



**Alimentazione e nutrizione
umana I**
Nutrizione umana

Prof. Edgardo Canducci

2018-19



Nutrizione umana

Prof. Edgardo Canducci

Sezione di Medicina Interna e cardiovascolare

Area formazione e Corsi di Laurea-Settore 15 C/so Giovecca, 203 -FERRARA

Tel 0532 455995 e-mail: edgardo.canducci@unife.it

Testi consigliati

Fidanza F. (1998), *Alimentazione e nutrizione umana*, volumi I - II - III - IV, Gnocchi Editore, Idelson, Napoli.

Mariani Costantini A., Cannella C., Tomassi G. (2006), *Alimentazione e nutrizione umana*, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma.



Programma

Nutrizione umana

Principi nutritivi: definizione, classificazione e funzione;

Bisogni nutritivi. Definizione, classificazione e funzione;

Valore energetico dei nutrienti; Dieta equilibrata; isodinamia;

Bioenergetica. Dispendio energetico: di base e d'attività. Valutazione del dispendio energetico: calorimetria diretta e indiretta.

Funzione dei nutrienti energetici nella dieta, aspetti quantitativi e qualitativi: glucidi, lipidi, proteine;

Ruolo nella dieta delle vitamine, cenni sui minerali e sull'acqua;

Alimentazione umana

Alimenti: ruolo nella dieta degli italiani dei cereali, delle leguminose secche, delle verdure e degli ortaggi, delle frutta, del latte e derivati, delle carni, dei prodotti della pesca, delle uova;



Programma

Bevande alcoliche: azioni positive e danni da abuso;

Grassi da condimento;

Nervini;

Cenni di produzione, trasformazione e conservazione degli alimenti;

Stato di nutrizione

Cenni sull'impostazione e la stesura di un regime dietetico per individui in condizioni fisiologiche;

Livelli di assunzione raccomandati di nutrienti (LARN, RDA);

Caratteristiche della dieta corretta.



Principi nutritivi

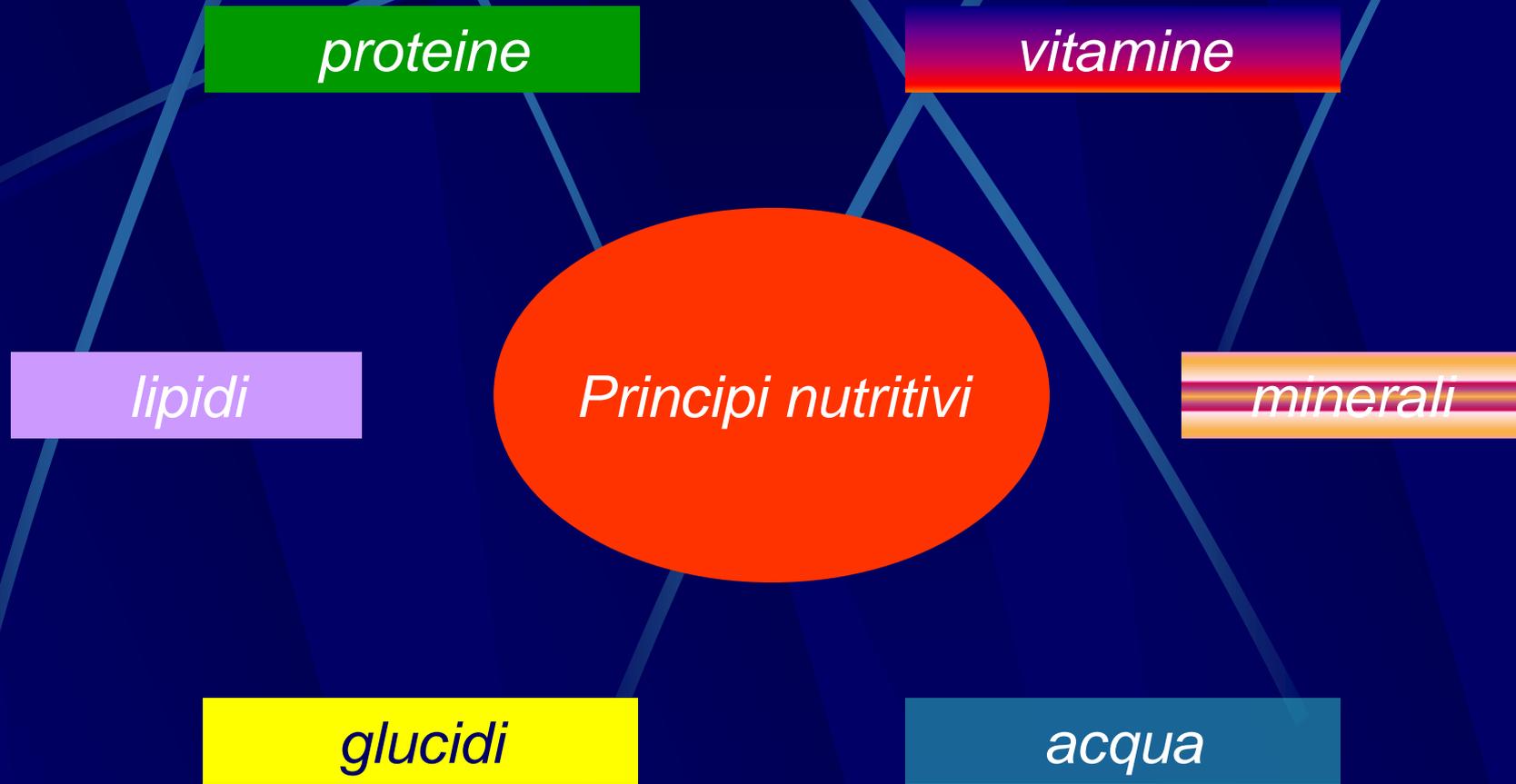
Gli **organismi viventi** presentano una stretta **affinità strutturale**: sono infatti costituiti dagli stessi elementi chimici che formano composti organici (glucidi, lipidi, proteine e vitamine) e inorganici (acqua, minerali, ecc.).

Questi composti nei diversi organismi viventi, quindi anche nell'uomo, si trovano in uno stato di **equilibrio dinamico**, sono cioè **rinnovati in continuazione in virtù degli incessanti scambi con l'ambiente esterno**.

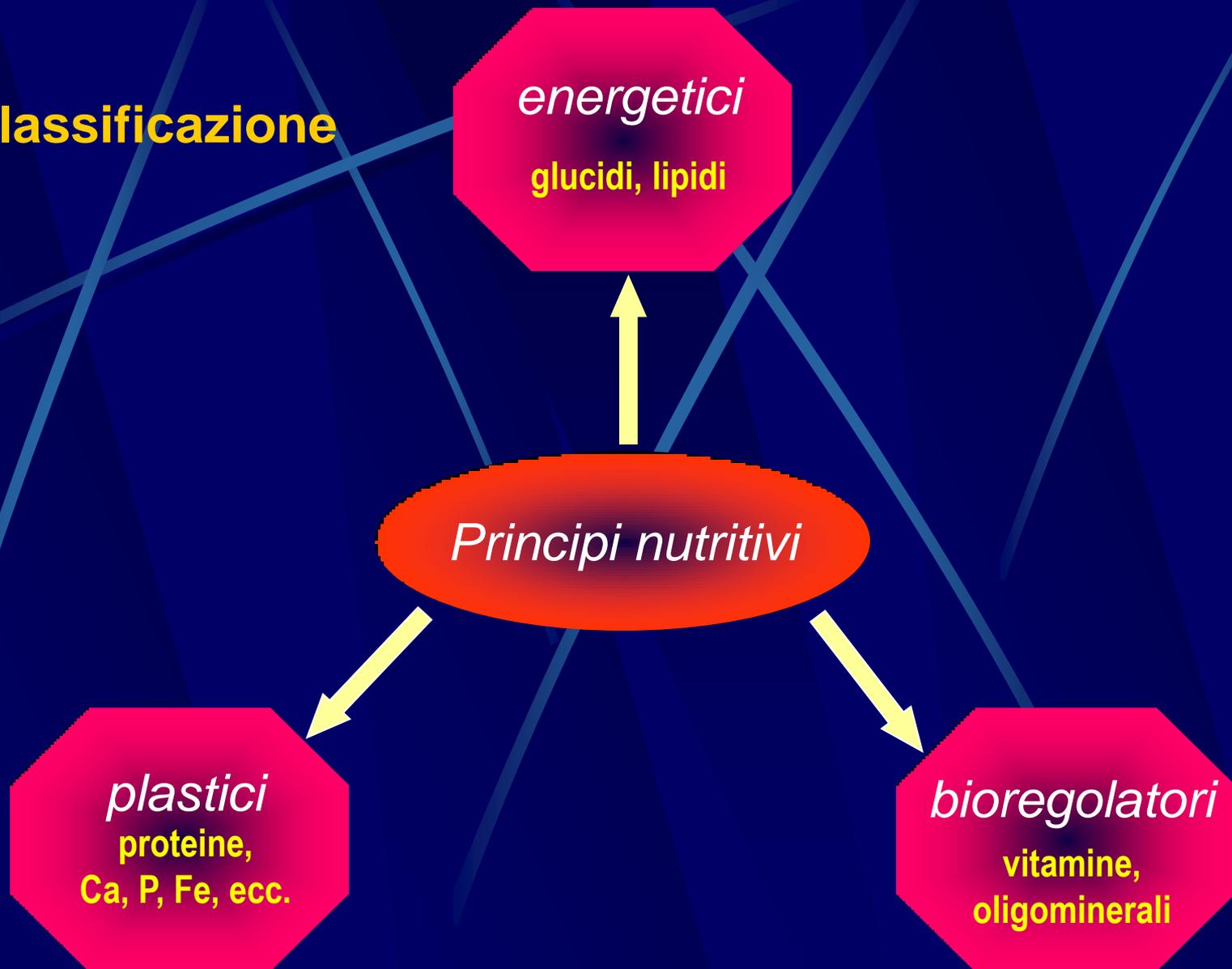
Gli organismi **autotrofi** e quelli **eterotrofi** pur soddisfacendo questa necessità in modo diverso hanno in comune l'esigenza di dover apportare in continuazione **energia** e **materia** dall'esterno.

Sono, pertanto, definiti **principi nutritivi o nutrienti i composti organici e inorganici che costituiscono gli organismi viventi e che essi usano come fonte energetica e per consentire il regolare svolgimento delle reazioni metaboliche**.





Classificazione



La suddetta classificazione valida da un punto di vista didattico è, come tutte le suddivisioni, troppo semplicistica e non tiene conto di una serie di funzioni complesse e correlate che i nutrienti svolgono.



Bisogni nutritivi

Gli **organismi viventi** per svolgere le **funzioni vitali** devono assumere continuamente composti chimici, che nell'organismo subiscono una serie ordinata di trasformazioni definite **reazioni metaboliche**.

La vita e la capacità di svolgere lavoro degli organismi viventi dipende, perciò, dall'assunzione di una quantità di **energia** e di **materia** in grado di soddisfare le esigenze fisiologiche, comunemente indicate come **bisogni nutritivi**.

Per **bisogni nutritivi** si intende la **necessità da parte degli organismi viventi di disporre in continuazione di quantità sufficienti di nutrienti (sostanze organiche e inorganiche) per garantire e regolare le reazioni metaboliche che consentono il massimo accrescimento in relazione alle caratteristiche genetiche individuali, il rinnovo delle strutture usurate, la riproduzione e l'attività nell'ambiente.**



Classificazione

Bisogni nutritivi

energetici

materiali



Bisogni energetici

Gli organismi viventi per fronteggiare i loro bisogni energetici ricavano energia da fonti diverse a seconda che siano:

autotrofi

energia radiante

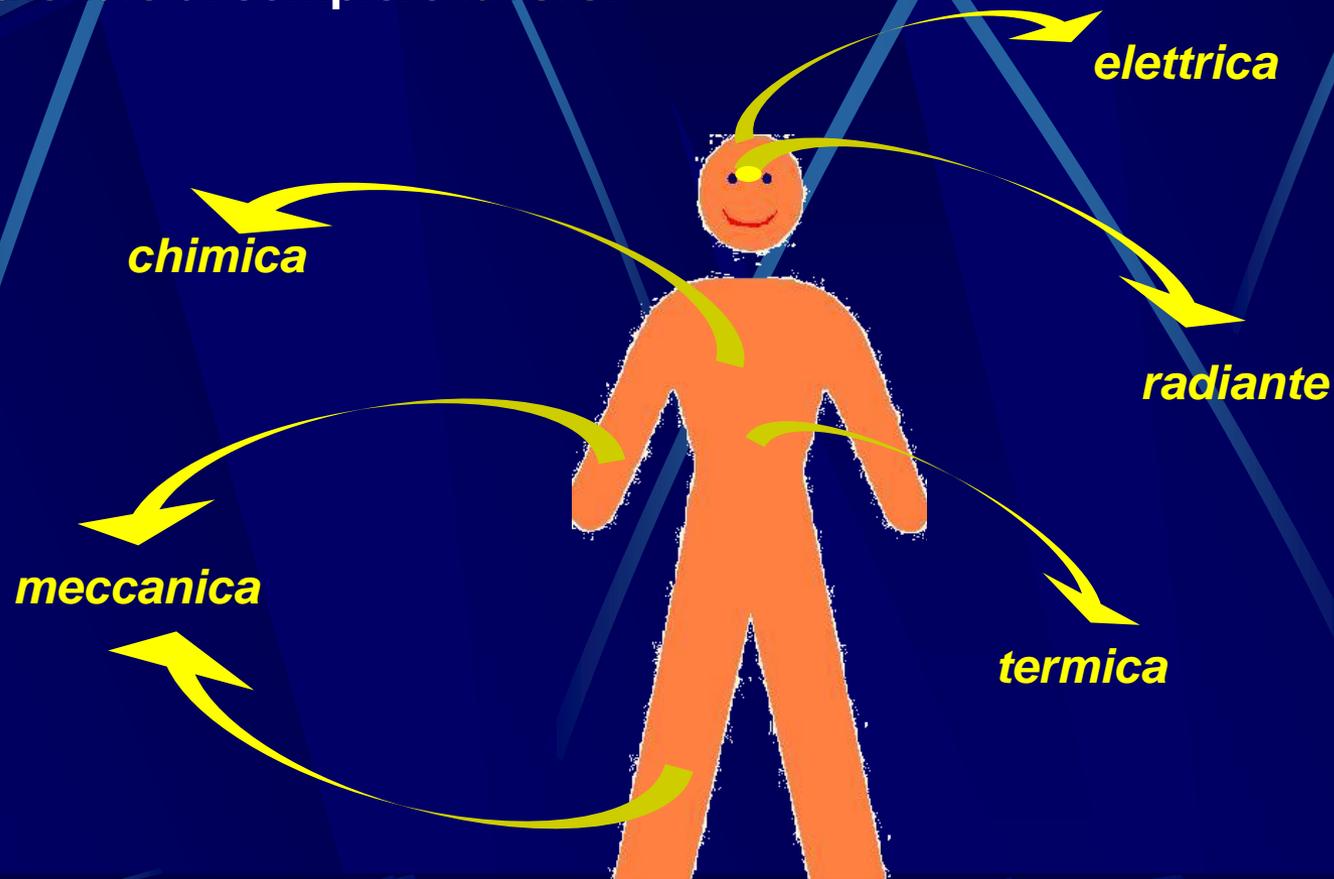
eterotrofi

energia chimica di legame



Bisogni energetici

Dalla fisica si sa che l'**energia** è definita: la capacità di un **sistema materiale** di compiere **lavoro**.



Bisogni energetici

Gli **organismi eterotrofi** possono essere considerati dei **sistemi materiali** che assumono dall'esterno **sostanze chimiche complesse**, producono **lavoro** e restituiscono all'ambiente **sostanze più semplici**, e **calore**.

Gli **organismi viventi** pertanto si comportano come **macchine** poiché sono in grado di trasformare una **forma di energia in un'altra**.



Bisogni energetici

Valgono, perciò, anche per gli organismi viventi i **due principi della termodinamica**.

Il primo principio della termodinamica (**legge di conservazione dell'energia**).

In un processo ciclico le quantità di calore e di lavoro scambiate tra sistema e ambiente, prese ognuna con il segno convenuto, sono uguali.

L'energia non si crea e non si distrugge (primo principio della termodinamica).

È impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia il passaggio di calore da un corpo a una certa temperatura a un altro avente temperatura maggiore del primo (secondo principio della termodinamica).



Bisogni energetici

Gli *organismi viventi* sono in grado di trasformare l'*energia chimica* degli alimenti in *lavoro meccanico* con un *rendimento* non inferiore al **25%**, si deve - perciò - presumere che essi, al contrario delle macchine termiche, alle quali sono spesso a torto equiparati, abbiano la capacità di *trasformare direttamente l'energia chimica in meccanica*.

Se così non fosse la *temperatura corporea* anziché **37°C** dovrebbe aggirarsi intorno a **110°C**, vale a dire a un livello incompatibile con la vita.



Bisogni energetici

Una **macchina termica** può **trasformare energia** in **lavoro** secondo la formula:

$$\rho = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

- T_2 = temperatura assoluta della sorgente di calore
- T_1 = temperatura assoluta del refrigerante

$$T_2 = \frac{T_1}{1 - \rho} = \frac{273,2 + 15}{1 - 0,25} = 384,2 \text{ °K} = 111,0 \text{ °C}$$



Bisogni energetici

Organismo umano come *sistema adiabatico* o *isolato*



Organismo umano come *sistema aperto*



Bisogni energetici

I **nutrizionisti** hanno ritenuto di esprimere l'**energia** in unità termiche e più precisamente in **chilocalorie (kcal)**.

La kcal è definita come la quantità di calore necessaria a innalzare di un grado centigrado, da 14,5°C a 15,5°C, la massa di un kg d'acqua.

Nel **1969** il Comitato per la nomenclatura della **International Union of Nutritional Sciences** ha raccomandato l'adozione del **joule (j)** in sostituzione della **caloria (cal)** come **unità di energia**.

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 0,239 \text{ cal}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 0,239 \text{ kcal}$$

$$1000 \text{ kcal} = 4184 \text{ kJ} = 4,184 \text{ MJ}$$

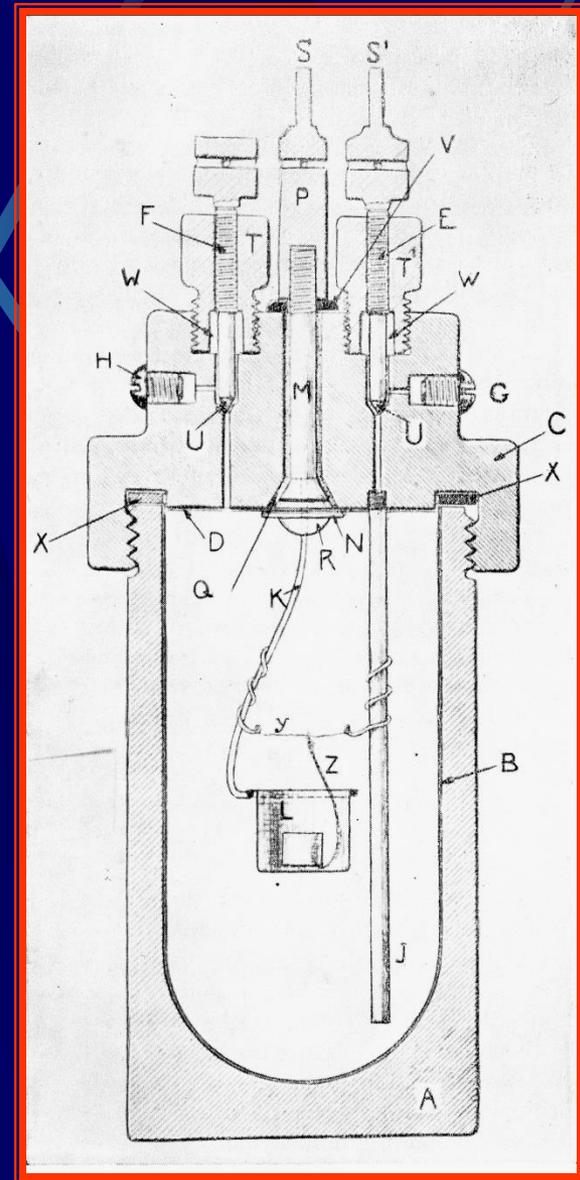
$$1 \text{ MJ} = 239 \text{ kcal}$$



Valore energetico dei nutrienti

Bomba calorimetrica di Berthelot.

La combustione istantanea e totale di **glucidi**, **lipidi**, **proteine** e **alcol** permette la trasformazione dell'energia chimica di legame in **calore di combustione**.



Valore energetico dei nutrienti

Il **calore di combustione fisico** ottenuto ossidando un grammo di ciascun nutriente nella bomba calorimetrica è per:

glucidi 4,1 kcal/g

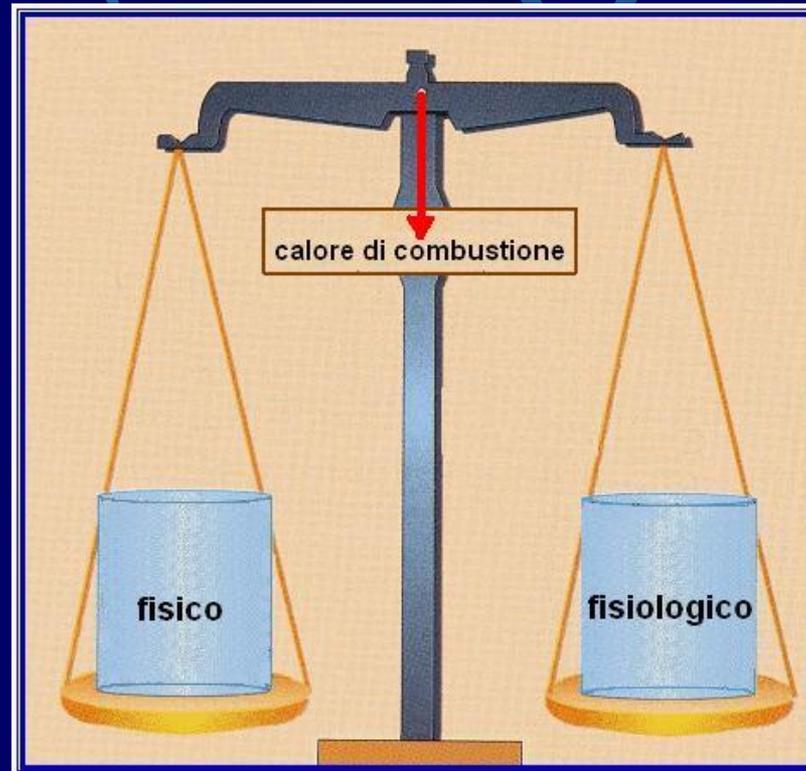
lipidi 9,3 kcal/g

proteine 5,65 kcal/g

alcol 7,1 kcal/g



Valore energetico dei nutrienti



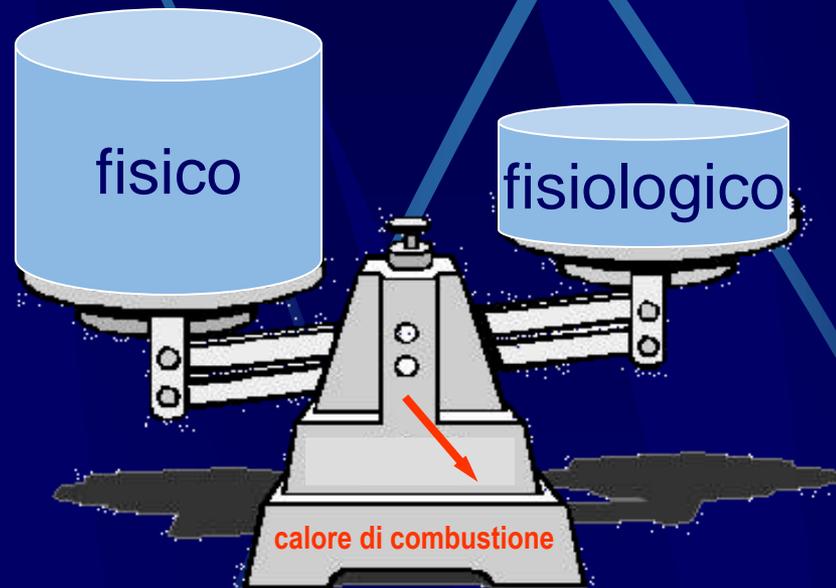
glucidi

lipidi

alcol



Valore energetico dei nutrienti



proteine



Valore energetico dei nutrienti

Ossidazione delle proteine

Bomba calorimetrica
 CO_2 ; H_2O ; HNO_3 ; H_2SO_4

Organismo umano
 CO_2 ; H_2O ; urea; acido urico; ecc.

Ossidazione dell'urea

Bomba calorimetrica
1,25 kcal/g

Calore di combustione fisiologico delle proteine

$$5,65 - 1,25 = 4,4 \text{ kcal/g}$$



Valore energetico dei nutrienti

Assorbimento dei nutrienti in un individuo sano che osserva un regime alimentare misto

glucidi = 98%

lipidi = 97%

proteine = 91%

L'energia disponibile per grammo di singolo nutriente si ottiene:

glucidi $4,1 \times 98/100 = 4,0 \text{ kcal/g}$

lipidi $9,3 \times 97/100 = 9,0 \text{ kcal/g}$

proteine $4,4 \times 91/100 = 4,0 \text{ kcal/g}$



Bisogni materiali

I **bisogni energetici** potrebbero essere soddisfatti da un singolo nutriente.

La legge dell'**isodinamia** formulata da **Rubner** stabilisce che i glucidi, i lipidi e le proteine possono sostituirsi l'uno all'altro solo entro limiti ben precisi.

	glucidi	lipidi	proteine
glucidi g 1 =	1,00	0,44	0,93
lipidi g 1 =	2,27	1,00	2,11
proteine g 1 =	1,07	0,47	1,00



Bisogni materiali



lipidi

glucidi



Bisogni materiali



proteine



Qui giace



per mancanza di ...



Bisogni materiali



proteine

glucidi



Qui giace



per mancanza di ...



Bisogni materiali



proteine

lipidi



Bisogni materiali



proteine

proteine

glucidi

proteine

lipidi



Qui giace



per mancanza di ...



Bioenergetica

Per mantenere l'*omeostasi delle funzioni fisiologiche* nelle diverse condizioni di attività, il corpo umano necessita in continuazione di *energia* proveniente dall'*ossidazione* dei substrati energetici (glucidi, lipidi, proteine).

La via più naturale per liberare energia chimica da un substrato consiste nella sua *ossidazione completa* a CO_2 e H_2O .

L'*energia* prodotta sarà poi utilizzata per:

- la *biosintesi* di *macromolecole* (glicogeno, trigliceridi, proteine, ecc.);
- la *contrazione muscolare*, durante l'esercizio fisico;
- *mantenere* i *gradienti chimici* ed *elettrochimici* attraverso le membrane cellulari.



Bioenergetica

Dal 1985 la misura del **dispendio energetico** rappresenta l'approccio per la definizione del **bisogno energetico**, per stabilire l'adeguatezza dei consumi alimentari e la pianificazione degli stessi nei diversi gruppi di popolazione.

Il principio base della **bioenergetica** umana può essere espresso semplicemente dalla relazione:

Apporto energetico = dispendio energetico + variazioni riserve

In uno **stato** di **equilibrio**, l'**energia spesa** da un organismo deve essere sostituita da una quantità di energia equivalente introdotta con gli alimenti, perciò è una diretta indicazione del **bisogno energetico**.



Dispendio energetico nell'adulto

Kcal/die

2500

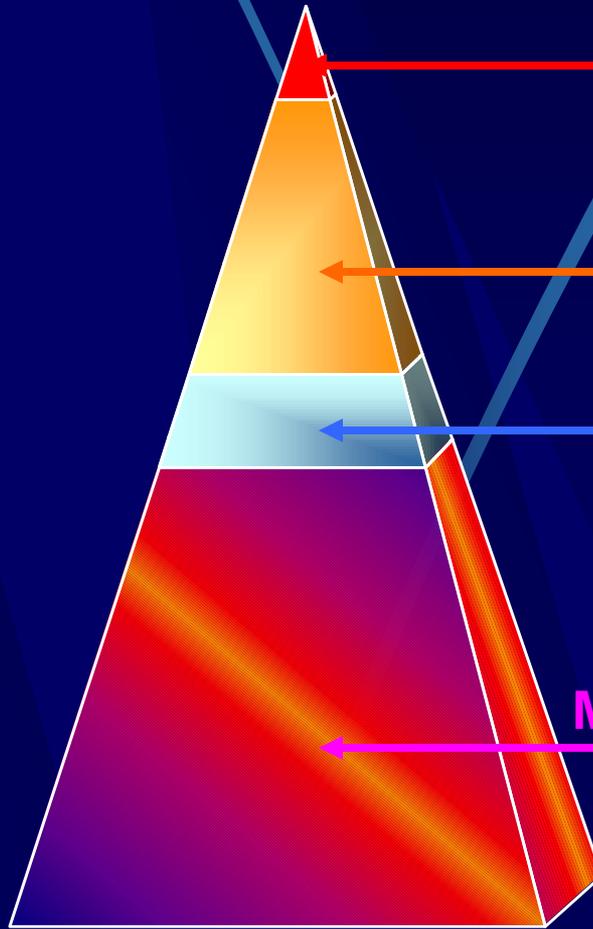
2000

1500

1000

500

0



Termogenesi da altre cause

Attività fisica 15÷30%

Termogenesi indotta dalla
dieta (TID) 10÷15%

Metabolismo di base 60÷75%



Metabolismo basale

Il **metabolismo di base** rappresenta la **quantità di energia utilizzata** da un individuo a **riposo** per compiere le cosiddette **attività vitali** (**mantenimento dei tessuti, circolazione sanguigna, respirazione polmonare, regolazione della temperatura corporea**, ecc.), pertanto si valuta:

- ▣ a **riposo**, in uno stato **termico neutrale**;
- ▣ a **digiuno** da almeno **12÷14 ore**;
- ▣ **sveglio**, ma in condizioni di **totale rilassamento psicologico e fisico**.

Il **metabolismo basale** si esprime come quantità di energia (o lavoro) per unità di tempo (kcal/min, kcal/die, kj/min, kj/die).



Metabolismo basale

	peso % sul totale	spesa energetica % sul totale
cervello, cuore, fegato, reni	5,5	60
massa muscolare	40	22
tessuto adiposo	21	4



Metabolismo basale

Gli uomini hanno un **MB/kg di peso corporeo** più elevato.

Uomo adulto
peso corporeo 65 kg

Donna adulta
peso corporeo 65 kg

MB uomo > 240 kcal/die

Il **MB** declina rapidamente con l'**età**.

Bambino ↑MB sintesi e deposizione nuovi tessuti
Adulto ↓MB progressiva perdita massa magra e aumento grasso corporeo
Anziano ↓↓MB accentuato



Metabolismo basale

anziano

adulto → anziano ↓ MB 5%/decade

popolazione italiana

uomo adulto → anziano ↓ MB 8%/decade

donna adulta → anziana ↓ MB 7%/decade

Individui della stessa età, genere e peso corporeo presentano:

una variabilità del MB $\pm 10\%$

dovuta a differenze genetiche

MB influenzato anche da:

stato ormonale, tensione nervosa, agenti farmacologici,
innalzamento temperatura corporea, temperatura ambientale, ecc.



Metabolismo basale

MB minimo per temperature ambiente di $27\div 29^{\circ}\text{C}$
in ambienti più freddi o più caldi MB↑
quando la temperatura corporea supera i 37°C il MB↑ (13%/grado)

Gravidanza

- ↑MB 48 kcal/die primo trimestre
- ↑MB 96 kcal/die secondo trimestre
- ↑MB 262 kcal/die terzo trimestre



Termogenesi indotta dalla dieta

La *termogenesi indotta dalla dieta* rappresenta l'*aumento della spesa energetica dovuta all'incremento del dispendio energetico conseguente all'assunzione di alimenti.*

In pratica è l'*energia spesa per digerire, assorbire, metabolizzare e utilizzare* gli *alimenti* e i *nutrienti* da essi derivati.

Per le donne è un po' più bassa rispetto agli uomini (**7-10%**).

La **TID** varia in funzione della quantità e del tipo di alimenti ingeriti:

- per i **lipidi** è, la più bassa, pari al **2-5%** dell'energia apportata;
- per i **glucidi** è pari al **5-10 %** dell'energia apportata;
- per le **proteine** è, la più alta e arriva al **10-35%** dell'energia apportata.



Termogenesi indotta dalla dieta

La presenza di **fibra alimentare** nella dieta riduce la **TID** a causa del rallentato assorbimento.

Le **sostanze nervine** (caffè, tè, ecc.) influenzano la **TID** e può assumere un significato più o meno **rilevante** in base all'**entità** dei **consumi**.

Alcuni AA classificano la **TID** in:

- **Facoltativa**, rappresenta il **30÷40%** del totale, riguarda la **quantità di alimenti assunti** e coinvolge l'attivazione del sistema nervoso simpatico;
- **obbligatoria**, rappresenta il **10÷15%** del totale, e rappresenta l'**energia spesa** per l'**utilizzazione dei singoli nutrienti** (digestione, assorbimento, trasporto, metabolismo, deposito).



Attività fisica

Il **costo energetico** dell'**attività fisica** dipende dal tipo, dalla **frequenza** e dall'**intensità** delle attività svolte.

Può variare da circa un **15% del dispendio energetico totale**, per **stili di vita sedentari**, fino a **3-4 volte il metabolismo di base** per attività occupazionali molto pesanti o per alcuni **atleti**.

L'**esercizio fisico** che comporta un impegno muscolare notevole, almeno secondo alcuni autori, sembrerebbe mantenere elevata la **spesa energetica** per lunghi periodi di tempo (fino a **24 ore** dopo la sospensione dell'attività).



Termogenesi da altre cause

La termogenesi indotta dal fumo di un **pacchetto di sigarette** è mediamente di **150÷200 kcal**; l'effetto termogenetico svolto dalla **nicotina** si manifesta entro pochi minuti dall'inizio del fumo di una sigaretta.

Anche i **nervini**, alcune **spezie** e le **catecolamine** favoriscono l'aumento della termogenesi.

Effetto **opposto** hanno invece la **digitale** e i **β -bloccanti**.

Infine anche il **freddo** rappresenta un importante stimolo termogenetico mediato, nell'uomo, dall'attivazione del sistema simpatico e dalle catecolamine.



Accrescimento nell'uomo

La sintesi di **nuovi tessuti** richiede una quantità di energia superiore per le **proteine** che per i lipidi. Essendo, però, l'accrescimento nell'uomo relativamente lento le richieste supplementari di energia sono ridotte.

Non è possibile valutare con esattezza questo valore, tuttavia si può ritenere che la quantità di energia richiesta per la sintesi e la deposizione di nuovi tessuti sia di circa:

- **30÷60 kcal/die nei bambini di età compresa tra 2 e 10 anni;**
- **60÷90 kcal/die nell'adolescenza.**

Per la gestante il costo energetico supplementare è pari a circa il 10% del bisogno energetico totale.



Valutazione del dispendio energetico

Il **dispendio energetico** di un individuo può essere valutato in quattro modi:

- **calorimetria diretta**, tramite misure dirette del calore rilasciato dall'organismo;
- **calorimetria indiretta**, mediante misure indirette dell'energia, valutando il consumo di ossigeno utilizzato per ossidare i nutrienti;
- **metodi non calorimetrici**, basati sulla relazione tra eventi fisiologici (frequenza cardiaca) e consumo di ossigeno;
- **metodi fattoriali**.



Calorimetria diretta

La **calorimetria diretta** consiste nella misurazione del calore emesso dal corpo umano per **evaporazione**, **radiazione**, **conduzione** e **convezione** e si basa sul principio che tutta l'energia consumata dall'organismo per compiere lavoro sia ceduta sotto forma di calore.

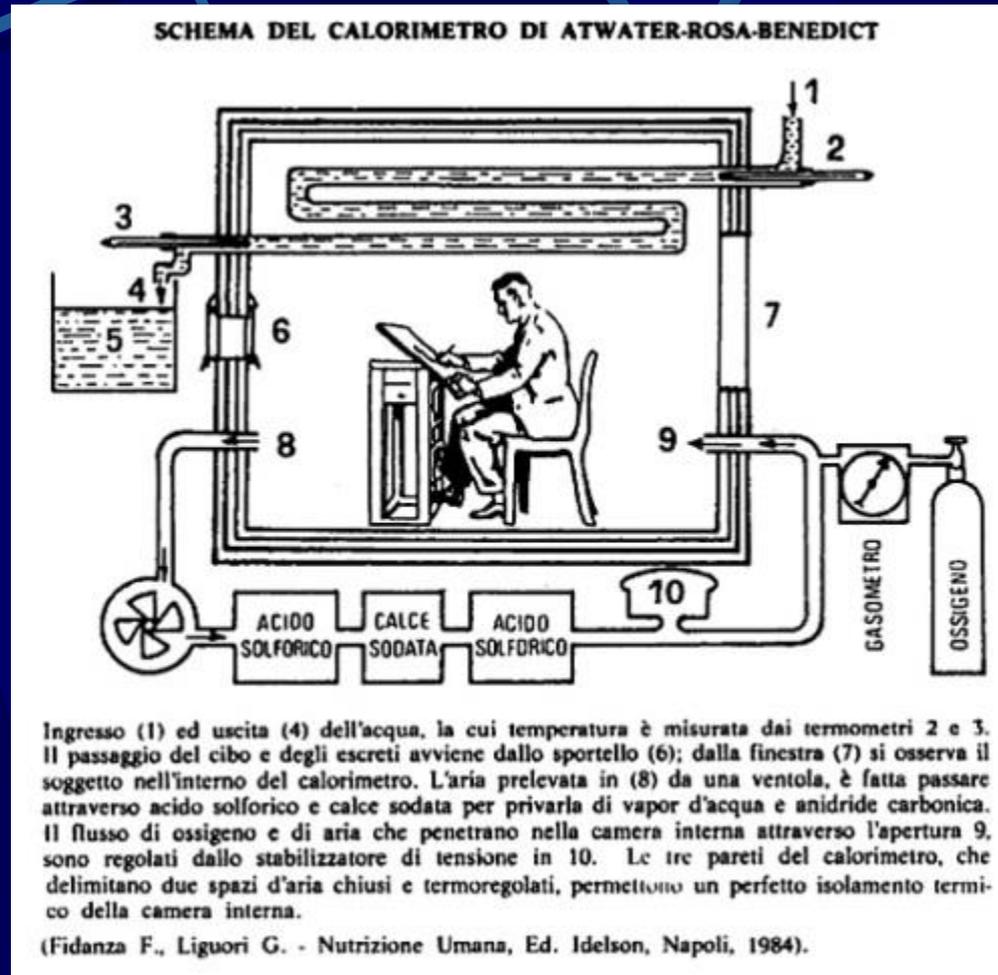
Per valutare il calore eliminato dal corpo si usa il **calorimetro**.

Il principale **problema** della calorimetria diretta dipende dalla capacità del corpo di accumulare o perdere calore; per **brevi intervalli** di **tempo** le perdite di calore non sono necessariamente **equivalenti** alla sua **produzione**.

Il metodo non è di grande utilità pratica perché **costoso**, **ingombrante**, di **uso complesso** e richiede **tempi lunghi** di esecuzione (diverse ore se non addirittura giorni).



Calorimetria diretta



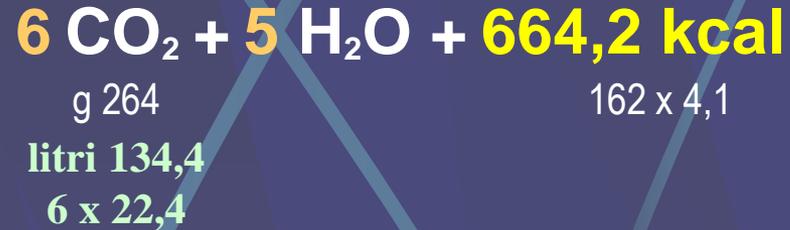
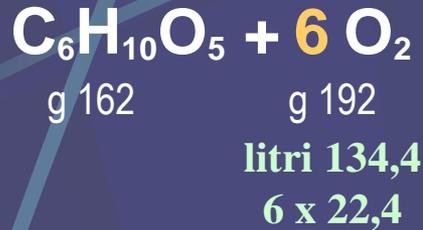
Calorimetria indiretta

La **calorimetria indiretta** si basa sul principio che l'organismo ricava l'energia di cui necessita dalle **reazioni di ossido-riduzione** dei substrati energetici apportati con gli alimenti. Si tratta di reazioni che richiedono ossigeno e liberano anidride carbonica in proporzione all'energia generata.

Per la determinazione del dispendio energetico di attività mediante calorimetria indiretta si possono utilizzare il **sacco di Douglas**, la **calottina metabolica**, l'**apparecchio di Kofranyi-Michaelis** e i sistemi telemetrici come il **K2** e sue versioni successive (**K4**).



Glucidi



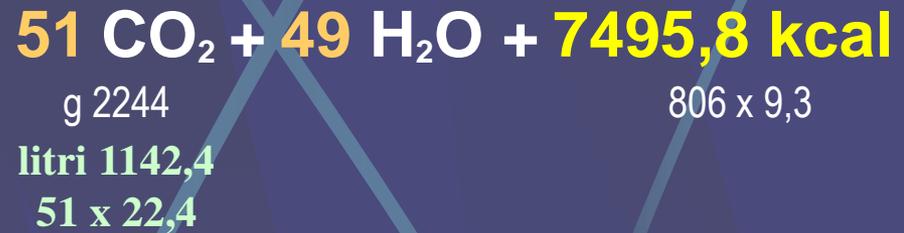
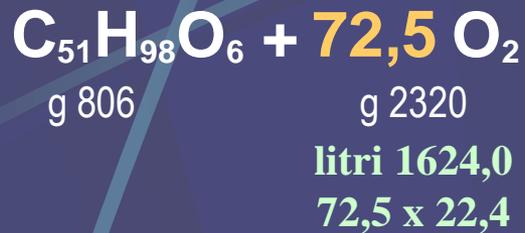
$$VC_{\text{CO}_2} = \frac{664,2}{134,4} = 4,94$$

$$VC_{\text{CO}_2} = \frac{664,2}{134,4} = 4,94$$

$$QR = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{134,4}{134,4} = 1,0$$



Lipidi



$$VC_{\text{O}_2} = \frac{7495,8}{1624} = 4,62$$

$$VC_{\text{CO}_2} = \frac{7495,8}{1142,4} = 6,56$$

$$QR = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{1142,4}{1624} = 0,7$$



Proteine - premessa.

	C	H	O	N	S
$C_{73}H_{116}O_{23}N_{20}S$ p.m.1672	73	116	23	20	1
• 10 moli di $CO(NH_2)_2$	10	40	10	20	0
• 1 mole di H_2SO_4	0	2	4	0	1
• Disponibili per l'ossidazione	63	74	9	0	0



Proteine



$$VC_{\text{O}_2} = \frac{7356,8}{1724,8} = 4,27$$

$$VC_{\text{CO}_2} = \frac{7356,8}{1411,2} = 5,21$$

$$QR = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{1411,2}{1724,8} = 0,82$$



100 g di proteine

		C	H	O	N	S
100 g di proteine contengono	g	52,38	7,27	22,68	16,65	1,02
Escrezione urinaria e fecale	g	10,88	2,87	14,99	16,65	1,02
Disponibili per l'ossidazione	g	41,5	4,40	7,69	0	0



100 g di proteine

O₂
g 138,18
litri 96,71

CO₂
g 152,17
litri 77,51

$$VC_{O_2} = 4,47$$

$$VC_{CO_2} = 5,58$$

$$QR = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{77,51}{96,71} = 0,80$$



Valore calorico dell'ossigeno e dell'anidride carbonica di glucidi, lipidi e proteine

	VC_{O_2}	VC_{CO_2}	QR
Glucidi	4,94	4,94	1,0
Lipidi	4,62	6,56	0,7
Proteine	4,47	5,58	0,8
media aritmetica	4,68	5,69	
deviazione max dalla media	+0,29	+0,82	



		CHOCal%	FCal%	PCal%	totale
		65	25	10	100
Dieta equilibrata	VCO₂	3,211	1,155	0,447	4,813
		0,65 x 4,94	0,25 x 4,62	0,1 x 4,47	
	QR	0,65	0,175	0,08	0,905
		0,65 x 1	0,25 x 0,7	0,1 x 0,8	

		CHOCal%	FCal%	PCal%	totale
		55	30	15	100
Digiuno da 12 ore	VCO₂	2,717	1,386	0,670	4,773
		0,55 x 4,94	0,3 x 4,62	0,15 x 4,47	
	QR	0,55	0,21	0,12	0,88
		0,55 x 1	0,3 x 0,7	0,15 x 0,8	



Fattori fisiologici in grado di modificare il quoziente respiratorio

Produzione di acido lattico

La sintesi di acido lattico provoca un aumento della concentrazione di ioni idrogeno che modifica l'equilibrio tra CO_2 e pool di bicarbonato. Si libera così CO_2 non proveniente dai processi ossidativi che determina un **falso aumento del QR**;

Ossidazione dell'acido lattico

Si tratta di un fenomeno che si verifica alla fine di un esercizio fisico intenso con accumulo di acido lattico che sarà ossidato utilizzando H^+ e provocando il trasferimento della CO_2 come bicarbonati, ciò provoca una **diminuzione del QR**;



Fattori fisiologici in grado di modificare il quoziente respiratorio

Iperventilazione

Provoca una maggiore eliminazione di CO_2 dagli alveoli con conseguente **fittizio aumento del QR**;

Ipoventilazione

Provoca una minore eliminazione di CO_2 dagli alveoli con conseguente **diminuzione (fittizia) del QR**;

Lipogenesi

Quando un substrato relativamente ricco di O_2 (glucosio) è trasformato in uno più povero (ac. stearico) si libera O_2 utilizzato per processi ossidativi. Questo determina un **innalzamento del QR**;



Fattori fisiologici in grado di modificare il quoziente respiratorio

Chetogenesi

Quando un substrato relativamente povero di O_2 è trasformato in uno più ricco si verifica una carenza di O_2 . Durante la produzione di corpi chetonici una parte dell' O_2 introdotta nell'organismo non è utilizzata per l'ossidazione degli altri substrati, ma è incorporata nei corpi chetonici causando un **abbassamento del QR**;

Gluconeogenesi

Condizione che si verifica a digiuno, quando si libera glucosio dalle riserve di glicogeno muscolare ed epatico che è immediatamente ossidato. Ha effetti simili a quelli della chetogenesi, ma meno evidenti per cui il **QR si abbassa in maniera irrilevante**, ad eccezione del caso in cui si accumuli glicogeno.



Metodi non calorimetrici

Oltre ai metodi citati della **calorimetria diretta** e **indiretta** ne esistono altri che permettono la stima indiretta del dispendio energetico.

Questi risultano di **utilità pratica** soprattutto in quei casi in cui non si possono utilizzare tecniche più accurate.

Misura continua della **frequenza cardiaca**: il metodo si basa sul fatto che il **lavoro fisico** richiede una maggiore utilizzazione di **ossigeno** da parte dei tessuti che si riflette in un **aumento** della **frequenza cardiaca**.

Il principale problema consiste nel fatto che, nonostante **frequenza cardiaca** e **dispendio energetico** siano strettamente **correlati** durante l'esercizio, questa relazione non è rispettata a riposo o per attività leggere.

Inoltre alcuni fattori quali il **cambio** di **posizione**, lo **stato emozionale**, la **temperatura ambientale** e **l'umidità**, lo **stato postprandiale**, l'assunzione di **caffè** e il **fumo** influenzano la **linea di regressione (frequenza cardiaca)**.



Valutazione del bisogno di energia

Il **bisogno di energia** è definito come 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 e che abbiano dimensioni e composizione corporea compatibili con un buono stato di salute a lungo termine.**

Nel caso di individui in **accrescimento** si deve tenere conto della quota energetica necessaria per la formazione di nuovi tessuti, per la **gestante** di quella necessaria per la formazione del feto ed annessi, per la **nutrice** per il latte escreto.



Valutazione del bisogno di energia

Per il calcolo del **bisogno energetico** si possono usare delle equazioni che vedremo più avanti.

Per utilizzare le suddette equazioni bisogna conoscere: **genere, età, stato fisiologico, peso, statura** e **indicazioni** sull'**uso del tempo** e sul **livello di attività fisica**.

donne 18÷29 anni

$$\text{MB} = 14,82 \text{ P} + 486,6$$

$$\text{bisogno energetico} = \text{MB} \times \text{DE-AF}$$

DE-AF = dispendio energetico da attività fisica.

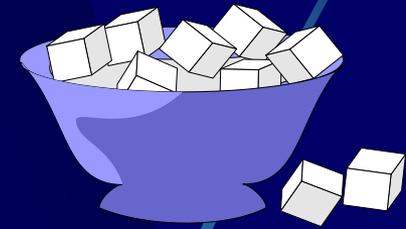




I glucidi

aa 2018/19

Classificazione chimica



Classificazione fisiologica

Semplici

(mono- di- oligo-saccaridi)

disponibili

glucosio, galattosio, fruttosio (monosaccaridi); *saccarosio, maltosio, lattosio* (disaccaridi); *maltodestrine* (oligosaccaridi)

non disponibili

xilosio (monosaccaride); *lattulosio* (disaccaride)

raffinosisio, stachiosio, verbascosio, fos (leguminose)

lattulosio (latte sterilizzato) epimerizzazione (oligosaccaridi)

xilitolo, lactitolo, maltitolo, mannitolo, sorbitolo (polialcoli)

Complessi

(poli-saccaridi)

disponibili

amido, glicogeno

non disponibili

strutturali

cellulosa, pectina, emicellulose, chitina (meno rappresentata) (funghi, lieviti, invertebrati marini)

glucomannani Konjac gum

di riserva

galattomannani guar gum

inulina (cipolla, aglio, cicoria, topinambur)

essudati

gomma adragante, gomma arabica, gomma mesquite (addensanti)



Polialcoli

I **polialcoli** sono glucidi con molecola simile ai monosaccaridi, ma con una funzione ossidrilica in sostituzione di quella aldeidica o chetonica.

Si trovano come tali solo nella frutta (**sorbitolo**), in piccola quantità, tuttavia sono utilizzati come **dolcificanti** in un numero sempre crescente di alimenti ipocalorici o acariogeni (caramelle, gomme da masticare) dato il loro limitato potere energetico.

Oltre, al **sorbitolo**, sono utilizzati a questo scopo **lactitolo**, **maltitolo**, **mannitolo**, **xilitolo** (tutti derivati da processi di idrogenazione catalitica dei corrispondenti zuccheri precursori), **polidestrosio** (polimero del glucosio ottenuto per condensazione termica) e **palatinit** o **isomalto** (una miscela di α -(1→6) glicosio-sorbitolo e di α -(1→6) glicosio-mannitolo).



Polialcoli

I disaccaridi ***lactitolo***, ***maltitolo*** e ***isomalto*** sono idrolizzati solo in minima parte per azione delle ***glicosidasi intestinali***.

L'assorbimento dei polialcoli in forma monomerica (***mannitolo***, ***sorbitolo***, ***xilitolo***) avviene per ***diffusione passiva***, ma a velocità molto inferiore a quella del glucosio e del fruttosio.

Da ciò dipende, con ogni probabilità, il loro parziale malassorbimento, con il conseguente effetto lassativo se si superano i ***20÷30 g/die***.

Ai ***polialcoli***, secondo il D.L. 16 febbraio 1993 n°77 (G.U. n° 69, 24/3/1993) che regola l'etichettatura nutrizionale dei prodotti alimentari, si attribuisce un valore calorico di ***2,4 kcal/g***.



Polialcoli

I *polialcoli* più utilizzati sono:

- **eritritolo**: presente nella *frutta* e ottenuto dalla fermentazione di *glucosio*, utilizzato come *dolcificante* (E-968);
- **isomalt**: estratto dalla *barbabietola*, utilizzato come *dolcificante* (E-953)
- **lattitolo**: ottenuto per idrogenazione del *lattosio*, utilizzato come *dolcificante* (E-966);
- **maltitolo**: utilizzato come *dolcificante* (E-965);
- **mannitolo**: abbonda in natura in *frutta*, *ortaggi* e alcune *alghe*, derivato dal *fruttosio*, utilizzato come *dolcificante*, agente *stabilizzante* e *lievitante* (E-421);
- **sorbitolo**: presente in molte *bacche* e *frutti* (mele, prugne, ciliegie, uva e sorbe), derivato dal *destrosio*, utilizzato come *dolcificante*, agente *stabilizzante* e *lievitante* (E-420);
- **xilitolo**: estratto da *fragole*, *lamponi*, *prugne*, *betulle* e *frumento*, derivato dallo *xilosio*, utilizzato come *dolcificante* (E-967).



Amido

L'**amido**, polisaccaride di riserva dei vegetali, è formato da due tipi di molecole l'**amilosio** e l'**amilopectina**, presenti in proporzioni variabili a seconda dell'origine.

L'**amilosio** è un polimero lineare costituito da glucosio legato con legami α -(1→4), il cui grado di polimerizzazione è all'incirca di **500÷600 unità**.

L'**amilopectina**, che ha una struttura simile al glicogeno ma con meno ramificazioni, è un **polimero ramificato** del **glucosio** caratterizzato da legami α -(1→4) nella parte lineare e legami α -(1→6) nei punti di ramificazione. Il grado di polimerizzazione è molto più elevato di quello dell'amilosio, raggiungendo in alcuni casi anche le **50.000 unità**.



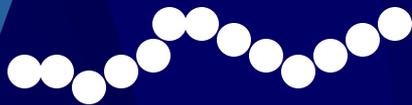
Proporzioni di amilosio e amilopectina nella molecola di amido di diversa provenienza

Alimenti	Amilosio (%)	Amilopectina (%)
frumento	25,0	75,0
mais	24,0	76,0
riso	18,5	81,5
patate	20,0	80,0
tapioca	16,7	83,3

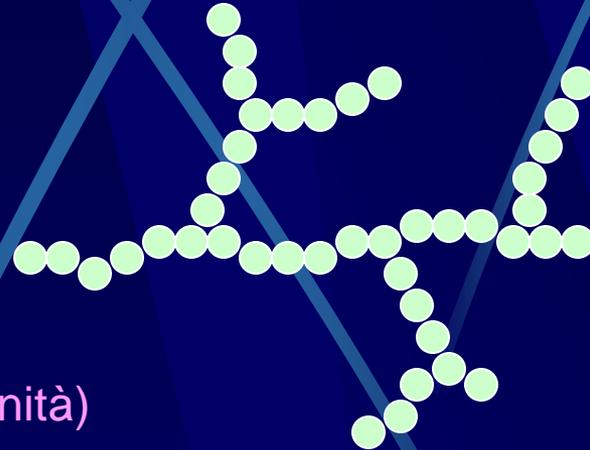


Amido e glicogeno

amilosio



Amilopectina (24÷30 unità)



Glicogeno (8÷12 unità)



CLASSIFICAZIONE DELLE FRAZIONI DI AMIDO RESISTENTE ALLA DIGESTIONE

Tipo di amido	Definizione	Presenza negli alimenti
RS tipo I	amido fisicamente inaccessibile	cereali e legumi interi o solo parzialmente macinati
RS tipo II	granuli di amido non gelatinizzato	amidi consumati crudi (banana); amidi solubili a freddo (fecola di patate)
RS tipo III	amido retrogradato	alimenti ricchi di amiloso cotti e raffreddati (patate); alimenti sottoposti a processi a elevata temperatura (corn flakes); pane rafferma
RS tipo IV	amidi modificati	additivi alimentari (amidi: acetato, acetil-fosfato, mono/difosfato, idrossipropil-fosfato, idrossipropil-adipato, idrossipropil-glicerolo)



Digestione, assorbimento dei glucidi

Il **lattosio** è digerito a livello della mucosa intestinale ad opera della **lattasi**; il **saccarosio** della **saccarasi**; l'**amido** dell' **α -amilasi salivare** (nel cavo orale) e **pancreatica** (intestino tenue).

L'assorbimento di **glucosio** e **galattosio** avviene per trasporto attivo mediato dal trasportatore **Na-dipendente SGLT-1**, ma quando la concentrazione è elevata l'assorbimento è **passivo**.

L'assorbimento del **fruttosio** avviene per diffusione facilitata, mediato dal trasportatore **GLUT-5**.

Il metabolismo glucidico è regolato da un complesso e fine meccanismo al centro del quale stanno due ormoni l'**insulina** e il **glucagone**.



Ruolo dei glucidi

I **glucidi** a differenza dei **lipidi** e delle **proteine** quando sono catabolizzati non producono **sottoprodotti** o **intermedi metabolici** dannosi come **corpi chetonici** o **urea**, per non dire dell'**acetaldeide** (alcol).

Un adulto in condizioni normali necessita di circa **180 g/die** di **glucosio** per soddisfare i bisogni di energia del **sistema nervoso** e degli **eritrociti**.

Il **sistema nervoso** e la **midollare del rene**, in condizioni normali, utilizzano il **glucosio** come fonte elettiva di **energia**.

Gli **eritrociti**, sprovvisti dei sistemi enzimatici associati al ciclo di Krebs, dipendono dalla **glicolisi** per il loro **metabolismo energetico**.



Nutrienti utilizzati nelle diverse attività



glucosio 13%

acidi grassi 87%

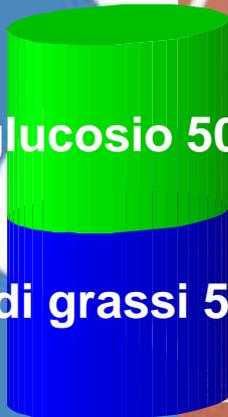


glucosio 100%



glucosio 50%

acidi grassi 50%



glucosio 30%

acidi grassi 70%



Razione consigliata di glucidi

La razione consigliata di **glucidi**, secondo i livelli di assunzione raccomandati di energia e nutrienti per la popolazione italiana (**LARN**), deve essere:

- compresa tra il **45 e il 60% delle calorie totali giornaliere**;
- nel caso di **attività fisica intensa** il **limite superiore** può essere pari al **65% delle calorie totali giornaliere**;
- il livello di **glucidi semplici** deve essere **inferiore** al **15% delle calorie totali giornaliere**, se si raggiunge il **10÷12%** è meglio.



Fibra alimentare

Per *fibra alimentare* si intende l'*insieme di composti di origine vegetale, di natura chimico-fisica e complessità molecolare assai diverse caratterizzati dall'essere senza alcuna distinzione, resistenti all'idrolisi degli enzimi digestivi e all'assorbimento.*

Queste sostanze possono essere fermentate dalla *flora batterica colica*, con produzione di *metano, anidride carbonica, acqua* e *acidi grassi volatili* (essenzialmente acido acetico, propionico e butirrico). Si stima che la produzione di *acidi grassi a catena corta* (SCFA) sia di circa *380 mmoli/die* (limiti *50-700*).

L'*acido butirrico* è assorbito dai *colonociti* a *scopo energetico* e per l'*integrità* della *mucosa*;

l'*acido propionico* dal *fegato* usato dagli *epatociti* per la *neoglucogenesi*;

l'*acido acetico* da diversi *tessuti* come substrato per il *ciclo di Krebs* o intermedio nella *sintesi* dei *lipidi*.



La fibra alimentare

L'apporto energetico della fibra alimentare è trascurabile, poiché le calorie fornite (**1,5 kcal/g**) sono compensate dal ridotto assorbimento dei nutrienti energetici.

La fibra alimentare si distingue in:

- **insolubile, idrofila**: costituita da **cellulosa, emicellulose** a elevato grado di ramificazione e **lignina**;
- **solubile, gelificante**: costituita da polisaccaridi non cellulosici (**emicellulose, gomme, mucillagini, pectine, polisaccaridi algali**).

Cellulosa, lignina, emicellulose a elevato grado di ramificazione e pectine entrano nella costituzione delle **pareti cellulari** vegetali.

La **fibra insolubile**, essendo **idrofila**, assorbe rilevanti quantità d'acqua: aumenta così il volume delle feci, che si fanno **abbondanti, poltacee** e più **morbide** riducendo i tempi di transito intestinale.



La fibra alimentare

La **fibra solubile** forma soluzioni **viscose** che allungano i tempi di svuotamento gastrico e rallentano l'assorbimento dei nutrienti e del **colesterolo**.

Questo spiega perché la **fibra solubile** abbia, al contrario di quella insolubile, più azione **costipante** che lassativa.

Un adeguato apporto di fibra alimentare contribuisce a prevenire condizioni ai limiti con la patologia quali **dislipemie lievi, diverticolosi del colon, stipsi, sovrappeso** o situazioni, patologiche, come la **malattia coronarica**, l'**aterosclerosi**, il **diabete**, l'**obesità** e altre **malattie dismetaboliche**, i **tumori maligni del grosso intestino**, la **calcolosi** della cistifellea.



La fibra alimentare

Inulina e frutto-oligosaccaridi (FOS) hanno caratteristiche funzionali prebiotiche, sono contenuti nel topinambur, nelle radici di cicoria, nell'aglio, nelle cipolle, nei porri, nei carciofi, negli asparagi, nel frumento tenero, segale, orzo e banana.

Questi prodotti *aumentano il carico fecale, la produzione di acidi grassi a catena corta e gli effetti prebiotici.*



La fibra alimentare e neoplasie del grosso intestino

La fibra alimentare può esercitare un'azione protettiva nei confronti del **cancro** del **colon-retto** per i seguenti motivi:

- la **fibra insolubile** aumenta la velocità di transito, riducendo la concentrazione di **sostanze** potenzialmente **citotossiche** e **citolesive** e i tempi di contatto con la mucosa intestinale;
- la **fibra solubile** riduce il **pH intestinale**, ciò inibisce l'attività di **microrganismi** potenzialmente **dannosi** e favorisce la presenza di quelli **benefici**, **diminuendo** la concentrazione nell'intestino di **molecole** azotate **citotossiche**;
- il **butirrato** infine, potrebbe modulare direttamente la **replicazione** e la **differenziazione cellulare**.



Razione consigliata di fibra alimentare

La razione consigliata di **fibra alimentare**, secondo i livelli di assunzione di riferimento di energia e nutrienti per la popolazione italiana (**LARN**), deve essere:

- pari a **8,4 g/1000 kcal della razione giornaliera** in età evolutiva;
- di almeno **25 g/die** per l'**adulto anche in caso di apporto energetico inferiore alle 2000 kcal/die**, oppure **12,6-16,7 g/1000 kcal della razione giornaliera**.





I lipidi

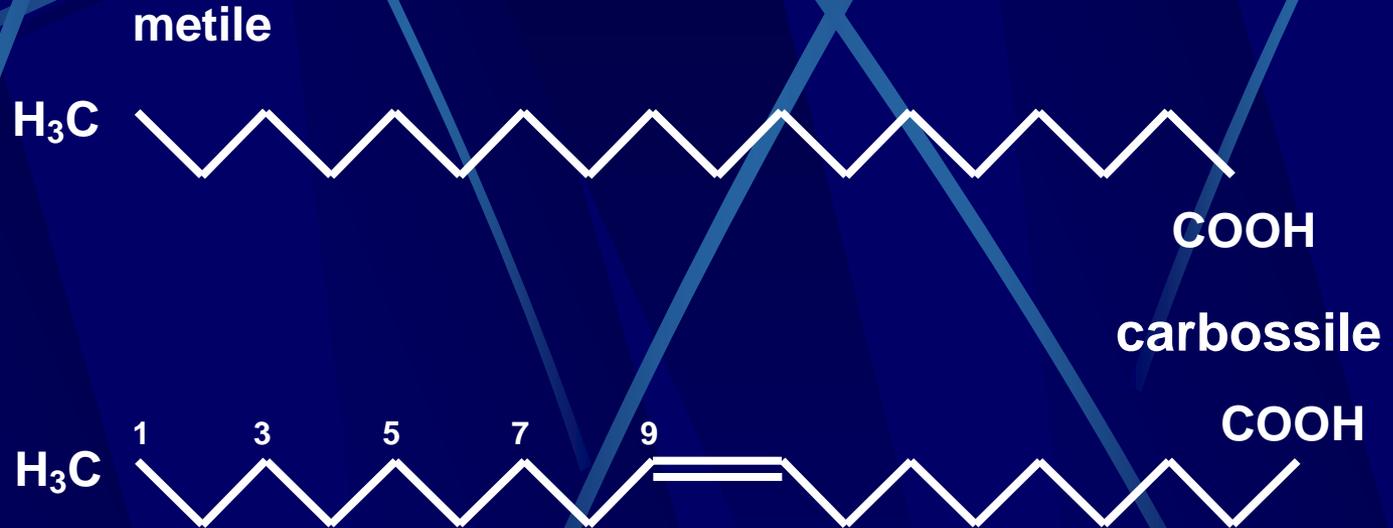
aa 2018/19



Classificazione



Rappresentazione schematica degli acidi grassi



Gli animali possono inserire doppi legami



Acidi grassi essenziali

Gli *acidi linoleico* (18:2 ω -6) e *α -linolenico* (18:3 ω -3) sono definiti *essenziali (AGE, EFA)*, poiché *gli organismi animali e l'uomo in particolare non sono in grado di sintetizzarli in quantità sufficiente a soddisfare i propri bisogni.*

La *carenza*, rara nell'uomo, è caratterizzata da: *cute secca e squamosa, impetigine ribelle, lesioni* di tipo *eczematoso, irritazioni perianale, eritema generalizzato, evacuazioni frequenti, capelli ispidi e radi* e *trombocitopenia.*

Gli AGE e i derivati a catena lunga svolgono importanti funzioni:

- a livello di *membrana*;
- come precursori delle *prostaglandine*;
- regolano i lipidi ematici (colesterolo), prevenendo l'*aterosclerosi.*



Acidi grassi essenziali: carenza



Cute secca



Cute squamosa



Impetigine



Eritema



Vie metaboliche semplificate degli acidi grassi polinsaturi



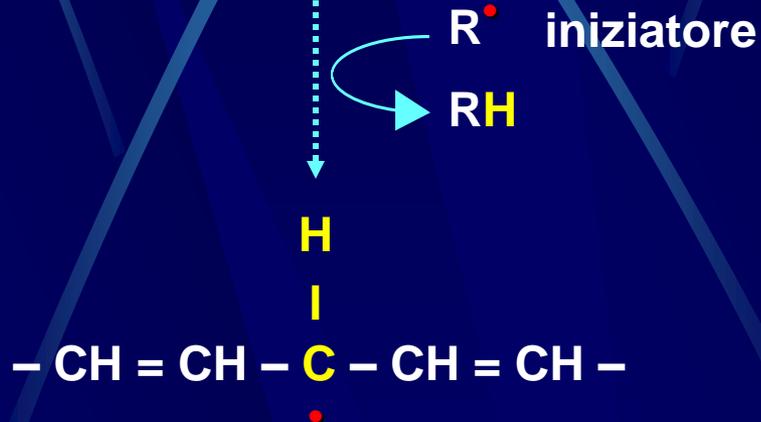
↓ desaturasi ↓ elongasi

Perossidazione degli acidi grassi

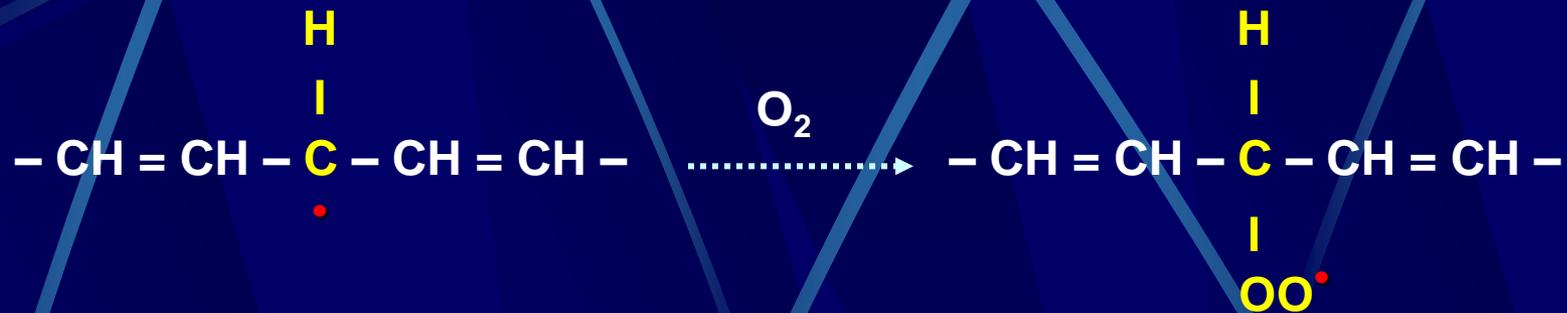
acido grasso (LH)



radicale libero
dell'acido grasso (L^\bullet)



Reazione del radicale libero con l'ossigeno



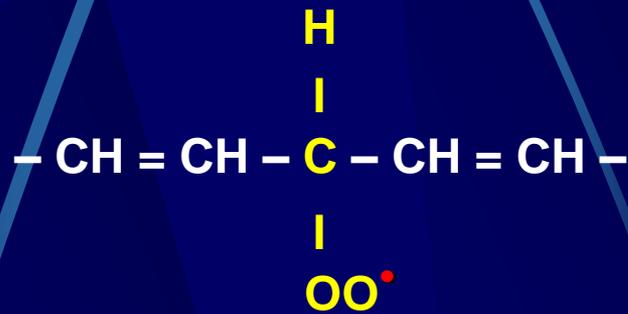
radicale libero
dell'acido grasso (L \cdot)

Radicale libero
perossidato (LO $_2$ \cdot)



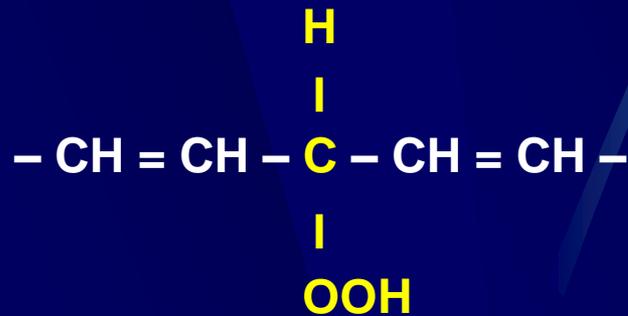
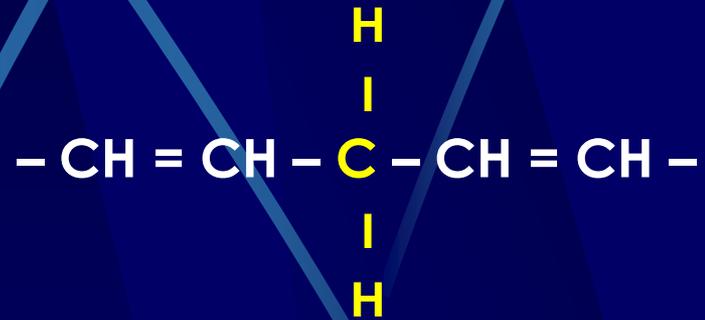
Propagazione

Radicale libero perossidato (LO_2^\bullet)



+

acido grasso (LH)



+

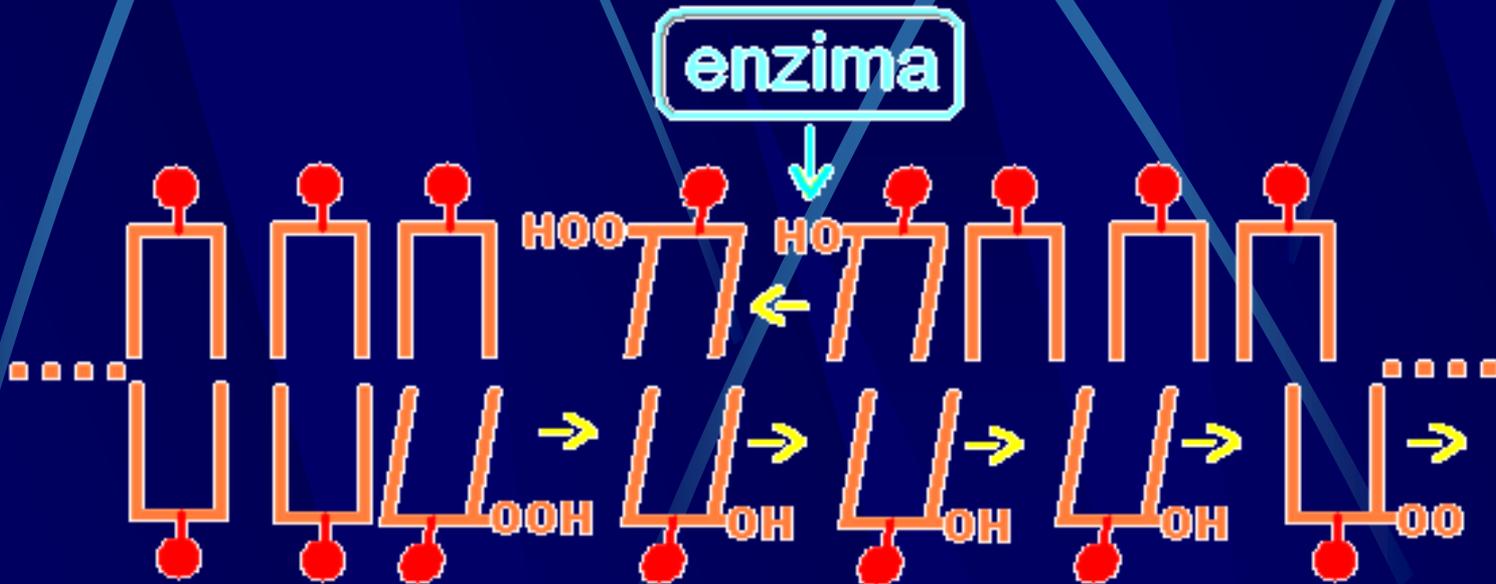


idroperossido (LOOH)

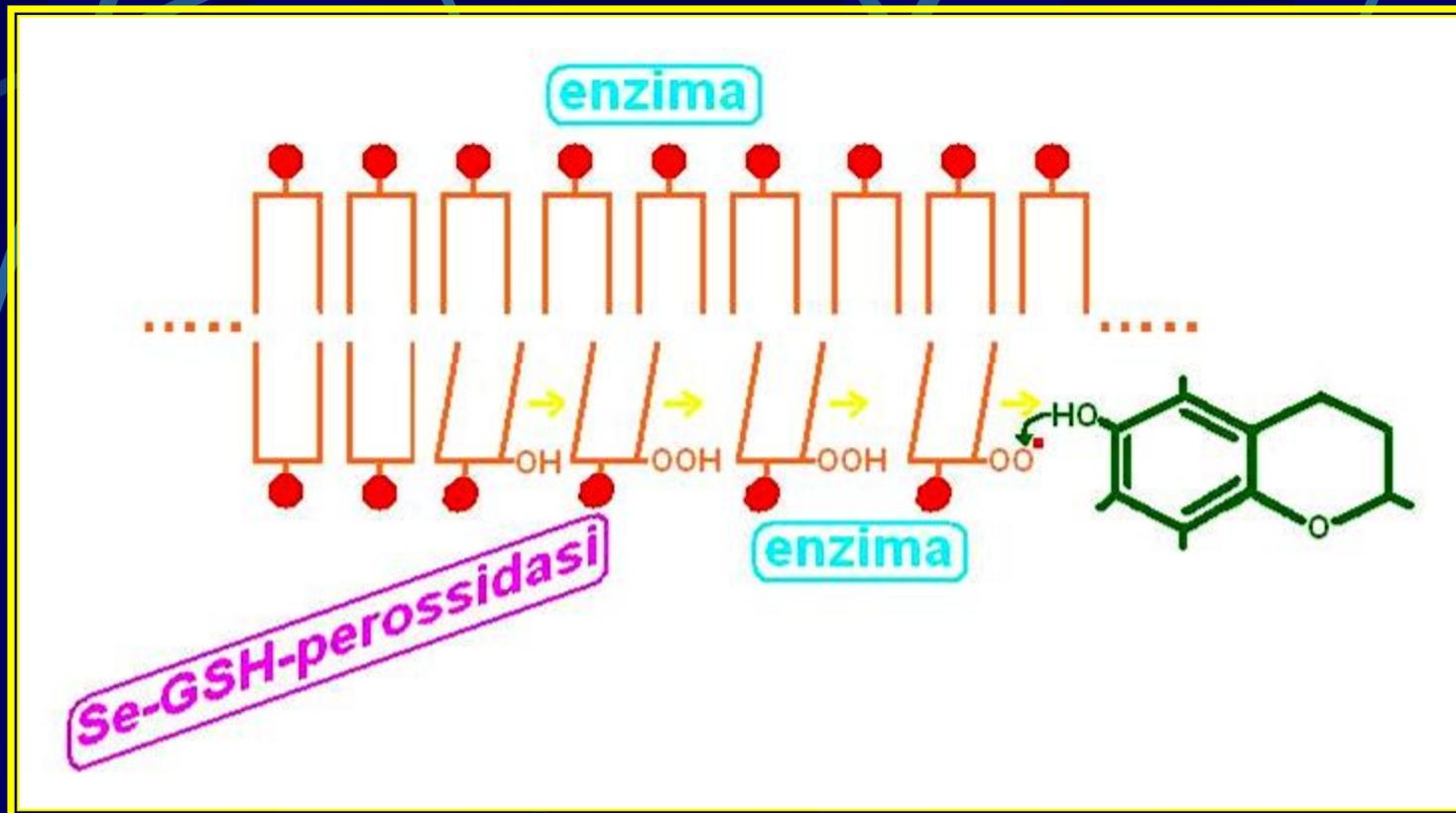
radicale libero
dell'acido grasso (L^\bullet)



Perossidazione di membrana



Perossidazione di membrana



Perossidazione di membrana



Funzione dei lipidi nella dieta

I lipidi, devono essere presenti quotidianamente nella dieta dell'uomo in quanto, svolgono funzioni molto importanti quali:

- funzione **energetica**, rappresentando la fonte più concentrata di energia (9 kcal/g);
- apporto di **acidi grassi essenziali**;
- assorbimento delle **vitamine liposolubili**;
- conferiscono **appetibilità** ai cibi;
- gli acidi grassi polinsaturi, aventi almeno tre doppi legami (acido di-omo- γ -linolenico, acido arachidonico, acido eicosapentenoico), sono i precursori delle **prostaglandine** che agiscono direttamente o attraverso derivati quali **prostaciline**, **trombossani** e **leucotrieni** sul metabolismo glucidico e lipidico, sulla pressione arteriosa, sull'aggregazione piastrinica, sulla contrazione dei muscoli lisci, ecc.



Funzione dei lipidi nell'organismo umano

I lipidi sono importanti per il nostro organismo in quanto:

- rappresentano la forma più **efficiente** di **energia** di deposito;
- svolgono funzione di **isolamento termico**;
- svolgono funzione di **protezione meccanica**, soprattutto il tessuto adiposo viscerale;
- svolgono **funzione estetica**;
- garantiscono la **permeabilità selettiva** delle membrane;
- alcuni acidi grassi condizionano il **trasporto** dei **lipidi** nel sangue attraverso le varie classi di lipoproteine.

Il contenuto lipidico dell'uomo è mediamente di almeno **10 kg**. La quota che può essere ceduta senza danno è di **6,5 kg**, con una perdita giornaliera di **150 g**.



Razione consigliata

La **razione consigliata** di lipidi per la popolazione italiana è del:

- **40%** dell'energia totale giornaliera nel periodo **6÷12 mesi** di vita;
- **35÷40%** dell'energia totale giornaliera nel periodo **1÷3 anni**;
- **20÷35%** dell'energia totale giornaliera dopo i **4 anni** di vita;
- **20÷35%** dell'energia totale giornaliera per l'**adulto** e l'**anziano**. Raccomandando di mantenere normalmente **valori <30%** e **superiori** solo in casi di **apporto glucidico del 40%** delle calorie totali.

Gli acidi **grassi saturi** non devono superare il **10%** dell'**energia** totale giornaliera e i **monoinsaturi** il **10÷15%**.



Razione consigliata

La quota di **acidi grassi essenziali** deve essere del:

- **4÷8%** delle calorie giornaliere di ω -6 nei **bambini, adulti** e **anziani**;
- **0,5÷2%** di ω -3 per i **bambini** superati i **2 anni** e per l'**adulto**;
- **5÷10%** delle calorie giornaliere di **acidi grassi essenziali**.

L'assunzione di **acidi grassi trans** deve essere il più **ridotto possibile** secondo la **WHO** deve essere **< 1%** delle **calorie totali giornaliere**;

Il livello soglia di assunzione di colesterolo deve essere inferiore a:

- **100 mg/1000** kcal della razione nel **bambino**;
- **300 mg/die** per l'**adulto**.

