

# Il catabolismo dei carboidrati

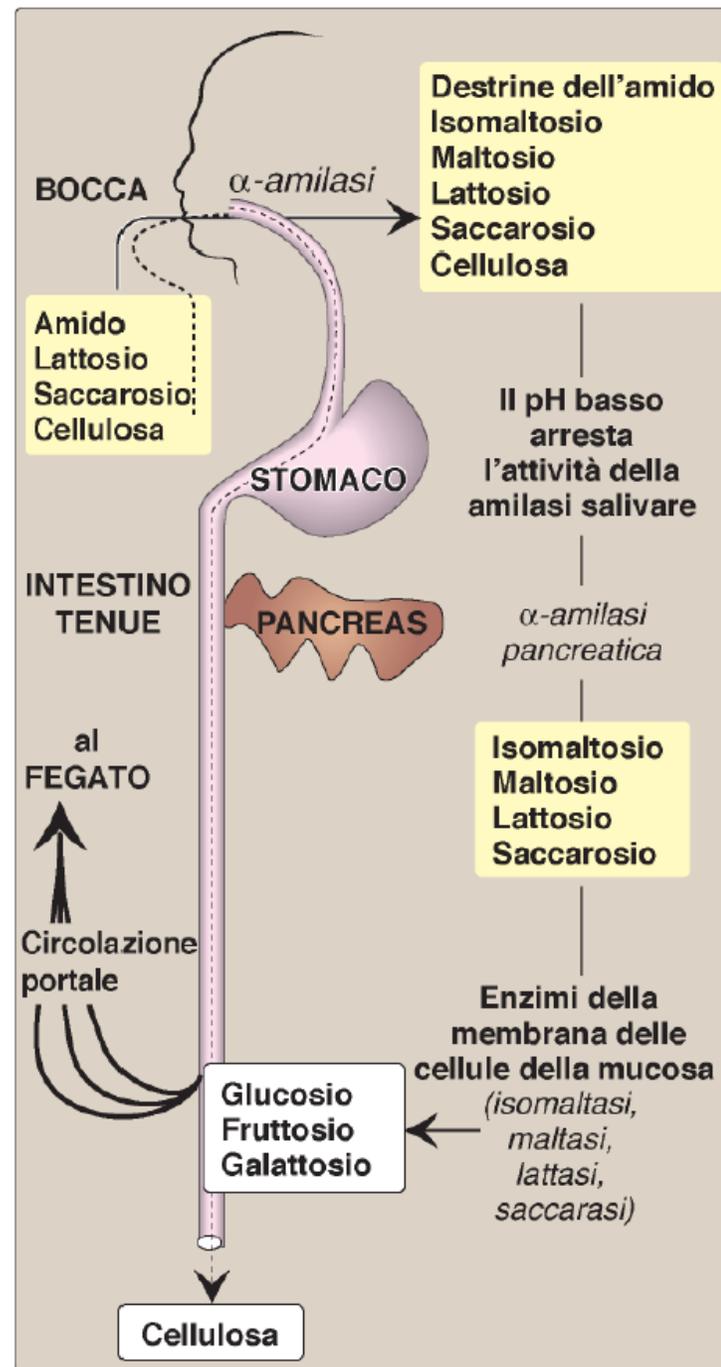
## CARBOIDRATI

Forniscono 4 kilocalorie per grammo

Fonte primaria di energia per il cervello e tessuto nervoso

Possono essere utilizzati per sintetizzare aminoacidi, lipidi, acidi nucleici

# Il catabolismo dei carboidrati



# MONOSACCARIDI

PENTOSI



**Ribosio** (e desossiribosio): acidi nucleici – ATP - coenzimi



Chetopentoso – anello a 5 atomi

ESOSI



**Glucosio**: piante (fotosintesi) – sangue – “carburante” per cellule



Aldoesoso – anello a 6 atomi



**Fruttosio**: miele - frutta - presente nel saccarosio



Chetoesoso – anello a 5 atomi



**Galattosio**: strutture nervose – presente nel lattosio



Aldoesoso – anello a 6 atomi



**Mannosio**: – presente in polisaccaridi, batteri, funghi e piante



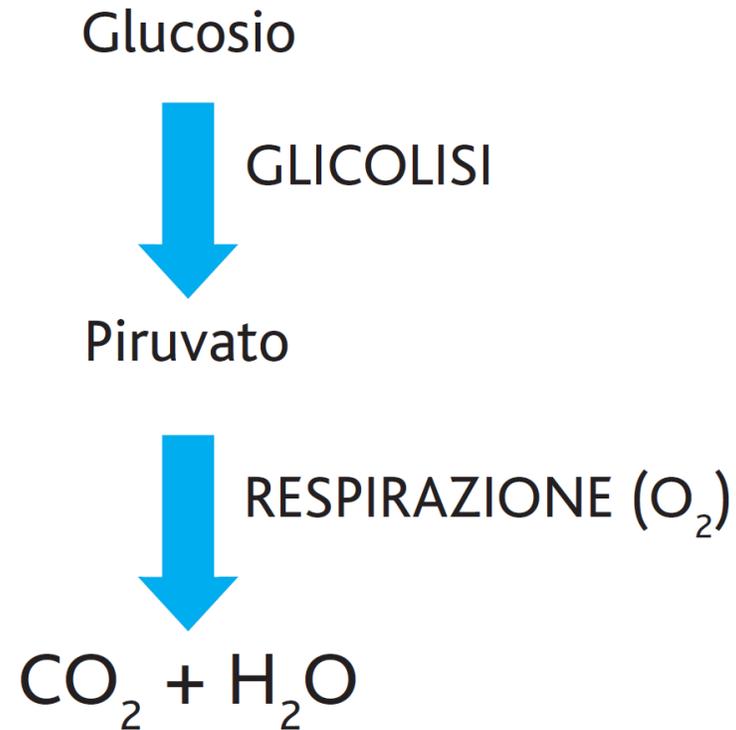
Aldoesoso – anello a 6 atomi

**Formula chimica**  
**C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>**

Fruttosio isomero del  
Glucosio. Stessa formula  
chimica, ma forma  
molecolare diversa

# Il catabolismo dei carboidrati

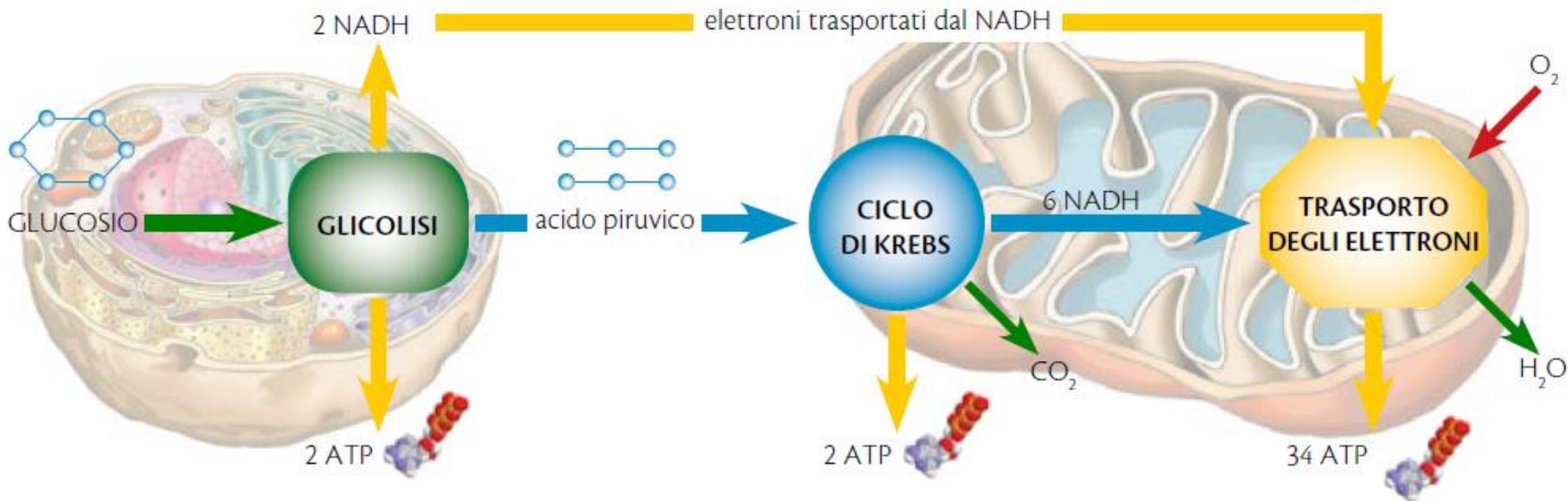
In condizioni aerobie



In condizioni anaerobie



Produzione di alcol etilico + CO<sub>2</sub>  
Oppure acido lattico + CO<sub>2</sub>

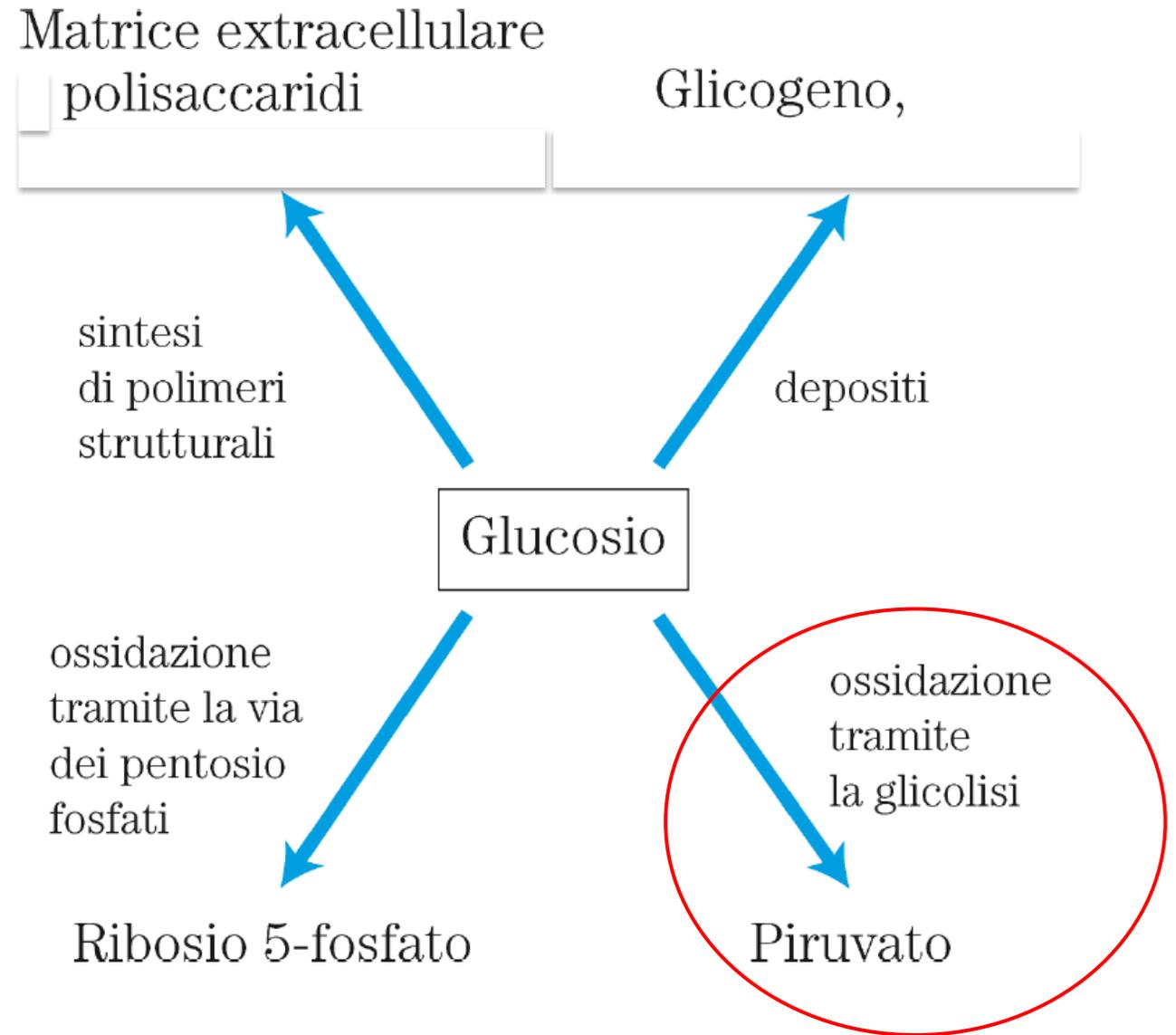


La **respirazione cellulare** è il processo più efficiente da cui la cellula è in grado di ottenere energia sotto forma di **ATP**

Glicolisi (citosol)

Ciclo di Krebs e trasporto degli elettroni (mitocondri) in presenza di Ossigeno

# Il catabolismo dei carboidrati



# Glicolisi

- La **glicolisi** è la via di **degradazione** del **glucosio** (a 6 atomi di C) a **piruvato** (a 3 atomi di C)

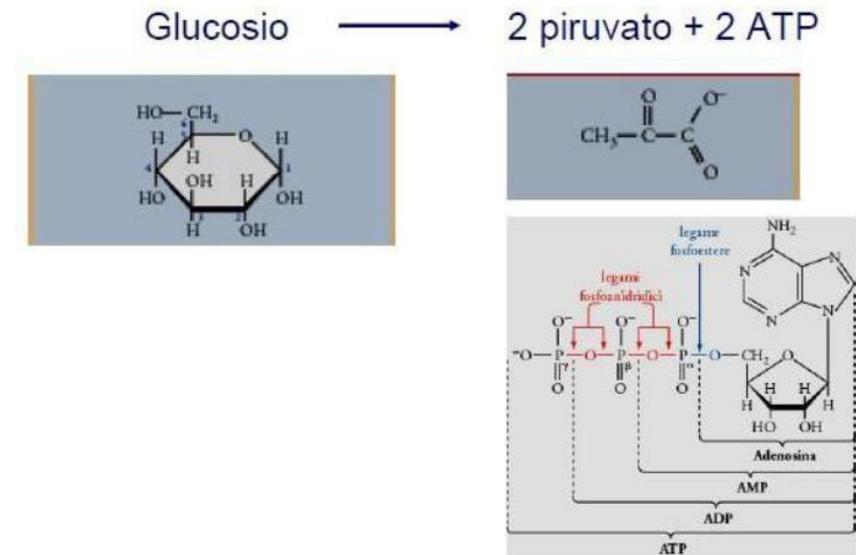
- **Non richiede Ossigeno**

- Via metabolica presente in **tutte le cellule**

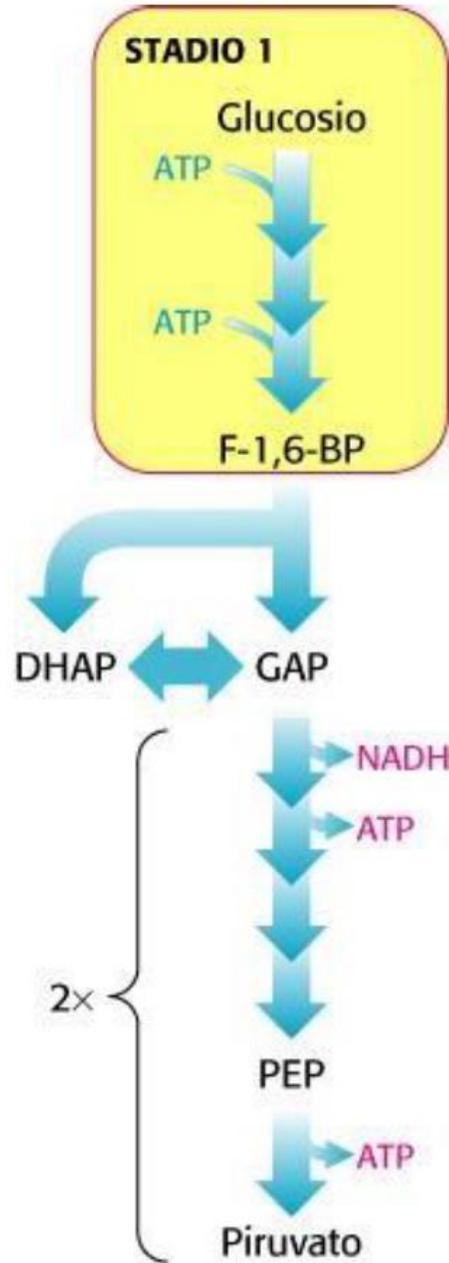
- Avviene nel **citoplasma**

- In condizioni **anaerobie**, il piruvato sarà ridotto ad **acido lattico o alcool etilico** (**fermentazione lattica/alcolica**)

- In condizioni **aerobie**, il piruvato sarà usato per generare **acetil-CoA** (a due atomi di C) che entrerà nel ciclo di Krebs

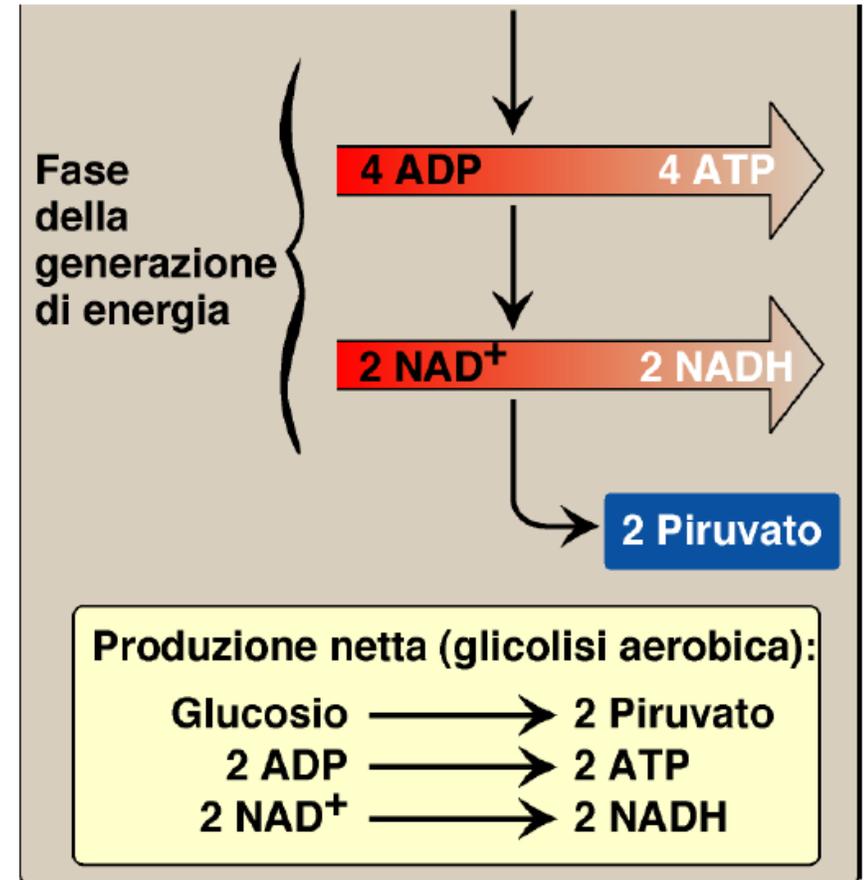
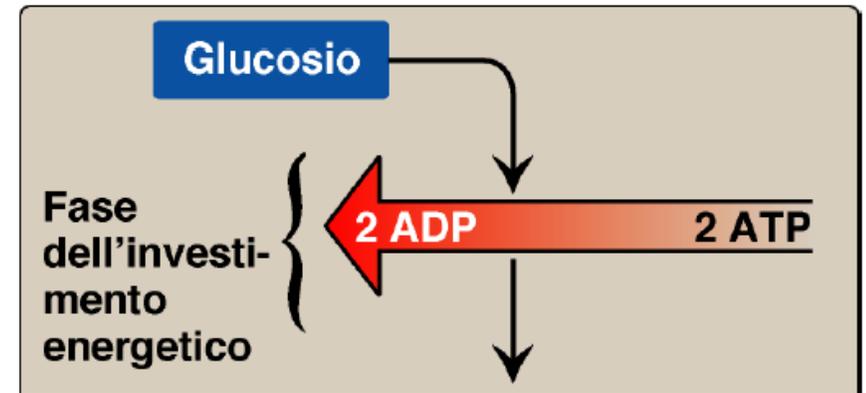


# Glicolisi



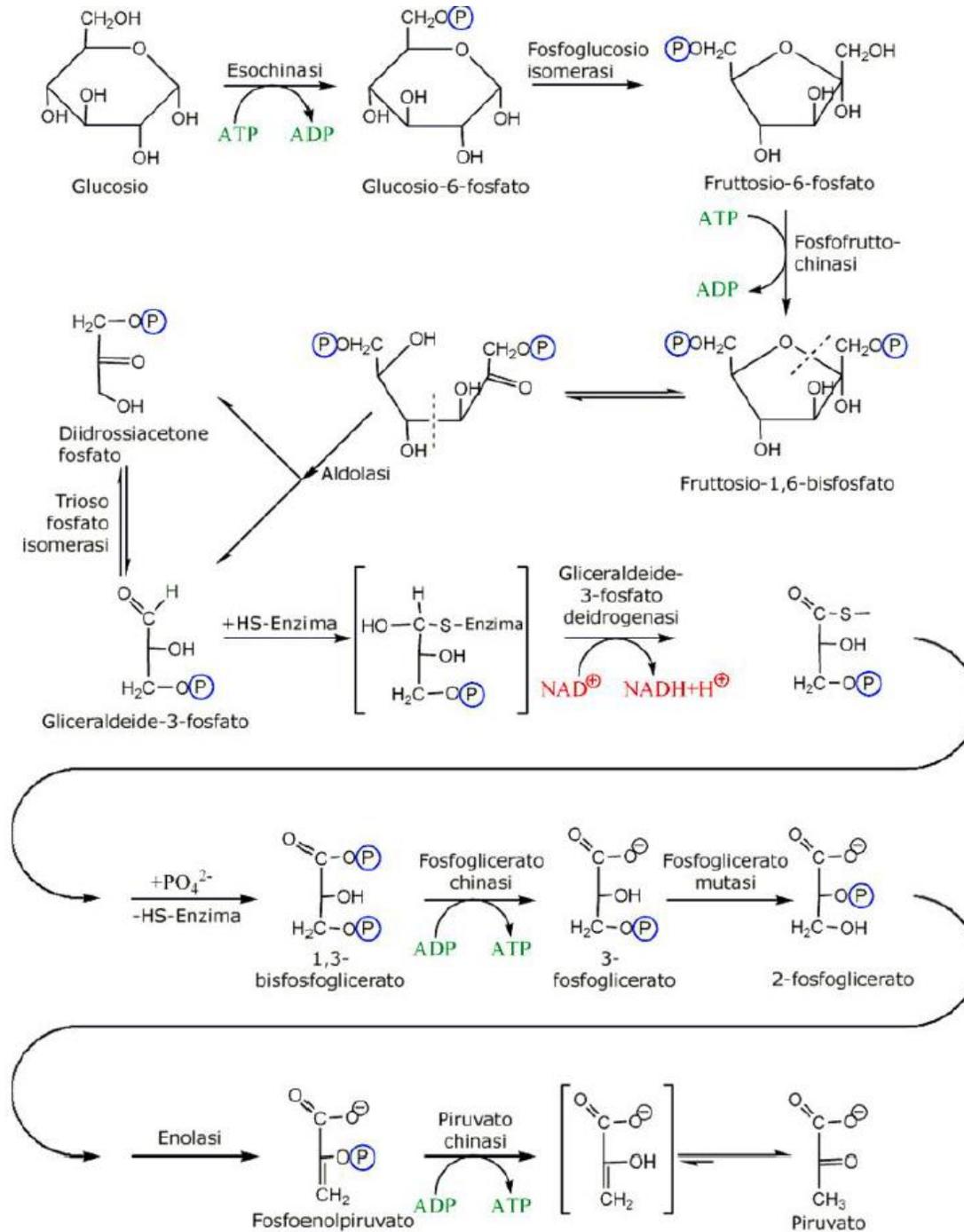
Vengono investite **2 molecole di ATP** per generare il **fruttosio 1,6-bisfosfato**

Si generano **due piruvato** e si producono **4 molecole di ATP**



# Glicolisi

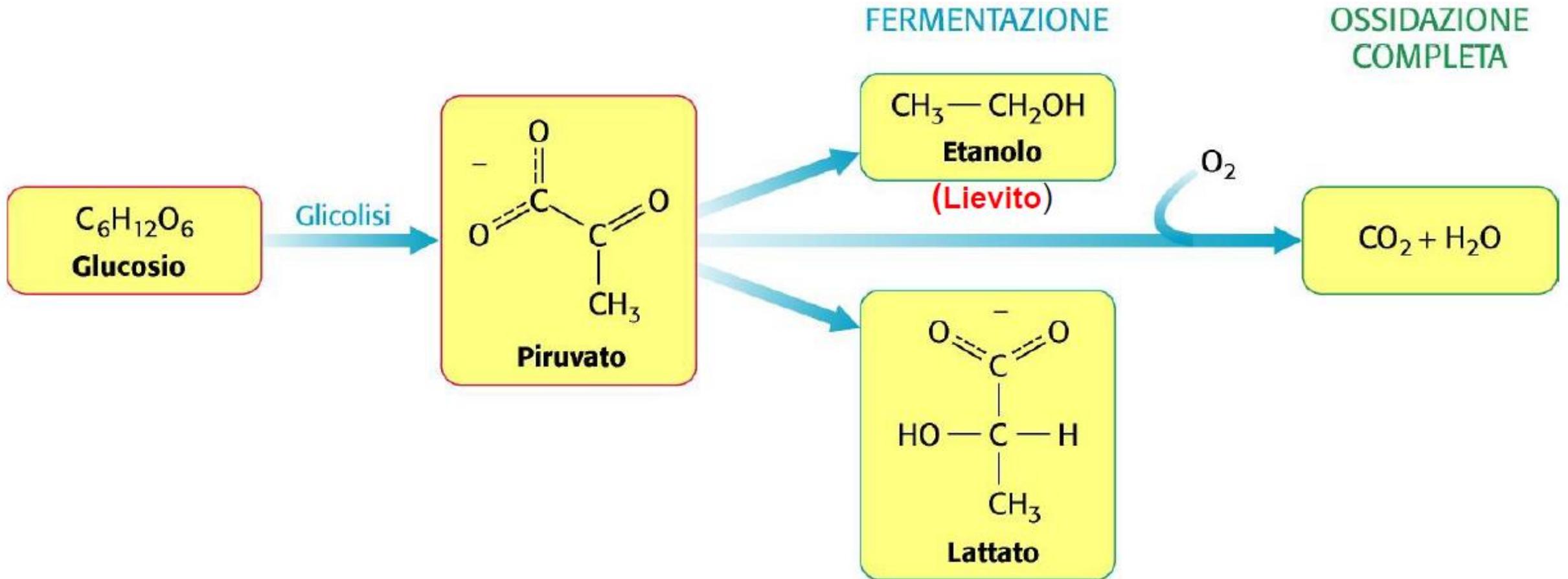
Esochinasi, fosfofruttochinasi, piruvato chinasi appartengono alla categoria degli enzimi transferasi (trasferimento di gruppi chimici da una molecola ad un'altra)



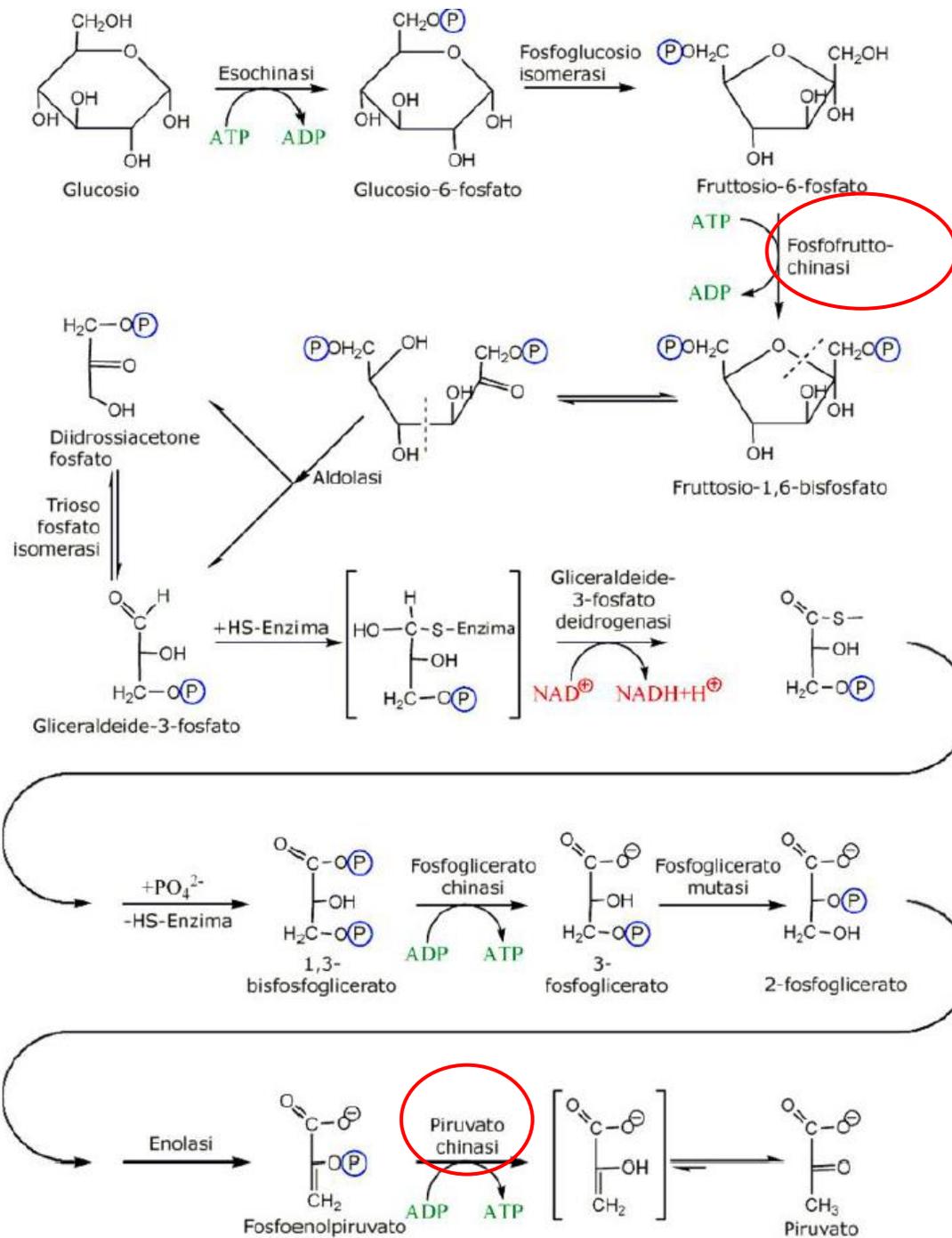
Fase di investimento energetico

Fase della generazione di energia

# Alcuni destini del glucosio



# Regolazione della glicolisi



Regolazione negativa: arresto della glicolisi

Fosfofruttochinasi-1 (PFK-1)  
Piruvato chinasi (PK)

**Il glicogeno** è una forma di riserva di glucosio facilmente utilizzabile

Matrice extracellulare  
polisaccaridi

Glicogeno,

sintesi  
di polimeri  
strutturali

depositi

Glucosio

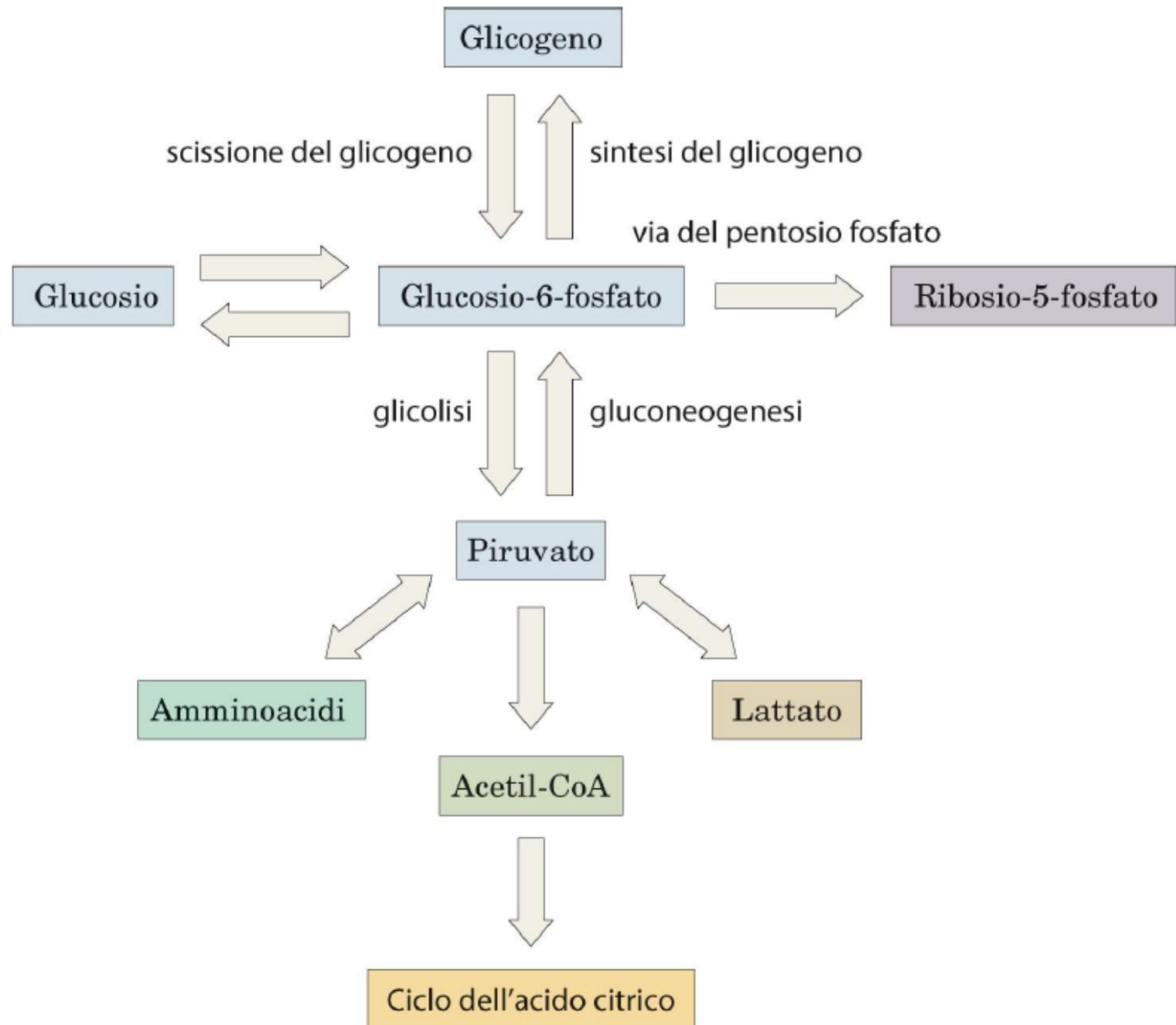
ossidazione  
tramite la via  
dei pentosio  
fosfati

ossidazione  
tramite  
la glicolisi

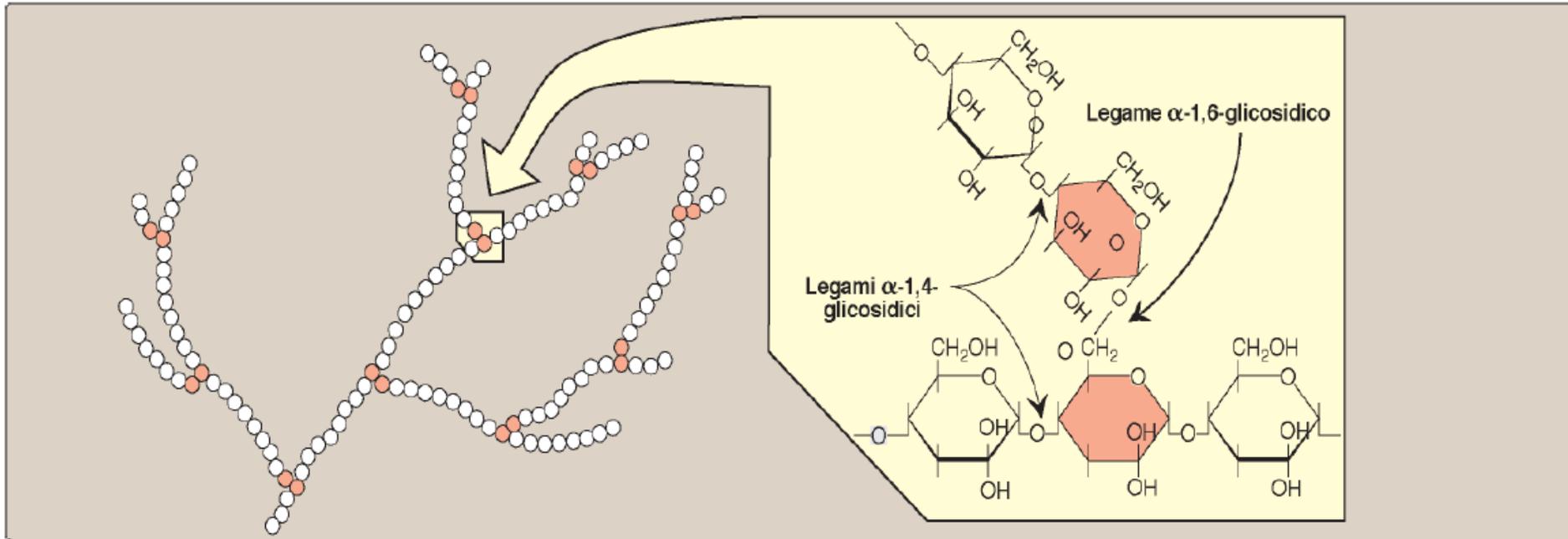
Ribosio 5-fosfato

Piruvato

# Schema generale del metabolismo del glucosio



# GLICOGENO negli animali



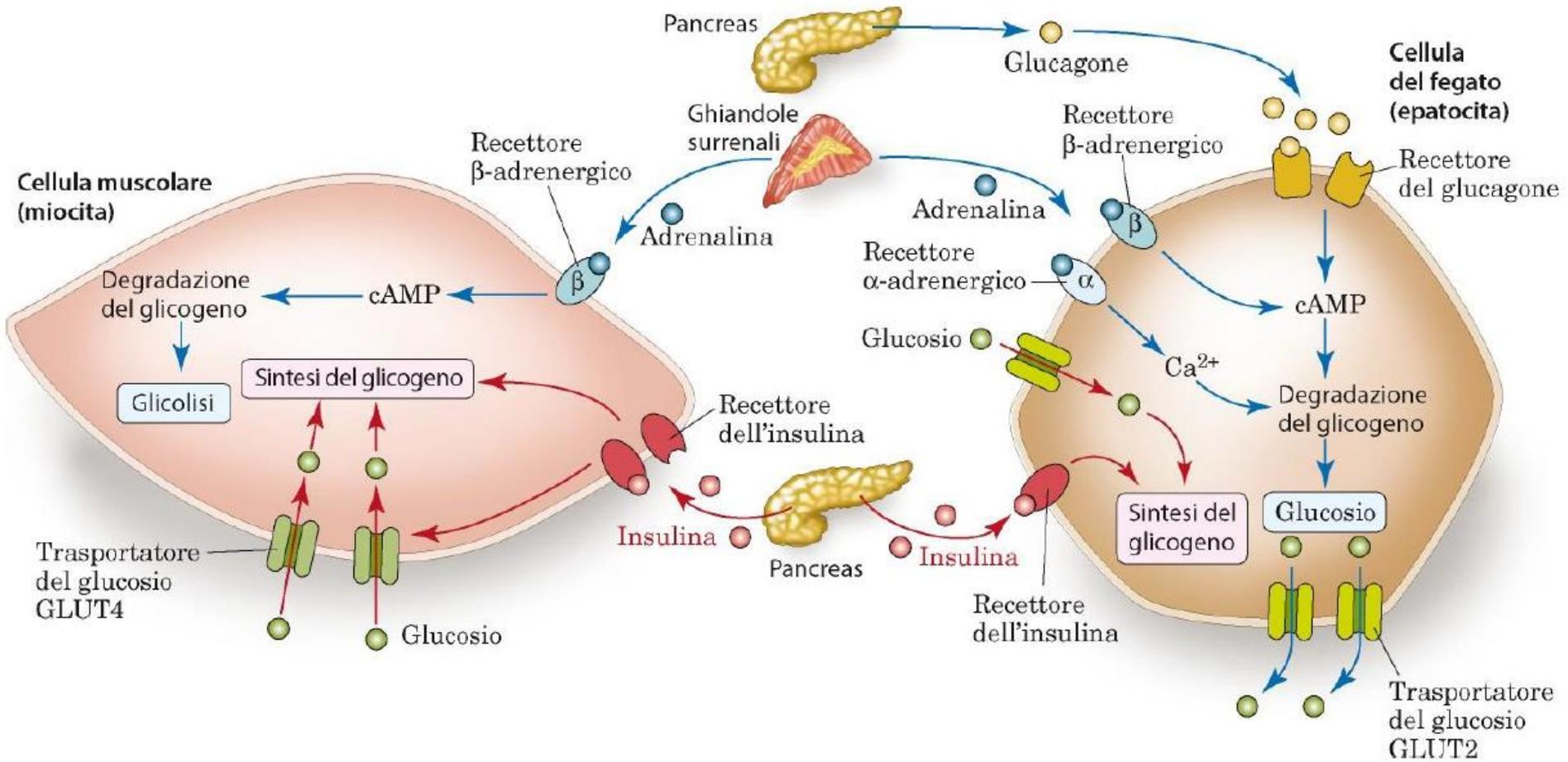
- si trova nel **fegato**, **muscoli** e reni.
- Molecola molto ramificata. Circa 60.000 unità di glucosio con ramificazioni ogni 12 glu.
- È normalmente legato a proteina (glicogenina)

- Il glicogeno è il **polisaccaride di riserva** negli organismi animali.
- E' presente nelle cellule sotto forma di granuli.
- E' particolarmente abbondante nel **fegato**, dove rappresenta fino al 7% del peso dell'organo.
- Viene sintetizzato nel fegato dopo i pasti (**ormone pancreatico, insulina**) e dal fegato viene degradato (**ormone pancreatico, glucagone**) e rilasciato come glucosio durante il digiuno.

Questo permette di mantenere la **glicemia** entro valori normali (75-110 mg/100 ml).

- E' abbondante anche nel **muscolo**, dove però viene utilizzato solo per fabbisogno locale (degradazione in glucosio → glicolisi → ATP → **contrazione muscolare**).

# Controllo ormonale del metabolismo del glicogeno



# Glicogenolisi

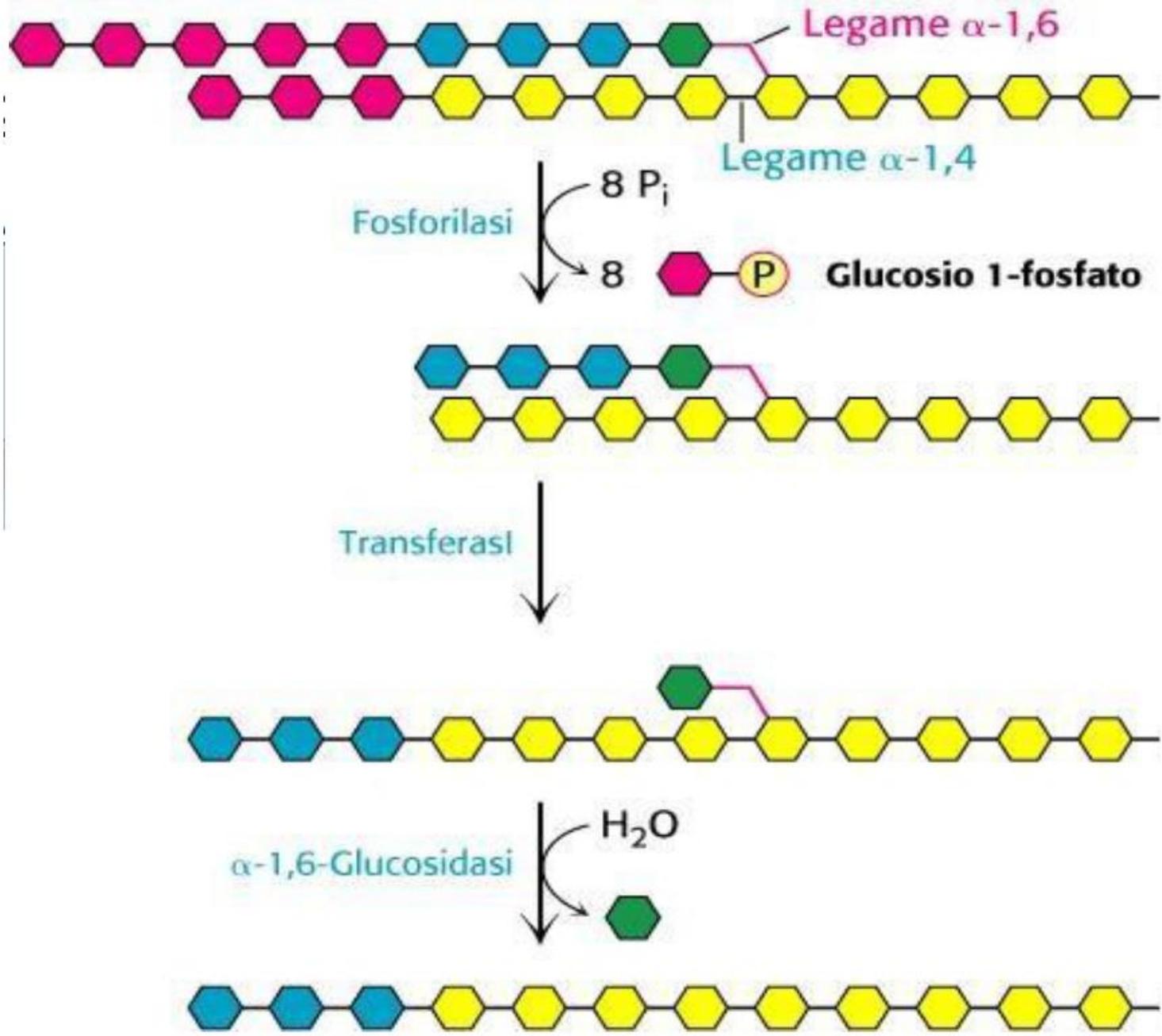
## 3 Enzimi:

- Glicogeno fosforilasi: scinde i legami 1-4 e libera glucosio 1-fosfato



- Transferasi
- Enzima deramificante: elimina le ramificazioni, scinde i legami 1-6 e libera glucosio

# Glicogenolisi



# Glicogenolisi

## Destino del glucosio mobilizzato dal glicogeno

### Muscolo:

- Glucosio1-fosfato → Glucosio-6-fosfato → glicolisi → piruvato +ATP
- Glicogeno muscolare: **riserva di energia** utilizzabile solo dalla cellula muscolare

### Fegato:

- Glucosio1-fosfato → Glucosio-6-fosfato → glucosio + Pi  
(enzima epatico, **Glucosio-6-fosfatasi**)
- Il Glucosio esce dall'epatocita, entra nel sangue ed è utilizzato da altriorgani
- Glicogeno epatico: riserva di unità di glucosio utilizzata da altriorgani**
- Il fegato controlla la **glicemia**

# La glicogenosintasi e glicogenolisi:

Il glucosio-6-P può venire utilizzato in molte cellule (fegato, muscolo) per sintetizzare il **glicogeno**.

Meccanismo fondamentale che impedisce l'aumento eccessivo di glucosio nel sangue e ne controlla l'osmolarità delle cellule

Regolata positivamente dalla concentrazione di glucosio nel sangue

Il glicogeno una volta sintetizzato viene accumulato nelle cellule sotto forma di granuli in cui si trovano gli enzimi responsabili della sua degradazione

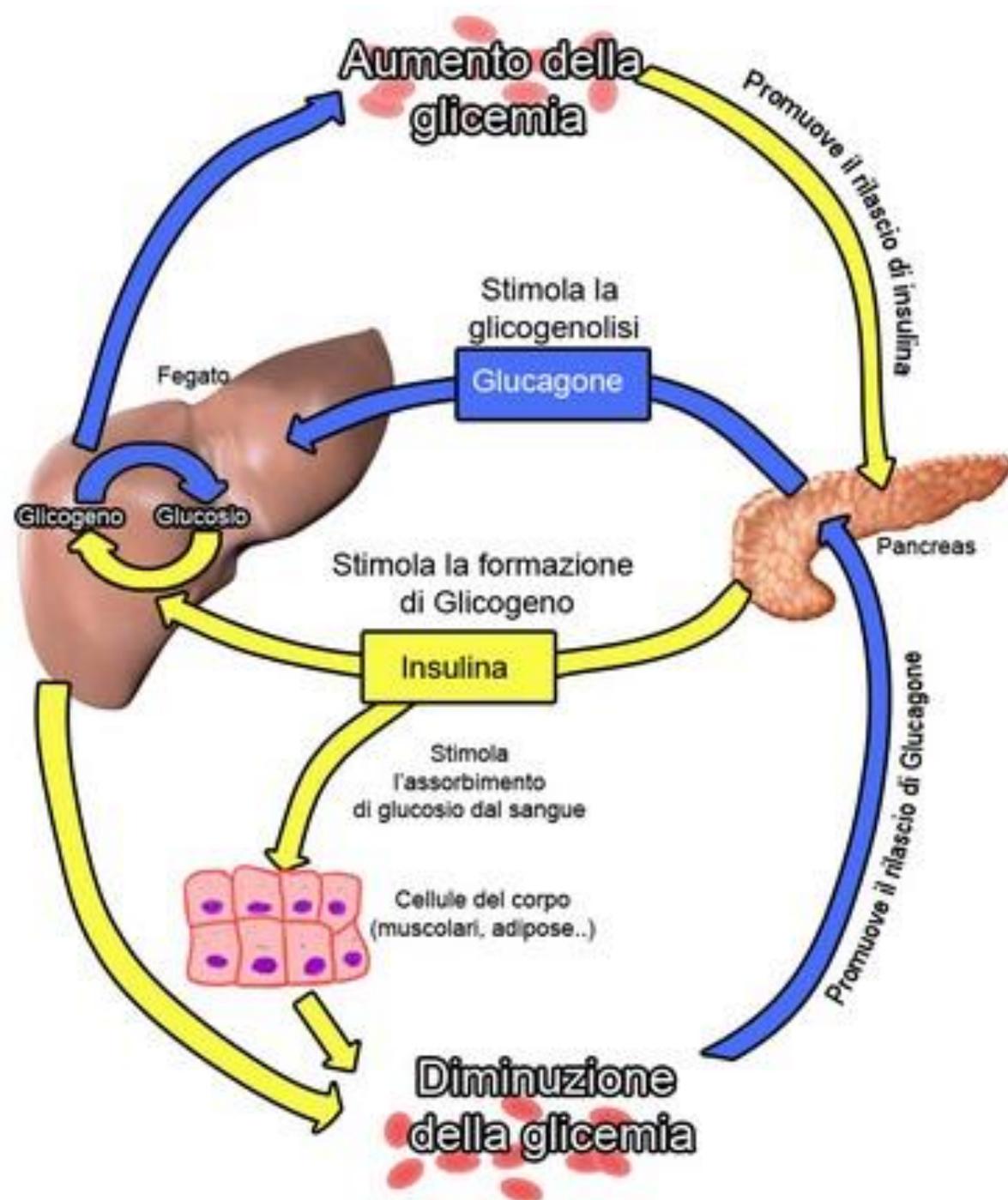
# Regolazione dei livelli di glucosio nel sangue

Ormoni Iperglicemizzanti (aumento del glucosio nel sangue).  
Esempio: **glucagone**, adrenalina agiscono a livello del fegato

*Aumento della glicogenolisi*

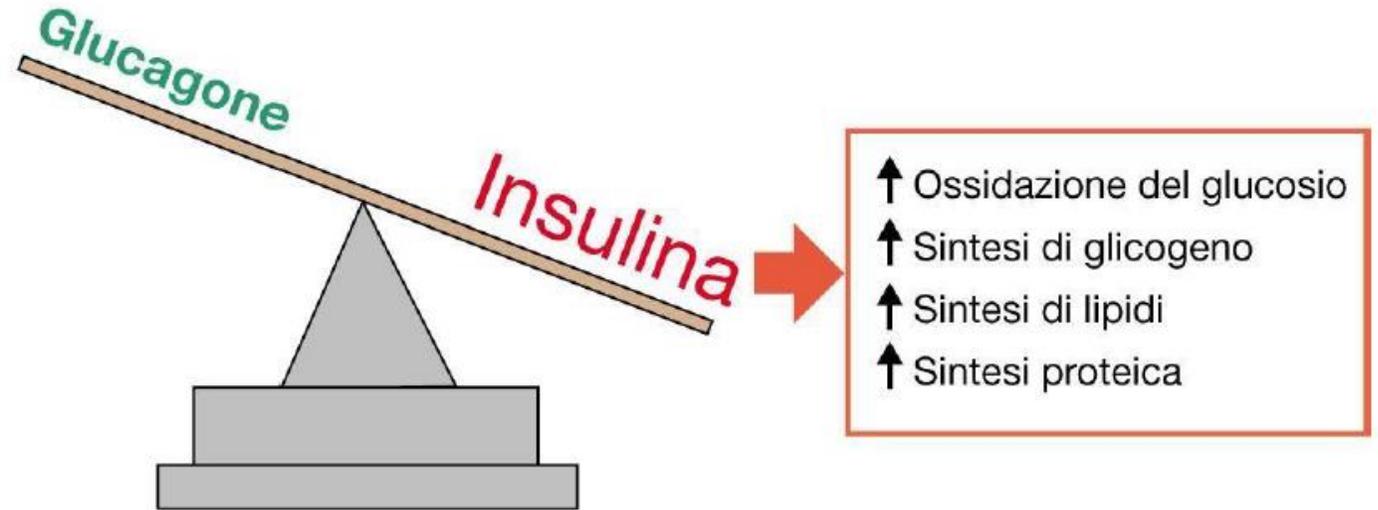
Ormoni ipoglicemizzanti (diminuzione del glucosio nel sangue). Esempio:  
**Insulina**

# Regolazione dei livelli di glucosio nel sangue



# Regolazione dei livelli di glucosio nel sangue

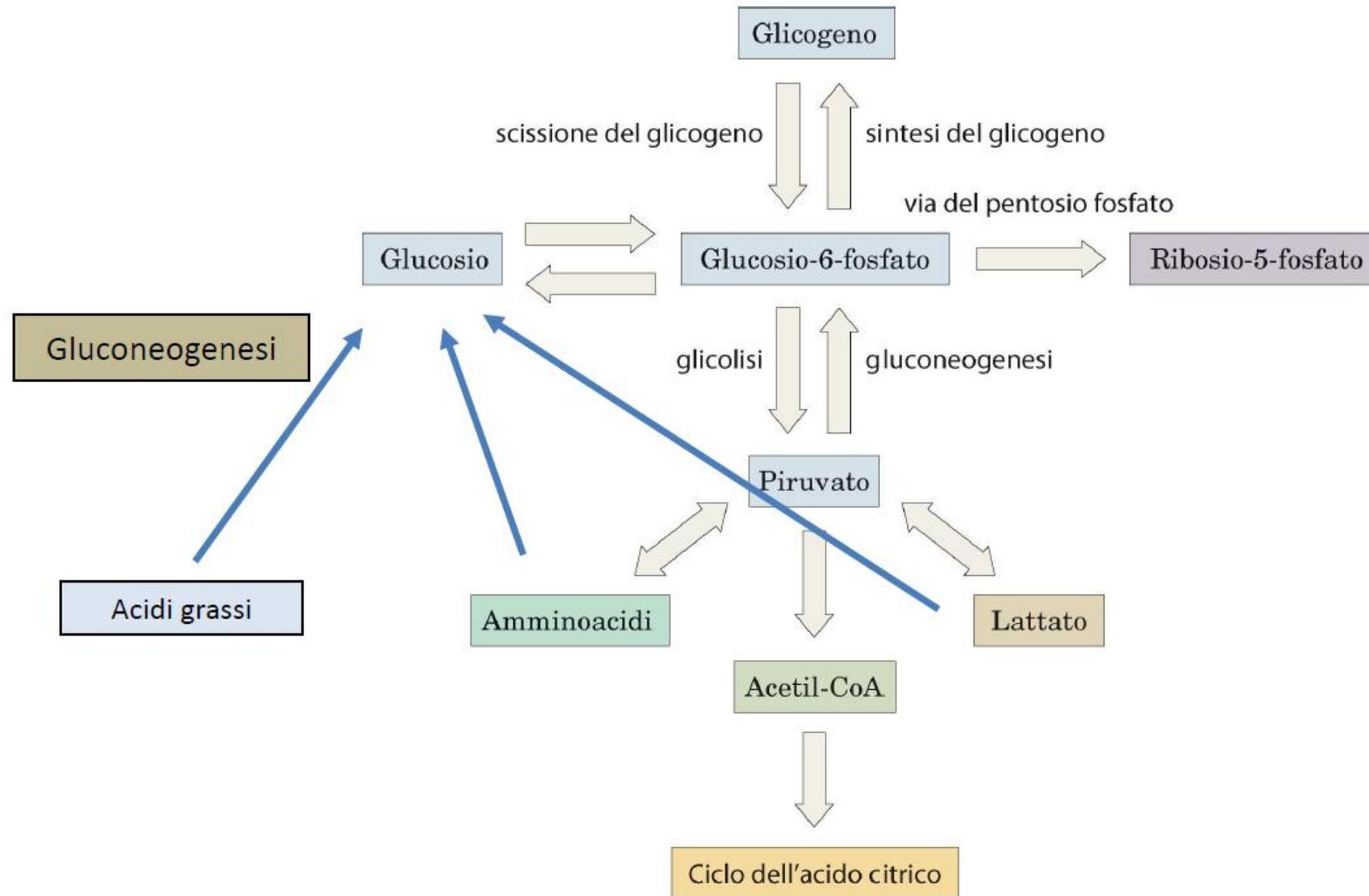
(a) Condizione di sazietà: domina l'insulina



(b) Condizione di digiuno: domina il glucagone



# La gluconeogenesi: sintesi del glucosio a partire da precursori non glucidici



# La gluconeogenesi: sintesi del glucosio a partire da precursori non glucidici

Il cervello e i globuli rossi non possono usare gli acidi grassi per cui il glucosio rimane la loro fonte principale di energia anche nel digiuno.

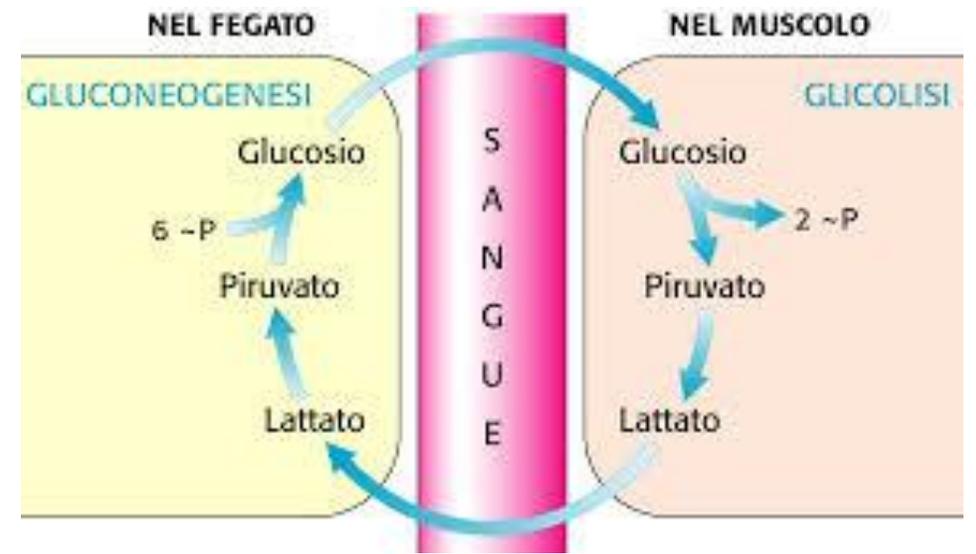
• Per periodi prolungati di digiuno il **FEGATO** sintetizza glucosio (gluconeogenesi) a partire da altre sostanze, in particolare:

- **amminoacidi gluco-genici**

- **glicerolo** (proveniente dalla degradazione dei trigliceridi nel tessuto adiposo)

- **ac. lattico** (proveniente dai globuli rossi e dal muscolo durante l'esercizio fisico)

# La gluconeogenesi:



Non è l'inverso della glicolisi, le due vie sono indipendenti

Usa alcune reazioni della glicolisi in direzione inversa ed alcuni enzimi, tranne:

*Piruvato chinasi*

*Fosfofruttochinasi*

*Esochinasi*

*Enzimi esclusivi della glicolisi*

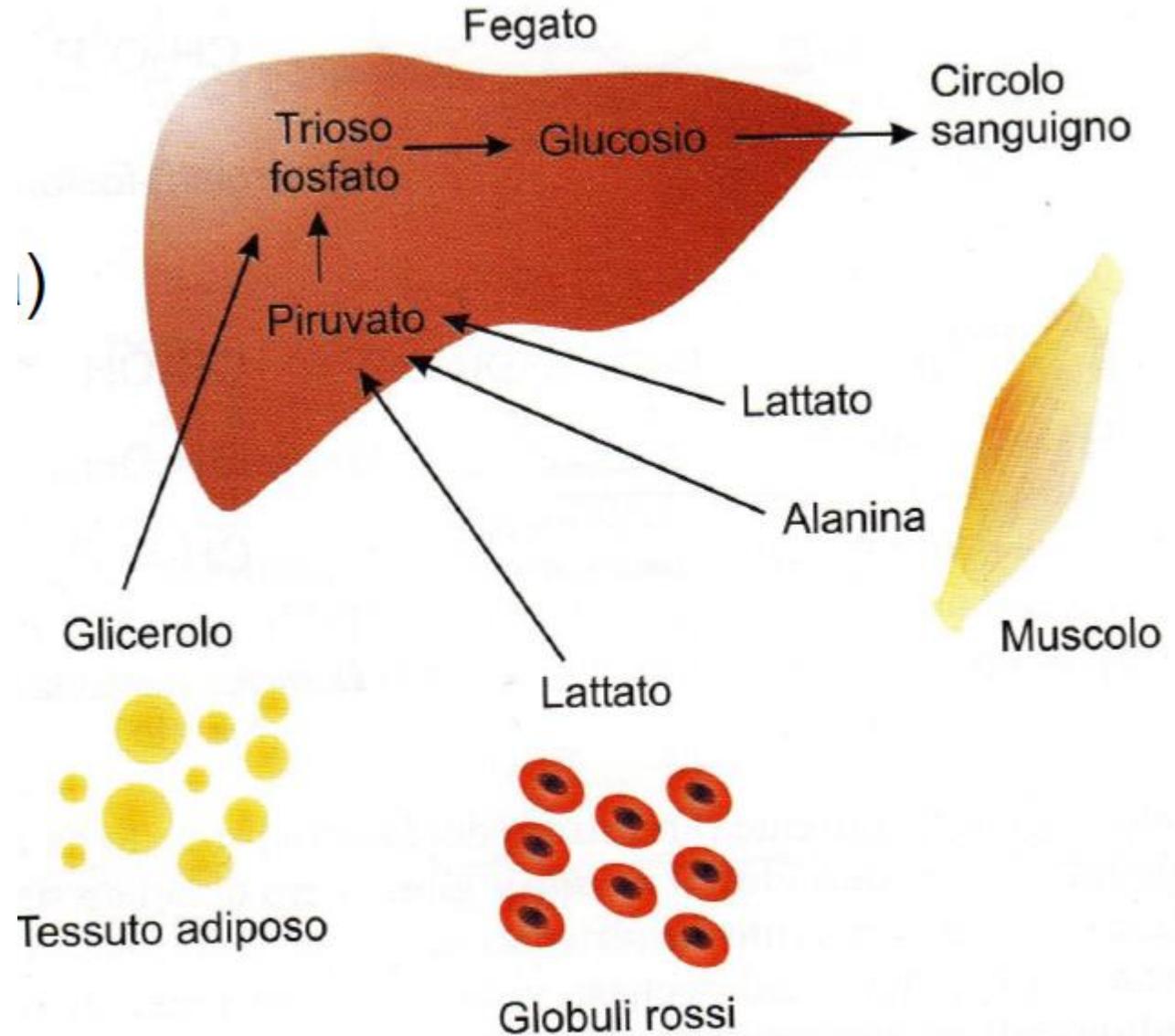
# La gluconeogenesi: sintesi del glucosio a partire da precursori non glucidici

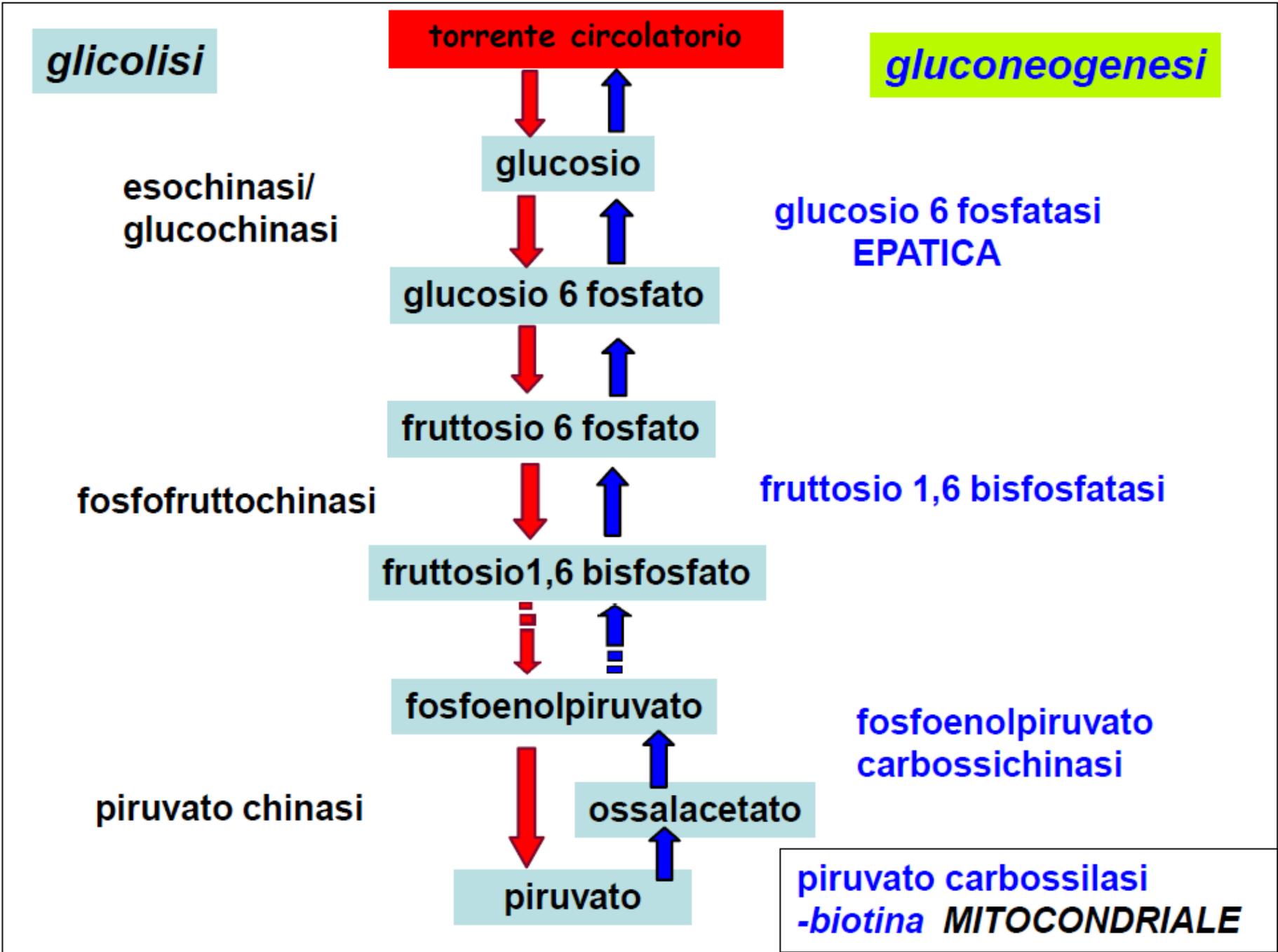
Precursori non  
saccaridici:

Lattato

Glicerolo

Amminoacidi (Alanina)





- Nei mammiferi la gluconeogenesi avviene nel **fegato** e nel **rene**.
- Essa fornisce il glucosio necessario al cervello, ai muscoli e agli eritrociti.
- E' una via **energeticamente costosa**: la formazione di una molecola di glucosio da 2 molecole di piruvato richiede: **4 ATP, 2 GTP e 2NADH**.