

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الحمد لله رب العالمين  
والصلاة والسلام على  
سيدنا محمد وآله الطيبين  
الطاهرين أجمعين  
اللهم صل على محمد  
وعلى آل محمد  
اللهم صل على محمد  
وعلى آل محمد  
اللهم صل على محمد  
وعلى آل محمد





**فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی**

**متابولیسم و کنترل هورمونی**

**دکتر روح الله حق شناس**

**استادیار فیزیولوژی ورزش دانشگاه سمنان**

**پاییز ۹۶**

## دستگاه غدد درون ریز

کنترل و تنظیم دقیق واکنش های فیزیولوژیکی به هر اختلال در تعادل حیاطی در درجه اول بر عهده دستگاه غدد درون ریز است.

دستگاه غدد درون ریز به همه بافت و غددی می گویند که هورمون ترشح می کنند.

دستگاه عصبی وظایفش را به سرعت و به صورت موضعی انجام می دهد در عین حال تأثیرش نیز کوتاه مدت است.

در صورتی که دستگاه غدد درون ریز خیلی آهسته تر واکنش نشان می دهد ولی آثارش طولانی مدت است.

## هورمون

به طور کلی هورمون ها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- استروئیدی که از کلسترول منشا می گیرند لذا ساختار شیمیایی آنها شبیه کلسترول است

به همین دلیل در چربی حل می شوند و به راحتی از غشای سلول ها عبور می کنند

۲- غیر استروئیدی در چربی حل نمی شوند و به راحتی نیز از غشای سلول عبور نمی کنند

## هورمون های استروئیدی توسط غدد زیر ترشح می شوند

بخش قشری آدرنال مانند کورتیزول و آلدسترون

تخمندان ها مانند استروژن و پروژسترون

بیضه ها مانند تستوسترون

جفت مانند استروژن و پروژسترون

## هورمون های غیر استروئیدی

به دو گروه کوچکتر تقسیم می شوند:

۱- هورمون های پروتئینی یا پپتیدی

۲- هورمون های مشتق از اسید آمینه

دو هورمون غده تیروئید تیروکسین و تری یدو تیرونین و دو هورمون بخش مرکزی آدرنال

اپی نفرین و نوراپی نفرین از اسید های آمینه مشتق می شوند.

بقیه هورمون های غیر استروئیدی هورمون های پروتئینی یا پپتیدی هستند.

## انواع غدد

- با توجه به محل ترشح و اثر عمل هورمون ها غدد به سه نوع تقسیم می شوند.
- غدد اندوکرین که از همورمون خود را از سلول ترشح و در جریان خون ریخته و بر سلول هدف که در جایی دورتر اثر می گذارند.
- غدد پاراکرین که هورمون مترشحه بر همان سلولی که از آن ترشح می شود تاثیر می گذارد

- غدد اتوکرین که هورمون مترشحه از سلول آنها بر سلول مجاور اثر می گذارد.



## شکل های مختلف انرژی

- شکل های مختلف انرژی قابل تبدیل به یکدیگر هستند.

- **انرژی هرگز به وجود نمی آید و هرگز از بین نمی رود، بلکه همواره از شکلی به شکل دیگر تبدیل می شود.**

- **سرانجام انرژی ها تبدیل شدن به گرماست. همه انواع انرژی از خورشید سرچشمه می گیرند.**

- **در گیاهان، توسط مکانیسمی به نام فتوسنتز، نور به انرژی شیمیایی تبدیل و ذخیره می شود.**

- **انرژی در مواد غذایی به شکل **کربوهیدرات، چربی و پروتئین** ذخیره می شود.**

- **مقداری از انرژی آزاد شده در سلول ها صرف رشد و ترمیم بافت های بدن می شود.**

- **یک کیلوکالری انرژی برابر است با مقدار انرژی که بتواند در محیطی با دمای ۱۵ درجه سانتی**

- **گراد، دمای یک کیلوگرم آب را یک درجه بالا ببرد.**

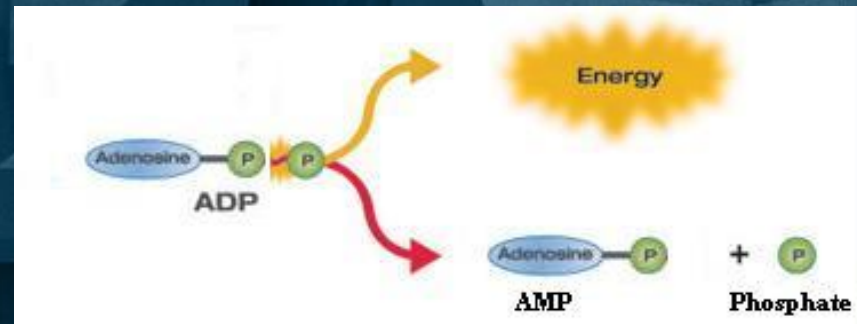
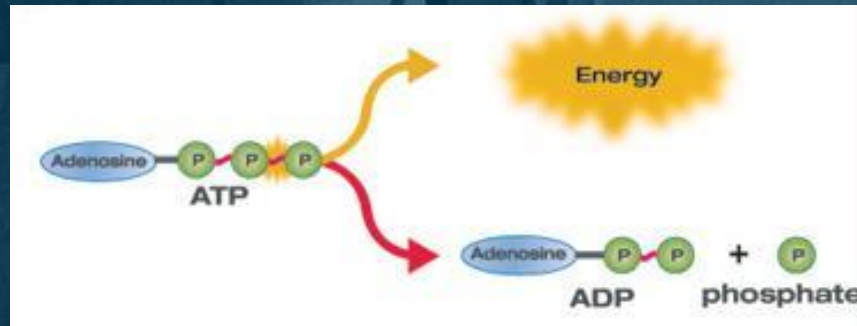


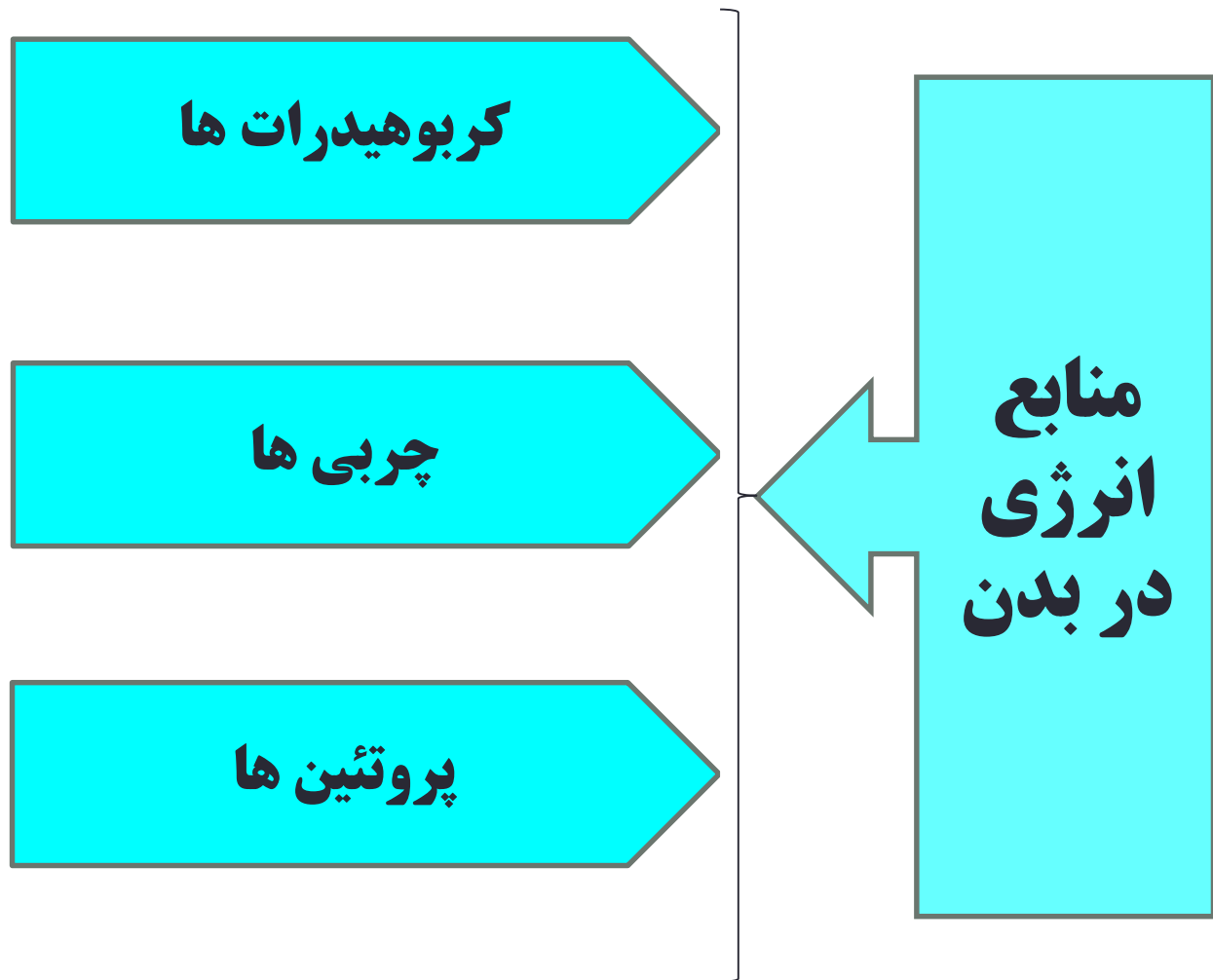
## منابع انرژی

- انرژی موقعی آزاد می شود که پیوند های شیمیایی شکسته شوند.
- انرژی موجود در باندهای مولکولی مواد غذایی در درون سلول ها به صورت شیمیایی آزاد شده و سپس به صورت ترکیبی بسیار پر انرژی به نام **ادنوزین تری فسفات ATP** ذخیره می شود.
- هنگام استراحت انرژی مورد نیاز بدن تقریبا به طور برابری از تجزیه کربوهیدرات ها و چربی ها تامین می شود.

# آدنوزین تری فسفات

آدنوزین تری فسفات به دلیل پیوندهای پرانرژی فسفات می تواند انرژی مورد نیاز جهت انجام کار در بدن (انقباض عضلانی) را فراهم نماید و به آدنوزین دی فسفات و آدنوزین مونو فسفات تبدیل گردد.





# منابع انرژی در بدن (کربوهیدرات ها)

انرژی تولیدی حاصل از کربوهیدرات های موجود در بدن یک فرد ۶۵ کیلوگرمی با ۱۲٪ چربی

منبع سوختی	مقدار (گرم)	انرژی (کیلوکالری)
گلیکوژن کبد	۱۱۰	۴۵۱
گلیکوژن عضله	۲۵۰	۱۰۲۵
گلوکز موجود در مایعات بدن	۱۵۰	۶۲
مجموع	۳۷۵	۱۵۳۸

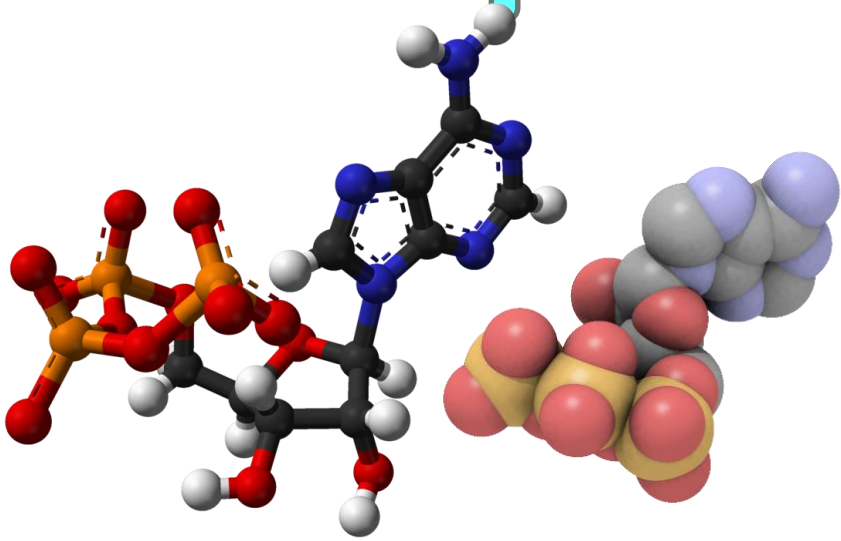
## منابع انرژی

- فرایند تبدیل پروتئین به گلوکز، **گلوکونئوزنز** نامیده می شود.
- پروتئین ها می توانند به وسیله یک سلسله واکنش های شیمیایی به اسیدهای چرب تبدیل شوند. این فرایند **لیپوزنز** نام دارد.
- پروتئین ها تنها می توانند ۵ تا ۱۰ درصد از انرژی مورد نیاز فعالیت های دراز مدت را تامین کنند.
- برای تولید انرژی، تنها اسیدهای آمینه به عنوان واحدهای ساختمانی پروتئین ها می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

## منابع انرژی

- انتخاب مقدار زیادی از یک سوخت خاص باعث می شود که سلول ها به آن منبع خیلی بیشتر متکی شوند تا منابع دیگر. چنین تاثیری در زمینه دسترسی به انرژی را **اثر عمل جمعی (mass action effect)** گویند.

## آدنوزین تری فسفات (ATP)

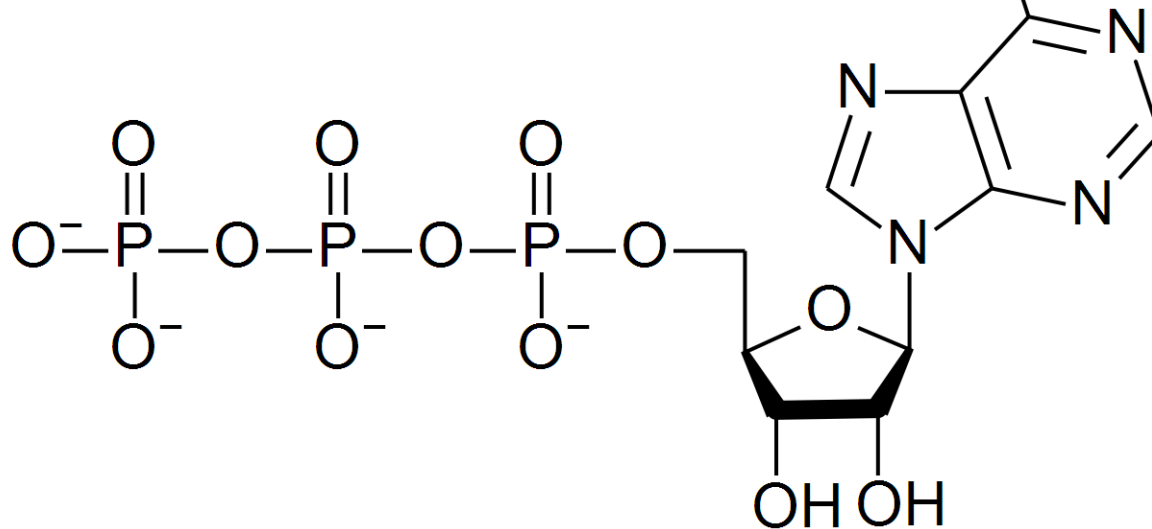


اجزای آدنوزین تری فسفات (ATP) عبارتند از:

\* یک باز آلی آدنین

\* یک قند ریبوز

\* سه گروه فسفات (سه رادیکال فسفات)

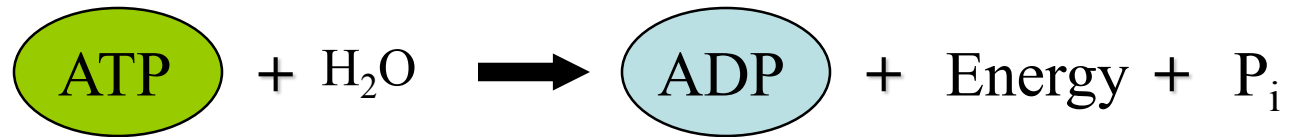




## آدنوزین تری فسفات یا (ATP)

- نوکلئوتیدی است که در سلولها به عنوان حامل انرژی بکار می‌رود.
- آدنوزین تری فسفات با انتقال انرژی به مولکولهای دیگر، گروه انتهایی فسفات خود را از دست داده و به آدنوزین دی فسفات (ADP) تبدیل می‌شود یا اینکه با از دست دادن دو گروه فسفات (1PP)، به آدنوزین مونو فسفات (AMP) تغییر می‌یابد، که این فرآورده‌ها نیز مجدداً می‌توانند با کسب فسفات به (ATP) تبدیل شوند.

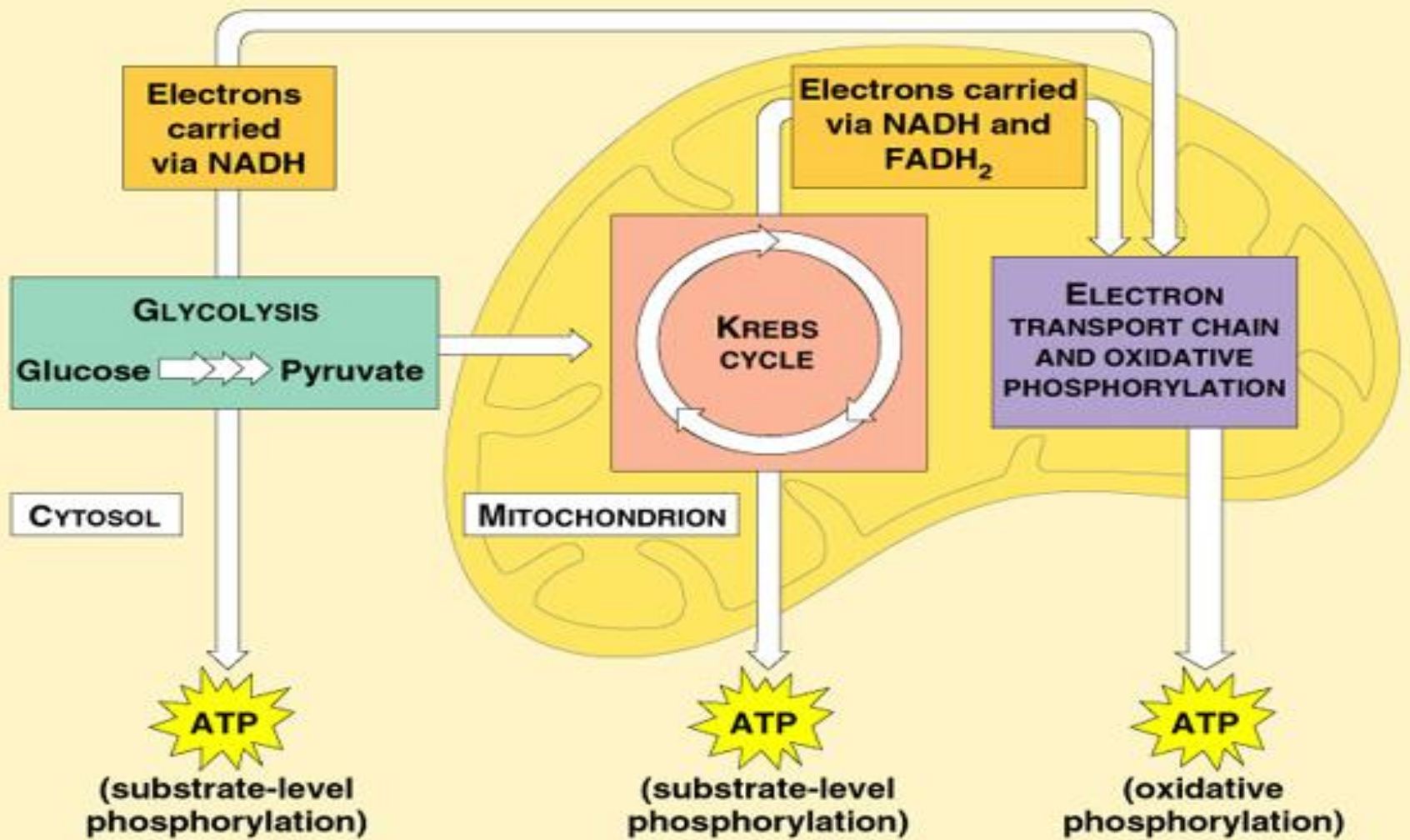
## a) ATP breakdown (ATP turnover)



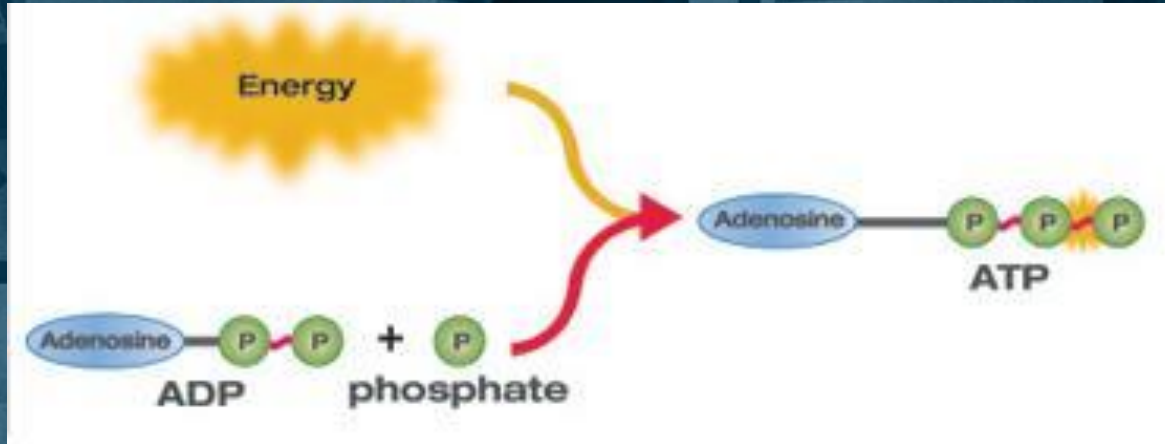
1. Hydrolysis of the unstable phosphate groups of ATP molecule by  $\text{H}_2\text{O}$
2. Phosphate molecule ( $\text{P}_i$ ) is released from ATP  
(ATP  $\longrightarrow$  ADP)
3. Energy is released (38 to 42 kJ, or 9 to 10 kcal/mol ATP)

## دستگاه‌های اصلی انرژی

- برای تولید ATP یک گروه فسفات به یک ترکیب نسبتاً کم انرژی به نام ADP اضافه می‌شود که به این فرایند شیمیایی **فسفوریلاسیون** می‌گویند.
- مقداری ATP بدون دسترسی به اکسیژن تولید می‌شود که به این نوع متابولیسم **فسفوریلاسیون سوبسترا** می‌گویند.
- سایر واکنش‌های مولد ATP که بدون وجود اکسیژن رخ می‌دهند **متابولیسم بی‌هوازی** خوانده می‌شود.
- هنگامیکه این واکنش‌ها به کمک اکسیژن انجام می‌شود به آن **متابولیسم هوازی** می‌گویند.



# بازسازی آدنوزین تری فسفات



## تنفس هوازی :

در حضور اکسیژن

میزان بازسازی ATP نامحدود

فعالیت های سبک و طولانی مدت

سیستم هوازی

## تنفس بی هوازی :

در عدم حضور یا محدودیت اکسیژن

میزان بازسازی ATP محدود

فعالیت های شدید و کوتاه مدت

سیستم فسفاژن و اسید لاکتیک

## دستگاه‌های اصلی انرژی

• سلول‌ها از طریق سه فرایند یا دستگاه مختلف ATP را تولید می‌کنند:

• ۱- دستگاه ATP-PCr

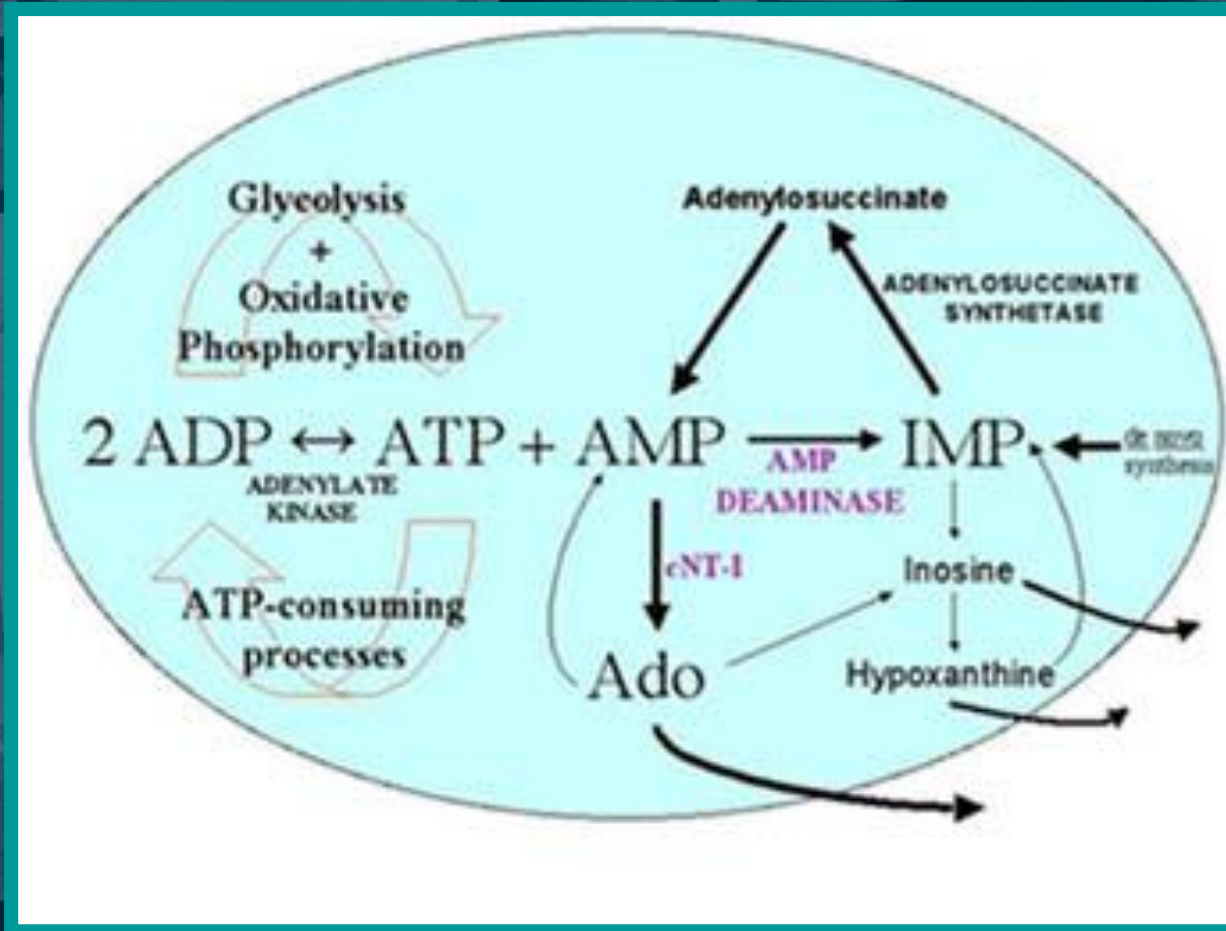
• ۲- دستگاه گلیکولیتیک (گلیکولیز)

• ۳- دستگاه اکسایشی (فسفوریلاسیون اکسایشی)

• آزاد شدن انرژی از PCr توسط آنزیم کراتین کیناز تسهیل می‌شود



# بازسازی آدنوزین تری فسفات و سیکل پورین نوکلئوتید





## دستگاه گلیکولیتیک

- روش دیگر برای تشکیل ATP انرژی حاصل از تجزیه گلوکز است. نام این دستگاه مولد انرژی **گلیکولیتیک** است.
- گلوکز از هضم کربوهیدرات ها و تجزیه گلیکوژن کبد و عضله به دست می آید.
- گلیکوژن طی فرایند **گلیکوژنز** از ترکیب چند مولکول گلوکز به دست می آید.
- در موقع نیاز گلیکوژن تجزیه شده و به گلوکز ۱ فسفات تبدیل شده و وارد روند گلیکولیز می شود که به این فرایند **گلیکوژنولیز** می گویند.
- در آمد خالص از تجزیه هر مول گلیکوژن ۳ مول ATP است. در صورتی که اگر به جای گلیکوژن گلوکز مورد استفاده قرار گیرد تنها ۲ مول ATP به دست می آید.

## دستگاه گلیکولیتیک

- دستگاه ATP-PCr و گلیکولیتیک منابع اصلی تولید انرژی برای فعالیت های ورزشی انفجاری و کوتاه مدت محسوب می شوند که تا ۲ دقیقه به طول می انجامند و در دقایق اولیه فعالیت های شدید ورزشی طولانی تر و شدید این دو دستگاه در تولید انرژی نقش اصلی را ایفا می کنند.

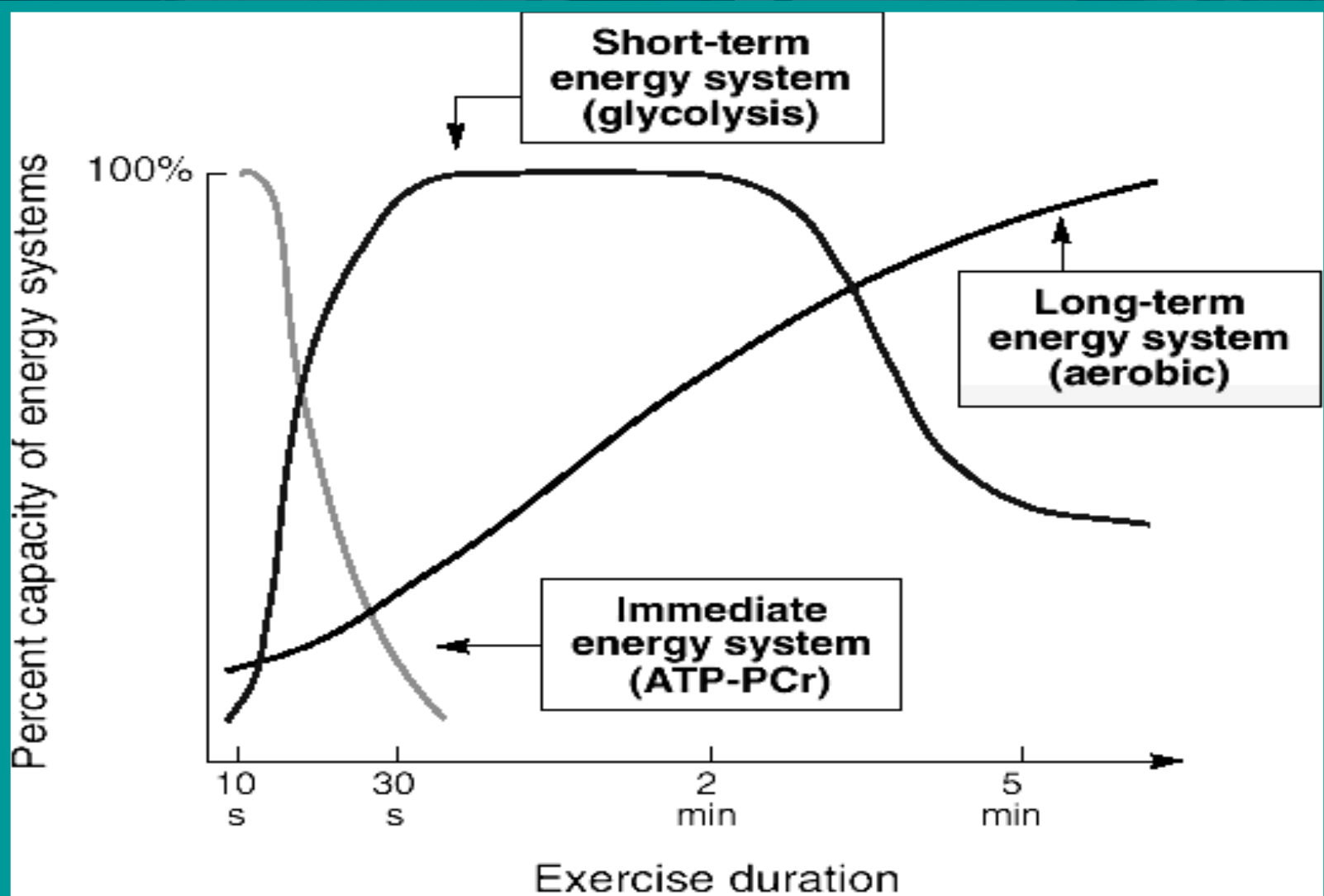
## دستگاه گلیکولیتیک

- گلیکولیز تولید اسید پیروویک می کند این فرایند به اکسیژن نیاز ندارد. ولی وجود اکسیژن سرانجام اسید پیروویک را مشخص می کند.
- در شرایط بی هوازی اسید پیروویک به طور مستقیم به اسید لاکتیک ( $C_3H_6O_3$ ) تبدیل می شود.
- پس از آنکه اسید لاکتیک یون هیدروژن آزاد کرد باقی مانده ترکیب به یون سدیم و یا یون پتاسیم می پیوندد و تشکیل نمکی به نام لاکتات را می دهد.
- گلیکولیز بی هوازی تولید اسید لاکتیک می کند.
- اسید لاکتیک به علت تولید یون هیدروژن ظرفیت پیوستن کلسیم به تار عضلانی را کاهش می دهد و ممکن است مانع از انقباض عضله شود.

## تنظیم گلیکوژنولیز عضلانی

- افزایش مصرف گلیکوژن عضلانی در هنگام تمرین در نتیجهی فعال شدن گلیکوژن فسفوریلاز می باشد.
- در حالت استراحت، این آنزیم ابتدا به فرم غیر فعال (b) وجود دارد و فعالیت آن می تواند توسط AMP و IMP افزایش و به وسیلهی ATP و GTP کاهش می یابد. عامل دیگر افزایش گلیکوژنولیز در زمان تمرین کاهش PH است.
- همچنین افزایش AMP، ADP، Pi، تجزیه PC و کاهش ATP باعث افزایش گلیکوژنولیز می شود.

# بازسازی آدنوزین تری فسفات



## دستگاه اکسایشی

- فرایندی را که از آن طریق بدن انسان به کمک اکسیژن مواد را تجزیه می کند تا انرژی تولید کند **تنفس سلولی** نامیده می شود. چون در این دستگاه از اکسیژن استفاده می شود به آن فرایند هوازی می گویند.
- تولید اکسایشی ATP درون اندامک سلولی ویژه ای موسوم به میتوکندری انجام می گیرد.

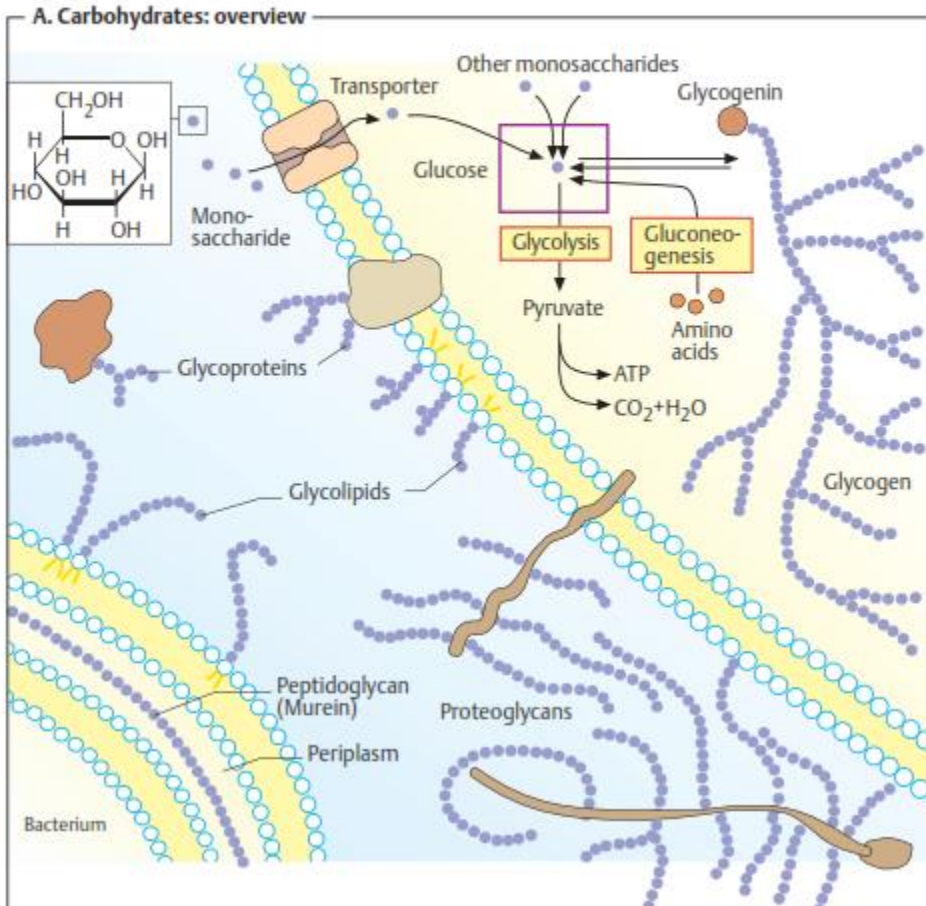
# اکسایش کربوهیدرات ها

Koolman, Color Atlas of Biochemistry, 2nd edition © 2005 Thieme  
All rights reserved. Usage subject to terms and conditions of license.

Carbohydrates

35

• تولید اکسایش ATP سه مرحله را طی می کند



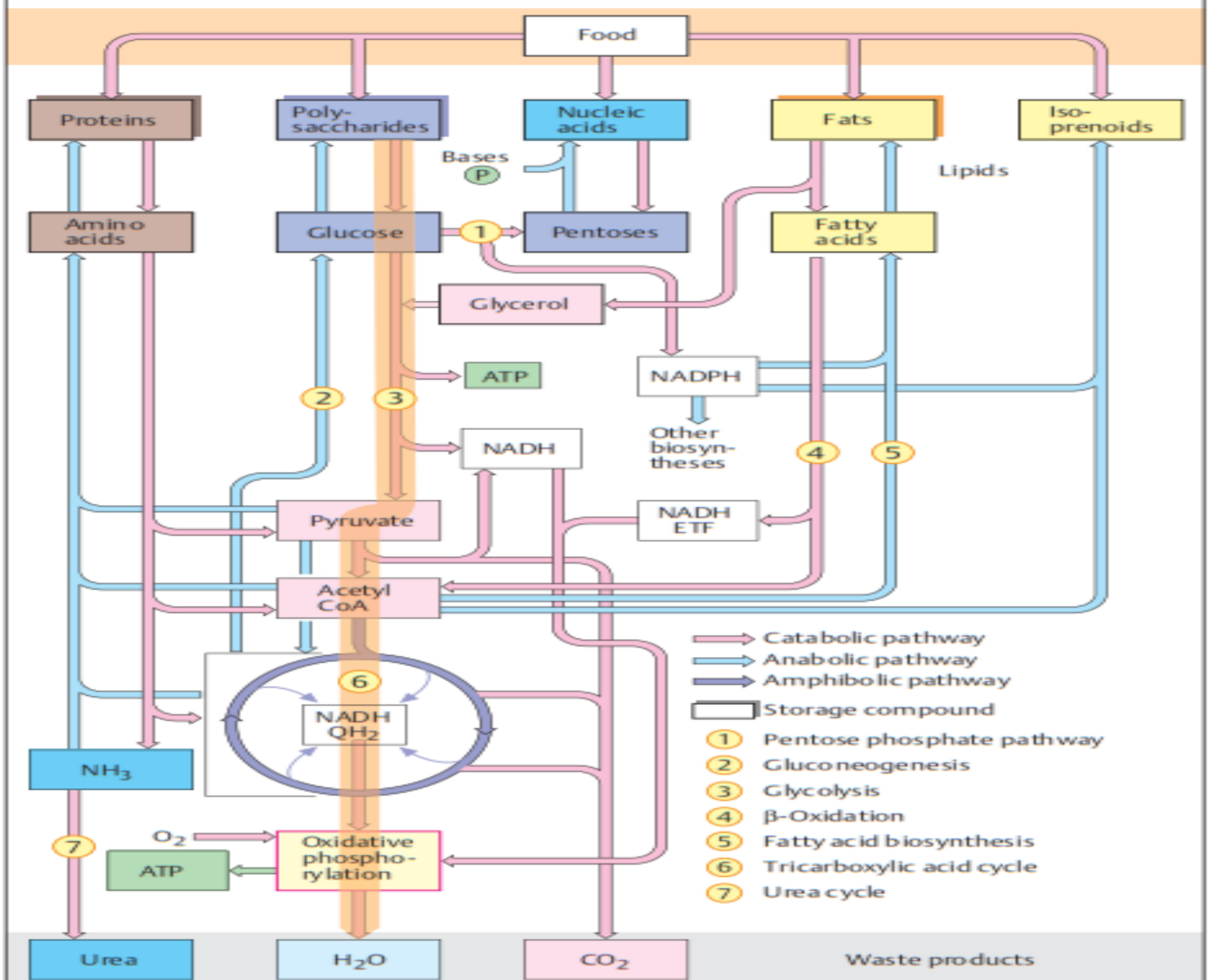
• گلیکولیز بی هوازی

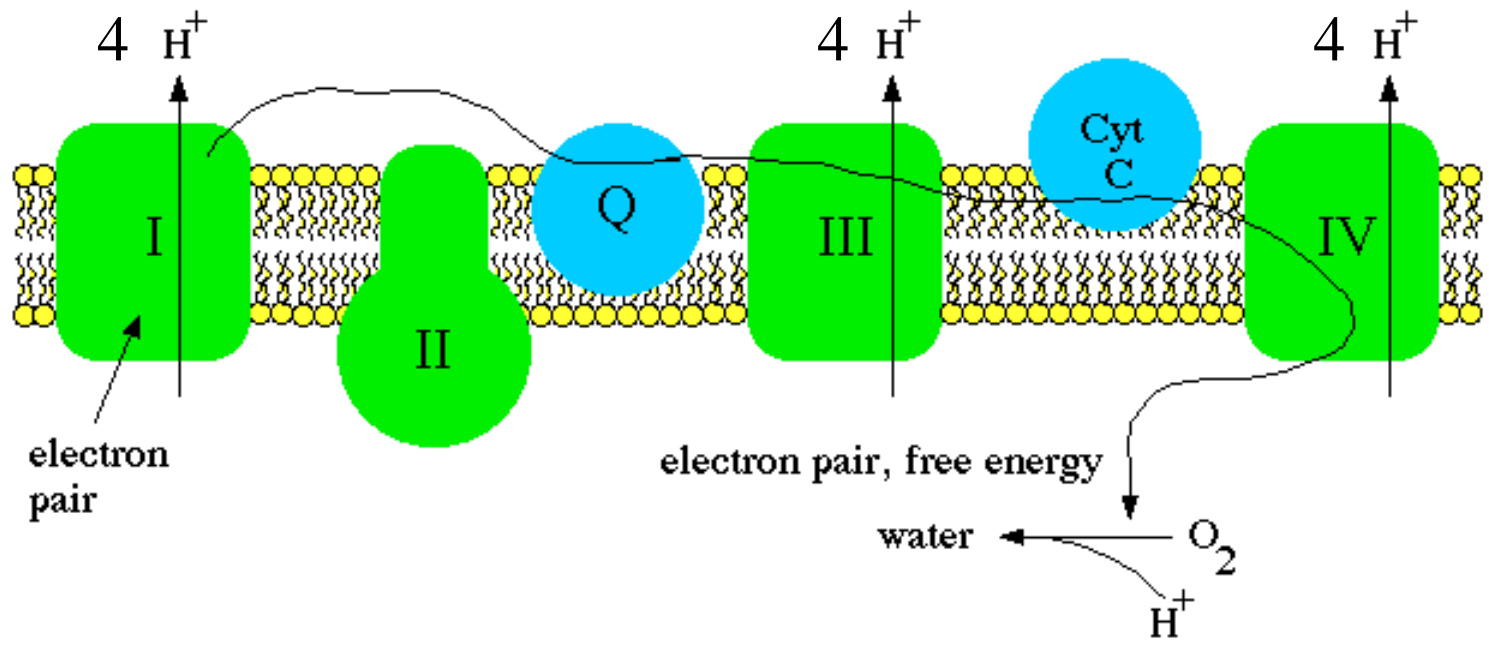
• سیکل کربس

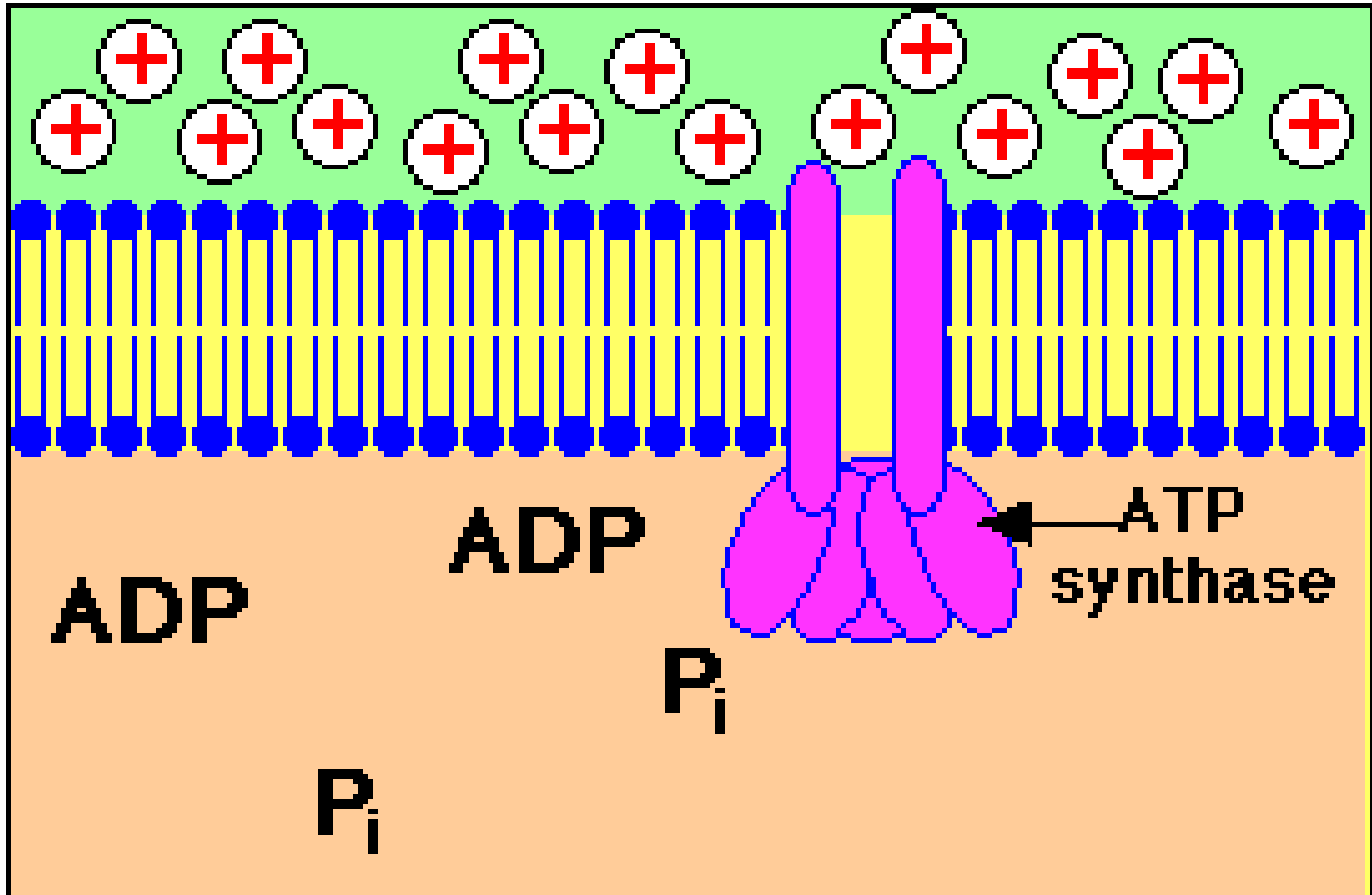
• زنجیره انتقال الکترونی



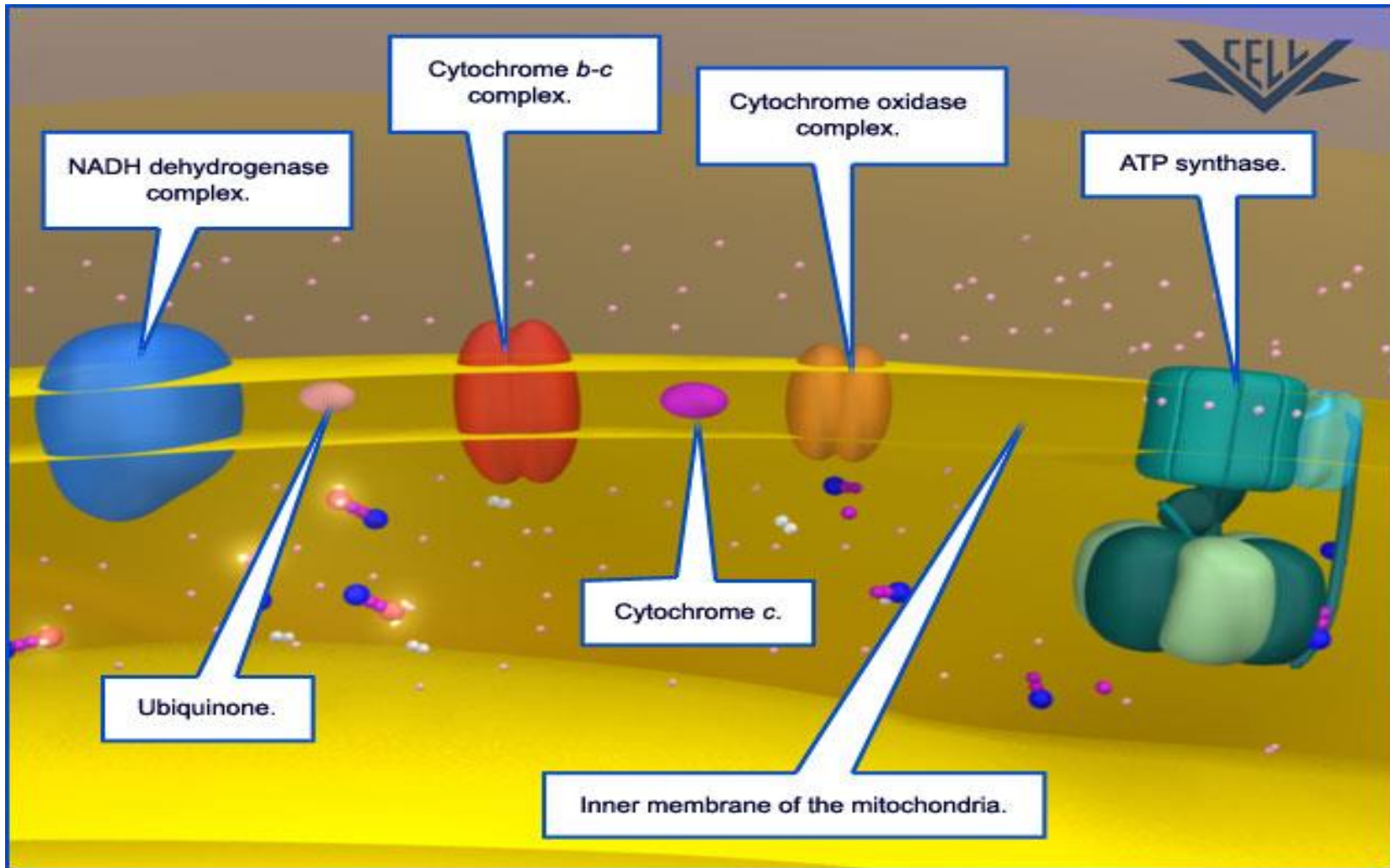
A. Intermediary metabolism: overview



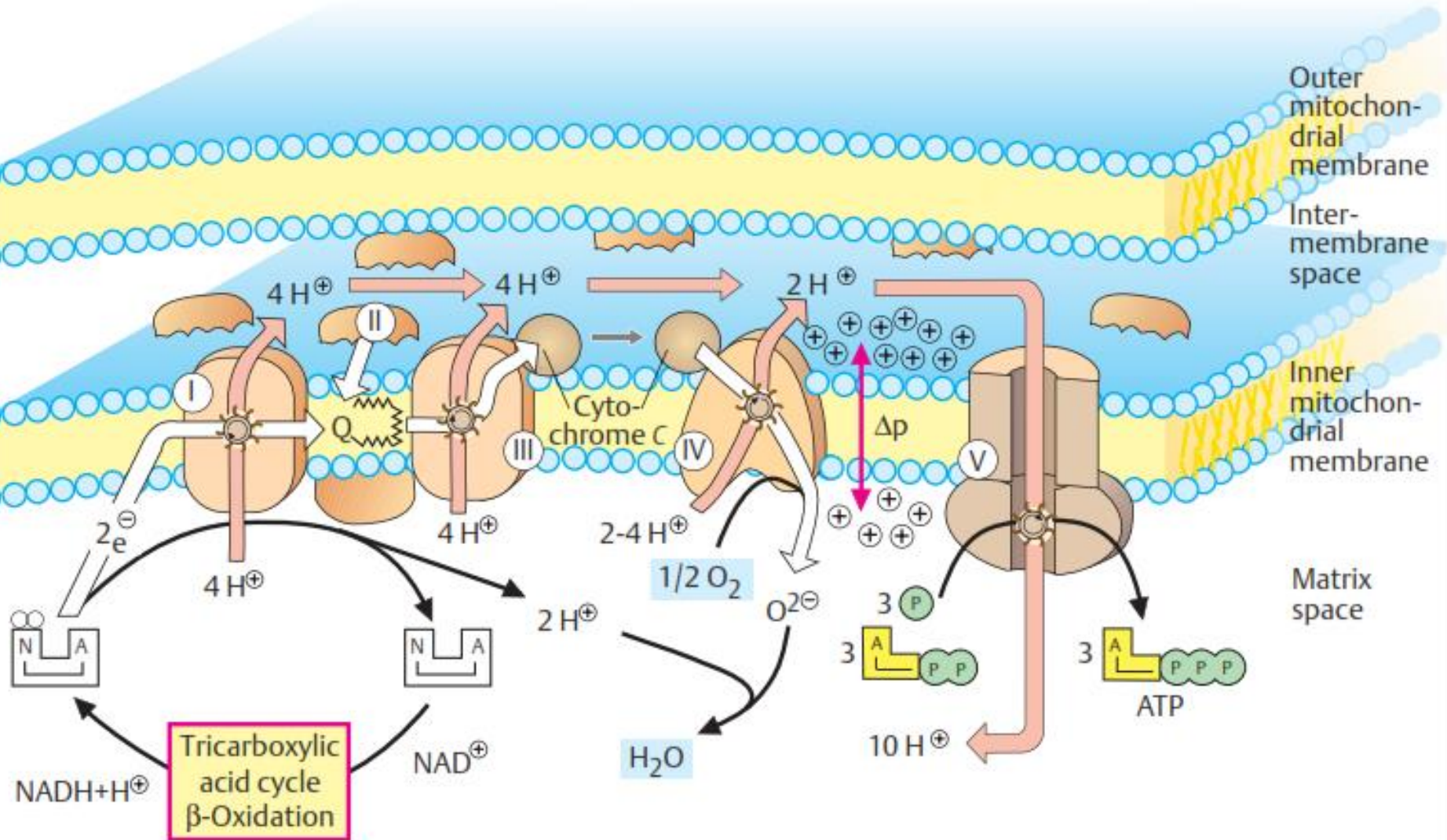




# میتو کندی



## B. Organization

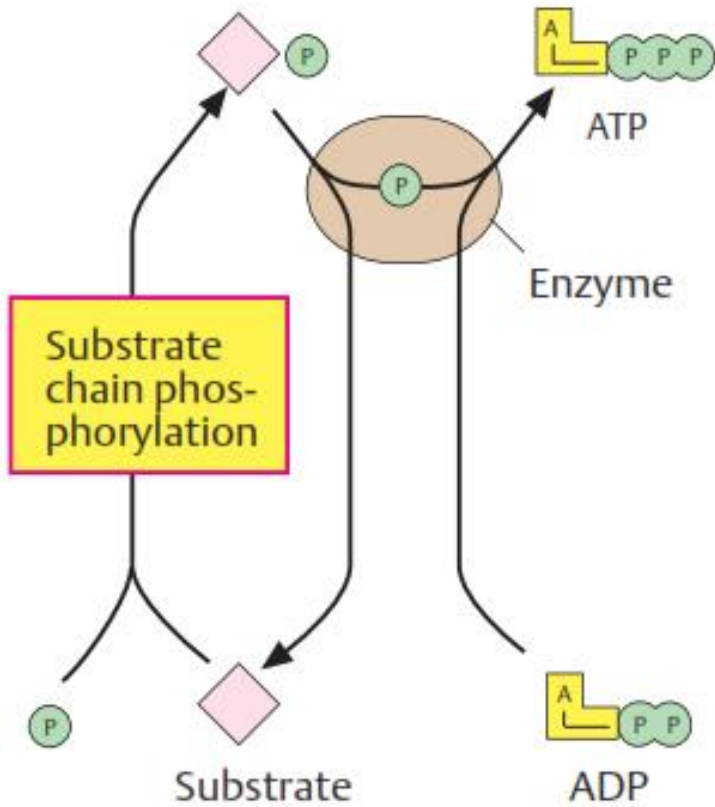




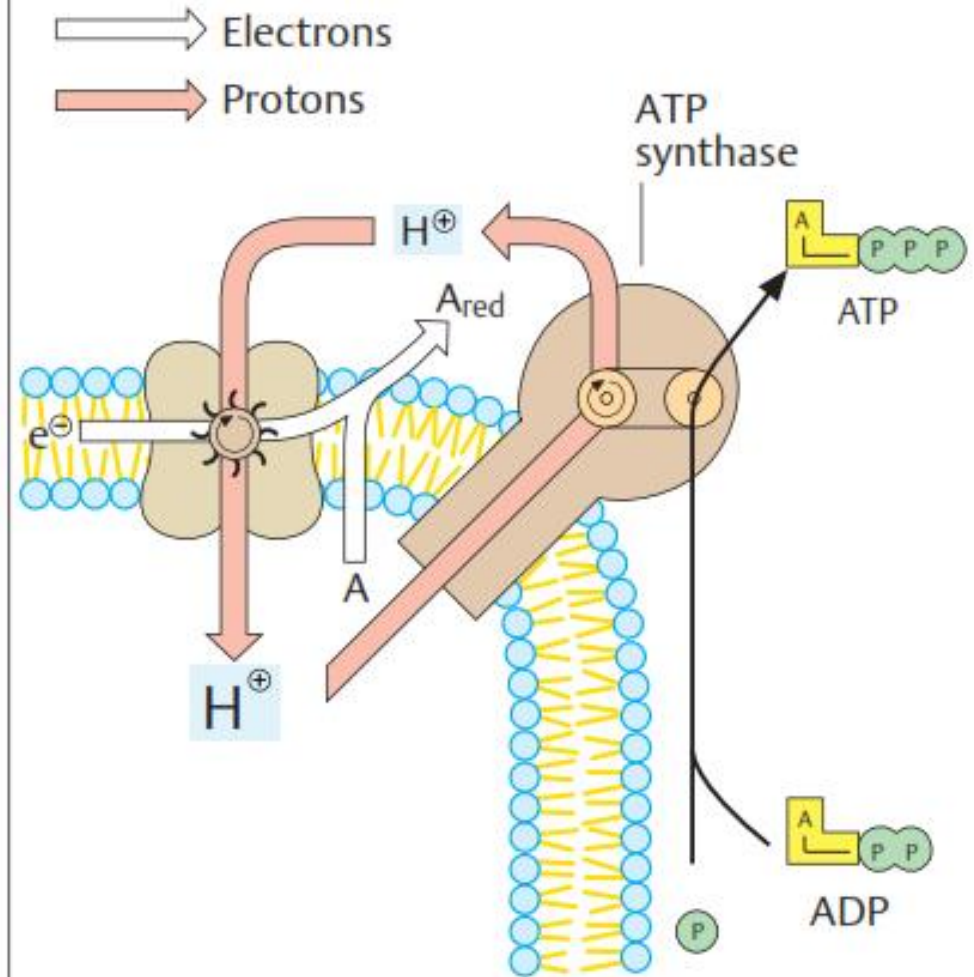
# فسفریلاسیون اکسایشی

## C. Types of ATP formation

Phosphorylated substrate

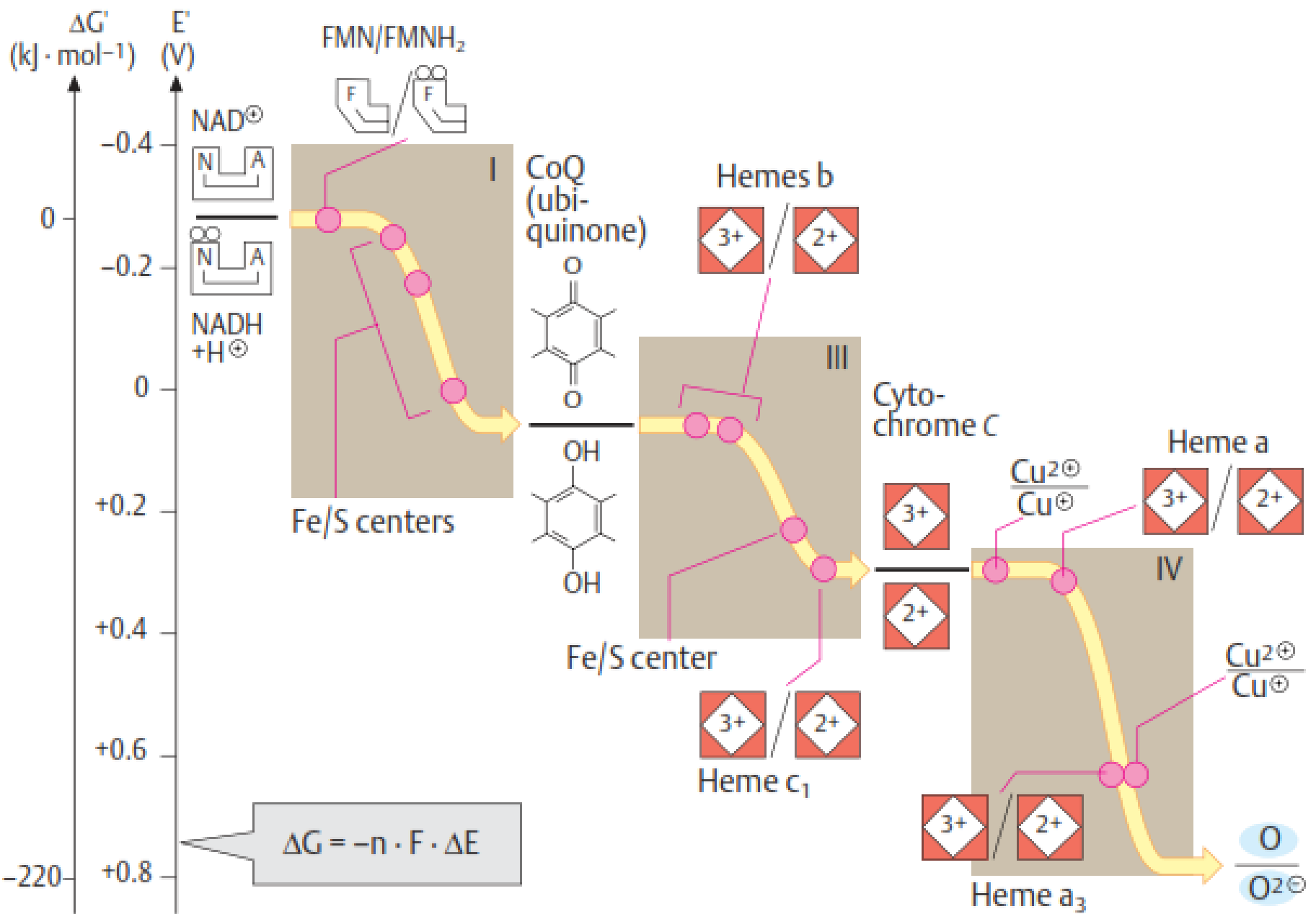


1. Phosphate transfer



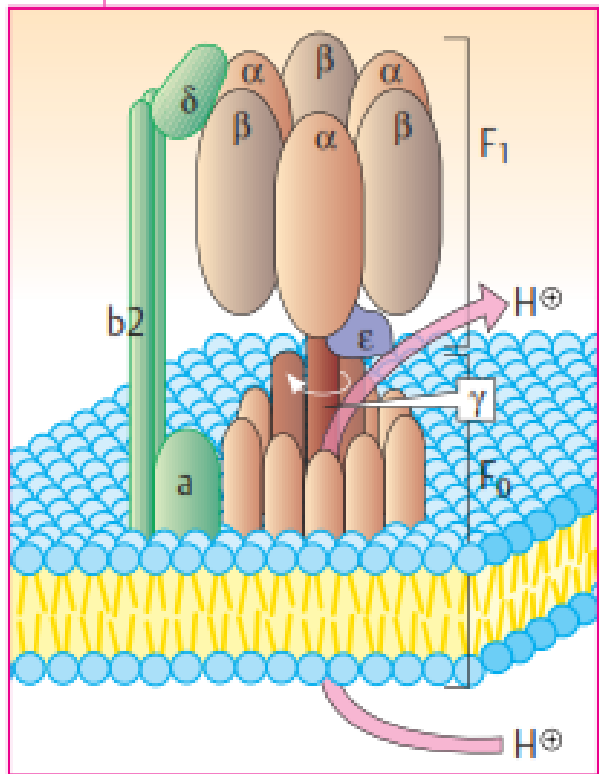
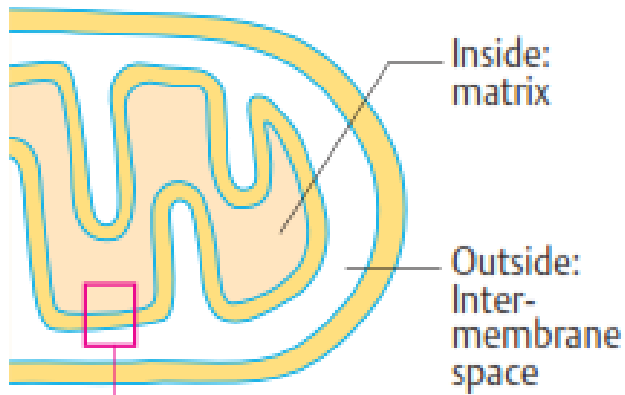
2. Oxidative phosphorylation

# A. Redox systems of the respiratory chain

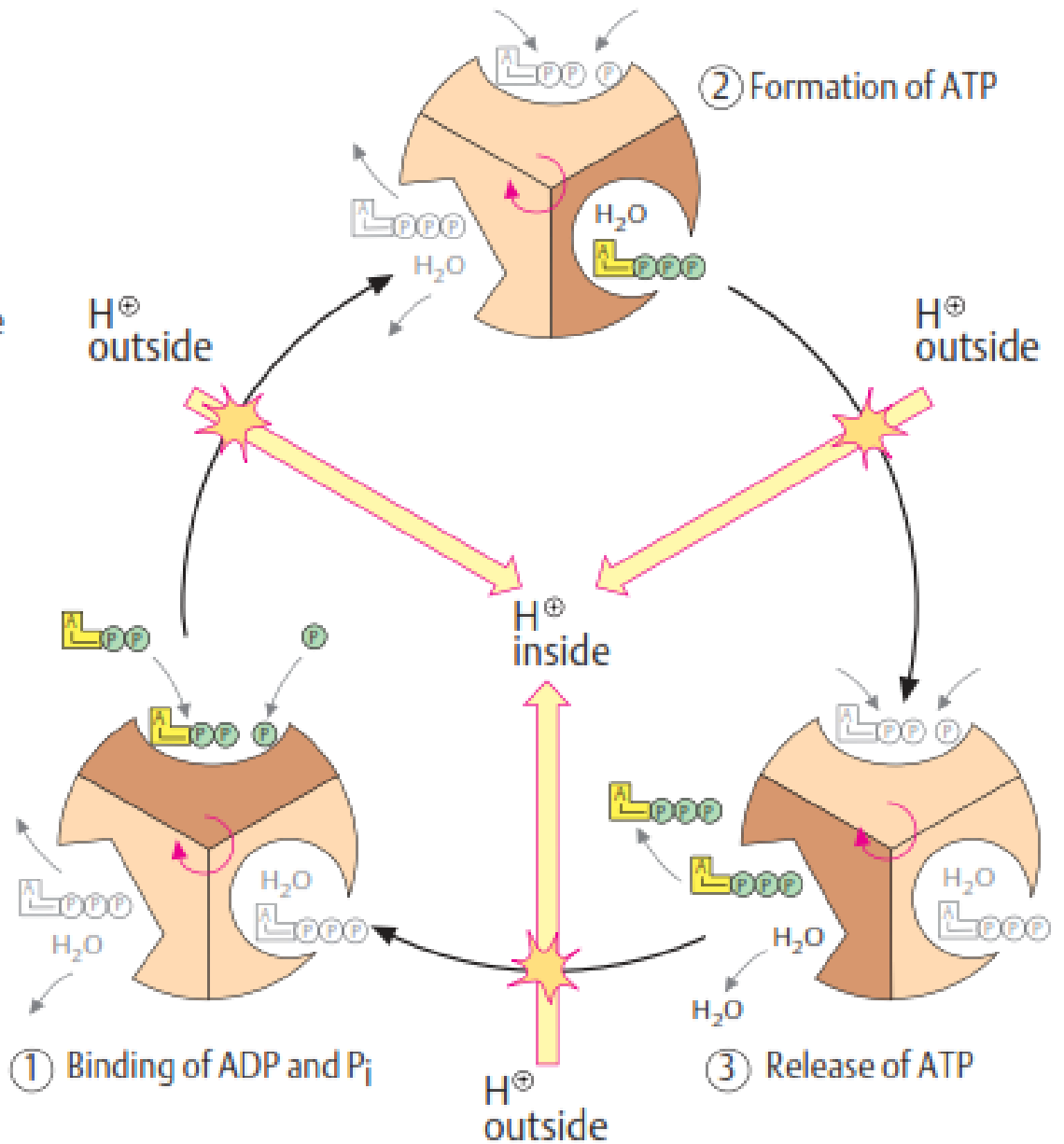




## B. ATP synthase

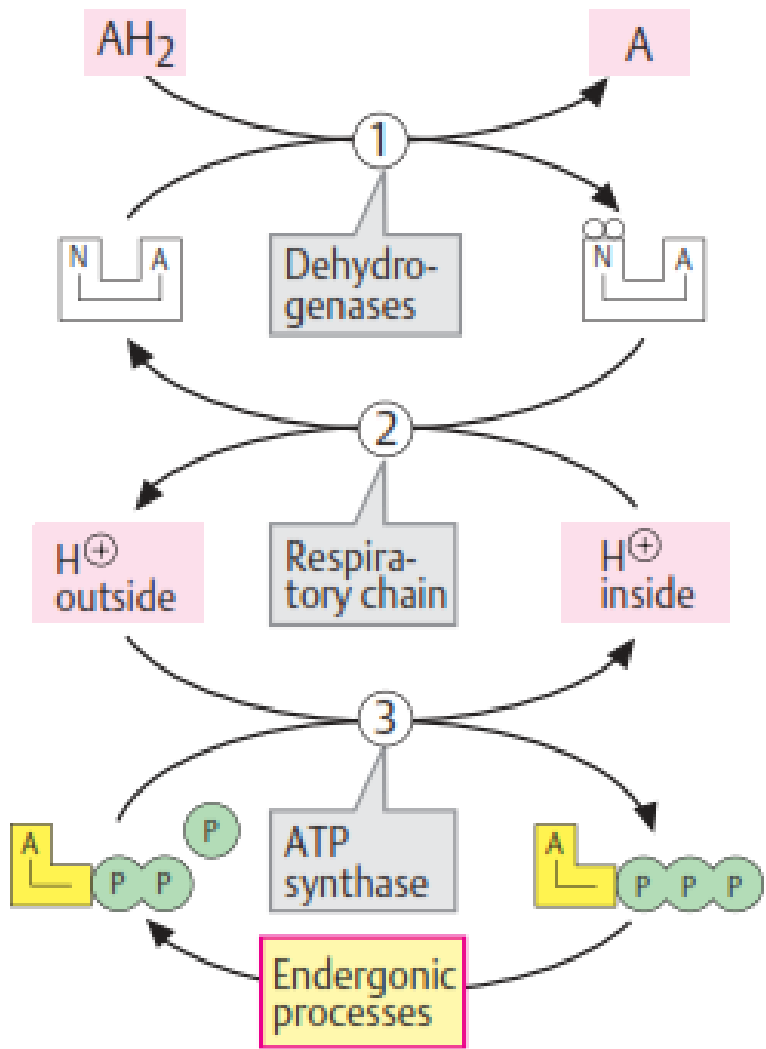


1. Structure and location



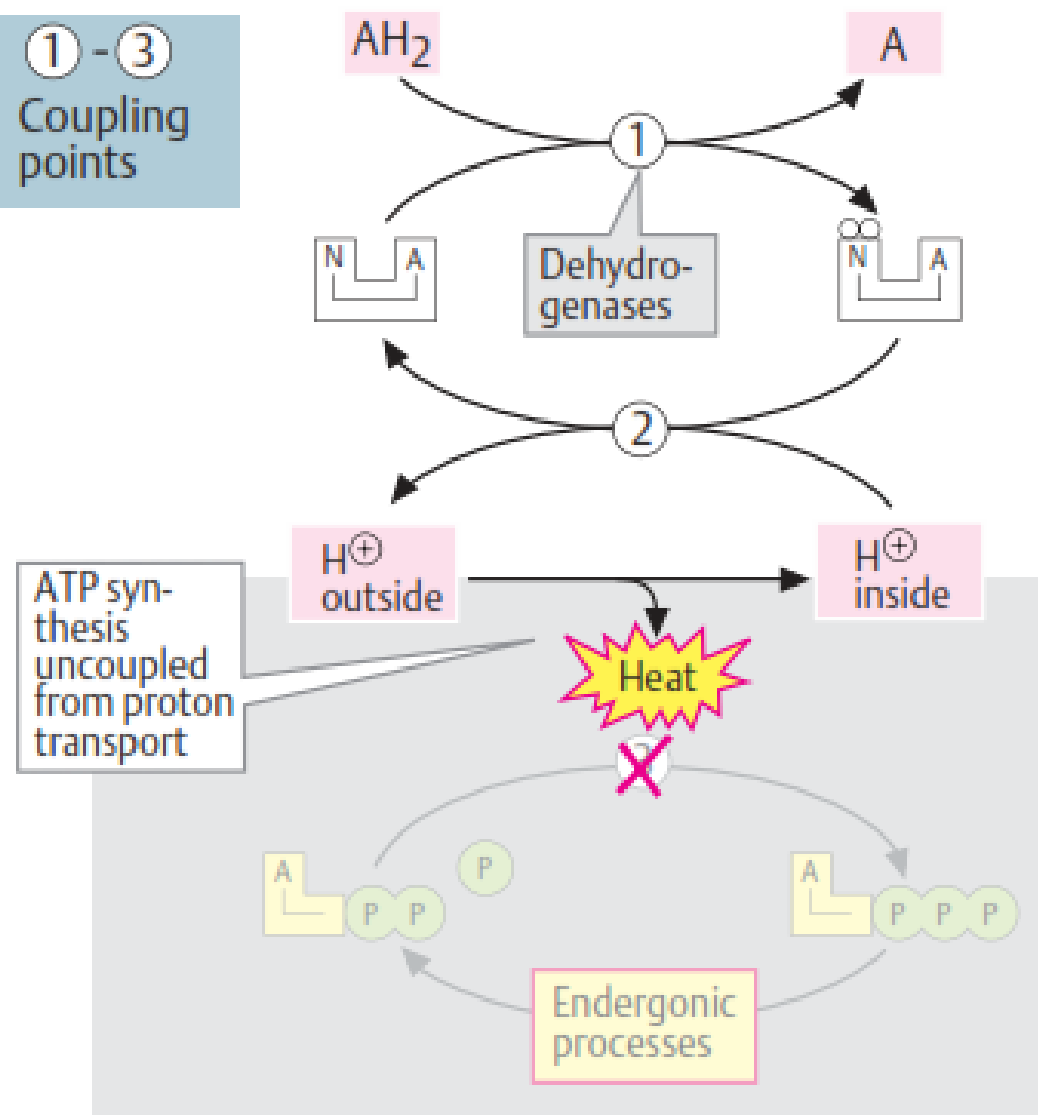
2. Catalytic cycle

# A. Respiratory control



1. Coupled

① - ③  
Coupling points



2. Uncoupled

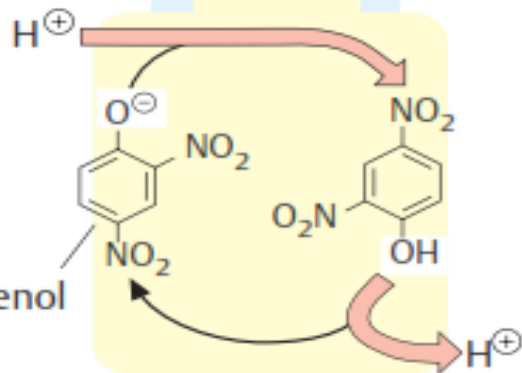
## B. Uncouplers

### 1. Membrane damage

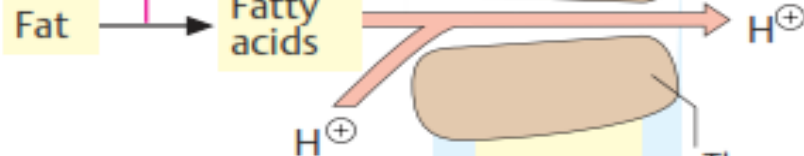


### 2. Mobile carriers

#### 2,4-Dinitrophenol

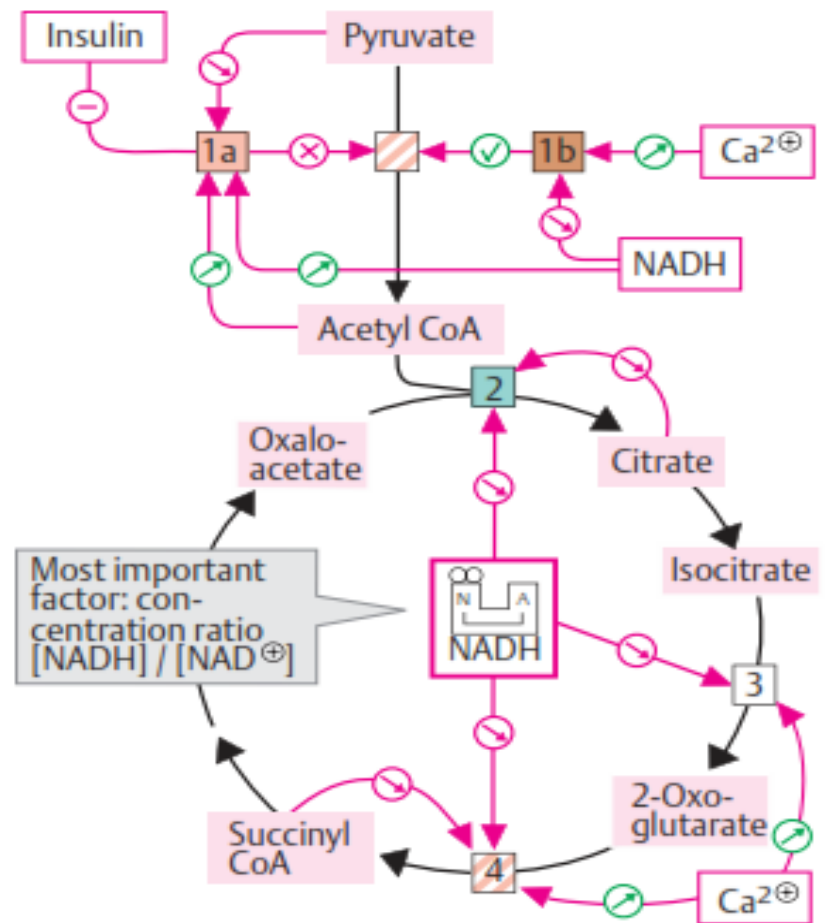


### Norepinephrine



### 3. Gated proton channels

## C. Regulation of the tricarboxylic acid cycle



1a PDH kinase 2.7.1.99

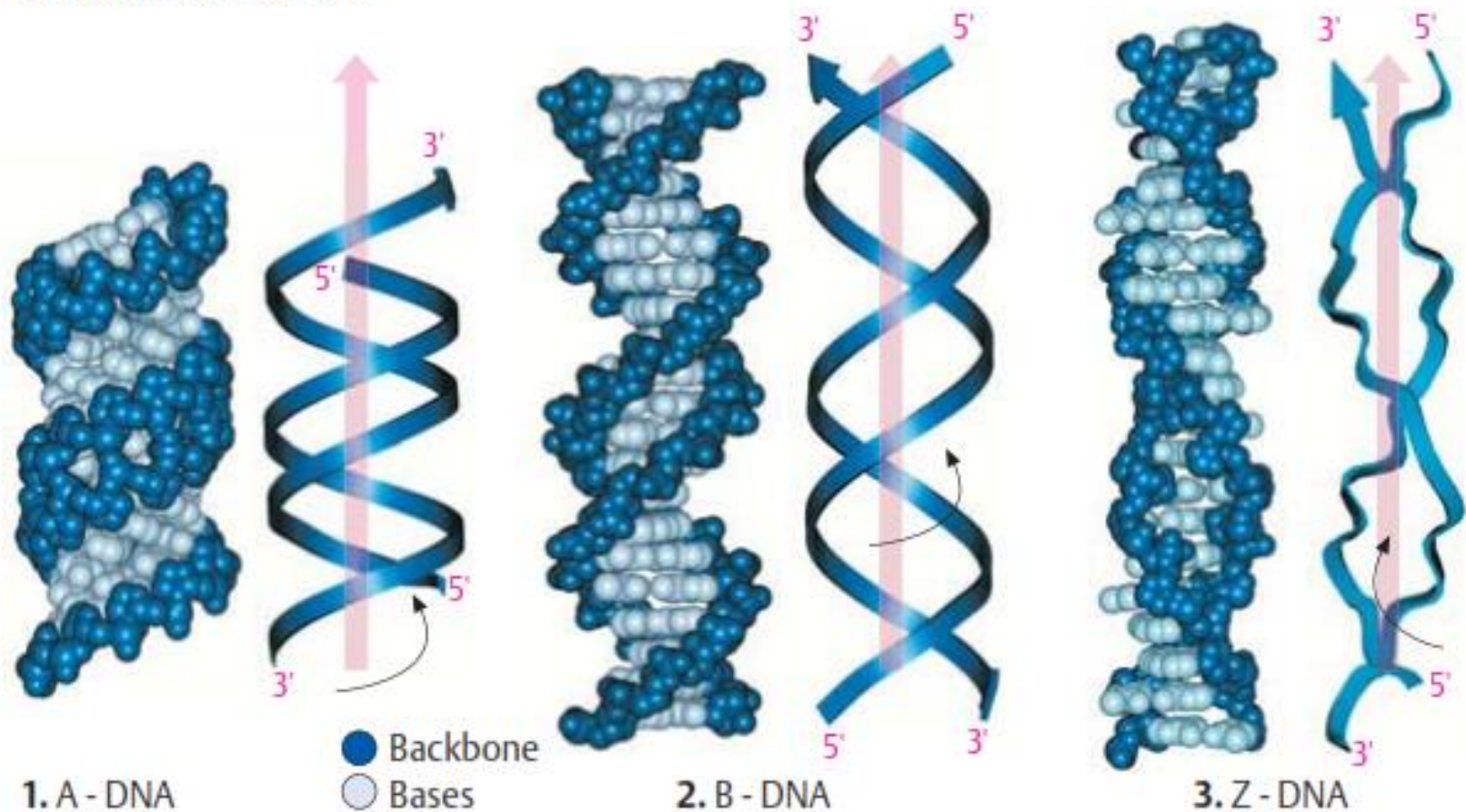
1b PDH phosphatase 3.1.3.43

2 Citrate synthase 4.1.3.7

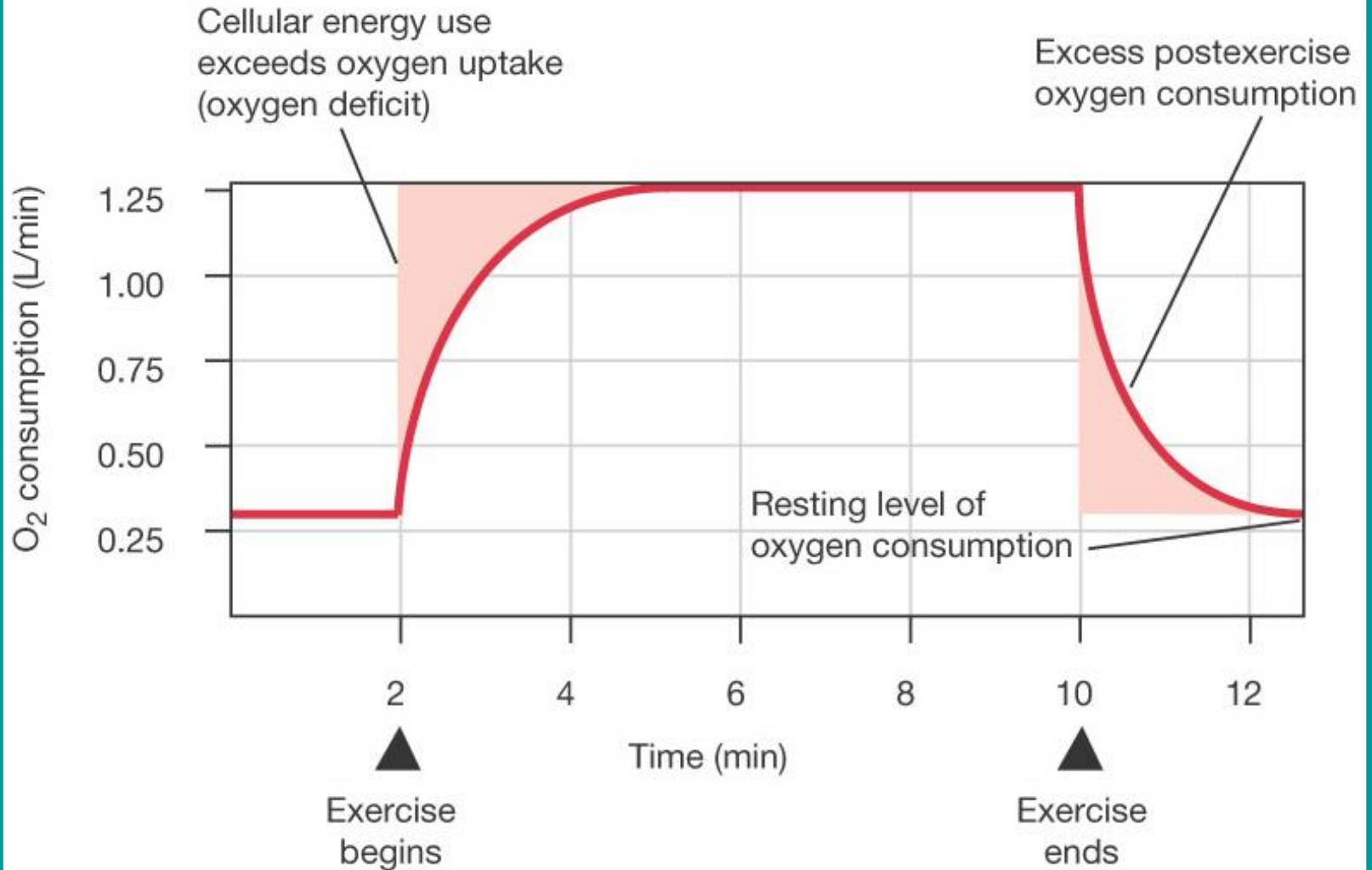
3 Isocitrate dehydrogenase 1.1.1.42

4 2-Oxoglutarate dehydrogenase 1.2.4.2, 1.8.1.4, 2.3.1.61

A. DNA: conformation



# كسر اكسيژن و وام اكسيژن



• **تمرینات تناوبی** : افزایش آنزیمهای مارکر بتا اکسیداسیون را در پی دارد. در واقع ترکیب شدت و

مدت تمرین ممکن است محرک مهمی برای **اکسیداسیون اسید چرب** باشد

• تفاوت در سرعت اکسایش با تغییر **آنزیم پالمیتل کارنیتین در مقابل آنزیم پیرووات** ، تفاوتهای سازگاری

میتوکندریایی را با تمرین نشان می دهد. که برای ماتریکس میتوکندریایی که شامل آنزیم پیرووات و آنزیم اسید چرب است، ویژه می باشد.

• **تمرینات تداومی** : اتکا بیشتر به **PDH** و **تمرینات تناوبی** : اتکا بیشتر به **بتا اکسیداسیون**

• در **تمرینات تناوبی** با تمرینات شدید تکراری **لاکتات و سیترات** از فرایند گلیکوژنولیز در طول دوره های

بعدی جلوگیری می کند. که منجر به اتکا بیشتر به **اکسیداسیون اسیدهای چرب** می باشد.

• افزایش اکسیداسیون اسیدچرب در میتوکندری **IMF** ممکن است به افزایش فعالیت آنزیمهای

اسید چرب **IMF** مرتبط باشد.

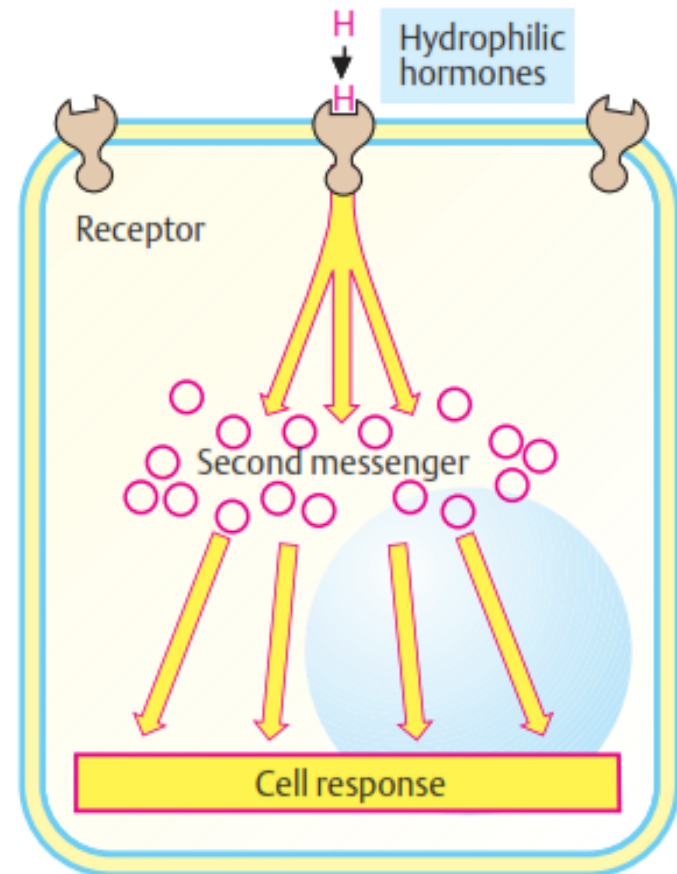
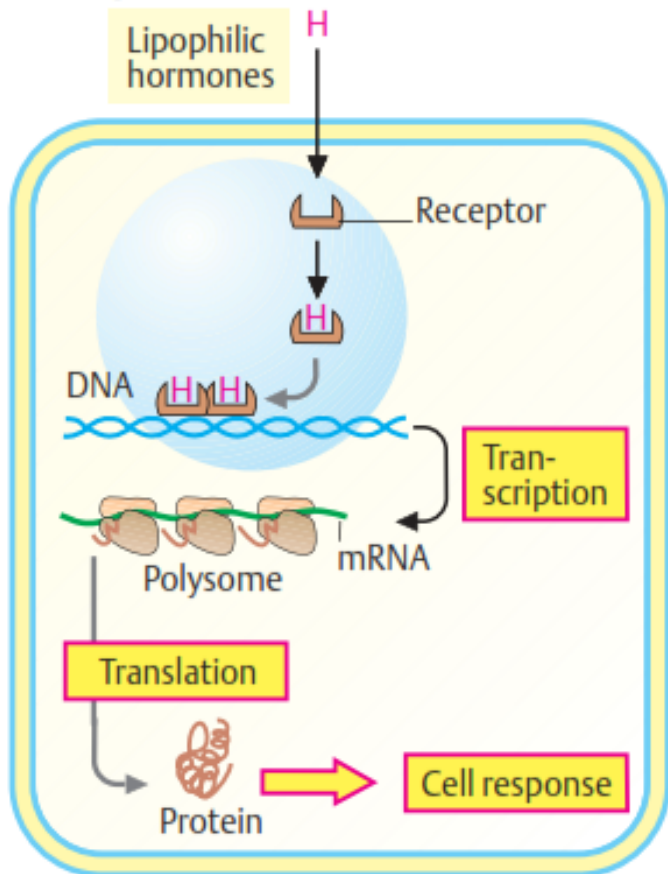
• ممکن است سوخت **اسیدهای چرب متعاقب تمرین در میتوکندری IMF** اهمیت بیشتری داشته باشد

• **چگالی حجم میتوکندریایی IMF تقریباً 90% کل چگالی حجمی میتوکندری کل است.**



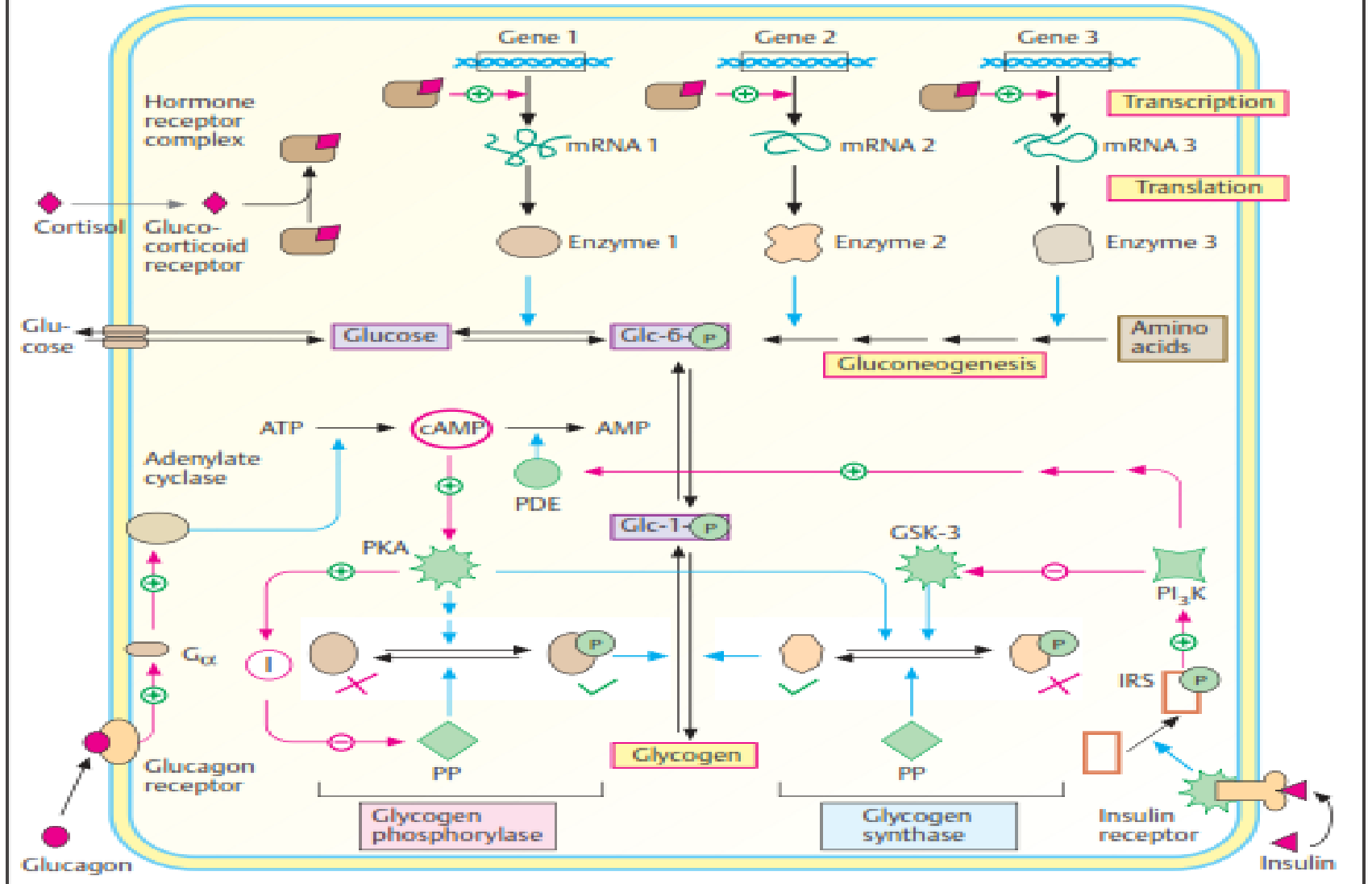
# هورمون

## A. Principles of hormone action



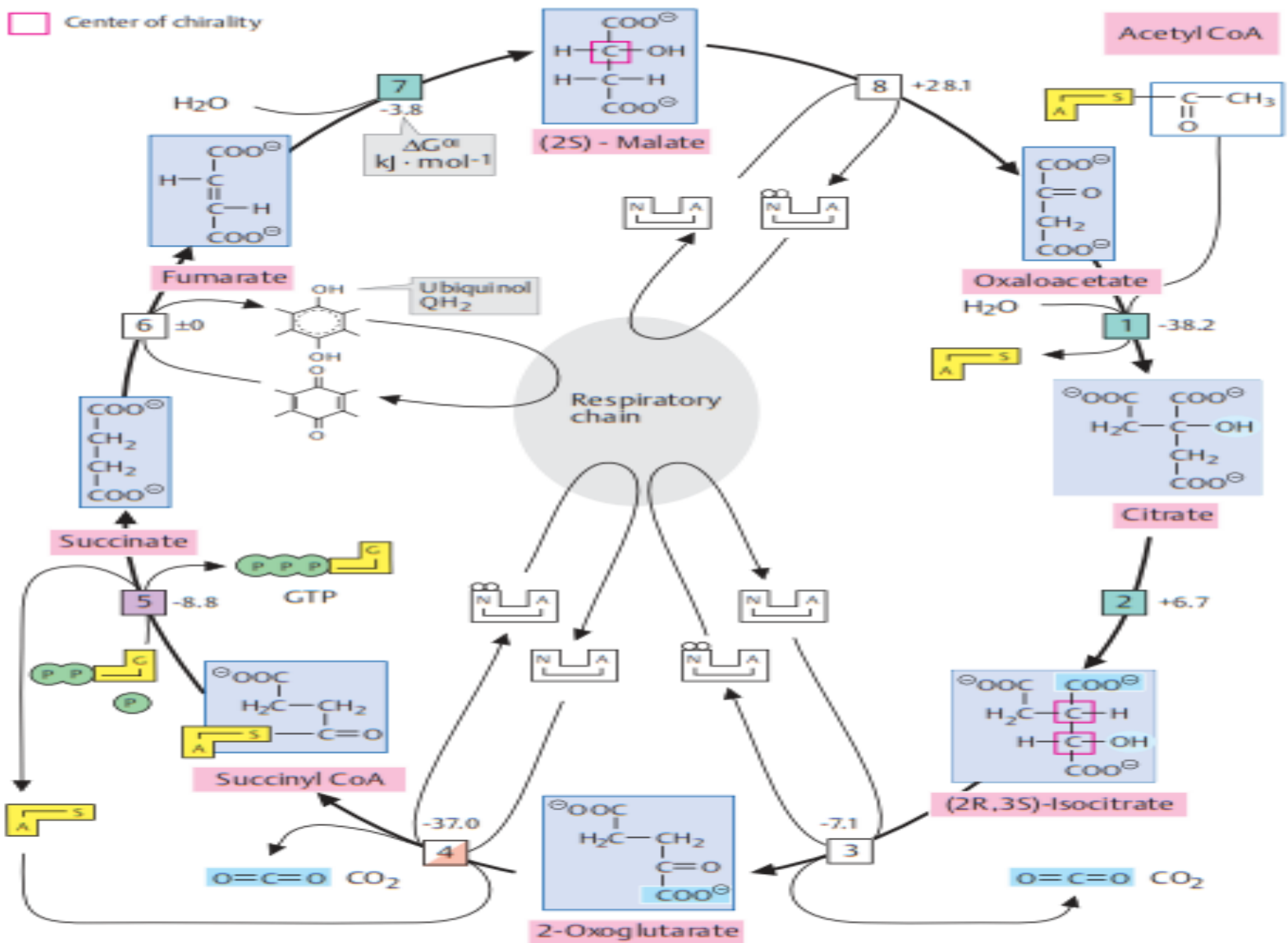
# هورمون

## B. Hormonal regulation of glucose metabolism in the liver





□ Center of chirality



1 Citrate synthase  
4.1.3.7

4 2-Oxoglutarate DH complex  
1.2.4.2, 1.8.1.4, 2.3.1.61

6 Succinate DH 1.3.5.1  
[FAD, Fe<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, Fe<sub>4</sub>S<sub>4</sub>]

2 Aconitase  
4.2.1.3 [Fe<sub>4</sub>S<sub>4</sub>]

5 Succinate-CoA ligase  
6.2.1.4

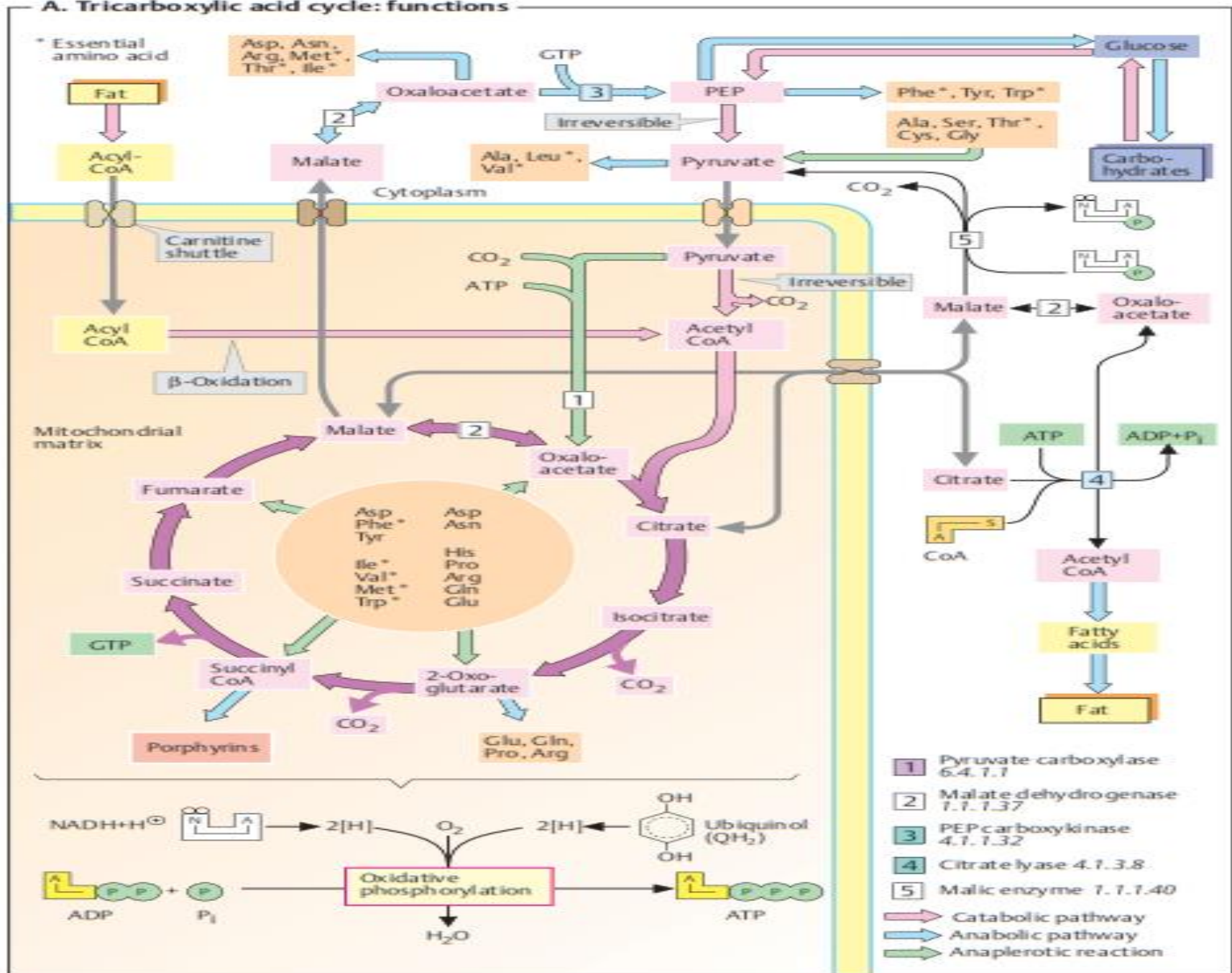
7 Fumarate hydratase  
4.2.1.2

3 Isocitrate DH 1.1.1.41

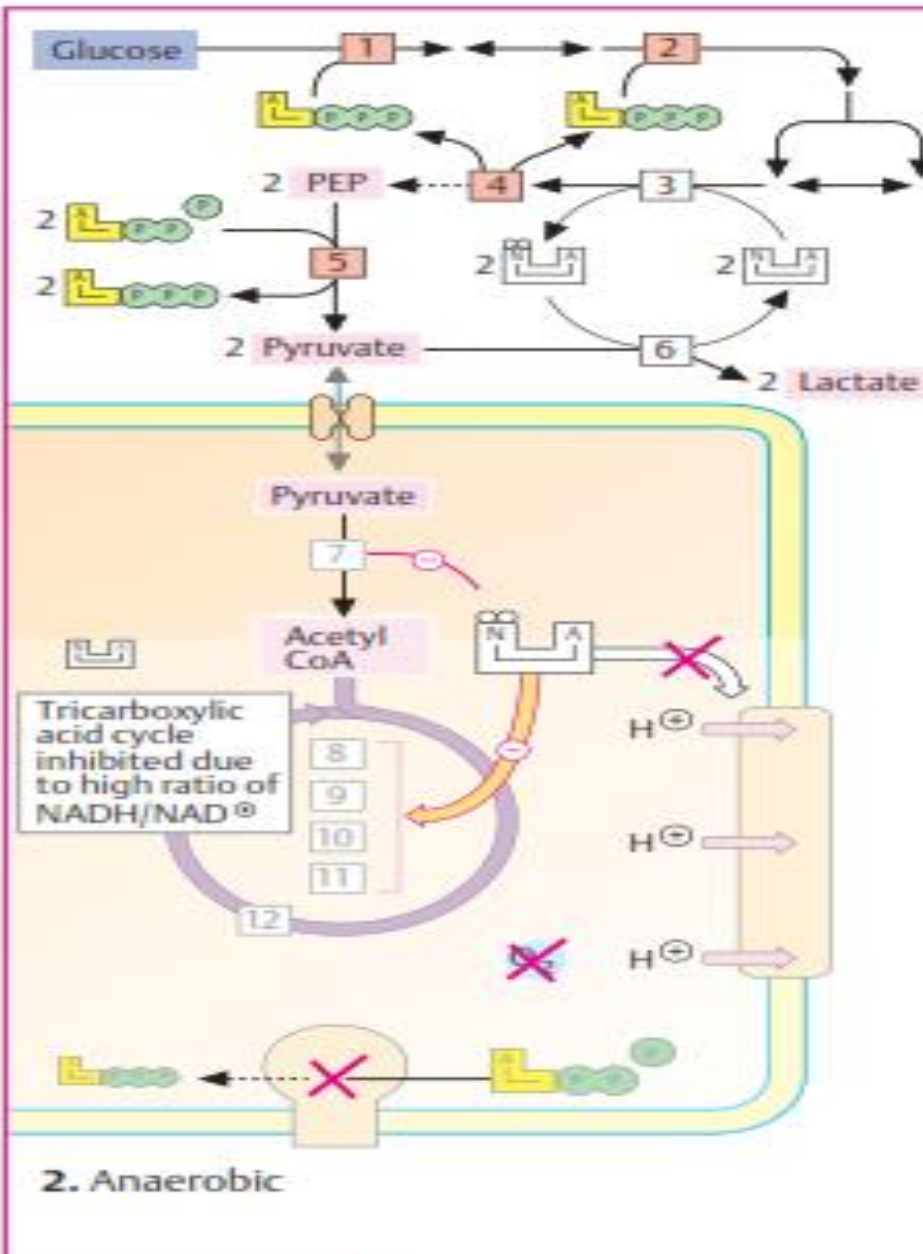
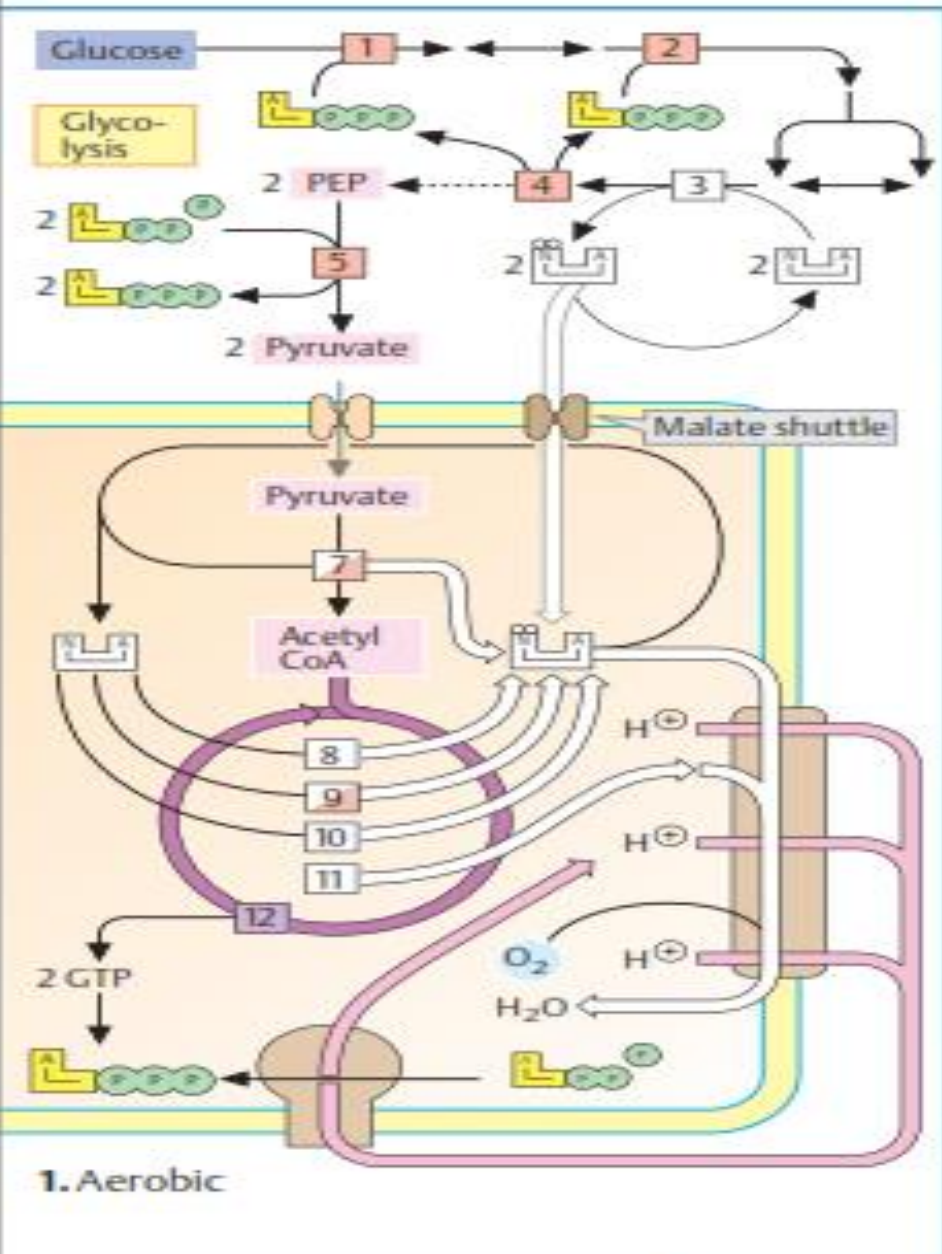
DH = dehydrogenase

8 Malate DH 1.1.1.37

## A. Tricarboxylic acid cycle: functions



# A. Aerobic and anaerobic oxidation of glucose



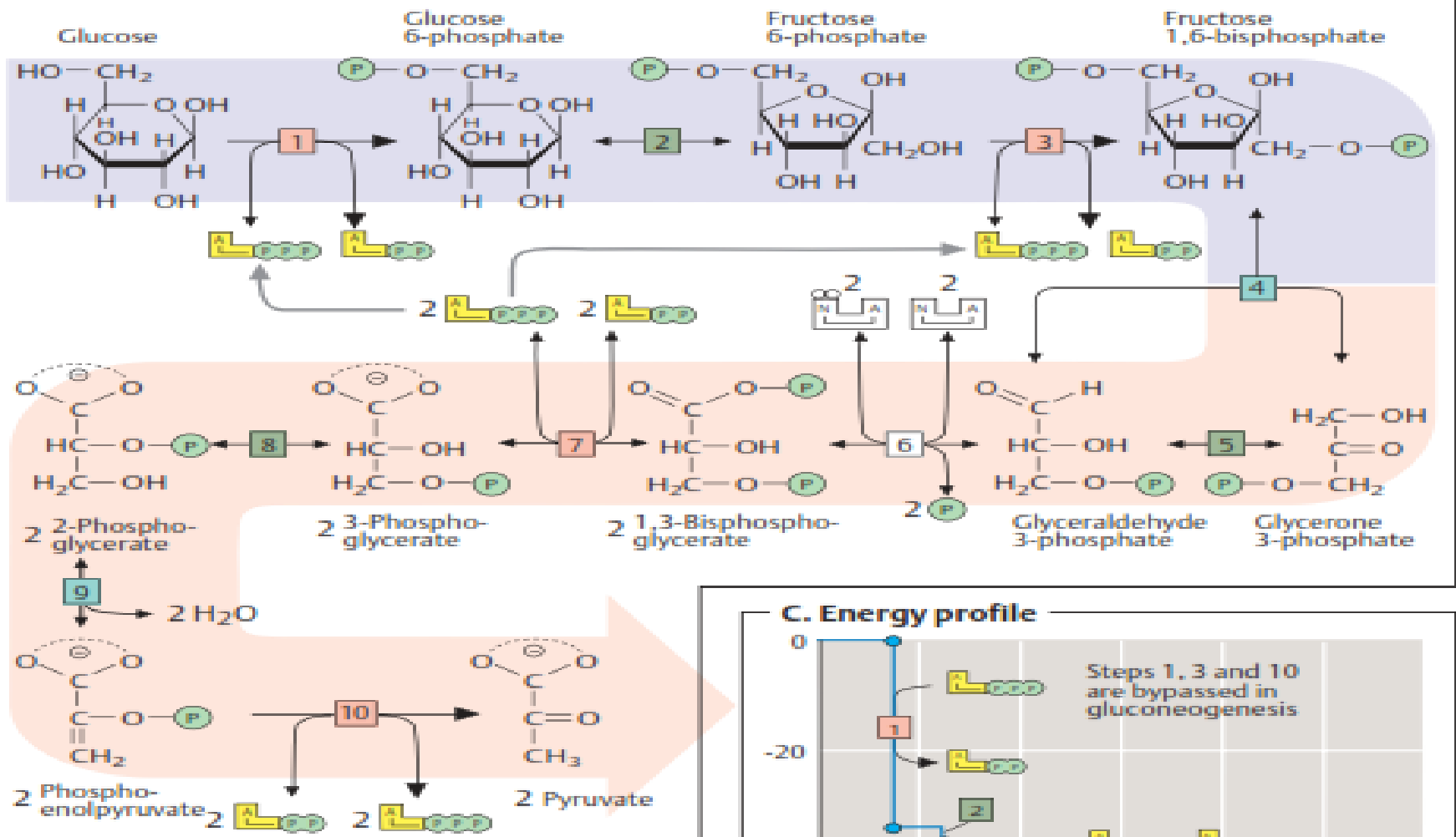
ATP	Coenzymes	Enzymes	Coenzymes	ATP
-1	-1 ATP	1 Hexokinase	-1 ATP	-1
-2	-1 ATP	2 6-Phosphofructokinase	-1 ATP	-2
+3	+5 ATP ← +2 NADH	3 Glyceraldehyde-3(P)DH	+2 NADH ←	-2
+5	+2 ATP	4 Phosphoglycerate kinase	+2 ATP	0
+7	+2 ATP	5 Pyruvate kinase	+2 ATP recycled	+2
		6 Lactate dehydrogenase	-2 NADH ←	
+12	+5 ATP ← +2 NADH	7 Pyruvate dehydrogenase		
+17	+5 ATP ← +2 NADH	8 Isocitrate dehydrogenase		
+22	+5 ATP ← +2 NADH	9 Oxoglutarate dehydrogenase		
+27	+5 ATP ← +2 NADH	10 Malate dehydrogenase		
+30	+3 ATP ← +2 QH <sub>2</sub>	11 Succinate dehydrogenase		
+32	+2 ATP ← +2 GTP	12 Succinate-CoA ligase		

Sum: 32 ATP/glucose

DH = dehydrogenase

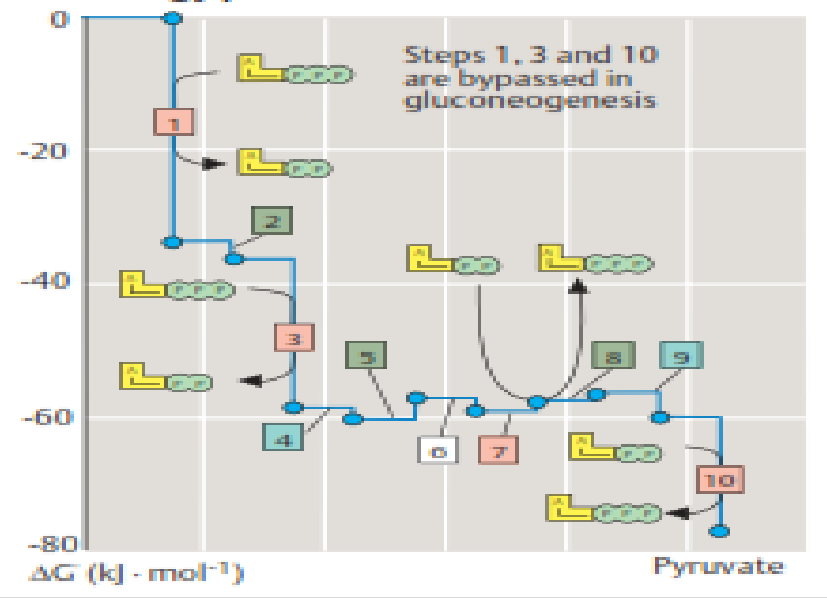
Sum: 2 ATP/glucose

B. Reactions

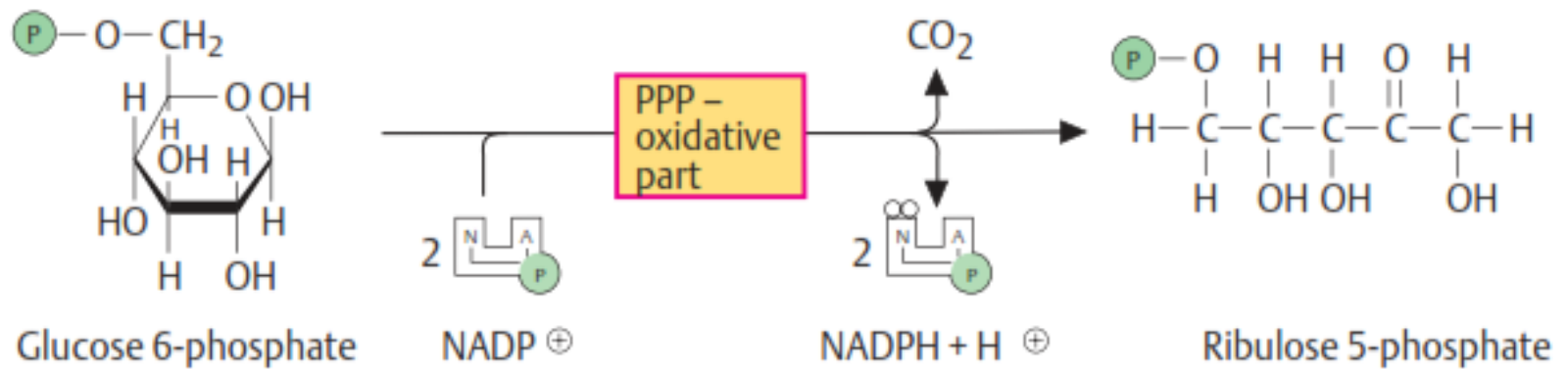


- |  |  |
|--|--|
| <b>1</b> Hexokinase 2.7.1.1                      | <b>6</b> Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase 1.2.1.12 |
| <b>2</b> Glucose 6-phosphate isomerase 5.3.1.9   | <b>7</b> Phosphoglycerate kinase 2.7.2.3                   |
| <b>3</b> 6-Phosphofructokinase 2.7.1.11          | <b>8</b> Phosphoglycerate mutase 5.4.2.1                   |
| <b>4</b> Fructose bisphosphate aldolase 4.1.2.13 | <b>9</b> Phosphopyruvate hydratase 4.2.1.11                |
| <b>5</b> Triose-phosphate isomerase 5.3.1.1      | <b>10</b> Pyruvate kinase 2.7.1.40                         |

C. Energy profile

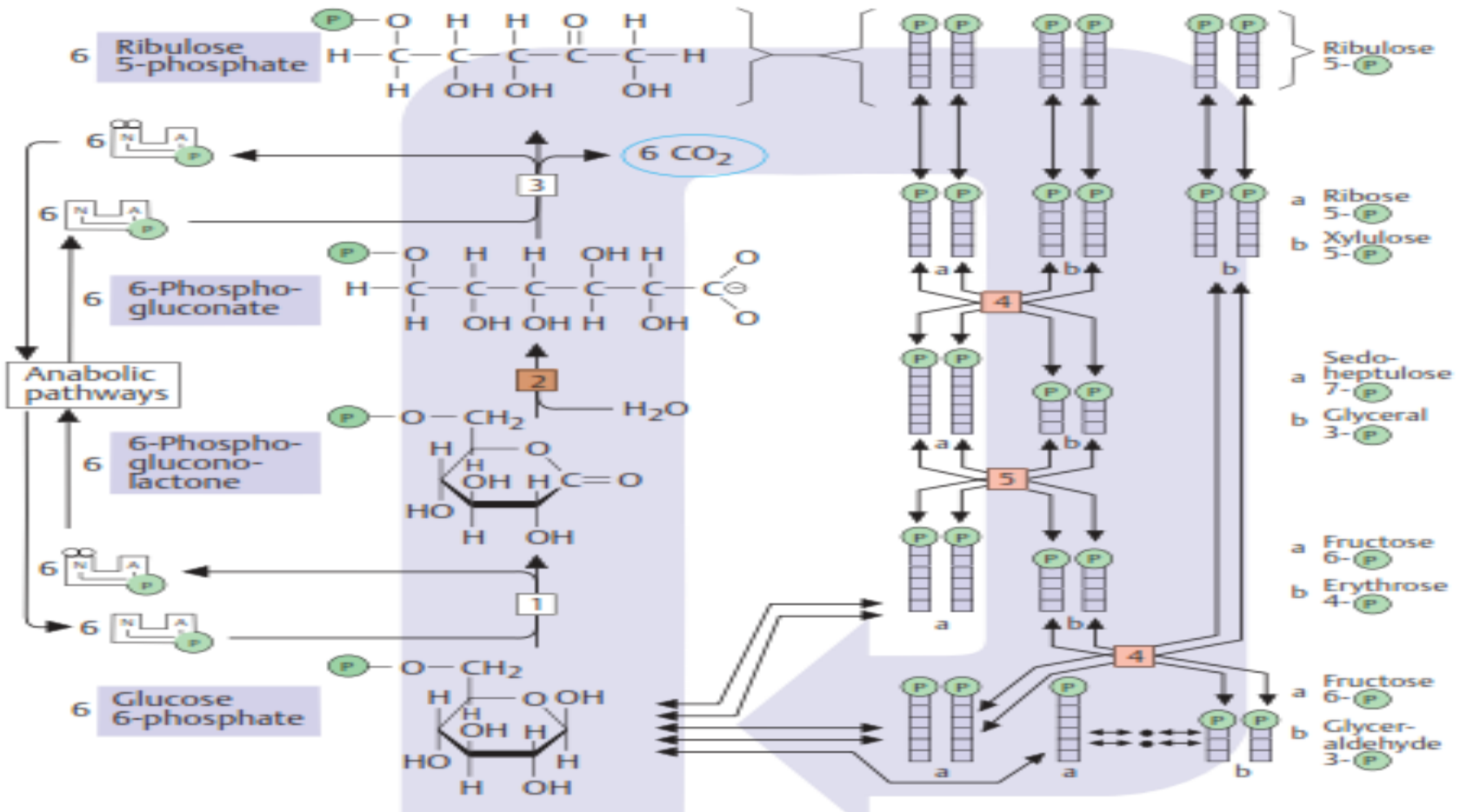


**A. Pentose phosphate pathway: oxidative part**





## B. Reactions



1 Glucose 6-phosphate dehydrogenase 1.1.1.49

2 Gluconolactonase 3.1.1.17

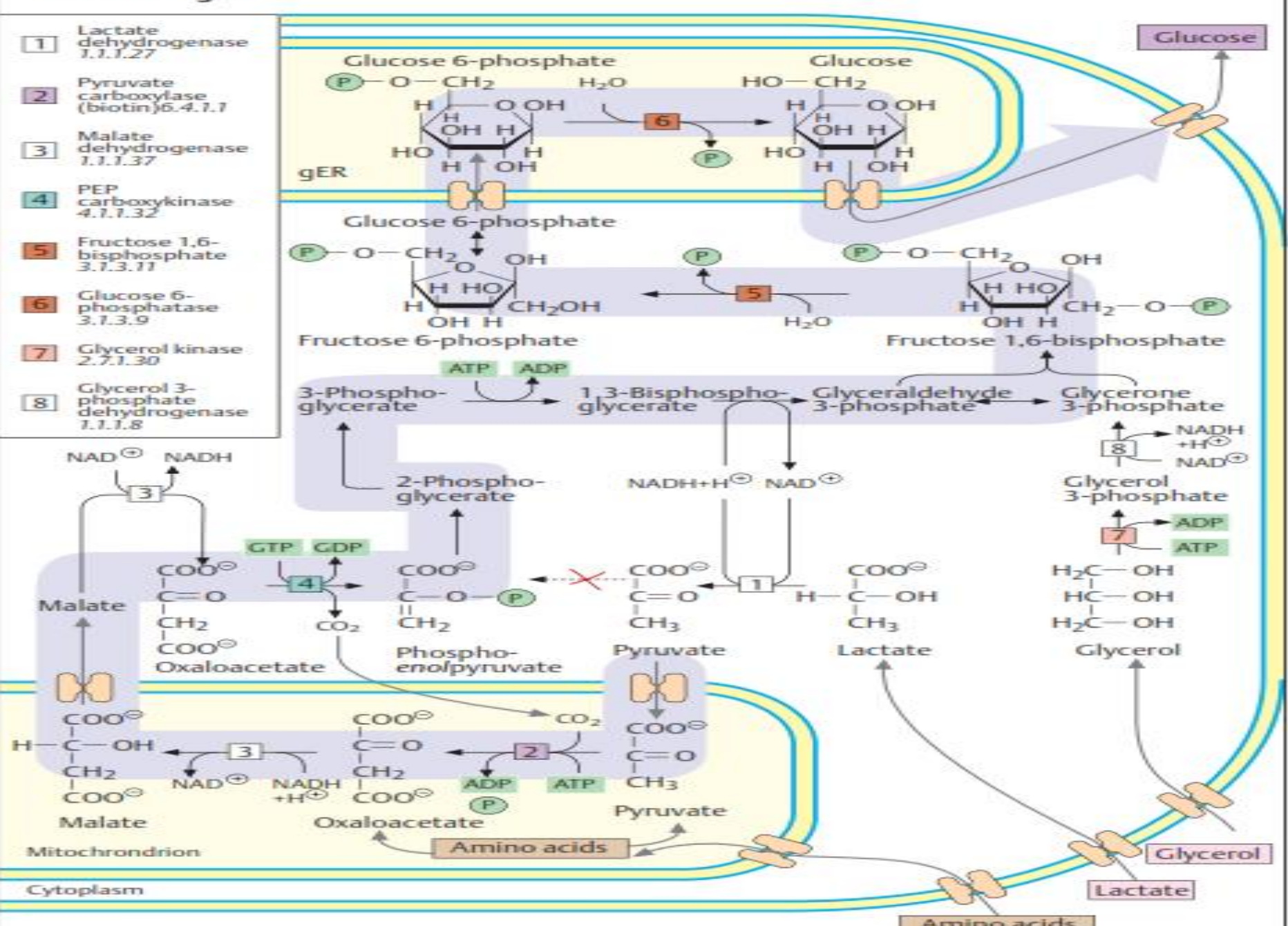
3 Phosphogluconate dehydrogenase (decarboxylating) 1.1.1.44

4 Transketolase 2.2.1.1

5 Transaldolase 2.2.1.2

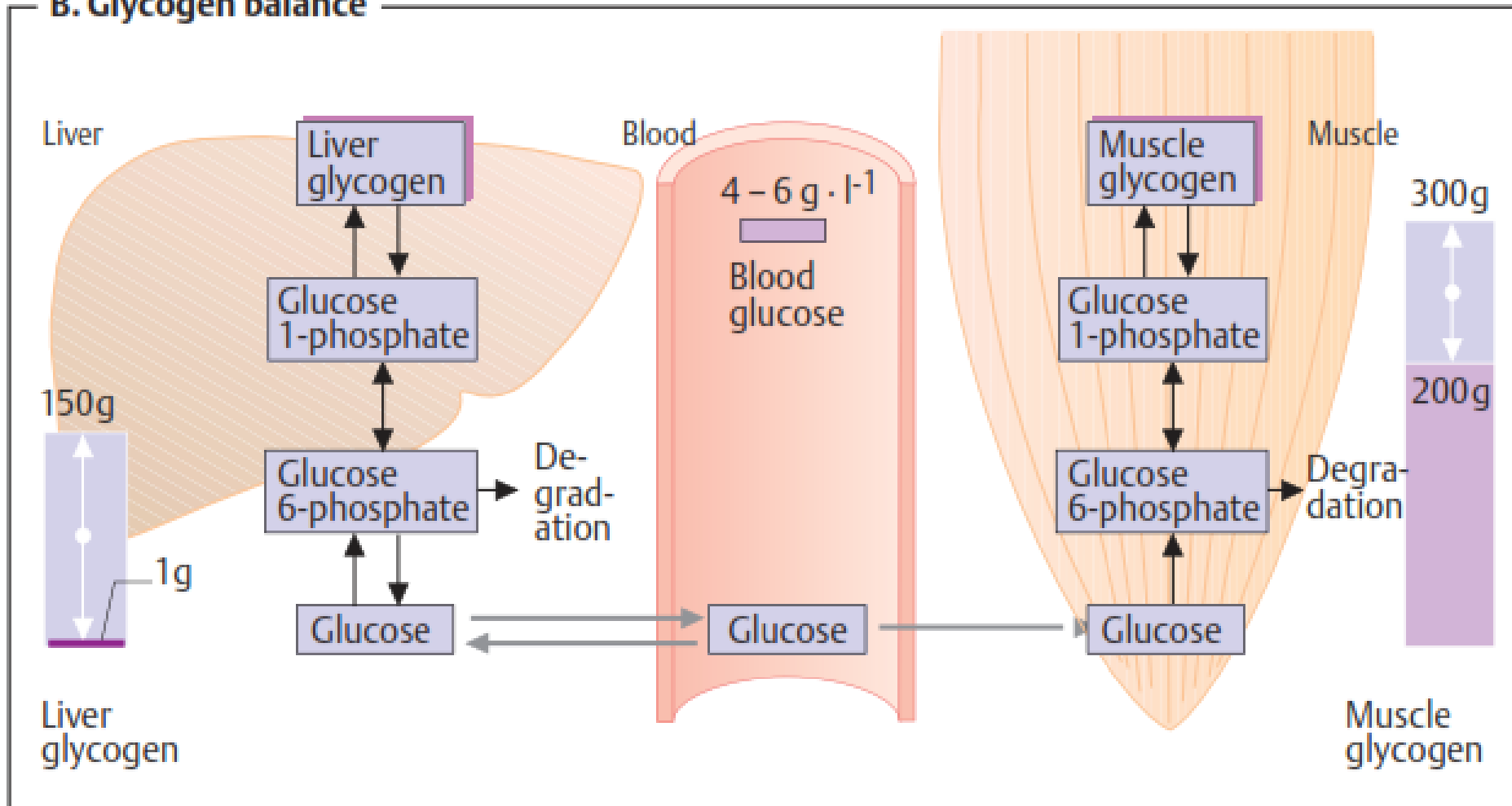
# A. Gluconeogenesis

- 1** Lactate dehydrogenase  
1.1.1.27
- 2** Pyruvate carboxylase (biotin)  
6.4.1.1
- 3** Malate dehydrogenase  
1.1.1.37
- 4** PEP carboxykinase  
4.1.1.32
- 5** Fructose 1,6-bisphosphatase  
3.1.3.11
- 6** Glucose 6-phosphatase  
3.1.3.9
- 7** Glycerol kinase  
2.7.1.30
- 8** Glycerol 3-phosphate dehydrogenase  
1.1.1.8

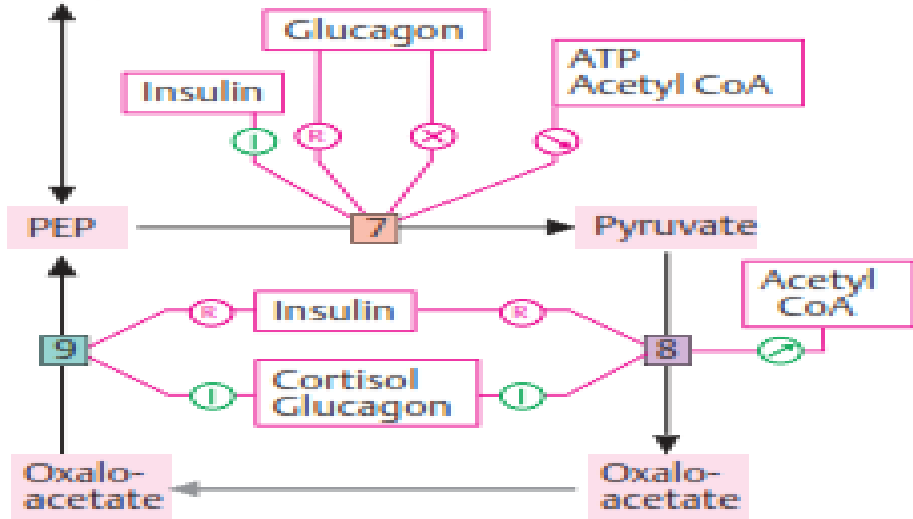
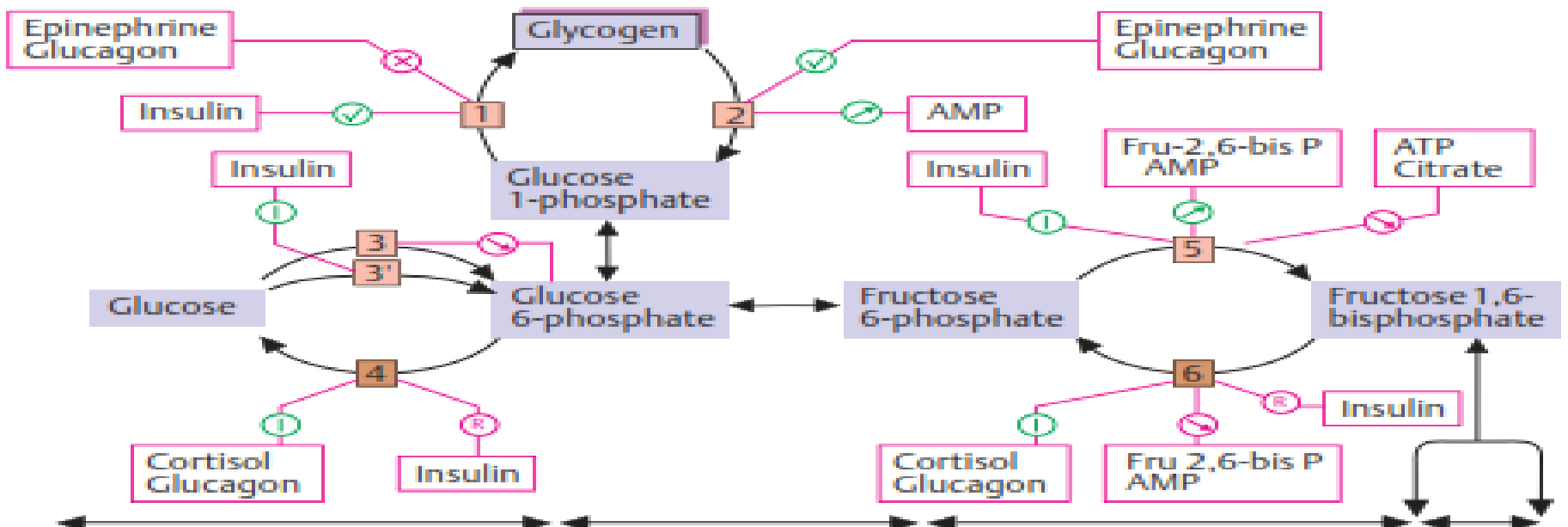




## B. Glycogen balance

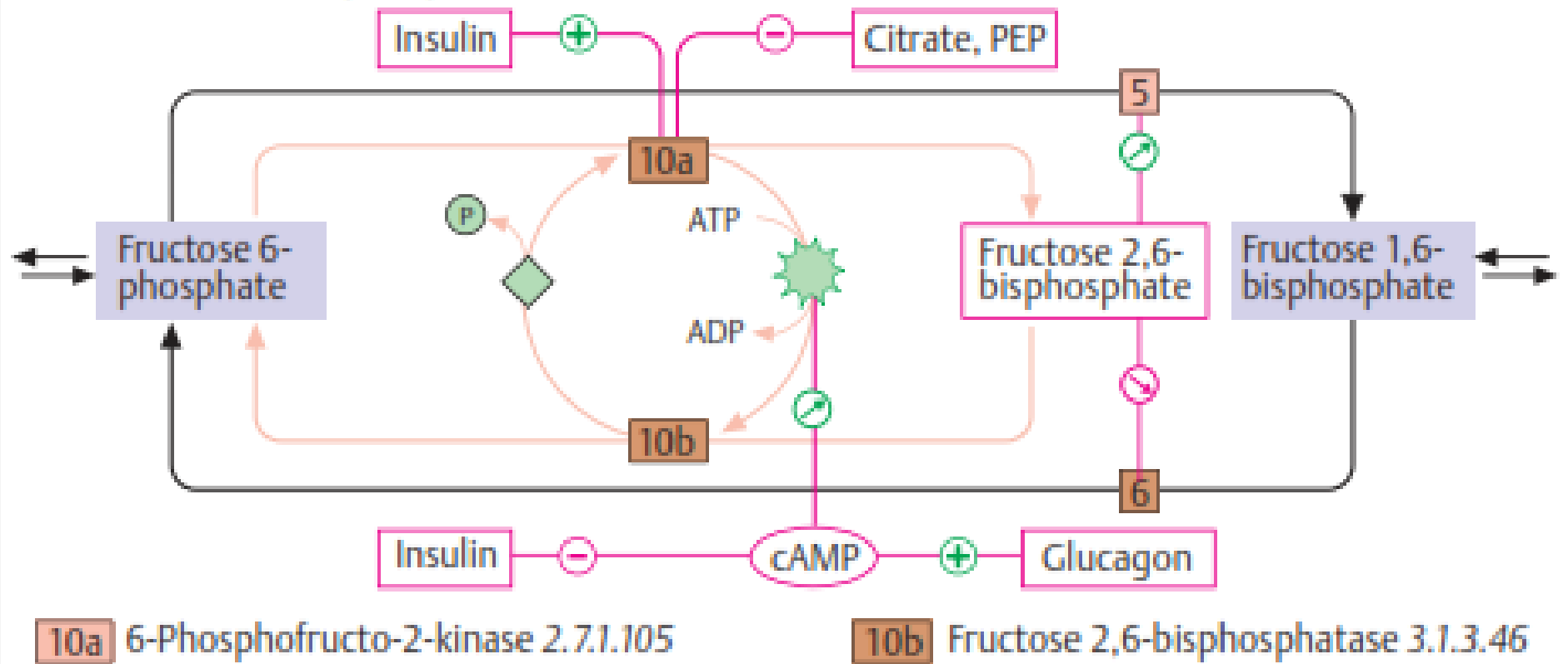


### A. Regulation of carbohydrate metabolism

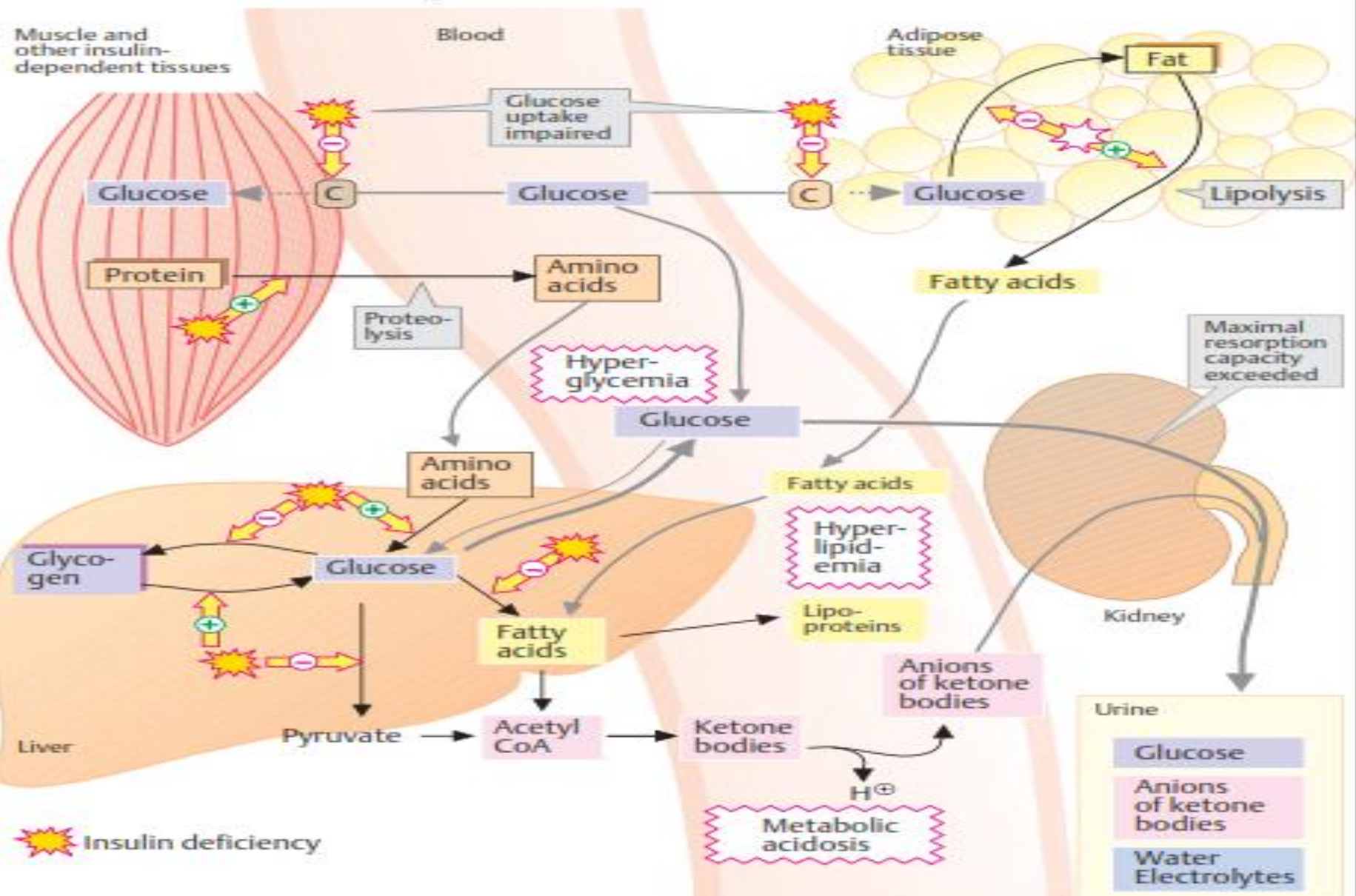


- 1** Glycogen synthase 2.4.1.11
- 2** Glycogen phosphorylase 2.4.1.1
- 3** Hexokinase 2.7.1.1
- 3'** Hexokinase (liver) 2.7.1.1
- 4** Glucose 6-phosphatase 3.1.3.9
- 5** 6-Phosphofruktokinase 2.7.1.11
- 6** Fructose 1,6-bisphosphatase 3.1.3.11
- 7** Pyruvate kinase 2.7.1.40
- 8** Pyruvate carboxylase 6.4.1.1
- 9** PEP carboxykinase (GTP) 4.1.1.32

## B. Fructose 2,6-bisphosphate



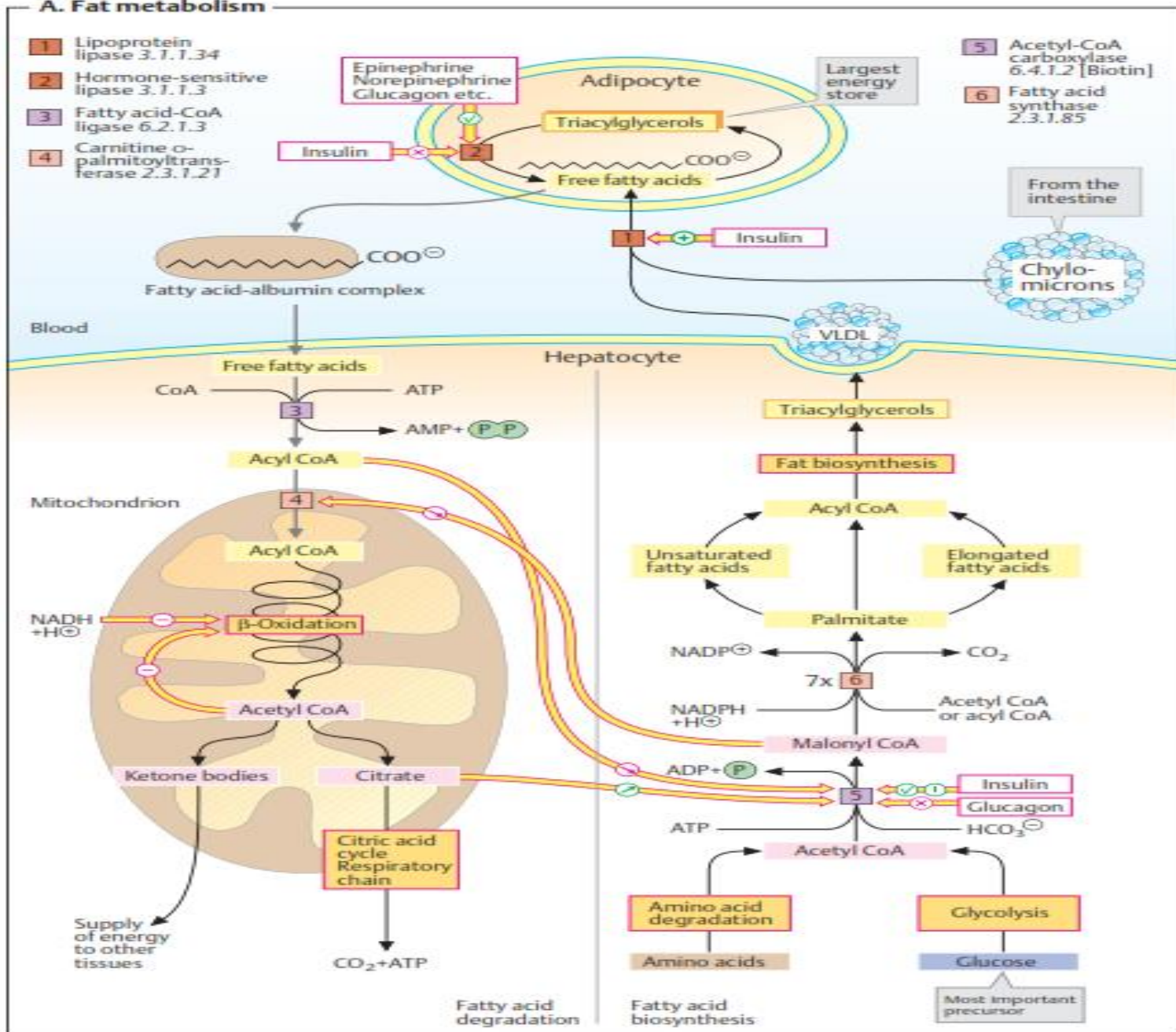
## B. Effects of insulin deficiency



# A. Fat metabolism

- 1 Lipoprotein lipase 3.1.1.34
- 2 Hormone-sensitive lipase 3.1.1.3
- 3 Fatty acid-CoA ligase 6.2.1.3
- 4 Carnitine  $\alpha$ -palmitoyltransferase 2.3.1.21

- 5 Acetyl-CoA carboxylase 6.4.1.2 [Biotin]
- 6 Fatty acid synthase 2.3.1.85





**A. Protein metabolism: overview**

