

18 - RESPIRAZIONE AEROBICA

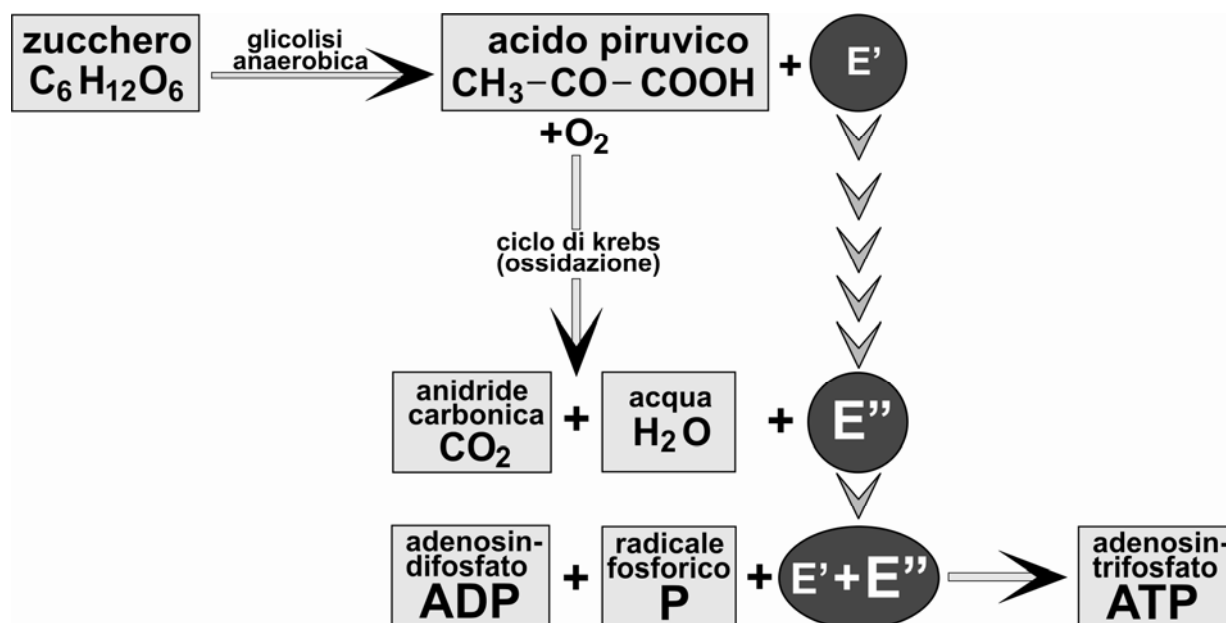
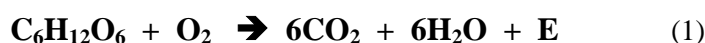
Ogni organismo, una cellula batterica, una pianta, un pesce, l'uomo,... esiste per crescere e per fabbricare una copia di se stesso: un'unità autoduplicantesi. Ma una cellula ha bisogno di energia se deve solo crescere? Se non si muove, non pompa sangue, non solleva pesi,... non compie azioni che vengono comunemente considerate "lavoro". Una cellula che vive ha bisogno di energia per garantire, dal disordine del mezzo in cui si trova, un ordine chimico, cioè la sua struttura complessa ed altamente organizzata (metabolismo basale; vedi **scheda 13**). Per fare ciò è necessario disporre di un serbatoio di energia; nel corso dell'evoluzione gli organismi hanno sviluppato un'ampia varietà di metabolismi energetici con lo scopo di costituire riserve di energia sottoforma di adenosintrifosfato.

Uno dei sistemi più efficaci per ottenere energia è la **respirazione aerobica**; è un processo esotermico (esoergonico) che consiste nella demolizione di sostanze organiche complesse come gli zuccheri. Esso è suddiviso in numerose reazioni parziali, rette ciascuna da almeno un enzima.

Il primo gruppo di reazioni, di circa dieci tappe, è detto **glicolisi** (= scissione dello zucchero) e si svolge in assenza di ossigeno. Si tratta pertanto di un *processo anaerobico* (aerobiosi = vita in presenza di aria; anaerobiosi = vita senza aria) che va dal **glucosio** ($C_6H_{12}O_6$) alla formazione di **acido piruvico** ($CH_3-CO-COOH$).

L'acido piruvico, in tappe successive, viene demolito in CO_2 e H_2 ; infine l'idrogeno è ossidato dall'ossigeno atmosferico in H_2O . Questo secondo gruppo di reazioni (**ciclo di Krebs**) è un *processo aerobico*.

La glicolisi comporta la liberazione di poca energia, mentre il ciclo di Krebs libera la maggior parte di energia contenuta inizialmente nello zucchero. Del totale una parte è degradata in calore, mentre la rimanente viene utilizzata per la formazione dell'adenosintrifosfato per aggiunta di un radicale fosforico (**P**) all'adenosindifosfato. Dato che quest'ultimo processo (endoergonico) avviene soprattutto dall'energia ottenuta dal ciclo di Krebs, in presenza di ossigeno, viene detto "*fosforilazione ossidativa*". In estrema sintesi, l'intero processo può essere riassunto con due reazioni:



La reazione esotermica (1) riassume la demolizione dello zucchero che avviene attraverso la glicolisi anaerobica e il ciclo di Krebs. L'energia liberata viene immagazzinata attraverso la reazione endotermica (2) di formazione di ATP a partire dall'ADP. Una mole di zucchero (960 grammi di glucosio) racchiude un'energia pari a 680 kcal (tanto calore quanto necessario per aumentare di oltre 50 °C la temperatura di 10

litri d'acqua); questa quantità di calore è quella che si otterrebbe bruciando alla fiamma quasi 1 kg di zucchero. Mediante il processo metabolico sopra esaminato, da una mole di zucchero si ottengono 38 moli di ATP racchiudenti, sottoforma di legame chimico, circa 288 kcal. Il rendimento di questa "macchina termica" è il modesto valore di circa il 40 %. Ciò significa che più della metà dell'energia liberata dalla demolizione dello zucchero viene "persa" sottoforma di calore.

La respirazione aerobica è tipica della maggior parte degli organismi e che, per tale motivo vengono **aerobi**, in quanto la demolizione dello zucchero per ottenere energia è una sorta di "combustione" che avviene in presenza di ossigeno.

Perché dopo un intenso lavoro i muscoli sono indolenziti e si prova dolore?

I muscoli sono costituiti da cellule specializzate nel produrre movimento (lavoro). Per fare ciò consumano energia, quella che si ottiene dalla riserva energetica adenosintrifosfato. La scissione $ATP = ADP + P + E$ avviene velocemente; quindi si ottiene immediatamente tutta l'energia necessaria per compiere il lavoro.

D'altra parte le cellule muscolari producono ATP dalla demolizione dello zucchero in modo continuo, anche quando lavorano poco o nulla; in tal modo la riserva energetica è abbondante nel momento del bisogno. Ma se il lavoro è intenso e prolungato può succedere che venga esaurita la riserva di ATP. Subentra la stanchezza, ma diversamente dal motore che cessa di funzionare per mancanza di benzina, seppure a ritmi più blandi, le cellule muscolari continuano invece a funzionare. Come è possibile?

Sarebbe un errore pensare che lo zucchero venga velocemente demolito per ottenere nuova energia e quindi nuovo ATP, in quanto, come sopra visto, si tratta di un processo complesso e quindi relativamente lungo, comunque non sufficientemente veloce da mantenere il ritmo della richiesta energetica. Succede allora che lo zucchero subisce il processo di glicolisi anaerobica, relativamente breve e capace di fornire un po' di energia, quella sufficiente a tamponare il deficit dovuto allo sforzo eccessivo (la produzione dovuta al complesso ciclo di Krebs non riesce a sostenere la richiesta di energia).

La conseguenza è un accentuato accumulo di acido piruvico che le cellule tollerano molto poco; esso viene pertanto provvisoriamente trasformato in acido lattico, responsabile del dolore muscolare.

Successivamente, in condizioni di riposo, l'acido lattico viene trasformato nuovamente in acido piruvico che viene, a sua volta, utilizzato nel ciclo di Krebs per essere definitivamente demolito con ricostituzione della riserva di ATP. Man mano l'acido lattico viene consumato e il dolore muscolare svanisce.