

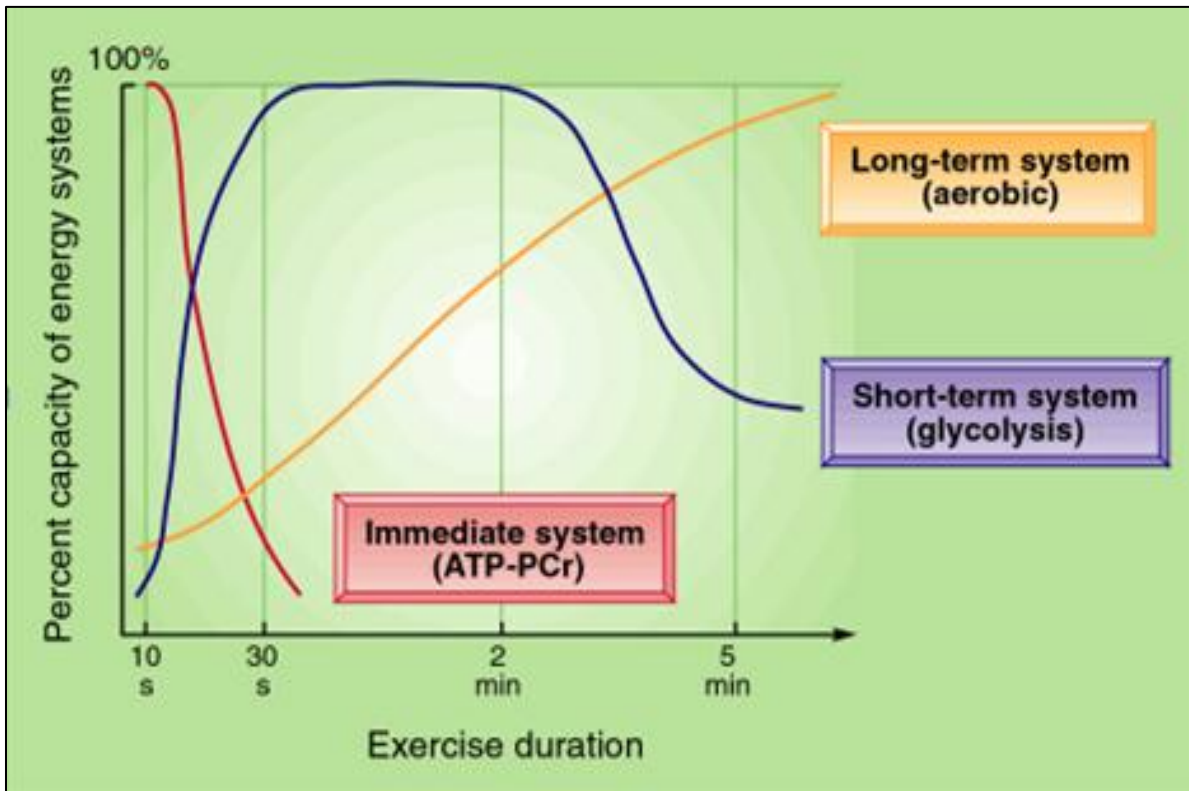
Biochemistry team

# Aerobic and anaerobic metabolism in muscle

# Objectives

- Three systems of energy transfer.
- ATP as energy source.
- Aerobic metabolism : red muscle fibers.
- Anaerobic metabolism : white muscle fibers.
- Cori cycle.
- Glucose-alanine cycle.
- Muscle fatigue and endurance in athletes.

# Three systems of energy transfer



٣

- Aerobic
- Fatty acids
- Continuous exercise
- Hours

٢

- Anaerobic
- Glucose
- High intensity exercise
- 15 sec. to 2 min.

١

- Anaerobic
- Phosphocreatine (PCr)
- High intensity exercise
- 3-15 sec.

# شرح للسلايد السابق

Muscle fibers produce ATP three ways:

1. Creatine phosphate

2. Aerobic metabolism

3. Anaerobic metabolism

- الطريقة الأولى : تكون في بداية التمرين القوي حيث يخرج ATP من الفسفوكرياتين «الذي يعتبر مصدر للطاقة» بعد تحوله للكرياتين ويمتد لفترة وجيزة .
- الطريقة الثانية : يكون بعد السابقة في التمارين الممتدة ولا نحتاج إلى أكسجين حيث يستخدم glycolysis و glucose كمصدرين للطاقة لانتاج ATP و lactate .
- الطريقة الثالثة : بعد الطريقتين السابقتين ، يستخدم ال Fatty acid كمصدر للطاقة وذلك في وجود الاكسجين . ف على سبيل المثال : لو قمنا بتمرين معين فإن أول ١٥ ثانية تكون بالطريقة الاولى ثم من ١٥ ثانية إلى دقيقتين بالطريقة الثانية ومن ثم بعدها نستخدم الطريقة الثالثة . «مثال فقط لتوضيح السابق»

# ATP as energy source

- The nucleotide coenzyme adenosine triphosphate (ATP) is the **most important form of chemical energy stored in cells.**
- **Breakdown** of ATP into ADP+PO<sub>4</sub> releases energy.
- This energy is used for **all body functions** (biosynthesis, membrane transport, muscle contraction, etc.).

# ATP as energy source

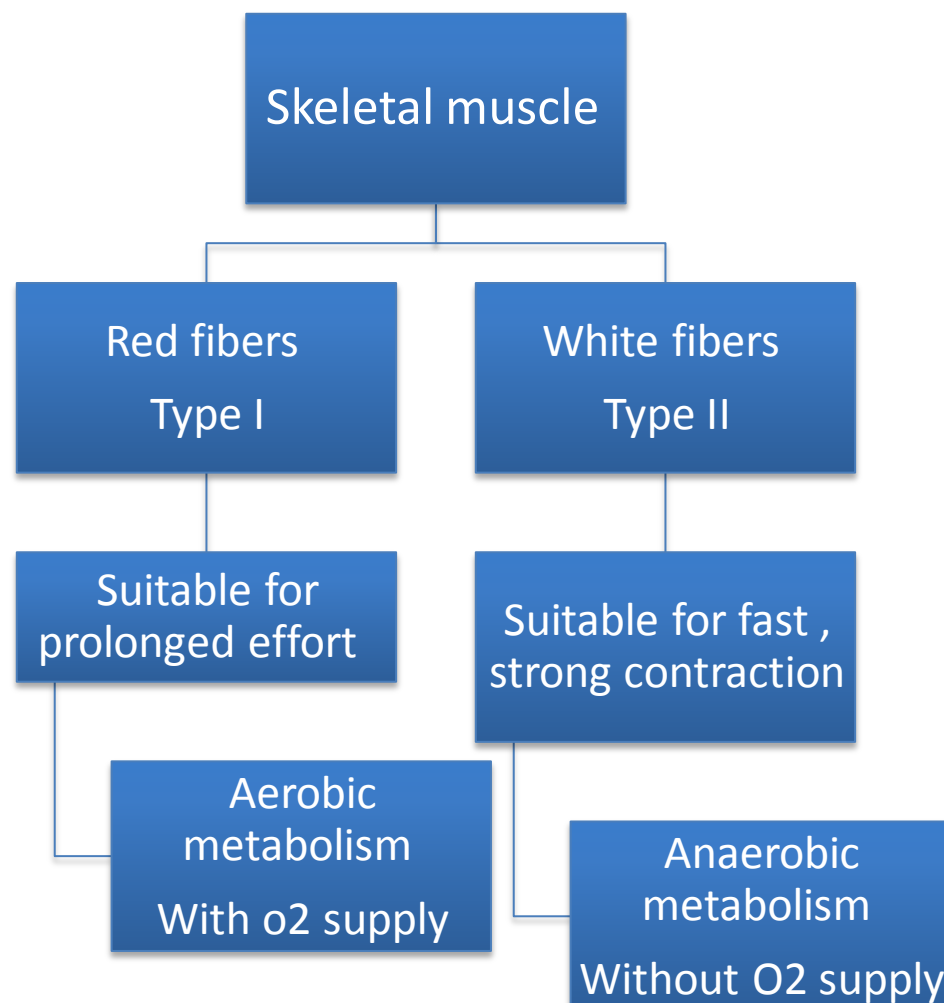
- The main pathway for **ATP synthesis** is oxidative phosphorylation catalyzed by the respiratory chain.
- **ATP synthase catalyzes the synthesis of ATP.**
- $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$ .

• الطاقة المستخدمة لاي تمرين تعتمد على قوة هذا التمرين ومدته .

# Energy metabolism in muscle

- Muscle contraction requires high level of ATP consumption
- Without constant resynthesis, the amount of ATP is used up in less than 1 sec. of contraction
- Muscles typically store limited amounts of ATP enough to power 4-6s of activity .

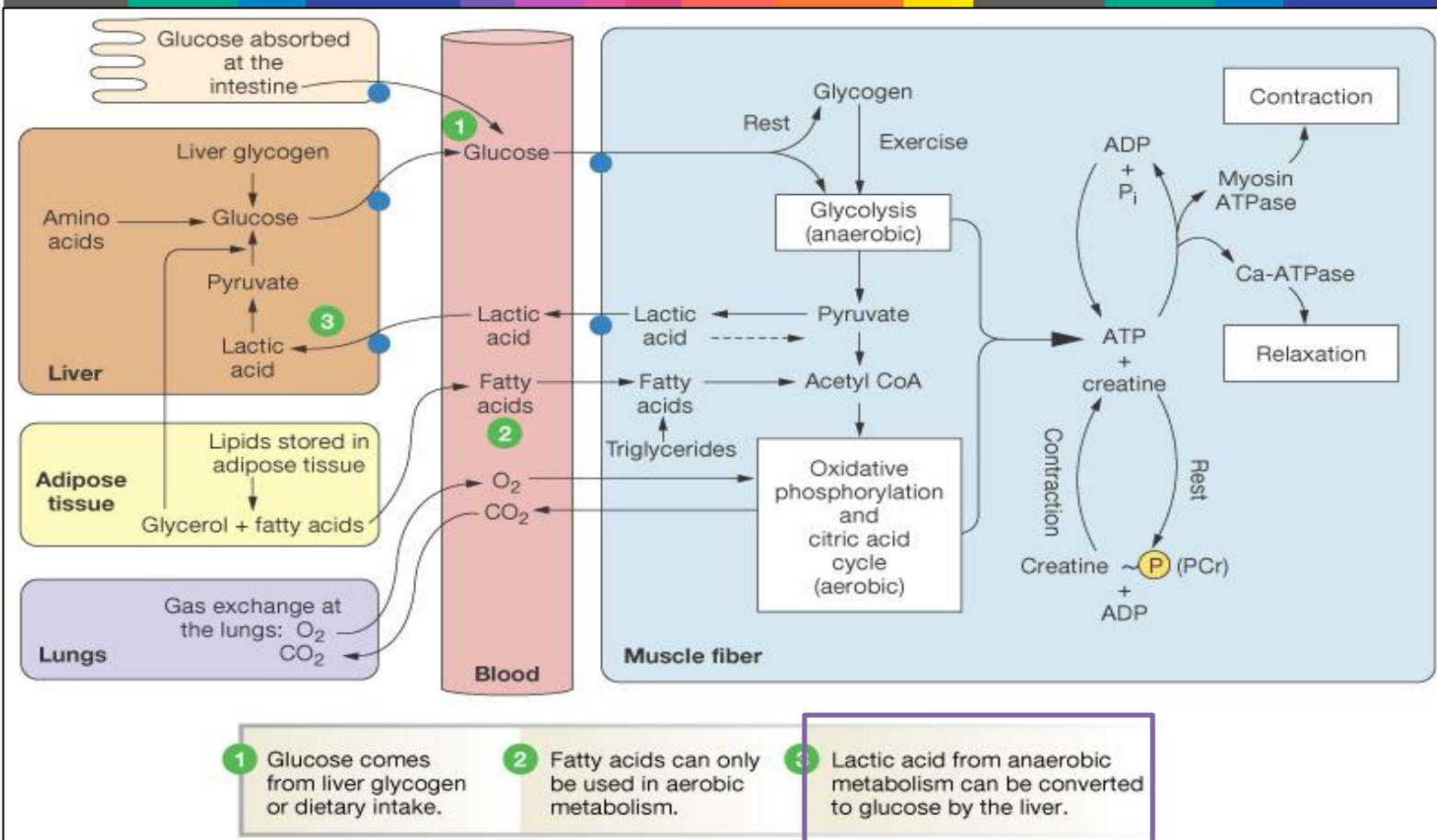
# Energy metabolism in muscle



- قد توجد عضلة واحدة تحتوي النوعين .



# Overview of Energy Metabolism in Skeletal Muscle



- الجلوكوز ينزل للدم ويروح للعضلة ، إذا فيه تمرين فانه يبدأ بالجللايكولايسز ويتحول لـ ATP بدون وجود الاكسجين «ال Lactate يرجع للكبد ليصنع جلوكوز» ثم في حالة ال contraction رآح يشغل ال ATPase ويحوله لطاقة ثم يرجع في حالة ال relaxation ، أما إذا ما فيه تمرين فانه يتحول لجللايكوجين .

# Aerobic metabolism in red fibers

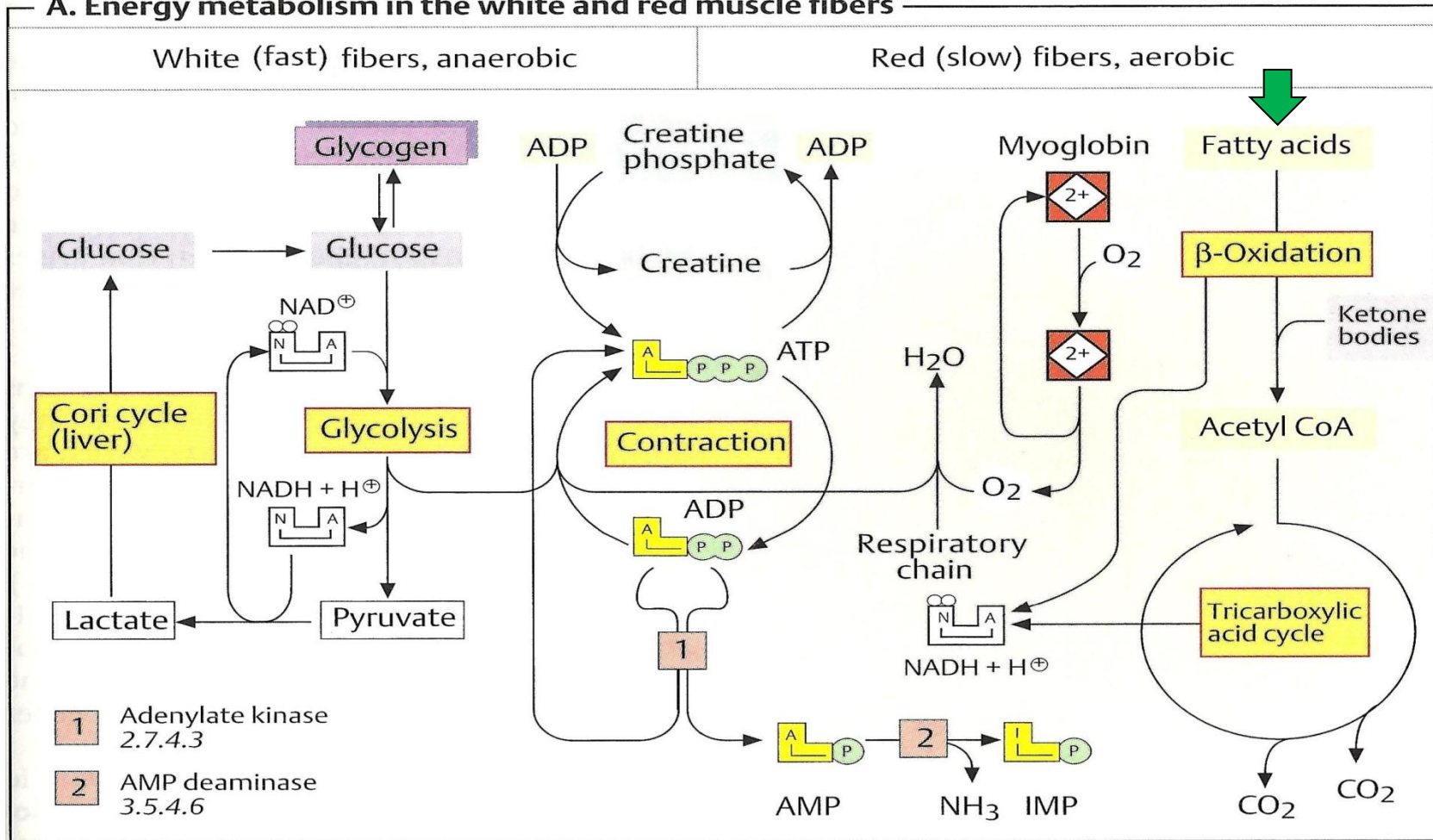
- Suitable for prolonged effort
- Red fibers obtain their ATP mainly from fatty acids “aerobic”
- Fatty acids are broken down by  $\beta$ -oxidation, TCA cycle, and the respiratory chain ETC
- Red color is due to myoglobin
- Higher O<sub>2</sub> affinity than hemoglobin
- Releases O<sub>2</sub> when O<sub>2</sub> level drops

\*  $\beta$ -oxidation = the form of Acyl-CoA molecule

\* TCA cycle = Krebs cycle

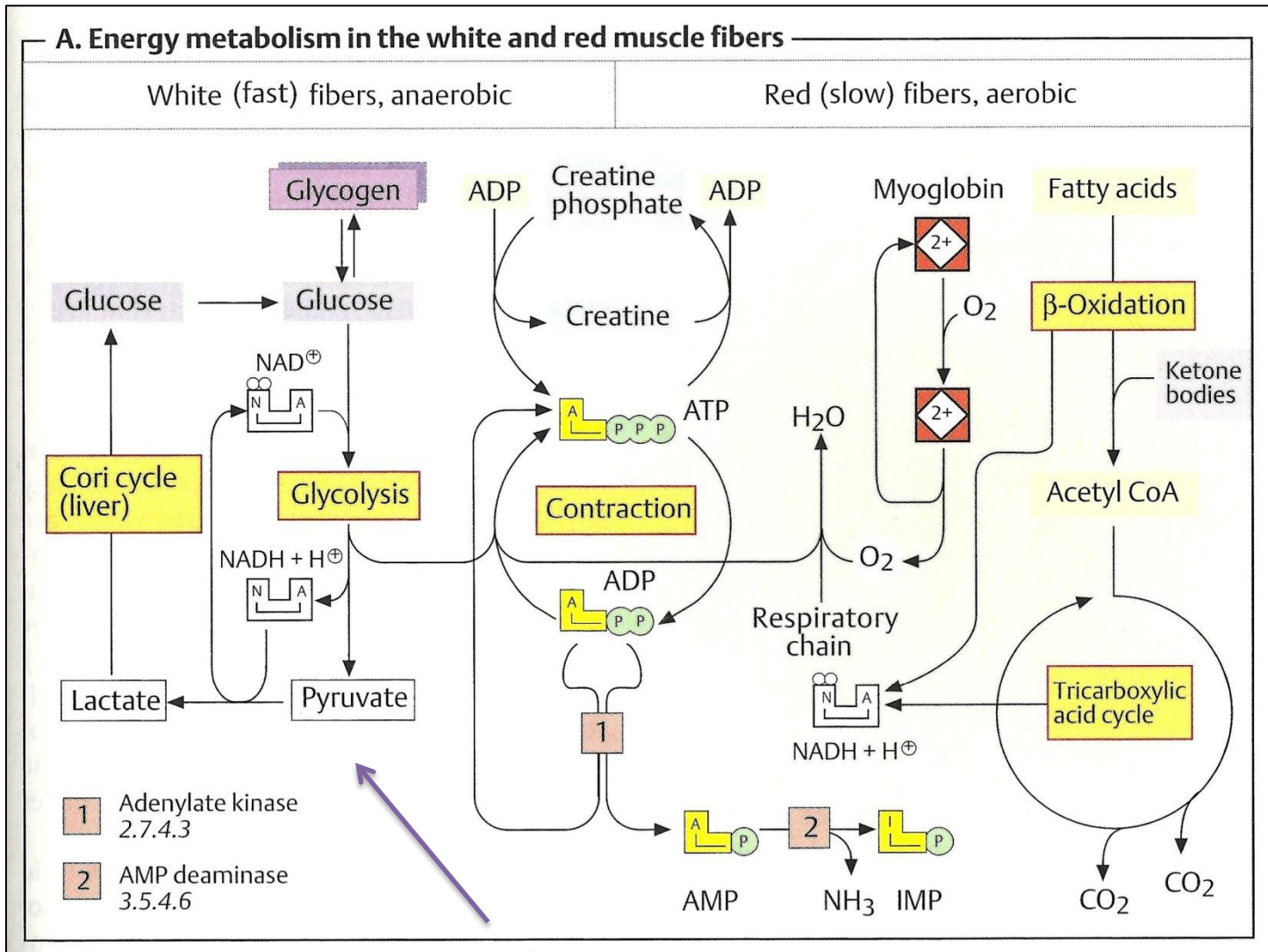
# تلخيص للسلايد الماضي

## A. Energy metabolism in the white and red muscle fibers



# Anaerobic metabolism in white fibers

- Suitable for fast, strong contractions
- During intense muscle activity (weightlifting, etc.) O<sub>2</sub> supply from blood quickly drops
- White fibers mainly obtain ATP from anaerobic glycolysis
- Glycogen → glucose-1-PO<sub>4</sub> → glucose-6-PO<sub>4</sub> → glycolysis → ATP
- White because they don't have myoglobin



الناتج الاخير الذي نراه في العضلات هو اللاكتيك الذي يذهب الى الكبد وتحدث له عملية جلاكوليسيز التي تعيده الى جلوكوز ثم يرجع الى العضلات ، وسبب عدم تحول اللاكتيك الى جلوكوز في العضلات بل يكون بالكبد عائد الى احتواء الكبد على كمية كبيرة من الـ ATP بعكس العضلات وهذه العملية تحتاج كم أكثر مما تنتجه العضلات .

# Anaerobic metabolism in white fibers

- NADH+H<sup>+</sup> is reoxidized to maintain glucose degradation and ATP formation.
- Lactate is formed and converted to glucose in liver (Cori cycle).

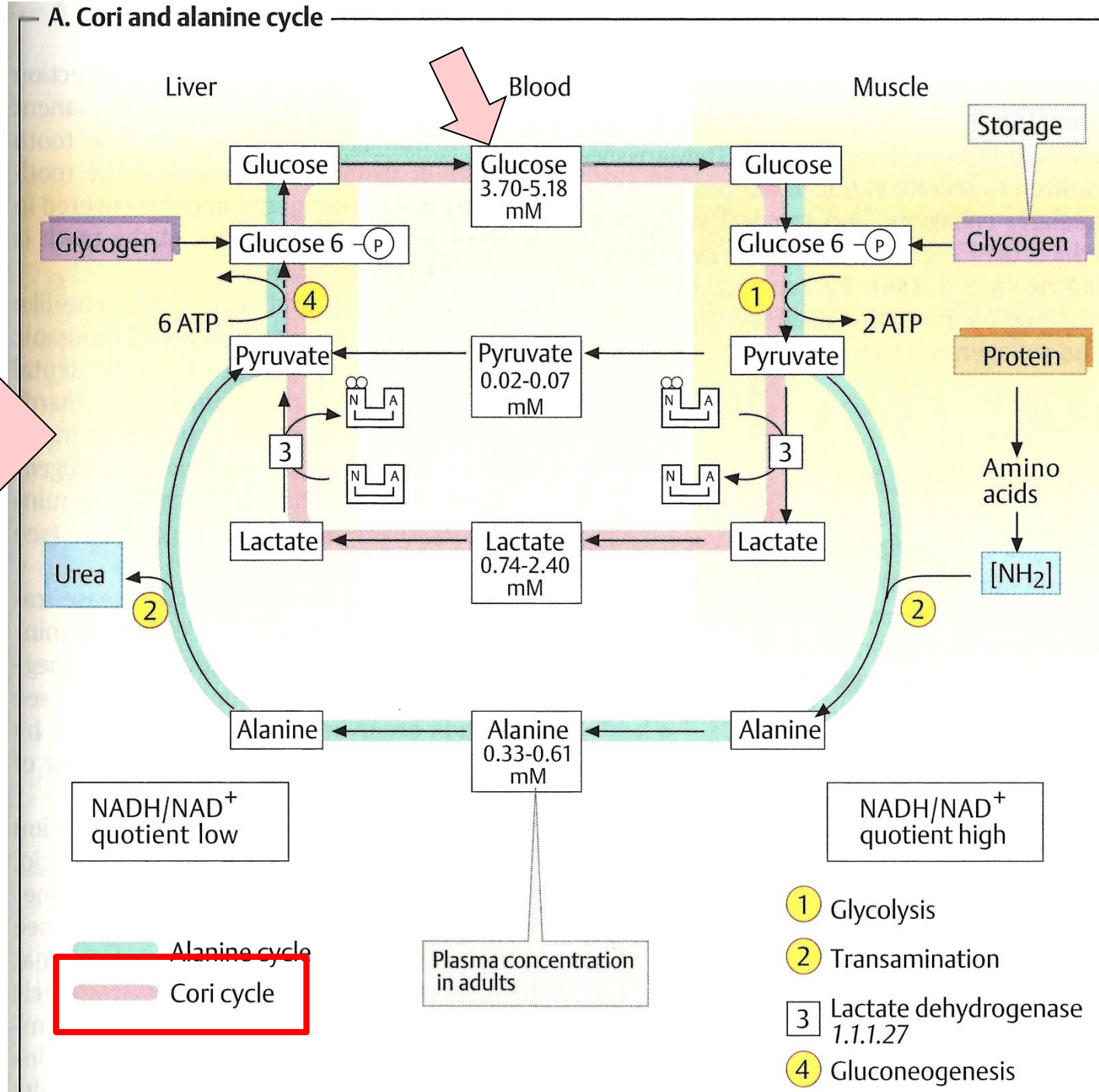
# The Cori Cycle

- White muscle fibers obtain ATP from **anaerobic glycolysis**
- In anaerobic glycolysis, the glucose is **converted to lactate**
- Lactate in muscle is released into blood
- **Transported to the liver**

### A. Cori and alanine cycle

Liver converts **lactate** into **glucose** via **gluconeogenesis**

The **newly formed glucose** is transported to muscle to be used for energy again.





# The Cori Cycle

## Why muscle can't produce new glucose from lactate?

Because:

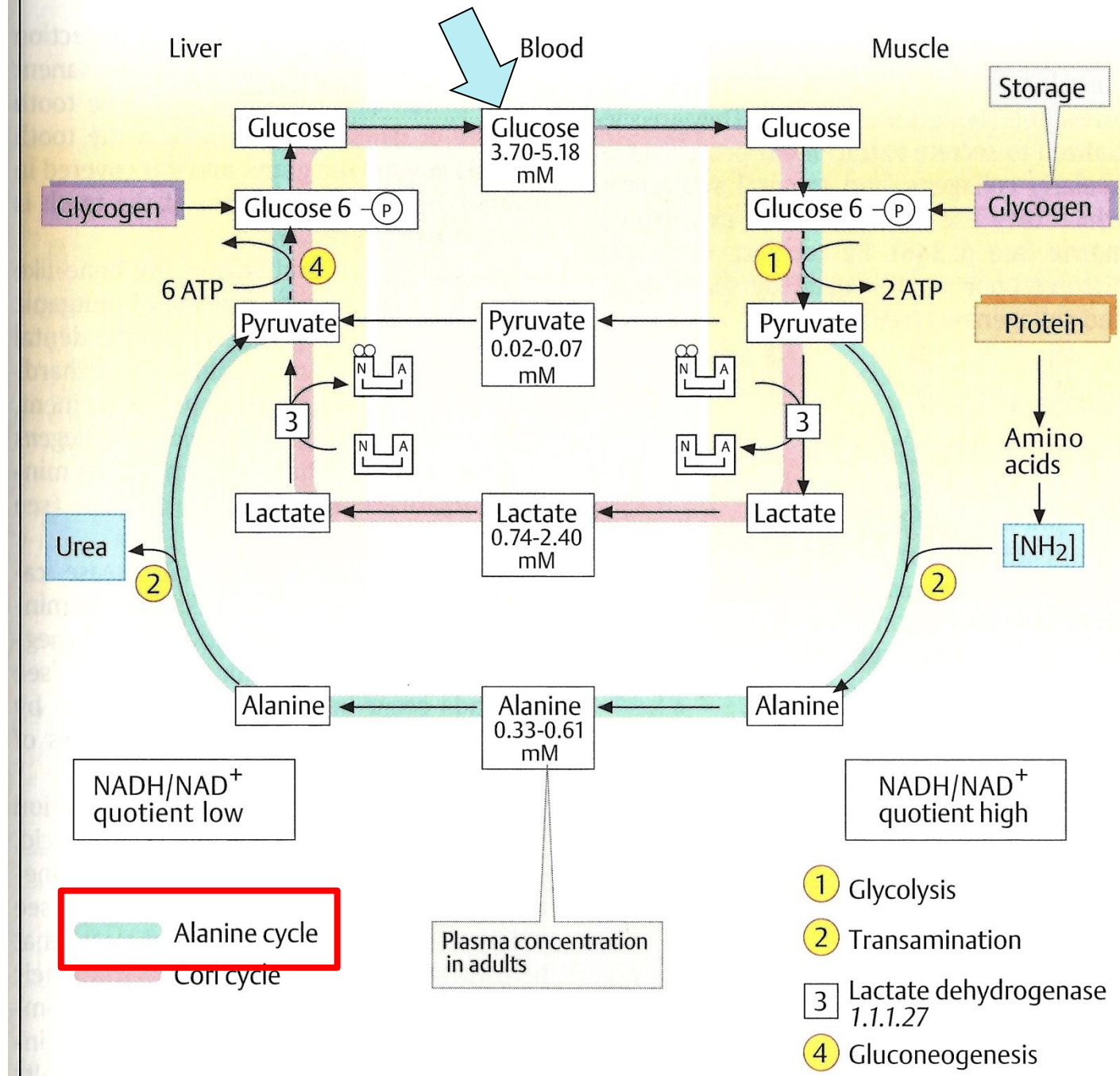
- Gluconeogenesis requires much **more ATP than is supplied by glycolysis** in muscle
- O<sub>2</sub> deficiencies do not arise in the liver even during intense exercise
- Therefore, liver always has sufficient (كافي) ATP for gluconeogenesis

# The glucose-alanine Cycle

## Muscles produce:

- Pyruvate from glycolysis during exercise.
- Amino nitrogen (NH<sub>2</sub>) from normal protein degradation.
- Pyruvate is converted to alanine in muscle.  
( Pyruvate + NH<sub>2</sub> → Alanine )

### A. Cori and alanine cycle



#### فالعصلات

الـ Glucose يتحلل ويعطينا Pyruvate

الـ pyruvate يتحد مع الـ NH<sub>2</sub> (الـ NH<sub>2</sub> جايه من تحلل البروتين)

مكونين لنا الـ Alanine

#### فالكبد

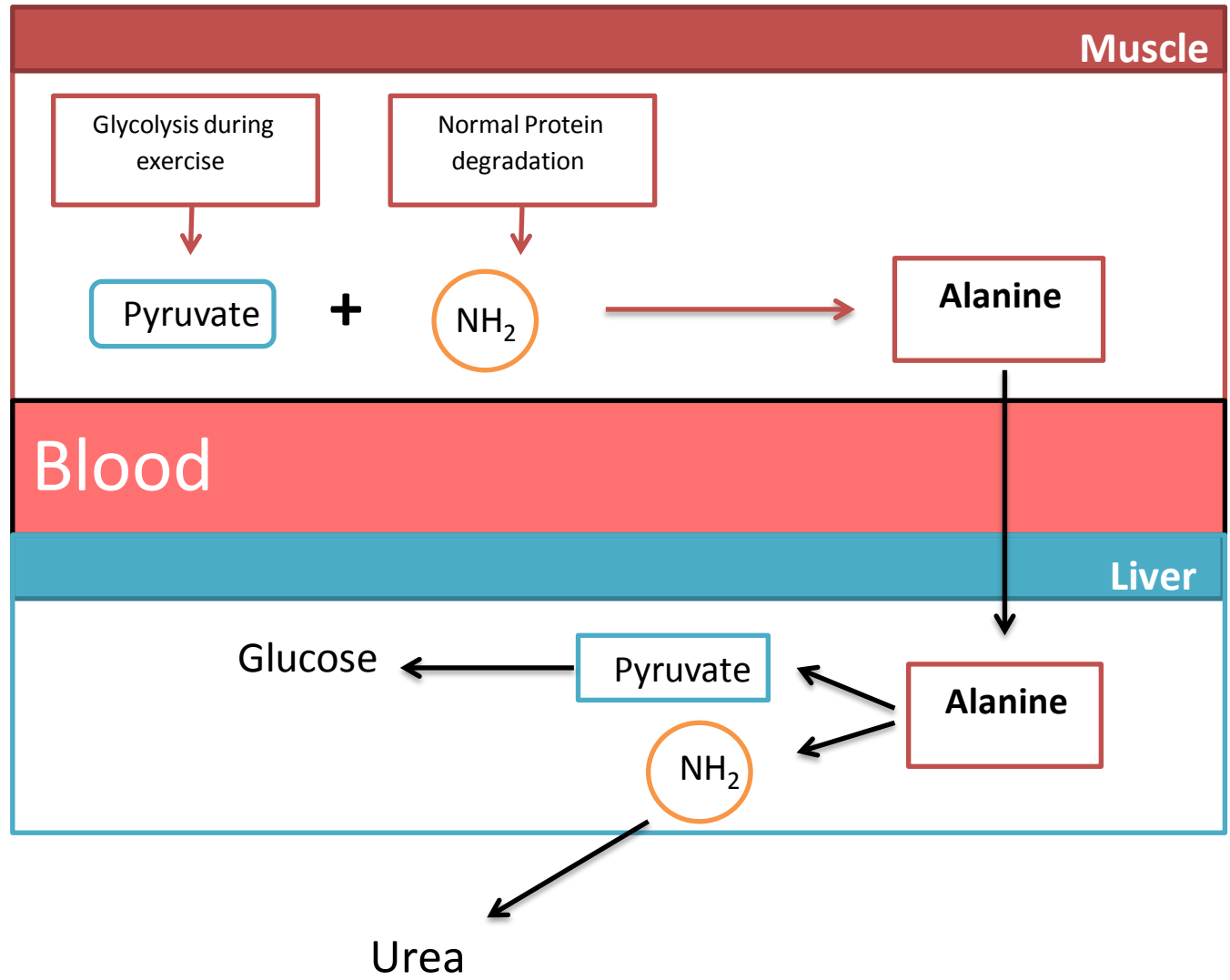
الـ Alanine يترك الـ NH<sub>2</sub> على صورة Urea

ويبقى لنا Pyruvate

الـ Pyruvate يكون لنا الـ Glucose (عن طريق gluconeogenesis)

وهكذا تستمر الدائره

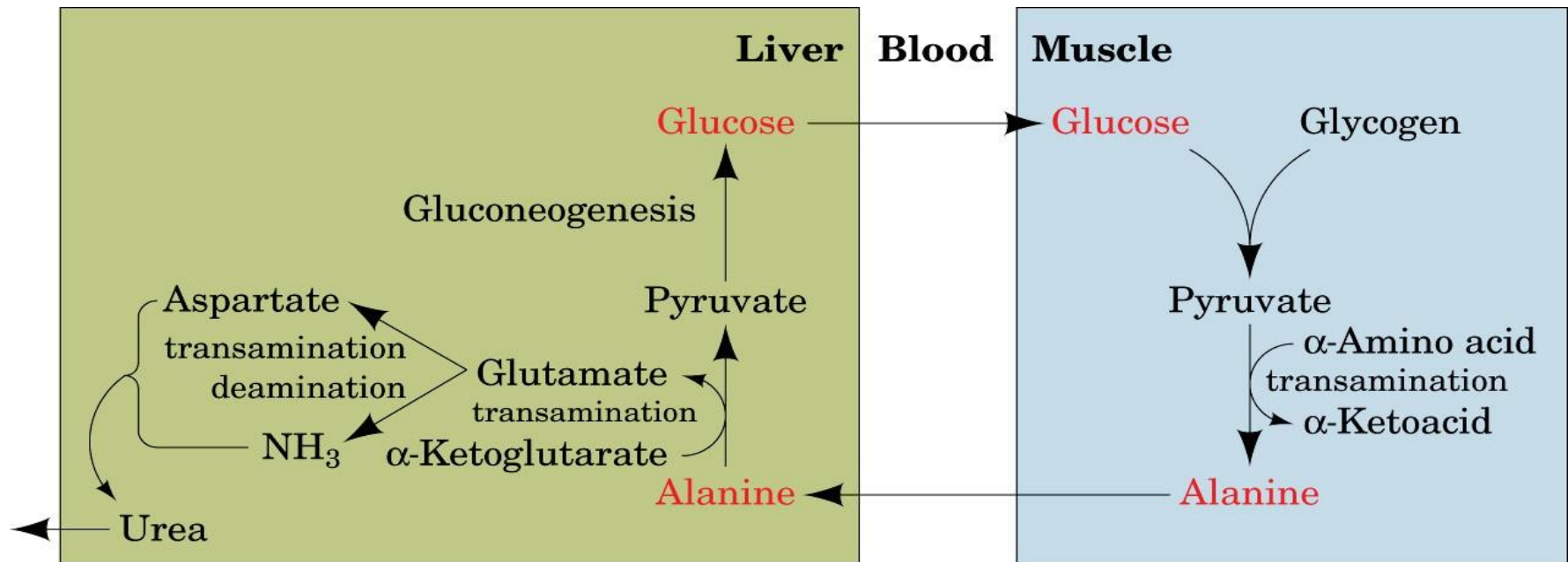
توضيح للرسمه اللي قبل



# The glucose-alanine Cycle

- This **alanine** is transported to liver.
- Liver converts Alanine back to Pyruvate ( Alanine – NH<sub>2</sub> = Pyruvate ).
- **Pyruvate** is used in gluconeogenesis.
- The newly formed glucose is transported to muscle to be used for energy again.

# The glucose-alanine Cycle



هنا انزيم يسوي Transamination

يدخل  $\alpha$  Amino acid لل pyruvate

يصبح عندنا Alanine

# Muscle fatigue and endurance in athletes

## Muscle fatigue:

Inability of muscle to maintain a particular strength of contraction over time.

### Causes of Muscle fatigue :

- muscle damage
- accumulation of lactic acid (new study shows the opposite)

Athletes are trained to achieve high endurance and delayed fatigue

Qs:

**1) in anaerobic metabolism, the source of energy anaerobic metabolism is :**

1. FA
2. Carbohydrates
3. Proteins
4. Lactic acid

**2) Slow fibers :**

1. Take short time to contract after stimulation
2. use glycolysis to produce energy
3. contract for long periods
4. Easily fatigued

**3) Anaerobic metabolism is inefficient due to :**

1. Small amount of Glucose and ATP
2. Large amount of ATP
3. Lactic acid is produce which contributes in muscle fatigue

**4) In the glucose-alanine cycle, alanine converted to pyruvate in :**

1. Kidney
2. Intestine
3. Liver
4. Muscle



تم بحمد الله

نشكر كل من أفادنا من الدفعات الماضية وخاصة  
دفعة ٤٣٠ ..)