

## 13 - METABOLISMO

Con la **scheda 10** abbiamo discusso intorno al metabolismo del sistema auto, cioè dell'insieme dei processi che avvengono in quel mezzo affinché esso trasformi l'energia contenuta nella benzina in energia di movimento. Nei sistemi viventi si verificano migliaia di reazioni chimiche diverse, molte delle quali avvengono contemporaneamente; la somma di tutte queste reazioni costituisce il **metabolismo**. Le reazioni (processi chimici che comportano la trasformazione delle sostanze) comportano *scambi di energia*.

Vi sono alcuni processi che comportano il passaggio da sostanze semplici (formate, in genere, da piccole molecole con pochi atomi) a sostanze più complesse (molecole più grandi, formate da un maggior numero di atomi). Si tratta di reazioni chimiche assimilabili a “*processi di costruzione*” (o di “*sintesi*”); per esempio unire diversi amminoacidi a formare lunghe catene (struttura primaria delle proteine; vedi **scheda 9**) o unire molecole di glucosio a formare polisaccaridi complessi come l'amido (vedi **scheda 6**). I processi di sintesi non avvengono “gratuitamente”, o meglio il lavoro di costruzione comporta sempre una spesa energetica; pertanto essi sono processi **endotermici**, cioè assorbono energia.

**ATTENZIONE! Critichiamo il termine “endotermici”.** Sono processi che assorbono energia (deve essere fornita affinché i processi possano attuarsi). Bisognerebbe utilizzare il termine “**endoergonici**”. Il termine “endotermici” fa pensare ad un assorbimento di temperatura, ma come ciò può avvenire? Come può una temperatura essere assorbita o ceduta? Essa non passa da un sistema ad un altro, non viene scambiata; contribuisce alla conoscenza sullo stato energetico di un sistema, anzi ne costituisce una sua espressione. Invece è l'energia che può essere scambiata e/o passare da un sistema ad un altro. Dato che molti libri e testi divulgativi utilizzano frequentemente il termine “endotermici”, anche noi (sbagliando) talvolta faremo lo stesso. Sarebbe invece buona cosa cominciare ad utilizzare i termini corretti.

Vi sono altri processi che comportano il passaggio da sostanze complesse a sostanze più semplici. Sono (con una espressione un po' generica e superficiale) reazioni chimiche assimilabili a “*processi di demolizione*”. Il solito esempio è la demolizione di zucchero in acqua ed anidride carbonica. Ma si possono citare altri esempi; polisaccaridi e proteine, nell'apparato digerente, sono disgregati in singole molecole di glucosio e in amminoacidi, cioè in “frammenti” sufficientemente piccoli per passare, attraverso le pareti dell'intestino, al sangue e quindi a tutte le cellule del corpo. I processi di demolizione delle molecole complesse, quasi sempre, comportano la liberazione di energia, proprio quella impiegata per la sintesi delle molecole stesse. Pertanto essi sono processi “**esotermici**” (meglio sarebbe utilizzare il termine “**esoergonici**”).

Se vale la definizione per cui il metabolismo comprende l'insieme di tutti i processi che avvengono in un organismo, allora possiamo pensare alla seguente suddivisione:

- **anabolismo** - insieme di tutti i processi di sintesi, endoergonici, che in genere comportano la costruzione di sostanze complesse (*anaboliti*);
- **catabolismo** - insieme di tutti i processi di demolizione, esoergonici, che in genere comportano la produzione di sostanze meno complesse (*cataboliti*);
- **metabolismo = anabolismo + catabolismo.**

Molti processi catabolici servono per “smontare” complesse molecole in unità più semplici per essere poi utilizzate per “costruire” altre sostanze complesse. Può essere utile un esempio. La carne di pollo è costituita, tra le altre sostanze, di proteine caratteristiche del pollo; a tal proposito conviene ricordare l'espressione “**dimmi di che proteine sei fatto e ti dirò chi sei!**” che abbiamo citato a proposito della composizione delle proteine (vedi **scheda 9**). Quando mangiamo quella carne, nell'apparato digerente le proteine vengono “smontate” negli amminoacidi che le compongono; questi, una volta digeriti (entrano nel sangue e vengono portati alle cellule), vengono utilizzati per costruire (processi anabolici) le “nostre” proteine, che sono diverse da quelle del pollo nella misura in cui noi siamo animali diversi dal pollo stesso.

Molti altri processi catabolici servono espressamente per “estrarre” energia da sostanze complesse (zuccheri e grassi). Tale energia viene immagazzinata sotto forma di ATP, attraverso il processo anabolico  $ADP + P$  (vedi **scheda 12**). L'ATP viene poi parzialmente smontato staccando da esso un gruppo fosfato (quindi di nuovo un processo catabolico), al fine di utilizzare l'energia per un qualunque processo vitale che potrebbe essere proprio la sintesi di una proteina, oppure per far lavorare le cellule muscolari impegnate in un lavoro (l'organismo che si muove), o per far lavorare le cellule di una ghiandola per produrre un ormone,... Proviamo a seguire la seguente catena, presa quale esempio:

1. l'amido (polisaccaride) viene smontato, nell'apparato digerente, in singole molecole di glucosio (**processo catabolico**) grazie all'azione dell'enzima amilasi;
2. le molecole di glucosio attraversano la parete dell'intestino, entrano nel sangue, e vengono portate alle cellule;
3. le cellule demoliscono il glucosio per ottenere energia (**processo catabolico**);
4. l'energia liberata viene impiegata per legare gruppi fosfato all'ADP; in tal modo l'energia viene immagazzinata sotto forma di ATP (**processo anabolico**);
5. supponiamo che le cellule facciano parte di una ghiandola salivare; occorre che nella saliva sia presente l'enzima amilasi, ma questo deve essere costruito;
6. quindi in quelle cellule avviene il **processo catabolico**  $ATP \Rightarrow ADP + P + E$  (energia);
7. l'energia viene impiegata per legare diversi amminoacidi nella costruzione dell'amilasi (enzima con struttura proteica) e quindi con un **processo anabolico**;
8. a questo punto l'amilasi comincia il lavoro di demolizione dell'amido (**processo catabolico**) ritornando così al punto di partenza.

Si tratta di una storia raccontata in otto punti, molto sintetica e semplificata rispetto alla realtà. Al punto 2 si afferma che il glucosio, attraverso le pareti dell'intestino, giunge al sangue per essere portato alle cellule; ma tutto ciò non avviene "gratuitamente", in quanto si tratta di un lavoro ed esso costa energia. Ciò presuppone che l'organismo "spenda" buona parte di valuta energetica (ATP) per consentire i processi di assorbimento e di trasporto. Inoltre, al punto 7, la descrizione della costruzione dell'enzima amilasi viene eccessivamente semplificata con l'affermazione "*legare diversi amminoacidi*"; in realtà tale costruzione è un processo tutt'altro che semplice e da solo potrebbe costituire un esempio di insieme complesso di processi catabolici e anabolici strettamente legati e interdipendenti.

Dalle precedenti considerazioni si capisce che i sistemi organismi sono molto complessi; tuttavia tanto maggiore è la complessità, tanto più comodo risulta l'utilizzo di termini capaci di comprendere, in modo generico, insiemi di processi anche molto diversi fra loro. In ogni caso e a maggior ragione, conviene evitare confusione sull'uso di tali termini. Pertanto, sempre a proposito del metabolismo, sono utili ancora alcune riflessioni.

Nella **scheda 6** si è affermato che la combustione degli zuccheri comporta la produzione di energia e abbiamo anche definito il valore della caloria. Nella **scheda 7** abbiamo affermato che bruciando un grammo di zucchero si ottiene una quantità di energia pari a 3,8 kcal (15,9 kJoule). Effettuando un semplice calcolo con le più elementari leggi della fisica, tale energia è teoricamente sufficiente per sollevare un corpo di 800 kg per un'altezza di 2 m. Sarebbe quindi che se mangiassimo meno di un cucchiaino di zucchero potremmo alzare un masso di quasi mezzo metro di diametro sopra la nostra testa. Magari!!!! In primo luogo quando lo zucchero si trova nelle cellule dei nostri muscoli, deve essere demolito in anidride carbonica e acqua e soltanto il 40 % dell'energia liberata viene immagazzinata sotto forma di ATP e questo è soltanto il primo passaggio. Ad esso ne seguono altri e cioè il distacco di un gruppo fosfato per ottenere di nuovo energia libera, l'utilizzo dell'energia da parte delle cellule che la trasformano in lavoro, cioè l'insieme dei movimenti del nostro corpo per afferrare il masso e quindi sollevarlo verso l'alto.

Attenzione! Quando si trasforma energia in lavoro, una parte considerevole di essa si trasforma in calore e infatti i motori delle auto si scaldano (oltre il 75 % dell'energia contenuta nella benzina viene "persa" in calore anziché essere convertita in movimento) e noi stessi, mentre tentiamo di sollevare il masso, ci scaldiamo, a tal punto che deve essere dissipata una grande quantità di calore, anche grazie al sudore, per evitare un eccessivo incremento della temperatura corporea. Inoltre non dobbiamo muovere soltanto il masso, ma anche molte porzioni del nostro corpo, costituito da diverse leve che, da sole, costituiscono masse da muovere e quindi con un consumo energetico, anche se non vi fosse nulla da sollevare. Alla fine dell'energia contenuta in quel grammo di zucchero, per sollevare il masso, ammesso che il nostro motore interno abbia potenza sufficiente, ne rimane ben poca. In effetti il masso non riusciamo neppure a spostarlo.

L'esempio sopra descritto serve per capire che in un qualunque organismo, oltre alla necessità di "smontare" alcune sostanze complesse in altre più semplici da utilizzare come veri e propri mattoni da costruzione, la maggior parte dei processi catabolici serve per ottenere energia, sia per processi anabolici (sintesi), sia per compiere numerose attività che comportano "lavoro", a loro volta dovute a insiemi di processi catabolici e anabolici. Il tutto costituisce il metabolismo. Un organismo è quindi un sistema complesso che "vive" (funziona) grazie a migliaia di reazioni che comportano l'impiego di energia, gran parte della quale viene degradata in calore che, in parte, serve per mantenere la temperatura ottimale affinché tutti i processi possano svolgersi nelle migliori condizioni, ma in parte costituisce un surplus che potrebbe portare ad un

eccessivo riscaldamento e che pertanto deve essere dispersa (così come in una automobile occorrono dispositivi per evitare il surriscaldamento del motore).

Per garantire il completo ed efficiente svolgimento di tutti i processi del metabolismo occorre che il sistema organismo sia rifornito dell'energia necessaria, contenuta negli alimenti: “**fabbisogno energetico**” (oppure “*fabbisogno calorico giornaliero*”). Nel caso dell'uomo la quantità di energia per sostenere il normale metabolismo dipende dall'età, dal sesso e dal tipo di attività:

	<b>maschi</b>	<b>femmine</b>	dieta media giornaliera
giovane di 15 anni che studia e pratica sport	<b>2.900 kcal</b>	<b>2.300 kcal</b>	40 ÷ 50 g di proteine
adulto che pratica un lavoro poco faticoso (impiegato)	<b>2.400 kcal</b>	<b>2.100 kcal</b>	300 ÷ 350 g di zuccheri
adulto che pratica un lavoro mediamente faticoso (operaio)	<b>3.000 kcal</b>	<b>2.400 kcal</b>	50 ÷ 100 g di grassi
adulto che pratica un lavoro molto faticoso e/o che pratica molto sport	<b>3.800 kcal</b>	<b>3.000 kcal</b>	

Torniamo al sistema automobile. Il suo metabolismo si manifesta soltanto con il motore acceso; esso viene attivato al momento dell'accensione (messa in moto) e si arresta nel momento in cui si interrompe l'attività del motore (si dice, in un linguaggio poco ortodosso, si “spegne” l'auto). Inoltre non sempre con il motore in azione l'auto si muove; è possibile mantenere ferma l'automobile con il motore che gira a vuoto con la marcia inserita in folle; in tale situazione si consuma poca benzina, in quanto il motore gira al minimo (compie il minor numero di giri al minuto, quel tanto che basta per rimanere “acceso”) e soprattutto non deve muovere la massa dell'auto con i passeggeri e con l'eventuale bagaglio. Il metabolismo dell'auto significa combustione di benzina, cioè consumo energetico; quando l'auto è ferma con il motore “acceso” si utilizza l'espressione: “*metabolismo basale*”. Quando invece è in movimento il metabolismo è più intenso ed il consumo energetico è superiore, in misura tanto maggiore quanto più elevata è la velocità con la quale l'auto si muove. In sintesi per l'automobile valgono le seguenti tre situazioni:

1. auto ferma con il motore spento = **metabolismo zero**
2. auto ferma con il motore al minimo = **metabolismo basale**
3. auto in movimento = **metabolismo normale**

È possibile, per gli organismi, ragionare allo stesso modo? In realtà vi sono differenze sostanziali, alla base della stessa definizione di vita. In primo luogo il metabolismo di un sistema automobile può essere arrestato (quando si spegne il motore) e può essere nuovamente innescato (quando si avvia il motore): *metabolismo zero*. Ciò non è possibile per un organismo; per un vivente metabolismo zero significa la morte. A questo punto si potrebbe affermare che sarebbe più corretto paragonare un sistema organismo ad un sistema automobile con il motore sempre acceso, ma risulterebbe un'altra importante differenza. Il metabolismo basale di un'automobile costituisce una frazione relativamente piccola rispetto a quella normale; ciò significa che il consumo energetico (consumo di benzina) con il motore che gira al minimo è molto inferiore rispetto a quello necessario per far viaggiare l'auto alla modesta velocità di crociera di 80 km/ora. In un organismo invece il metabolismo basale costituisce la frazione principale di quello normale. Infatti il fabbisogno energetico medio giornaliero di un uomo adulto di 70 kg, in condizioni di assoluto riposo, è pari a circa 1.700 kcal. In altri termini di tutta l'energia necessaria ad un maschio, che svolge un lavoro da impiegato e che pratica poco sport (2.400 kcal; vedi lo schema precedente), circa il 70 % è quella necessaria per mantenere il corpo in vita e soltanto il 30 % viene impiegato per compiere le normali attività quotidiane.

Nella **scheda 9** avevamo sottolineato il seguente concetto: “*Un vivente è un sistema estremamente complesso. Perché tale sistema mantenga tutta la sua efficienza (cioè affinché sopravviva) occorre il massimo ordine all'interno di esso; nel caso invece tenda a prevalere il disordine, si verifica l'autodistruzione del sistema: la morte. Affinché sia mantenuto l'ordine (condizione essenziale per la funzionalità) occorre spendere energia, ottenibile dal processo di demolizione (combustione) del “carburante” costituito dagli zuccheri e dai grassi*”. Tanto maggiore è la complessità, tanto maggiore è l'energia necessaria per mantenerla e per garantire l'efficacia dei processi necessari per il buon funzionamento complessivo del sistema. Ciò spiega il motivo per cui gran parte del fabbisogno calorico va ad alimentare il metabolismo basale.