

# LE PROTEINE

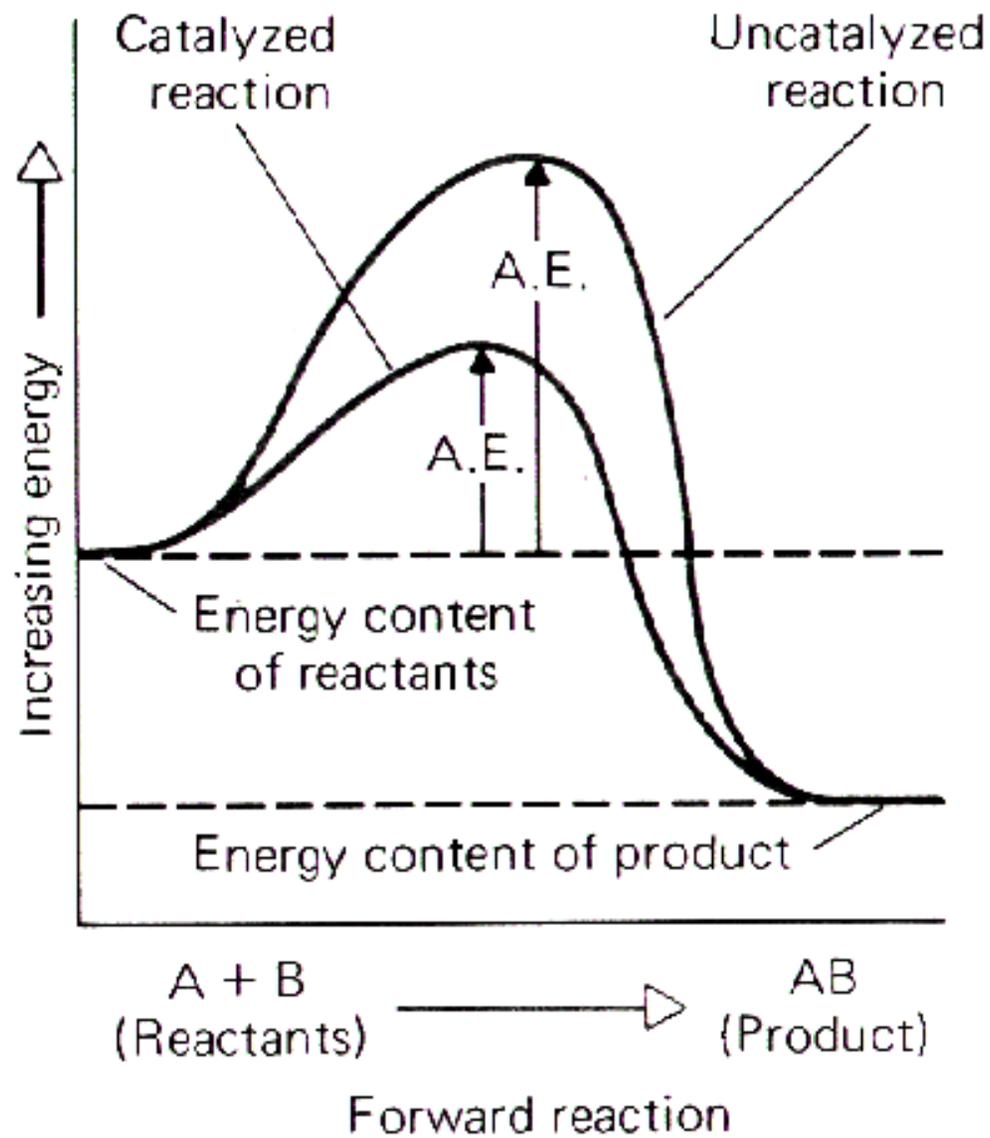
# PROTEINE

## DEFINIZIONE:

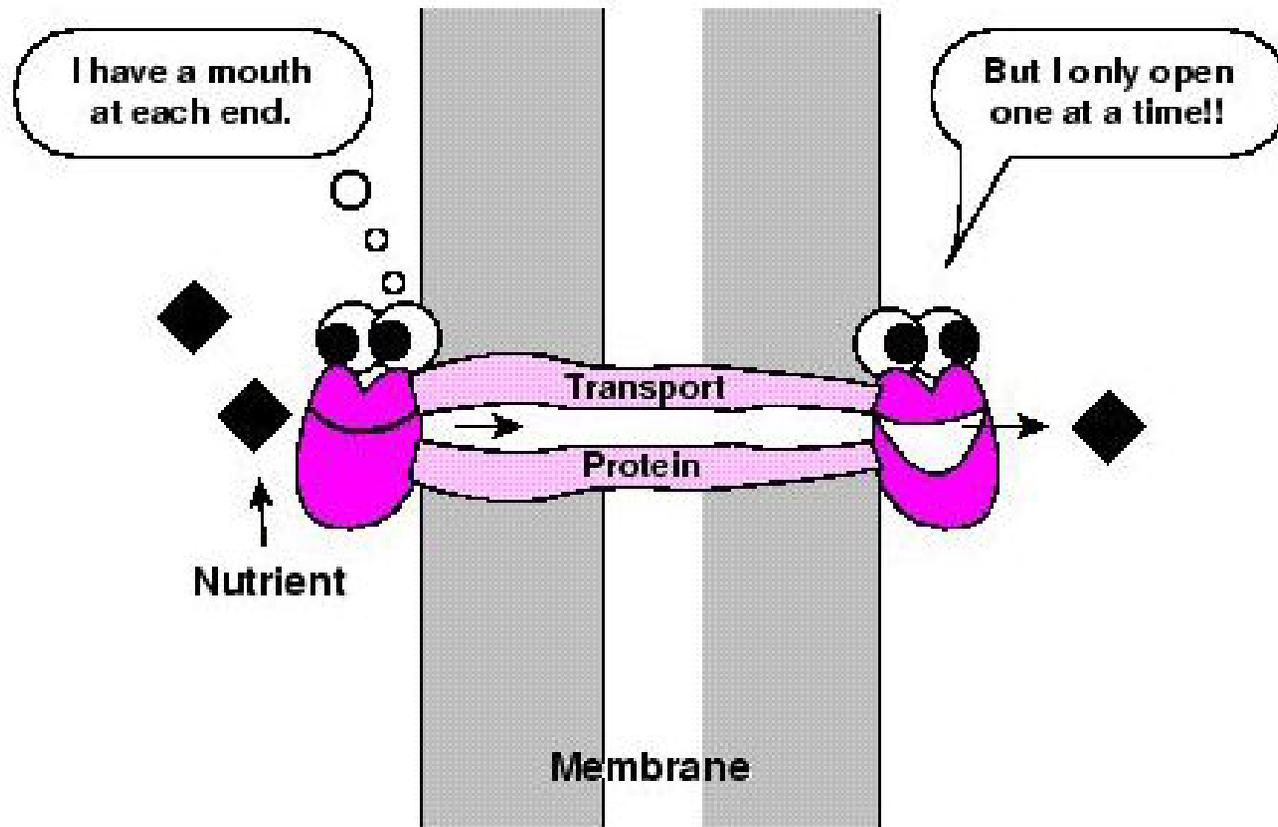
Macromolecole formate di AA della serie L uniti tra loro da un legame peptidico.

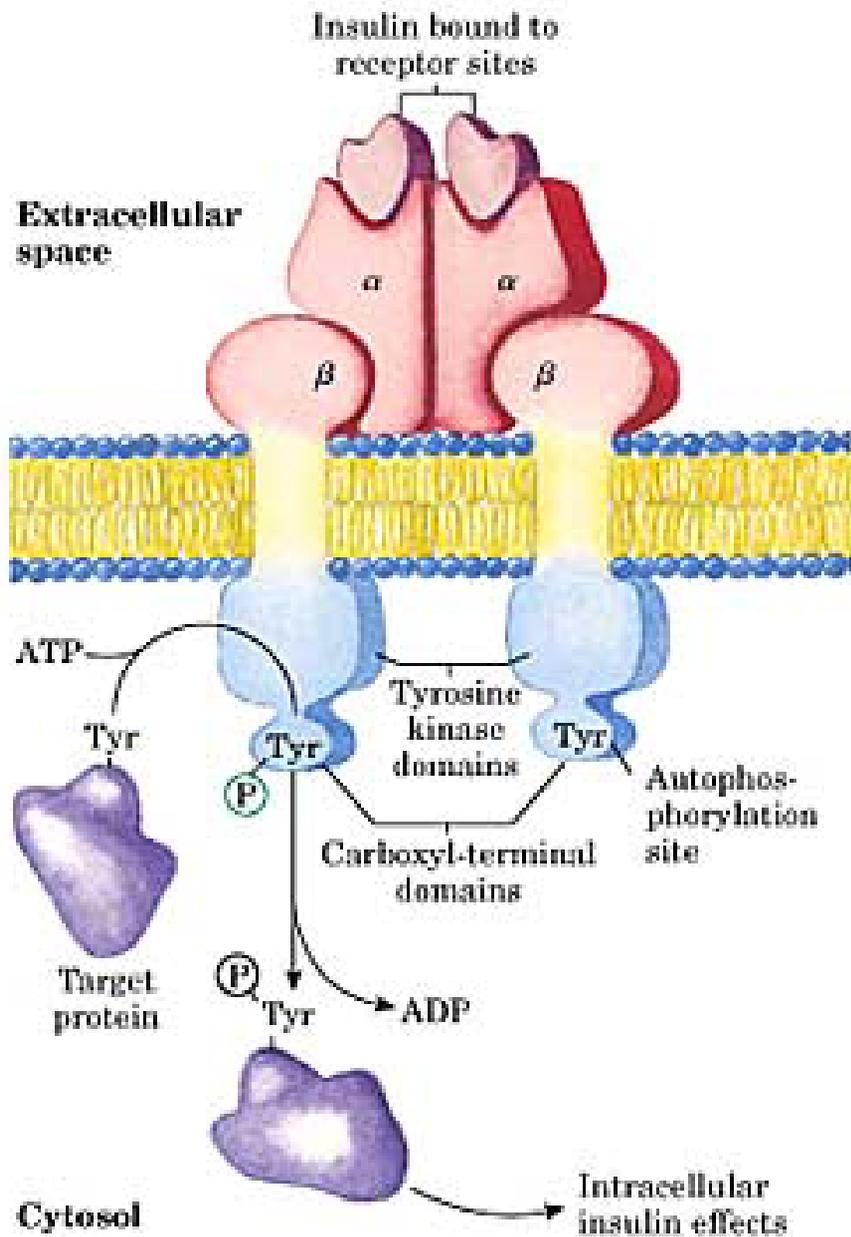
## FUNZIONI:

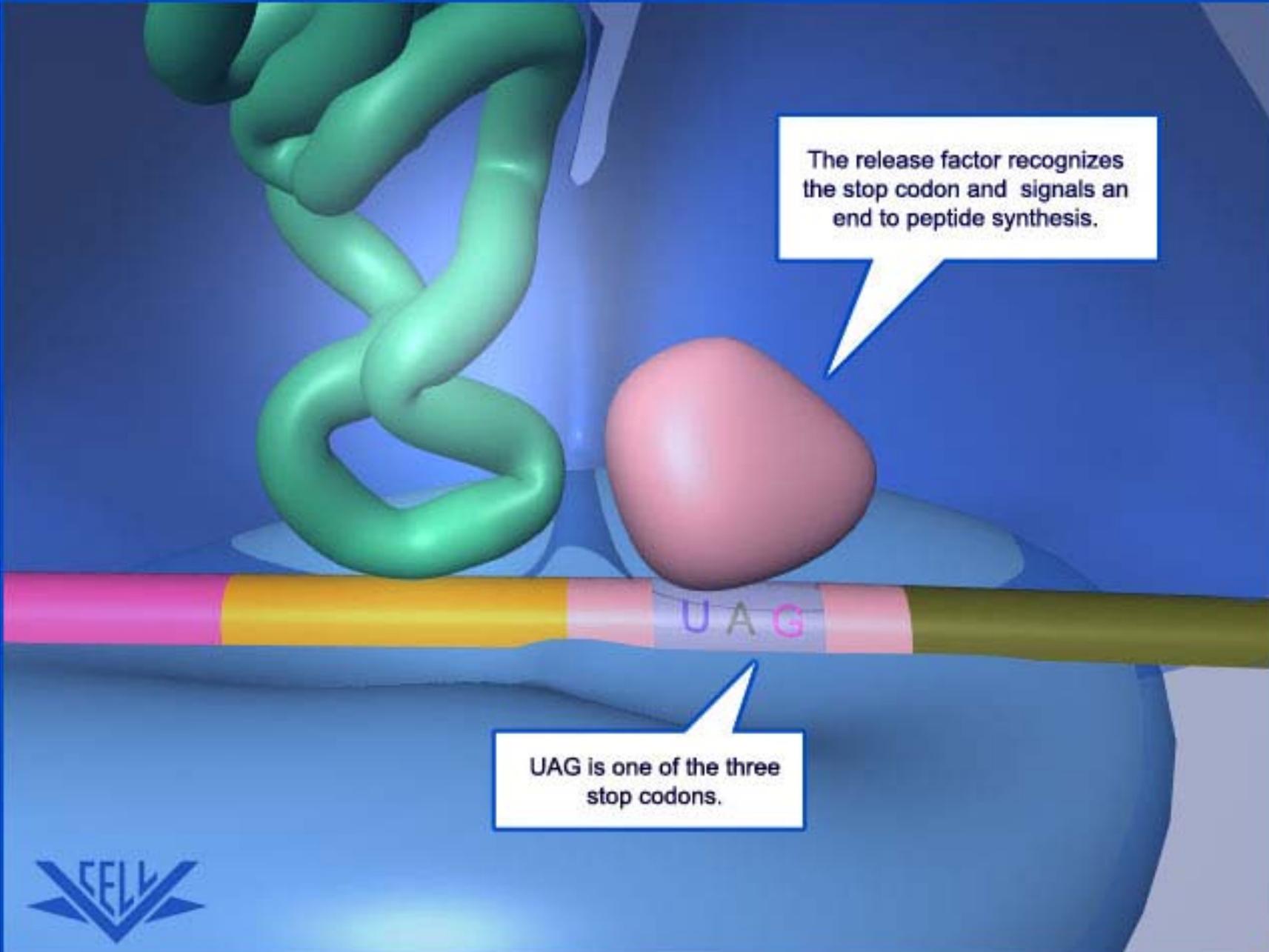
- Strutturale: costruzione delle strutture cellulari
- Funzionale:
  - Catalizzatori biologici
  - Trasportatori (intra/extracellulari, di membrana)
  - Recettori
  - Regolatori dell'espressione genica
  - Ormoni polipeptidici



## 7.4 MEMBRANE TRANSPORT PROTEINS





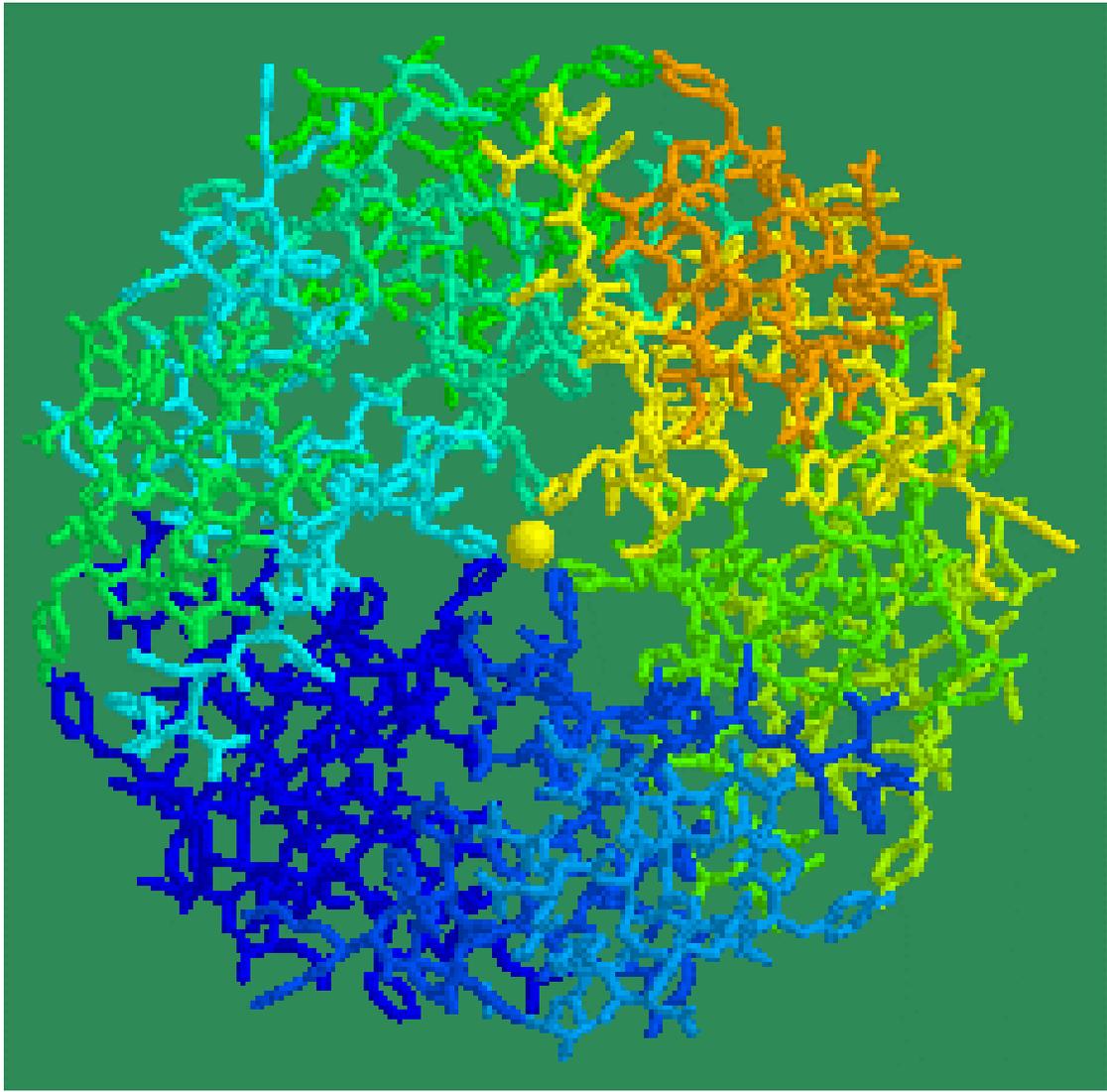


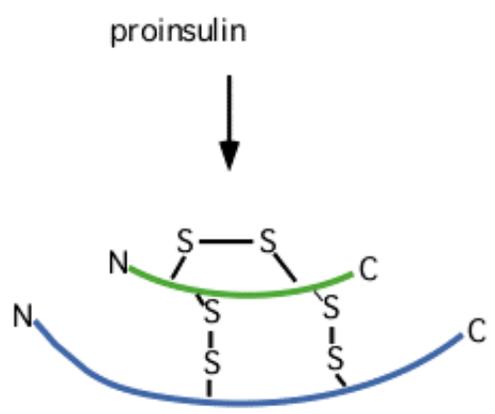
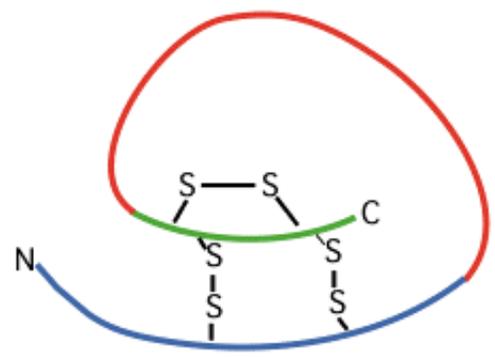
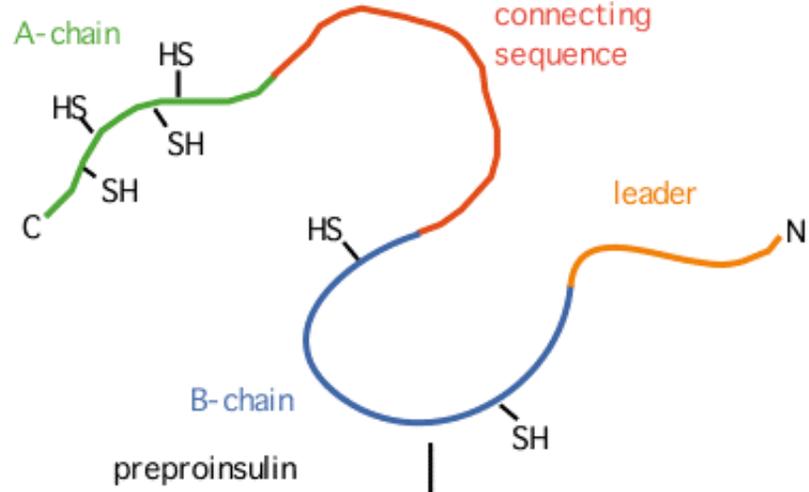
The diagram shows a cross-section of a ribosome, represented by a blue structure. A green polypeptide chain is being synthesized and is attached to a tRNA molecule. The tRNA molecule is shown as a horizontal bar with several colored segments: pink, yellow, and green. The codon UAG is highlighted in the middle segment of the tRNA. A red, rounded structure, representing a release factor, is bound to the UAG codon. Two speech bubbles provide text: one pointing to the release factor and another pointing to the UAG codon.

The release factor recognizes the stop codon and signals an end to peptide synthesis.

UAG is one of the three stop codons.







insulin (active form)

# COSTITUENTI DELLE PROTEINE: AMINOACIDI

Nell'organismo umano ne sono presenti centinaia ma solo 20 nelle proteine.

Per la sintesi di una proteina devono essere presenti tutti contemporaneamente.

## CLASSIFICAZIONE:

- Funzionale: in base alla polarità della catena R
- Nutrizionale: in base alla loro essenzialità.

# AMINOACIDI ESSENZIALI

DEFINIZIONE: Aminoacidi che devono essere introdotti con la dieta.

L'essenzialità è legata al particolare momento biologico.

## AA ESSENZIALI:

RAMIFICATI: VAL, LEU, ILE

AROMATICI: TRP, PHE

NEUTRI: THR

BASICI: HIS, LYS

SOLFORATI: MET

## AA SEMI-ESSENZIALI:

CYS → MET

TYR → PHE

# AMINOACIDI ESSENZIALI (Circa il 40% delle proteine umane)

Tipo Chimico	Fonte Alim. Princ.	Funzioni (o precursori)
<b>RAMIFICATI</b> Isoleucina Leucina Valina	LEGUMI	Regioni idrofobiche di proteine
<b>AROMATICI</b> Fenilalanina Tirosina* Triptofano	UOVA, LATTE, VEGETALI	Epinefrina, Tiroxina Serotonina, Ac. Nicotinico
<b>BASICI</b> Istidina Lisina	CARNI, PESCI, LEGUMI	Struttura terziaria Collagene ed Elastina
<b>NEUTRI</b> Treonina	CARNI, PESCI, LEGUMI	?
<b>SOLFORATI</b> Cisteina* Metionina	UOVA, CEREALI	Struttura terziaria proteine Ponti disolfuro Cheratina e altre proteine strutturali

\* semiessenziali

# FUNZIONI FISIOLOGICHE DEGLI AA

• Costruzione di proteine corporee: comprese proteine che proteggono l'organismo dall'invasione di organismi patogeni.

• Sintesi di altri composti:

-Neurotrasmettitori

serotonina (TRP)

catecolamine (PHE)

-Mediatori

ossido nitrico (ARG)

-Componenti altoenergetici

creatina (GLY, ARG)

-Cotrasportatori

carnitina (LYS)

-Antiossidanti

glutathione (GLY, CYS, GLU)

-Vitamine

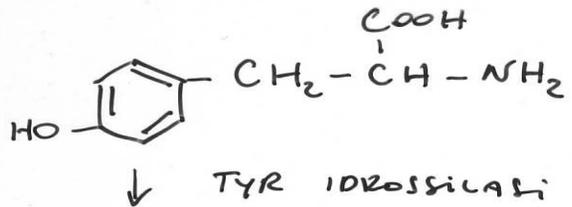
niacina (TRP)

-Ormoni

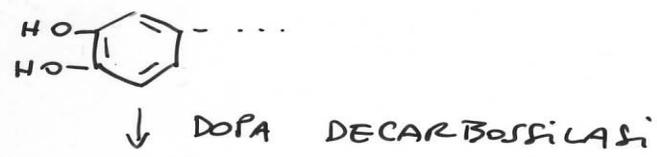
tiroxina (PHE)

• Utilizzazione energetica: utilizzata quando la disponibilità energetica è compromessa.

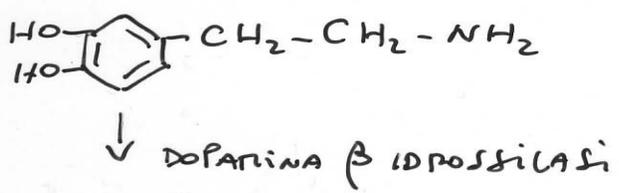
# SINTESI DELL'ADRENALINA



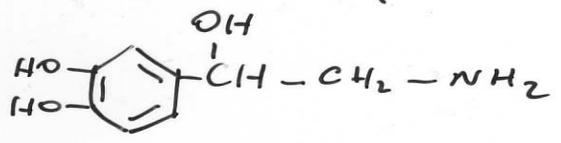
TIROSINA



DOPA

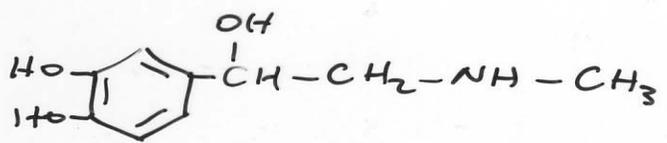


DOPAMINA



NORADRENALINA

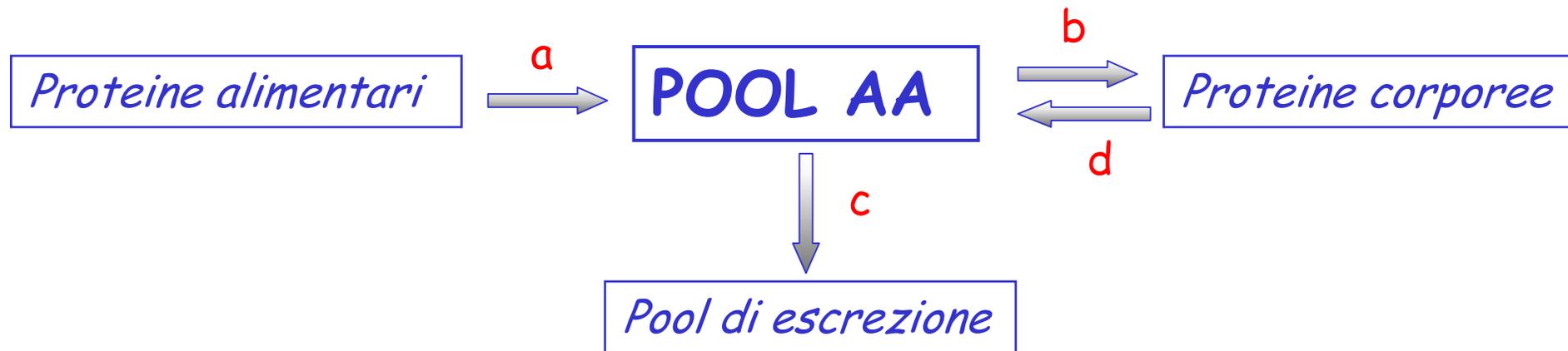
NELLA MIDOLLA DEL  
SURRENE  
( FENILETANOLAMMINA  
N-METIL TRANSFERASI )



ADRENALINA

# POOL AMINOACIDICO

Gli AA e le proteine sono legate tra loro da un rapporto dinamico che consente un flusso di AA da e verso le proteine detto pool aminoacidico.



Flusso entrata =  $a - b$

Flusso di uscita =  $c - d$

# BILANCIO DI AZOTO

Bilancio zero: stato di mantenimento

Le entrate e le uscite si equivalgono ( $a = c$ ;  $b = d$ ).

Bilancio positivo: stato di accrescimento

Le uscite sono inferiori alle entrate ( $a > c$ ;  $b > d$ ).

Bilancio negativo: perdita di massa proteica

Le uscite sono superiori alle entrate ( $c > a$ ;  $d > b$ ).

Il bilancio proteico è di solito fornito in N (N 16% delle proteine) e calcolato sulla base delle entrate e delle uscite giornaliere.

# TURNOVER PROTEICO

Il POOL AMINOACIDICO è quindi legato al turnover proteico.

## Caratteristiche del turnover proteico:

- Esteso: tutte le proteine ne sono soggette
- Eterogeneo: la velocità di turnover varia
- Intracellulare: sintesi e degradazione avvengono nella cellula
- Regolato: a vari livelli sia di sintesi che di degradazione
- Variabile: diminuisce dalla nascita all'età adulta
- Richiede energia: circa il 20% del MB.

Quantitativamente corrisponde a 3-4 volte l'introduzione di proteine ed è pari a 3-4 g di proteine/kg/die.

**Regolato (sintesi)**

```
graph TD; A[Regolato (sintesi)] --> B[Breve termine]; A --> C[Lungo termine]; B --> D[Attività ribosomale]; C --> E[Concentrazione cellulare di ribosomi]
```

**Breve  
termine**

**Lungo  
termine**

**Attività  
ribosomale**

**Concentrazione  
cellulare di  
ribosomi**

# Regolato (degradazione)

- Sistema autofagico lisosomiale
- Sistema Calpaina-Calpastatina
- Sistema Ubiquitina-Proteasoma

# FABBISOGNO PROTEICO

## IDEALE

Quantità che, nelle diverse condizioni fisiologiche, è in grado di assicurare lo sviluppo fisico e psichico ottimale compatibile con le potenzialità genetiche della specie.

## PRATICO

Il più basso livello di introduzione che, nell'adattamento dell'organismo ad un'introduzione decrescente del nutriente, precede immediatamente la transizione da una condizione fisiologica ad una patologica.

# FABBISOGNO PROTEICO

Fabbisogno proteico quantitativo: la più bassa quantità di proteine di elevata qualità capace, in presenza di un adeguato apporto energetico, di mantenere un equilibrio di azoto.

Oltre al fabbisogno proteico quantitativo va anche stabilita la qualità delle proteine in termini di AA e di digeribilità.

Metodi per il calcolo del fabbisogno proteico si basano sul bilancio dell'azoto e sugli isotopi marcati.

# QUALITA' BIOLOGICA O VALORE NUTRIZIONALE

Per qualità biologica si intende la capacità delle proteine di soddisfare le esigenze fisiologiche dell'organismo.

Dipende dalle seguenti componenti:

- Intrinseca: legata al contenuto di AA indispensabili nella proteina
- Estrinseca: legata alle interazioni della proteina con l'organismo quindi alla sua digeribilità e alla biodisponibilità degli AA.

# METODI PER VALUTARE LA QUALITA' BIOLOGICA DELLE PROTEINE

**METODI BIOLOGICI:** tengono conto anche della digeribilità della proteina.

**METODI CHIMICI:** determinano il contenuto degli AA nella proteina o nell'alimento.

**METODI MICROBIOLOGICI:** utilizzano microrganismi (Tetrahymena o Streptococco) che richiedono per il loro sviluppo analoghe quantità di proteine con lo stesso schema distributivo degli AA essenziali.

# METODI PER VALUTARE LA QUALITA' BIOLOGICA DELLE PROTEINE: metodi biologici

Si basano sulla misura diretta o indiretta della deposizione proteica o sull'aumento di peso corporeo che la proteina o la miscela di proteine in esame è capace di promuovere.

PER =  $\frac{\text{peso finale} - \text{peso iniziale}}{\text{intake proteico}}$  (basato sulla variazione di peso)

NPU =  $\frac{\text{N trattenuto}}{\text{N introdotto}} \times 100$  (basato sull'N depositato nella carcassa)

BV =  $\frac{\text{N introdotto} - \text{N feci} - \text{N urine}}{\text{N introdotto} - \text{N feci}}$  (se N urine = 0  
BV = 1 = max)

Limiti: durata e costi delle analisi; non danno informazioni sul contenuto di AA.

# METODI PER VALUTARE LA QUALITA' BIOLOGICA DELLE PROTEINE: metodi chimici

Necessitano di un metodo attendibile e riproducibile per determinare gli AA.

INDICE CHIMICO: determina il rapporto tra il contenuto di ogni singolo AA indispensabile e il corrispondente AA di un pattern di riferimento considerato ottimale.

$$\frac{\text{mg AA essenziale} / \text{g proteina test}}{\text{mg AA essenziale} / \text{g proteina riferimento}} \times 100$$

L'AA presente in concentrazione minore è detto LIMITANTE.

LIMITI: non tiene conto della digeribilità proteica.

# PROTEINA DI RIFERIMENTO

**Table 3.7** FAO/WHO/UNU suggested patterns of human amino acid requirements† = PROTEINA DI RIFERIMENTO

Amino acid (mg/g crude protein)	Suggested pattern of requirement			
	Infant Mean (range)*	Pre-school child (2-5 years)	School-child (10-12 years)	Adult
Histidine	26 (18-36)	19	19	16
Isoleucine	46 (41-53)	28	28	13
Leucine	93 (83-107)	66	44	19
Lysine	66 (53-76)	56	44	16
Methionine + cystine	42 (29-60)	25	22	17
Phenylalanine + tyrosine	72 (68-118)	63	22	19
Threonine	43 (40-5)	34	25	9
Tryptophan	17 (16-17)	11	9	5
Valine	55 (44-77)	35	25	13
<b>Total</b>				
Including histidine	460 (408-588)	339	241	127
minus histidine	434 (390-552)	320	222	111

(† FAO/WHO/UNU 1985).

\* Amino acid composition of human milk.

For adults, safe level taken as 0.75 g/kg; children (10-12 years) 0.99 g/kg; children (2-5 years) 1.10 g/kg. (This age range is chosen because it coincides with the age range of the subjects from whom the amino acid data were derived. The pattern of amino acid requirement of children between 1 and 2 years may be taken as intermediate between that of infants and pre-school children.)

# DIGERIBILITA' PROTEICA

DEFINIZIONE: quantità di proteina realmente digerita ed assorbita.

Digeribilità apparente: 
$$\frac{N \text{ ingerito} - N \text{ fecale}}{N \text{ ingerito}} \times 100$$

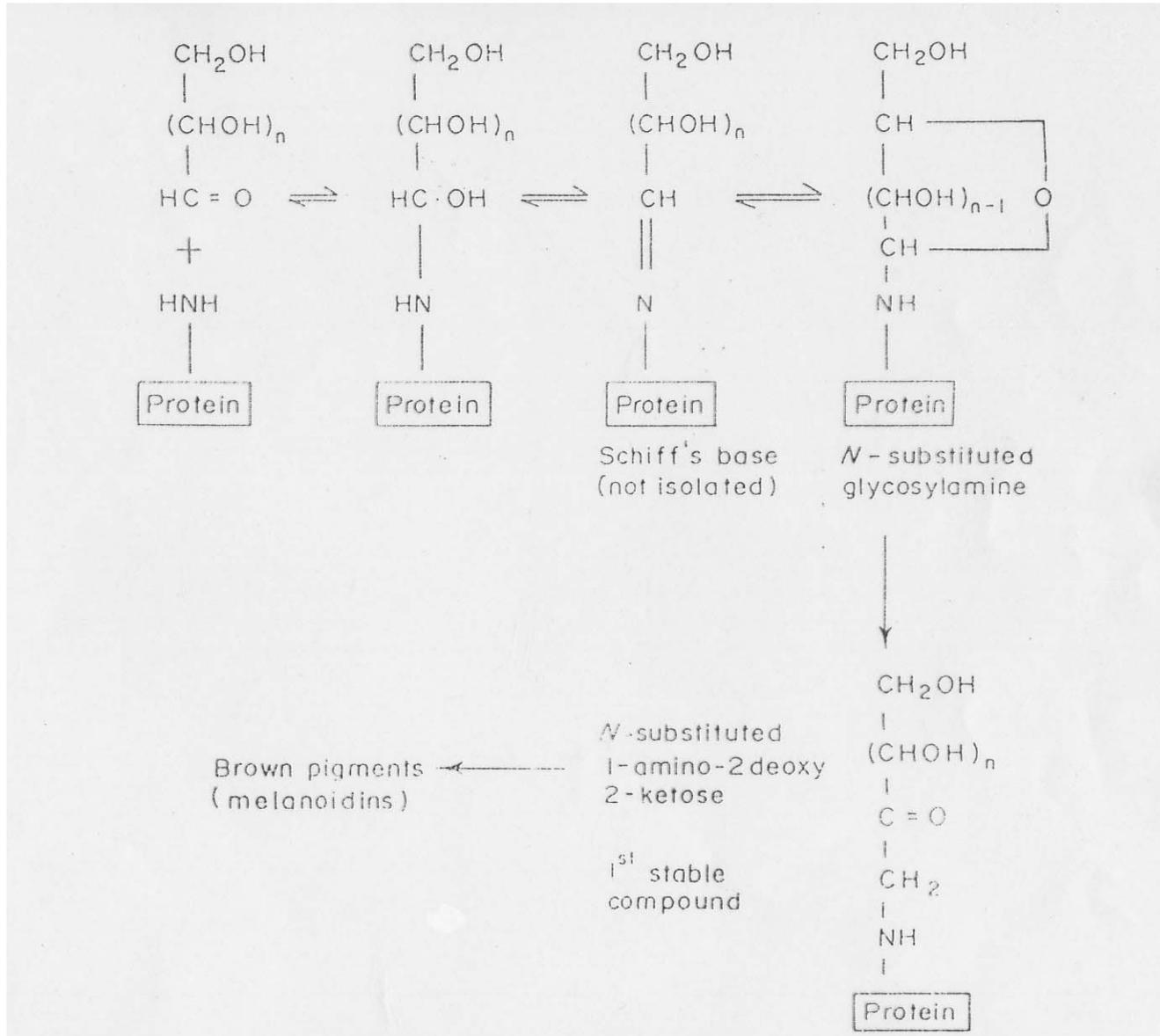
Digeribilità reale: 
$$\frac{N \text{ ingerito} - (N \text{ fecale} - N \text{ endogeno})}{N \text{ ingerito}} \times 100$$

La digeribilità è mediamente compresa tra 80 e 90%.

La digeribilità è influenzata da:

- » Trattamenti termici
- » Presenza di inibitori delle proteasi
- » Presenza di antinutrienti
- » Presenza di proteine resistenti alla digestione

# REAZIONE DI MAILLARD: IMBRUNIMENTO NON ENZIMATICO



# Valori di digeribilità delle proteine nell'uomo

Tab. 36 - Valori della digeribilità delle proteine nell'uomo

Fonte proteica	Digeribilità reale (media $\pm$ SD)	Digeribilità relativa alle proteine di riferimento	Bibliogr. <sup>a</sup>
Uovo	97 $\pm$ 3		
Latte, formaggio	95 $\pm$ 3	95	
Carne, pesce	94 $\pm$ 3	100	
Mais	85 $\pm$ 6	89	
Riso raffinato	88 $\pm$ 4	93	
Frumento integrale	86 $\pm$ 5	90	
Frumento raffinato	96 $\pm$ 4	101	
Farina d'avena	86 $\pm$ 7	90	
Miglio	79	83	
Piselli maturi	88	93	
Pasta d'arachidi	95	100	
Farina di soia	86 $\pm$ 7	90	
Fagioli	78	82	
Mais + Fagioli	78	82	b
Mais + Fagioli + Latte	84	88	b
Dieta indiana di riso	77	81	[10]
Dieta indiana di riso + Latte	87	92	[10]
Dieta mista cinese	96	98 <sup>c</sup>	[11]
Dieta mista brasiliana	78	82	[12]
Dieta mista filippina	88 <sup>d</sup>	93	[13]
Dieta mista americana	95 <sup>d</sup>	101	[14]
Dieta indiana di riso + fagioli	78 <sup>d</sup>	82	[15]

a) Tutti i dati derivano dalla nota bibliografica [9] salvo quando è indicato diversamente.

b) Viteri, F., dati non pubblicati, 1971.

c) Relativo all'uovo misurato nello stesso studio.

d) Ricalcolate dalla digeribilità apparente, impiegando  $F_1 = 12$  mg N/kg (vedi testo).

# Valori di digeribilità delle proteine nell'uomo

1.34. - Punteggio aminoacidico corretto della digeribilità proteica di alcuni alimenti\*.

Prodotto	Proteine (Nx6,25) %	Digeribilità proteica %	Punteggio aminoacidico	Punteggio corretto per la digeribilità proteica
Caseina	94,7	99	1,19	1,00
Albume d'uovo	87,0	100	1,19	1,00
Bue	95,2	98	0,94	0,92
Farina di piselli	30,8	88	0,79	0,69
Fagiolo variegato in scatola	23,6	73	0,78	0,57
Fagiolo variegato in scatola	23,7	79	0,80	0,63
Fagiolo variegato autoclavato	19,9	80	0,77	0,62
Fagiolo in scatola	18,9	81	0,84	0,68
Fagiolo marinaro autoclavato	23,3	84	0,84	0,70
Fagiolo nero autoclavato	21,7	72	0,74	0,53
Fava autoclavata	27,9	86	0,55	0,47
Lenticchie in scatola	28,0	84	0,62	0,52
Lenticchie autoclavate	21,9	85	0,60	0,51
Ceci in scatola	21,2	88	0,81	0,71
Ceci in scatola	21,4	89	0,74	0,66
Piselli Century, autoclavati	13,9	83	0,82	0,68
Piselli Trapper, autoclavati	15,7	84	0,73	0,61
Proteine di soia, concentrato	70,2	95	1,04	0,99
Proteine di soia, isolato	92,2	98	0,94	0,92
Proteine di soia per analisi	93,0	95	0,97	0,92
Proteine di piselli, concentrato	57,0	92	0,79	0,73
Proteine di semi di colza, concentrato	68,3	95	0,98	0,93
Proteine di semi di colza, isolato	87,3	95	0,87	0,83
Proteine di semi di girasole, isolato	92,7	94	0,39	0,37
Glutine di frumento	87,0	96	0,26	0,25
Farina di arachide	61,2	94	0,55	0,52
Frumento integrale	16,2	91	0,44	0,40
Avena arrotolata	18,4	91	0,63	0,57
Glutine di riso-frumento	20,3	95	0,27	0,26

\* Rapporto degli esperti della Consulta FAO/WHO, 1984

# Esempio di calcolo

## Dieta a base di frumento (AA limitante LYS)

Contenuto proteico: N x 5.83

Contenuto di N: 9 g/100 g

Digeribilità: 86%

Contenuto di LYS: 1.1 g/ 100 g

Proteine totali: 9 x 5.83 = 52.47 g/100g

Indice chimico:  $\frac{\text{mg LYS/g proteina test}}{\text{mg LYS /g STD}} = \frac{1100/52.47}{66} = 0.318$

Valore proteico: contenuto proteico x indice chimico x digeribilità =  
 $52.47 \times 0.318 \times 0.86 = 14.35$

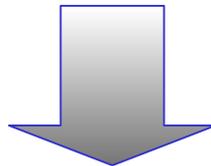
**RISULTATO:** 100 g di dieta sono equivalenti a 14.35 g di proteine di riferimento.

# COMBINAZIONI ALIMENTARI

Alimenti vegetali	Aminoacido limitante	Alimento complementare	Esempio di combinazione
Granaglie (o cereali)	Lisina, treonina	Legumi	Pasta e fagioli
Fagioli di soia e altri legumi	Metionina	Frutta secca e semi	Riso e piselli
Mais	Triptofano, lisina	Legumi	Tortillas e fagioli
Verdura	Metionina	Frutta secca e semi	Insalata belga con le noci

# RACCOMANDAZIONI

- Fabbisogno di proteine nell'adulto:  
0.6 g/kg/die
- Livello di sicurezza:  
fabbisogno + 2 SD = 0.75 g/kg/die  
digeribilità proteica media: 80 %  
indice chimico medio: 70 %



1 g/kg/die  
~ 12 % energia introdotta (< 15 %)

GRAVIDANZA: + 6 g/die

ALLATTAMENTO: + 17 g/die (LARN'96)

# Fabbisogni aggiuntivi in gravidanza ed allattamento

- GRAVIDANZA

- aumento in peso: 10-12 kg
- peso del neonato: 3.3 kg
- deposizione proteica: 925 g ovvero 3.3 g/die

FABBISOGNO AGGIUNTIVO: + 6 g/die

- ALLATTAMENTO

- escrezione media di latte: 800 mL/die
- contenuto medio di proteine: 1.15 g/100g
- perdita da reintegrare: 9.2 g/die

FABBISOGNO AGGIUNTIVO: + 17 g/die

# FONTI ALIMENTARI

<i>Alimenti</i>	<i>Proteine (g/100g)</i>
<b><i>Carni fresche crude</i></b>	
Petto di pollo	23,3
Fesa di vitellone	21,8
Bistecca di maiale	21,3
Coscio di coniglio	21,0
Filetto di vitello	20,7
<b><i>Legumi cotti</i></b>	
fagioli	7,9-8,0
Ceci bolliti	7,2
lenticchie	5,0-6,9
piselli	5,3
Fave fresche	5,2
<b><i>Cereali</i></b>	
farro	15,1
Fette biscottate integrali	14,2
Biscotti per l'infanzia	13,2
Orzo perlato	10,4
Mais	9,2
Pane	8,9
Fiocchi di avena	8,0
Pasta di semola cotta	4,2
Riso brillato cotto	2,0
<b><i>Uova</i></b>	
Tuorlo d'uovo	15.8
Uova di gallina intero	12.4
<b><i>Latte e formaggi</i></b>	
Grana	33.0
Mozzarella di vacca	18.7
Formaggino	11.2
Ricotta di vacca	8.8
Latte di vacca	3.3-3.6

# Sindromi da carenza proteica

Kwashiorkor

Marasma