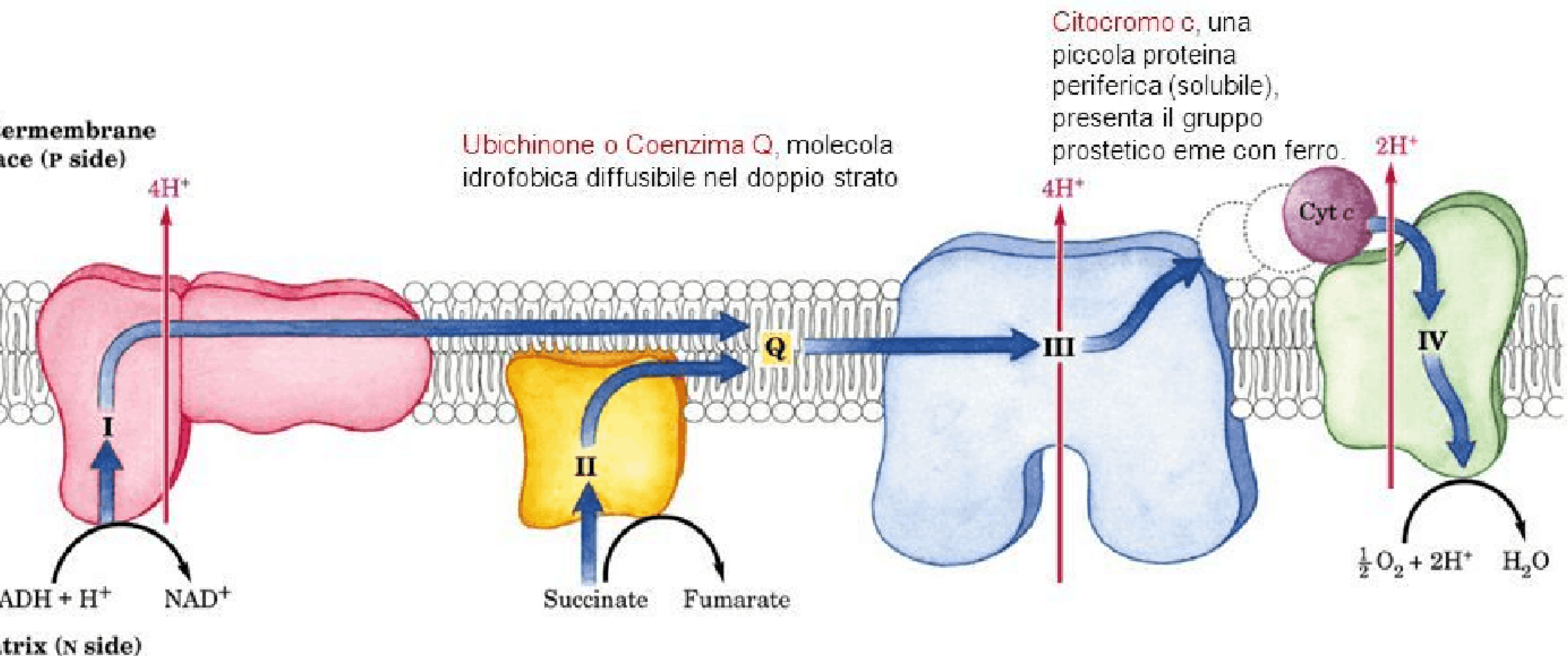




La catena respiratoria comprende quattro complessi proteici:

- **Complesso I: NADH deidrogenasi**
- **Complesso II: succinato deidrogenasi**
-
- **Complesso III: Q-citocromo c ossidoreduttasi**
- **Complesso IV: citocromo c ossidasi**

I) CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI



Complesso I
NADH
DEIDROGENASI
 trasferisce
 elettroni dal
 NADH al
CoenzimaQ

Complesso II
SUCCINATO
DEIDROGENASI
 trasferisce
 elettroni dal
FADH₂ al
 Coenzima Q

Complesso III
UBICHINONE
CITOCROMO C
REDUTTASI
 trasferisce
 elettroni dal
 CoenzimaQ
 al **citocromo c**

Complesso IV
CITOCROMO
OSSIDASI
 trasferisce
 elettroni dal
 citocromo c
 all'**O₂**

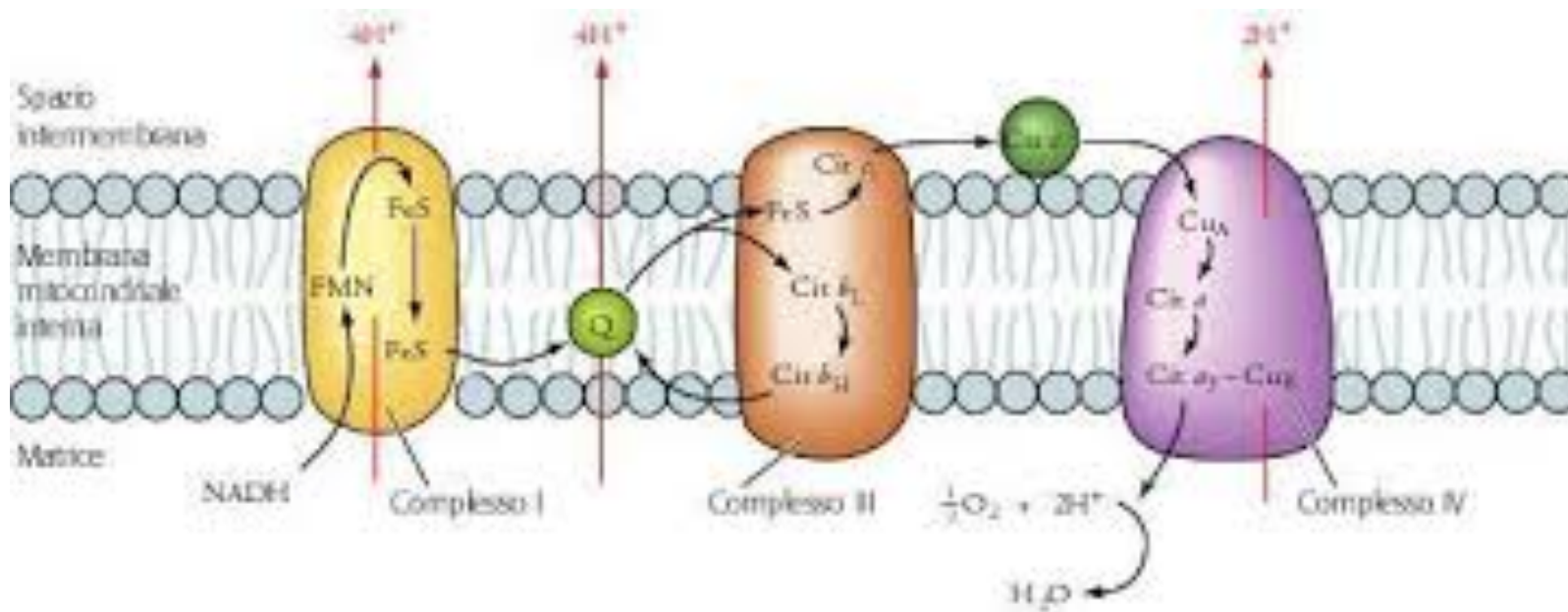
Questi complessi contengono proteine specializzate nell'accettare e donare elettroni (**flavoproteine, proteine Fe-S, citocromi**).

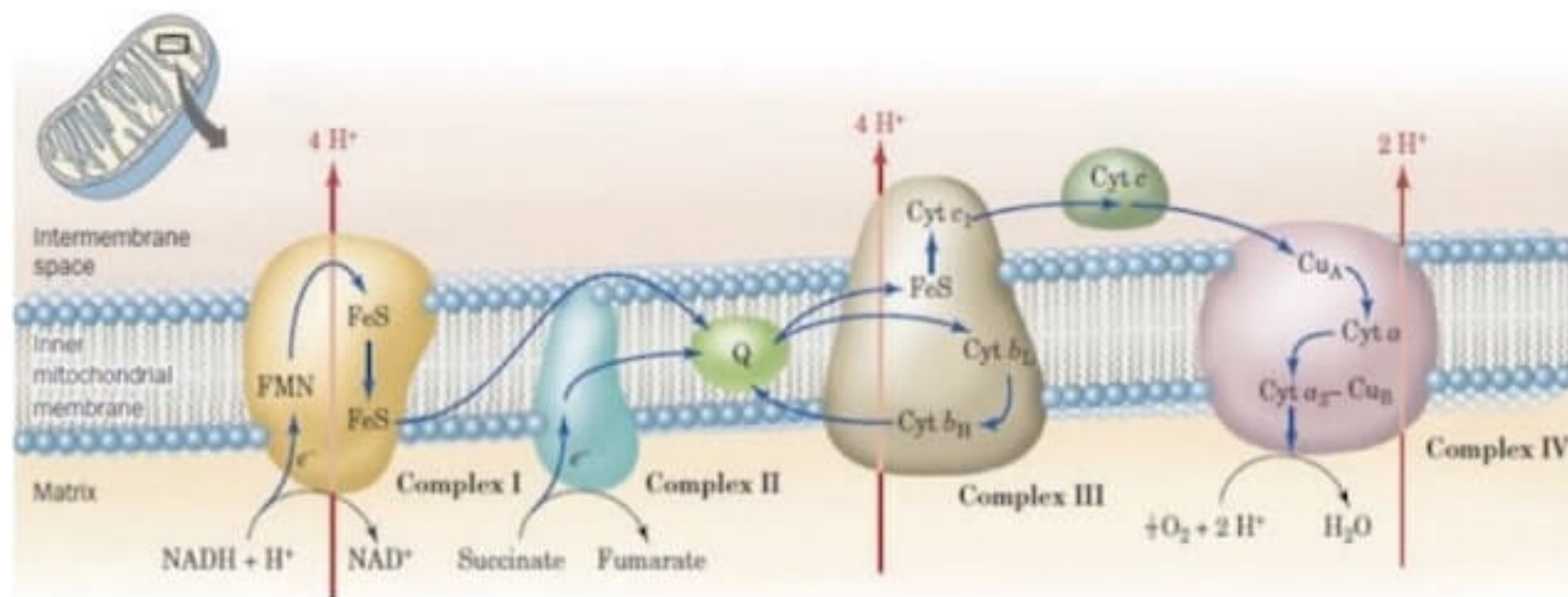
La capacità di trasferire elettroni di queste proteine dipende dalla presenza di particolari coenzimi (**ubichinone**) o di **gruppi prostetici**, ovvero strutture molecolari in grado di legare elettroni, quali il gruppo **eme** (nei citocromi) i gruppi **ferro-zolfo** (nelle corrispondenti proteine), il gruppo **flavinmononucleotide** (nella NADH deidrogenasi).

Complesso I: NADH deidrogenasi

(costituito da flavin mononucleotide e proteine Fe-S)

- **Complesso II: succinato deidrogenasi**
- **(costituito dal citocromo b e c1)**
- **Complesso III: Q-citocromo c ossidoreduttasi**
- **(costituito dai citocromi a e a3)**
- **Complesso IV: citocromo c ossidasi**





Fosforilazione ossidativa: ATP sintasi

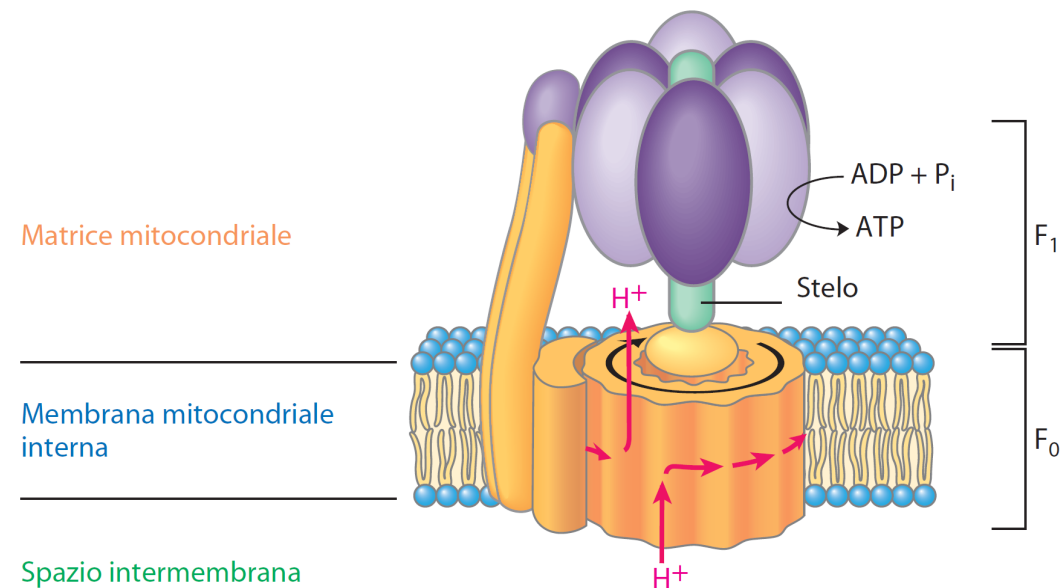
La **teoria chemiosmotica** (1962, P.Mitchell) spiega la sintesi di ATP a partire dalla forza proton-motrice del gradiente elettrochimico.

Il flusso di protoni che ritorna verso la matrice, infatti, passa attraverso un canale costituito dalle proteine della subunità F₀ del complesso della ATP sintasi.

Questo canale, in realtà è un **rotore**, le cui componenti vengono mosse dal flusso di H⁺.

Meccanismo della ATP sintasi

Questo movimento si trasmette alle proteine della testa (subunità F1) che sporge verso la matrice e dove ha sede la sintesi di ATP a partire da ADP e P_i , generando acqua. **Gli elettroni ceduti da una molecola di $NADH+H^+$ portano alla sintesi di 2,5 ATP, mentre quelli di un $FADH_2$ a 1,5 ATP.**



Considerazioni finali sulla produzione di ATP

La produzione di ATP (la *moneta energetica* della cellula) quindi procede attraverso **complesse sequenze di reazioni** connesse tra di loro:

Il **catabolismo** della macromolecole è connesso al **ciclo di Krebs** grazie all' **acetil-CoA**.

Il **ciclo di Krebs** è connesso alla **catena respiratoria** grazie ai trasportatori di elettroni ridotti **FADH₂** e **NADH+H⁺**.

La **catena respiratoria** è connessa all'**ATP sintasi** grazie alla forza proton motrice del **gradiente elettrochimico**.

Emoglobina, O₂, CO₂ e respirazione (I)

È possibile ora capire il nesso tra la respirazione intesa come **processo organo-meccanico** di **inspirazione ed espirazione** e la respirazione come **processo biochimico** che porta alla **sintesi di ATP**. Inspirando immettiamo l'ossigeno che viene captato dall'emoglobina degli eritrociti e veicolato alle cellule, dove funge da accettore finale degli elettroni della fosforilazione ossidativa.

Emoglobina, O₂, CO₂ e respirazione (II)

La quantità notevole di CO₂ generata dalla decarbossilazione ossidativa nel ciclo di Krebs e nelle varie reazioni cellulari, viene ceduta all'emoglobina, riportata ai polmoni ed emessa con l'espiazione.

La respirazione è quindi un bell'esempio di come **nell'organismo, ogni aspetto macroscopico sia legato a precisi eventi molecolari.**