Aerobic and anaerobic metabolism in muscle

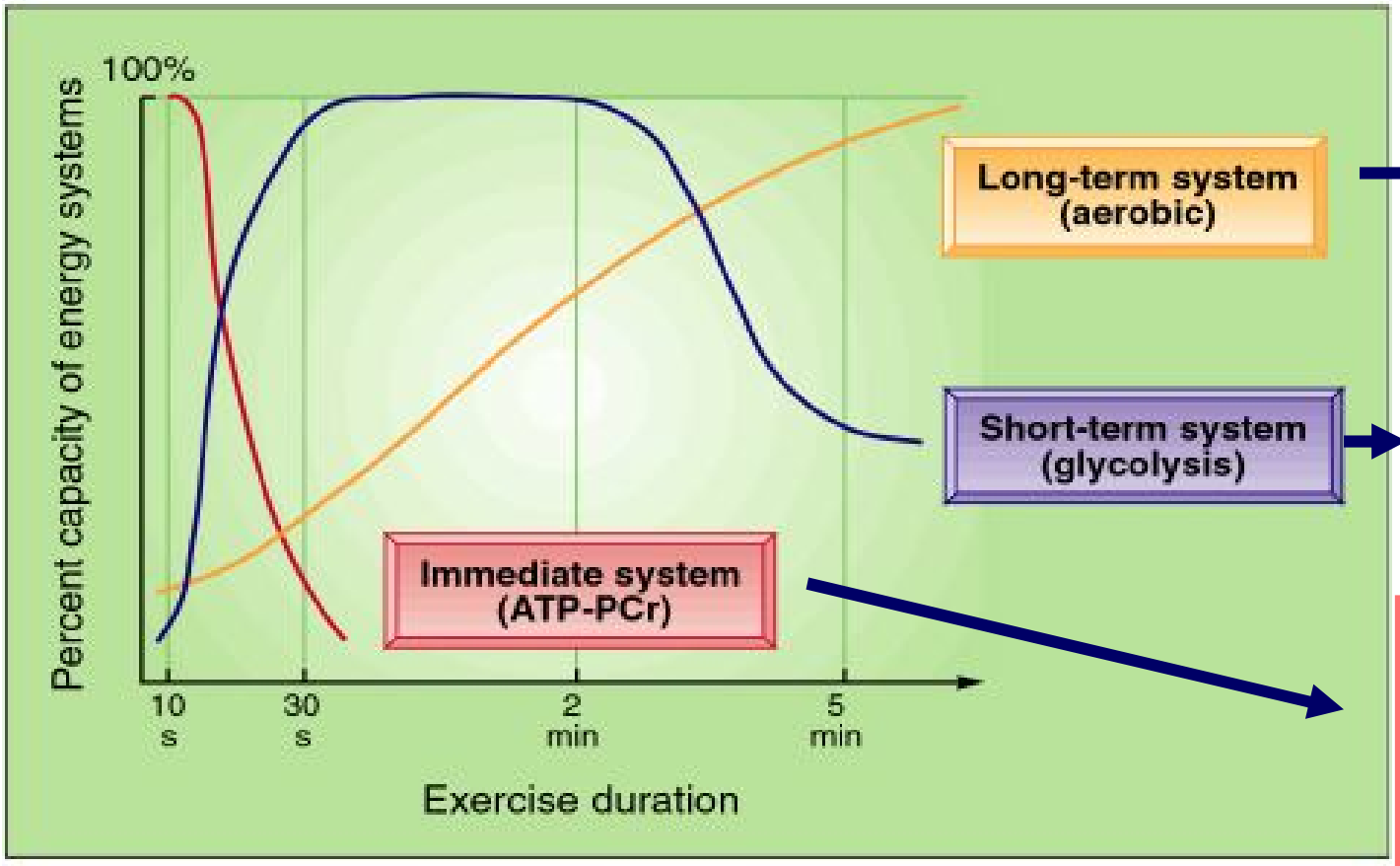
Musculoskeletal Block | 1 Lecture | Dr. Usman Ghani

- 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

With some notes!

done by biochemistry team

Three systems of energy transfer



- Aerobic
- Fatty acids
- Continuous exercise
- Hours

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

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

Muscle fibers produce ATP three ways:

1. Creatine phosphate
2. Aerobic metabolism
3. Anaerobic metabolism

شرح للفهم السلايد الماضي

النظام الاول : يكون في بداية الاكسرسايز القوي حيث يخرج أي تي بي من فوسفوكرياتين (حيث انه مصدر للطاقة) بعد تحوله للكرياتين ويمتد لفترة وجيزة

االنظام الثاني: يكون بعده في الهاي اكسرسايز وايضا لا نحتاج لاكسوجين حيث يستخدم القلاكولايسز ويستخدم الجلوكوز ليصنع أي تي بي ولاكتيت

النظام االثالث: يكمل صنع أي تي بي بواسطة الفاتي اسيد بوجود الاكسجين

مثال : اذا قمنا برفع شيء فانا طاقتنا المستمدة في اول ١٥ ثانية تكون من النظام الاول وما بين ١٥ ثانية الى دقيقتين من النظام الثاني وبعدها يتحول انتاج الطاقة بالنظام الثالث (ايروبيك)

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_4 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

- ADP + Pi → ATP

total energy requirement for any contraction depending on exercise intensity & duration.

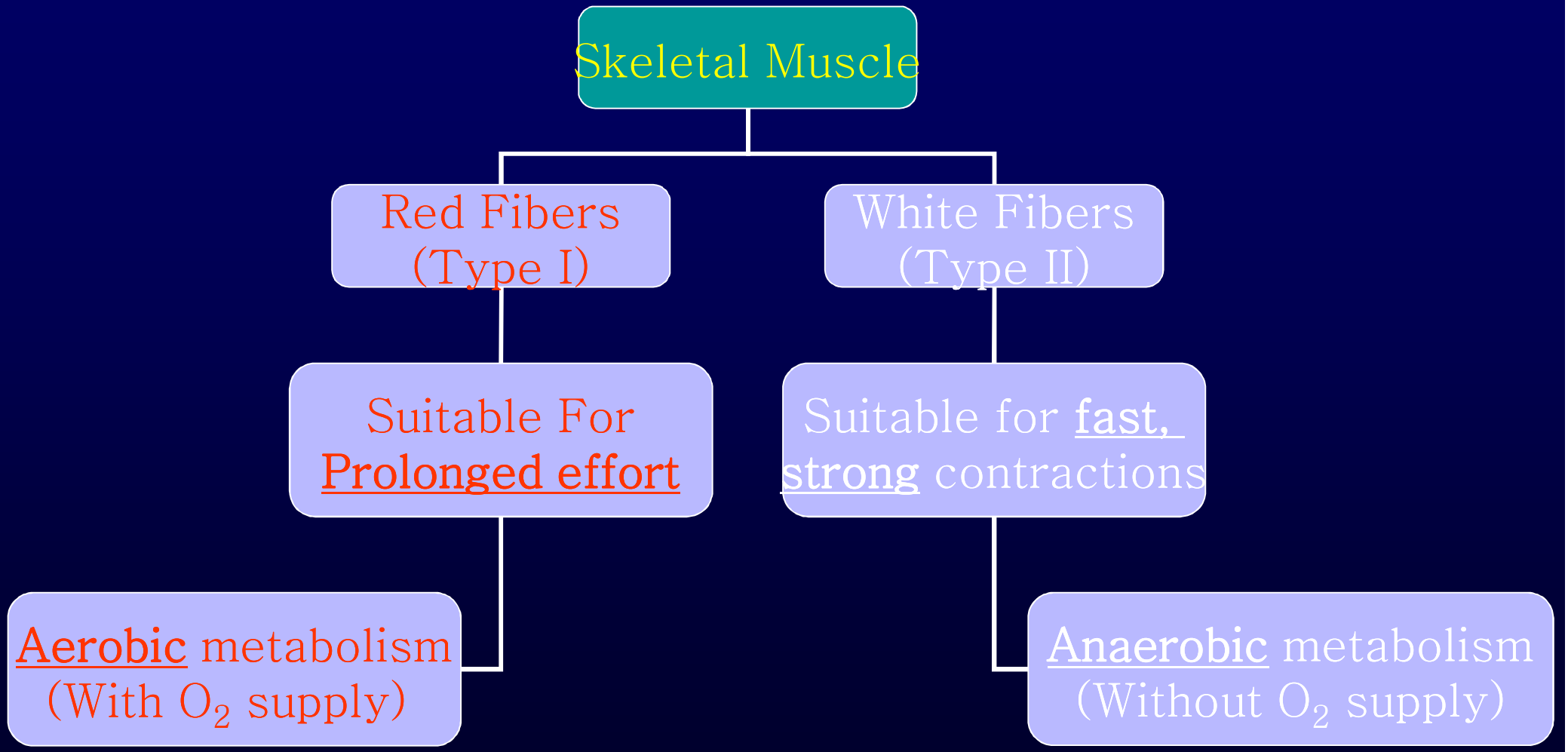
Energy metabolism in muscle

- 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

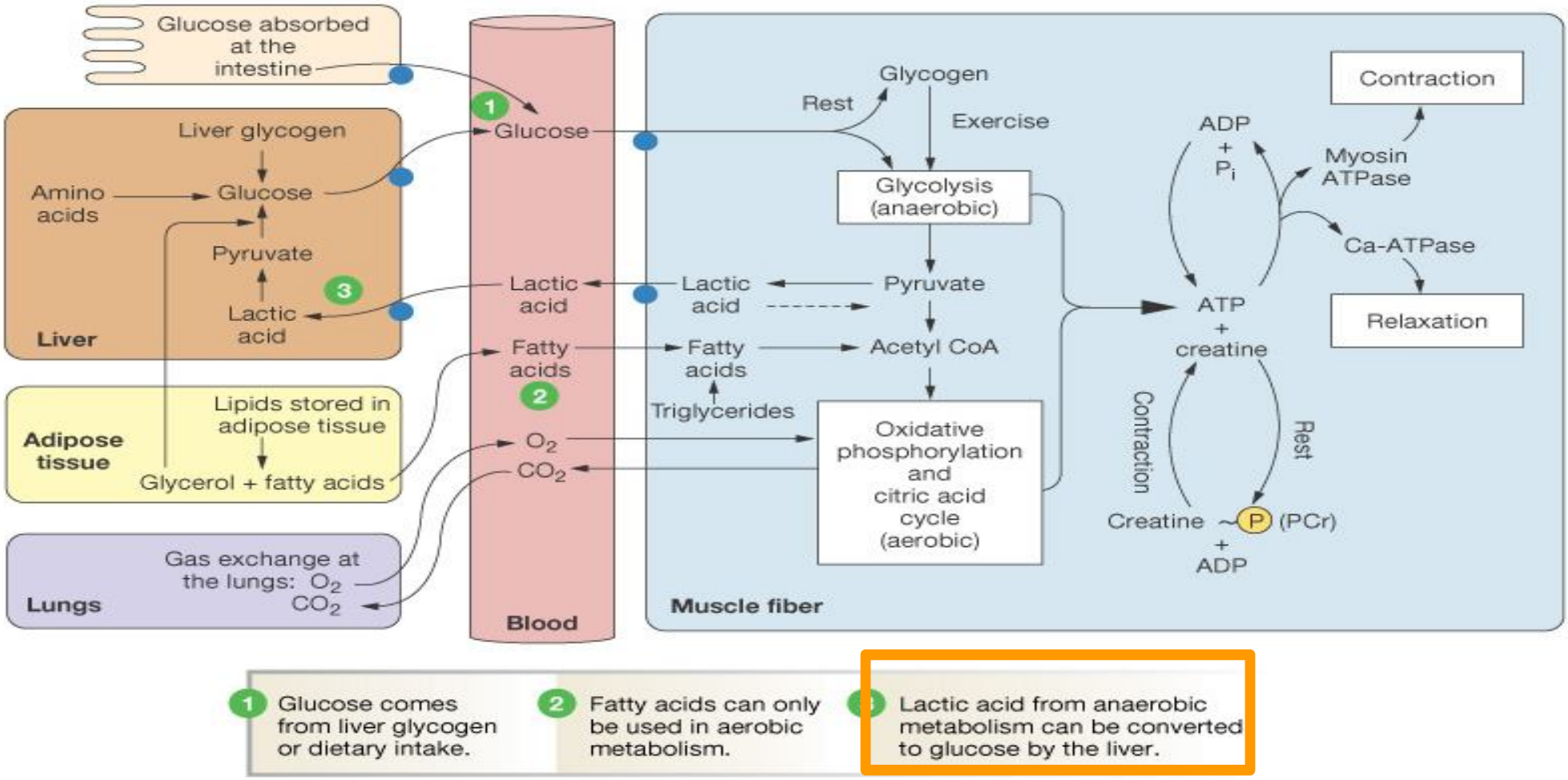
Muscles typically store limited amounts of ATP – enough to power 4-6s of activity

Energy metabolism in muscle



You can found both of them in one muscle

Overview of Energy Metabolism in Skeletal Muscle



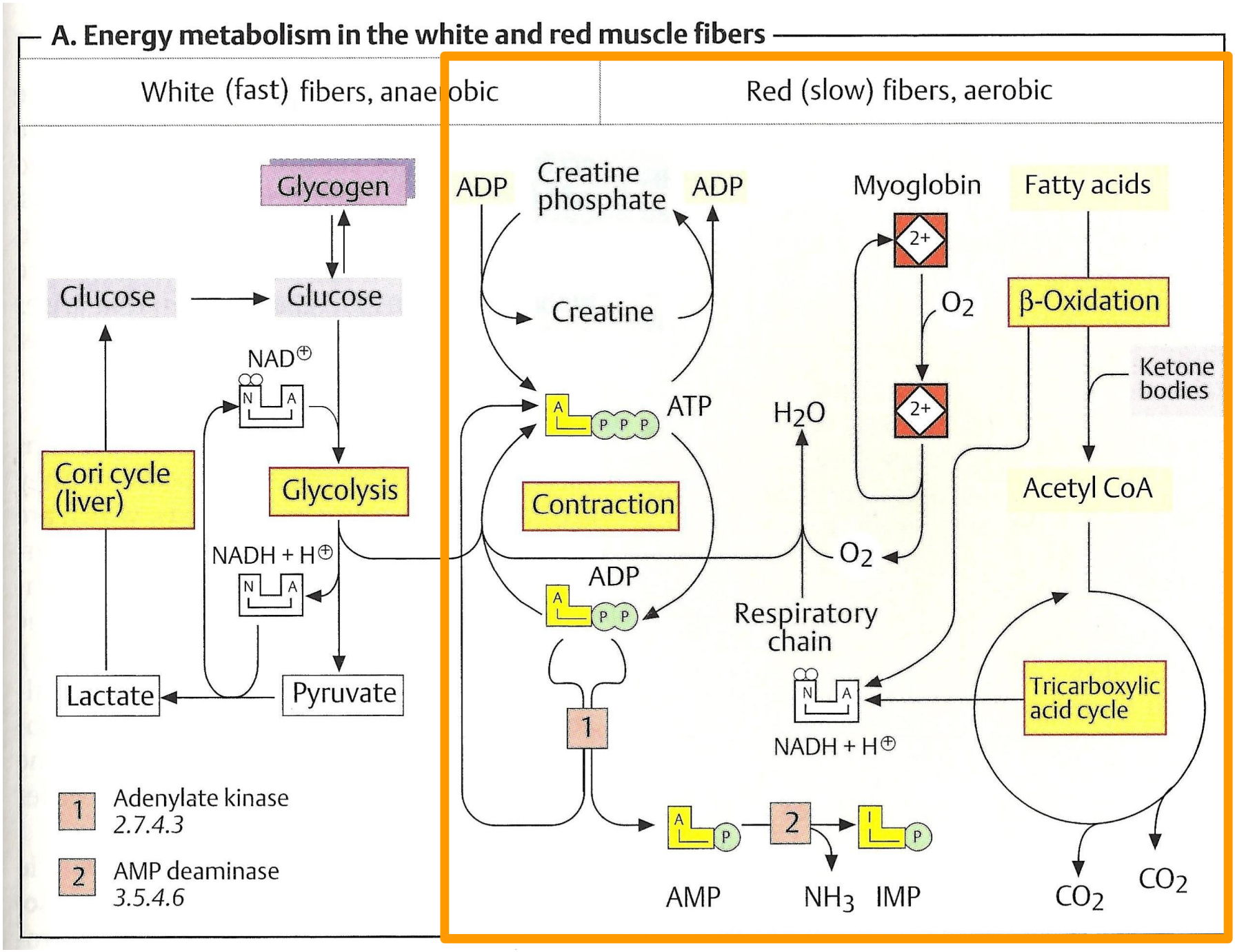
الجلوكوز بينزل بالدم ويروح للمصل _اذا فيه اكسرسايز فانه يبدا بالقاليكولايسز ويتحول لـ أي تي بي بدون وجود الاكسجين(والـ لاكتيت : يرجع لليفر ليصنع الجلوكوز) ثم في حالة الكونتركشن يبي يشتغل الايتيبيز ويحوله لطاقة ثم يرجع في الرلاكسيشن .. أما اذا ما فيه اكسر سايز يتحول لقلايكوجين

Aerobic metabolism in red fibers

- Suitable for **prolonged effort**
- Red fibers obtain their ATP mainly from **fatty acids because they are aerobic**
- Fatty acids are broken down by β-oxidation, TCA cycle, and the respiratory chain (ETC)
- Red color is due to **myoglobin**
- myoglobin is Higher O_2 affinity than hemoglobin
- myoglobin Releases O2 when O_2 level drops

β-oxidation : **the form of Acyl-CoA molecule**

TCA cycle : **the Krebs cycle**

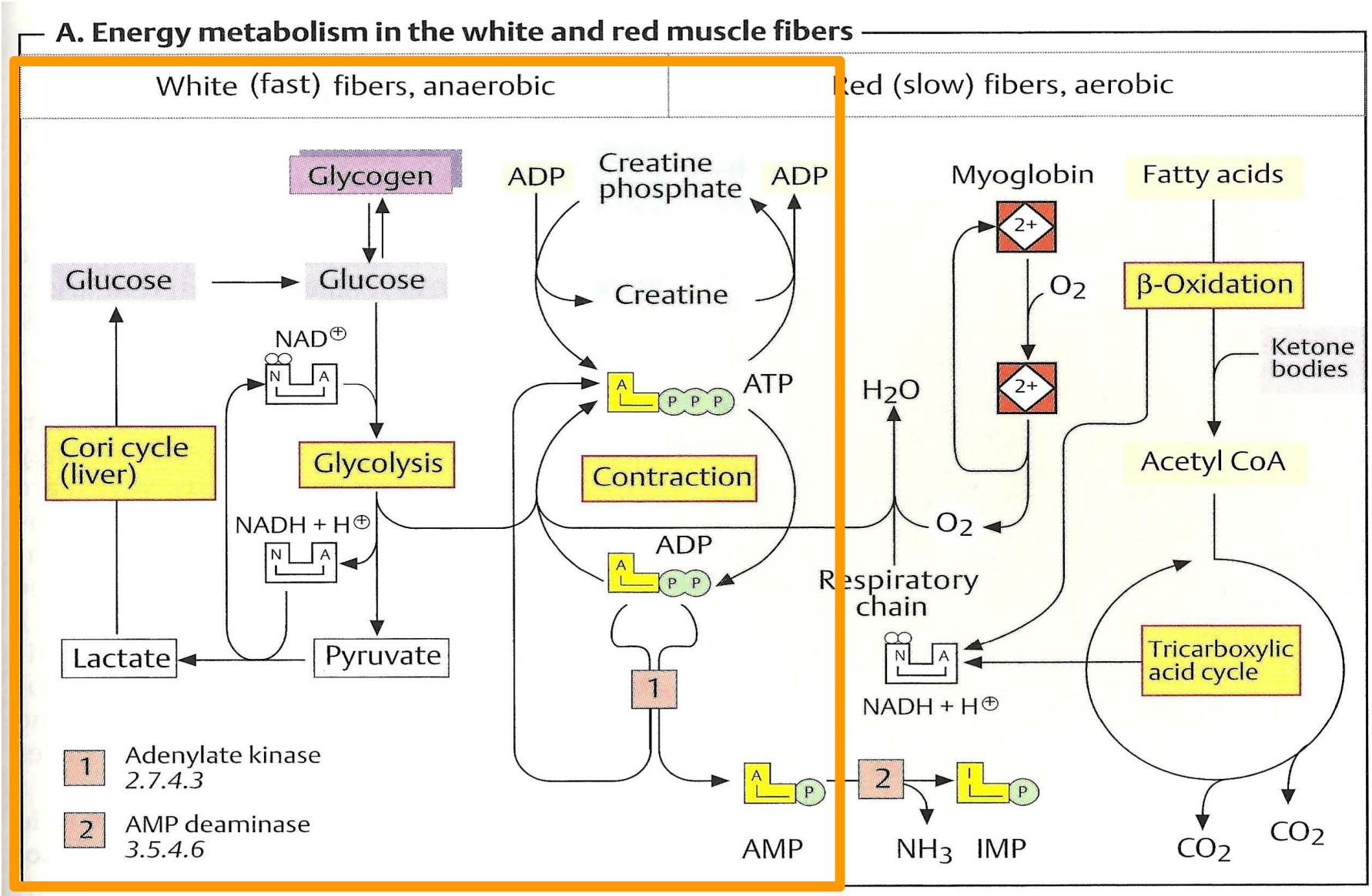


مجرد شرح للنقاط في السلايد الماضي

Anaerobic metabolism in white fibers

- Suitable **for fast, strong** contractions
- During intense muscle activity (weightlifting, etc.) O_2 supply from blood quick drops
- White fibers mainly obtain ATP from **anaerobic glycolysis**
- **Glycogen** → glucose-1-PO_4 → glucose-6-PO_4 → glycolysis → **ATP**

They are white because they don't have myoglobin.



الناتج الاخير الذي نراه في العضلات هو اللاكتيك الذي يذهب الى الليفر وتحدث له عملية جلاكوليسيز التي تعيده الى جلوكوز ثم يرجع الى العضلات

وسبب عدم تحول اللاكتيك الى جلوكوز في العضلات بل بالليفر عائد الى احتواء الليفر على كمية كبيرة من الاي تي بي بعكس العضلات وهذه العملية تحتاج كم اكثر مما تنتجه العضلات

Anaerobic metabolism in white fibers

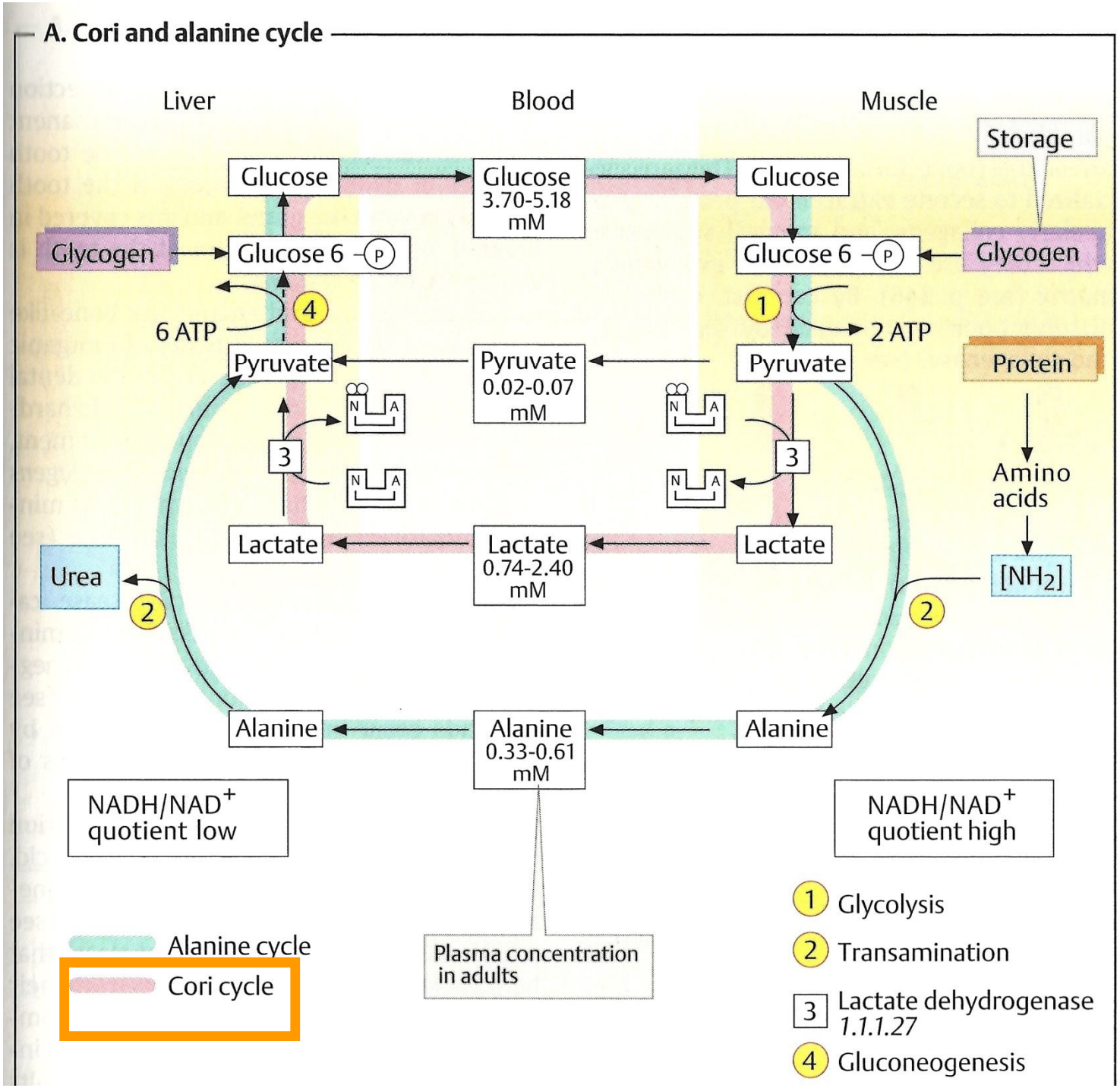
- $NADH+H^+$ is **reoxidized** to maintain glucose degradation and ATP formation

- 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



The Cori 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_2 deficiencies do not arise in the liver even during intense exercise
- Therefore, liver always has sufficient ATP for gluconeogenesis

The glucose-alanine cycle

- Muscles produce:
  - ★Pyruvate from glycolysis during exercise and

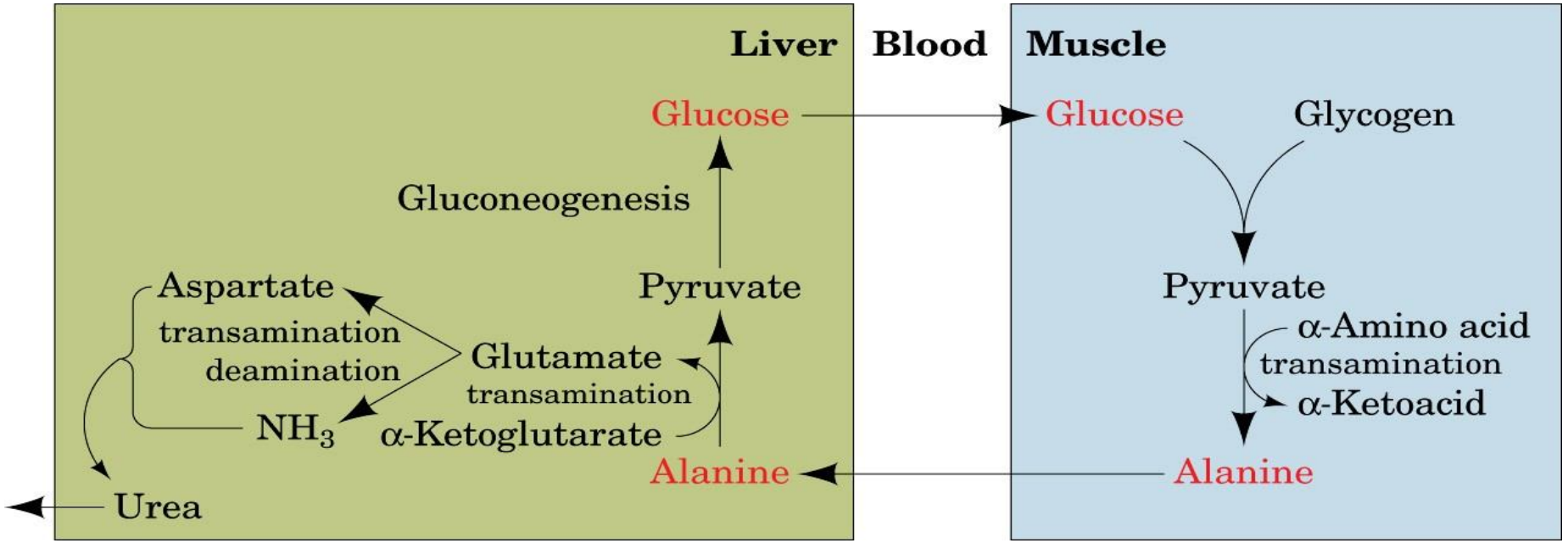
    Glycolysis ⟶ Pyruvate
  - ★Amino nitrogen (NH_2) from normal protein degradation

    protein degradation ⟶ NH_2
  - ◆Pyruvate is converted to alanine in muscle
    - ★Pyruvate + NH_2 → **Alanine**

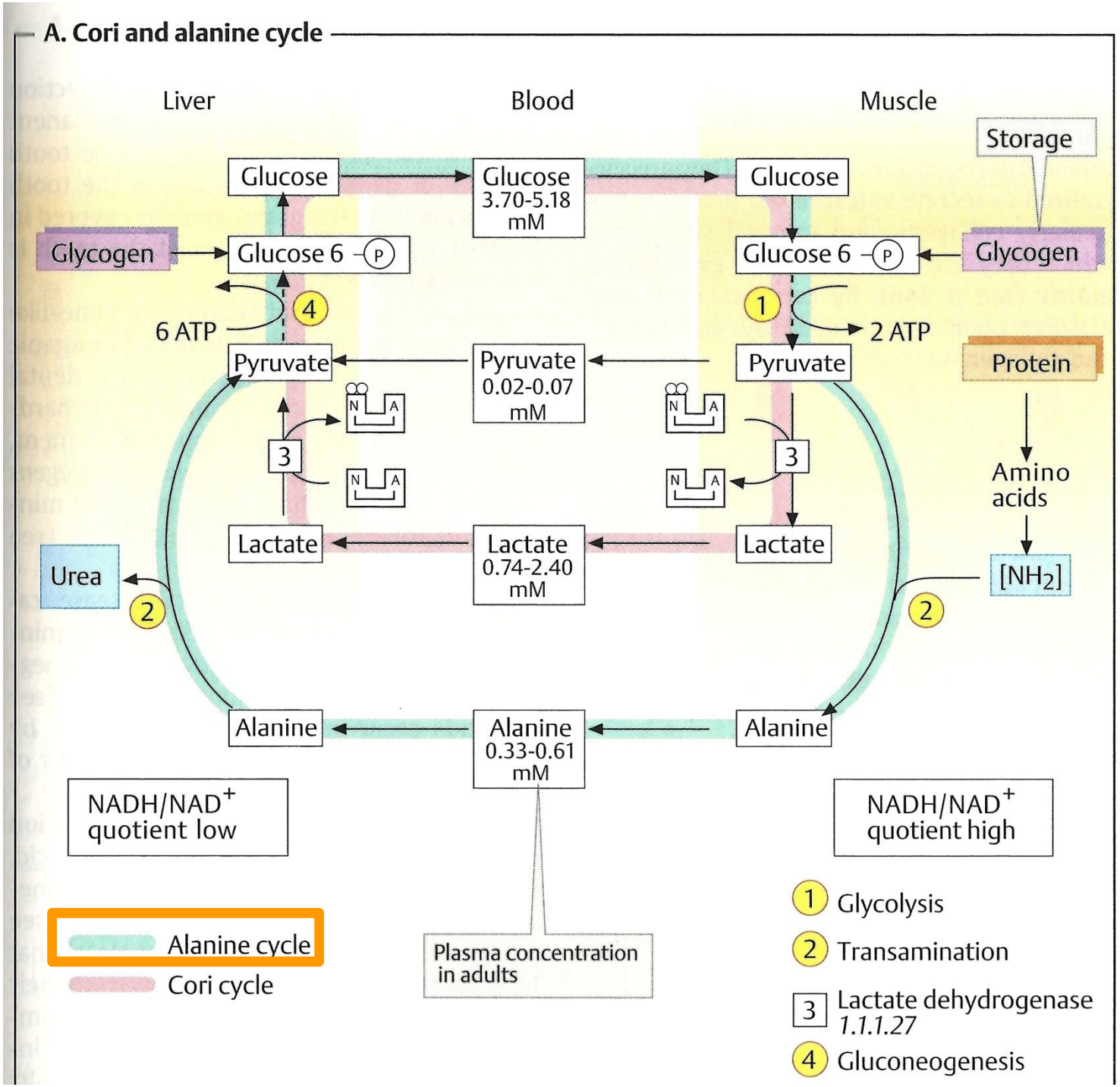
The glucose-alanine cycle

- This alanine is transported to liver
- Liver converts alanine back to pyruvate
  - Alanine – NH_2 = Pyruvate
- Pyruvate is used in gluconeogenesis
- The newly formed glucose is transported to muscle to be used for energy again

Liver converts NH_2 to urea for excretion



The glucose–alanine cycle



البروتين يحتوي على امينو اسيد .. والامينو اسيد تحتوي على الامونيا القاتلة اذا كانت بمفردها

لذا يتم ارتباط الامونيا بالبيروفيت ليتكون لدينا الالانين الذي يذهب الي الليفر التي بدورها تتخلص من الامونيا وتحوله الى يوريا التي يتم اخراجه من الجسم بواسطة الجهاز الاخراجي

واما البيروفيت فانه يتم استخدامه بالليفر في عملية الجلاكونيسيز

Muscle fatigue and endurance in athletes

- Muscle fatigue: **Inability** of a muscle to maintain a particular strength of **contraction** over time
- Causes: muscle damage, accumulation of lactic acid (lactate)? (new study shows the opposite)
- Athletes are trained to achieve **high endurance and delayed fatigue**

endurance refers to person's capacity and tolerance for lactic acid accumulation