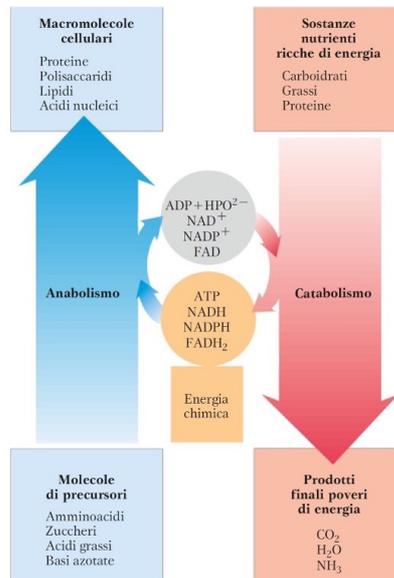


# BIOENERGETICA E METABOLISMO

**Figura 2** Relazioni energetiche tra vie anaboliche e vie cataboliche. Le vie cataboliche generano energia in forma di ATP, NADH, NADPH e FADH<sub>2</sub>. Queste molecole sono poi usate nelle vie anaboliche per convertire piccoli precursori in macromolecole.



**METABOLISMO:** insieme di tutte le trasformazioni chimiche che avvengono in una cellula o organismo, opera attraverso una serie di reazioni catalizzate da enzimi che costituiscono le vie metaboliche.

1



$$\Delta G^0 = -RT \ln \frac{[P1_{eq}][P2_{eq}]}{[R1_{eq}][R2_{eq}]}$$

**$\Delta G^0$ :** ENERGIA LIBERA STANDARD. INDICA LA SPONTANEITA' DI UNA REAZIONE IN CONDIZIONI FISICHE STANDARD.

IN GENERALE

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln \frac{[P1_{in}][P2_{in}]}{[R1_{in}][R2_{in}]}$$

In generale  $-\Delta G$  (diminuzione dell'energia libera) indica una reazione esoergonica, che avviene spontaneamente a T e P costanti

**BIOENERGETICA:** studio quantitativo delle trasduzioni energetiche (i cambiamenti dell'energia da una forma a un'altra) che avvengono nelle cellule, e della natura e delle funzioni dei processi chimici alla base di queste conversioni di energia.

2

L'ENERGIA LIBERA, O  $\Delta G$ , INDICA  
L'EVOLVERE DI UNA REAZIONE A T E P  
COSTANTI (CELLULA)

$$\triangleright \Delta G = G_{\text{PRODOTTI}} - G_{\text{REAGENTI}}$$

–  $\Delta G < 0$ : REAZIONE ESOERGONICA  
FAVORITA

–  $\Delta G > 0$ : REAZIONE ENDOERGONICA  
SFAVORITA

–  $\Delta G = 0$ : REAZIONE ALL'EQUILIBRIO

3

**PRINCIPIO DI ADDITIVITA':**

$\triangleright$  SE UNA REAZIONE HA  $\Delta G > 0$ , SI PUÒ  
ACCOPIARLA CON UN'ALTRA CON  $\Delta G < 0$ :



$\Delta G$  TOTALE: SOMMA ALGEBRICA DEI  $\Delta G$  DELLE  
SINGOLE REAZIONI

$\triangleright$  ENERGIA LIBERATA IN  $C \rightarrow D$  (7 kcal/mole):

4 kcal/mole UTILIZZATI PER PORTARE A TERMINE

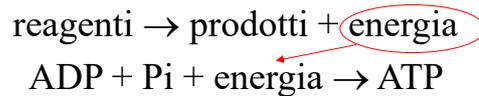
$A \rightarrow B$

3 kcal/mole DISPERSI COME CALORE

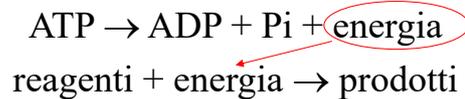
4

## ADENOSIN TRIFOSFATO (ATP) = ADENINA + RIBOSIO + P + P + P

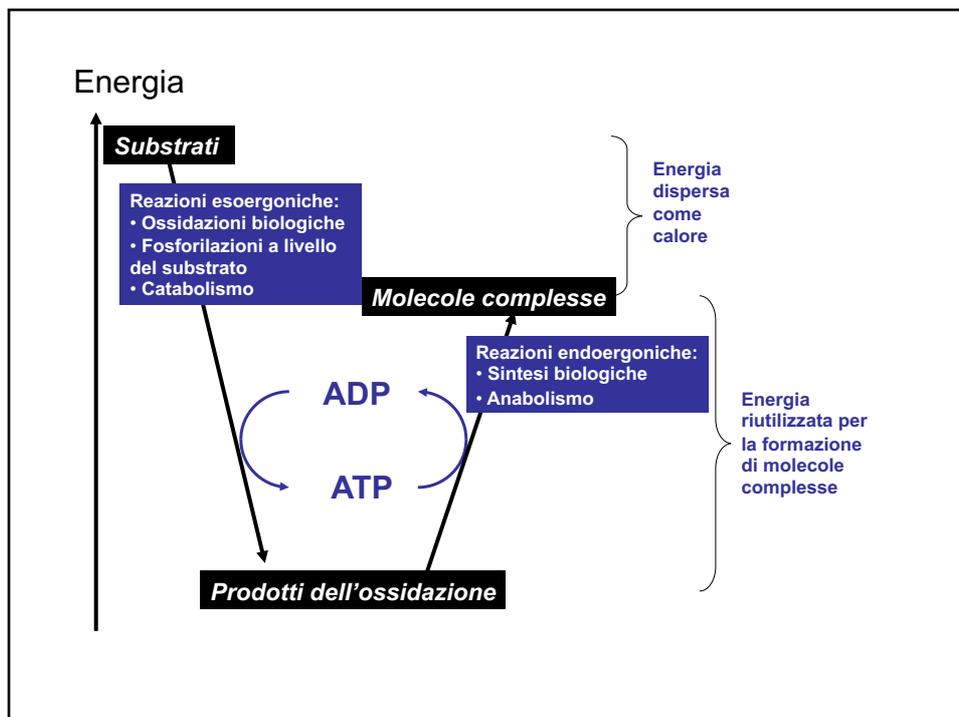
- Sintetizzato nei processi esoergonici (reazioni chimiche spontanee con  $\Delta G < 0$ ):



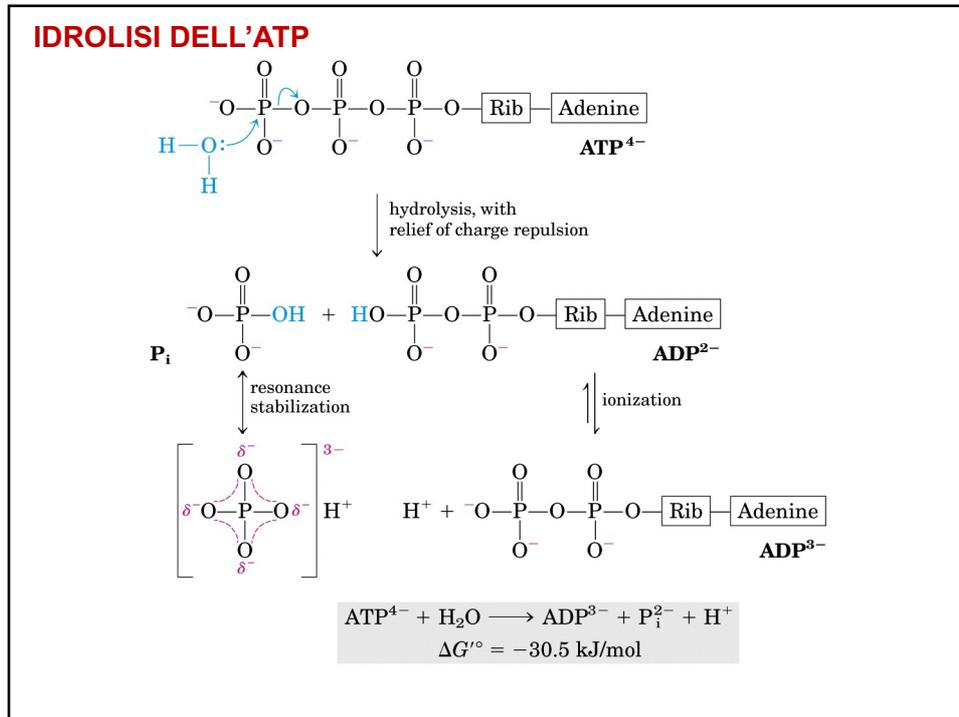
- Utilizzato dai processi endoergonici (reazioni che avvengono solo con un contributo di energia  $\Delta G > 0$ ):



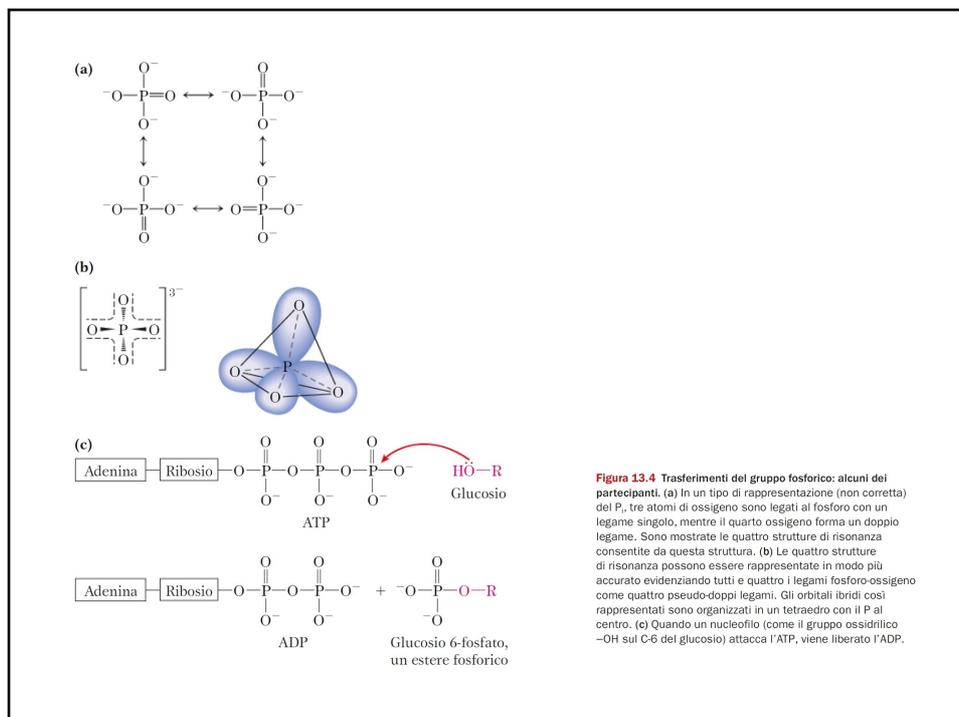
5



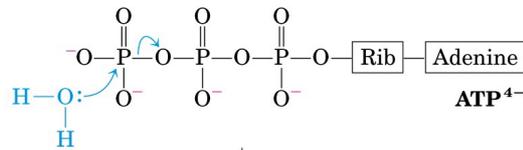
6



7



8



I tre fosfati dell'ATP sono indicati: **alpha** quello legato al ribosio, **beta** e **gamma** gli altri due

Legame alpha-ribosio **ESTEREO 3,5 Kcal/mole**

Legame alpha-beta, beta-gamma **anidridico 7,5 Kcal/mole**

### DEFINIZIONE LEGAME AD ALTA ENERGIA:

La rottura idrolitica decorre con una variazione di energia libera negativa superiore a **-7,5 Kcal/mole**

9

#### Variazioni di energia libera standard in alcune molecole biologiche

COMPOSTO	LEGAME	DG° Kcal/mole
fosfoenolpiruvato	estereo	- 15
1,3-difosfoglicerato	anidridico	- 12
fosfocreatina	N-fosforico	- 10
Acetil-CoA	tio-estereo	- 8,2
ATP	anidridico	- 7,5
ADP	anidridico	- 7,5
AMP	estereo	- 3,4
Glucosio-6-fosfato	estereo	- 3,5

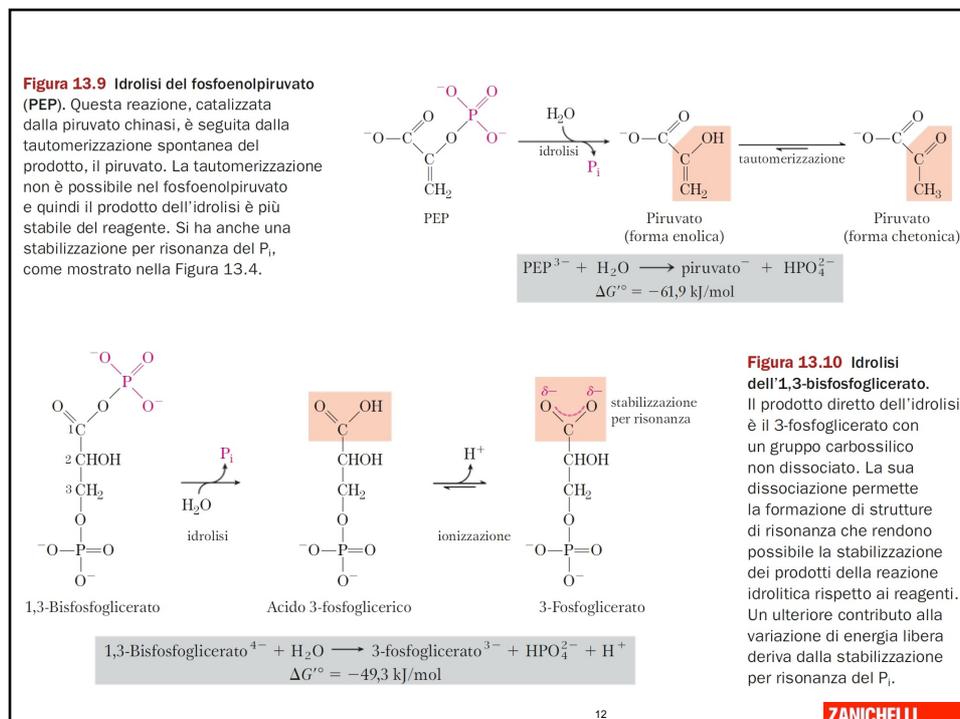
**PERCHÈ È PROPRIO L'ATP** il trasportatore di energia libera ?

10

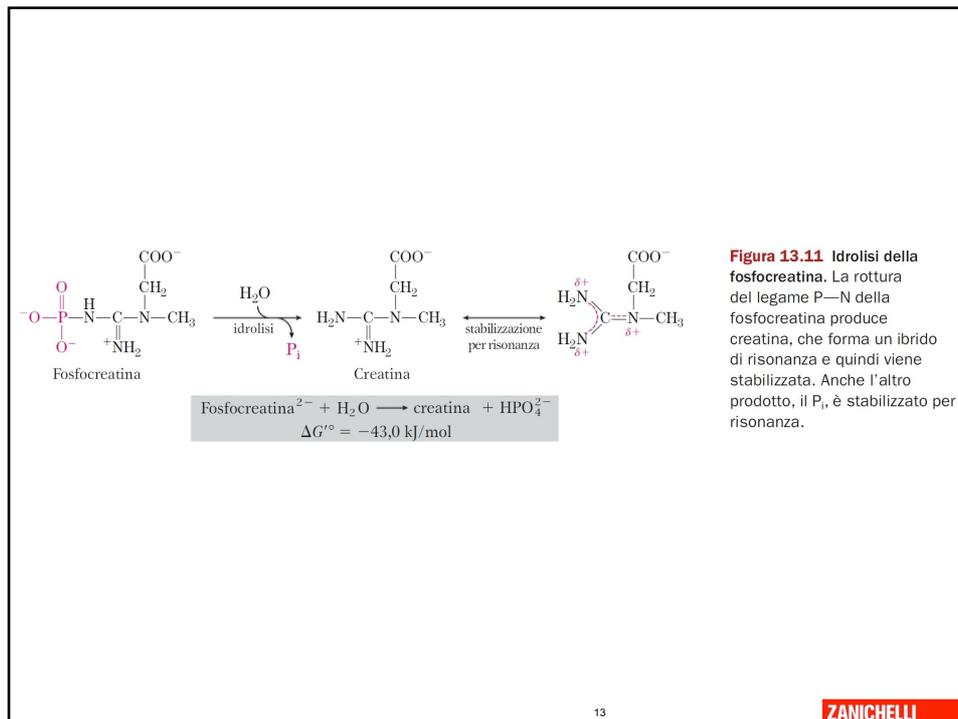
## SINTESI DI ATP

- Fosforilazioni a livello del substrato: ATP direttamente sintetizzato da alcune reazioni che liberano energia sufficiente
  - Fosfoenol piruvato  $\rightarrow$  piruvato,  $\Delta G^{\circ} = -61,9$  kJ/mole
  - 1,3 bifosfoglicerato  $\rightarrow$  3 fosfoglicerato,  $\Delta G^{\circ} = -49,3$  kJ/mole

11



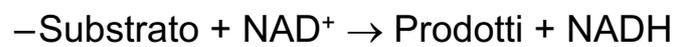
12



13

## SINTESI DI ATP

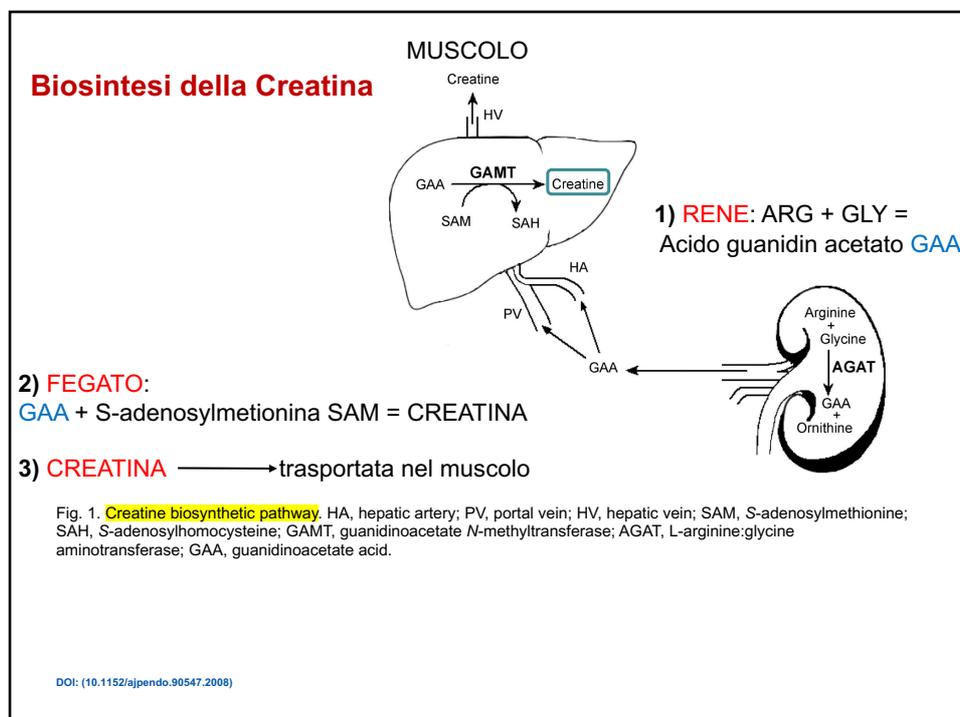
- Fosforilazione ossidativa: ATP sintetizzato utilizzando l'energia derivata dall'ossidazione di molecole



14

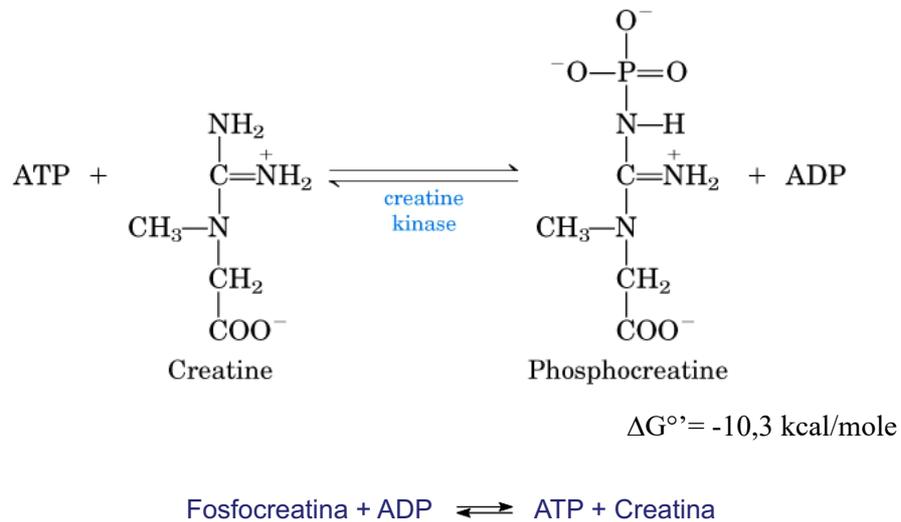
- L'ATP NON È UNA RISERVA ENERGETICA CELLULARE
- L'ATP È UN TRASPORTATORE DI ENERGIA LIBERA CHE PERMETTE IL COMPIMENTO DELLE REAZIONI ENDOERGONICHE ALL' INTERNO DELLA CELLULA

15



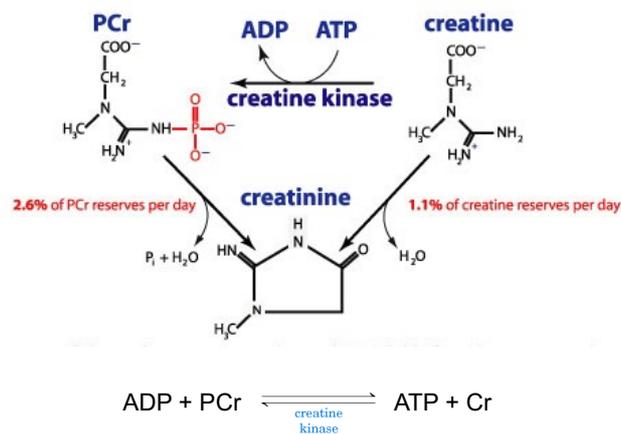
16

## LA RISERVA DI ENERGIA LIBERA CELLULARE È LA FOSFOCREATINA



17

### Formazione spontanea di creatinina



La creatinina è un indice di funzionalità renale.  
 Valori alti nel sangue o nelle urine possono dipendere da una maggiore massa muscolare, traumi muscolari o da varie patologie.

Valori bassi possono dipendere anche dall'età avanzata o vita sedentaria.

18

UOMO DI 70 Kg

CONTENUTO TOTALE DI **CREATINA** 120 Gr. ;CREATINA MUSCOLARE 115.6 Gr

ELIMINAZIONE NELLE URINE SOTTOFORMA DI  
**CREATININA** (2Gr/DIE)

LA CREATINA VIENE PRODOTTA:

- 1) PER SINTESI ENDOGENA
- 2) ALIMENTAZIONE (SOLO NELLA CARNE)
- 3) SUPPLEMENTAZIONE ORALE PER ATTIVITA' SPORTIVE (2-50Gr/DIE)

LA SUPPLEMENTAZIONE ORALE AUMENTA I LIVELLI DI CREATINA E FOSFOCREATINA.

PIU' CONTRADDITORI SONO I RISULTATI SULL'EFFICACIA DURANTE UNO SFORZO DI ELEVATA INTENSITA' E BREVE DURATA (CONDIZIONE ALATTACIDA)

NON CI SONO EFFETTI SUGLI SFORZI DI LUNGA DURATA

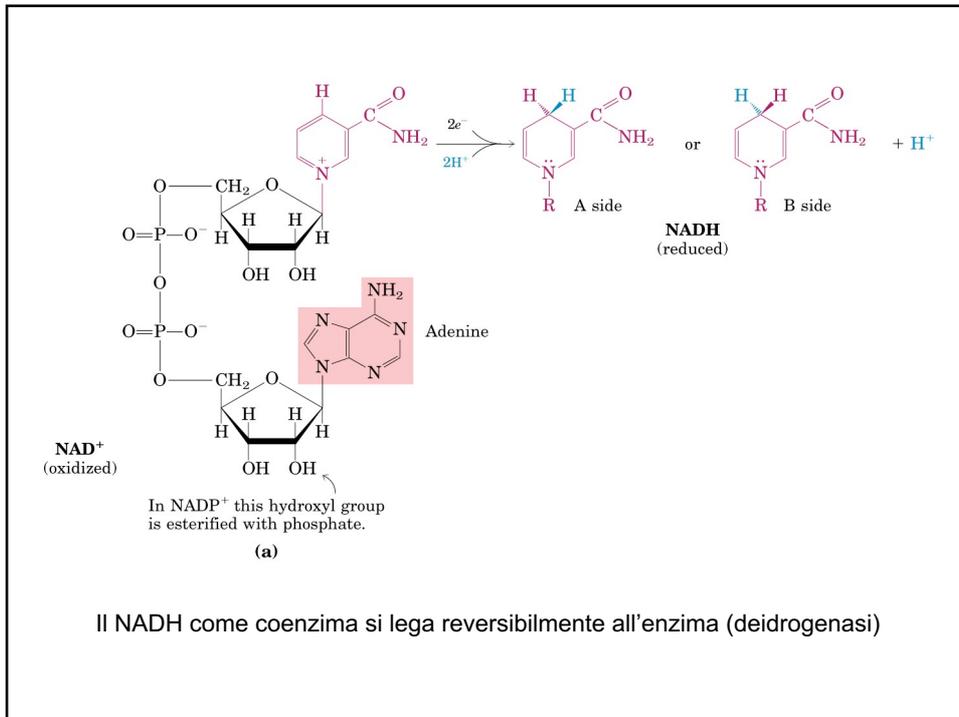
SONO STATI DESCRITTI EFFETTI COLLATERALI IN SEGUITO A SUPPLEMENTAZIONE ORALE

19

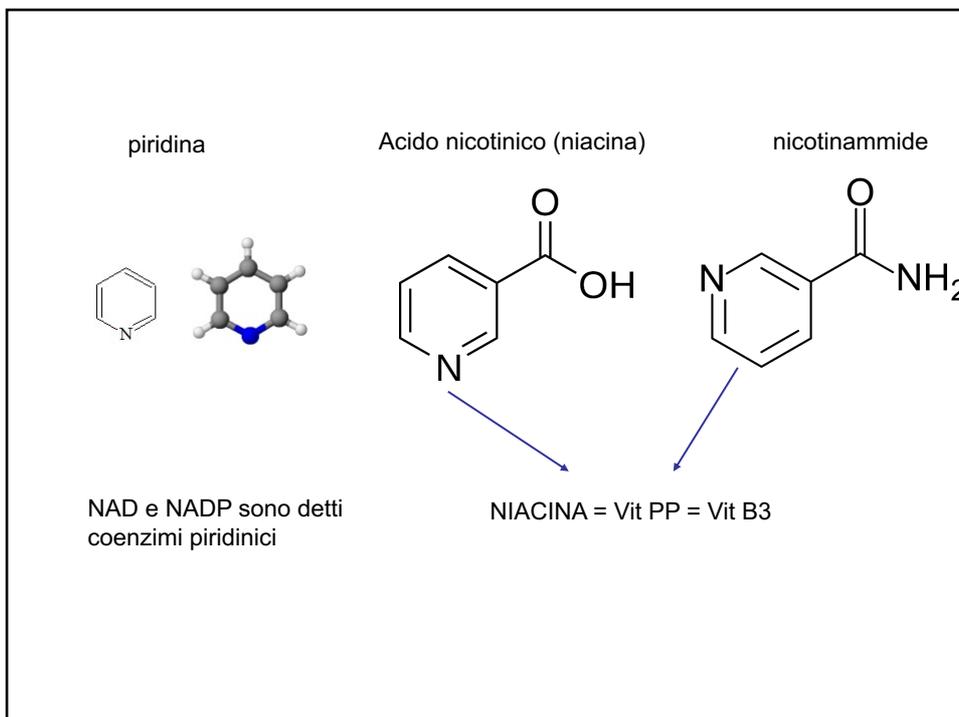
## **IL NADH (NICOTINAMMIDE ADENINA DINUCLEOTIDE):**

COENZIMA OSSIDORIDUTTIVO IL CUI RUOLO  
BIOLOGICO CONSISTE NEL TRASFERIRE GLI  
ELETTRONI TRAMITE LO SPOSTAMENTO DI  
ATOMI DI IDROGENO

20



21



22

## SINTESI DELLA VITAMINA PP

Nell'uomo viene sintetizzata dal triptofano ma la quantità è insufficiente

La carenza provoca la PELLAGRA detta malattia delle **3 D**

**D**ermatite, **D**iarrea coleriforme, **D**emenza

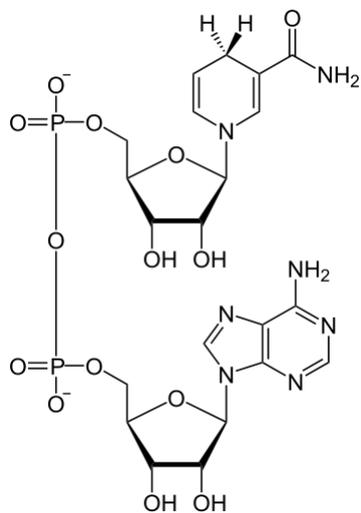
Cause: dieta ipoproteica e a base di mais (polenta)

Il mais è privo di nicotinammide e inoltre possiede una proteina principale (zeina) priva di triptofano

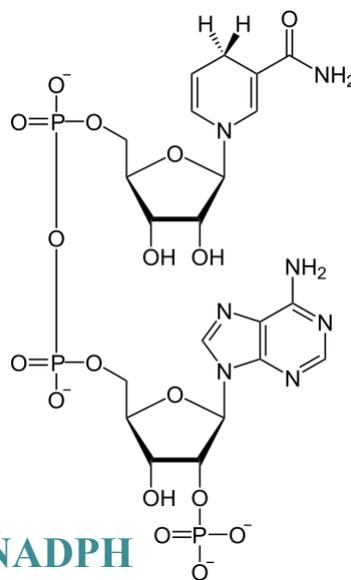
La somministrazione di nicotinammide risolve la patologia e per questo è detta vitamina **PP** = Preventing Pellagra

23

NADH e NADPH hanno un differente ruolo cellulare



**NADH**



**NADPH**

24

table 19-1

## Some Important Reactions Catalyzed by NAD(P)H-Linked Dehydrogenases

Reaction*	Location†
<b>NAD-linked</b>	
$\alpha$ -Ketoglutarate + CoA + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ succinyl-CoA + CO <sub>2</sub> + NADH + H <sup>+</sup>	M
L-Malate + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ oxaloacetate + NADH + H <sup>+</sup>	M and C
Pyruvate + CoA + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ acetyl-CoA + CO <sub>2</sub> + NADH + H <sup>+</sup>	M
Glyceraldehyde 3-phosphate + P <sub>i</sub> + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ 1,3-bisphosphoglycerate + NADH + H <sup>+</sup>	C
Lactate + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ pyruvate + NADH + H <sup>+</sup>	C
$\beta$ -Hydroxyacyl-CoA + NAD <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ $\beta$ -ketoacyl-CoA + NADH + H <sup>+</sup>	M
<b>NADP-linked</b>	
Glucose 6-phosphate + NADP <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ 6-phosphogluconate + NADPH + H <sup>+</sup>	C
<b>NAD- or NADP-linked</b>	
L-Glutamate + H <sub>2</sub> O + NAD(P) <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ $\alpha$ -ketoglutarate + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NAD(P)H	M
Isocitrate + NAD(P) <sup>+</sup> $\rightleftharpoons$ $\alpha$ -ketoglutarate + CO <sub>2</sub> + NAD(P)H + H <sup>+</sup>	M and C

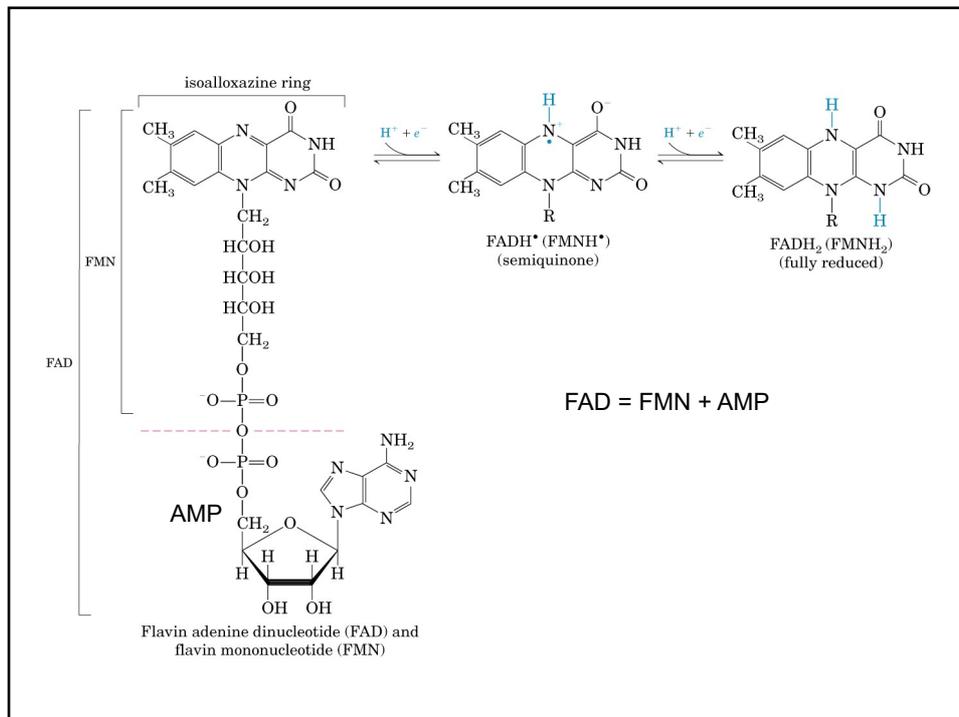
\*These reactions and their enzymes are discussed in Chapters 15 through 18.

†M designates mitochondria; C, cytosol.

25

**IL FAD (FLAVINA ADENINA DINUCLEOTIDE):  
AGENTE OSSIDANTE**

26



27

## RIBOFLAVINA o VITAMINA B2

ANCHE la riboflavina deve essere introdotta con la dieta (Vitamina B2)

Ampiamente diffusa sia nel mondo vegetale che animale (fabbisogno 2mg/die)

Avitaminosi rara (alimentazione molto carente): glossite, stomatite angolare, dermatite seborroica

A differenza del NAD, il FAD si lega covalentemente all'apoenzima (deidrogenasi)

28