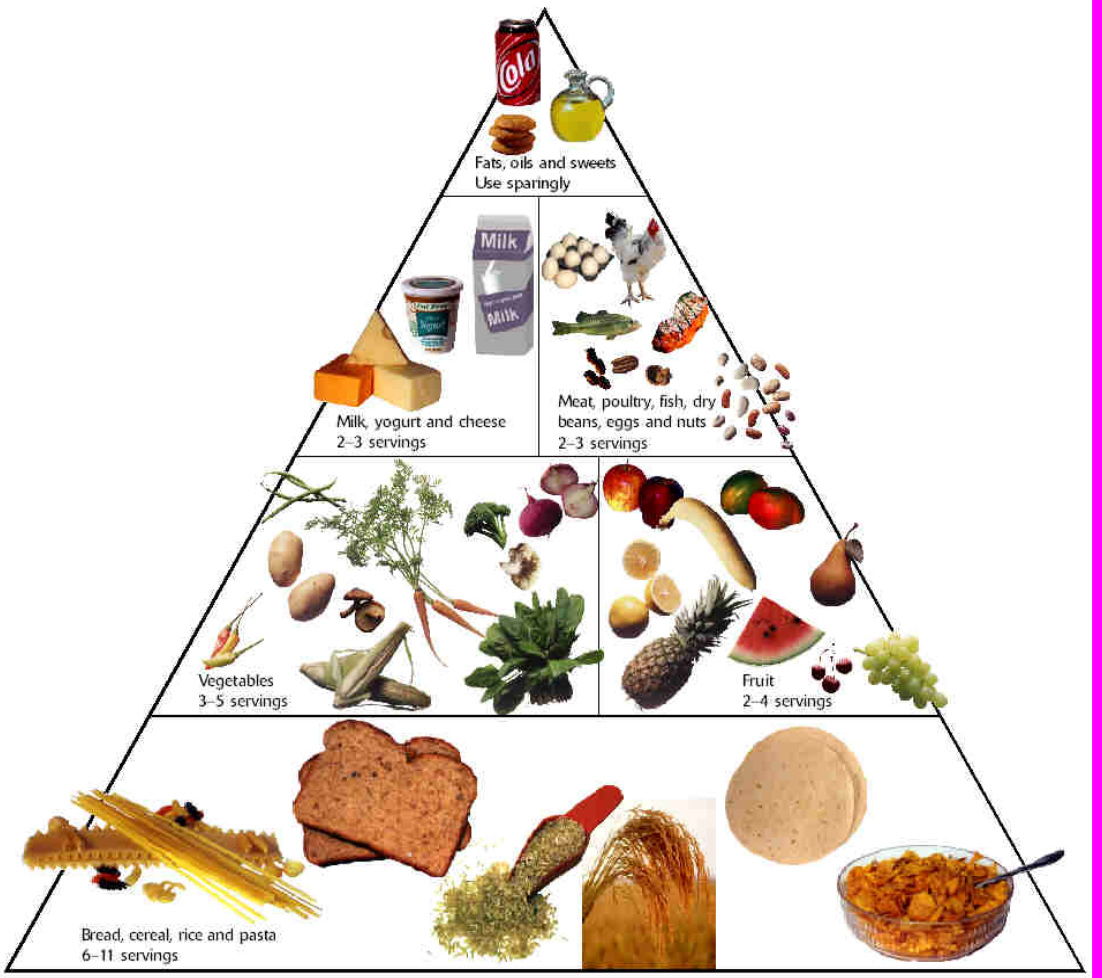
Mojtaba Khadem Pir

مرکز سنجش و توسعه قابلیت های جسمانی آکادمی ملی المپیک

سیستمهای تولیدانرژی

مواد غذایی



کربوهیدرات
پروتئین
چربی
آب
ویتامینها
مواد معد نی

کربوهیدرات ها

- عمل اصلی آنها تأمین انرژی است
- تنها ماده ای که می تواند به صورت بی هوازی نیز مورد استفاده قرار گیرد
- در فعالیتهای سبک و متوسط نیمی از انرژی موردنیاز از کربوهیدرات ها است
- مقداری کربوهیدرات برای شروع سوخت و ساز چربی موردنیاز است

تجزیه کامل یک مول گلوکز به دی اکسید کربن و آب ۶۸۰ کیلوکالری انرژی می دهد

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 680\,KCAL$$

از ۶۸۰ کیلوکالری فقط ۳۸ درصد یا ۲۶۳ کیلوکالری در پیوندهای فسفاتی ذخیره می شود

۲۶۳ KCAL ÷۷/۳ = ۳۶ مول ATP

انرژی مورد نیاز برای ساخته شدن یک مول ATP از ADP

ATP

(انرژی رایج)

(ذخیره کننده و انتقال دهنده انرژی)

ATP = آد نوزین+P+P+P

آدنین + ریبوز

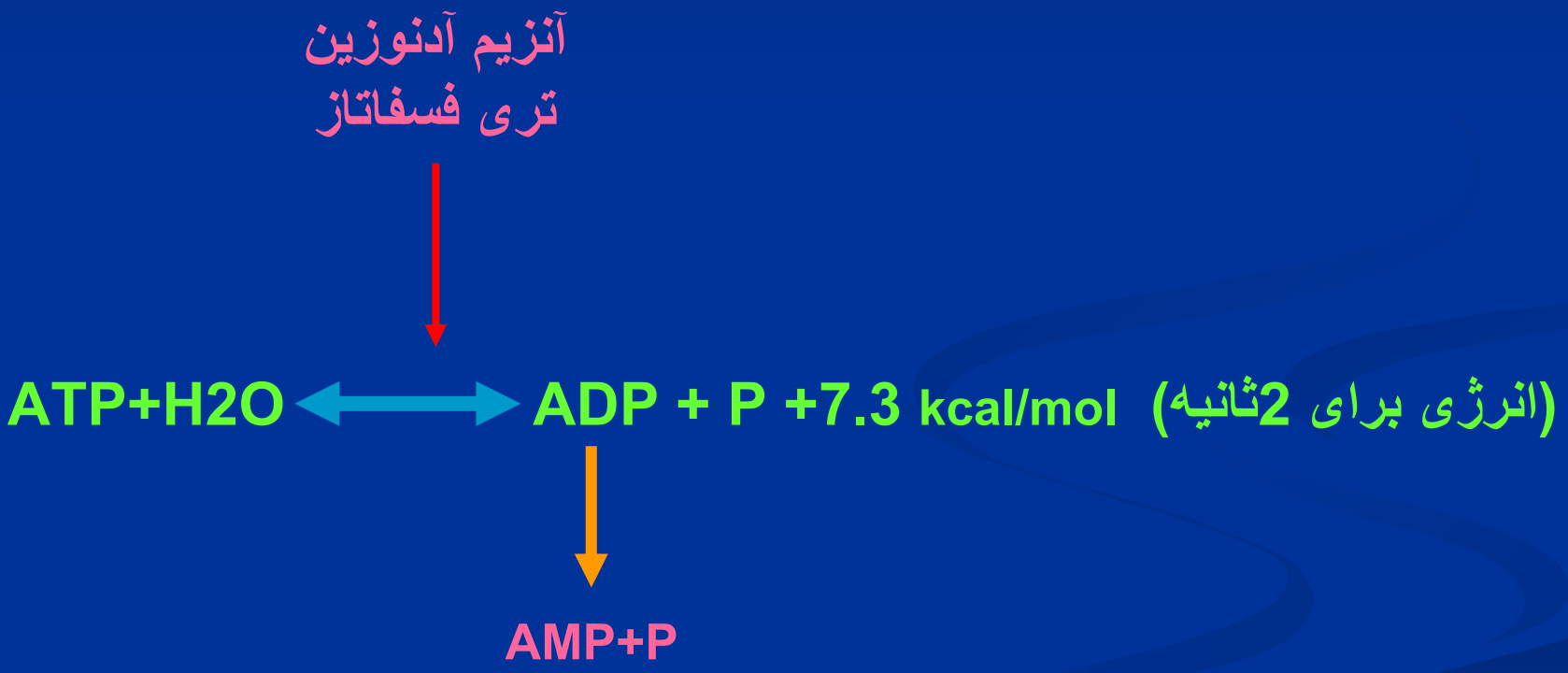
پیوندهای پرانرژی

پیش نیازهای ضروری برای بازسازی مداوم ATP

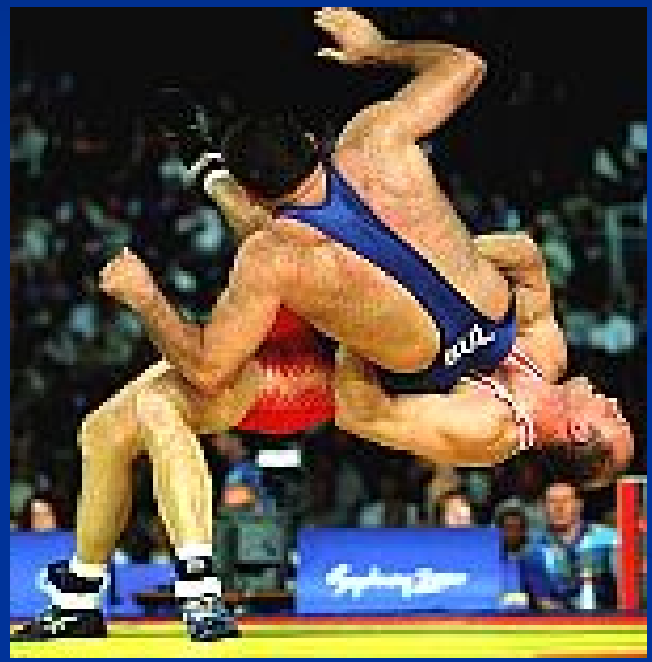
- دهنده الکترون (NADH یا FADH2)
- اکسیژن کافی (گیرنده نهایی الکترون و هیدروژن)
- آنزیمها و دستگاه سوخت وساز

هدف از تجزیه مواد غذایی فسفریله کردن ADP برای تشکیل مجدد ATP است

هیدرولیز ATP



کل ATP ذ خیره شده دریك فرد 70 کیلوگرمی حدود 85 گرم می باشد



ATPنمیتواند از طریق خون یا سایر بافتها تامین شود

ولی میتواند درون هر یاخته دوباره سازی شود

مسیرهای تولید انرژی

- سیستم هوازی
- ۳۶ مول ATP

- سیستم بی هوازی
- فسفاژن(ATP-CrP)
- اسید لاکتیک (گلیکولیز بی هوازی 3 مول ATP)

گلیکولیز بی هوازی

- در خارج از میتوکندری انجام می شود
- آنزیم فسفریلاز تحت تأثیر اپی نفرین دستگاه عصبی سمپاتیک، تجزیه گلیکوژن ذخیره عضلات را تنظیم می کند
- گلوکز با جذب فسفر از ATP به گلوکز ۶ فسفات و سپس به فروکتور ۶ فسفات تبدیل می شود
- آنزیم فسفوفروکیناز (PFK) مولکول فروکتوز ۶ فسفات را به فروکتور ۱و۶ دی فسفات تبدیل می کند
- فروکتوز ۱و ۶دی فسفات به دو مولکول فسفریله شده سه کربنه و پس از ۵ مرحله به ۲ مولکول اسیدپیرویک سه کربنه تبدیل می شود
- ۲ مولکول از چهار مولکول ATP تولید شده در گیکولیز برای فسفریله کردن گلوکز مورد استفاده قرار می گیرد
- کارایی گلیکولیز ۳۰% است
- طی گلیکولیز میتوکندری نسبت به NAPH موجود در سیتوپلاسم نفوذ ناپذیر است
- در عضله قلب هیدروژن ها به NAP+ و در عضله مخطط به FAD تحویل می گردند
- به جای سه مولکول ATP حاصل از NADH در میتوکندری، دو مولکول در شرایط گلیکولیز ایجاد می شود

در گلیکولیز بی هوازی عمده ترین فرآورده نهایی اسیدپیرویک است

کراتین فسفات (انبار فسفاژن پر انرژی)

- غلظت سلولی CP ۳ تا ۵ برابر ATP است

- (انرژی برای 4-5 ثانیه) CP ⟷ C + P

آنزیم کراتین کیناز

ATP ⟵ ADP

سیستم هوازی

- گلیکولیز هوازی
- چرخه کربس
- سیستم انتقال الکترون

گیرنده های الکترون

- NADH (نیکوتین آمید آد نین دی نوکلئوتید)

↓

3ATP در میتوکندری

- FADH2 (فلاوین آد نین دی نوکلئوتید)

↓

2ATP در میتوکندری

- سیتوکروم ها (آهن _ پروتئین)

Glucose

Anaerobic

Energy

H^+

ATP

Pyruvic Acid (2)

Lactic Acid (2)

Inter Cellular Fluid

Mitochondria

CO_2 & H^+

Fatty Acids

Amino Acids

Acetyl Co-A (2)

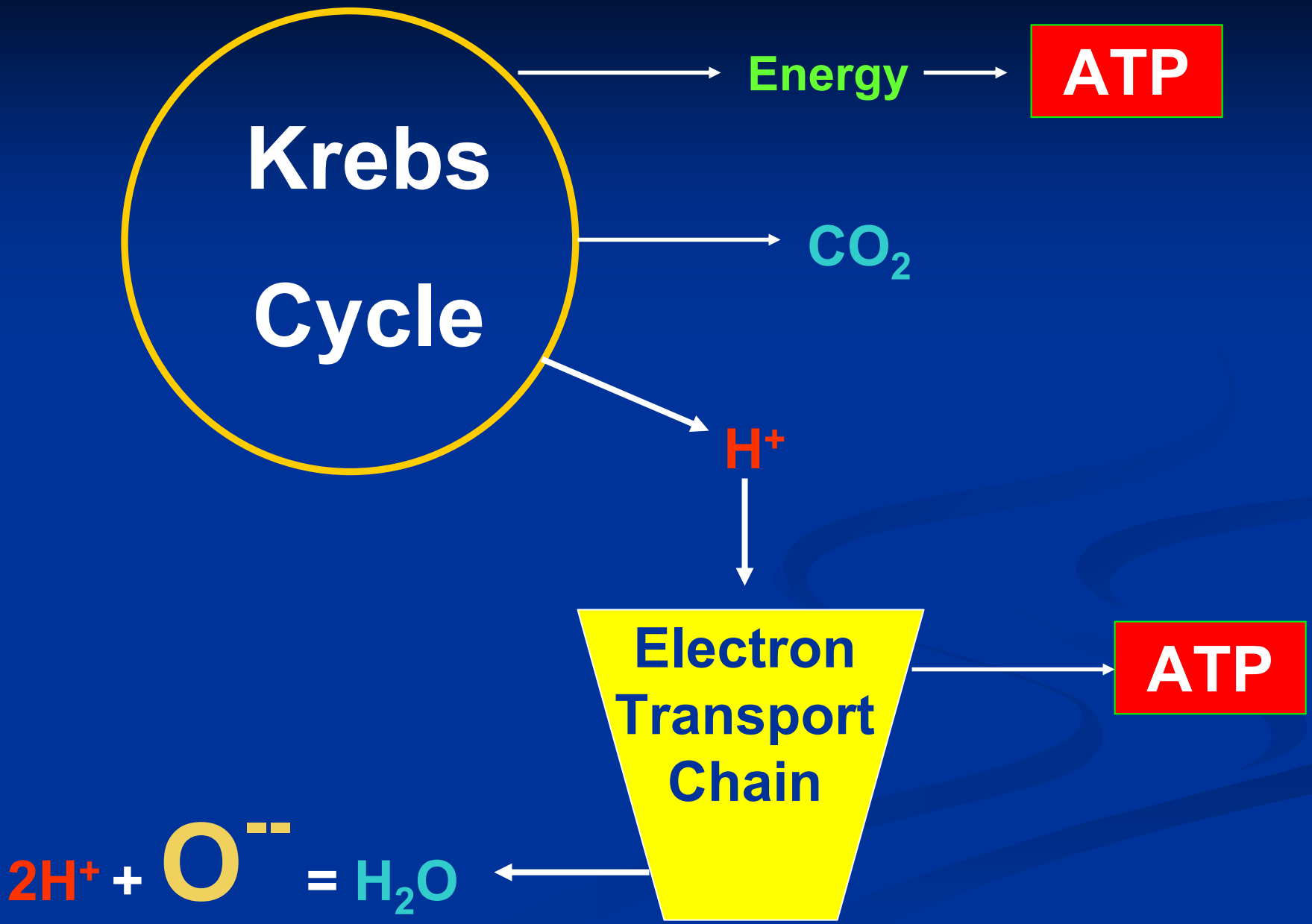
Aerobic

Krebs Cycle

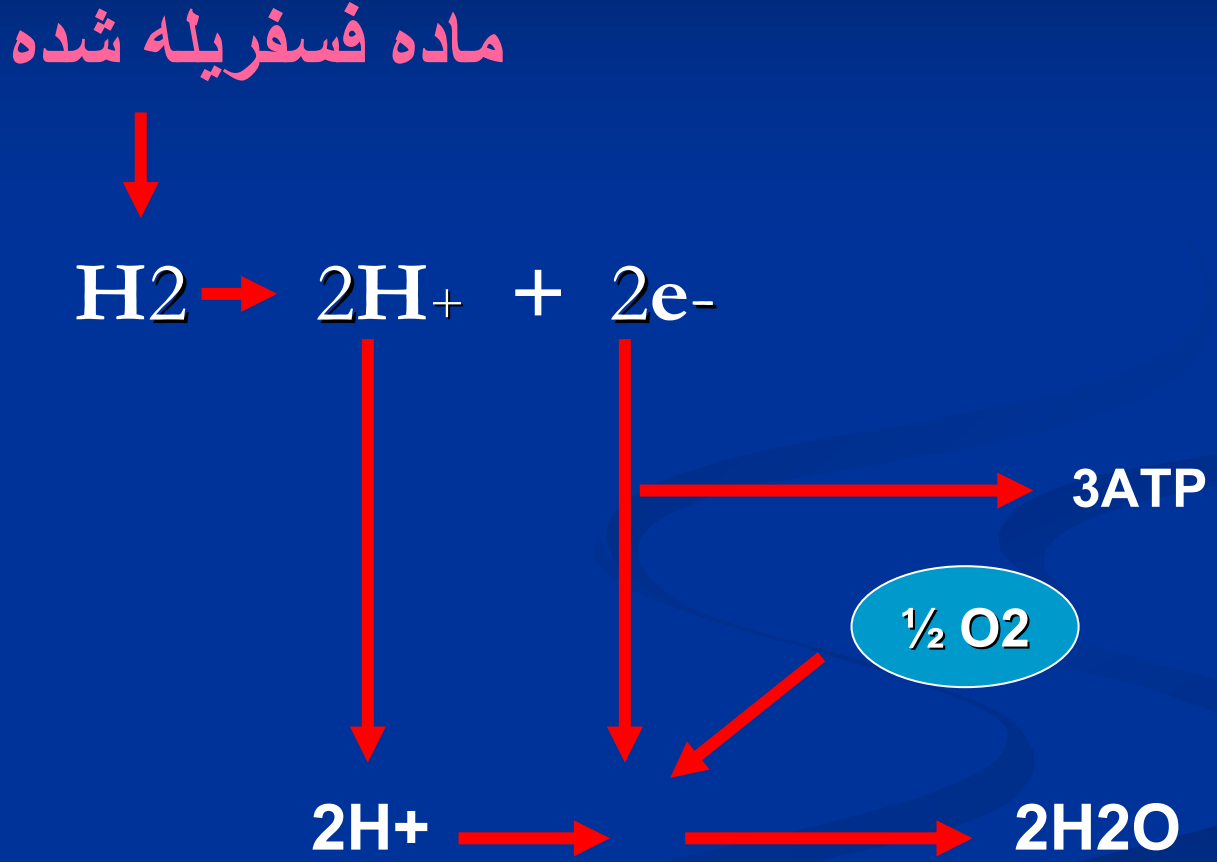
Energy → ATP

CO_2

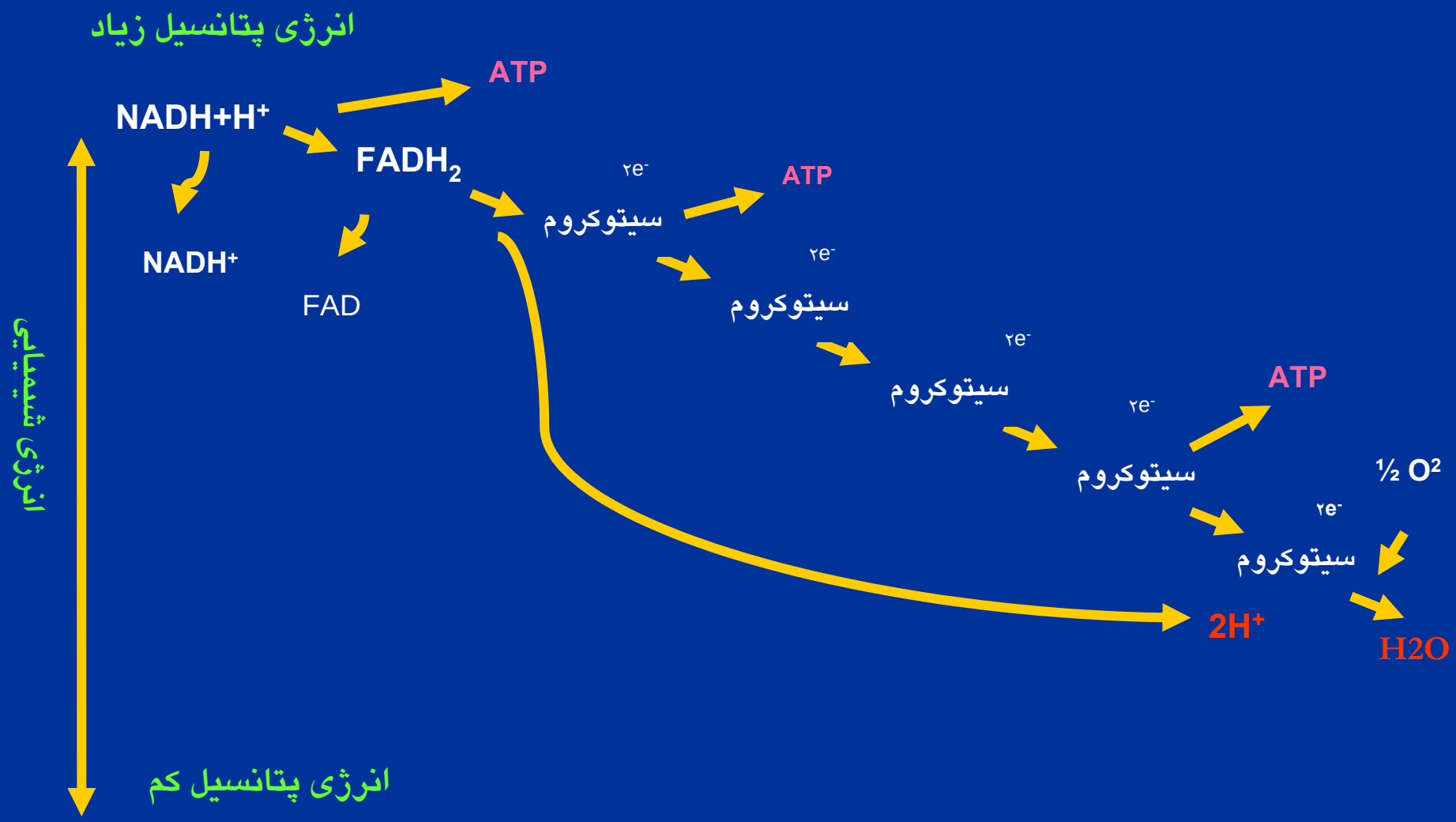
H^+ → To ETC


Krebs Cycle
Energy
ATP
CO_2
H^+
Electron Transport Chain
ATP
$2H^+ + O^{--} = H_2O$

طرح کلی اکسیداسیون هیدروژن وانتقال الکترون



زنجیره تنفسی وانتقال الکترون



بیش از ۹۰%عمل ساخته شدن ATP از طریق واکنشهای اکسیداسیون متصل با عمل فسفریله شدن در زنجیره تنفسی انجام میشود

$$NADH + H^+ + 3ADP + 1/2O_2 \rightarrow NAD^+ + H_2O + 3ATP$$

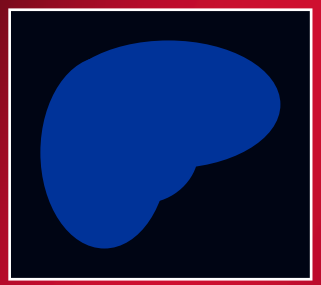
گلوکز
بی هوازی
دو مولکول اسیدپیرویک
هوازی
انتقال الکترون و فسفریله شدن اکسایشی
آب و
دی اکسید کربن

اسیدلاکتیک فرآورده نهایی زاید گلیولیزی بی هوازی نیست بلکه دارای ارزش انرژی زایی می باشد

NAD^+ هیدروژن های اسیدلاکتیک را در شرایط استراحت گرفته و آن را به اسیدپیرویک تبدیل می کند

The Cori Cycle

The Liver



Glucose

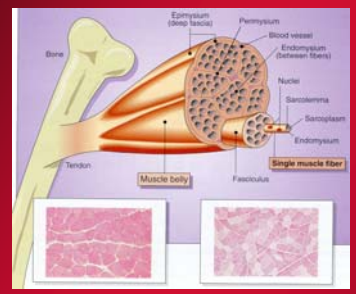
Pyruvate

Lactate

Blood Glucose

Blood Lactate

Muscles



Glucose

Pyruvate

Lactate

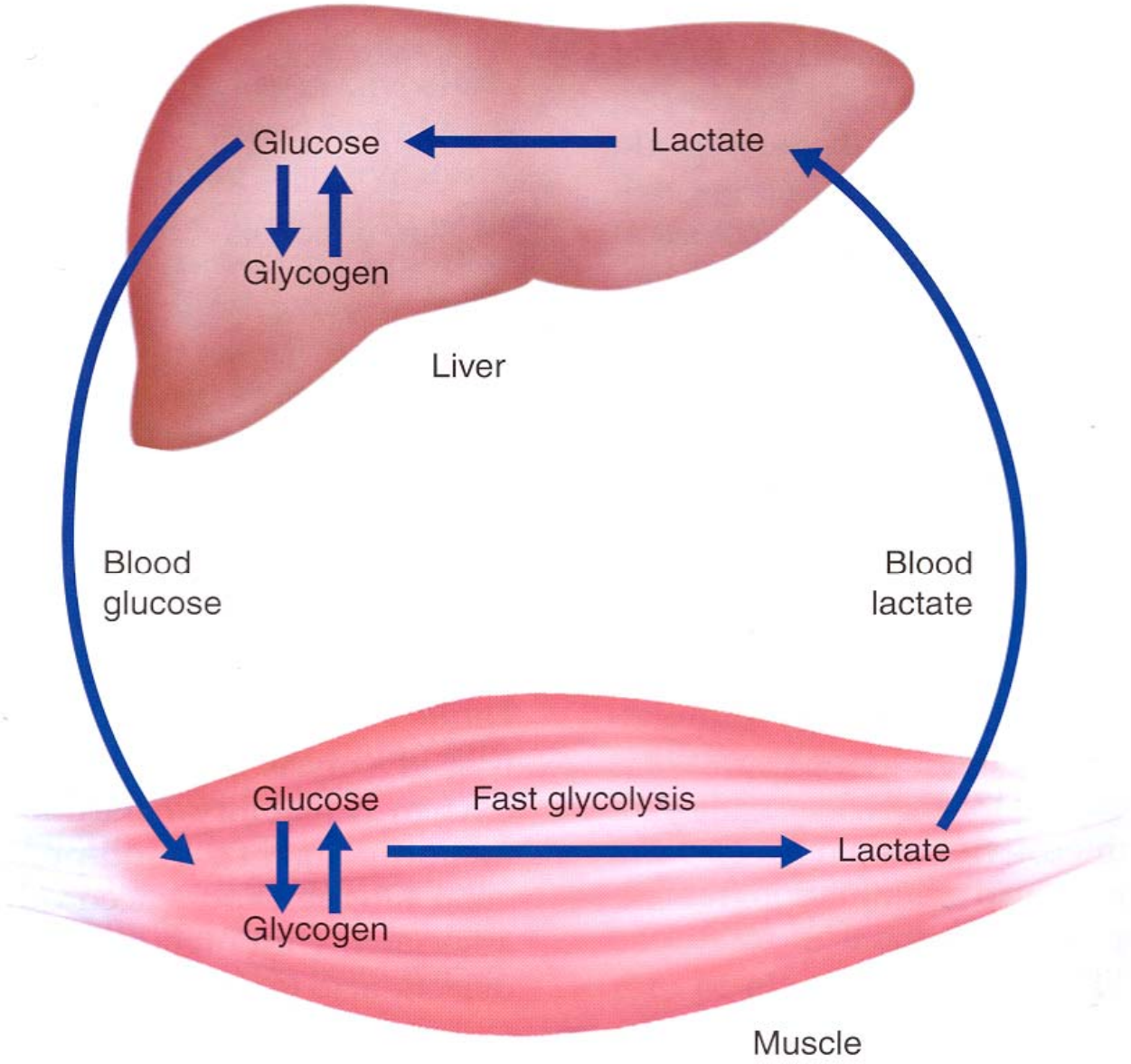


Figure 3.3 The Cori cycle.
Reprinted from Baechle and Earle 2000.

چرخه کربس

نقش اصلی چرخه کربس تجزیه استیل کوآ دوکربنه با کمک کوآنزیم آ به دی اکسیدکربن و اتمهای هیدروژن در داخل میتوکندری است

اسیدپیرویک +NAD + کوآ ⟶ کوآ – استیل + CO_2 +NADH + H^+ $^+$

به ازای هر مولکول استیل کوآ در داخل چرخه کربس دو مولکول دی اکسید کربن، چهارجفت اتم هیدروژن و یک مولکول ATP بوجود می آید

انرژی حاصل از کاتابولیسم گلوکز

- ۲ATP از فسفریله شدن سوبسترا در گلیکولیز بی هوازی
- ۲ATP هنگام تجزیه استیل کوآ در چرخه کربس
- ۴ATP هنگام فسفریله شدن اکسایشی طی گلیکولیز در خارج میتوکندری
- ۶ATP هنگام تبدیل اسیدپیرویک به استیل کوآ در میتوکندری
- ۱۸ATP از ۱۲ تا از ۱۶ هیدروژن آزاد شده در چرخه کربس (NADH)
- ۴ATP از چهار هیدروژن باقی مانده در چرخه کربس (FADH۲)

مجموع ۳۶ مولکول ATP

۴ مولکول ATP بطور مستقیم از فسفریله شدن سوبسترا (از طریق گلیکولیز و چرخه کربس) و ۳۲ مولکول ATP از فسفریله شدن اکسایشی ساخته می شود

بافت چربی

- مهمترین ذخیره کننده مولکولهای اسیدچرب بافت چربی یا آدیپوزها هستند
- ۹۵ درصد حجم آدیپوزها راتری گلیسریدها تشکیل می دهند
- چربی ذخیره در بدن یک مرد جوان ۹۰ تا ۱۱۰ هزار کیلوکالری انرژی میدهد
- کربوهیدرات ذخیره در بدن یک مرد جوان کمتر از ۲ هزار کیلوکالری انرژی می دهد

بازده اکسیداسیون اسیدچرب ۴۰درصد است

تجزیه چربی

اسیدچرب۳ + گلیسرول $\xrightarrow{\text{لیپاز}}$ $3H_2O$ + تری گلیسرید

با افزایش جریان خون FFA بیشتری از بافت چربی خارج و به عضله فعال می رود

هورمون های موثر بر لیپولیز

- اپی نفرین (در تمرین غلظت آن زیاد می شود)
- نوراپی نفرین
- گلوکاگن
- هورمون رشد

کاتابولیسم گلیسرول و اسید های چرب

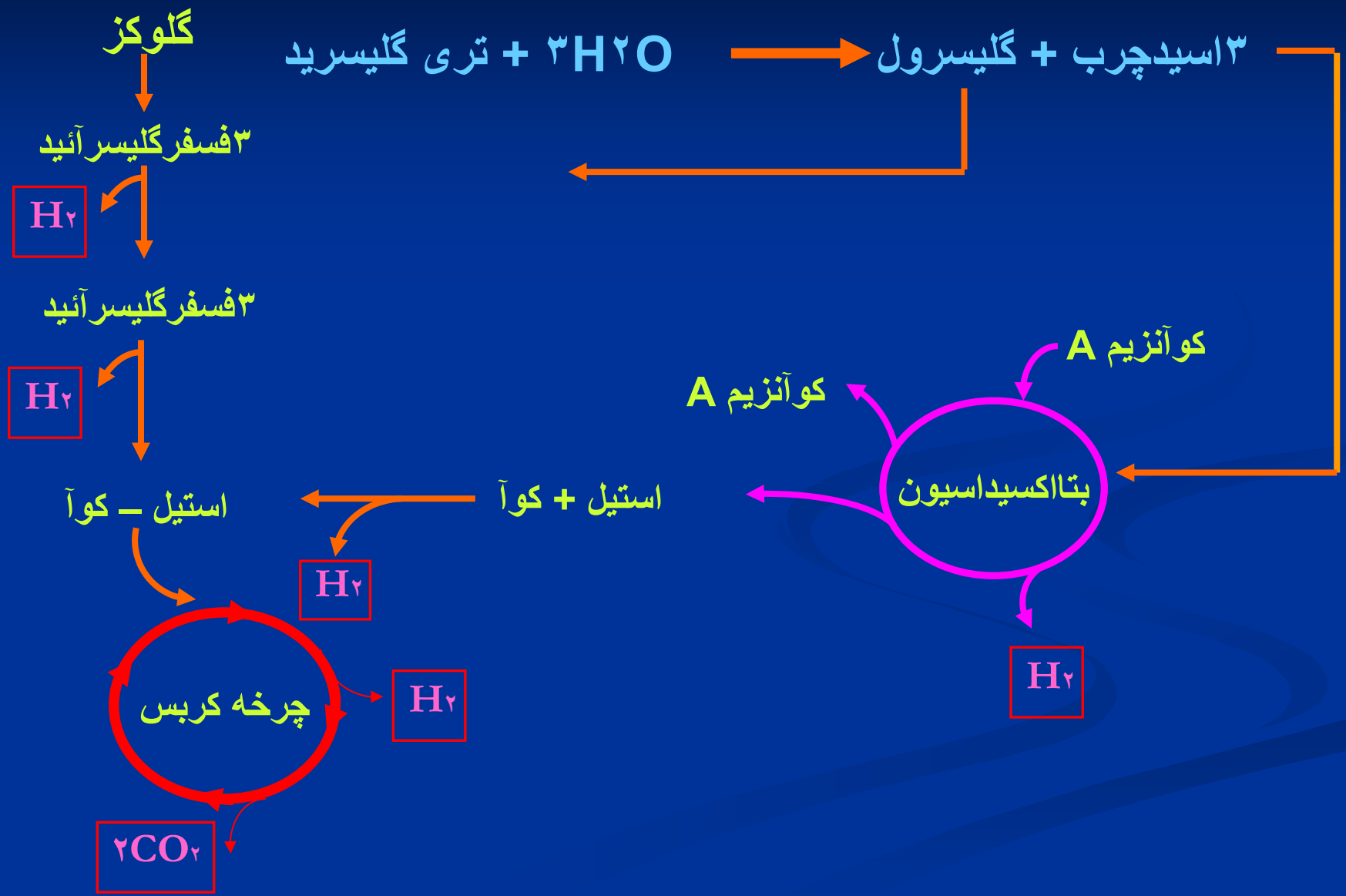
- از تجزیه کامل مولکول گلیسرول ۱۹ مولکول ATP تشکیل می شود
- گلیسرول نقش عمده ای در گلوکونئوژنیز دارد
- اسیدچرب از طریق بتااکسیداسیون در میتوکندری به استیل کوآ تبدیل می شود
- تجزیه اسیدهای چرب و بتا اکسیداسیون مستقیماً با مصرف اکسیژن همراه است
- چون تبدیل اسیدپیرویک به استیل کوآ برگشت پذیر نیست اسیدهای چرب نمی توانند برای ساختن گلوکز مورد استفاده قرار گیرند
- استیل کوآ حاصل از بتا اکسیداسیون با اسیداگزالو استیک جهت تشکیل اسید سیتریک برای ورود به چرخه کربس ترکیب می شود
- اگر میزان کربوهیدرات کاهش یابد اسیداگزالواستیک تشکیل نشده و اسیدچرب به چرخه کربس وارد نمیشود
- تجمع استات تولیدی در اکسیداسیون بتا در مایعات خارج سلولی تجمع پیدا کرده و به اجسام کتونی سمی تبدیل می شوند
- به ازای هر مولکول اسیدچرب ۱۸ کربنه ۱۴۷ مولکول ATP ایجاد می شود
- به ازای تجزیه هر مولکول چربی ۴۶۰ مولکول ATP ایجاد می شود

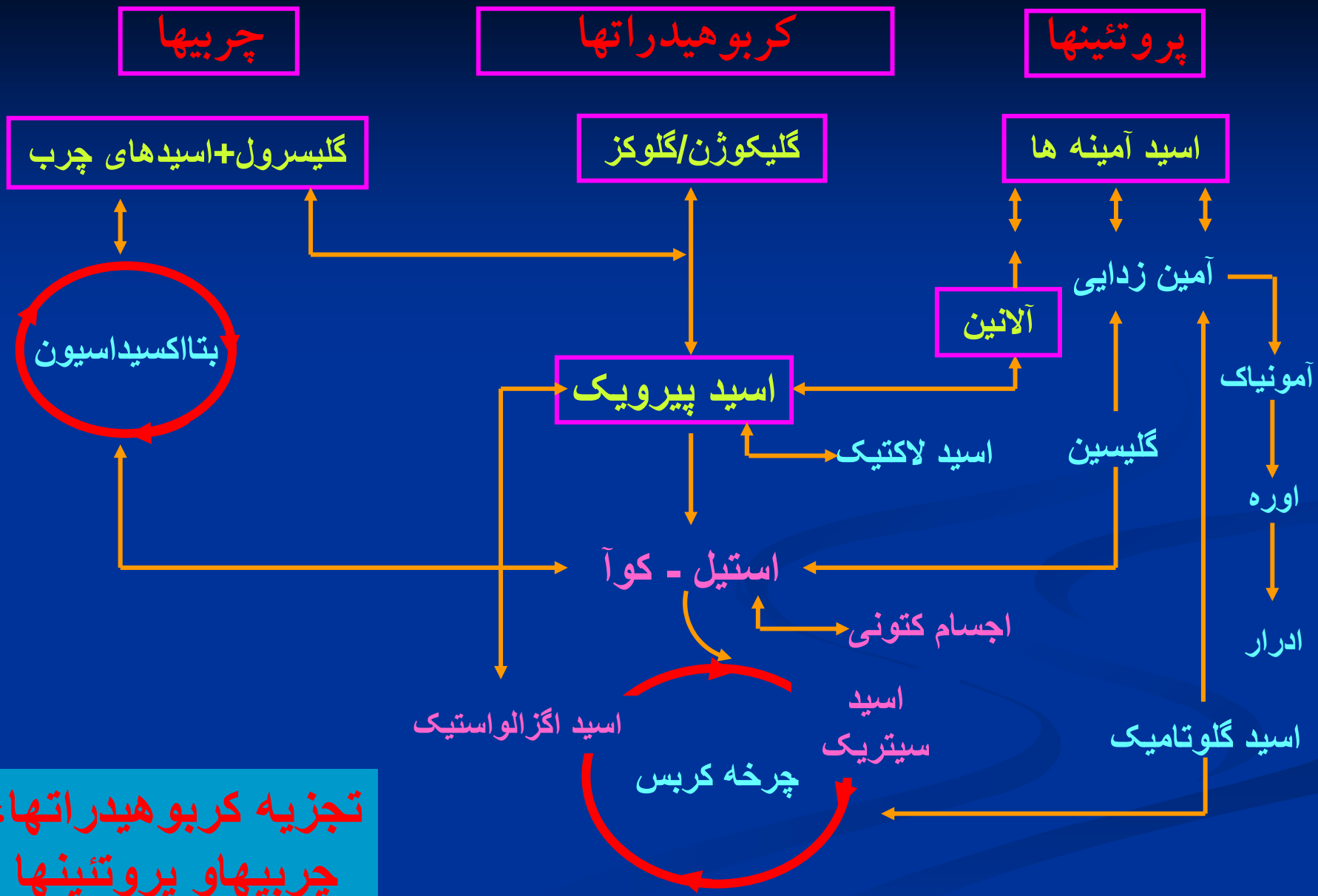
تجزیه پروتئین ها

- عمدتاً اسیدآمینه های لوسین، ایزولوسین، والین، گلوتامین و آسپارتات مورد استفاده قرار می گیرند
- اسید آمینه ها عمدتاً در کبد و گاهاً در عضلات مختطط آمین خود را از دست می دهند
- بنیان کربن باقی مانده می تواند به موادی برای ورود به چرخه کربس تبدیل شود
- اسیدهای آمینه که آمین خود را از دست داده اند(بویژه آلانین) می توانند به اسید پیرویک و گلوکز تبدیل شوند

مهمترین عامل کنترل تجزیه کربوهیدرات، چربی و اسیدهای آمینه، غلظت ADP سلولی است

تجزیه گلیسرول و اسید چرب




چربیها
کربوهیدراتها
پروتئینها
گلیسرول+اسیدهای چرب
گلیکوژن/گلوکز
اسید آمینه ها
بتااکسیداسیون
آلانین
آمین زدایی
آمونیاک
اسید پیرویک
اسید لاکتیک
گلیسین
اوره
استیل - کوآ
اجسام کتونی
ادرار
اسید اگزالواستیک
اسید سیتریک
چرخه کربس
اسید گلوتامیک
تجزیه کربوهیدراتها، چربیهاو پروتئینها

کارایی انتقال الکترون و فسفریله شدن اکسایشی

- 7 Kcal انرژی برای ساختن یک مول ATP لازم است
- بر اثر اکسایش هر مول NADH، ۳ مول ATP تولید میشود
- ۲۱ Kcal به صورت انرژی شیمیایی ذخیره میشود
- کارایی انتقال الکترون ۴۰% است
- ۶۰% انرژی به صورت گرما از دست میرود

توجه

اکسیژن مستقیما در ساخته شدن ATP شرکت نمیکند

حضور آن برای گرفتن الکترون ها و ترکیب با هیدروژن برای تشکیل آب ضروری است

پایان