استاد بهرام دبیرمقدم

فصل ۵

از ماده به انرژی

اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی ازکجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟

mono-class.com

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔیکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.

گفتار ۱ تأمین انرژی

تنفس یاخته‌ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در کتاب زیست شناسی۱ ، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می‌شود. مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود(واکنش۱).

واکنش ۱ـ تنفس یاخته‌ای

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

این واکنش **تنفس یاخته‌ای هوازی** را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیهٔ ماده مغذی و تولید ATP بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود که در گفتار ۳ به آن می پردازیم.

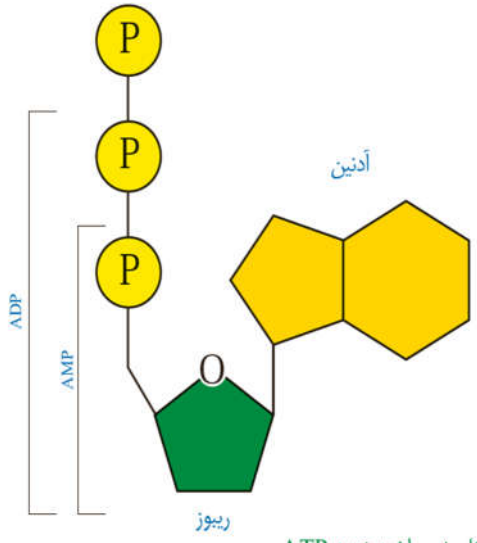
ATPمولکول پرانرژی

هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است. ATP یا **آدنوزین تری‌فسفات**، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین‌مونوفسفات)،

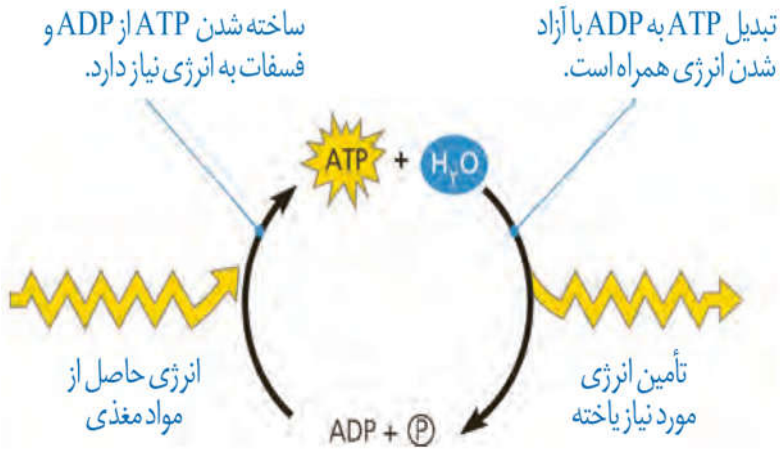
سپسADP (آدنوزین دی‌فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود .

در شکل ۲ تبدیل ATP و ADP را به یکدیگر می‌بینید. تشکیل ATP از ADP ، با مصرف انرژی و تبدیل آن به ADP همراه با آزاد شدن انرژی است.

روش های ساخته شدن ATP: دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدنِATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار(پیش ماده) و افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده می‌نامند.



شکل ۱ـ ساخته شدن ATP



شکل۲ـ تبدیل ADP و ATP به یکدیگر

در کتاب «زیست شناسی۲» با نمونه‌ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده آشنا شده‌اید، آیا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه‌ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه‌های تأمین آن در ماهیچه‌ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کرآتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل۳). در این مثال کرآتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود.

شکل ۳ـ ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP ، دو روش دیگرند. در **ساخته شدن اکسایشی**، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در میتوکندری (راکیزه) ساخته می‌شود که در ادامهٔ این فصل با آن آشنا می‌شوید. روش دیگر ساخته شدن ATP ، **ساخته شدن نوری** است که در کلروپلاست (سبزدیسه) انجام می‌شود (فصل ٦).

زیستن با اکسیژن

اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. در اینجا ما نیز **تنفس یاخته‌ای** را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

قندکافت(گلیکولیز:) اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیهٔ گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به صورت یک‌باره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ٤).

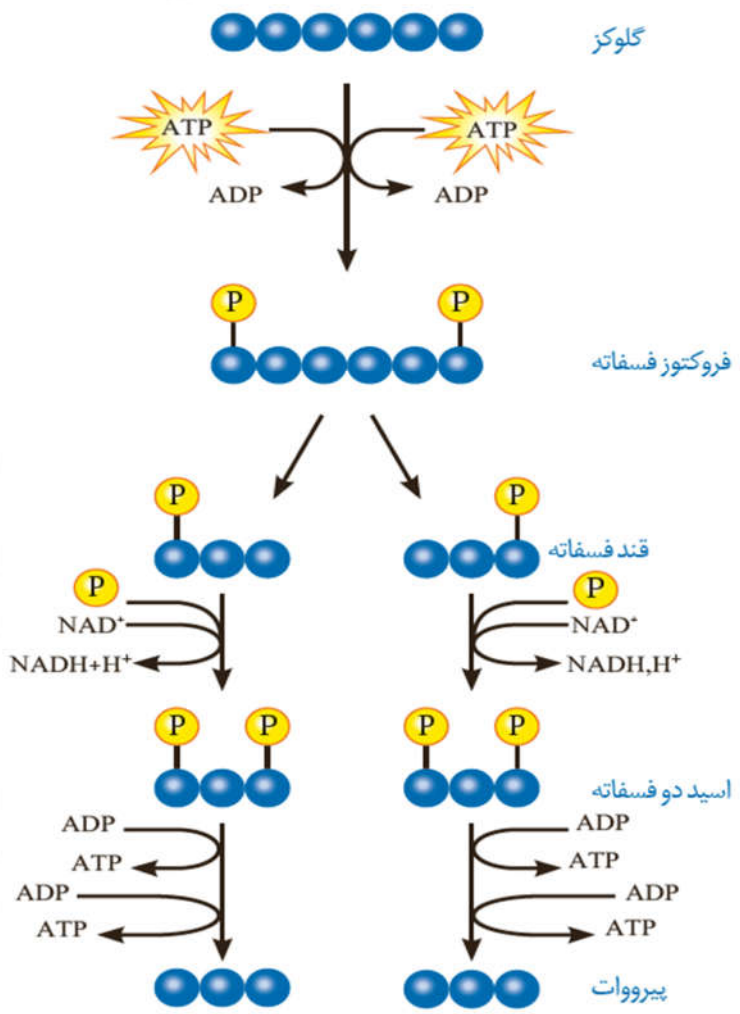
برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود. در شکل ٤ می‌بینید که از گلوکز و ATP ، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنیِ فسفاته به وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه‌کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه‌کربنی در نهایت به پیرووات(بنیان پیرورویک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به وجود می‌آیند.

استاد بهرام دبیرمقدم

NADHحامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود NAD^+ و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند (واکنش ۲). NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.

$$NAD^+ + ۲H^+ + ۲e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

واکنش ۲ـ یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به کار می‌رود. بنابراین محصول به صورت $NADH + H^+$ در واکنش نوشته می‌شود.



شکل ۴ـ مراحل قندکافت

فعّالیت ۱

گفت‌وگو کنید

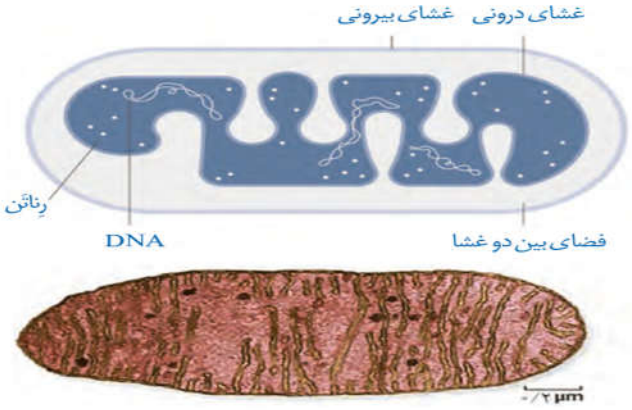
همان‌طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که دربارهٔ تولید ATP گفتیم، ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟

میتوکندری (راکیزه) مقصد پیرووات

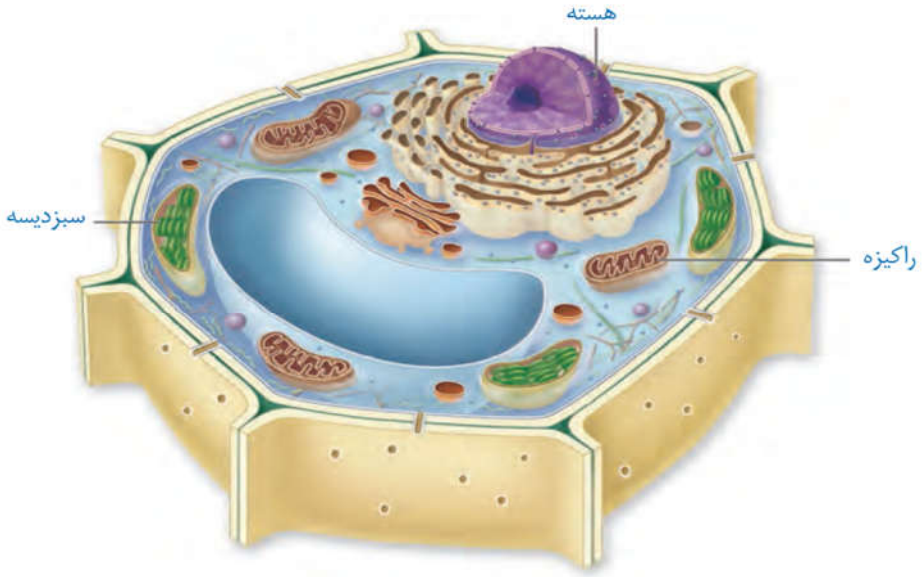
مرحلهٔ دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در یوکاریوت‌ها در میتوکندری (راکیزه) انجام می‌شود.

میتوکندری (راکیزه) دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه، فضای درون میتوکندری (راکیزه) به بخش داخلی و بخش بیرونی(فضای بین دو غشا) تقسیم می شود (شکل ۵). میتوکندری (راکیزه) DNAی (دنای) مستقل از هسته و ریبوزوم (رِناتَن) مخصوص به خود را دارد، بنابراین پروتئین‌سازی در میتوکندری (راکیزه) انجام می‌شود. درDNAی میتوکندری (راکیزه)، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدنِ انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند. میتوکندری (راکیزه) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می شود. به نظر شما مستقل بودن تقسیم میتوکندری (راکیزه) از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟

به هر حال میتوکندری (راکیزه) برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های آنها در هسته قرار دارند و به وسیلهٔ ریبوزوم‌های (رِناتَن‌های) سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.



شکل ۵ــ راکیزه. الف) راکیزه و ترسیمی از آن



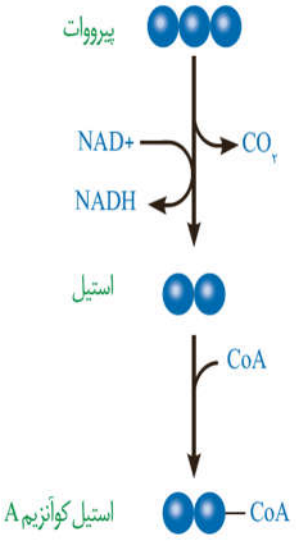
ب) راکیزه در یاخته گیاهی

اکسایش پیرووات :گفتیم کـه در انتهـای قندکافت، پیـرووات به وجود مـی‌آید.

این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد.

پیرووات در راکیزه یک کربن‌دی‌اکسید از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیمA ، استیل کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد. در این واکنش NADH نیز به وجود می‌آید(شکل ٦).

اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به نام **چرخهٔ کِربس**، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.



شکل ۶ـ اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

mono-class.com

گفتار ۲ اکسایش بیشتر

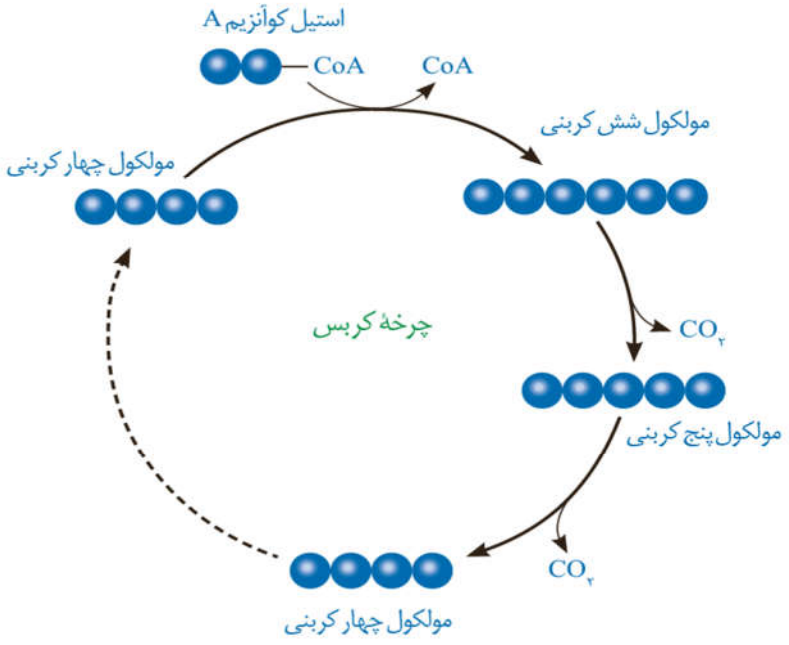
مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می‌شود.

چرخه کربس

شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخهٔ کربس را نشان می‌دهد. در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی،کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت CO_2 آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود. از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های $FADH_2$، NADH و ATP در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.

$FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است. $FADH_2$ از FAD ساخته می‌شود.

واکنش ۳) $FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons FADH_2$



شکل۷ــ طرح ساده ای از چرخهٔ کربس

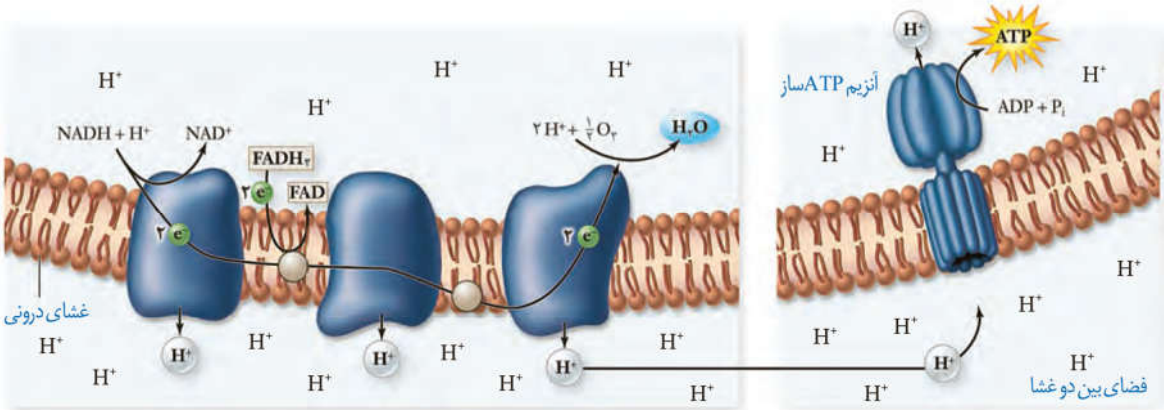
به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه می‌شود. انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز صرف ساخته شدنِ ATP و مولکول‌های حامل الکترون (NADH و $FADH_2$) می‌شود.

تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های NADH و $FADH_2$نیز برای تولید ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟ همچنین براساس رابطهٔ کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می‌شود ؟ پاسخ این پرسش‌ها در **زنجیرهٔ انتقال الکترون** در غشای درونی میتوکندری (راکیزه) نهفته است.

زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی میتوکندری (راکیزه) قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.



شکل ۸ــ زنجیره انتقال الکترون در راکیزه و تشکیل ATP

یون های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند (واکنش ٤).

واکنش ۴- تشکیل آب

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-} \qquad O^{2-} + 2H^+ + \rightarrow H_2O$$

اگر به شکل ۸ توجه کنید، می بینید که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در سه محل از زنجیرهٔ انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی NADH و FADH۲ فراهم می‌شود. انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟ با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیشِ روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام **آنزیم ATP ساز** است. پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP ازADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.

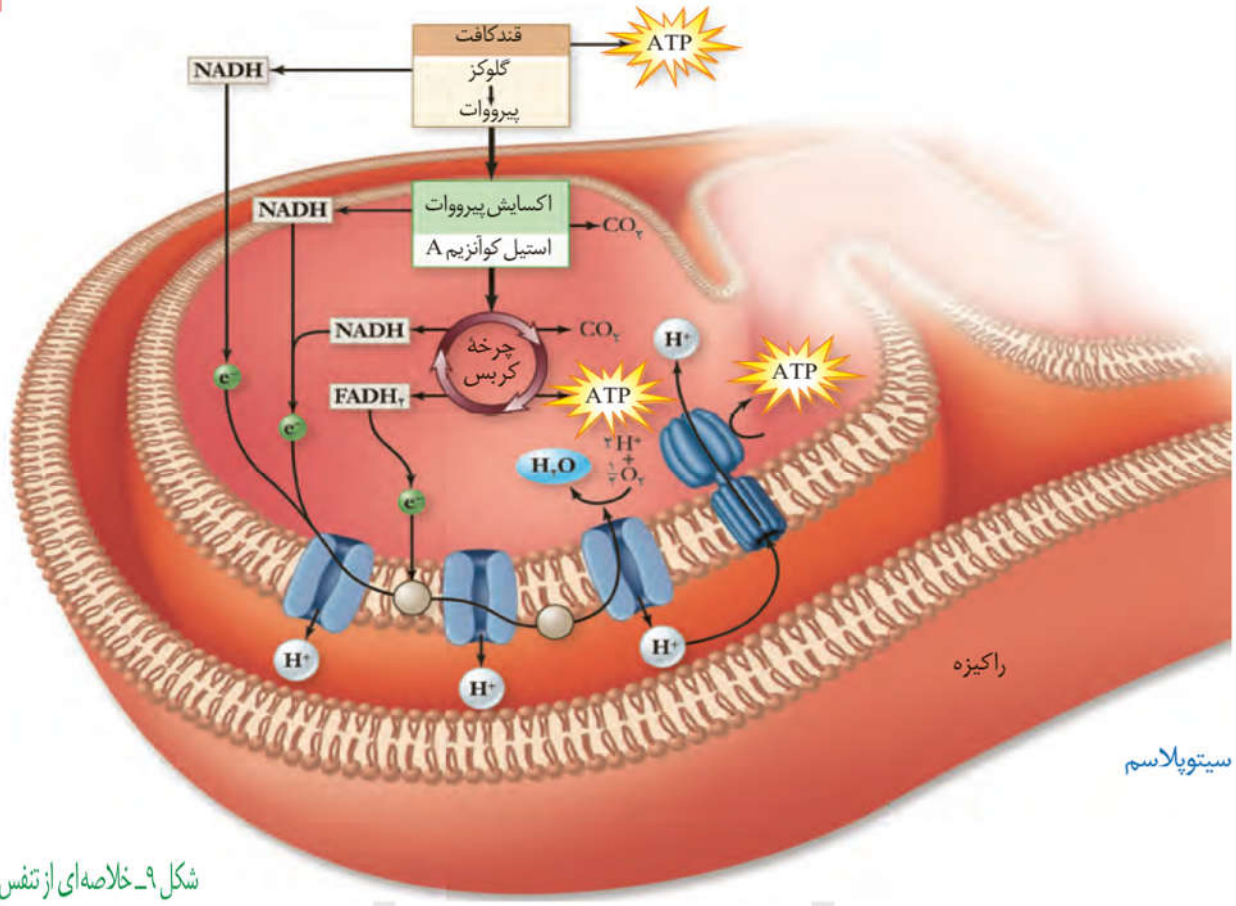
فعّالیت ۲

الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن ATP در زنجیرهٔ انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی ATP است؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

مروری بر تنفس یاخته‌ای

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان طور که می‌بینید در فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود. پیرووات به میتوکندری (راکیزه) می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم Aاکسایش می‌یابد.استیل کوآنزیم A وارد چرخهٔ کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن‌دی‌اکسید، ATP ، $FADH_2$ ، NADHو آب تولید می شوند.



شکل ۹ـ خلاصه‌ای از تنفس هوازی

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ ATP است. باید توجه داشت که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می کند. به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخهٔ کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است.

اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود.

یاخته‌های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. درصورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیهٔ چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

هر سلول موجود در خون که از تقسیم سلول‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شود، توانایی تولید و مصرف کدام دو ماده را دارد؟ (سراسری - ۹٤)

۱) پیرووات و NADH
۲) NADH و $FADH_2$
۳) استیل کوانزیم A و لاکتات
٤) $FADH_2$ و گلوکز

کنکور ۹۸: در هر یاختهٔ سپردیس(تیروئید) انسان، به منظور تغییر محصول نهایی قندکافت (گلیکولیز) و ورود آن به چرخهٔ کربس لازم لازم است تا این محصول ابتدا .....

۱) در راکیزه (میتوکندری) ، CO_2 تولید کند.

۲) در درون راکیزه (میتوکندری) به کوآنزیم A متصل شود.

۳) در مادهٔ زمینهٔ میان‌یاخته (سیتوپلاسم)، NADH بسازد.

٤) در غشای خارجی راکیزه (میتوکندری)، ATP تولید نماید.

دبیر مقدم

به طور معمول کدام عبارت، دربارهٔ سلول‌های دیوارهٔ هر لولهٔ پر پیچ و خم موجود در دستگاه تولیدمثلی یک مرد جوان، صحیح است؟ (سراسری - ۹۷)

۱) با تقسیم خود، سلول‌های هاپلوئیدی را می‌سازند که مسئول تولیدمثل هستند.

۲) در مجاورت سلول‌هایی قرار دارند که ترشح هورمون جنسی مردانه را برعهده دارند.

۳) در یکی از گام‌های مرحله اول تنفس سلولی، از دو نوع گیرندهٔ الکترونی استفاده می‌نمایند.

٤) در مرحلهٔ دوم تنفس سلولی، با افزودن فسفات به نوعی مولکول، انرژی را ذخیره می‌کنند.

چند مورد، ویژگی مشترک سلول‌هایی را نشان می‌دهد که در تجزیهٔ کربوهیدرات‌های موجود در مواد غذایی انسان شرکت می‌کنند؟ (سراسری خارج از کشور - ۹٦)

الف) ATP را در سطح پیش ماده تولید می‌کنند.

ب) در مکان اصلی گوارش شیمیایی و جذب غذا قرار دارند.

ج) در هنگام تقسیم، هر چهار مرحلهٔ میتوز را به انجام می‌رسانند.

د) در سیتوپلاسم خود کیسه‌های پهنی دارند که به یکدیگر متصل هستند.

۱(۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ٤) ٤

کدام عبارت، در خصوصِ زنجیره انتقال الکترون موجود در یاختهٔ عضلهٔ توأم انسان صحیح است؟ (سراسری- ۱٤۰۰)

۱) فقط از مولکول‌های حاملِ الکترون موجود در راکیزه (میتوکندری) استفاده می‌شود.

۲) بخشی از مسیر زندگی الکترون‌ها از حاملین مختلف الکترون به پذیرنده‌های نهایی آن، مشترک است.

۳) یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌های فضای بین دو غشا راکیزه (میتوکندری)، آب را تشکیل می‌دهند.

٤) انرژی لازم برای پمپ کردن الکترون‌ها به بخش داخلی راکیزه، از مولکول‌های حامل الکترون تأمین می‌شود.

چند مورد، عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟

«هر جانداری که می‌تواند همه یا بخشی از مواد غذایی خود را از گیاهان به دست آورد، در زمان حیات خود .....» (سراسری- ۱۴۰۰)

آ) فاقد توانایی تولید ترکیبات آلی از مواد معدنی است.

ب) از طریق بخش‌های مکنده به درون گیاه نفوذ می‌نماید.

ج) نیتروژن جو را به نیتروژن قابل استفاده گیاه تبدیل می‌کند.

د) با کمک ترکیبی فسفات‌دار، مولکولی دو نوکلئوتیدی می‌سازد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

کدام گزینه، برای تکمیل فرایند زیر مناسب است؟

تخمیر الکلی یا لاکتیکی

«یاخته‌های گیاهی ممکن است به سبب تجمع محصولات نهایی حاصل از روش‌هایی برای تأمین انرژی، حیات خود را از دست بدهند، در همهٔ این روش‌ها، هم‌زمان با به وجود آمدن ..... می‌شود.» (سراسری- ۱۴۰۰)

۱) NAD^+ کربن دی‌اکسید تولید ۲) ترکیب نهایی، NADH مصرف

۳) ترکیب سه کربنی، NAD^+تولید ۴) نوعی قند سه کربنی، ADP مصرف

با توجه به سازوکار اجزای زنجیره انتقال الکترون در برگ لوبیا می‌توان بیان داشت که با عبور الکترون‌ها از ..... غشای تیلاکوئید است، ..... می‌شود. (سراسری- ۱۴۰۰)

۱) دو جزء (ساختار) از زنجیره که متعلق به هر دو - تعدادی H^+ از بستره به فضای درون تیلاکوئید منتشر

۲) دو جزء (ساختار) از زنجیره که متصل به سطح داخلی - الکترون‌ها به فتوسیستم ۲ منتقل

۳) دو جزء (ساختار) از زنجیره که مجاور با هر دو لایهٔ فسفولیپیدی - تجزیهٔ نوری آب انجام

۴) دو جزء (ساختار) متوالی از زنجیره که متصل به سطح خارجی - NADPH تولید

استاد بهرام دبیرمقدم

چند مورد، دربارهٔ هر نوکلئوتید موجود در بدن یک فرد سالم صحیح است؟(سراسری- ۱۴۰۰)

آ) باز آلیِ تک‌حلقه‌ای یا دوحلقه‌ایِ متصل به ریبوز دارد.

ب) گروه یا گروه‌های فسفات آن، با پیوند کووالانسی به قند اتصال دارد.

ج) از طریق نوعی پیوند اشتراکی به نوکلئوتید دیگری متصل شده است.

د) طیِ فرایند اکسایش در غشای درونی راکیزه (میتوکندری) تولید گردیده است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

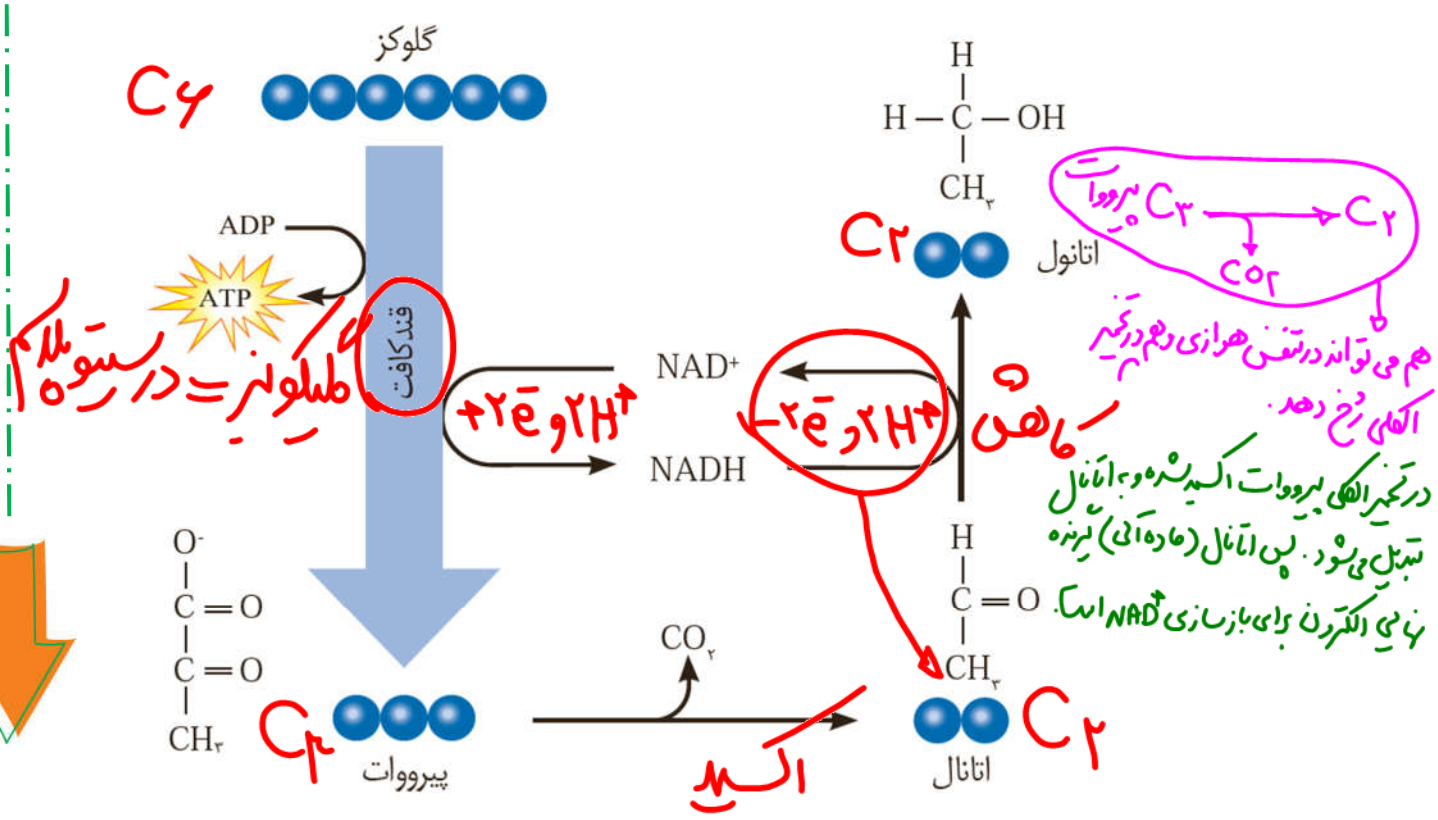
تخمیر ← هدف از هر نوع تخمیری بازسازی NAD^+ برای تداوم فرایند گلیکولیز می باشد.

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون است. آیا تجزیهٔ گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟ در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می‌شود؟ **تخمیر** از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، میتوکندری (راکیزه) و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی** و **تخمیر لاکتیکی** انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم. تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد NADH از NAD^+ است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها NAD^+ به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم.

P-C۶-P

بازسازی NAD^+

تخمیر الکلی: ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 به اتانال تبدیل می‌شود. اتانال با گرفتن الکترون‌های NADH اتانول ایجاد می‌کند.



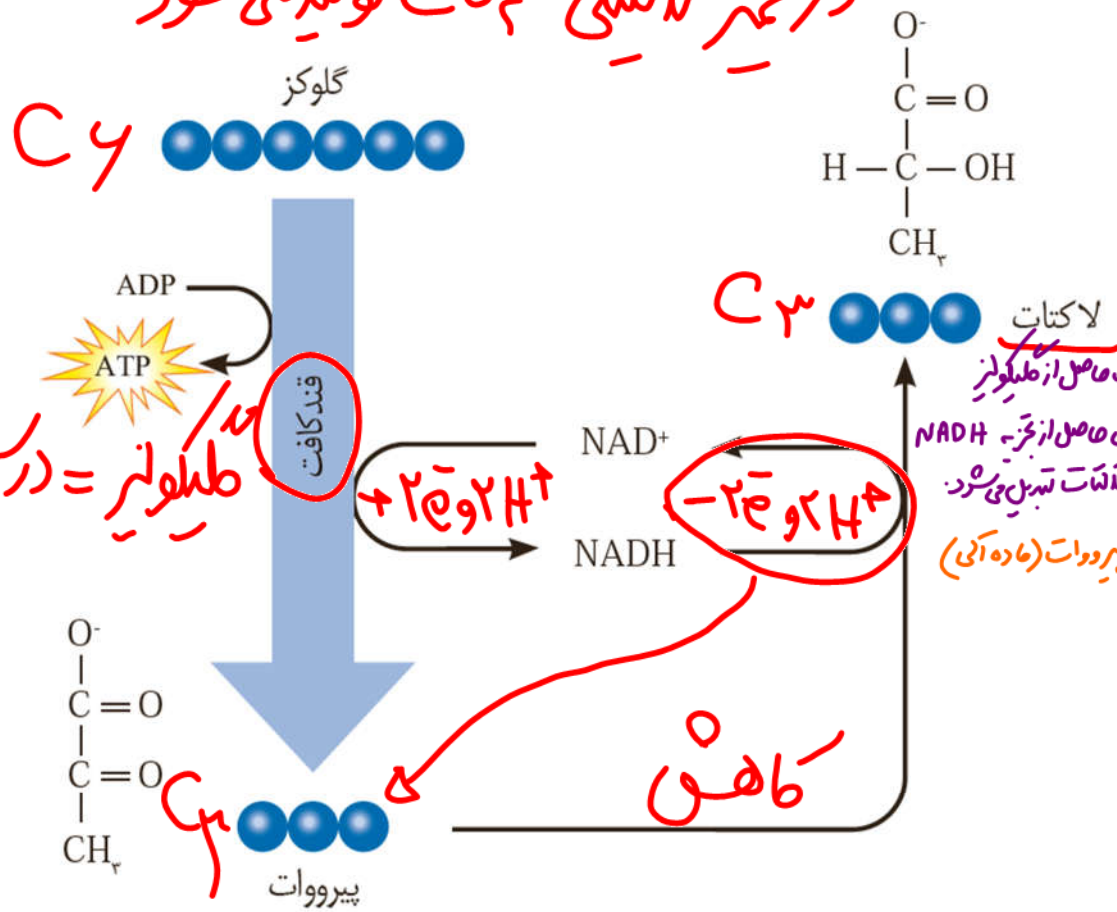
شکل ۱۰ـ تخمیر الکلی

تخمیر لاکتیکی: در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟ فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد میتوکندری (راکیزه) نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود.

یادآوری: انواع یاخته ماهیچه اسکلتی
- نوع تند: بیشتر انرژی خود را از طریق بی‌هوازی بدست می‌آورد.
- نوع کند: بیشتر انرژی خود را از طریق تنفس هوازی بدست می‌آورند.

استاد بهرام دبیرمقدم

در تخمیر لاکتیکی CO_2 تولید نمی‌شود



در تخمیر لاکتیکی پیرووات حاصل از گلیکولیز با دریافت الکترون‌های حاصل از تجزیه NADH کاهش پیدا کرده و به لاکتات تبدیل می‌شود. گیرنده نهایی الکترون پیرووات (ماده آلی) است.

شکل ۱۱ـ تخمیر لاکتیکی، علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

کدام عبارت، دربارهٔ واکنش‌های مرحلهٔ بی‌هوازی تنفس در یک سلول میان برگ اطلسی، درست است؟ (سراسری خارج از کشور - ۹۶)

گلیکولیز

قند P-C۶-P

P-C۳-P

۱) با تولید هر ترکیب کربن‌دار دو فسفاته، دو مولکول ATP مصرف می‌گردد.

۲) با تولید هر ترکیب کربن‌دار بدون فسفات، دو مولکول ATP ایجاد می‌شود.

۳) با تولید هر ترکیب کربن‌دار دو فسفاته، یک مولکول NADH تولید می‌شود.

۴) با تولید هر ترکیب کربن‌دار یک فسفاته، یک مولکول NAD^+ مصرف می‌گردد.

C۳ پیرووات

قند P-C۳

چند مورد، در ارتباط با همهٔ سلول‌های پیکر یک فرد سالم درست است که توانایی هیدرولیز گلیکوژن را دارند؟ (سراسری-۹۷)

ماهیچه‌ای ـ کبدی

الف) گلوکز را فقط از طریق رگ‌های پر اکسیژن می‌گیرند. به کبد سیاهرگ باب وارد می‌شود

ب) تحت تأثیر گلوکاگون، گلوکز را به داخل خون وارد می‌کنند.

ج) در نخستین مرحله از تنفس سلولی، ATP را در سطح پیش ماده می‌سازند.

د) در طی تنفس سلولی، الکترون‌های NADH را در نهایت به نوعی پذیرندهٔ آلی منتقل می‌نمایند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

هر ترکیب انتقال‌دهندهٔ الکترون که در غشای داخلی میتوکندری یافت می‌شود، چه مشخصه‌ای دارد؟ (با تغییر) (سراسری خارج از کشور - ۹۷)

مهم: آنزیم ATP ساز جزو زنجیره انتقال الکترون نیست

۱) با افزودن گروه فسفات به ADP، ATP می‌سازد.

۲) با تمام بخش‌های فسفولیپیدهای غشا در تماس است.

۳) در تأمین انرژی لازم جهت انتقال نوعی یون (در خلاف جهت شیب غلظت آن) مؤثر است.

۴) بدون مصرف ATP، یون‌های هیدروژن را به فضای بین دو غشای میتوکندری وارد می‌کند.

در یک سلول استوانه‌ای موجود در شبکیه‌ی انسان، ..... نمی‌شود. (سراسری-۹۷)

۱) پیرووات به کمك NADH ، احیاء ← کاهش می‌یابد ← تخمیر لاکتیکی انجام نمی‌شود

۲) NAD^+ در غشای داخلی میتوکندری، بازسازی

۳) انرژی ذخیره شده در NADH صرف تولید ATP

۴) NADH درون ماده‌ی زمینه‌ی سیتوپلاسم تولید در گلیکولیز می‌شود

در انسان تخمیر لاکتیکی فقط در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی رخ می‌دهد.

در پی مصرف گلوکز در نوعی سلول، پیرووات به‌طور مستقیم توسط مولکولی پر انرژی احیا می‌شود.

کدام عبارت دربارهٔ این نوع تنفس صحیح است؟ (باتغییر) **(سراسری-۹۶)**

۱) به دنبال آزاد شدن CO_2 ، یک مولکول NAD^+ مصرف می‌گردد.

۲) الکترون‌های یک مولکول NADH به ترکیب دو کربنی انتقال می‌یابد.

۳) تولید مولکول‌های پر انرژی سه‌فسفاته در غیاب اکسیژن صورت می‌گیرد.

۴) با تولید آخرین ترکیب چهار کربنی در چرخه از ترکیب چهار کربنی، NADH تولید می‌شود.

کدام گزینه، عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ (با تغییر) **(سراسری خارج از کشور – ۹۷)**

«در انسان، یاخته‌های بخش قشری کلیه، ..... یاخته‌های بخش قشری غدهٔ فوق کلیه، در مرحلهٔ ..... تنفس یاخته‌ای، ..... ، NAD^+ را به مصرف می‌رسانند.»

۱) برخلاف - دوم - به‌منظور تشکیل بنیان استیل

۲) همانند - اول - با تشکیل یک مولکول کربن دی‌اکسید

۳) برخلاف - دوم - با تشکیل یک مولکول ATP

۴) همانند - اول - به‌منظور تولید بنیان یک اسید سه‌کربنی آلی بدون فسفات

کدام عبارت، درست است؟ **(سراسری خارج از کشور – ۹۸)**

۱) ژن مربوط به هر پروتئین مورد نیاز تنفس یاخته‌ای، درون راکیزه (میتوکندری) یافت می‌شود.

۲) هر جاندار آغازی برای انجام اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، به انرژی فعال‌سازی نیاز دارد.

۳) هر جاندار دارای رنگیزه‌های جذب‌کنندهٔ نور، توانایی تولید اکسیژن را دارد.

۴) هر یاختهٔ زنده و فعالی می‌تواند ATP را به سه روش مختلف بسازد.

کدام گزینه، برای کامل کردن عبارت زیر مناسب است؟ (سراسری خارج از کشور – ۹۸)

«در یک یاخته پوششی زنده و فعال مری، لازم است تا محصول نهایی قندکافت (گلیکولیز) ابتدا .....»

پیروات C۳

۱) در درون راکیزه (میتوکندری)، NAD^+ بسازد.

۲) در راکیزه (میتوکندری)، CO_2 از دست بدهد.

۳) در غشای درونی راکیزه (میتوکندری)، به کوآنزیم A متصل شود.

۴) در ماده زمینهٔ میان‌یاخته (سیتوپلاسم)، اکسایش بیشتری بیابد.

در میتوکندری

کدام گزینه در ارتباط با زنجیرهٔ انتقال الکترون موجود در غشای درونی راکیزهٔ یک یاختهٔ زندهٔ پوششی بدن انسان نادرست است؟ (سراسری خارج از کشور – ۹۸)

H^+

۱) انرژی لازم برای پمپ‌کردن پروتون‌ها از الکترون‌های پر انرژی تأمین می‌شود.

۲) یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌های موجود در بستره، مولکول‌های آب را به‌وجود می‌آورند.

۳) تنها راه ورود پروتون‌ها به بخش داخلی راکیزه (میتوکندری)، عبور از نوعی کانال پروتئینی است.

۴) هر ترکیب دریافت‌کنندهٔ الکترون، یون‌های H^+ را به فضای بین دو غشای راکیزه (میتوکندری) پمپ می‌کند.

انواعی از باکتری‌ها تخمیرلاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فراورده‌های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پارانشیمی(نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبزی و شُش ریشه در درخت حَرّا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید. به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در

گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

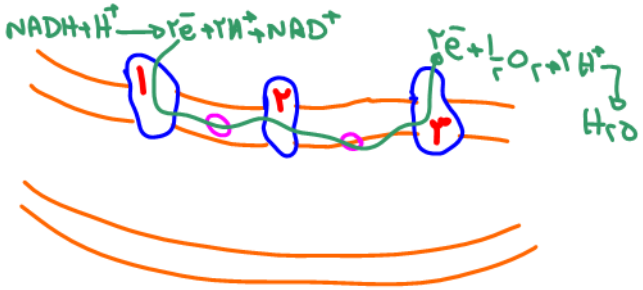
سلامت بدن: پاداکسنده‌ها

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهندهٔ بافت‌های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟ دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{2-}) تبدیل می شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن (H^+) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان‌اند. میتوکندری‌ها (راکیزه‌ها) برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات آنتی‌اکسیدان (پاداکسنده) وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این موادغذایی دارای آنتی‌اکسیدان‌هایی (پاداکسنده‌هایی) مانند کاروتنوئیدها هستند. آنتی‌اکسیدان‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر مولکول‌های زیستی و درنتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

تجمع رادیکال‌های آزاد: آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در میتوکندری‌ها (راکیزه‌ها) همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟ مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در میتوکندری (راکیزه) تجمع می‌یابند و آن را تخریب می کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازندهٔ یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند. عوامل فراوانی می‌توانند، میتوکندری (راکیزه) را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با

مشکل رو به رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد میتوکندری (راکیزه) در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

اثر الکل: مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد میتوکندری (راکیزه) در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA میتوکندری (راکیزه) ، سبب تخریب میتوکندری (راکیزه) و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و ازکار افتادن آن از شایع ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

نقص ژنی: گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. میتوکندری (راکیزه) که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

توقف انتقال الکترون: مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. **سیانید** یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود. از زیست شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن‌مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسیدکربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن‌اند.