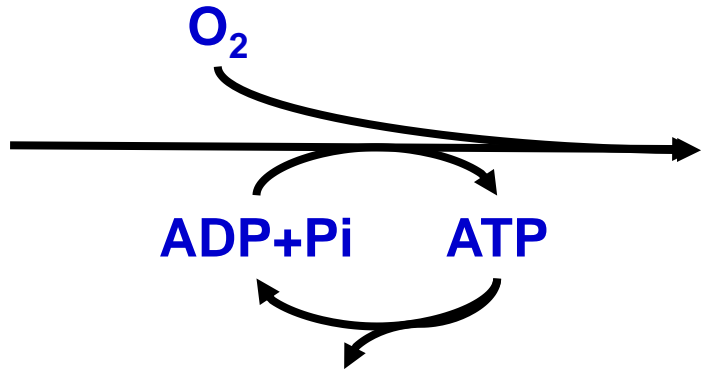


Uso dell'energia ATP-dipendente



- **Energia disponibile per**

- Lavoro biosintetico
- Lavoro di trasporto
- Lavoro osmotico
- Catabolismo
- Termoregolazione
- Cicli futili

- **Cataboliti**

- Anidride carbonica
- Acqua
- Urea
-

- ***Fabbisogno energetico effettivo***
(misurato con il metodo della **calorimetria diretta e/o indiretta**) =

potenziale energetico degli
alimenti ed effettivo dispendio
energetico dell'organismo

Joule: Unità di misure del lavoro

Calorie (cal): 1cal = energia necessaria ad accrescere da 14.5 a 15.5°C la Temp. di 1gr di acqua.

Kilocalorie (kcal): 1cal = energia necessaria ad accrescere da 14.5 a 15.5 °C la Temp. di 1l di acqua

1 Kj=0,2389 Kcal;

1 Kcal=4,182 Kj

Termodinamica

Prima legge

L'energia dell'universo (sistema chiuso) è costante e non si disperde ma si trasforma

Il corpo umano non è un sistema chiuso e scambia energia con l'ambiente.

L'energia ricavata dai cibi si disperde sotto forma di calore

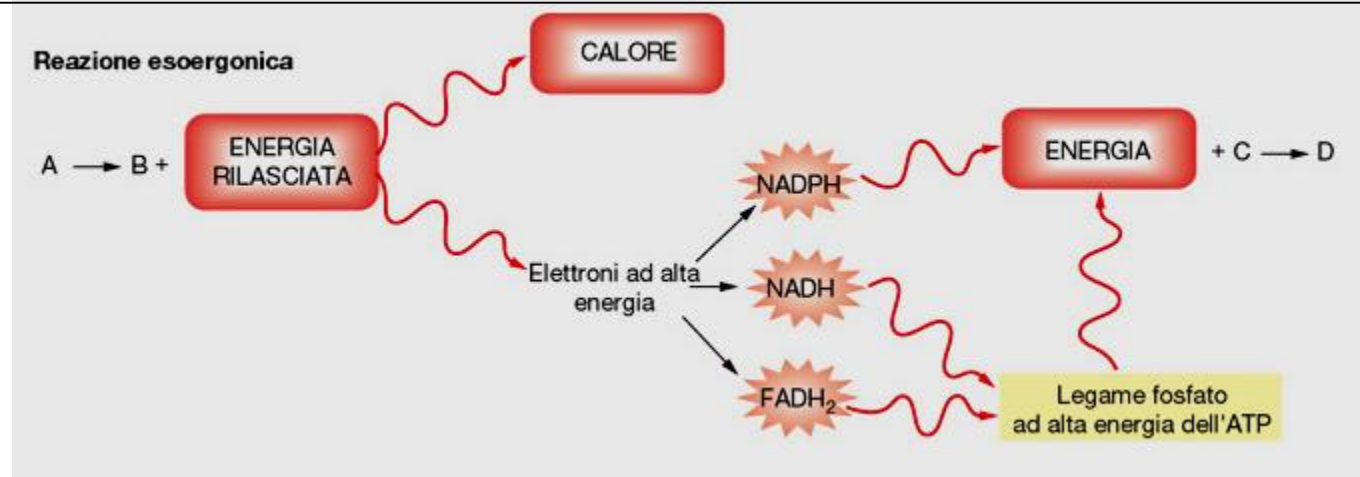
Seconda legge

I processi spontanei si svolgono da uno stato di ordine (non casualità) ad uno stato di casualità (entropia)

Nel corpo umano (sistema aperto) l'ordine richiede rifornimento di energia. Il disordine si ha quando il sistema perde energia verso l'esterno

I processi spontanei si realizzano da uno stato di ordine (non disordine) ad uno stato di disordine (entropia)

Mediante reazioni chimiche le cellule trasformano l'energia potenziale dei legami chimici in energia cinetica impiegata per la crescita, il mantenimento, la riproduzione, il movimento

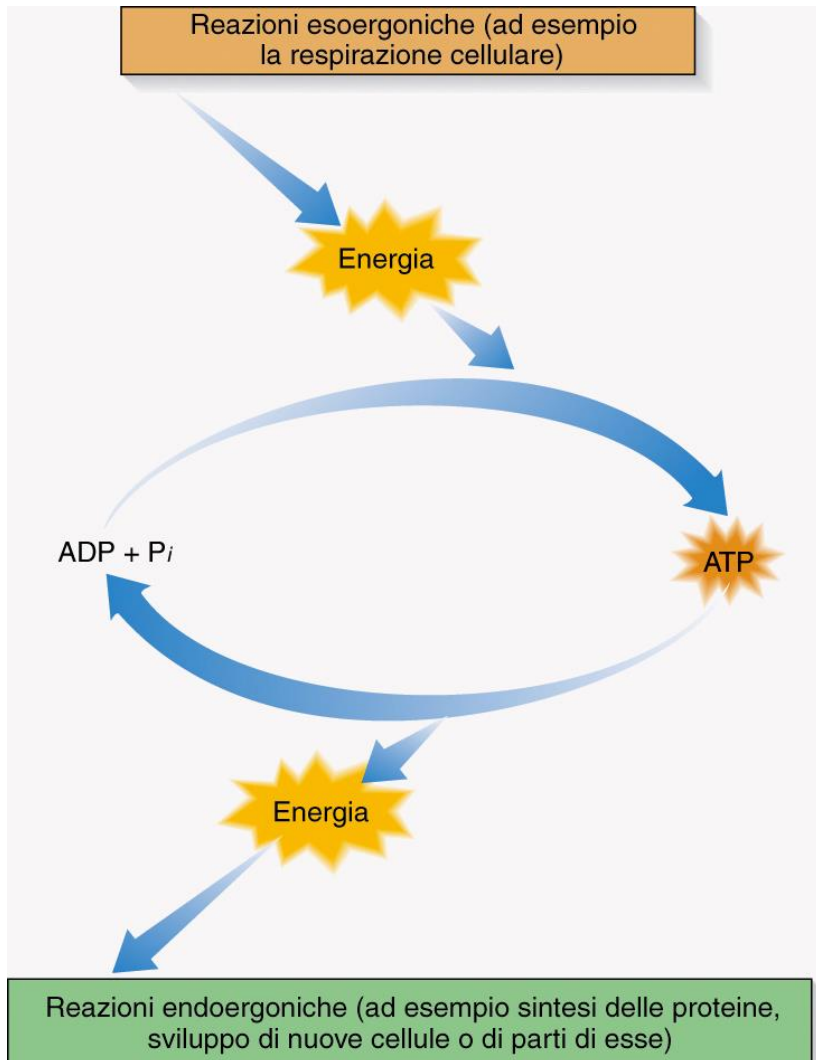


Energia delle reazioni chimiche

ΔG = energia libera (lavoro recuperabile a seguito della trasformazione)

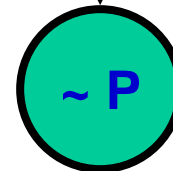
ΔG negativo (**esoergoniche; spontanee**)

ΔG positivo (**endoergoniche; non spontanee**)



Le reazioni esoergoniche producono legami ad alta energia che sono utilizzati per spingere le reazioni endoergoniche

Reazioni esoergoniche



Reazioni endoergoniche

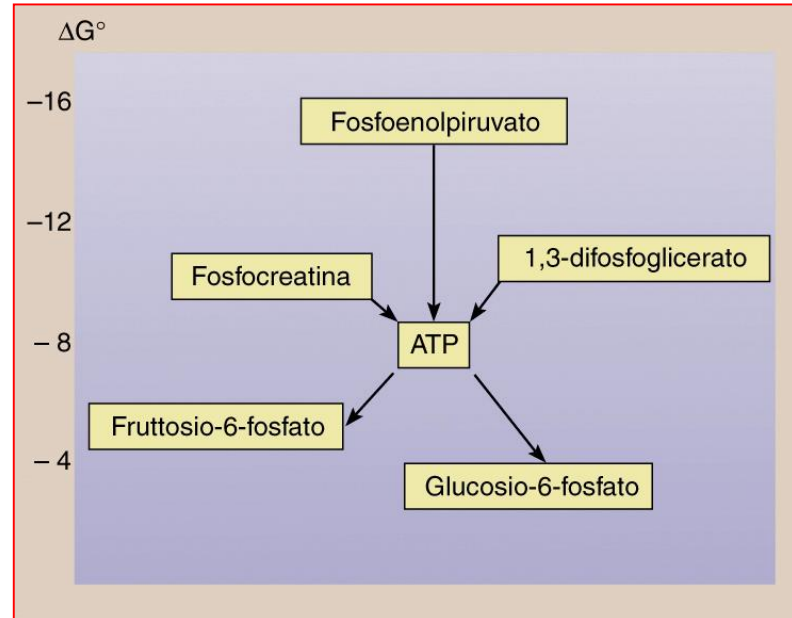
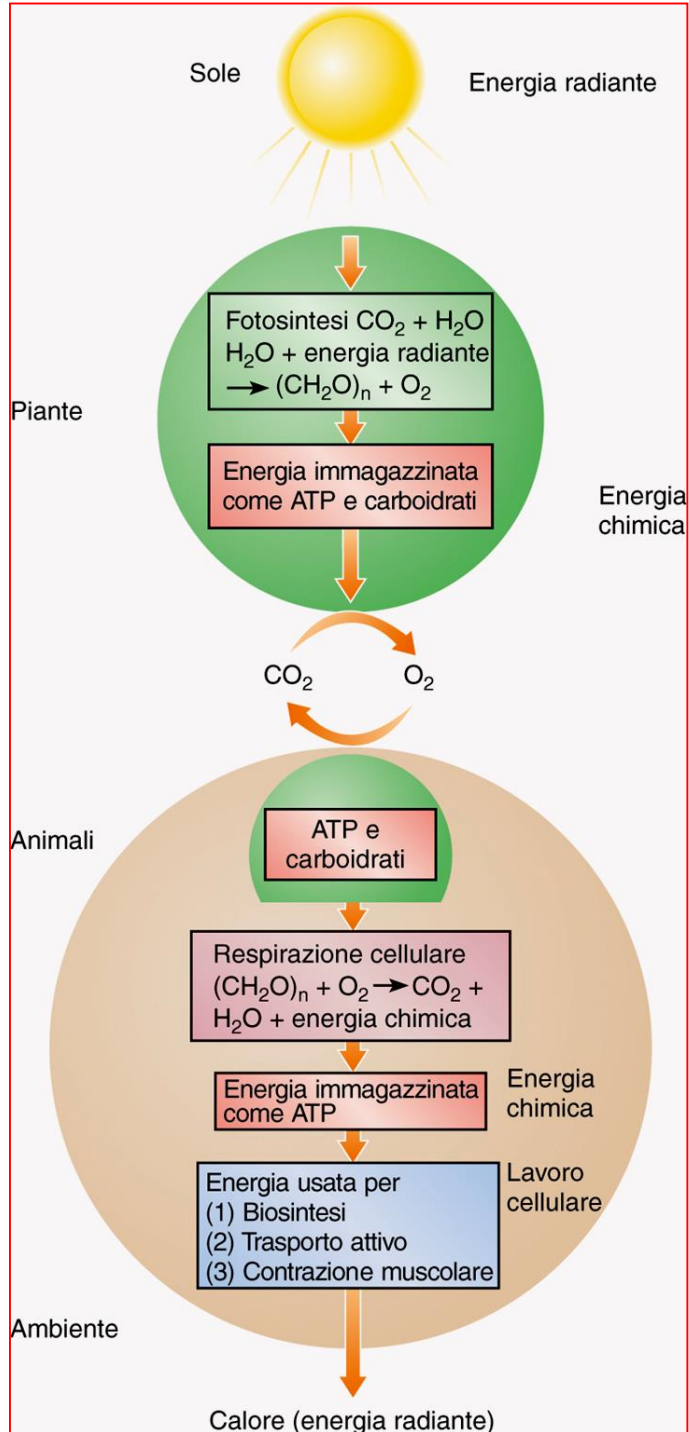
Sintesi

Contrazione muscolare

Trasporto

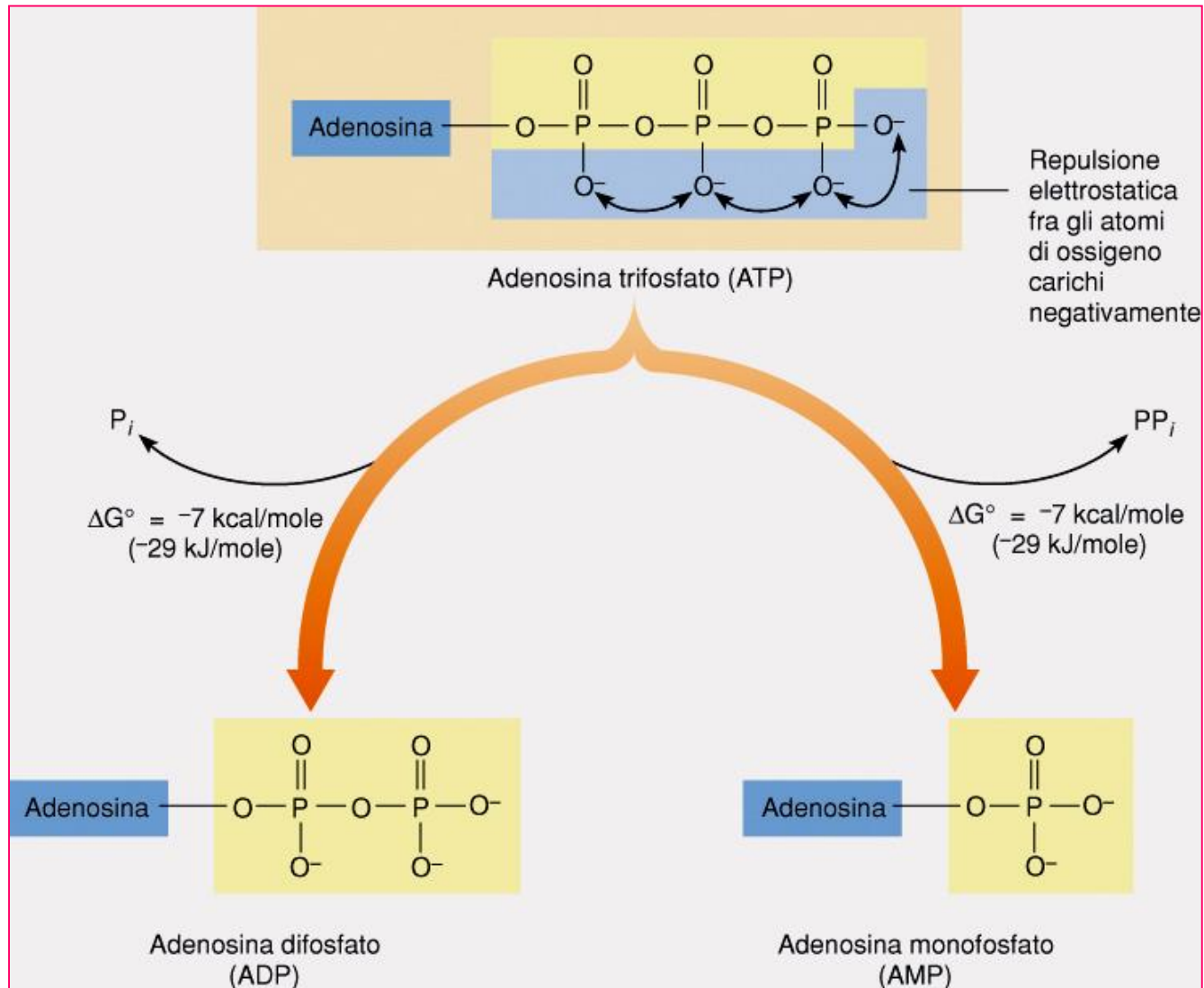
Attività nervosa

Energia nei sistemi viventi



I gruppi fosfato sono trasferiti da composti ad alta energia a composti a più bassa energia (vedi frecce)

Liberazione di energia



La perdita del gruppo fosfato riduce la repulsione elettrostatica fra i gruppi fosfato carichi negativamente dell'ATP

Bilancio energetico

La prima legge della termodinamica dice che
l'energia dell'Universo è costante

Legge di conservazione dell'energia e della massa

$$\text{Energia dell'organismo} = \text{energia introdotta} - \text{energia spesa}$$

nutrienti

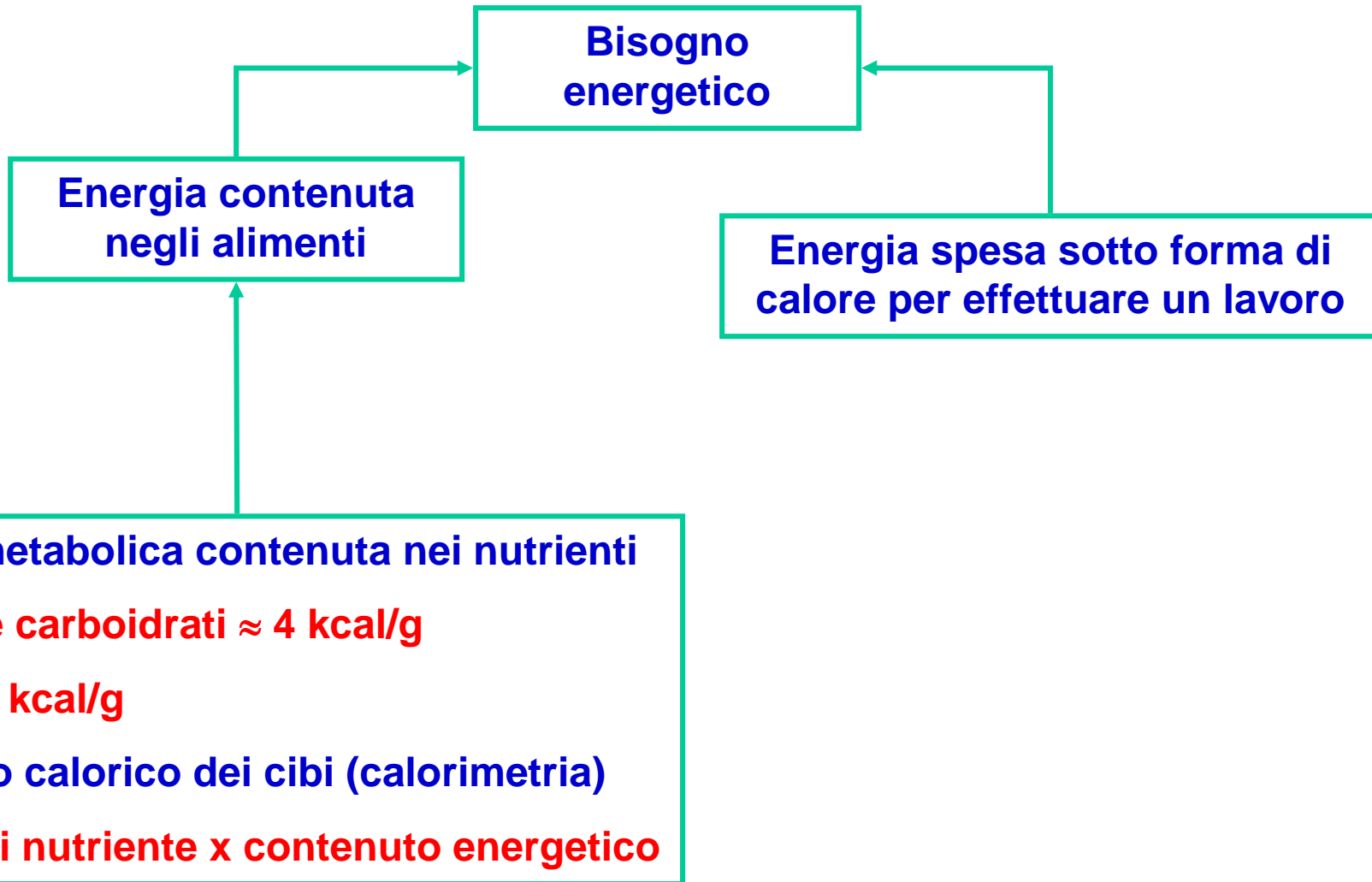
*Meccanismi comportamentali
e controllo nervoso*

Fuori dal controllo

lavoro + calore

- **Lavoro di trasporto** (spostare molecole attraverso la membrana per trasferirle tra i diversi compartimenti dell'organismo).
- **Lavoro meccanico** (lavoro esterno: contrazione muscolare, lavoro interno: movimenti citoscheletrici).
- **Lavoro chimico** (accumulo: riserva energetica a breve termine sotto forma di fosfati ad alta energia; riserva energetica a lungo termine sotto forma di legame chimico del glicogeno e dei lipidi).

Bisogno energetico del corpo umano



Metabolismo

Insieme delle reazioni chimiche altamente organizzate ed integrate e delle trasformazioni energetiche che avvengono in un organismo



insieme delle reazioni chimiche che avvengono nel nostro organismo dopo che il cibo è stato digerito e assorbito e determinano il destino dei nutrienti
(produzione energia? funzione plastica?)

Il consumo di ossigeno può essere usato per misurare il metabolismo

RICAMBIO E METABOLISMO MATERIALE DEI TESSUTI

PERENNI, STABILI, LABILI

RINNOVO MORFOLOGICO

RINNOVO MOLECOLARE

Stadi del metabolismo

Stato di sazietà (di assorbimento, o assimilativo)

Predominano le reazioni anaboliche e l'energia dei nutrienti è trasferita in composti ad alta energia o nei legami chimici molecolari

Stato di digiuno (di post-assorbimento, o post-assimilativo)

Predominano le reazioni cataboliche e l'energia dei legami molecolari è usata per compiere lavoro

Le biomolecole possono essere usate per

- Produrre energia**
- Sintetizzare nuove molecole necessarie a crescita e mantenimento dei tessuti**
- Accrescere i depositi. L'eccesso dei nutrienti è accumulato sotto forma di glicogeno e grasso (depositi utilizzabili nei momenti di digiuno)**

Misura del dispendio energetico

Misura diretta del calore rilasciato dall'organismo

Calorimetria diretta

L'energia consumata dal corpo si disperde come calore (perdite per evaporazione, radiazione, convezione, conduzione)

Misura indiretta dell'energia mediante valutazione dell'ossigeno utilizzato per ossidare i nutrienti

Calorimetria indiretta

L'organismo ricava energia dai substrati energetici contenuti negli alimenti in reazioni stechiometriche note (Misura del consumo di ossigeno e di produzione di CO_2 , misura delle proteine consumate come N escreto con l'urina).

Metodi non calorimetrici basati sulla relazione fra consumo di ossigeno e funzioni fisiologiche (es. il battito cardiaco)

Il lavoro fisico richiede una maggiore utilizzazione dell' O_2 da parte dei tessuti e questo si riflette in una maggiore frequenza cardiaca che viene convertita in dispendio energetico usando equazioni di conversione (Misura continua della frequenza cardiaca)

Quoziente respiratorio

Metabolismo aerobio: consumo O_2 , produzione CO_2

$CO_2:O_2$

**Quoziente respiratorio
(QR)**

QR varia con la dieta

Dieta di soli carboidrati: 1

Dieta di sole proteine: 0.8

Dieta di soli lipidi: 0.7

Metodi di misura:

Sacchi di Douglas

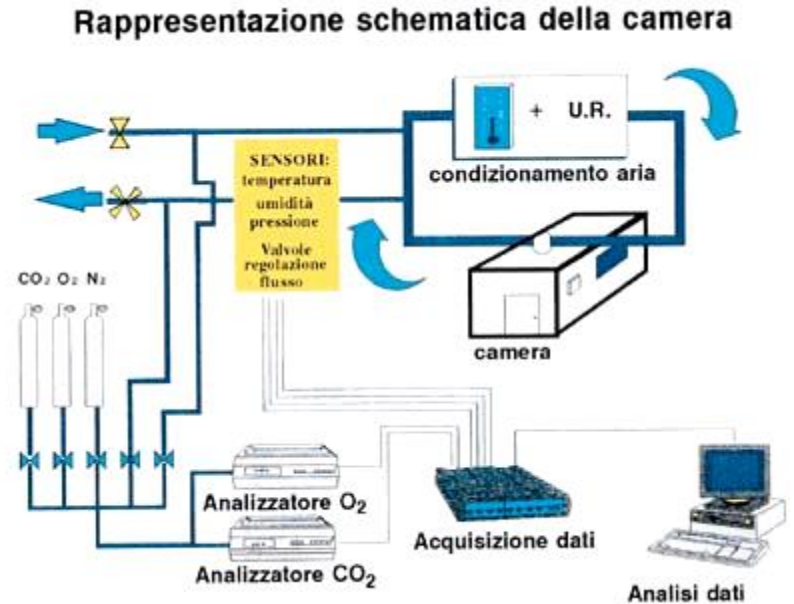
Respirometro di Kofranyi-Michaelis

Respirometro Oxylog



Varia in base a lipogenesi, gluconeogenesi, chetogenesi, accumulo o l'ossidazione di acido lattico, l'ipo- o iper-ventilazione.

Camera calorimetrica indiretta



Calcola il dispendio energetico valutando il consumo di ossigeno nel soggetto, cioè la quantità di ossigeno consumato per ogni chilocaloria di cibo metabolizzato.

Per i differenti alimenti

consumo di ossigeno = 1 litro di ossigeno per 4,5-5 kcal di energia

Corrisponde all'entità del metabolismo



Dispendio energetico in un uomo adulto

Attività	Durata (min)	Costo calorico (Kcal/min)	Totale (Kcal)
<i>Dormire</i>	480	1.12	538
<i>Cura della persona</i>	30	2.30	69
<i>Seduto inattivo</i>	30	1.8	97
<i>In piedi</i>	15	2	30
<i>Camminare</i>	15	3.9	59
<i>Jogging (11 km/h)</i>	30	15.5	465

Metabolismo basale (BMR)

Valore minimo del metabolismo di un individuo

- *Quantità di calorie utilizzate da un soggetto a digiuno da 12 ore, in riposo fisico e mentale, in neutralità termica ed a temperatura ambiente di 20° C.*
- Si determina con lo spirometro, che calcola il consumo di ossigeno in un'unità di tempo (10-15 minuti).
- *Indica la minima quantità di calore necessaria per le trasformazioni materiali ed energetiche, indispensabili per la vita dell'individuo in esame (espresso in Kcal o J/m² di superficie/h.*

VALORI

Uomo adulto (23-24 anni) = 40 kcal x m⁻² x h⁻¹

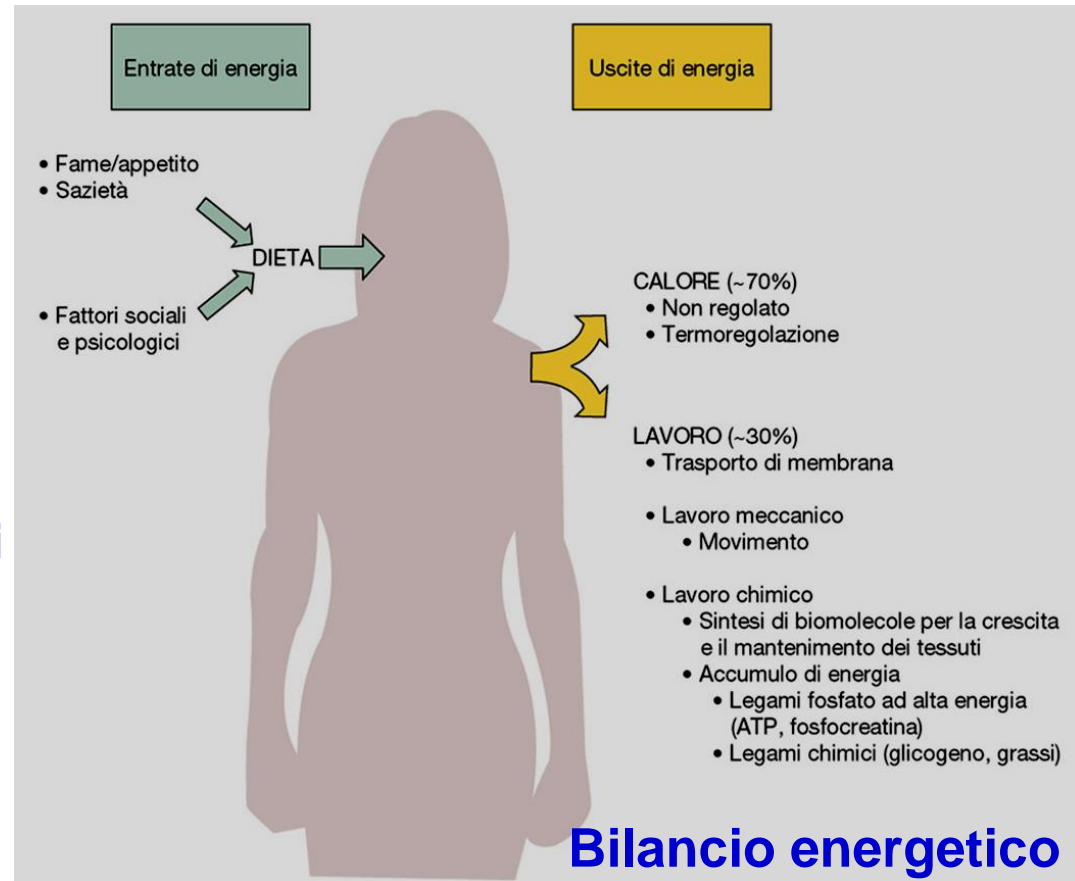
Donna adulta (23-24 anni) = 35-36 kcal x m⁻² x h⁻¹

Bambini (6 anni) = 53 kcal x m⁻² x h⁻¹

Valutazione del consumo energetico (metabolismo)

Fattori che influenzano il metabolismo:

- ▶ **Età e sesso;**
- ▶ **Razza;**
- ▶ **Clima;**
- ▶ **Percentuale di massa magra muscolare;**
- ▶ **Livello di attività fisica;**
- ▶ **Effetto della dieta (termogenesi alimentare);**
- ▶ **Effetto degli ormoni;**
- ▶ **Temperatura corporea.**

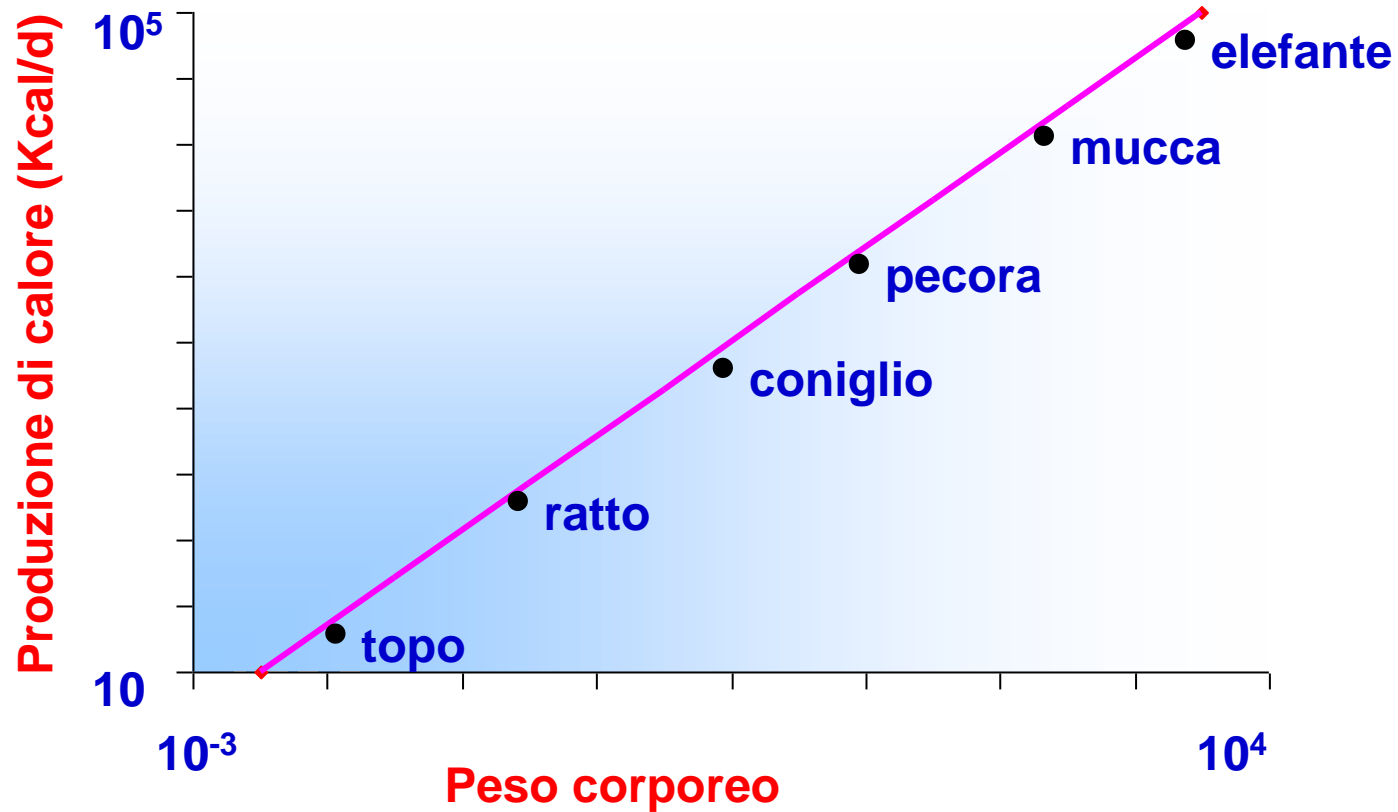


- **Dispendio energetico =**
metabolismo basale + termogenesi indotta dalla dieta + attività fisica

Fattori che influenzano il MB

1. **Età:** Con l'aumento dell'età il M.B. va progressivamente diminuendo. Il neonato ha un M.B. diverso dall'adulto: per unità di superficie, 54% meno dell'adulto; per unità di peso, invece, il 73% in più.
2. **Sesso:** nella donna è inferiore all'uomo.
3. **Razza:** ad es, australiani, cinesi, indiani e siriani hanno un M.B. più basso rispetto ai bianchi.
4. **Regime alimentare:** il MB diminuisce col digiuno mentre si accresce con l'iperalimentazione
5. **Clima:** il MB è basso nei paesi ad elevata temperatura media ambientale.
6. **Allenamento muscolare:** negli atleti e nei soggetti abituati a lavori pesanti si ha, in genere, un aumento del M.B. fino al 20%.
7. **Ormoni:** ad es., la somministrazione di ormone tiroideo al soggetto normale si accompagna con un aumento del M.B.
8. **Gravidanza:** fino al 6° mese di gestazione il M.B. non subisce modificazioni. Dopo tende ad aumentare per raggiungere un valore pari a Metabolismo materno + fetale.
9. **Temperatura corporea:** aumenti della temperatura corporea accompagnano notevoli variazioni del M.B.: per 1°C di aumento della temperatura corporea si ha un aumento del 13% del M.B.
10. **Azione dinamico-specifica degli alimenti (A.D.S.=aumento del consumo di ossigeno in conseguenza dell'alimentazione):** Il valore medio dell'incremento di M.B. per azione degli alimenti corrisponde a: +30% Protidi; +4% Lipidi; +6%Glicidi. In una reazione alimentare mista l'aumento del consumo di ossigeno corrisponde, in media, a +10%.

Rapporto MB/peso corporeo



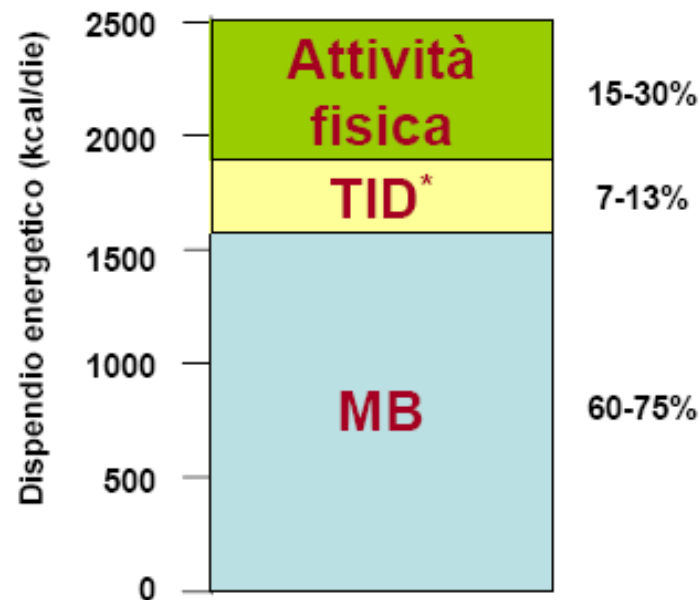
Il metabolismo energetico è correlato alla massa magra

Metabolismo energetico totale

La somma del metabolismo basale e della produzione di calore aggiuntiva dovuta alle condizioni non basali

E' determinato da: lavoro muscolare, azione dinamico-specifica degli alimenti, temperatura corporea ed ambientale.

E' influenzato da: digiuno, crescita



Componenti del dispendio energetico totale in un tipico soggetto adulto

* Termogenesi indotta dalla dieta

Concetti da focalizzare

Costo energetico totale (TEE) = metabolismo basale (BM) + effetto termico (TEA) + effetto calorico del cibo (TEF) + termogenesi adattativa (AT)

BM= energia spesa in processi interni durante un periodo di completo riposo in un ambiente a temperatura e condizioni controllate e almeno 12h dopo l'ultimo pasto. I tessuti metabolicamente più attivi a riposo sono quelli di *cuore, polmoni, cervello, fegato, reni*. Questi da soli contribuiscono al 50-60% del metabolismo basale.

TEA= **lavoro del muscolo scheletrico** durante attività fisiche (camminare, correre, salire le scale, etc) e nel mantenimento della posizione e della postura. Questo parametro influenza moltissimo l'aumento del metabolismo.

TEF= detto anche **azione dinamica specifica degli alimenti** è un aumento del metabolismo attribuibile a digestione, assorbimento, processamento e storage del cibo e dei suoi componenti.

AT= **variazione del metabolismo in funzione di variazioni della temperatura ambientale e dell'energia radiante**. Una diminuzione della temperatura ambientale determina un aumento di tutti i processi destinati a produrre e mantenere calore. Viceversa un aumento della temperatura ambientale.

Costo metabolico

Il costo totale di energia (costo metabolico) si aggira sulle 1500-3000 kcal ed è la somma di tutte le operazioni che rilasciano energia che avvengono nel corpo umano.

Tutte queste operazioni ricadono in tre gruppi principali:

- Trasporto di membrana
- Sintesi di molecole
- Lavoro meccanico

Il fabbisogno energetico

L'apporto di energia di origine alimentare necessario a compensare il dispendio energetico di individui che mantengono un livello di attività fisica sufficiente per partecipare attivamente alla vita sociale ed economica che abbiano dimensioni e composizione corporea compatibili con uno stato di salute a lungo termine

Nei bambini, in gravidanza, nell'allattamento deve tener conto delle richieste aggiuntive necessarie per l'accrescimento e la produzione di latte

Valutazione del fabbisogno energetico

Per una corretta valutazione serve conoscere

Peso, statura, età, sesso, stato fisiologico, tipo e entità dell'attività fisica svolta

*I fabbisogni vengono calcolati sulla stima dello stato della popolazione con **metodo conservativo** (le medie tengono conto della presenza di soggetti obesi o sotto peso) o con **metodo normativo** (le medie escludono i soggetti estremi e tendono a riportare i fabbisogni nella norma)*

Per gli **adulti** il peso desiderabile è pari a un indice di massa corporea (IBM) compreso fra 18,5 e 25 Kg/m²

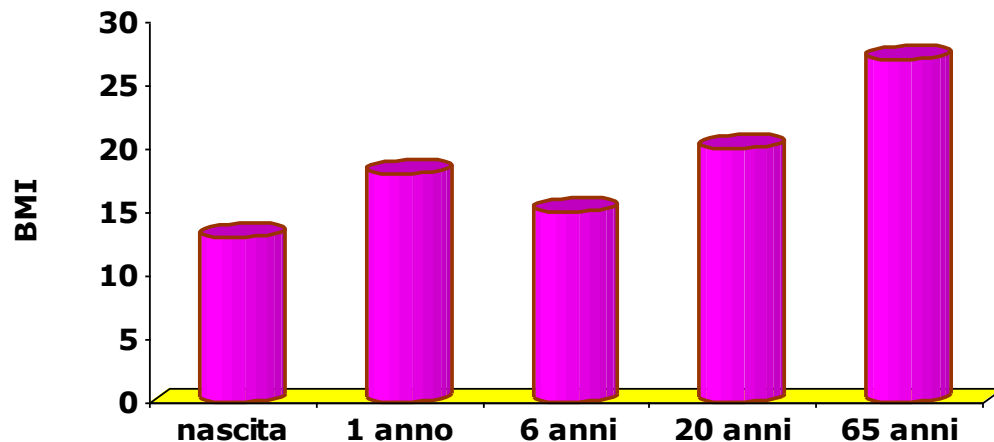
Per **bambini e adolescenti** il peso va calcolato tenendo conto dell'IBM riportato nelle tabelle di accrescimento

Composizione del corpo umano *in vivo*

Indice di massa corporea (BMI)

Rapporto tra peso (in Kg) e quadrato dell'altezza (in m²)

- È indipendente dalla statura e dal sesso e dovrebbe essere di circa 20-27 Kg m²
- *Varia con l'età ed è abbastanza correlato con la massa lipidica*



Classificazione del peso corporeo tramite BMI e % massa lipidica

BMI (Kg/m²)	Classificazione	% massa lipidica	
		maschi	femmine
18.5-25	Normale	13-21	23-31
25-30	Sovrappeso	21-25	31-37
30-35	Obeso	25-31	37-42
> 35	Gravemente obeso	>31	>42

Massa corporea lipidica e alipidica

Attività metabolica legata alla massa magra

Massa magra = organismo privo del tessuto adiposo

Massa alipidica = organismo privo dei lipidi contenuti non solo nel tessuto adiposo ma in tutti i tessuti dell'organismo. E' formata da **acqua, minerali, glicogeno e proteine**

Molti metodi consentono di calcolare la composizione della massa corporea

- **Densità**: principio di Archimede (l'individuo è pesato sott'acqua; stima contemporaneamente la massa lipidica e alipidica)
- **Bilancio metabolico** (stima i cambiamenti della composizione corporea)
- **Plicometria e circonferenze** (stima diretta della massa lipidica e alipidica)
- **TAC** (stima la dimensione di organi e osso, la distribuzione del grasso)
- **Risonanza magnetica nucleare** (stima la dimensione di organi, muscolo e grasso)
- **Escrezione di creatinina** (stima la massa muscolare)

I vari metodi danno risultati variabili in base a condizioni fisiche (es. età, attività fisica, etc) e/o ambientali

La persona di riferimento

Persona di riferimento	Neonato	Maschio, 10 anni	Femmina, 10 anni	Uomo adulto	Donna adulta
Peso (kg)	3.4	31	32	72	58
Massa alipidica (kg)	2.9	27	26	61	42
Grasso (%)	14	13	19	15	28

Grasso



Massa alipidica ↑

Sovralimentazione, obesità, gravidanza, pubertà (F)

Androgeni, ormone della crescita, esercizio fisico, pubertà (M)

Stato stazionario

Invecchiamento, danni neurologici, riposo a letto

Anoressia, sottanutrizione, malnutrizione, ibernazione (animali che ne sono capaci)

Rapporto tra massa corporea lipidica e alipidica in alcune situazioni

Termogenesi indotta dalla dieta

Detta anche **azione dinamico-specifica degli alimenti**

È causata dal maggiore consumo di energia conseguente all'ingestione del cibo

Ammonta a circa il 10% della spesa energetica totale

Dipende dal tipo di cibo ingerito e dalle abitudini alimentari:

5-10% carboidrati

10-35% proteine (*alti costi metabolici: rimozione dell'azoto, sintesi di urea, gluconeogenesi...*)

2-5% grassi

Una **quota obbligatoria** è legata ad assorbimento, trasporto e sintesi di glucidi, lipidi e proteine

Una **quota facoltativa** è legata all'attività del Sistema Nervoso Simpatico

Dopo un pasto è più alta per 4-8 ore

Es: il costo per convertire il glucosio a glicogeno è circa il 5% del contenuto energetico del glucosio

Per convertire il glucosio a lipidi è il 24% del contenuto energetico del glucosio

Termogenesi indotta dall'attività fisica

Attività	Equivalenti metabolici	$\Delta\text{LAF}/10$ min
Attività di tutti i giorni		
Faccende domestiche	4.4	0.032
Attività leggere da seduti	1.5	0.005
Stare sdraiati	1.0	0
Spazzare	3.5	0.024
Blande		
Suonare il piano	2.3	0.012
Giocare a biliardo	2.4	0.013
Camminare lentamente	2.5	0.014
Moderate		
Nuotare lentamente	4.5	0.03
Andare in bicicletta (piano)	3.5	0.024
Camminare	4.5	0.033
Vigorese		
Tagliare la legna	4.9	0.037
Saltare la corda	12.0	0.105
Nuotare	7.0	0.057
Sciare	6.8	0.055

LAF = rapporto fra consumo energetico totale e basale

LAF

Sedentari $1.0 \div 1.4$

Scarsa attività fisica $1.4 \div 1.6$

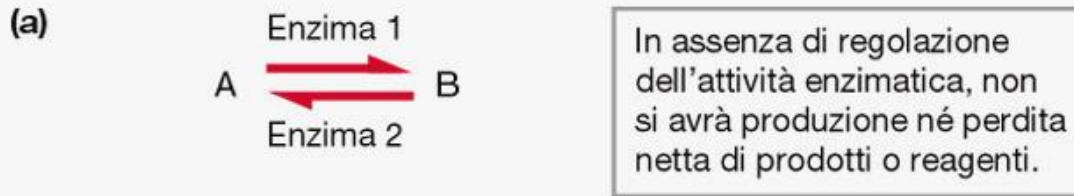
Attivi $1.6 \div 1.9$

Molto attivi $1.9 \div 2.5$

Intensità e influenza di alcune attività fisiche sul livello di attività fisica (LAF) in adulti

Gli equivalenti metabolici si calcolano in base al consumo di ossigeno

Controllo del metabolismo



Gli ormoni regolano le vie metaboliche controllando il flusso di nutrienti (es. regolazione dell'attività enzimatica)

Nello stato di sazietà (stato anabolico) i nutrienti sono usati per scopo plastico o per produrre energia da usare immediatamente o da immagazzinare

Effetto push-pull

Esempio: insulina/glucagone

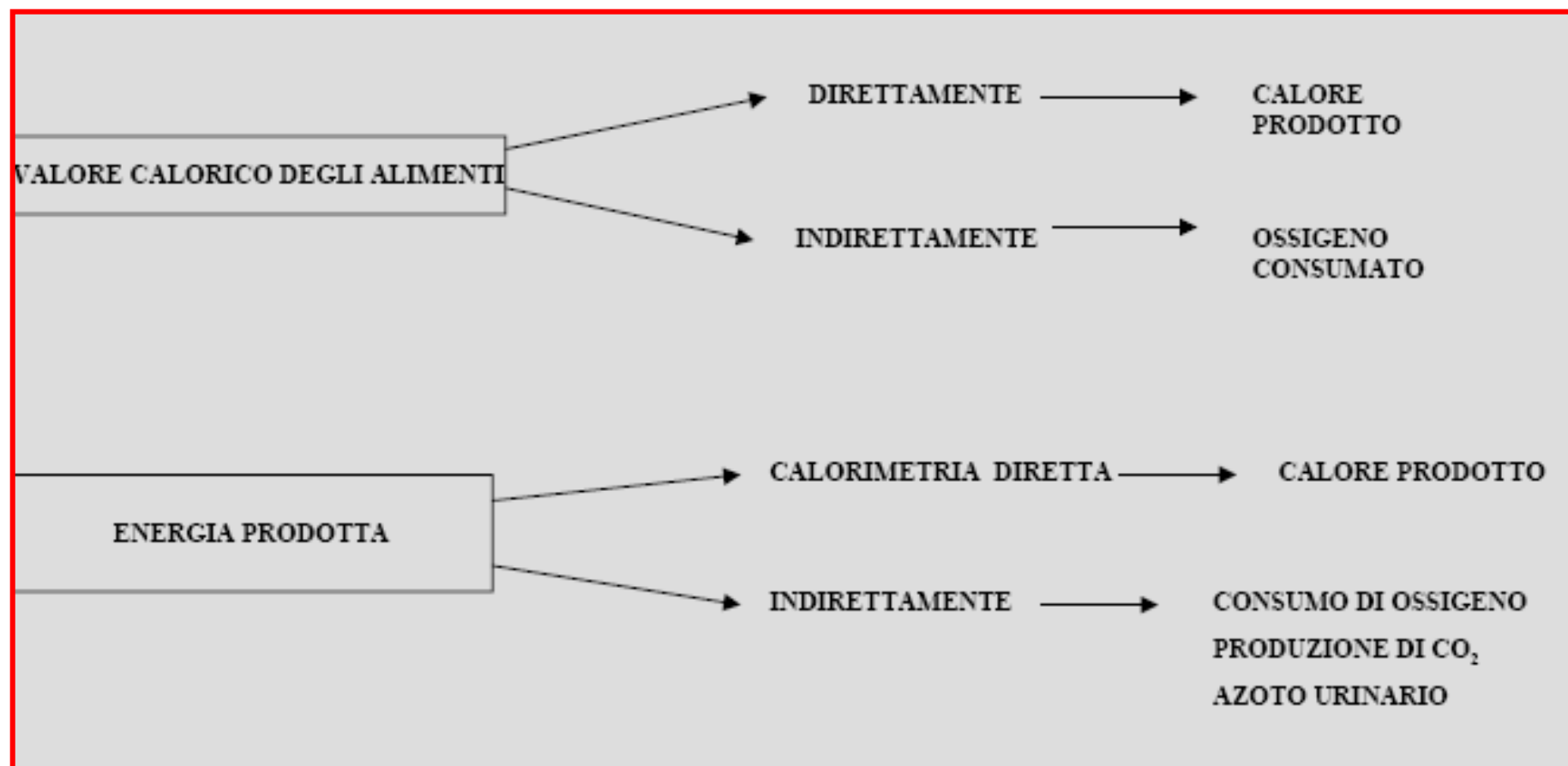
Nello stato post-assimilativo predomina il catabolismo

Da cosa organi e tessuti ricavano l'energia?

Tessuto o tipo cellulare	Substrato energetico
Eritrociti	Glucosio
Epatociti	Glucosio, acidi grassi, aminoacidi, lattato, fruttosio, galattosio, etanolo
Muscolo scheletrico	Glucosio, acidi grassi, certi aa, corpi chetonici, fruttosio
Muscolo cardiaco	Glucosio, acidi grassi, certi aa, corpi chetonici, lattato
Muscolo liscio	Glucosio
Tratto GI	Glucosio (principale), certi aa (specie glutamina)
Retina	Glucosio
Reni	Glucosio (principale), lattato, glicerolo, corpi chetonici
CNS	Glucosio
Tessuto adiposo	Glucosio, acidi grassi, fruttosio

17

Organi	Percentuale di peso corporeo	Dispendio calorico
Fegato, cervello, cuore, reni	6	60%
Muscolatura scheletrica	40	16%



Ripartizioni componenti massa corporea alipidica

