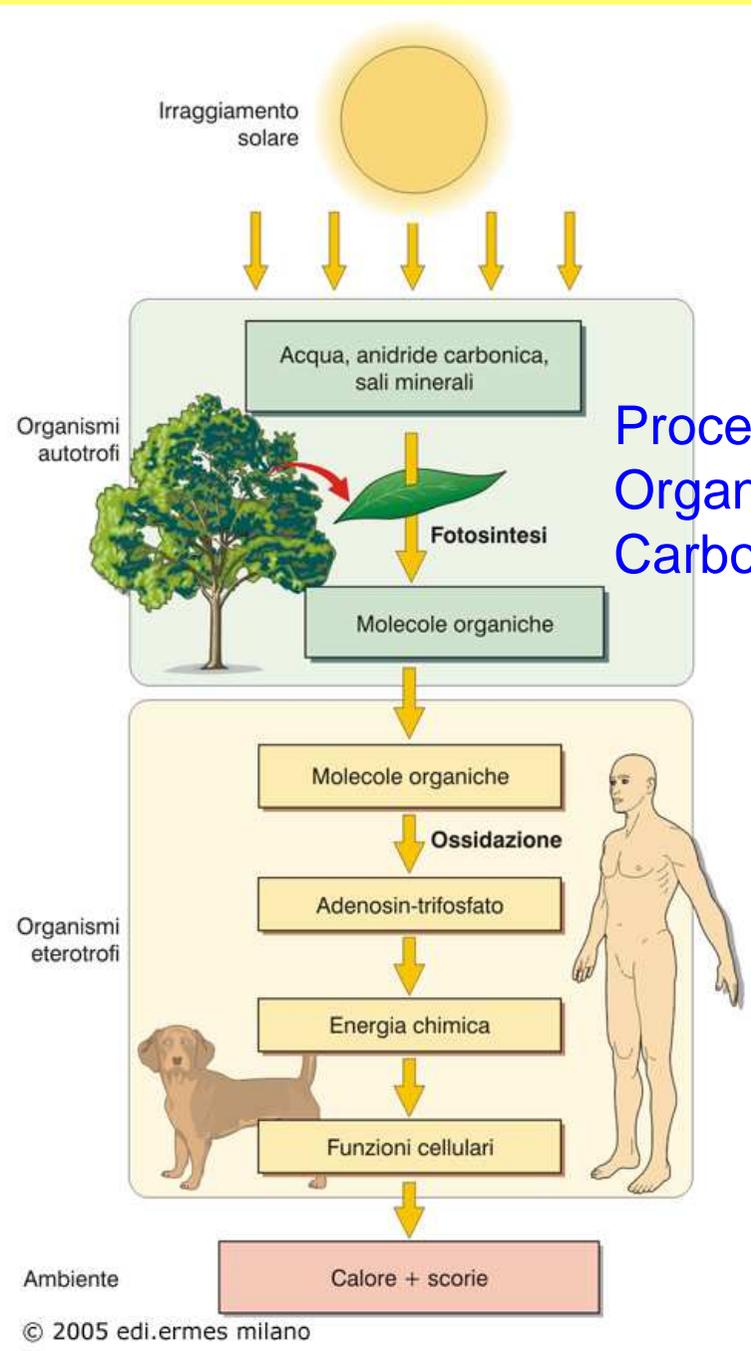


# **Fisiologia della Nutrizione e Metabolismo Energetico**



## Processo di Organizzazione del Carbonio

# **Il metabolismo cellulare e corporeo**

- **Processo di rinnovamento e ricambio della materia vivente.**
- **Insieme di tutte le reazioni biochimiche che avvengono in tutte le cellule del corpo umano dove i vari substrati vengono continuamente trasformati con concomitante trasferimento dell'energia in essi contenuta.**
- **Il metabolismo consta di due fasi: l'anabolismo ed il catabolismo.**

# L'anabolismo

- **Insieme dei processi di rigenerazione della materia vivente. Fase progressiva del ricambio organico che consiste nella utilizzazione dei principi alimentari introdotti per sintetizzare macromolecole organiche più complesse nelle quali viene immagazzinata energia.**

# **Il catabolismo**

- **Insieme dei processi di degradazione della materia vivente. Fase regressiva del ricambio della materia vivente che determina la demolizione di sostanze più complesse e la liberazione dell'energia potenziale contenuta nei loro legami.**

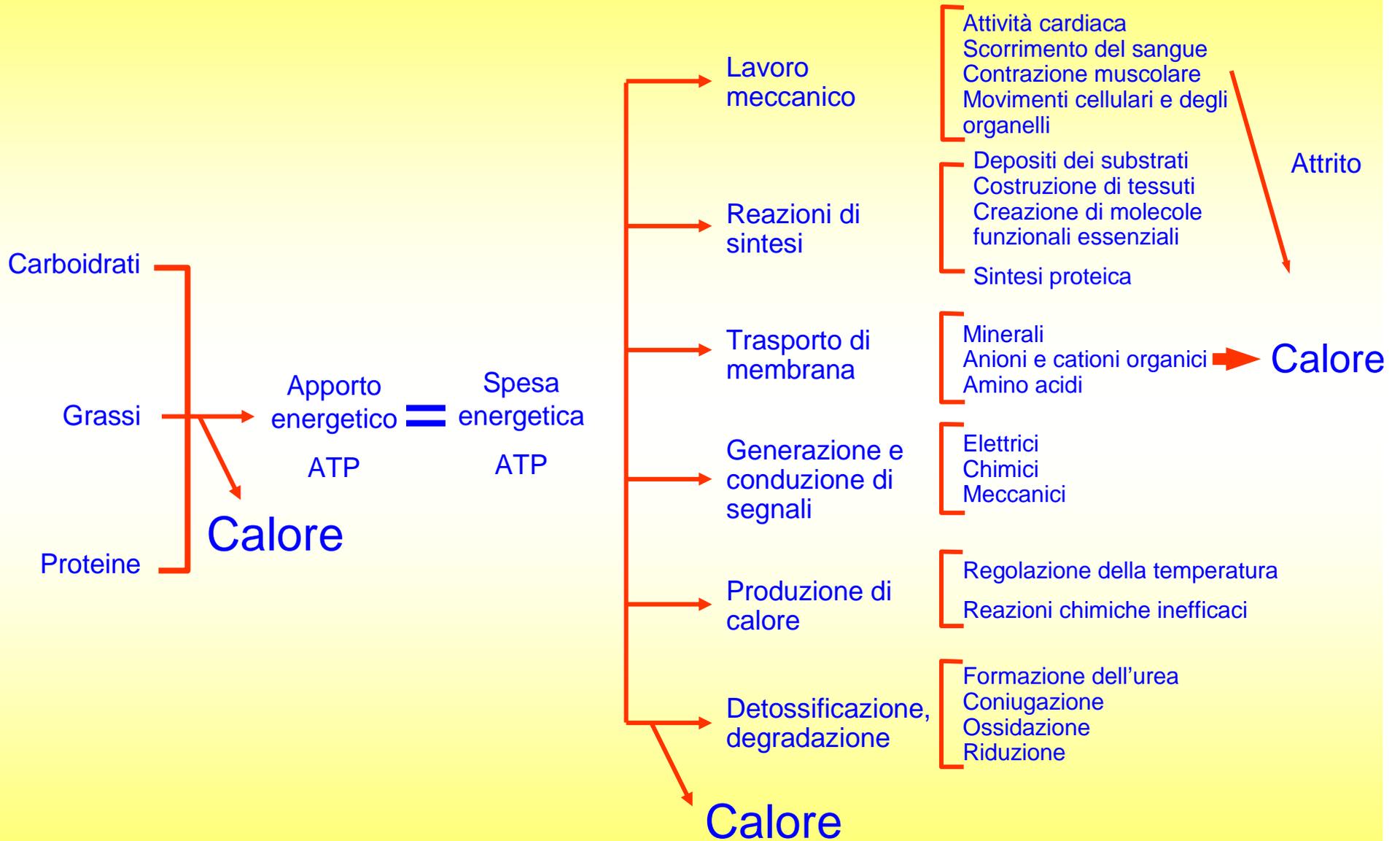
# Il Metabolismo Energetico

- L'insieme dei processi di trasformazione energetica associati alle reazioni di trasformazione della materia (*energia chimica, meccanica, elettrica e termica*).
- Il metabolismo energetico viene normalmente espresso in termini di quantità di calore liberato da tutte le reazioni biochimiche che avvengono in tutte le cellule del corpo umano.

# **Prima legge della termodinamica:** ***“l’energia non può essere creata né distrutta”***

L’energia necessaria al funzionamento di un individuo deriva da un adeguato rifornimento e viene ricavata principalmente dai legami C-H delle molecole organiche presenti negli alimenti. Nei processi di respirazione cellulare, l’ossidazione a CO<sub>2</sub> con l’utilizzo di O<sub>2</sub> atmosferico induce la liberazione della stessa energia che era stata invece immagazzinata nel processo di organicazione, grazie al processo di fotosintesi.

# Schema riassuntivo del bilancio energetico in condizioni di stato stazionario



Circa il 20% dell'energia ottenuta dagli alimenti viene trasferita ed utilizzata dai sistemi funzionali.

# Le Riserve Energetiche

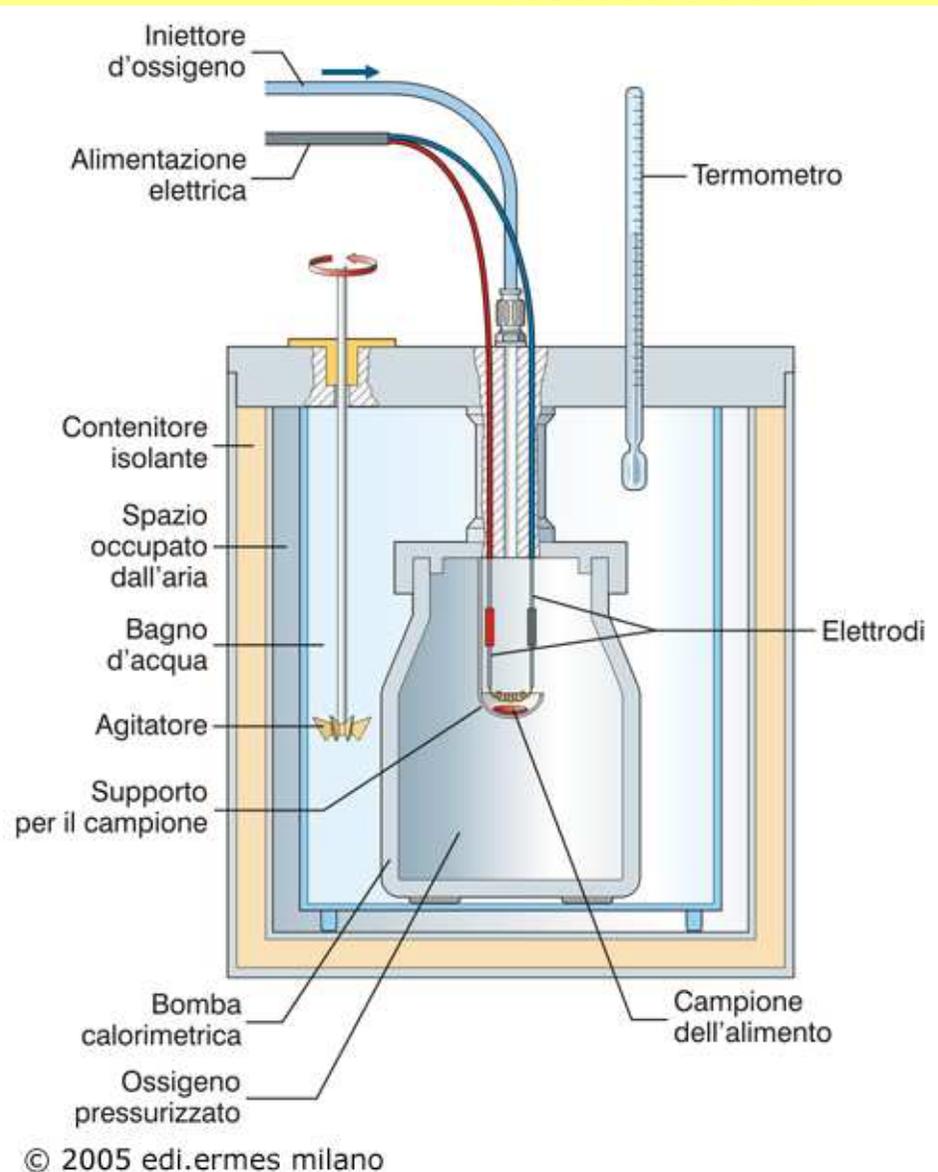
- Circa il 75% dell'energia di deposito è contenuta nei trigliceridi del tessuto adiposo (*15-30% del peso corporeo*) che consentono all'individuo di sopravvivere e svolgere tutte le funzioni vitali tra un pasto e quello successivo.
- Circa il 25% dell'energia di deposito è contenuta nelle proteine e può essere mobilizzata nei casi di carenze alimentari o digiuno.
- Una parte molto esigua (<1%) dell'energia di deposito è contenuta nel glicogeno epatico (*100 g. disponibili per il rifornimento di glucosio nel sangue*) e nel glicogeno muscolare (*400 g. utilizzato quasi esclusivamente per il metabolismo delle fibrocellule muscolari*).

# **Determinazione del fabbisogno energetico**

**L'entità del fabbisogno energetico è ampiamente variabile nei diversi soggetti ed è influenzata dal metabolismo, clima, alimentazione, tipo di attività svolta, *etc.* Per determinare quantitativamente le necessità alimentari quotidiane di un individuo è necessario conoscere:**

- Contenuto energetico dei vari principi alimentari.**
- Fabbisogno energetico giornaliero dell'individuo.**

# Misurazione dei valori calorici fisici degli alimenti



$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$c = \frac{\text{kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 1$$

Il calore specifico è la quantità di calore per unità di massa richiesta per elevare la temperatura di un liquido di un grado centigrado. L'acqua a 15°C ha un calore specifico di 1 Kcal/Kg x°C

**La bomba calorimetrica di Berthelot**

# Valori calorici fisiologici degli alimenti

	Chilocalorie prodotte per grammo	O <sub>2</sub> consumato (L/g)	Chilocalorie prodotte per litro di O <sub>2</sub>	Quoziente respiratorio (V <sub>co2</sub> /V <sub>o2</sub> )
Carboidrati	4.1 (4)	0.84	5.0	1.00
Grassi	9.3 (9)	2.00	4.7	0.70
Proteine	4.4* (4)	0.96*	4.5	0.85
Miscela energetica media	-	-	4.8**	0.90

\*\* "Equivalente energetico" dell'ossigeno: quantità di energia liberata per ogni litro di ossigeno utilizzato dall'organismo assumendo una dieta normale

1 Kcal = 4.184 joule

- **Il coefficiente di assorbimento:** *glucidi: 0.98; lipidi: 0.97; proteine: 0.91*
- **La caloria**

# Il Quoziente Respiratorio

## Per i carboidrati



Glucosio

$$\text{QR} = \frac{6 \text{CO}_2}{6 \text{O}_2} = 1.0$$

## Per i grassi



Acido palmitico

$$\text{QR} = \frac{16 \text{CO}_2}{23 \text{O}_2} = 0.70$$

**Per le proteine: QR = 0.8**

# Il Rapporto di Scambio Respiratorio

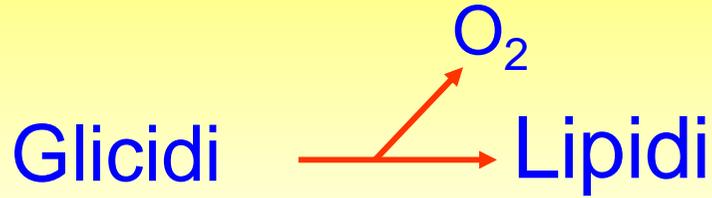
$$\text{Rapporto di scambio respiratorio} = \frac{80 \text{ CO}_2 \text{ (emesse dai polmoni)}}{100 \text{ O}_2 \text{ (assunte dal sangue dei capillari polmonari)}} = 0.8$$

**Allo stato stazionario: QR = RSR**

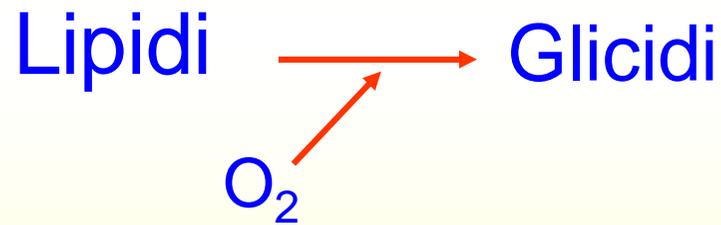
**eventi respiratori mitocondriali  
(ossidazione aerobica)**

**RSR = 0.7** (metabolismo dei lipidi) ; **0.85** (metabolismo degli amminoacidi); **1** (metabolismo dei carboidrati)

# Variazioni del Quoziente Respiratorio



$$\text{QR} = \frac{\text{CO}_2}{-\text{O}_2 \text{ inspirato}} = 1.2-1.4$$



$$\text{QR} = \frac{\text{CO}_2}{+\text{O}_2 \text{ inspirato}} = 0.3$$



Glucosio

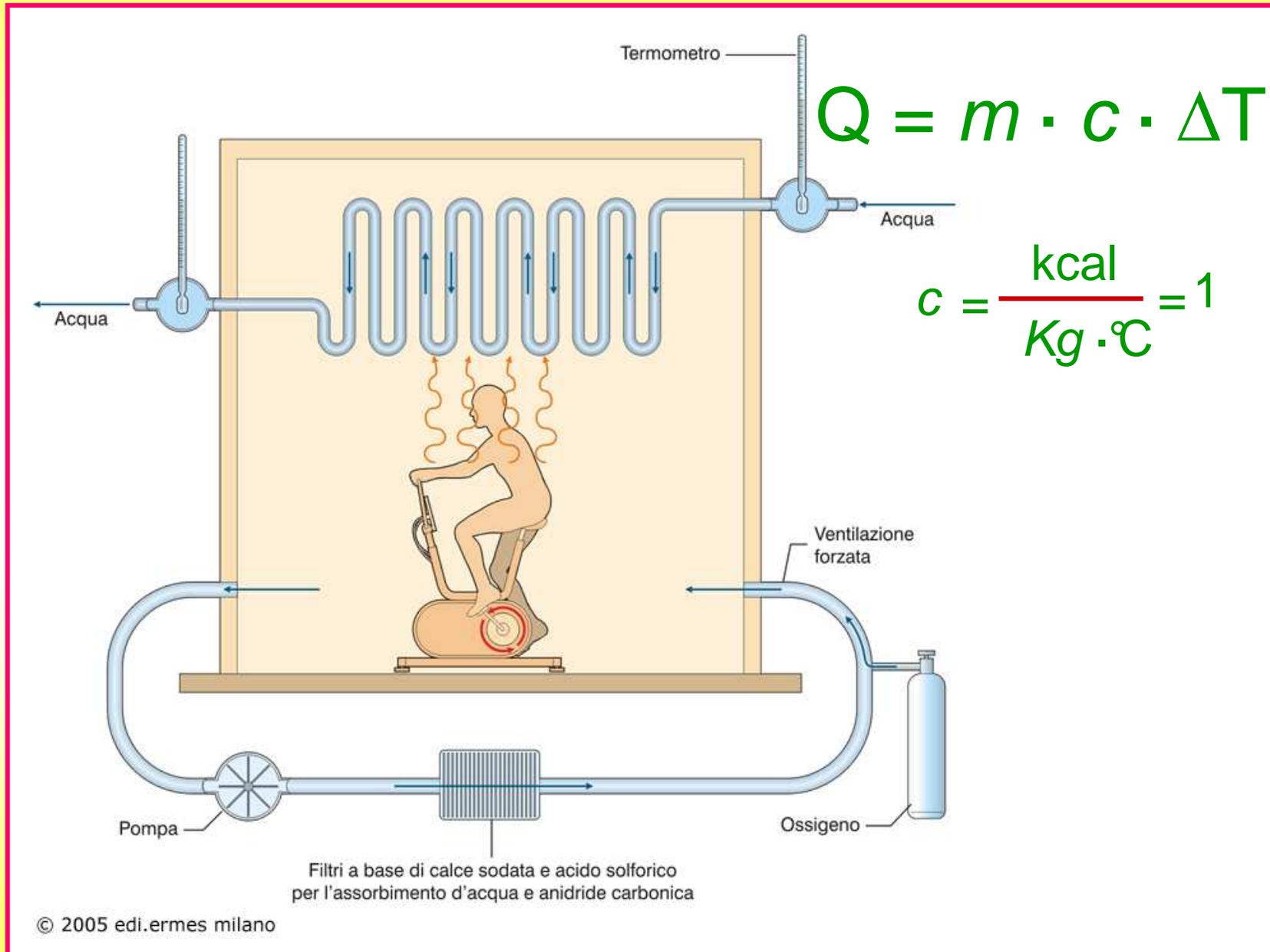


Acido palmitico

**Lavoro muscolare breve ed intenso: QR = 2**  
**Digiuno prolungato, diabete (scarso consumo glicidico e produzione di chetoacidi): QR < 0.7**

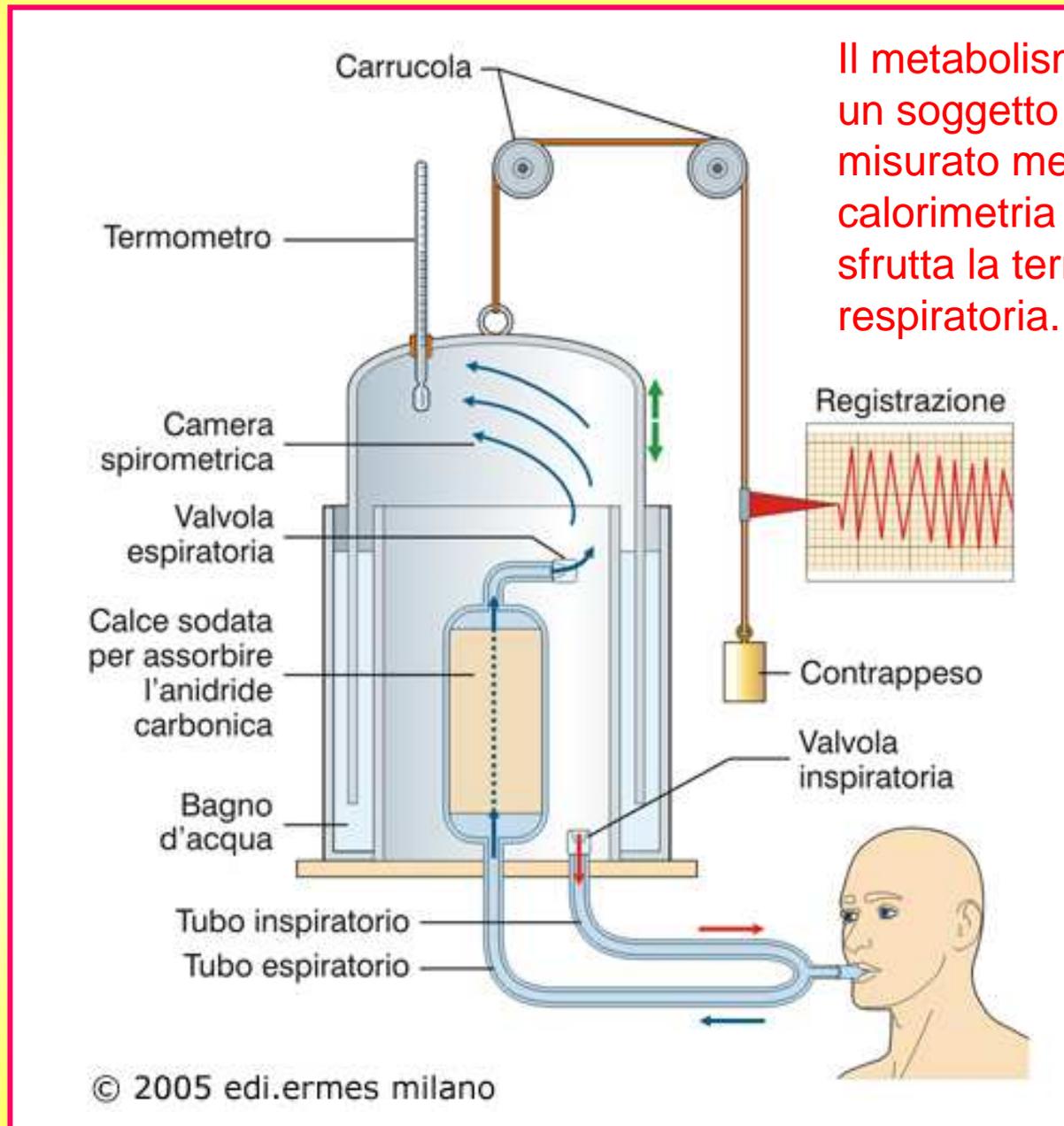
**Quando non si compie lavoro muscolare, quasi il 100% dell'energia spesa dall'organismo e liberata dai processi metabolici, viene convertita in calore corporeo. Quindi la quantità di energia dissipata da un individuo può essere determinata con buona approssimazione dalla misurazione del calore da lui prodotto: *calorimetria*.**

# Il calorimetro ad acqua di Atwater e Benedict



Il metabolismo energetico di un soggetto può essere misurato mediante la calorimetria diretta.

# Il metabolimetro di Benedict-Roth



Il metabolismo energetico di un soggetto può essere misurato mediante la calorimetria indiretta che sfrutta la termochimica respiratoria.

1 gr. di azoto ureico escreto con le urine equivale alla ossidazione di 6.25 gr. di proteine

# Stime della spesa energetica nell'adulto

Attività	Spesa calorica (Kcal/min)	Kcal/giorno
Basale	1.1	1584
Star seduti	1.8	
Marcia, 2.5 miglia/ora (~4 Km/ora)	4.3	
Marcia, 4.0 miglia/ora (~6.5 Km/ora)	8.2	
Salire le scale	9.0	
Nuoto	10.9	
Ciclismo, 13 miglia/ora (~20 Km/ora)	11.1	
Lavoro domestico	da 2.0 a 4.5	
Lavoro nell'industria	da 2 a 6	
Lavoro in campagna	da 4 a 6	
Lavori edili	da 4 a 9	

Dati da Kottke, F.J., "Animal energy exchange". In Altman, P.L., (a cura di), *Metabolism*, Federation of American Society for Experimental Biology, Bethesda, Md. 1968.

(Kcal = "C"aloria)

**Tabella 55.7** Valori medi del dispendio energetico giornaliero distinti in diverse categorie in base alle loro attività professionali

<i>Attività</i>	<i>Dispendio energetico medio (kcal al giorno)</i>
<b>Donne</b>	
Casalinga	2.100
Commessa	2.300
Studentessa	2.400
Operaia	2.600
Lavori pesanti (agricoltura eccetera)	3.000
<b>Uomini</b>	
Pensionato	2.400
Impiegato	2.600
Studente	3.000
Operaio	3.500
Lavoratore (agricoltura)	3.700
Minatore, boscaiolo	4.500

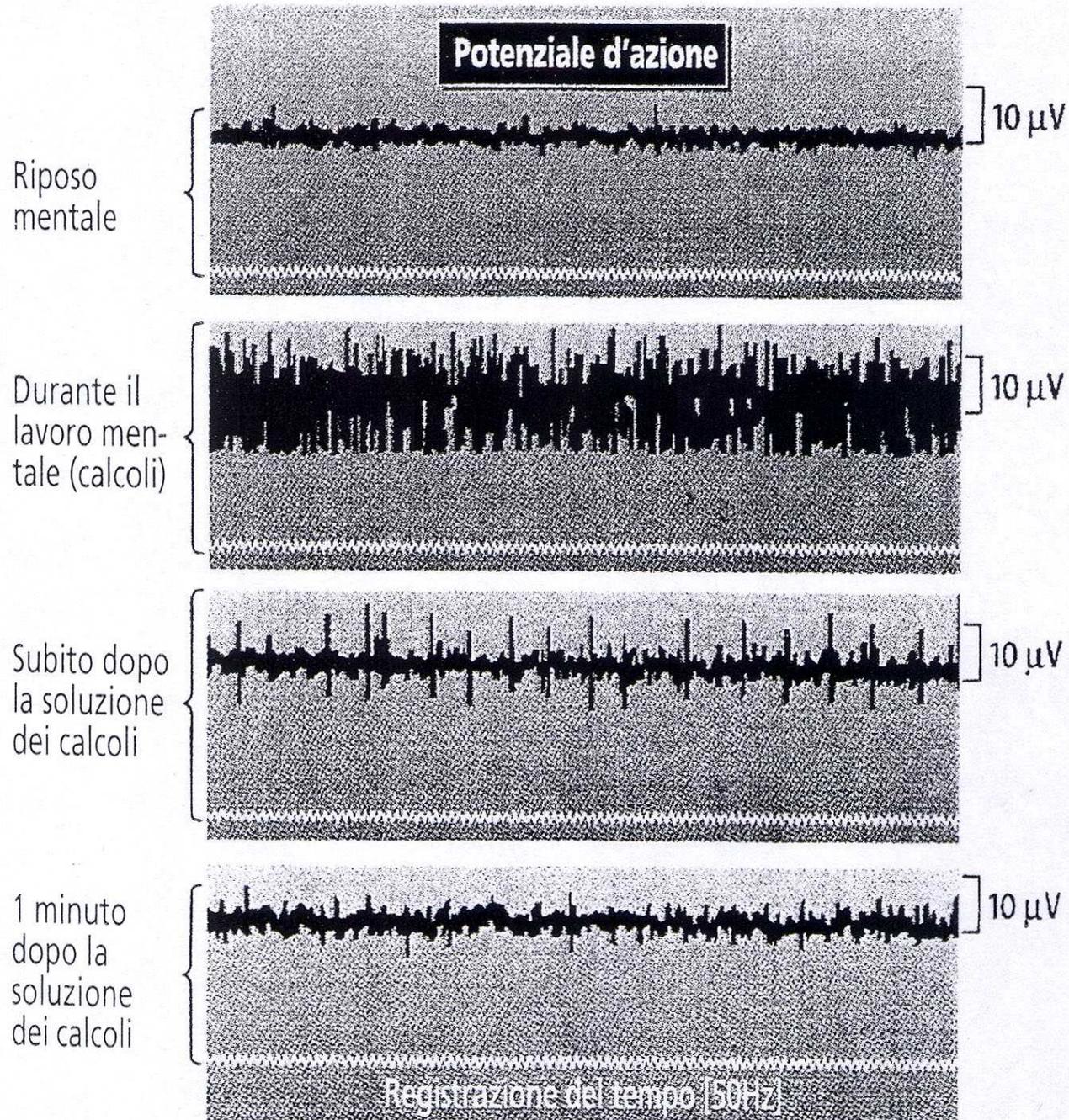
## Contributi dei singoli organi al metabolismo basale dell'uomo

---

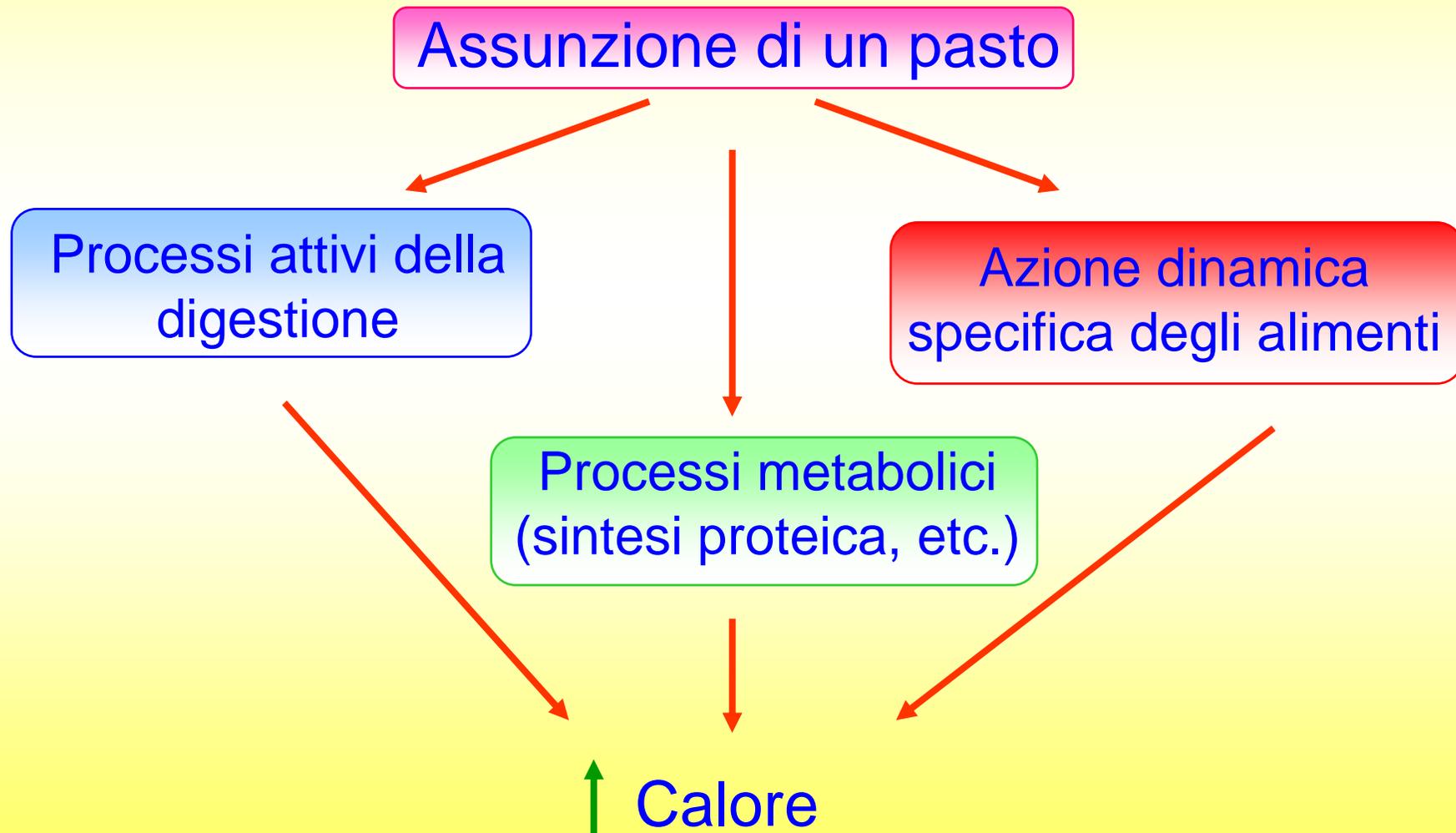
<i>Organo</i>	Fegato	Muscolo	Cervello	Cuore	Reni	Resto
<i>Contributo</i>	26%	26%	18%	9%	7%	14%

---

# Registrazione EMG di un muscolo dell'avambraccio



# L'Assunzione di Cibo Aumenta la Produzione di Energia



# Effetto dei carboidrati e dei grassi sul metabolismo

Pasto ricco di carboidrati e grassi



↑ Metabolismo energetico (4%)

# Azione Dinamica Specifica delle Proteine

Pasto ricco di proteine



Aminoacidi



Processi chimici cellulari



↑ Liberazione di calore



↑ Metabolismo energetico  
(~30% / 3-12 ore)

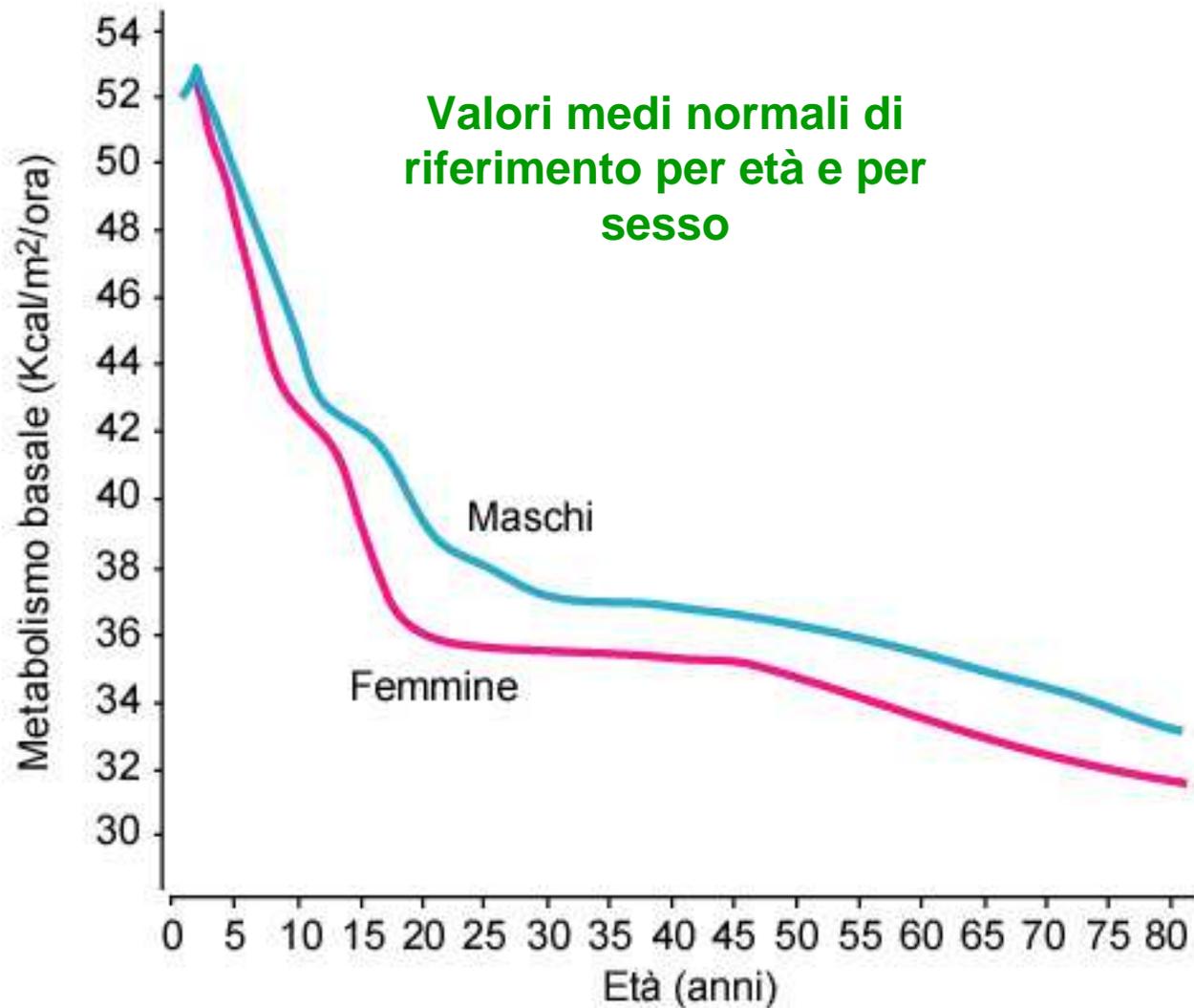
**La misurazione del metabolismo basale consente la valutazione comparativa del metabolismo energetico tra un individuo ed un altro.**

- **Per metabolismo basale s'intende l'entità della spesa energetica di un soggetto in completo riposo, ma in stato di veglia.**

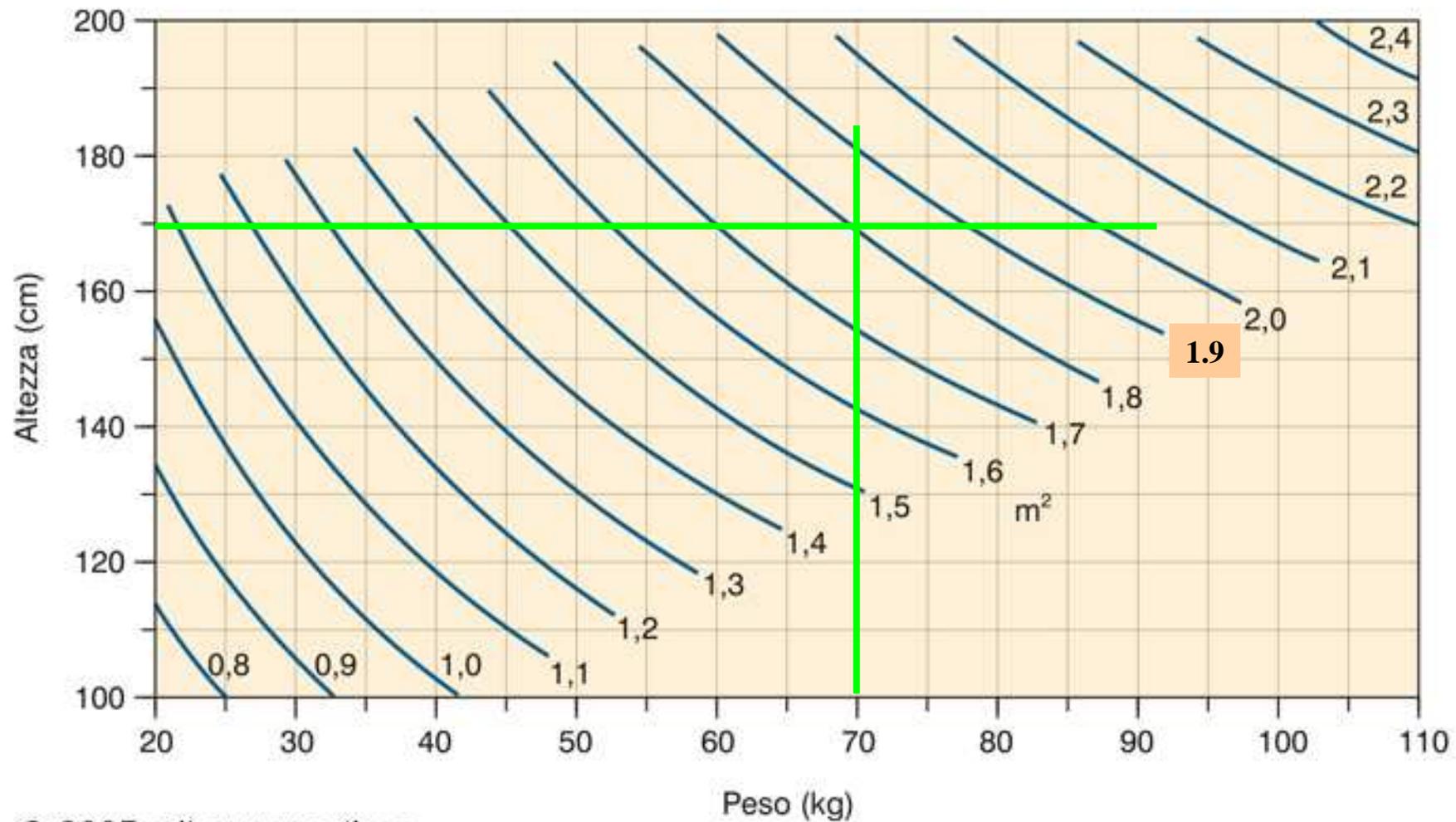
## **Condizioni necessarie per misurare correttamente il metabolismo basale di un soggetto:**

- **A digiuno da almeno 12 ore.**
- **Dopo una notte di sonno riposante.**
- **Nessuna attività fisica per almeno 1 ora.**
- **Eliminazione di fattori psicologici e fisici eccitanti.**
- **Temperatura ambientale compresa tra 20 e 27°C.**

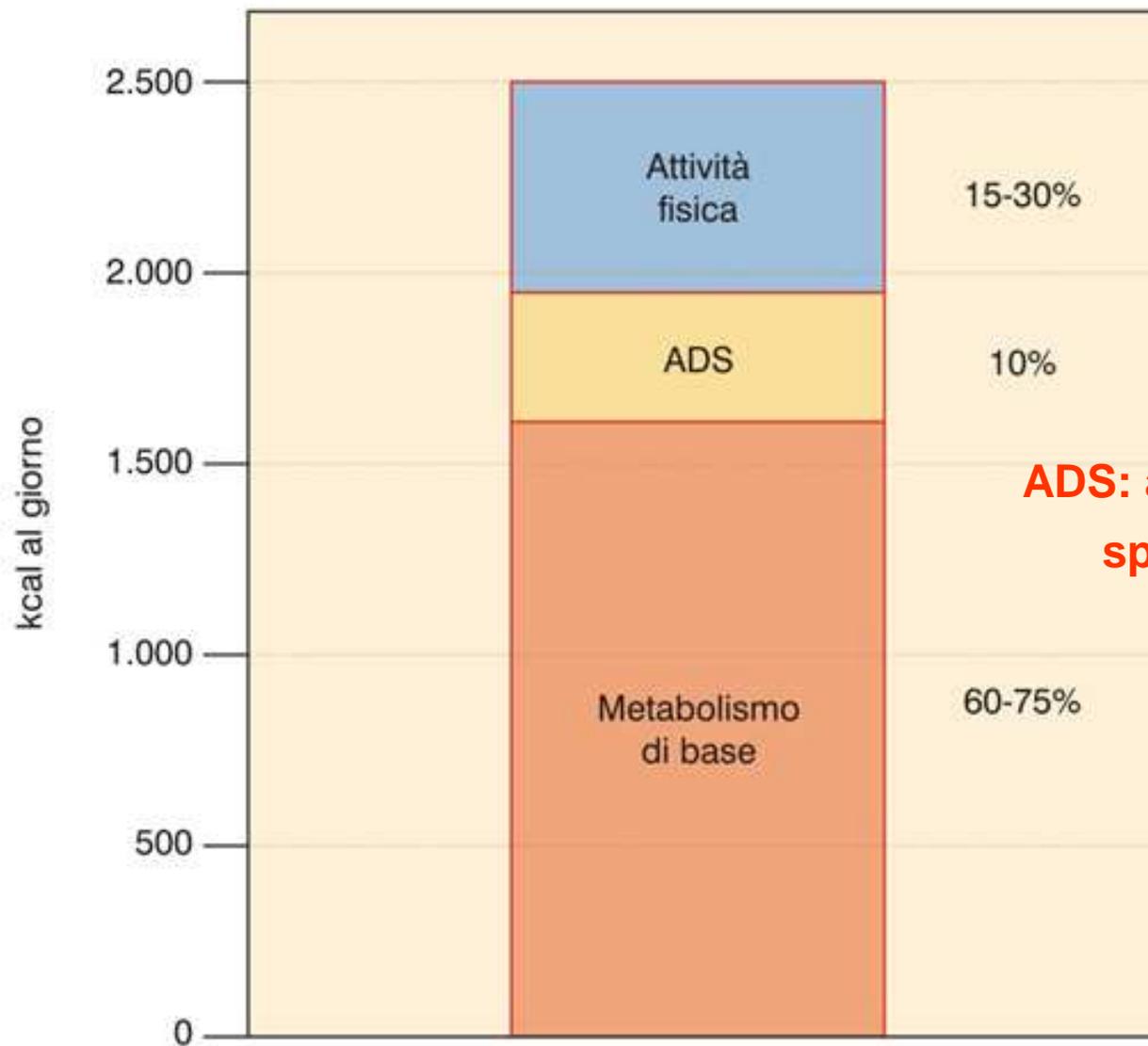
# Il metabolismo basale si esprime in termini di variazione percentuale in più o in meno rispetto al valore normale



# Diagramma di Du Bois per determinare la superficie corporea essendo noti il peso e l'altezza



# Incidenza media percentuale delle componenti che tipicamente concorrono al dispendio energetico totale giornaliero in un soggetto adulto



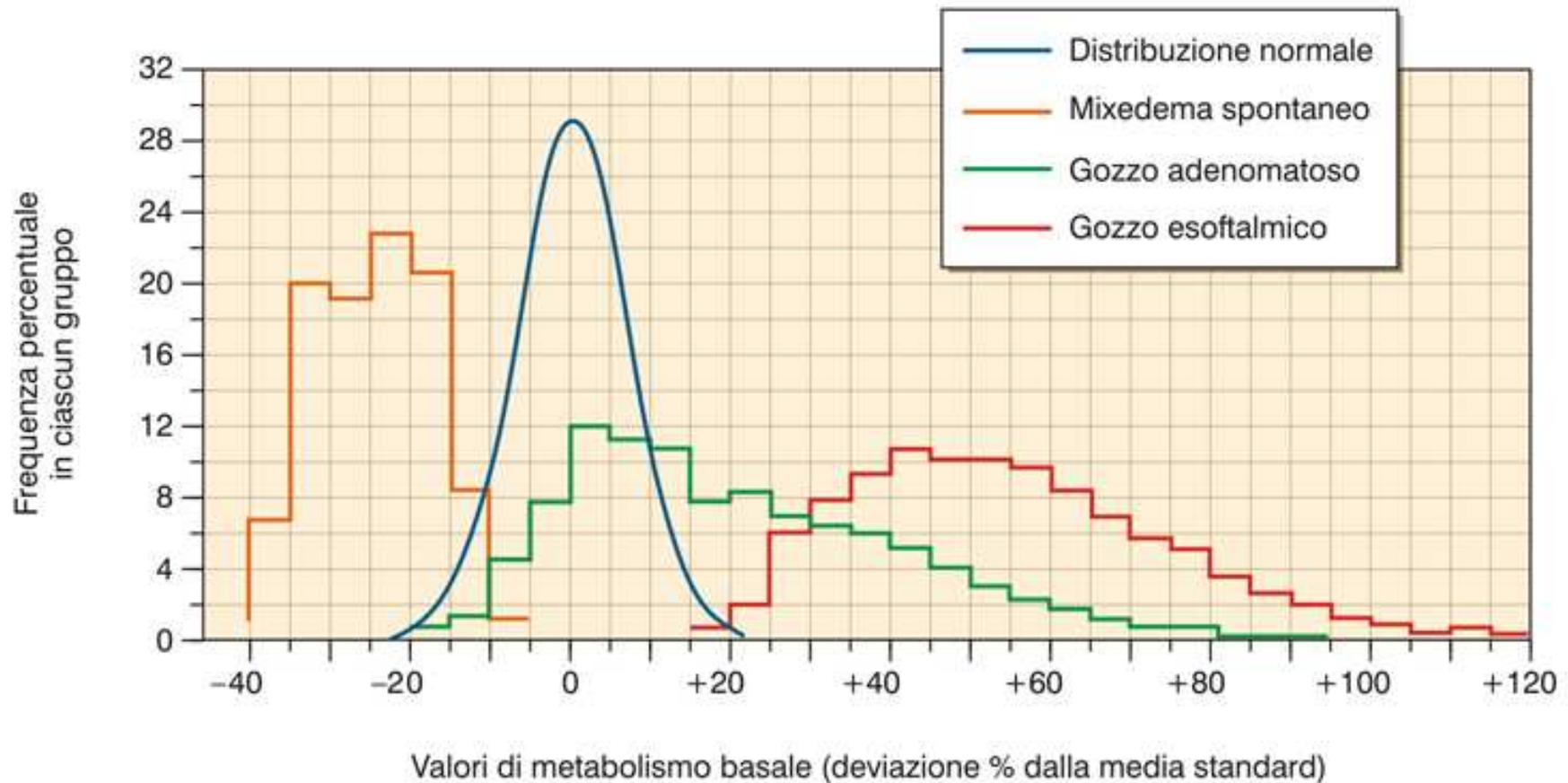
**ADS: azione dinamica  
specificata degli  
alimenti**

# Indice di massa corporea (Body Mass Index)

$$IMC = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Altezza}^2 \text{ (m)}}$$

20 - 24.9	Normopeso
25 - 29.9	Sovrappeso
30 - 39.9	Obeso
> 40	Grave obesità

# Valori di metabolismo basale in soggetti normali confrontati con quelli di soggetti affetti da alterazioni della funzione tiroidea



# *il misuratore del tuo peso ideale*

