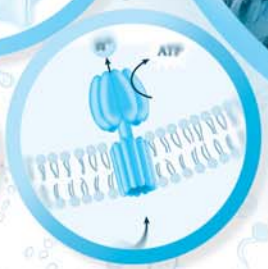
فصل ۵

از ماده به انرژی



پاسخ‌های تشریحی

در سنامه درختی

ایستگاه‌ها و نکات آموزشی

فصل پنجم از ماده به انرژی

پاسخ‌های تشریحی

B ۶۳۸ ۲ فقط مورد (الف) نادرست می‌باشد.

تله‌های تستی الف) **نادرست** است. انسان و زرافه هر دو از **جانوران** هستند و توانایی تولید مواد آلی مورد نیاز خود را از مواد معدنی ندارند. جانوران قدرت تولید مواد آلی مورد نیاز خود را ندارند و همگی از سوزاندن مواد آلی، انرژی به دست می‌آورند. منبع غذایی زرافه **فقط** از برگ گیاهان می‌باشد در حالی که انسان جانوری همه‌چیزخوار است که از مواد جانوری و گیاهی، مواد مورد نیاز خود را جذب می‌کند. (منظور کتاب درسی از شیوهٔ یک‌سان غذای آن‌ها، استفاده از مواد آلی سایر جانداران بوده است.)
ب) درست است.

نکته ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، از یک طرف سبب **گرمازایی** در بدن می‌شوند و از طرفی در اثر عرق کردن سبب از دست دادن مقداری از آب بدن می‌شود. با بالا رفتن دمای بدن، بخشی از مغز به نام **هیپوتالاموس** فعال می‌شود که مرکز تنظیم عصبی دمای بدن می‌باشد. از طرفی هیپوتالاموس حاوی گیرنده‌های اسمزی می‌باشد که در اثر کاهش آب خوناب و افزایش فشار اسمزی تحریک می‌شوند. هیپوتالاموس مرکز تشنگی نیز می‌باشد و با تولید **هورمون ضد ادراری** و بازجذب آب از کلیه‌ها، سبب **کنترل فشار اسمزی خوناب** می‌شود.

ج) درست است. در هر نوع واکنش‌های تنفس یاخته‌ای، مواد آلی مغذی تجزیه می‌شوند و مقداری ATP به دست می‌آید. البته میزان تولید ATP در تنفس هوازی بسیار بیشتر از تنفس بی‌هوازی می‌باشد.

منبع انرژی جانداران

ایستگاه ۲۰

جانداران	منبع اولیه انرژی	توانایی تبدیل مواد معدنی به آلی	شیوه کسب انرژی
گیاهان	نور خورشید	**دارند**	فتوسنتزکننده
برخی باکتری‌ها	نور خورشید	**دارند**	فتوسنتزکننده
بیشتر باکتری‌ها	مواد آلی	ندارند	مصرف‌کننده
برخی باکتری‌ها	مواد معدنی	**دارند**	شیمیوسنتزکننده
قارچ‌ها	مواد آلی	ندارند	مصرف‌کننده
برخی آغازیان	مواد آلی	ندارند	مصرف‌کننده
برخی آغازیان	نور خورشید	**دارند**	فتوسنتزکننده - (جلبک‌ها و اوگلنا)
جانور گوشت‌خوار	مواد آلی جانوری	ندارند	مصرف‌کننده
جانور گیاه‌خوار (زرافه)	مواد آلی گیاهی	ندارند	مصرف‌کننده
جانور همه‌چیزخوار (انسان)	مواد آلی گیاهی و جانوری	ندارند	مصرف‌کننده

توجه این جدول فقط برای آمادگی ذهن شما در مورد انواع تنفس‌های یاخته‌ای رایج می‌باشد.

انواع تنفس یاخته‌ای

ایستگاه ۲۱

نوع تنفس	مادهٔ تجزیه شونده	تولید ATP	تولید CO_2	مصرف اکسیژن	قندکافت
تنفس هوازی	گلوکز	دارد	دارد	**دارد**	دارد
تخمیر بی‌هوازی الکلی	گلوکز	دارد	دارد	ندارد	دارد
تخمیر بی‌هوازی لاکتیکی	گلوکز	دارد	**ندارد**	ندارد	دارد

C ۶۳۹ ۳ با توجه به فرمول زیر در مورد **تنفس هوازی** به این نتیجه می‌رسیم که سه نوع ماده، CO_2، H_2O و ATP، محصول واکنش‌های آن می‌باشد.

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

دلیل انتخاب گزینهٔ (۳): هموگلوبین موجود در گویچهٔ قرمز انسان توانایی اتصال به مولکول‌های O_2، CO_2 و CO را دارد. O_2 و CO دارای یک جایگاه اتصال **مشترک** در هموگلوبین می‌باشند ولی همان‌طور که از متن کتاب هم می‌توان برداشت کرد، محل اتصال CO_2 متفاوت است.

ایستگاه ۲۲

هموگلوبین

مولکول	هموگلوبین
نوع	پروتئینی با ۴ زنجیره (*پلی‌پپتیدی*)
ساختار	چهارم پروتئینی
پیوندها	پپتیدی - هیدروژنی - آب‌گریز - یونی (*هر رشتهٔ آن مارپیچ است*)
مواد سازنده	۴ رشتهٔ پلی‌پپتیدی و ۴ گروه هم **آهن‌دار**
اتصال به مولکول O_2	هر گروه هم آن به‌طور برگشت**پذیر** متصل می‌شود.
اتصال به مولکول CO	هر گروه هم آن به‌طور محکم به CO در محل اتصال O_2 متصل می‌شود.
اتصال به CO_2	از محل اختصاصی به‌طور برگشت‌پذیر به گروه‌های هم وصل می‌شود.
انتقال O_2 در خون	٪ ۹۷ مقدار O_2 خون را منتقل می‌کند.
انتقال CO_2 در خون	٪۲۳ مقدار CO_2 را منتقل می‌کند.

تست‌های تستی گزینهٔ (۱): همواره مقدار سدیم همواره در خارج یاخته‌های بدن، یعنی در **محیط داخلی** یا آب سیتوپلاسمی از درون یاخته‌ها بیشتر است. به همین دلیل خروج Na^+ از یاخته‌های بدن با مکانیسم انتقال فعال و **مصرف** ATP صورت می‌گیرد. ATP یکی از محصولات همیشگی تنفس یاخته‌ای می‌باشد. / گزینهٔ (۲): برخی باکتری‌ها قدرت تولید مواد آلی از مواد معدنی دارند که به آن‌ها تولیدکننده گفته می‌شود. این باکتری‌ها برای این عمل از CO_2 استفاده می‌کنند تا مواد آلی بسازند. (*در فصل ۶ می‌خوانیم.*) / گزینهٔ (۴): آنزیم پپسین معده، نوعی **پروتئاز** می‌باشد که با **هیدرولیز پلی‌پپتیدها** سبب تولید پپتیدهای کوچک‌تر می‌شود. این آنزیم در حین فعالیت خود به تجزیه آب (*هیدرولیز*) و مصرف انرژی از ATP نیاز دارد.

B ۶۴۰ ۱ موارد (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

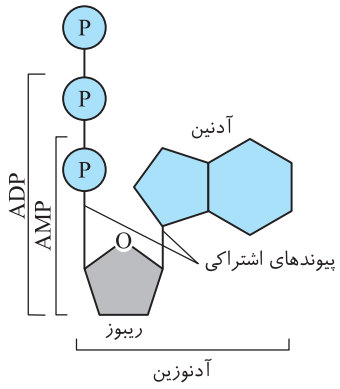
ATP یا آدنوزین تری‌فسفات، **شکل رایج و قابل استفاده انرژی** در یاخته‌ها می‌باشد. این مولکول، نوکلئوتیدی با قند **ریبوز** می‌باشد که حاوی باز آلی دوحلقه‌ای آدنین و سه گروه فسفات است.

تست‌های تستی الف) درست است.

نکته

طبق متن کتاب درسی، هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد کند و به فعالیت خود ادامه دهد. حفظ **هریک** از ویژگی‌های جانداران مثل رشد و نمو و تولیدمثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

ب) درست است. در ساختار ATP، همان‌طور که مشاهده می‌کنید یک قند ریبوز پنج ضلعی وجود دارد که از یک طرف به باز آلی دوحلقه‌ای آدنین متصل است (*آدنین دو حلقهٔ ۵ و ۶ ضلعی دارد که از حلقهٔ ۵ ضلعی خود با پیوند اشتراکی به قند ریبوز متصل است و آدنوزین را تشکیل می‌دهد*). حلقهٔ قند ریبوز از سمت دیگر، با یک پیوند اشتراکی به گروه فسفات متصل می‌باشد. / ج) **نادرست** است. سؤال در مورد ATP می‌باشد ولی این عبارت **گلوکز** را معرفی می‌کند که در اثر تنفس یاخته‌ای سبب تولید ATP می‌شود. / د) **نادرست** است. در مولکول ATP، افزوده شدن سه گروه فسفات به **قند موجود در آدنوزین** در سه مرحله روی می‌دهد. در هر مرحله با صرف انرژی ابتدا AMP، سپس ADP و در آخر ATP تولید می‌شود. (*دقت کنید که فسفات‌های ATP، به باز آلی متصل نمی‌شوند.*)



نکته

۱ انرژی اتصال فسفات‌ها به آدنوزین، از مواد غذایی تجزیه شده به دست می‌آید.

۲ در نوکلئوتیدها دقت کنید که فسفات به باز آلی مثل آدنین متصل نمی‌شود ولی به آدنوزین که مجموعهٔ قند و باز آلی است، متصل می‌شود.

ایستگاه ۲۳

ساختار ATP

اجزاء	پیوندها	ترتیب افزوده شدن گروه‌های فسفات
قند ریبوز	بین قند و باز آلی ← اشتراکی	آدنوزین + فسفات + انرژی ← AMP
باز آلی آدنین	بین قند و فسفات ← اشتراکی	AMP + فسفات + انرژی زیاد ← ADP
سه گروه فسفات	بین فسفات‌ها ← اشتراکی پرانرژی	ADP + فسفات + انرژی زیاد ← ATP

ساخته شدن ATP از ADP و فسفات به انرژی نیاز دارد.
تبدیل ATP به ADP با آزاد شدن انرژی همراه است.
ATP + H_2O
انرژی حاصل از مواد مغذی
تأمین انرژی مورد نیاز یاخته
ADP + P

۶۴۱ (۱) در بدن جانداران، معمولاً ATP از ترکیب ADP و گروه فسفات به دست می‌آید که این واکنش **انرژی‌خواه** و همراه **سنتز آبدهی** می‌باشد. انرژی این واکنش به‌طور معمول از **مواد مغذی** حاصل می‌شود (درستی گزینهٔ (۱) و نادرستی گزینهٔ (۳)). این واکنش سبب تولید انرژی نمی‌شود (نادرستی گزینهٔ (۲)). تجزیه ATP به ADP با واکنش هیدرولیز و **مصرف** آب انجام می‌شود که سبب آزاد شدن انرژی پیوند پرانرژی بین **دو گروه فسفات** می‌شود. این انرژی در تأمین انرژی **مورد نیاز یاخته** نقش دارد (نادرستی گزینهٔ (۴)).

نکته
در سیستم‌های زیستی، تولید مادهٔ آلی، انرژی‌خواه و تجزیه آن انرژی‌زا می‌باشد.

درسنامه درختی ۷۴ ATP: رایج‌ترین انرژی یاخته‌ای

تأمین انرژی ATP
- هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند ← همهٔ جانوران، به شیوهٔ یکسانی، انرژی مورد نیاز را از غذایی که می‌خورند، به دست می‌آورند.
- شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌هاست.
- متشکل از باز آلی آدنین، قند پنج‌کربنی ریبوز و سه گروه فسفات است.
- به مجموعهٔ باز آلی آدنین و قند ریبوز آن، آدنوزین گفته می‌شود.
- افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد: آدنوزین $\xrightarrow{P_i}$ AMP $\xrightarrow{P_i}$ ADP $\xrightarrow{P_i}$ ATP
- به‌طور معمول از ADP تشکیل می‌شود.
- پیوندهای پرانرژی اشتراکی بین گروه‌های فسفات ایجاد و با شکسته شدن این پیوند، انرژی ذخیره شده در آن‌ها آزاد می‌شود.
- حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مثل رشد و نمو، تولیدمثل و ... به در اختیار داشتن **ATP** وابسته است.
- آدنین و فسفات، با پیوند اشتراکی به قند پنتوز آن متصلند.
- تبدیل ADP به ATP، واکنشی از نوع سنتز آبدهی بوده که انرژی‌خواه است و از مواد مغذی انرژی آن به دست می‌آید.
- هیدرولیز ATP به ADP، همراه با مصرف آب بوده و انرژی‌زا می‌باشد. انرژی حاصل از آن صرف فرایندهای یاخته‌ای می‌شود.

روش‌های ساخت ATP

(۱) **ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده**
- گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش‌ماده) و افزودن آن به ADP است.
- مثال:
  - تولید ATP در مرحلهٔ آخر گلیکولیز (قندکافت) هر نوع تنفس یاخته‌ای از پیش‌مادهٔ سه‌کربنی دوفسفاته
  - تولید ATP در چرخهٔ کربس ← مخصوص بخش هوازی تنفس یاخته‌ای می‌باشد.
  - تولید ATP در ماهیچه‌ها به کمک کراتین فسفات
    - طبق واکنش زیر، **به سرعت**، ATP تولید می‌کند.
    $CP + ADP \rightarrow$ کراتین $(C) + ATP$
    - در جایگاه فعال آنزیم مورد نیاز آن، فسفات‌ها در کنار هم قرار می‌گیرند.

(۲) **ساخته شدن اکسایشی ATP** ← از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود ← مخصوص تنفس یاخته‌ای هوازی است.

(۳) **ساخته شدن نوری ATP** ← در سبزدیسه انجام می‌شود ← نیاز به زنجیرهٔ انتقال الکترون دارد ← در فتوسنتز تولید و مصرف می‌شود.

۶۴۲ (۲) ساخته شدن ATP در یاخته‌های مختلف جانداران، به دو صورت تولید ATP در سطح پیش‌ماده و تولید ATP به کمک زنجیرهٔ انتقال الکترون (*به صورت ATP اکسایشی یا ATP نوری*) می‌باشد. ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده را به کمک کراتین فسفات در ماهیچه‌ها و در سایر یاخته‌ها در مرحلهٔ قندکافت یا چرخهٔ کربس می‌توان مشاهده کرد. ساخته شدن ATP به کمک انرژی حاصل از **انتقال الکترون‌ها** را یا به صورت ATP اکسایشی در واکنش‌های غشای درونی راکیزه و یا به صورت ATP نوری در واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون تیلاکوئیدها می‌توان بررسی کرد.

نکته
دقت کنید که در تنفس یاخته‌ای منظور از مرحلهٔ اکسایش گروه استیل، همان واکنش‌های چرخهٔ کربس می‌باشد که در آن ATP در سطح پیش‌ماده آلی تولید می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تولید ATP به کمک کراتین فسفات، ابتدا سبب تولید **کراتین** شده و سپس مادهٔ زائد نیتروژن‌دار **کراتینین** ایجاد می‌شود. این مدل تولید ATP همانند تولید ATP در قندکافت (*گلیکولیز*) که در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم هر یاخته‌ای رخ می‌دهد، از نوع تولید ATP در سطح پیش‌ماده فسفات‌دار می‌باشد. (*جمله برخلاف در این عبارت نادرست می‌باشد.*) / گزینهٔ (۳): هر دو مدل تولید ATP به صورت نوری در سبزدیسه (*اندامک DNA‌دار*) یا به صورت اکسایشی در راکیزه رناتن‌دار نیازمند مصرف انرژی از زنجیرهٔ انتقال الکترون‌ها می‌باشد. / گزینهٔ (۴): تولید ATP در قندکافت و در مسیر تبدیل کراتین فسفات به کراتین، هر دو به کمک **پیش‌ماده فسفات‌دار** صورت می‌گیرد و **بی‌نیاز از انرژی زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد.**

انواع تولید ATP

ایستگاه ۲۴

مدل تولید ATP	نوع تولید آن	نیاز به انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها	محل واکنش	تولید توسط کانال پروتونی	نوع واکنش
به کمک کرآتین فسفات	تولید در سطح پیش‌ماده	ندارد	درون یاختهٔ ماهیچه‌ای	ندارد	$CP + ADP \rightarrow ATP + C$ (کرآتین فسفات → ATP + کرآتین)
تولید در مرحلهٔ آخر قندکافت	تولید در سطح پیش‌ماده	ندارد	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	ندارد	C_3 دوفسفاته $+ 2ADP \rightarrow$ پیرووات $C_3 + 2ATP$ (نیازی به وجود اکسیژن ندارد)
تولید در چرخهٔ کربس	تولید در سطح پیش‌ماده	ندارد	بسترهٔ راکیزه	ندارد	در واکنش اکسایش گروه استیل و در تنفس هوازی تولید می‌شود.
ATP اکسایشی	تولید به کمک زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه	دارد	بسترهٔ راکیزه	دارد	$ADP + P_{\text{آزاد}} \rightarrow ATP$ (تولید آن به وجود O_2 وابسته است)
ATP نوری	تولید به کمک زنجیرهٔ انتقال الکترون تیلاکوئید	دارد	بسترهٔ سبزدیسه‌ها	دارد	$ADP + P \rightarrow ATP$ (تولید آن به وجود نور وابسته است)

C ۶۴۳ ۴ فقط مورد (الف) صحیح است.

در یاخته‌های ماهیچه‌ای علاوه بر اینکه مانند سایر یاخته‌ها، تولید ATP در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای صورت می‌گیرد، تولید این مولکول توسط آنزیمی که در شکل مشاهده می‌کنید در تبدیل کرآتین فسفات به کرآتین نیز صورت می‌گیرد.

همان‌طور که می‌بینید، این آنزیم **۵ بخش** برای اتصال پیش‌ماده‌های خود یعنی کرآتین فسفات و ADP دارد. از این ۵ قسمت، ۳ قسمت **میانی** برای اتصال **سه گروه فسفات** بوده (درستی الف) و ۲ قسمت نیز برای قرارگیری کرآتین پروتئینی و آدنوزین (*حرکت مد ریبز*) می‌باشد (نادرستی ب). در اثر عمل این آنزیم علاوه بر تولید ATP در سطح پیش‌ماده (نادرستی د)، مولکول کرآتین تولید می‌شود ولی فسفات مصرف می‌شود. در دانشگاه می‌خوانید که این ماده توسط واکنش‌های دیگری به مادهٔ زائد نیتروژن‌داری به نام کرآتینین تبدیل شده تا توسط کلیه‌ها از بدن دفع شود (نادرستی ج).

B ۶۴۴ ۱ موارد (الف)، (ب) و (د) در مورد یاخته‌های ماهیچه اسکلتی نادرست می‌باشند.

این سؤال ترکیبی با زیست یازدهم می‌باشد. می‌دانید که یاخته‌های ماهیچه اسکلتی دارای **چند هسته** می‌باشند. این یاخته‌ها به‌طور معمول از **گلوکز و گلیکوژن** ذخیره‌ای به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند (نادرستی الف) ولی تجزیه گلوکز به صورت هوازی و در حضور اکسیژن فقط تا چند دقیقه می‌تواند انرژی لازم آن‌ها را تأمین کند (نادرستی ب) و سپس وارد تنفس بی‌هوازی گلوکز و تولید لاکتیک‌اسید می‌شوند. **زیادی لاکتیک‌اسید** و تجمع آن در ماهیچه سبب ایجاد درد می‌شود که با استراحت و تجزیهٔ این ماده، درد به تدریج کاهش می‌یابد (نادرستی د). این یاخته‌ها برای انقباضات طولانی‌تر از تجزیهٔ اسیدهای چرب به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند (درستی ج).

نکته

یاخته‌های ماهیچه‌ای از کرآتین فسفات نیز به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند ولی متابولیسم آن برخلاف تخمیر لاکتیکی، سبب درد ماهیچه‌ای نمی‌شود.

منبع انرژی در یاخته‌های ماهیچه‌ای

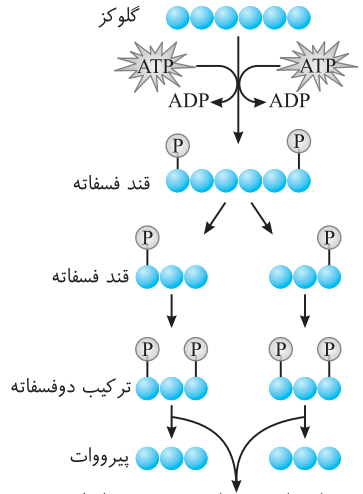
ایستگاه ۲۵

منبع انرژی ماهیچه	واکنش و نکات
سوختن هوازی گلوکز	۱) از تجزیه گلیکوژن ذخیره‌ای ماهیچه و گلوکز رگ خونی تأمین می‌شود. ۲) مقدار زیادی ATP به همراه CO_2 ایجاد می‌کند. ۳) در هنگام ورزش فقط تا چند دقیقه، ATP مورد نیاز خود را تأمین می‌کند.
سوختن گلوکز به صورت بی‌هوازی	۱) در فعالیت شدید ماهیچه‌ای رخ می‌دهد که مقدار کمی ATP بدون مصرف O_2 ایجاد می‌کند. ۲) لاکتیک‌اسید تولید می‌کند که باعث درد ماهیچه‌ای می‌شود ولی CO_2 تولید نمی‌کند. ۳) با استراحت و تجزیهٔ لاکتیک‌اسید، درد ماهیچه‌ای کم می‌شود.
اسیدهای چرب	در انقباضات طولانی‌تر ماهیچه‌ای کاربرد دارد.
کرآتین فسفات	۱) سبب تولید ATP در سطح پیش‌ماده و کرآتین می‌شود. ۲) کرآتین، سپس به کرآتینین تبدیل می‌شود که مادهٔ زائد نیتروژن‌دار از طریق کلیه‌ها می‌باشد.

C ۶۴۵ ۴ اولین مرحله هر نوع تنفس یاخته‌ای، واکنش‌های قندکافت یا گلیکولیز می‌باشد که در هر یاخته زنده‌ای رخ می‌دهد. این مرحله در **مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم** انجام می‌شود. در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم یاخته یوکاریوتی به‌جز در مرحلهٔ تقسیم یاخته، DNA یا مادهٔ وراثتی وجود ندارد چون DNA یا ژنوم یاخته درون مادهٔ زمینه‌ای هسته، راکیزه و سبزدیسه وجود دارد.

نکته سیتوپلاسم حاوی دو قسمت مادهٔ زمینه‌ای و اندامک‌ها (*البته به‌جز هسته*) می‌باشد که مادهٔ زمینه‌ای آن فاقد DNA می‌باشد ولی برخی اندامک‌ها مثل راکیزه و سبزدیسه آن دارای DNA می‌باشد. کلاً یاخته از سه قسمت غشا، سیتوپلاسم و هسته تشکیل شده است.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در مراحل مختلف تنفس یاخته‌ای هوازی، تولید ATP در دو مرحلهٔ قندکافت و بخش هوازی تنفس انجام می‌شود. از بین این دو مرحله، قندکافت بدون نیاز به O_2 به تولید ATP می‌انجامد ولی واکنش‌های مربوط به تولید ATP در بخش هوازی نیازمند اکسیژن می‌باشد. / گزینهٔ (۲): واکنش‌های قندکافت، دارای چهار مرحله می‌باشد که در هر چهار مرحلهٔ آن مواد قندی یا قنددار تولید یا مصرفی دارد. / گزینهٔ (۳): طی قندکافت، مرحلهٔ اول، مصرف ATP و تولید ADP صورت می‌گیرد ولی مرحلهٔ آخر سبب تولید ATP پیش‌ماده‌ای و مصرف ADP می‌شود.



جدا شدن فسفات‌ها سبب تولید ATP پیش‌ماده‌ای می‌شود.

واکنش‌های تنفس یاخته‌ای

ایستگاه ۲۶

نوع تنفس در یوکاریوت‌ها	مرحلهٔ اول	محل مرحلهٔ اول	محصولات مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	محل مرحلهٔ دوم	محصولات مرحلهٔ دوم
تنفس هوازی	قندکافت	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	پیرووات - ATP - $NADH, H^+$	بخش هوازی	راکیزه	H_2O - ATP - CO_2 - NAD^+ + FAD
تنفس بی‌هوازی (*تخمیر*) (*در گفتار ۳ می‌خوانید*)	قندکافت	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	پیرووات - ATP - $NADH, H^+$	ادامه تخمیر بی‌هوازی	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	اتانول + CO_2 + NAD^+ یا لاکتات + NAD^+

واکنش‌های قندکافت (گلیکولیز)

ایستگاه ۲۷

مراحل قندکافت / نکات	پیش‌ماده	محصول	نوع واکنش
اول	گلوکز + ۲ATP	قند فروکتوز دوفسفاته + ۲ADP	$C_6 + 2ATP \rightleftarrows$ قند دوفسفاته C_6 + ۲ADP
دوم	قند فسفاته شده	دو تا قند سه‌کربنه یک‌فسفاته	C_6 دوفسفاته $\rightleftarrows$ یک‌فسفاته C_3 + یک‌فسفاته C_3
سوم	قند سه‌کربنی یک‌فسفاته + دو تا فسفات آزاد + ۲NAD^+	دو تا قند سه‌کربنی دوفسفاته + ۲$NADH, H^+$	۲C_3 یک‌فسفاته + ۲P + ۲NAD^+ $\rightleftarrows$ ۲$NADH, H^+$ + دوفسفاته ۲C_3
چهارم	دو تا ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته + ۴ADP	دو تا پیرووات + ۴ATP (*در سطح پیش‌ماده*)	۲C_3 دوفسفاته + ۴ADP $\rightleftarrows$ ۴ATP + پیرووات ۲C_3

B ۶۴۶ ۲ در طی واکنش‌های تنفس یاخته‌ای، NAD^+ و FAD به عنوان گیرنده‌های الکترونی و پروتونی می‌باشند که به ترتیب به $NADH, H^+$ و $FADH_2$ تبدیل می‌شوند. برای تبدیل NAD^+ به NADH، دو الکترون و یک پروتون مورد نیاز است ولی یک H^+ نیز همواره همراه NADH در واکنش‌ها وجود دارد که به آن‌ها $NADH, H^+$ می‌گویند. در مورد $FADH_2$ دقت کنید که دو الکترون و دو پروتون را حمل می‌کند و H^+ جداگانه‌ای به همراه آن منتقل نمی‌شود.

گیرنده‌های الکترونی در واکنش‌های سوخت‌وسازی

ایستگاه ۲۸

گیرنده الکترونی	مخصوص شرکت در واکنش‌های...	ساختار	نکات واکنش	محل مصرف	محل تولید
NAD^+	تنفس یاخته‌ای هوازی و بی‌هوازی	دی‌نوکلئوتیدی آلی	با یک الکترون به صورت خنثی شده NAD درمی‌آید، سپس یک اتم هیدروژن می‌گیرد تا $NADH$ شود و به همراه یک پروتون به صورت $NADH, H^+$ منتقل می‌شود.	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم + راکیزه	پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه
FAD	ویژه چرخهٔ کربس	دی‌نوکلئوتیدی آلی	دو الکترون و دو پروتون به صورت یک مولکول H_2 به آن متصل می‌شود و $FADH_2$ می‌شود.	فقط بستره راکیزه	زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه
O_2	انتهایی تنفس هوازی	مولکول معدنی	ابتدا مولکول اکسیژن به یون اکسید دوبار منفی تبدیل می‌شود و سپس با گرفتن دو تا پروتون، آب می‌سازد. $\frac{1}{2}O_2+2e^- \rightarrow O^{2-} \Rightarrow O^{2-}+2H^+ \rightarrow H_2O$	زیر پمپ سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون در بستره راکیزه	فتوسنتز
$NADP^+$	واکنش‌های نوری فتوسنتز (فصل ۶)	مادهٔ آلی دی‌نوکلئوتیدی	ابتدا دو تا الکترون گرفته و $NADP^-$ می‌شود و سپس با یک H^+ ترکیب و $NADPH$ می‌شود و در آخر همراه یک H^+ به صورت $NADPH, H^+$ منتقل می‌شود.	بستره سبزدیسه (مرحلهٔ نوری)	بستره سبزدیسه (مرحلهٔ مستقل از نور)

درسنامه درختی ۷۵ گیرنده‌های الکترونی در تنفس یاخته‌ای

گیرنده‌های الکترونی در تنفس یاخته‌ای

NAD^+

- در قندکافت و بخش هوازی تنفس برای اکسایش پیرووات و استیل، مصرف می‌شود (NAD^+ در واکنش، با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد).
- مادهٔ نیکوتین‌دار دی‌نوکلئوتیدی می‌باشد که درون خون یک پیوند فسفودی‌استر دارد.
- در تخمیر و زنجیرهٔ انتقال الکترون دوباره‌سازی می‌شود ($NADH$، اکسایش می‌یابد)

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

- ابتدا با گرفتن یک الکترون خنثی شده و سپس با یک هیدروژن ترکیب شده و به صورت حامل الکترونی $NADH$ درمی‌آید.
- به ازای هر $NADH$، یک پروتون یا H^+ نیز ایجاد شده است.

FAD

- گیرندهٔ الکترون مخصوص اکسایش استیل در بخش هوازی تنفس است.
- در بسترهٔ راکیزه در واکنش چرخهٔ کربس مصرف می‌شود (با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد).
- با گرفتن دو اتم هیدروژن به صورت ناقل الکترونی $FADH_2$ درمی‌آید. $FAD+2e^-+2H^+ \rightleftharpoons FADH_2$
- مادهٔ دی‌نوکلئوتیدی می‌باشد.
- همراه با ایجاد $FADH_2$، پروتونی به صورت آزاد حمل نمی‌شود.
- در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه (بین پمپ اول و دوم) دوباره‌سازی می‌شود ($FADH_2$ اکسایش می‌یابد).

B ۶۴۷ ۳ این سؤال در مورد قسمتی از قندکافت می‌باشد که از قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تا پیرووات را بررسی می‌کند. این مسیر به صورت زیر می‌باشد:

۱ قند سه‌کربنی یک‌فسفاته ←(یک فسفات) ۱ ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته ← ۱ مولکول پیرووات

۱ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته: ۱NAD^+ ۱$NADH, H^+$

۱مولکول پیرووات: ۲ADP ۲ATP

◀ به ازای مراحل تجزیه قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تا رسیدن به پیرووات، کلاً دو مولکول ATP، یک مولکول $NADH$ و یک مولکول پیرووات ایجاد می‌شود.

درسنامه درختی ۷۶ قند کافت (گلیکولیز) = خوراک طراح‌های کنکور!

تنفس یاخته‌ای (سیتوپلاسمی)

اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای و به معنی تجزیهٔ گلوکز است.

در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و به صورت چندمرحله‌ای در هر یاختهٔ زنده‌ای انجام می‌شود.

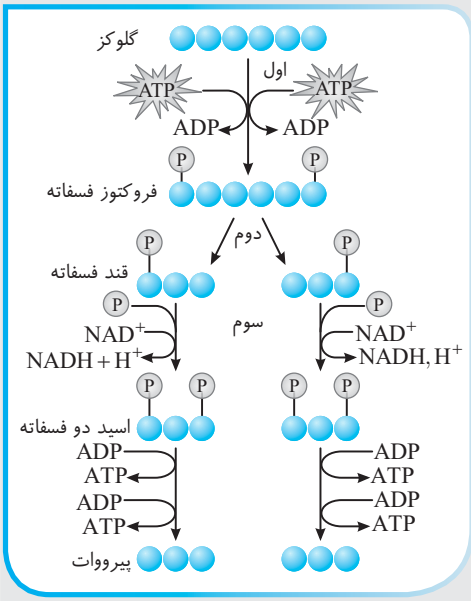
قند کافت (گلیکولیز) متشکل از مراحلی است

۱) گلوکز با گرفتن فسفات‌های ATP به فروکتوز فسفاته تبدیل می‌شود (این ATPها برای انرژی فعال‌سازی واکنش صرف می‌شوند).

۲) از تجزیهٔ گلوکز فسفاته، دو قند سه‌کربنی یک‌فسفاته حاصل می‌شود.

۳) هر قند سه‌کربنهٔ یک‌فسفاته با گرفتن یک فسفات آزاد دیگر به مادهٔ اسیدی دوفسفاته تبدیل می‌شود ← در این مرحله، به ازای تولید هر اسید، یک NADH و یک H^+ ایجاد می‌شود.

۴) هر اسید دوفسفاته بعد از طی مراحلی به مولکول سه‌کربنی به نام پیروات تبدیل می‌شود ← در این مرحله به ازای هر پیروات، دو مولکول ATP در سطح پیش‌ماده تولید می‌شود.



در قندکافت، O_2 و CO_2، تولید و مصرف نمی‌شود.

NADH

حامل الکترونی دی‌نوکلئوتیدی است و از اضافه شدن الکترون و پروتون به NAD حاصل می‌شود.

همواره به ازای یک NADH، یک پروتون H^+ نیز وجود دارد.

C ۶۴۸ ۴ در مرحلهٔ آخر قندکافت آنزیمی ۴ گروه فسفات را از دو ترکیب سه‌کربنه دوفسفاته جدا کرده و ۴ عدد ATP در سطح پیش‌ماده می‌سازد. همراه این واکنش‌ها مولکول‌های ADP مصرف شده و ۲ مولکول سه‌کربنه ایجاد می‌شود که به آن‌ها پیروات می‌گوییم. **یعنی در این مرحله از هر مولکول سه‌کربنه ۲ فسفات جدا می‌شود و یک پیروات به همراه دو تا ATP ساخته می‌شود.**

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. دقت کنید که محصول مرحلهٔ اول قندکافت، ترکیب قندی شش‌کربنه دوفسفاته است که چون انرژی دو ATP در آن ذخیره است، بازدهی بیشتری از مولکول گلوکز اولیه برای تولید انرژی دارد (در قندکافت، هر گلوکز، بازدهی دو ATP و در هر فروکتوز دوفسفاته، بازدهی چهار ATP دارد). / گزینهٔ (۲): درست است. در مرحلهٔ ۲ قندکافت، مولکول شش‌کربنه ناپایدار، تجزیه شده و دو تا قند سه‌کربنه یک‌فسفاته می‌سازد. / گزینهٔ (۳): درست است. در مرحلهٔ ۳، به هر مولکول سه کربنه، یک فسفات اضافه شده که در این مرحله همانند مرحلهٔ اول عمل فسفاته شدن رخ می‌دهد. به‌طور کلی در مراحل اول و سوم قندکافت، فسفاته شدن مادهٔ قندی رخ می‌دهد (با این تفاوت که محصول اولی قند اما محصول دومی اسید است).

A ۶۴۹ ۱

نکته

بازده قندکافت به ازای تجزیه گلوکز تا رسیدن به **دو** پیروات، دو نوع ترکیب فسفاته شده شش و سه‌کربنی به همراه **یک** نوع ناقل الکترونی NADH می‌باشد. در قندکافت، دو ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته و دو ترکیب سه‌کربنی یک‌فسفاته ایجاد می‌شود.

B ۶۵۰ ۱ در واکنش‌های قندکافت، دو مرحله برای فسفاته شدن ماده قندی اولیه وجود دارد. یکی مرحلهٔ اول که گلوکز (C_6) بدون فسفات به قند دوفسفاته تبدیل می‌شود که این مرحله نیاز به ATP دارد. مرحلهٔ دیگر در بخش سوم واکنش رخ می‌دهد که قند سه‌کربنی یک‌فسفاته با استفاده از فسفات‌های آزاد (نه ATP!) به قند سه‌کربنی دوفسفاته تبدیل می‌شود. پس در هر دو مرحله تعداد کربن مواد اولیه و محصول تغییر نمی‌کند. (گزینهٔ (۲) و (۳) فقط در مرحلهٔ اول قندکافت و گزینهٔ (۴) در مرحلهٔ سوم قندکافت رخ می‌دهد.)

A ۶۵۱ ۳

نکته

دقت کنید که هر مادهٔ شروع‌کننده در مرحلهٔ آخر قندکافت، ترکیب سه‌کربنه دوفسفاته می‌باشد، که هرکدام آن‌ها **با مصرف** ۲ADP به پیروات سه‌کربنه و دو مولکول ATP تبدیل می‌شود (به‌جد هر مولکول دقت کنید!!).

B ۶۵۲ ۴ دقت کنید که **مرحلهٔ اول بخش هوازی تنفس**، تولید استیل CoA دوکربنه از پیروات در بستره راکیزه می‌باشد که چون درون این اندامک DNA حلقوی نیز وجود دارد پس با آنزیم‌های هلیکاز و دنابسپاراز همانندسازی می‌شود.

A ۶۵۳ ۱ واکنش $C_6 \leftarrow C_6$ فقط در مرحلهٔ اول قندکافت رخ می‌دهد. این واکنش در هر یاختهٔ فعال و زنده‌ای صورت می‌گیرد ولی یاخته‌های مرده مثل اسکرانشیم‌ها (گزینهٔ (۱))، همانند آوندهای چوبی قدرت انجام قندکافت ندارند. سایر گزینه‌ها در مورد یاخته‌های زندهٔ گیاهی بوده که واجد فرایند قندکافت می‌باشند (هدف این تست، شکل‌شناسی بود).

B ۶۵۴ ۳ همهٔ یاخته‌های زنده در واکنش قندکافت بدون نیاز به O_2 به تولید ATP یا انرژی زیستی می‌پردازند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تجزیه سلولز توسط میکروب‌های موجود در **سیرابی و نگاری** و طی دو مرحله قبل و بعد نشخوار صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۲): سیرابی و نگاری، هر دو در مجاور غذای دوباره جویده شده قرار می‌گیرد. / گزینهٔ (۴): جذب غذا در رودهٔ باریک و پس از خروج غذا از شیردان آغاز می‌شود.

B ۶۵۵ ۲ در مرحلهٔ آخر قندکافت با تولد هر ماده کربن‌دار بدون فسفات (*پیروات*)، دو مولکول *ATP* در سطح پیش‌ماده تولید می‌شود.

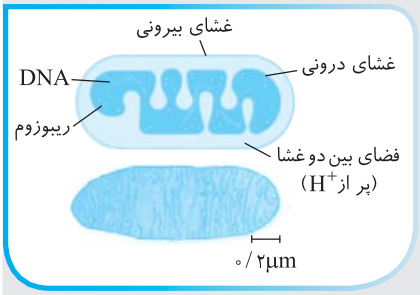
تله‌های تستی گزینه‌های (۱) و (۳): در مورد عدم تولید *ATP* در مرحلهٔ سوم و عدم تولید *NADH* در مرحلهٔ اول رد می‌شوند چون در این دو مرحله، ماده کربن‌دار دوفسفاته تولید می‌شود. / گزینهٔ (۴): تولید ماده کربن‌دار یک‌فسفاته در مرحلهٔ دوم قندکافت صورت می‌گیرد که هیچ مادهٔ دیگری تولید و مصرف نمی‌شود و دقت کنید که مصرف *FAD* مربوط به تنفس هوازی می‌باشد.

B ۶۵۶ ۳ یاخته نگهبان روپوست گیاهان، هم دارای **راکیزه** و هم دارای **سبزدیسه‌های** فتوسنتزی می‌باشد. در این یاخته هم *ATP* اکسایشی (*در راکیزه*)، هم *ATP* نوری (*در سبزدیسه*) و هم تولید *ATP* در سطح پیش‌ماده (*سیتوپلاسم و راکیزه*) صورت می‌گیرد. منظور این سؤال **راکیزه** می‌باشد که هم *ATP* اکسایشی در واکنش‌های مرحلهٔ زنجیرهٔ انتقال الکترون و هم *ATP* در سطح پیش‌ماده برای واکنش‌های چرخهٔ کربس تولید می‌کند. راکیزه اندامکی است که به **مصرف اکسیژن** می‌پردازد و واکنش‌های مربوط به اکسایش پیروات، اکسایش استیل کوآنزیم *A* در چرخهٔ کربس و زنجیرهٔ انتقال الکترون را انجام می‌دهد. (*گزینهٔ (۱) در مورد سبزدیسه، گزینهٔ (۲) در مورد سیتوپلاسم و گزینهٔ (۴) در مورد هسته می‌باشد. دقت کنید که راکیزه محل تجزیهٔ مواد آلی و سبزدیسه محل تولید مواد آلی کربوهیدراتی می‌باشد.*)

درسنامه درختی ۷۷ راکیزه (میتوکندری)

ساختمان راکیزه

- دو غشای داخلی چین‌خورده و بیرونی صاف دارد. چین‌های غشای درونی به سمت داخل یا بستره می‌باشد.
- درون آن دو فضا دارد: بخش داخلی (*بستره*) و بخش بیرونی (*فضای بین دو غشا*)
- برای تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی که ژن‌های آن‌ها در هسته قرار دارد وابسته است. این پروتئین‌ها در ریبوزوم‌های مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ساخته می‌شوند.
- دارای دنا یا دناهای مستقل از هسته و رناتن **مخصوص** به خود هستند. در آن همانندسازی، رونویسی و پروتئین‌سازی انجام می‌شود.
- در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز ساخت انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارد.
- همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود (*رونویسی و ترجمهٔ همزمان دارد*).
- دنای آن ژنوم سیتوپلاسمی انسان را شامل می‌شود.



B ۶۵۷ ۴ راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است. ژن‌های مورد نیاز برای ساخت بعضی از آن‌ها در دنای هسته و بعضی دیگر در دنای راکیزه قرار دارند.

A ۶۵۸ ۱ فقط مورد (د) وجود ندارد. دقت کنید که بستره راکیزه، همانند سیتوپلاسم باکتری است، پس فرایندهای همانندسازی، رونویسی و ترجمه در آن رخ می‌دهد. ولی عامل رونویسی و توالی افزاینده که ویژهٔ سامانهٔ یوکاریوتی است در آن وجود ندارد. سایر موارد همانند پروکاریوت‌ها در بسترهٔ راکیزه و سبزدیسه انجام می‌شود.

B ۶۵۹ ۱ شکل، میتوکندری است. فقط عبارت (ج) نادرست است.

تله‌های تستی الف) درست است. در باکتری‌ها، میتوکندری و کلروپلاست، این سه فرایند صورت می‌گیرد. / ب) درست است. با توجه به شکل کتاب درسی، اندازهٔ آن بزرگ‌تر از ۰/۲ میکرومتر است و چند دنای حلقوی را می‌توان در آن مشاهده کرد. / ج) نادرست است. میتوکندری رناتن مخصوص به خود را دارد، پس ژن‌های مرتبط با تولید رناتن را دارد. / د) درست است. انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز تنفس یاخته‌ای توسط رناتن‌های مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و انواعی نیز توسط رناتن‌های میتوکندری ساخته می‌شود.

B ۶۶۰ ۳ راکیزه دارای دو غشا می‌باشد. غشای خارجی آن سبب تبدیل دو فضا در یاخته به نام فضای خارج راکیزه‌ای (*سیتوپلاسم*) و فضای درون راکیزه‌ای می‌شود. این غشا صاف بوده و فاقد آنزیم‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای می‌باشد (درستی گزینهٔ (۳) و نادرستی گزینهٔ (۱)). غشای درونی راکیزه، غشایی است که فقط به **سمت داخل** اندامک چین‌خوردگی‌هایی دارد و سبب تبدیل فضای درون راکیزه به دو بخش بیرونی (*فضای بین دو غشا*) و درونی یا بستره شده است (نادرستی گزینهٔ (۲)). این غشا با توجه به شکل کتاب دارای آنزیم‌های لازم برای تبدیل پیرووات به استیل و اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد (*ولی دقت کنید که آکیژش پیرووات در بستره رخ می‌دهد*) (نادرستی گزینهٔ (۴)).

B ۶۶۱ ۳ موارد (ب)، (ج) و (د) نادرست تکمیل می‌کنند.

نکته

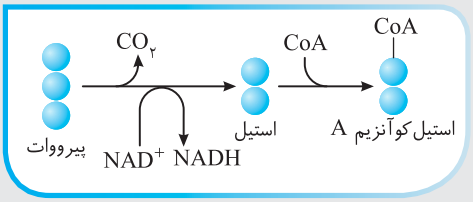
در مرحلهٔ تولید استیل کوآنزیم *A* از پیرووات واکنش به صورت زیر انجام می‌شود که طی آن، CO_2 و *NADH* تولید شده و NAD^+ مصرف می‌شود. در این مرحله از تنفس، *ATP* و $FADH_2$ تولید نمی‌شود.

$$\text{پیرووات } C_3 + NAD^+ + A \xrightarrow{\text{کوآنزیم}} C_2CoA + CO_2 + NADH$$

درسنامه درختی ۷۸ اکسایش پیرووات

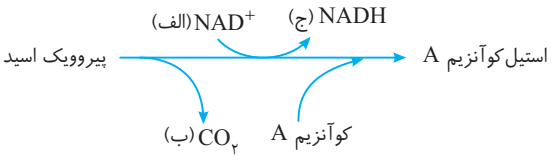
اکسایش پیرووات

- در راکیزهٔ یوکاریوت‌ها انجام می‌شود.
- پیرووات از طریق انتقال **فعال** وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌شود.
- پیرووات در راکیزه یک CO_2 از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود
  - ضمن این عمل یک NAD^+ با کاهش یافتن به *NADH* به همراه یک پروتون تبدیل می‌شود.
- بنیان استیل با اتصال به مولکولی آلی به نام کوآنزیم *A*، استیل کوآنزیم *A* را تشکیل می‌دهد.
- در این واکنش ابتدا، CO_2 آزاد می‌شود و در آخر کوآنزیم *A* وارد واکنش می‌شود.
- در این مرحله، تولید *ATP* صورت نمی‌گیرد ولی اولین مرحلهٔ تولید CO_2 در تنفس یاخته‌ای می‌باشد.



A ۶۶۲ ۱ از اکسایش هر مولکول پیرووات در مرحلهٔ دوم تنفس یاخته‌ای یعنی در تنفس هوازی با آزاد کردن یک CO_2 و یک $NADH$ به یک گروه استیل تولید می‌شود.

A ۶۶۳ ۳ در تبدیل پیرووات به استیل CoA، CO_2 (ب) تولید می‌کند و با استفاده از NAD^+ (الف)، $NADH$ (ج) ایجاد می‌شود و سپس بنیان استیل به کوآنزیم A متصل می‌شود.



C ۶۶۴ ۳ فقط مورد (د) نادرست می‌باشد.

در این سؤال نیز بهتر است ابتدا یک ایستگاه برای دوره چرخهٔ کربس داشته باشیم و سپس به بررسی آن بپردازیم.

نکته

در این ایستگاه محل تولید ATP، $NADH$ و $FADH_2$ با علامت ⚠ نشان داده شده است که شما نیازی به حفظ مراحل تولید این مواد ندارید.

واکنش‌های چرخهٔ کربس

ایستگاه ۲۹

مراحل چرخهٔ کربس	مواد اولیه هر مرحله	محصولات هر مرحله	نوع واکنش در محل بسترهٔ راکیزه
اول	ماده چهارکربنی + استیل کوآنزیم A	مولکول شش‌کربنی	$C_4 + C_2CoA \longrightarrow C_6$
دوم	مولکول شش‌کربنی + NAD^+	مولکول پنج‌کربنی + $CO_2 + NADH, H^+$ ⚠	$C_6 + NAD^+ \rightarrow C_5 + CO_2 + NADH, H^+$
سوم	مولکول پنج‌کربنی + $NAD^+ + ADP$	مولکول چهارکربنی + $CO_2 + NADH, H^+ + ATP$ ⚠	$C_5 + ADP + NAD^+ \rightarrow C_4 + CO_2 + ATP + NADH, H^+$
چهارم	مولکول چهارکربنی + $FAD + NAD^+$	مولکول چهارکربنی اولیه + $NADH, H^+ + FADH_2$ ⚠ ⚠	$C_4 + NAD^+ + FAD \rightarrow C_4$ اولیه $+ NADH, H^+ + FADH_2$

نکته

واکنش‌های چرخهٔ کربس برای اکسایش گروه استیل می‌باشد که در **بستره راکیزه** صورت می‌گیرد. طی این واکنش‌ها، در مراحل مختلفی در هر چرخه دو مولکول CO_2، تعدادی ATP، $NADH, H^+$ و $FADH_2$ به دست می‌آید.

تله‌های تستی الف) درست است. دومین مرحله‌ای که در چرخهٔ کربس، CO_2 آزاد می‌کند، سبب تبدیل C_5 به C_4 می‌شود که همانند مرحلهٔ آخر به تولید ماده چهارکربنی می‌انجامد. / ب) درست است. دومین مرحله‌ای که مادهٔ چهارکربنی تولید می‌شود، همانند مرحلهٔ چهارم یا آخر واکنش است که مادهٔ چهارکربنی اولیه در اثر تغییر مادهٔ چهارکربنی دیگری به دست می‌آید ولی در مرحلهٔ اول واکنش، مادهٔ چهارکربنی با استیل ترکیب شده و شش‌کربنی می‌شود. / ج) درست است. در دومین بخش چرخهٔ کربس مادهٔ شش‌کربنی به پنج‌کربنی تبدیل شده و CO_2 آزاد می‌شود. همچنین در مرحلهٔ اکسایش پیرووات تا تبدیل شدن به گروه استیل نیز دو مرحله وجود دارد که مرحلهٔ اول آن CO_2، $NADH$ و بنیان استیل تولید می‌شوند و در مرحلهٔ دوم آن استیل کوآنزیم A ایجاد می‌شود. / د) نادرست است. در مراحل ۱، ۲ و ۳ چرخهٔ کربس، تغییر در تعداد کربن مواد شروع‌کننده و محصول رخ می‌دهد ولی تولید CO_2 مخصوص مرحلهٔ دوم و سوم چرخه می‌باشد. (*قید برخلاف در این عبارت سبب نادرستی آن شده است.*)

برو درسنامه درختی ۷۹ بخون

B ۶۶۵ ۱ با اینکه در کتاب دقیقاً عنوان نشده است، ولی از آنجا که NAD^+ گیرندهٔ الکترون است، برای تبدیل NAD^+ به $NADH$ ابتدا با گرفتن یک الکترون آغاز می‌شود که به صورت NAD درمی‌آید و سپس یک H^+ با گرفتن یک الکترون به یک اتم H تبدیل می‌شود. این H به NAD متصل شده و به صورت $NADH$ درمی‌آید. البته همواره همراه $NADH$، یک H^+ نیز منتقل می‌شود.

◀ برای تبدیل FAD به $FADH_2$، ابتدا دو تا پروتون به دو الکترون می‌پیوندد و سپس H_2 به FAD متصل شده تا $FADH_2$ ایجاد شود.

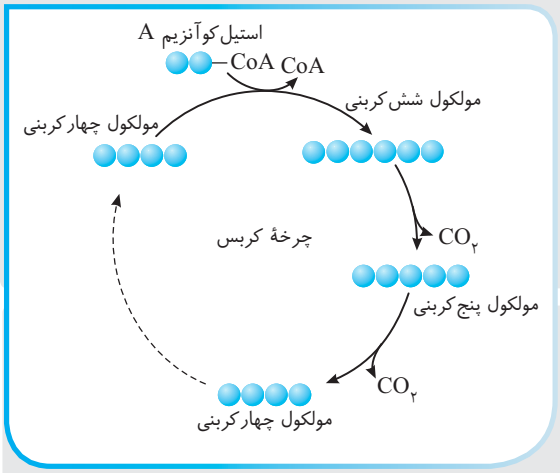
$$FAD + 2e^- + 2H^+ \rightarrow FADH_2$$

درسنامه درختی ۷۹ اکسایش استیل در چرخهٔ کربس

بخش هوازی یا وابسته به اکسیژن در یوکاریوت‌ها

چرخهٔ کربس

- واکنش‌های چرخه‌ای برای اکسایش گروه استیل در بسترهٔ راکیزه می‌باشد.
- چرخه با مادهٔ چهارکربنی شروع می‌شود و در آخر دوباره‌سازی می‌شود.
- مولکول گلوکز اولین در پایان این مرحله تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شده است.
- واکنش‌های آن به صورت چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی صورت می‌گیرد.



مراحل

۱) ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکول چهارکربنی سبب جدا شدن کوآنزیم A و تشکیل مولکول شش‌کربنی می‌شود.
۲) تبدیل مولکول شش‌کربنی به مولکول پنج‌کربنی با آزاد کردن CO_2
۳) تبدیل مولکول پنج‌کربنی به اولین مولکول چهارکربنی با آزاد کردن CO_2
۴) بازسازی مولکول چهارکربنی اولیه برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر ← تبدیل انواع مولکول‌های چهارکربنی به یکدیگر

- مولکول‌های $NADH$، $FADH_2$ و ATP در سطح پیش‌ماده در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.
- $FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار است و همانند $NADH$ در این مرحله تولید می‌شود.

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons FADH_2$$

- تا پایان مرحلهٔ چرخه‌های کربس، انرژی حاصل از تجزیهٔ گلوکز، صرف ساخته شدن ATP، $FADH_2$ و $NADH$ شده است.
- تا پایان مرحلهٔ چرخه‌های کربس، همهٔ $6CO_2$ حاصل از تجزیهٔ گلوکز، در بسترهٔ راکیزه آزاد شده‌اند.

A ۶۶۶ ۴ منظور سؤال قند شش‌کربنی دوفسفاته قندکافت می‌باشد که در مرحلهٔ دوم واکنش‌های قندکافت سیتوپلاسمی به دو ماده سه‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل می‌شود. این ماده شش‌کربنی در مرحلهٔ اول قندکافت و با **مصرف دو مولکول** ATP به دست آمده است که تنها مرحلهٔ انرژی‌خواه یا ATPخواه تنفس یاخته‌ای می‌باشد.

$$NAD^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow \boxed{NADH} + H^+$$

دو الکترون و یک پروتون دارد

نکته

ماده شش‌کربنی دیگری در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس نیز تولید می‌شود که این ماده با از دست دادن CO_2 به مولکول C_5 تبدیل می‌شود و از وسط نصف نمی‌شود. این ماده در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس همراه با آزادسازی CoA (کوآنزیم A) ایجاد شده است (نادرستی گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳)).

B ۶۶۷ ۴ تولید $FADH_2$ در واکنش‌های چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد که در این چرخه ماده سه‌کربنی وجود ندارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در مرحلهٔ دوم چرخهٔ کربس، ماده شش‌کربنی واکنش را شروع کرده و با آزاد کردن CO_2 به ماده C_5 تبدیل می‌شود. / گزینهٔ (۲): در ابتدای اکسایش پیرووات، این ماده سه‌کربنی با از دست دادن CO_2 به استیل تبدیل می‌شود. / گزینهٔ (۳): تولید $NADH$ در قسمت‌های مختلف چرخهٔ کربس که حاوی ماده چهارکربنی نیز می‌باشد، صورت می‌گیرد.

A ۶۶۸ ۳ پارامسی یک یوکاریوت آغازی هوازی مصرف‌کننده می‌باشد که گروه استیل را در چرخهٔ کربس موجود در بستره راکیزه خود اکسایش کرده. این عمل سبب کاهش یا الکترون‌گیری NAD^+ و FAD می‌شود.

B ۶۶۹ ۳ ابتدا طرح زیر را بررسی کنید تا به راحتی به درستی گزینهٔ (۳) پی ببرید.

گلوکز ← ۲ پیرووات ← ($2CO_2$) ۲CoA استیل ← ۲چرخهٔ کربس

- مرحلهٔ (۱): $C_2 + C_4 \rightarrow C_6$
- مرحلهٔ (۲): $C_6 \rightarrow C_5 + CO_2$
- مرحلهٔ (۳): $C_5 \rightarrow C_4 + CO_2$
- مرحلهٔ (۴): $C_4 \rightarrow C_4$

از تجزیهٔ گلوکز، دو مولکول پیرووات حاصل می‌شود که تا رسیدن به استیل CoA دوکربنی، $2CO_2$ آزاد شده و سپس هرکدام وارد یک چرخهٔ کربس می‌شوند. در هر چرخهٔ کربس تا تولید اولین ماده C_5، یک CO_2 آزاد می‌شود که چون دو تا چرخهٔ کربس انجام شده است $2CO_2$ در چرخه‌های کربس و $2CO_2$ تا تولید استیل CoA ایجاد شده است که کلاً $4CO_2$ می‌شود.

در این مرحله تا تولید اولین ماده C_4 در چرخهٔ کربس، همه $6CO_2$ تنفس هوازی تولید شده است.

B ۶۷۰ ۲ در تنفس یاخته‌ای طی تبدیل اولین C_6 به ترکیب پنج‌کربنه و همچنین طی تبدیل ترکیب پنج‌کربنه به ترکیب چهارکربنه در چرخهٔ کربس همانند تبدیل پیرووات به استیل، CO_2 آزاد می‌شود. (*همهٔ این فرایندها طی بخش هوازی تنفس در بستره یا فضای درونی راکیزه صورت می‌گیرند.*)

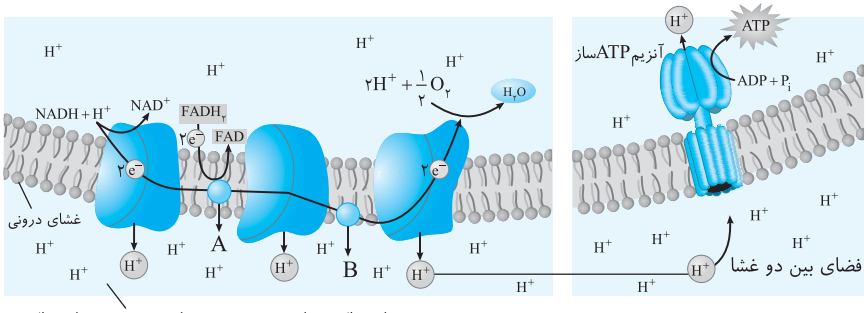
◀ در یاخته **هوازی** طی تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A هم CO_2 تولید می‌شود ولی تبدیل ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته به پیرووات در یاخته هوازی CO_2 ای را تولید نمی‌کند چون پیرووات نیز ماده‌ای سه‌کربنی می‌باشد.

نکته
گزینهٔ (۳) دام آموزشی دارد، چون فرایند تبدیل C_5 به C_4 در **بستره راکیزه** رخ می‌دهد **نه در غشای درونی آن!** اگر این سؤال از نوع شمارشی بود، خیلی از شما عزیزان در مورد گزینهٔ (۳) قطعاً بی‌دقتی می‌کردید!!

C ۶۷۱ ۴ در بررسی این تست کل اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون را برای شما تشریح کرده‌ایم!

نکته
۱ شیب غلظت یا همان تراکم H^+، در فرایند فتوسنتز درون فضای تیلاکوئید و در تنفس هوازی در فضای بین دو غشای راکیزه رخ می‌دهد. در راکیزه، ناقل پروتئینی که بین پمپ دوم و سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون قرار دارد، در تماس با بخش‌های آب‌دوست فسفولیپیدهای لایهٔ خارجی غشای راکیزه می‌باشد.
۲ در راکیزه‌ها، تراکم زیاد H^+ در فضای بین دو غشای اندامک و در تماس با سرهای فسفولیپیدی آن دو غشا وجود دارد ولی در سبزدیسه‌ها، تراکم زیاد H^+، درون تیلاکوئید رخ می‌دهد که فقط در تماس با سرهای آب‌دوست فسفولیپیدهای یک غشای تیلاکوئیدی قرار دارد.

◀ برای بررسی این تست باید شکل زیر را کاملاً خوب تحلیل کرده باشید. در این شکل مشاهده می‌کنید که قسمت ATPساز کانال H^+، به سمت بستره راکیزه می‌باشد (نادرستی گزینهٔ (۱)). دوباره‌سازی NAD^+ و FAD در عوامل زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای راکیزه رخ می‌دهد که باز هم به سمت بستره می‌باشد (نادرستی گزینهٔ (۲)).



محل تراکم زیاد پروتون در فضای بین دو غشای راکیزه

نکته
۱ ناقل پروتئینی که در شکل بالا با حرف A نمایان کرده‌ایم، بین دو پمپ اول و دوم در وسط غشای درونی راکیزه قرار دارد که در مجاور دم‌های آب‌گریز فسفولیپیدها قرار دارد. این ناقل الکترونی، با فضای بین دو غشا در ارتباط نیست (نادرستی گزینهٔ (۳)).
۲ ناقل پروتئینی بین پمپ دوم و سوم در غشای درونی راکیزه به سمت فضای بین دو غشا که تراکم H^+ زیادی دارد قرار گرفته است (درستی گزینهٔ (۴)). (*این ناقل را در شکل بالا با حرف B نشان داده‌ایم.*)

زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه و عوامل مرتبط با آن در غشای درونی راکیزه

ایستگاه ۳۰

مولکول	جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون	انتقال الکترون	انتقال پروتون	بازده عمل	نحوهٔ قرارگیری
پمپ غشایی اول	می‌باشد	دارد	انتقال فعال H^+ به سمت فضای بین دو غشا دارد	با اکسایش $NADH$ سبب دوباره‌سازی NAD^+ می‌شود.	کاملاً در عرض غشای درونی می‌باشد. قسمت آب‌دوست و آب‌گریز دارد.
ناقل پروتئینی بین پمپ اول و دوم	می‌باشد	دارد	ندارد	با اکسایش $FADH_2$، سبب دوباره‌سازی FAD می‌شود.	به صورت **آب‌گریز** در وسط غشای درونی راکیزه می‌باشد.
پمپ غشایی دوم	می‌باشد	دارد	انتقال فعال H^+ به سمت فضای بین دو غشا دارد	الکترون را بین دو پروتئین ناقل منتقل می‌کند.	کاملاً در عرض غشای درونی راکیزه است. قسمت آب‌دوست و آب‌گریز دارد.
ناقل پروتئینی بین پمپ دوم و سوم	می‌باشد	دارد	ندارد	عبور الکترون	به صورت **آب‌دوست** در سطح **خارجی** غشای درونی راکیزه در تماس با فضای بین دو غشا می‌باشد.
پمپ غشایی سوم	می‌باشد	دارد	انتقال فعال H^+ به سمت فضای بین دو غشا دارد	الکترون‌های کم‌انرژی را به اکسیژن می‌دهد	کاملاً در عرض غشای درونی راکیزه می‌باشد. قسمت آب‌دوست و آب‌گریز دارد.
کانال پروتونی	**نمی‌باشد**	**ندارد**	انتشار تسهیل‌شده H^+ را به سمت بستره انجام می‌دهد.	قدرت تولید ATP **اکسایشی** دارد	قسمت آنزیمی آن با صرف انرژی **درون‌بستره** ATP می‌سازد.

درسنامه درختی ۸۰ زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه

زنجیرهٔ انتقال الکترون (تشکیل ATP اکسایشی)

۱) متشکل از مولکول‌هایی است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند که می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست بدهند.
۲) اجزای آن حاوی سه پمپ پروتونی در عرض غشای درونی راکیزه و دو پروتئین مخصوص انتقال الکترون می‌باشد.

۳) اجزای زنجیره

پروتئین‌ها

- همگی پروتون‌ها را برخلاف شیب غلظت از بسترهٔ راکیزه به فضای بین دو غشای آن می‌برند.
- همگی انرژی زیستی مورد نیاز خود را از الکترون عبوری می‌گیرند (نه ATP!).
- پمپ اول:
  - مخصوص اکسایش $NADH$هـای قندکافت و بخش هوازی می‌باشد ← دوباره‌سازی NAD^+ می‌کند.
  - الکترون‌های $FADH_2$ را عبور نمی‌دهد.
- پمپ دوم ← الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ را از خود عبور می‌دهد.
- پمپ سوم ← الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ را دوباره به بسترهٔ راکیزه برمی‌گرداند تا به O_2 برساند ← یون اکسید ایجاد می‌کند.

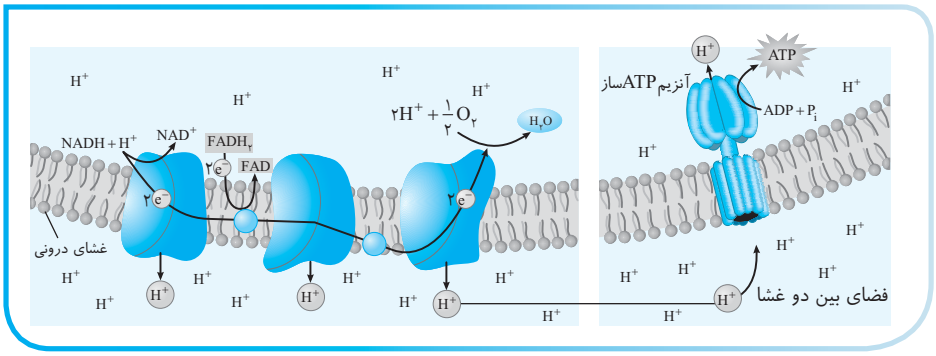
پروتئین‌ها

- به انتقال H^+ نمی‌پردازند.
- بین پمپ اول و دوم ← آب‌گریز در وسط غشای درونی راکیزه است
  - مسئول اکسایش $FADH_2$ و دوباره‌سازی FAD می‌باشد.
  - الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ را عبور می‌دهد.
- بین پمپ دوم و سوم ← آب‌دوست در سطح خارجی غشای درونی راکیزه است ← الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ را به پمپ سوم می‌دهد.

۴) مولکول‌های $NADH$ و $FADH_2$ برای تولید ATP بیشتر مصرف می‌شوند.
۵) الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند و اکسیژن مولکولی به یون اکسید (اتم *اکسیژن با دو بار منفی*) تبدیل می‌شود.
۶) یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بستره قرار دارند، مولکول آب را تشکیل می‌دهند.

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

۷) با ایجاد یون اکسید (O^{2-}) و ترکیب آن با پروتون‌ها، در بسترهٔ راکیزه، مقداری آب تولید می‌شود.
۸) انرژی لازم برای انتقال پروتون‌های آن از الکترون‌های پرانرژی $NADH$ و $FADH_2$ فراهم می‌شود.
۹) ضمن عمل پمپ‌های آن، تراکم پروتون‌ها در فضای بین دو غشا افزایش می‌یابد که براساس شیب غلظت، پروتون‌ها تمایل دارند به سمت بخش داخلی (*بستره*) برگردند.
۱۰) پروتون‌هـا فقـط از طریق مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATPسـاز به بخـش داخلی راکیزه می‌روند (*این مجموعـه از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد*).
۱۱) با عبور پروتون‌ها به روش انتشار تسهیل‌شده از کانالی که در این مجموعه در غشای درونی راکیزه قرار دارد، انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP اکسایشی از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.
۱۲) اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون و پروتون در تنفس هوازی می‌باشد.



A ۶۷۲ ۳ در واکنش‌های پس از چرخهٔ کربس، تولید آب، الکترون‌گیری O_2، ایجاد یون اکسید O^{2-} و تولید ATP در بستره راکیزه ولی نزدیک به غشای درونی این اندامک رخ می‌دهد. در حالی که انتقال الکترون و پروتون در پمپ‌ها، در غشای درونی راکیزه صورت می‌گیرد.

◀ گزینهٔ (۱): این واکنش در گلیکولیز رخ می‌دهد که اصلاً قبل از مرحلهٔ مورد نظر در سؤال می‌باشد و نباید آن را در نظر بگیرید.

◀ گزینهٔ (۲): تولید ATP اکسایشی از واکنش $ADP+P$ توسط بخش آنزیمی کانال H^+ در **بستره راکیزه** رخ می‌دهد.

◀ گزینهٔ (۴): الکترون‌های کم‌انرژی خارج شده از پمپ سوم به اکسیژن مولکولی **بستره** می‌پیوندند تا یون اکسید O^{2-} ایجاد کنند.

B ۶۷۳ ـ **۳** در تنفس یاخته‌ها منظور از مرحلهٔ اول تنفس، همان قندکافت یا گلیکولیز است که طی آن بدون حضور اکسیژن، فقط گیرنده الکترونی NAD^+، با الکترون‌گیری کاهش می‌یابد. مرحلهٔ دوم تنفس، یا به صورت تنفس هوازی و یا تخمیر بی‌هوازی می‌باشد. در نوتروفیل که تنفس **هوازی** دارد، در مرحلهٔ دوم (در حضور O_2 و در گذرگاه‌های (۱) و (۲))، دو نوع گیرنده NAD^+ و FAD ابتدا کاهش یافته و به $NADH$ و $FADH_2$ تبدیل می‌شوند و سپس در واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون اکسایش می‌شوند (درستی گزینهٔ (۳)).

نکته
۱ مرحلهٔ اول هر نوع تنفسی، بی‌هوازی می‌باشد که همان مرحلهٔ قندکافت است. در این مرحله بدون نیاز به O_2، مقداری ATP در سطح پیش‌ماده آلی تولید می‌شود.
۲ تولید ATP در سطح پیش‌ماده آلی را در سه واکنش به خاطر بسپارید:
۱) تولید ATP در مرحلهٔ آخر قندکافت همراه با تولید پیرووات‌ها
۲) تولید ATP در مرحله‌ای از چرخه‌های کربس برای اکسایش گروه استیل (رد گزینهٔ (۴)).
۳) تولید ATP به کمک کرآتین فسفات در ماهیچه‌ها

B ۶۷۴ ـ **۲** فقط مورد (د) صحیح می‌باشد.
منظور این سؤال **پمپ دوم در زنجیرهٔ انتقال الکترونی** راکیزه‌ها می‌باشد که بین دو عامل پروتئینی کوچک قرار دارد. این دو عامل پروتئینی فقط مخصوص انتقال الکترون می‌باشند ولی پروتون‌ها را عبور نمی‌دهند. پمپ دوم در زنجیرهٔ انتقال الکترون قادر به دوباره‌سازی FAD و NAD^+ و یا الکترون‌دهی به اکسیژن‌ها نمی‌باشد و فقط عاملی برای انتقال پروتون‌ها و الکترون‌های حاصل از اکسایش $NADH$ و $FADH_2$ می‌باشد.

A ۶۷۵ ـ **۴** زنجیرهٔ انتقال الکترون در باکتری هوازی در **غشای یاخته** ولی در یوکاریوت در **غشای داخلی راکیزه** می‌باشد، پس گزینهٔ (۴) درست است. در اسپیروژیر که جلبک سبز می‌باشد، دارای زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه است و کانال ATPساز نیز در این غشا وجود دارد. عامل مالاریا و قارچ مخمر نان از یوکاریوت‌ها هستند ولی عامل سینه‌پهلو نوعی پروکاریوت است که فاقد اندامک‌های غشادار مثل راکیزه و... هستند.

نکته
زنجیرهٔ انتقال الکترون و کانال ATPساز در غشای داخلی راکیزه همهٔ یوکاریوت‌های هوازی و غشای تیلاکوئید یوکاریوت‌های تولیدکننده وجود دارند.

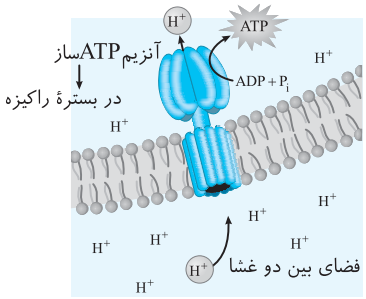
C ۶۷۶ ـ **۱** موارد (الف)، (ب) و (ج) صحیح می‌باشند. منظور این سؤال بررسی **کانال پروتئینی** H^+ می‌باشد که فعالیت خود را پس از عمل زنجیرهٔ انتقال الکترون به صورت جداگانه آغاز می‌کند ولی برای فعالیت وابسته به زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد.

ویژگی کانال عبور دهنده پروتون در غشای درونی راکیزه

ایستگاه ۳۱

بخش‌های کانال ATPساز	محل	عمل	جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون	انتقال الکترون	مصرف انرژی زیستی
قسمت عبور دهنده پروتون	در غشای درونی راکیزه متصل به بخش آب‌دوست و آب‌گریز اسیدهای چرب	انتشار تسهیل‌شده H^+ از فضای بین دو غشای راکیزه به بسترهٔ آن بدون صرف انرژی	نمی‌باشد	ندارد	ندارد
قسمت آنزیمی ATPساز	در بسترهٔ راکیزه	ترکیب ADP و گروه فسفات با **صرف** انرژی برای تولید ATP **اکسایشی**	نمی‌باشد	ندارد	**دارد**

تله‌های تستی الف) درست است. با توجه به شکل مقابل به راحتی ملاحظه می‌کنید که بخش آنزیمی کانال ATPساز که خود مجموعه‌ای از آنزیم‌ها می‌باشد در بخش درونی راکیزه یا بسترهٔ آن قرار دارد. / ب) درست است. بخش انتقال دهندهٔ پروتون این مجموعه، در عرض غشای درونی و در تماس با قسمت‌های آب‌دوست و آب‌گریز اسیدهای چرب وجود دارد. / ج) درست است.



نکته
۱ این مولکول در وظیفه انتقالی H^+ خود، انرژی زیستی مصرف نمی‌کند ولی برای تولید ATP نیاز به انرژی حاصل از شیب غلظت پروتون دارد تا همانند هر واکنش ترکیب دیگری ADP را با فسفات ترکیب کند.
۲ عبور مواد در اثر انتشار همراه با انرژی جنبشی ماده عبوری می‌باشد ولی یاخته برای آن انرژی مصرف نمی‌کند.

د) نادرست است. کانال H^+ وظیفهٔ انتقال الکترون ندارد چون جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد.

B ۶۷۷ ـ **۴** در قندکافت سه نوع مادهٔ نوکلئوتیدی ATP (در مرحلهٔ اول)، NAD^+ (در مرحلهٔ سوم) و ADP (در مرحلهٔ چهارم) استفاده می‌شود و از طرفی در چرخهٔ کربس نیز سه نوع ماده نوکلئوتیدی ADP، NAD^+ و FAD استفاده می‌شود. ویژگی مشترک واکنش‌های قندکافت و چرخهٔ کربس، تولید ATP و $NADH, H^+$ می‌باشد (ATP شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌هاست. فسفاته شدن ترکیب سه‌کربنی ویژهٔ قندکافت می‌باشد ولی آزادسازی CO_2 در قندکافت رخ نمی‌دهد).

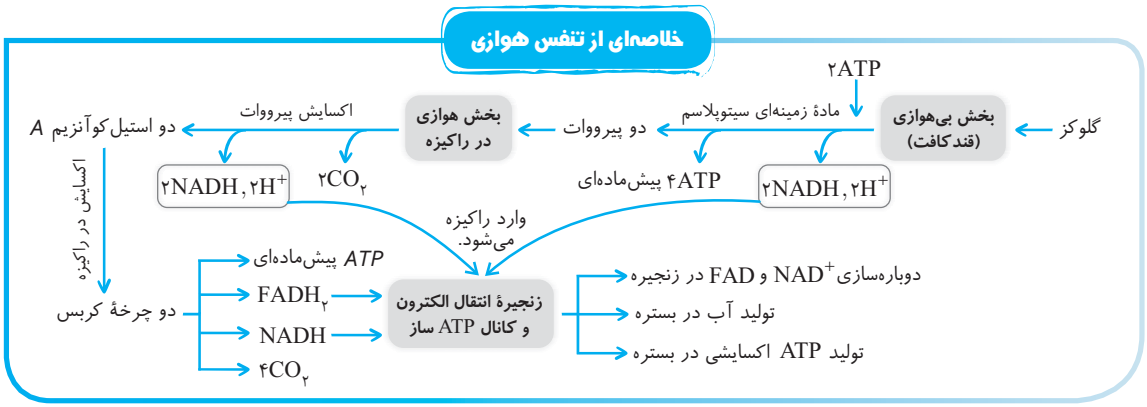
نکته
دقت کنید که در زنجیرهٔ انتقال الکترون دو مادهٔ نوکلئوتیدی $NADH$ و $FADH_2$ اکسایش می‌شوند ولی مصرف ADP یا تولید ATP در واکنش‌های مربوط به مجموعهٔ آنزیمی کانال ATPساز رخ می‌دهد.

B ۶۷۸ ـ ۱ فقط مورد (ج) صحیح است. منظور سؤال **چپ اول** در زنجیرهٔ انتقال الکترون است که الکترون $FADH_2$ را عبور نمی‌دهد. این پمپ در دوباره‌سازی گیرندهٔ الکترونی NAD^+ نقش دارد.

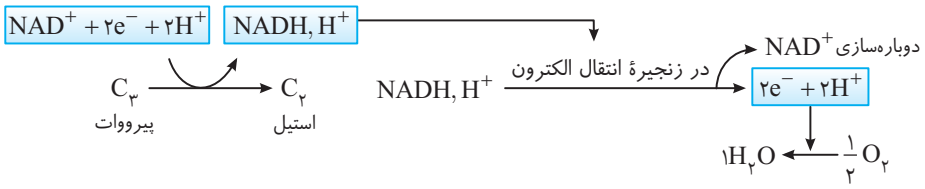
تله‌های تستی الف) نادرست است. در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه‌ها، **چپ سوم** وظیفهٔ انتقال الکترون‌های کم‌انرژی شده به مولکول اکسیژن را دارد تا به تولید آب بیانجامد. / ب) نادرست است. پمپ اول در ایجاد شیب غلظت H^+ با انرژی‌گیری از عبور الکترون‌های $NADH$ و انتقال پروتون‌ها به فضای بین دو غشای راکیزه نقش دارد ولی دقت کنید که این فضا جزء بخش بیرونی **فضای درونی** راکیزه‌ها است نه جزء بخش بیرونی راکیزه!! (*بخش بیرونی راکیزه معنی فضایی در خارج این اندامک می‌دهد.*) / د) نادرست است. تولید ATP پس از انتقال H^+، وظیفهٔ کانال H^+ است، این کانال وظیفهٔ عبور الکترون ندارد و باید دقت کنید که جزء عوامل موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترونی نمی‌باشد!!! (*در سؤال تأکید شده است که کدام عامل زنجیرهٔ انتقال الکترون...!*)

B ۶۷۹ ـ ۴ از شش مولکول CO_2 حاصل از تنفس یاخته‌ای، دو تا در واکنش‌های اکسایش دو پیروات تا تولید دو استیل‌کوآنزیم A و چهار تا نیز در واکنش‌های دو تا چرخهٔ کربس برای اکسایش دو گروه استیل ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): ماده چهارکربنی در دو مرحلهٔ آخر چرخهٔ کربس ایجاد می‌شود. در مرحلهٔ ۳ این چرخه، با تبدیل C_5 به C_4، یک CO_2 تولید می‌شود ولی در مرحلهٔ آخر این چرخه تغییری در تعداد کربن رخ نداده چون فقط بازسازی مولکول C_4 اولیه از یک C_4 دیگر رخ داده است و تولید CO_2 صورت نمی‌گیرد. / گزینهٔ (۲): انتقال H^+ از بخش درونی به بیرونی فضاهای راکیزه یعنی از بستره به فضای بین دو غشا، با صرف انرژی و در خلاف شیب غلظت پروتون با انتقال فعال صورت می‌گیرد ولی دقت کنید که ورود پیرووات از سیتوپلاسم به راکیزه نیز با انتقال فعال صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۳): پروتئین کانالی H^+ دارای دو نقش می‌باشد یکی ترابری H^+ از بخش بیرونی به درونی فضای راکیزه که بدون صرف انرژی یاخته‌ای است ولی برای آن انرژی جنبشی یون H^+ نقش مؤثری دارد. نقش دیگر این کانال، نقش آنزیمی ATPساز می‌باشد که با صرف انرژی بوده و سبب ترکیب ADP و گروه فسفات می‌شود.



C ۶۸۰ ـ ۲ از تبدیل هر پیروات به استیل، علاوه بر CO_2، یک مولکول $NADH, H^+$ نیز تولید می‌شود. هر $NADH, H^+$ در خود دو الکترون و دو پروتون گنجانده است که در انتهای زنجیرهٔ انتقال الکترون سبب کاهش $\frac{1}{2}$ مولکول اکسیژن و تولید یک مولکول آب می‌شود.



تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. هر $NADH, H^+$ یا $FADH_2$، در اثر اکسایش خود، $2H^+$ و $2e^-$ ایجاد می‌کند که برای تولید یک مولکول آب از $\frac{1}{2}$ مولکول O_2 نیاز می‌باشد.

$$\left\{\begin{matrix}NADH, H^+\\FADH_2\end{matrix}\right\} \xrightarrow{\text{اکسایش}} 2e^- + 2H^+ + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$$

گزینهٔ (۳): درست است. ناقلین الکترونی $NADH, H^+$ هم در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم یعنی در واکنش‌های **قندکافت** (*خارج راکیزه*) ایجاد می‌شود و هم به همراه $FADH_2$ در بستره راکیزه تولید می‌شود که همهٔ آن‌ها در واکنش‌های موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون سبب کاهش O_2 و تولید آب می‌شوند. / گزینهٔ (۴): درست است. در انتهای واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، ابتدا الکترون‌های کم‌انرژی خارج شده از پمپ سوم، درون بستره راکیزه به مولکول O_2 می‌پیوندد و یون اکسید (O^{2-}) را ایجاد می‌کند و سپس O^{2-} با اتصال به $2H^+$ سبب تولید H_2O می‌شود.

نکته مهم
همان‌طور که بارها گفتیم کانال H^+ که وظیفهٔ ATPسازی دارد، جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد. پس **انتهای** زنجیرهٔ انتقال الکترون در حقیقت قسمتی است که پس از ورود الکترون‌ها از پمپ سوم به بستره راکیزه بوده و سبب الکترون‌گیری یا کاهش اکسیژن و تولید آب می‌شود.

اکسایش‌ها در تنفس یاخته‌ای

ایستگاه ۳۲

نکات / اکسایشِ ...	محل	تعداد CO_2 حاصل	نوع واکنش‌ها
گلوکز (C_6)	قندکافت در سیتوپلاسم و ادامه واکنش در راکیزه	۶	قندکافت ← بی‌هوازی بعد از قندکافت ← هوازی
پیرووات (C_3)	درون راکیزه	۳	هوازی در بستره
گروه استیل (C_2)	درون راکیزه	۲	هوازی در بستره یعنی در چرخهٔ کربس
$NADH$	غشای درونی راکیزه	صفر	هوازی در زنجیرهٔ انتقال الکترون
$FADH_2$	غشای درونی راکیزه	صفر	هوازی در زنجیرهٔ انتقال الکترون

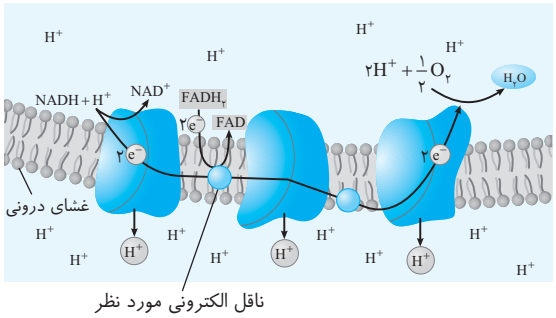
نکته

دانش‌آموزان عزیز دقت کنید که واکنش اکسایش پیرووات، منظور تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A می‌باشد ولی اگر در تستی گفت از اکسایش **کامل** پیرووات، در این حالت باید چرخهٔ کربس را نیز در نظر بگیرید.

۶۸۱ (B) (۱) هر جانداری برای تنفس یاخته‌ای خود، مجبور است مرحلهٔ قندکافت را داشته باشد که طی آن با تجزیهٔ گلوکز، مقداری ATP پیش‌ماده‌ای و $NADH$ در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم تولید می‌شود ولی راکیزه در هر جانداری وجود ندارد.

۶۸۲ (B) (۴) تولید $FADH_2$، اکسایش پیرووات‌ها و تولید استیل‌ها همراه با آزاد شدن CO_2 در بستره راکیزه ولی اکسایش آن در ناقل موجود در غشای درونی راکیزه رخ می‌دهد. همان‌طور که یک‌بار در تست‌های قبلی گفتیم، بستره راکیزه هم محل تولید ATP اکسایشی در کانال ATPساز و هم محل تولید ATP پیش‌ماده‌ای در چرخهٔ کربس می‌باشد.

۶۸۳ (B) (۱) فقط مورد (ب) مدنظر می‌باشد. اگر به شکل مقابل نگاه عمیقی بیندازید، متوجه می‌شوید که منظور سؤال مولکول پروتئینی ناقل الکترونی است که **بین چپ اول و دوم** واقع شده است. این مولکول در **وسط** غشای درونی راکیزه و در اتصال با **دم‌های آب‌گریز اسید چرب** می‌باشد. این مولکول مسئول اکسایش $FADH_2$ بوده تا FAD مورد نیاز چرخهٔ کربس را فراهم کند. همچنین الکترون‌های حاصل از اکسایش $FADH_2$ را به پمپ دوم می‌دهد و در انتقال الکترون‌های $NADH$ از پمپ اول به دوم نیز کارایی دارد.



نکته

در غشای درونی راکیزه، به‌جز پمپ‌ها و کانال H^+، سایر مولکول‌ها در انتقال پروتون نقشی ندارند (نادرستی ب).

۶۸۴ (A) (۲)

نکته

در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای و در مرحلهٔ زنجیرهٔ انتقال الکترون، یون‌های H^+ با انتقال فعال از بستره راکیزه به فضای بین دو غشا می‌روند و کانال ATPساز آن‌ها را در جهت شیب غلظت به بستره راکیزه برمی‌گرداند. (دقت کنید که فضای بیرون راکیزه یعنی فضای خارج از اندامک ولی بخش بیرونی فضای درون راکیزه، معنی فضای بین دو غشای راکیزه‌ای می‌دهد.)

۶۸۵ (B) (۴) هیچ‌کدام از عبارت‌ها صحیح نمی‌باشند.

در ابتدا دقت کنید که درون یک **ماهیچه**، علاوه بر یاخته‌های ماهیچه‌ای، یاخته‌های بافت پیوندی (در بین تارهای ماهیچه‌ای) و یاخته‌های عصبی و پوششی نیز در رگ‌ها و اعصاب آن وجود دارد. حالا به بررسی هر عبارت می‌پردازیم:

الف) نادرست است. در تست‌ها زود تا ترکیب سه‌کربنه دوفسفاته و قندکافت را دیدید، نتیجه نگیرید که حتماً ATP درست می‌شود. این عبارت به‌طور کلی نادرست است، چون در قندکافت برعکس این گفته انجام می‌شود. در مرحلهٔ سوم قندکافت، ترکیب قندی سه‌کربنه یک‌فسفاته با گرفتن فسفات، به ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته تبدیل می‌شود (نه‌برعکس!). / ب) نادرست است. تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A که در بستره راکیزه‌ها و در واکنش‌های تنفس هوازی برای اکسایش پیرووات صورت می‌گیرد به تولید ATP نمی‌انجامد. در این واکنش فقط $NADH$ و CO_2 ایجاد می‌شود.

$$C_3\text{ (پیرووات)} + NAD^+ + CoA \longrightarrow C_2CoA + NADH, H^+ + CO_2$$

ج) نادرست است. تولید کرآتین از کرآتین فسفات به تولید ATP در سطح پیش‌ماده منجر می‌شود ولی این عمل فقط در یاخته‌های ماهیچه‌ای صورت می‌گیرد نه در هر یاخته موجود در ماهیچه!! (به‌طور مثال یاخته‌های پیوندی بین تارهای ماهیچه‌ای قدرت تولید ATP از کرآتین فسفات ندارند.) / د) نادرست است. ساخته شدن اکسایشی ATP در راکیزه‌ها و ساخته شدن نوری این مولکول در سبزدیسه‌ها، نمونه‌ای از تولید ATP در سطح پیش‌ماده نمی‌باشد.

۶۸۶ (A) (۱) چون انتقال H^+ از فضای بین دو غشا به بستره راکیزه در جهت شیب غلظت است، نوعی انتشار تسهیل‌شده بوده و انرژی زیستی نمی‌خواهد، پس توسط پروتئین کانالی انجام می‌شود؛ دقت کنید که انتقال H^+ توسط کانال، بدون صرف انرژی است ولی عمل ATP سازی آن (نقش کانال‌های یونی)، با صرف انرژی صورت می‌گیرد (تولید مادهٔ آلی انرژی‌خواه است. در مورد گزینه‌های (۲) و (۴) دقت کنید که پروتئین‌ها هم پیوند اشتراکی و هم پیوند هیدروژنی دارند).

۶۸۷ (۱) وقتی یون‌های H^+ از طریق کانال پروتئینی به بستره راکیزه وارد می‌شوند، توسط قسمت آنزیمی کانال، ATP تولید می‌شود که به این ATP، تولید ATP در سطح پیش‌ماده آلی نمی‌گوییم (*درونی‌ترین فضای راکیزه همان بستره می‌باشد*).

◀ کانال‌ها و پمپ‌های غشایی، نوعی پروتئین در عرض غشای درونی راکیزه هستند که کانال‌ها فقط پروتون عبور می‌دهند و نقش آنزیمی در تولید ATP دارند.

۶۸۸ (۱) بایـد یـادآوری کنم که در تنفس هوازی، پیرووات اکسـایش و در تنفس بی‌هوازی لاکتیکی، پیرووات کاهـش می‌یابد. تخمیر **فقط در یاخته‌های ماهیچه‌ای انسـان** صورت می‌گیرد پس یاخته‌های اسـتوانه‌ای چشـم انسان فقط تنفس هوازی و اکسـایش پیرووات دارند و در زنجیرهٔ انتقال الکترون، NAD^+ را بازسازی می‌کنند (نادرسـتی گزینـهٔ (۲)). در کانـال ATPسـاز، انرژی‌های $NADH$ و $FADH_2$ها صـرف تولید مقداری ATP می‌شـوند (نادرسـتی گزینهٔ (۳)). در مرحلـهٔ قندکافت، مولکول‌های $NADH$ همواره در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم تولید می‌شوند (نادرستی گزینهٔ (۴)).

۶۸۹ (۳) اگر سؤال را به دقت بخوانید، متوجه می‌شوید که منظور سؤال قسمتی از کانال H^+ می‌باشد که در غشای درونی راکیزه قرار دارد و **نقش انتقال پروتون‌ها را بر عهده دارد**. در غشای درونی راکیزه‌ها دوباره‌سازی NAD^+ و FAD صورت می‌گیرد و زنجیرهٔ انتقال الکترون این بخش، انرژی مورد نیاز برای ساخت ATP را فراهم می‌کند (*این انرژی از انتقال پروتون در کانال تأمین می‌شود. $FADH_2$ و $NADH$ در بستره تولید می‌شوند*).

۶۹۰ (۲) اولیـن مرحلـه قبل از چرخهٔ کربس **تبدیل پیرووات به اسـتیل‌کوآنزیم A** اسـت. در این واکنش $NADH$ و CO_2 تولید می‌شـوند. پس موارد (ب) و (ج) درست می‌باشند. در واقع طی این واکنش، پیرووات اکسایش می‌یابد (*الکترون از دست داده*) (رد د)، به استیل‌کوآنزیم A تبدیل می‌شود و $NADH$ نیز ایجاد شده است (رد الف). در این مرحله کوآنزیم A که یک مادهٔ آلی کمک‌کننده به عمل آنزیم‌هاست وارد واکنش می‌شود.

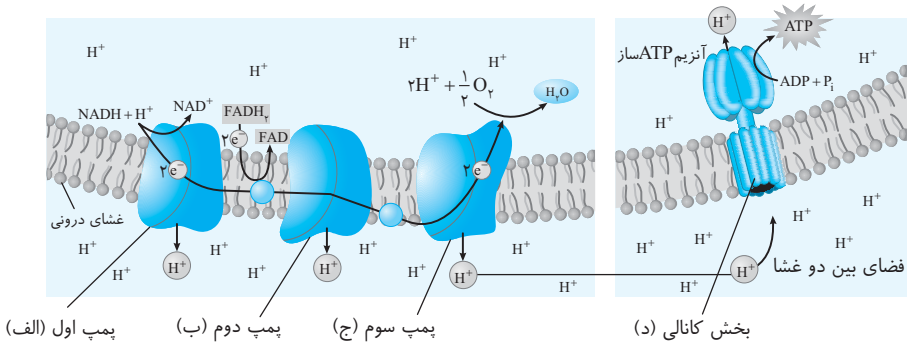
۶۹۱ (۴) در قسمت انتهایی تنفس یاخته‌ای، کانال H^+ فعال می‌شود که ابتدا عمل کانالی آن با انتشار تسهیل‌شده برای عبور H^+ صورت می‌گیرد و سپس تولید ATP در بخش آنزیمی آن با سنتز آبدهی و ترکیب $ADP+P$ صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): مصرف ATP فقط در مرحلهٔ اول قندکافت رخ می‌دهد که بلافاصله پس از آن فسـفاته شـدن گلوکز و تشـکیل قند شش‌کربنی (*فروکتوز*) دوفسفاته صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۲): شروع تولید CO_2 در تبدیل پیرووات به استیل صورت می‌گیرد. (*تولید دومین CO_2 همراه با تولید ماده پنج‌کربنی چرخهٔ کربس می‌باشد.*) / گزینهٔ (۳): دوباره‌سـازی کوآنزیم A در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد که پس از آن مادهٔ شـش‌کربنی با از دست دادن CO_2 به ماده پنج‌کربنی تبدیل می‌شود. (*نصف شدن مادهٔ شش‌کربنی، ویژهٔ قندکافت و چرخهٔ کالوین در فتوسنتز می‌باشد.*)

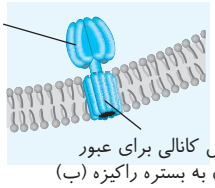
۶۹۲ (۳)

نکته دقت کنید که نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسـفات نام دیگر $NADP^+$ اسـت که در فتوسـنتز (*فصل ۶ می‌خوانیم*) کارایی دارد نه تنفس یاخته‌ای!! (نادرسـتی گزینه‌های (۱) و (۲)) ولی $FADH_2$ (*نوکلئوتید آمید آدنین دی‌نوکلئوتید*) باعث فعال‌سـازی پمپ ۲ و ۳ در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه شـده تا H^+ را با اسـتفاده از انرژی الکترون‌های خود، از فضای بخش داخلی راکیزه به بخش خارجی یعنی فضای بین دو غشا منتقل کند.

۶۹۳ (۳) مولکول (د) پروتئینی کانالی اسـت که یون‌های هیدروژن را از فضای بین دو غشـا به درون بسـتره راکیزه **انتشـار** می‌دهد و درون بستره راکیزه سبب تولید مولکول‌های ATP می‌شود (*دوباره‌سازی NAD^+ در (الف) و FAD در ناقل الکترونی بین (الف) و (ب) رخ می‌دهد*). مولکول (ج) پمپ سومی است که الکترون‌های کم‌انرژی را به بخش خارجی فضای درون راکیزه وارد می‌کند ولی به بخش خارج راکیزه یا مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم وارد نمی‌کند.



۶۹۴ (۳) شـکل بیانگر مجموعهٔ پروتئینی کانال ATPسـاز می‌باشـد که بخش (الف) با استفاده از انرژی زیستی از اختلاف شیب غلظت پروتون، ATP تولید می‌کند (رد گزینهٔ (۲)) و بخش (ب) قسمت کانالی آن می‌باشـد که پروتون‌ها با انتشـار تسهیل‌شده و به کمک انرژی جنبشی از آن عبور می‌کنند (رد گزینهٔ (۱)). فعالیت هر دو بخش به زنجیرهٔ انتقال الکترون وابسته می‌باشد (رد گزینهٔ (۴)).



۶۹۵ (۱) در تنفس یاخته‌ای، سه نوع گیرنده الکترونی NAD^+، FAD و O_2 وجود دارد. NAD^+ و FAD الکترون‌های **پرانرژی** حاصل از شکستن پیوندهای کربن هیدروژن گلوکز، پیرووات یا اسـتیل را جذب می‌کنند تا پس از ایجاد $NADH$ و $FADH_2$ به سـمت تولید ATP اکسایشـی در زنجیرهٔ انتقال الکترون بروند (رد گزینهٔ (۴)). دقت کنید که $NADH$های تولید شده در قندکافت باید برای ATPسازی بیشتر وارد راکیزه شوند (رد گزینهٔ (۳)). ولی O_2 گیرنده الکترون‌های کم‌انرژی خارج شده از پمپ سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد که ابتدا با الکترون‌ها ترکیب شده و یون اکسید O^{2-} می‌سازد و سپس با پروتون ترکیب شده و آب تولید می‌کند (رد گزینهٔ (۲)).

B ۶۹۶ ـ ۳ ـ موارد (الف) و (ه) از اشتراک‌های آن‌ها می‌باشد. **منظور این سؤال آنزیم‌های لازم برای زنجیرهٔ انتقال الکترون و اکسایش پیرووات به استیل‌کوآنزیم A می‌باشند.** این دو مجموعه آنزیمی قادر به ایجاد $FADH_2$ نمی‌باشند ولی برخی از واکنش‌های هر دو نوع آنزیم‌ها در بستره راکیزه صورت می‌گیرد.

◀ دوباره‌سازی NAD^+ و مصرف ADP در اجزاء یا مراحل مرتبط زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد ولی آنزیم‌های مورد نیاز اکسایش پیرووات به تولید یا مصرف ATP نمی‌پردازند (البته تولید CO_2 و $NADH$ در اَک‌یش پیرووات رخ می‌دهد).

B ۶۹۷ ـ ۲ ـ وقوع هم‌زمان ترجمه و رونویسی در سیتوپلاسم از ویژگی پروکاریوت‌ها می‌باشد و از طرفی نداشتن قدرت تولید $FADH_2$ دلیلی بر عدم توانایی تنفس هوازی می‌باشد. پس سؤال در مورد **پروکاریوت بی‌هوازی** می‌باشد که فاقد زنجیرهٔ انتقال الکترون است و فقط یک نوع رناباسپاراز برای رونویسی دارد. حتماً از قبل به یاد دارید که پروکاریوت‌ها معمولاً یک نقطهٔ آغاز همانندسازی دارند و فاقد چرخهٔ یاخته‌ای و نقاط وارسی می‌باشند.

B ۶۹۸ ـ ۳ ـ موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست هستند.

تله‌های تستی الف) نادرست و (ب) درست است. در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون و سپس پروتون می‌باشد. این مولکول، الکترون‌های دو نوع ناقل $NADH$ (نه $NADPH$) و $FADH_2$ که در اثر اکسایش از آن‌ها خارج شده را می‌گیرد و به یون اکسید تبدیل می‌شود. مورد (ج) نادرست است، چون یون اکسید دیگر الکترون نمی‌گیرد بلکه با یونی فاقد الکترون یا همان پروتون ترکیب می‌شود. مورد (د) نیز نادرست است چون FAD از اکسایش استیل در **چرخهٔ کربس** الکترون می‌گیرد تا به $FADH_2$ تبدیل شود.

B ۶۹۹ ـ ۲ ـ موارد (الف)، (ج) و (د) صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) درست است. از تجزیهٔ گلوکز یا تولید استیل‌کوآنزیم A، فقط گیرندهٔ الکترونی NAD^+ در واکنش‌ها شرکت دارد ولی برای اکسایش گروه استیل در چرخهٔ کربس، علاوه بر NAD^+، مولکول FAD نیز به عنوان گیرندهٔ الکترون فعالیت می‌کند. / ب) نادرست است. دقت کنید که در **بهترین** حالت، مقدار **کل ATP تولیدی** از تجزیهٔ گلوکز به اندازه ۳۰ مولکول ATP می‌شود. این ATPها، هم از نوع پیش‌ماده‌ای و هم از نوع اکسایشی (نه فقط زنجیرهٔ انتقال الکترون) تولید می‌شوند. / ج و د) درست است.

نکته
مقدار تولید ATP در تنفس یاخته‌ای، بستگی به بافت‌های مختلف و شرایط محیطی و نیاز بدن دارد.

B ۷۰۰ ـ ۲

نکته
اندازه‌گیری‌های **واقعی** (نه تجربی!!) در شرایط **بهینه** (نه متفاوت) آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در **بهترین شرایط** (نه در هر شرایطی!) یاخته‌ای در **یوکاریوت‌ها** (نه در هر یاخته‌ای!)، حداکثر ۳۰ مولکول ATP می‌باشد.

◀ پس ۴ غلط علمی (واقعی - بهینه - بهترین شرایط - یوکاریوت‌ها) در این عبارت موجود است.

توجه ببینید این تست نشان می‌دهد که چقدر توجه به متن کتاب درسی مهم می‌باشد! و البته بدانید که بارها از این تست‌ها در کنکور تکرار شده است.

A ۷۰۱ ـ ۳

نکات بازده انرژی‌زایی و تنظیم اقتصادی تنفس یاخته‌ای

ایستگاه ۳۳

۱) با اندازه‌گیری **واقعی** در شرایط **بهینه** آزمایشگاهی، مقدار ATP تولید شده به ازای تجزیه **کامل** یک گلوکز در **بهترین** شرایط یاخته **یوکاریوتی** ۳۰ مولکول ATP می‌باشد.
۲) مقدار تولید ATP در یاخته‌های **متفاوت** و **متناسب با نیاز بدن** فرق می‌کند.
۳) میزان تولید ATP در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای تحت کنترل **میزان ATP و ADP** یاخته می‌باشد (درستی گزینهٔ (۱)).
۴) در صورت **زیادی ATP** در یاخته، آنزیم‌های مورد نیاز برای فرایندهای **قندکافت و چرخهٔ کربس** مهار می‌شوند تا انرژی یاخته صرف تولید ATP نشود (درستی گزینه‌های (۲) و (۴)).
۵) در صورت **کمبود ATP** و **زیادی ADP**، آنزیم‌های قندکافت و چرخهٔ کربس برای تولید ATP فعال می‌شوند تا انرژی مورد نیاز واحد زیستی فراهم شود (نادرستی گزینهٔ (۳)).
۶) یاخته‌های بدن به‌طور معمول ابتدا از گلوکز آزاد خون و سپس به کمک هورمون گلوکاگون و با تجزیهٔ گلیکوژن کبد به گلوکز از این ماده در تأمین انرژی استفاده می‌کنند.
۷) در صورت کمبود گلوکز، یاخته‌ها برای تأمین انرژی به ترتیب به **تجزیه چربی‌ها و پروتئین‌ها** می‌پردازند.
۸) افرادی که رژیم غذایی نامناسب دارند یا غذای کافی در اختیار ندارند، در طولانی‌مدت به دلیل تجزیهٔ چربی‌ها و پروتئین‌ها دچار تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌ها و ضعف سیستم ایمنی در اثر سوء تغذیه می‌شوند.

B ۷۰۲ ـ ۲ ـ موارد (الف) و (ج) صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) درست است. منبع انرژی یاخته‌های بدن، به‌طور معمول از تجزیهٔ گلوکز در تنفس یاخته‌ای ایجاد می‌شود که ذخیرهٔ آن به صورت گلیکوژن در کبد و ماهیچه می‌باشد. / ب) نادرست است. کراتین فسفات نوعی منبع انرژی برای یاخته‌های ماهیچه‌ای می‌باشد. / ج) درست است. انرژی‌زایی زیاد از چربی و پروتئین‌ها می‌تواند سبب اختلال در سیستم ایمنی شود. / د) نادرست است. یاخته‌های بخش بیرونی اپیدرم مرده‌اند و متابولیسم ندارند.

C ۷۰۳ ۱ محصولات نهایی تنفس یاخته‌ای، CO_2، ATP و H_2O می‌باشد ولی منظور سؤال H_2O و ATP بوده که در اثر عمل زنجیره‌های انتقال الکترونی راکیزه‌ها ایجاد می‌شوند. همان‌طور که می‌دانید تولید پروتئین در رناتن‌ها با واکنش‌های **سنتز آبدهی** و **مصرف انرژی** صورت می‌گیرد تا بین آمینواسیدها پیوند پپتیدی برقرار شود. پس تولید آب و مصرف ATP در این عمل صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): در عمل ویرایش آب مورد نیاز نمی‌باشد. / گزینهٔ (۳): انتقال H^+ در بین دو فضای درون راکیزه به مولکول ATP نیازی ندارد. / گزینهٔ (۴): تولید گلوکز از قند گلیکوژن ذخیره‌ای کبد در اثر هیدرولیز و مصرف آب ایجاد می‌شود که انرژی‌زا بوده ولی این انرژی به صورت گرما آزاد می‌شود نه ATP (*ATP در اثر تجزیه مونومرها در واکنش‌های انرژی‌زا مثل تنفس یاخته‌ای ایجاد می‌شود*).

A ۷۰۴ ۳ موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست هستند که در کادر زیر توضیح داده‌ام.

نکته

یاخته‌های بافت‌های بدنی انسان به‌طور معمول ابتدا از گلوکز و ذخایر قندی گلیکوژن کبدی خود برای انرژی‌زایی استفاده می‌کنند. در صورتی که این منابع کافی نباشند، این یاخته‌ها برای تأمین انرژی به سراغ تجزیه چربی‌ها و سپس پروتئین‌ها می‌روند. با تجزیه پروتئین‌ها، تحلیل و ضعف ماهیچه‌ای و ضعف سیستم ایمنی (*در اثر تجزیه پروتئین‌های دفاعی*) ایجاد می‌شود که همهٔ این عوامل از عوارض سوء تغذیه و فقر شدید غذایی شدید و طولانی‌مدت می‌باشد.

◀ پر واضح است که وقتی فردی دچار کمبود تأمین انرژی می‌شود، مواد غذایی مناسبی به بدن وی نرسیده است.

A ۷۰۵ ۴ با سوء تغذیه یا فقر غذایی طولانی مدت، ضعف سیستم ایمنی ایجاد می‌شود که این ضعف به دلیل تجزیه پروتئین‌های دفاعی برای تأمین انرژی بوده است. (*گزینهٔ (۱) در مورد بیماری‌های خودایمنی مثل دیابت نوع ۱ و MS می‌باشد و به سوء تغذیه ربطی ندارد.*)

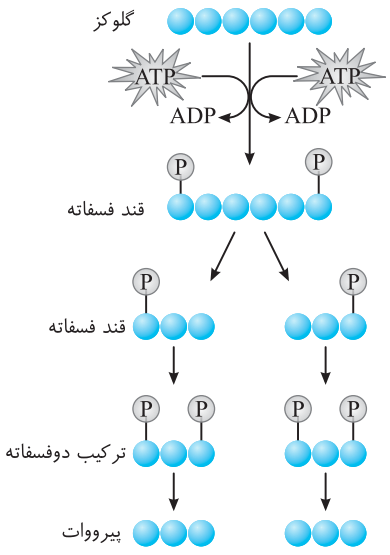
نکته

در اثر تجزیه شدید چربی‌ها به منظور تأمین انرژی نیز ضعف ماهیچه اسکلتی شروع می‌شود که این عمل در صورت عدم کافی بودن گلیکوژن ذخیره‌ای صورت می‌گیرد نه فقدان آن!! (*مثانه در گزینهٔ (۲)، یک ماهیچهٔ صاف است نه اسکلتی!*).

پاسخ آرشیو تست‌های پیشرفته ATP

B ۷۰۶ ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) نادرست می‌باشند. همان‌طور که در ایستگاه قندکافت مشاهده کردید و در شکل زیر هم ملاحظه می‌کنید، مواد قندی فسفاته شده یکی قند فروکتوز شش‌کربنی دوفسفاته محصول مرحلهٔ اول می‌باشد و یکی هم قند سه‌کربنی دوفسفاته محصول مرحلهٔ سوم می‌باشد. برای تولید هر قند شش‌کربنی (*غیر سکربنی*) دوفسفاته، دو مولکول ATP در مرحلهٔ اول مصرف می‌شود و دو تا ADP تولید می‌شود (درستی ج).

تله‌های تستی الف) در قندکافت، هر مولکول قند شش‌کربنی دوفسفاته در نهایت به **دو** تا ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته تبدیل می‌شود که در مرحلهٔ آخر چهار مولکول ATP (*از هر سکربنی دوفسفاته، دو ATP*) ایجاد می‌شود. / ب) پیرووات مولکولی سه‌کربنی می‌باشد که هرکدام آن از تبدیل یک ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته و آزاد شدن دو تا ATP به دست می‌آید. / د) در مرحلهٔ قندکافت، استیل کوآنزیم A ایجاد نمی‌شود. (*دقت کنید که دو تا پیرووات حاصل از قندکافت در مرحلهٔ هوازی تنفس به دو تا استیل کوآنزیم A تبدیل می‌شود ولی در این سؤال مراحل قندکافت مورد بحث قرار گرفته است.*)



محصولات هر ماده در قندکافت

ایستگاه ۳۴

ماده قندکافت / محصول در قندکافت	بازده محصولات نهایی هر ماده طی قندکافت
گلوکز	دو تا پیرووات + $2ATP$ + $2NADH, H^+$
قند شش‌کربنی فسفاته شده	دو تا پیرووات + $4ATP$ + $2NADH, H^+$
ترکیب سه‌کربنی	یک پیرووات + $2ATP$ + $NADH, H^+$

C ۷۰۷ ۱ فقط مورد (الف) مورد نظر است.

نکته

یک راه تولید ATP در یاخته در سطح پیش‌ماده است. به این مفهوم که از انتقال یک گروه فسفات از مولکولی فسفات‌دار به ADP، مولکول ATP ساخته می‌شود. در مرحلهٔ آخر قندکافت هر مولکول سه‌کربنی که دارای دو گروه فسفات است، هنگام تبدیل شدن به پیرووات، ۲ گروه فسفات خود را به ۲ مولکول ADP انتقال می‌دهد و باعث ایجاد $2ATP$ می‌شود. (*تولید ATP در سطح پیش‌ماده، هم در چرخهٔ کربس و هم در مرحلهٔ آخر قندکافت رخ می‌دهد.*)

ساخت ATP در زنجیره‌های انتقال الکترون، به صورت تولید ATP در سطح پیش‌ماده نمی‌باشد، زیرا در سطح پیش‌ماده یک فسفر معدنی با ADP ترکیب و ATP تولید می‌شود ولی در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه به ازای عبور مولکول‌های $NADH$ و $FADH_2$ از پمپ‌های غشایی، توسط کانال انتقال دهنده پروتون، ATP تولید می‌شود. در سبزدیسه نیز همراه با انتقال الکترون، انرژی آن صرف تولید ATP نوری در کانال انتقال دهندهٔ پروتون می‌شود.

تله‌های تستی ب) باکتری‌ها از جمله عامل سینه‌پهلو، فاقد راکیزه می‌باشند. / ج) تولید ATP در مراحل قندکافت و چرخه‌های کربس از نوع ATPسازی در سطح پیش‌ماده می‌باشد. / د) در فصل ۶ می‌خوانیم که تولید ATP نوری سبزدیسه‌ها، همانند تولید ATP اکسایشی در راکیزه‌ها، نیازمند واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد و از نوع ATP پیش‌ماده‌ای نیستند.

C ۷۰۸ ۳ مـوارد (الـف)، (ب) و (ج) منظور هسـتند. قندکافت فرایندی اسـت که فقط در **یاخته‌های مرده** متوقف می‌شـود. بنابراین در آونـد چوبی، چوب‌پنبه‌ها و اسکلرانشیم گیاهان که بافت مرده‌اند، قندکافت دیده نمی‌شود. ساخته شدن نوری ATP در بافت‌های فعال سبزدیسه‌دار رخ می‌دهد (نادرستی الف). انتقال مواد معدنی را در آوند چوبی می‌توان دید (نادرستی ب). هر دو بافت مرده اسکلرانشیم و آوند چوبی، نقش استحکامی دارند و چون مرده‌اند به مواد آلی نیاز ندارند (*انتقال مواد آلی در گیاه مخصوص بافت زنده آبکش می‌باشد.*) (نادرستی ج و درستی د).

B ۷۰۹ ۱ در مرحلهٔ اول قندکافت، انرژی فعال‌سـازی مورد نیاز اسـت. در این مرحله تجزیه دو مولکول ATP صورت گرفته و واکنش‌هایی انرژی‌زا می‌باشـد که طی آن قند شش‌کربنی (*گلوکز*) به قند شش‌کربنه (*فروکتوز*) دوفسفاته دیگری تبدیل می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): ADP در مرحلهٔ آخر وارد واکنش‌های قندکافت می‌شـود که در آن ترکیب **سه**‌کربنی دوفسـفاته بدون تغییر در تعداد کربن، به بنیان پیرووات **سه**‌کربنی تبدیل می‌شـود. / گزینهٔ (۳): در مرحلهٔ سـوم قندکافت (*گلیکولیز*) بدون اینکه ATP تجزیه شـود، هر یاخته‌ای از فسـفات‌های آزاد استفاده کرده و قند سه‌کربنی یک‌فسفاته را به اسید سه‌کربنی دوفسفاته تبدیل می‌کند. / گزینهٔ (۴): ترکیب دوفسفاته در مرحلهٔ دوم و چهارم وارد واکنش‌های قندکافت می‌شود که در مرحلهٔ دوم سبب نصف شدن تعداد کربن قند شش‌کربنه به دو مولکول قندی سه‌کربنی می‌شود ولی در مرحلهٔ چهارم ترکیب سه‌کربنی به پیرووات سه‌کربنی تبدیل می‌شود.

B ۷۱۰ ۱ برای پاسخ دادن راحت به این‌گونه سؤالات ابتدا ایستگاه زیر را مطالعه کنید تا بعد به راحتی در مورد آن بحث کنیم و راه زدن این مدل تست‌ها را پیدا کنید.

ایستگاه ۳۵

محصولات هر مرحلهٔ انواع تنفس یاخته‌ای در یک نگاه

مرحلهٔ تنفسی	قندکافت	اکسایش پیرووات تا استیل‌کوآنزیم A	اکسایش استیل در چرخهٔ کربس	زنجیرهٔ انتقال الکترون	واکنش‌های تخمیر لاکتیکی بعد از قندکافت	واکنش‌های تخمیر الکلی بعد از قندکافت
تولید ATP در سطح پیش‌ماده	**دارد**	ندارد	**دارد**	ندارد	ندارد	ندارد
تولید ATP اکسایشی	ندارد	ندارد	ندارد	**دارد**	ندارد	ندارد
تولید حامل الکترونی $NADH$ (دی‌نوکلئوتیدی)	**دارد**	**دارد**	**دارد**	ندارد	ندارد	ندارد
تولید حامل الکترونی $FADH_2$ (دی‌نوکلئوتیدی)	ندارد	ندارد	**دارد**	ندارد	ندارد	ندارد
تولید H_2O نهایی	ندارد	ندارد	ندارد	**دارد**	ندارد	ندارد
دوباره‌سازی NAD^+ (گیرنده الکترونی)	ندارد	ندارد	ندارد	**دارد**	**دارد**	**دارد**
دوباره‌سازی FAD (گیرنده الکترونی)	ندارد	ندارد	ندارد	**دارد**	ندارد	ندارد
تولید CO_2	ندارد	**دارد**	**دارد**	ندارد	ندارد	**دارد**

حالا برگردیم به حل تست: با توجه به این ایستگاه متوجه می‌شویم که دو مرحلهٔ قندکافت و چرخهٔ کربس، مراحلی هستند که هم تولید ATP دارند و هم حامل الکترونی دی‌نوکلئوتیدی ($NADH$، $FADH_2$ یا هر دو) را تولید می‌کنند. در هر دو این واکنش‌ها در مرحلهٔ اول آن‌ها فرآورده شـش‌کربنی ایجاد می‌شـود. (*دقت کنید که در مرحلهٔ تبدیل پیرووات به استیل‌کوآنزیم A ، فقط $NADH$ و CO_2 تولید می‌شود ولی ATP ایجاد نمی‌شود.*)

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): واکنش‌های چرخهٔ کربس از نوع هوازی هستند و برخلاف قندکافت و تخمیر به O_2 محتاج هستند. / گزینهٔ (۳): وجود پروتئین‌های کانالی یا پمپ‌های انتقال دهنده پروتون، مخصوص واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشـد که طی آن ناقل الکترونی اکسـایش می‌شـود تا دوباره‌سـازی گیرنده‌های الکترونی انجام شود. / گزینهٔ (۴): در واکنش‌های چرخهٔ کربس مولکول آلی سه‌کربنی وجود ندارد.

B ۷۱۱ ۲ هـدف واکنش‌هـای تنفس یاخته‌ای، آزاد کردن انرژی موجود در پیوندهای کربن - هیدروژن مولکول گلوکز می‌باشـد. ایـن مولکول (*گلوکز*) ابتدا با گرفتن انـرژی از دو مولکـول ATP، بـه صـورت پرانرژی‌ترین ماده واکنش یعنی قند فروکتوز دوفسـفاته درمی‌آید و سـپس در مرحلهٔ بعدی قندکافت نصف شـده تا به دو تا قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل شود. هرچه در تنفس جلوتر می‌رویم با آزاد شدن ATP، $NADH$ و $FADH_2$ مقدار انرژی مولکول‌ها نیز کاهش می‌یابد.

گزینهٔ (۱) در مورد ماده شش‌کربنی چرخهٔ کربس، گزینهٔ (۳) در مورد گلوکز اولیه و گزینهٔ (۴) در مورد پیرووات می‌باشد.

ترتیب مواد پرانرژی در واکنش‌های تنفس هوازی:

قند فروکتوز شش‌کربنی دوفسفاته > گلوکز > ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته > پیرووات > استیل > $NADH$ > $FADH_2$ > ATP

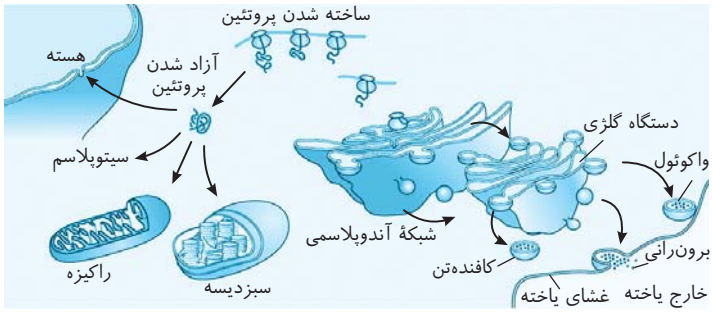
◀ از آنجا که $NADH$، هر سه پمپ زنجیرهٔ انتقال الکترون را فراهم می‌کند ولی $FADH_2$، دو پمپ را فعال می‌کند، ان‌شاءالله در دانشگاه می‌خوانید که انرژی بیشتری از اکسایش $NADH$ ایجاد می‌شود.

۷۱۲ (C) ۱ منظور از کانال پلاسمودسمی، سیتوپلاسم موجود در بین دو یاختهٔ گیاهی است که مرحلهٔ قندکافت در آن انجام می‌شود. لطفاً گول تنفس هوازی را نخورید چون این تنفس، دو بخش غیرهوازی (*قندکافت*) و هوازی (*از آکسایش پیروات*) دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. در مرحلهٔ آخر قندکافت که اسید سه‌کربنی دوفسفاته به پیروات تبدیل می‌شود، همراه با تولید هر ATP یک مولکول آب نیز تولید می‌شود. / گزینهٔ (۲): نادرست است. کوآنزیم A در بخش هوازی و درون راکیزه استفاده می‌شود. / گزینهٔ (۳): نادرست است. شکستن فروکتوز دوفسفاته مدنظر است که به دو قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل می‌شود. / گزینهٔ (۴): نادرست است. مواد نوکلئوتیدی می‌توانند ADP، ATP و NAD^+ باشند که فقط همراه با مصرف NAD^+، یک پروتون (H^+) به همراه $NADH$، ایجاد می‌شود.

۷۱۳ (C) ۱ موارد (ب) و (ج) نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) درست است. راکیزه‌ها برای انجام واکنش‌های تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته می‌باشند که برخی توسط DNA خطی هسته و برخی توسط دنا (DNA) حلقوی راکیزه رمزگردانی می‌شود. محل تولید این پروتئین‌ها نیز برخی در رناتن سیتوپلاسمی و برخی در رناتن راکیزه‌ای می‌باشد. / ب) نادرست است. رناتن‌های موجود در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم یوکاریوت‌ها، همواره عمل ترجمه را پس از رونویسی و خروج $mRNA$ از منافذ هسته انجام می‌دهند ولی در پروکاریوت‌ها، راکیزه و سبزدیسه‌ها، رناتن‌هایی وجود دارند که هم‌زمان با ساخت RNA و عمل رنابسپاراز، فعالیت ترجمه را آغاز می‌کنند. / ج) نادرست است. همان‌طور که در فصل ۲ دوازدهم یاد گرفتید، پروتئین‌هایی پس از ساخت، از شبکهٔ آندوپلاسمی و گلژی عبور می‌کنند که هدف خروج از یاخته دارند و یا در درون واکوئل‌ها و لیزوزوم (*کاهنده‌تن*)ها قرار می‌گیرند.



نکته

در شکل کتاب مشاهده می‌کنید که پروتئین‌های وارد شده از سیتوپلاسم به هسته، راکیزه و سبزدیسه، از دستگاه گلژی و شبکهٔ آندوپلاسمی عبور نمی‌کنند.

د) درست است. ATP اکسایشی و ATP نوری به ترتیب در **راکیزه‌ها و سبزدیسه‌ها** به کمک نقش زنجیرهٔ انتقال الکترون تولید می‌شوند. پروتئین‌های ساخت این فرایندها یا در رناتن سیتوپلاسم و بدون نیاز به عبور از گلژی و شبکهٔ آندوپلاسمی تولید می‌شود و یا در رناتن مخصوص خود اندامک ایجاد می‌شود.

۷۱۴ (C) ۳ فقط مورد (الف) نادرست تکمیل می‌کند. منظور از مرحلهٔ اول تنفس یاخته‌ای، «قندکافت» است.

تله‌های تستی الف) نادرست است. در یاخته‌های مردهٔ گیاهی مانند اسکلرانشیم و آوند چوب، تنفس یاخته‌ای و واکنش‌های سوخت‌وسازی دیده نمی‌شود. / ب) درست است. در قندکافت، پس از شکستن گلوکز دوفسفاته در مرحلهٔ دوم، همهٔ پیش‌ماده‌ها و محصولات اصلی دارای سه کربن می‌باشند. / ج) درست است. ADP تولیدی در مرحلهٔ ۱ و ATP تولیدی در مرحلهٔ ۴، هر دو نوکلئوتید هستند ولی تعداد فسفات آن‌ها متفاوت می‌باشد. این دو نوکلئوتید در واکنش‌های قندکافت به هم تبدیل می‌شوند. / د) درست است. در قندکافت، در مرحلهٔ پس از استفاده از ATP، قند شش‌کربنه دوفسفاته حاصله از وسط نصف می‌شود.

۷۱۵ (B) ۳ اولین مرحلهٔ فسفاته شدن در ابتدای قندکافت است که یک قند دوفسفاته و دو ADP ایجاد می‌شود و سپس در مرحلهٔ سوم و طی فسفاته شدن دیگری، دو ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. در مرحلهٔ آخر قندکافت، همراه با تولید پیرووات‌ها، تعدادی ATP تولید شده ولی در مرحلهٔ اول ATP مصرف می‌شود که تنها مرحله انرژی‌خواه واکنش‌های تنفس یاخته‌ای می‌باشد. / گزینهٔ (۲): درست است. فسفات مورد استفاده در مرحلهٔ اول قندکافت از ATP تأمین می‌شود و ترکیب شش‌کربنه حاصل می‌شود ولی فسفات مورد استفاده در مرحلهٔ بعدی فسفاته شدن از فسفات آزاد یاخته به دست می‌آید. / گزینهٔ (۴): درست است. در مرحلهٔ سوم قندکافت، قند سه‌کربنی یک‌فسفاته واکنش را آغاز می‌کند که همانند AMP یک گروه فسفات دارد.

۷۱۶ (B) ۲ در گلیکولیز، مولکول‌های دوفسفاته عبارتند از: ADP، قند شش‌کربنی دوفسفاته و ترکیب اسیدی سه‌کربنی دوفسفاته، در مورد گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) به تبدیل ATP و ADP به هم نیز دقت کنید. در این تست، تنها گزینهٔ (۲) برای هر سه مورد صحیح است چون واکنش‌ها آنزیمی هستند و تولید این سه ماده همراه با اتصال گروه فسفات به یک ترکیب آلی می‌باشد. از طرفی دقت کنید که گلوکز، فروکتوز دوفسفاته و قندهای سه‌کربنی یک‌فسفاته ماهیت هیدرات کربنی دارند، ولی ATP و ADP دارای هیدرات کربن با ماهیت نوکلئوتیدی می‌باشند.

۷۱۷ (B) ۱ فقط مورد (د) صحیح است. تولید $NADH$ در تنفس یاخته‌ای در مراحل قندکافت، تبدیل پیرووات به استیل و اکسایش استیل در چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد ولی فقط در مرحلهٔ قندکافت، تولید $NADH$ همراه با تولید CO_2 نمی‌باشد. **فضای خارج راکیزه** همان مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم است که واکنش‌های قندکافتی در آن صورت می‌گیرد (درستی د).

تله‌های تستی الف) می‌توانند مربوط به واکنش پروتئین‌سازی در رناتن راکیزه باشند که رمزه و پادرمزه به هم متصل می‌شوند. / ب) مربوط به دوباره‌سازی NAD^+ و FAD می‌باشد که در غشای درونی راکیزه رخ می‌دهد. / ج) شیب غلظت H^+ یا همان تراکم پروتون در فضای بین دو غشای راکیزه ایجاد می‌شود که به آن بخش خارجی فضای درونی راکیزه می‌گویند.

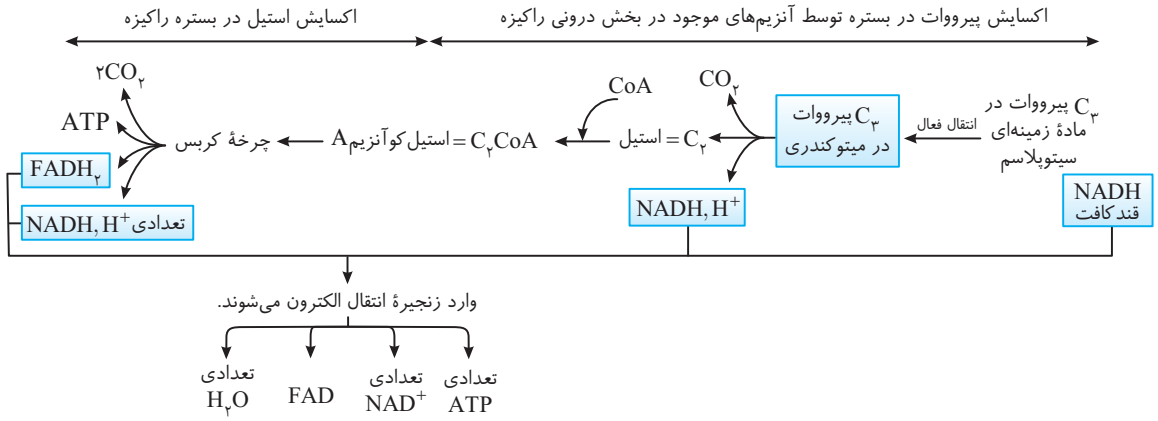
۷۱۸ (B) ۲ در این سؤال ابتدا به کلمهٔ **«فضای»** درون راکیزه دقت کنید و آن را با بخش‌هایی از راکیزه اشتباه نگیرید. در راکیزه دو غشا و دو فضا وجود دارد. این دو فضای درون راکیزه، در بخش بیرونی که بین دو غشای اندامک قرار دارد محل تجمع یون‌های H^+ در عمل زنجیرهٔ انتقال الکترون است و بخش درونی حاوی مایع بستره است که DNA حلقوی، رناتن مخصوص، عمل همانندسازی، رونویسی و ترجمه دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): رناتن مخصوص و دنای راکیزه هر دو در بخش درونی فضای راکیزه‌ای وجود دارند. / گزینهٔ (۳): پروتئین‌های درون راکیزه هم در رناتن راکیزه و هم در رناتن‌های سیتوپلاسمی تولید می‌شوند. در بستره، آنزیم کاهش دهندهٔ الکترونی FAD برای تبدیل به $FADH_2$ نیز وجود دارد. / گزینهٔ (۴): مجموعه آنزیمی اکسایش قند سه‌کربنی در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم واقع می‌باشد نه در فضاهای اندامک! در غشای درونی میتوکندری، پمپ‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، هم مسئول انتقال الکترون و هم پروتون می‌باشند. (*متن سؤال در مورد عوامل موجود در فضای راکیزه می‌باشد، نه غشای راکیزه!*)

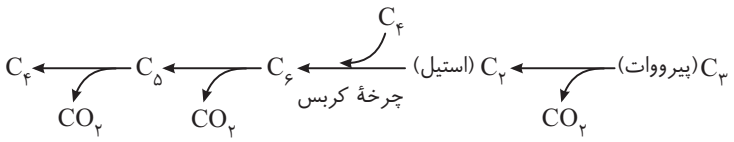
C ۷۱۹ ۳ لطفاً قبل از دیدن پاسخ این سؤال ایستگاه زیر را بررسی کنید تا مسیر اکسایش یک مولکول پیرووات را در تنفس هوازی تا پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون دوره کنید.

ایستگاه ۳۶

اکسایش پیرووات



تنه‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. با توجه به مسیر تولید استیل‌کوآنزیم A از پیرووات ملاحظه می‌کنید که ابتدا NADH و CO_2 تولید می‌شوند و سپس کوآنزیم A به بنیان استیل متصل می‌شود. / گزینهٔ (۲): نادرست است. به ازای اکسایش هر پیرووات در تنفس هوازی تا رسیدن به ماده پنج‌کربنی چرخهٔ کربس، دو مولکول CO_2 **تولید می‌شود** (نه مصرف!). یک CO_2 در تبدیل پیرووات تا استیل و یک CO_2 در مرحله تبدیل ماده شش‌کربنی چرخهٔ کربس به پنج‌کربنی!! / گزینهٔ (۳): درست است. در اکسایش یک مولکول پیرووات، ابتدا تا رسیدن به استیل، یک مولکول CO_2 آزاد می‌شود و دو مولکول دیگر تا رسیدن به اولین مولکول چهارکربنی چرخهٔ کربس می‌باشد که مجموعاً سه تا CO_2 آزاد می‌شود.



گزینهٔ (۴): نادرست است. مواد کمک‌کننده آنزیمی همان **کوآنزیم‌ها** می‌باشند. در تنفس یاختهٔ کوآنزیم A در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس و در هنگام ترکیب C_4 با گروه استیل آزاد می‌شود تا مولکول C_6 تولید شود.

B ۷۲۰ ۳ در تنفس یاخته‌ای، تولید $FADH_2$ در واکنش‌های چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد که برای اکسایش گروه استیل در چرخهٔ کربسِ بستره راکیزه انجام می‌شوند.

تنه‌های تستی گزینهٔ (۱): تولید مادهٔ شش‌کربنی هم در مرحلهٔ اول قندکافت با مصرف ATP همراه می‌باشد و هم در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۲): در برخی واکنش‌های چرخهٔ کربس و در مراحل ۱، ۳ و ۴ قندکافت تعداد کربن پیش‌ماده‌ها و محصولات یکسان می‌باشد. / گزینهٔ (۴): تولید CO_2 برای تبدیل پیرووات به استیل با عمل مجموعه آنزیمی موجود **در غشای درونی راکیزه** رخ می‌دهد (البته این موضوع در شکل کتاب مشخص است ولی جایگاه فعال واکنش اکسایش پیرووات در بستره راکیزه می‌باشد). ولی CO_2هایی که در چرخهٔ کربس تولید می‌شوند توسط آنزیم‌های موجود در بستره راکیزه ایجاد شده‌اند.

B ۷۲۱ ۴

نکته

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل **مولکول‌های** CO_2 تجزیه شود. بخشی از این تجزیه در قندکافت و بخشی در مراحل اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد. CO_2 در انتقال مواد از پمپ سدیم پتاسیم نقشی ندارد ولی این پمپ برای فعالیت به ATP یا انرژی زیستی نیاز دارد.

ایستگاه ۳۷

هرچه باید برای کنکور در مورد CO_2 بدانید

۱) به عنوان ماده اولیه در فتوسنتزکننده‌ها و سایر جانداران تولیدکننده برای ساخت مواد آلی به کار می‌رود.
۲) در اثر استفاده از سوخت‌های **فسیلی** و همچنین با استفاده از سوخت‌های **زیستی** ایجاد می‌شود.
۳) طی تنفس یاخته‌ای هوازی، تخمیر الکلی و تنفس نوری گیاهان ایجاد می‌شود ولی در **تخمیر لاکتیکی** تولید نمی‌شود.
۴) بیشترین مقدار آن (٪۷۰) **در خون** به صورت **یون بی‌کربنات** و به کمک عمل کربنیک‌انیدراز گویچهٔ قرمز منتقل می‌شود ولی مقداری از آن (حدود ٪۲۳) با اتصال به هموگلوبین و فقط مقدار کمی از آن (حدود ٪۷) نیز به صورت محلول در پلاسما منتقل می‌شود.
۵) در مجاورت مویرگ بافتی به صورت برگشت‌پذیر به هموگلوبین متصل شده و در نزدیکی شش از آن جدا می‌شود.
۶) محل اتصال CO_2 به هموگلوبین با محل اتصال O_2 و CO متفاوت می‌باشد.
۷) در بصل‌النخاع گیرنده‌های **شیمیایی** حساس به CO_2 وجود دارد که با تحریک آن‌ها آهنگ تنفسی **زیاد** می‌شود.
۸) **سرخرگ ششی** بیشترین نسبت CO_2 را در مقایسه با سایر رگ‌های بدن دارد.
۹) CO_2 همانند سایر گازهای تنفسی به صورت محلول در خون وجود دارد و با انتشار هم از راه منافذ و هم از دیوارهٔ مویرگ عبور می‌کند.

۱۰) CO_2 با تأثیر بر ماهیچه‌های **صاف** دیوارهٔ رگ‌ها، **سرخرگ‌های کوچک را گشاد کرده** و بنداره مویرگی انتهای آن‌ها را با به استراحت درآوردن ماهیچه‌ها **باز** می‌کند تا میزان جریان خون موضعی بافت را افزایش دهد (رد گزینهٔ (۳)).

۱۱) افزایش CO_2 در خون با تحریک گیرنده‌های **شیمیایی** سرخرگ‌های **بزرگ**، به کمک سیستم **عصبی** سبب سازوکار **انعکاسی** برای **حفظ فشار خون سرخرگی** می‌شود (رد گزینهٔ (۲)).

۱۲) CO_2 در مرحلهٔ اکسایش پیروات تا تولید استیل CoA توسط آنزیم‌های موجود در غشای درونی راکیزه تولید می‌شود. در چرخهٔ کربس نیز توسط آنزیم‌های موجود در بستره راکیزه در دو مرحله تولید CO_2 صورت می‌گیرد (رد گزینهٔ (۱)).

B ۷۲۲ ـ **۴** موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

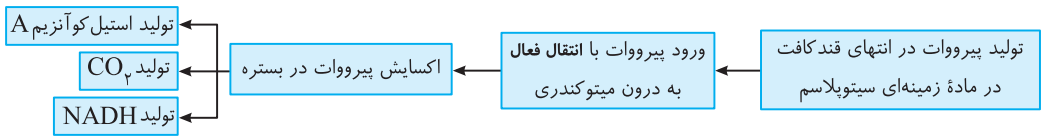
تله‌های تستی الف) نادرست است. در واکنش‌های چرخهٔ کربس **تولید** CO_2 در دو مرحله تولید و تجزیه ماده پنج‌کربنی صورت می‌گیرد (*مصرف CO_2 ویژهٔ فتوسنتزی‌هاست*). / ب) درست است. در مرحلهٔ سوم چرخهٔ کربس با تبدیل ماده پنج‌کربنی به چهارکربنی، یک مولکول CO_2 تولید می‌شود. / ج) نادرست است. در چرخهٔ کربس ATP و CO_2 تولید می‌شوند (*نه مصرف!!*) ولی FAD و NAD^+ همانند ADP به مصرف می‌رسند. / د) نادرست است. آزاد شدن کوآنزیم A در چرخهٔ کربس، محصول واکنش مرحلهٔ اول می‌باشد که در اثر ترکیب C_4 با گروه استیل، مادهٔ شش‌کربنی تولید می‌شود و در حین این عمل کوآنزیم A از مولکول دوکربنی جدا می‌شود.

B ۷۲۳ ـ **۳** موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست هستند. در تنفس یاخته‌ای تولید ماده‌های پنج‌کربنی و چهارکربنی **فقط در چرخهٔ کربس** صورت می‌گیرد که در این چرخه تولید CO_2، ATP، $NADH$ و $FADH_2$ صورت می‌گیرد ولی تولید ADP و ماده سه‌کربنی صورت نمی‌گیرد (درستی ب و نادرستی الف و د).

نکته
در تنفس یاخته‌ای، مولکول شش‌کربنی در مراحل قندکافت و چرخهٔ کربس وجود دارد که تولید کوآنزیم A مخصوص چرخهٔ کربس است ولی $NADH$ در هر دو واکنش تولید می‌شود (نادرستی ج).

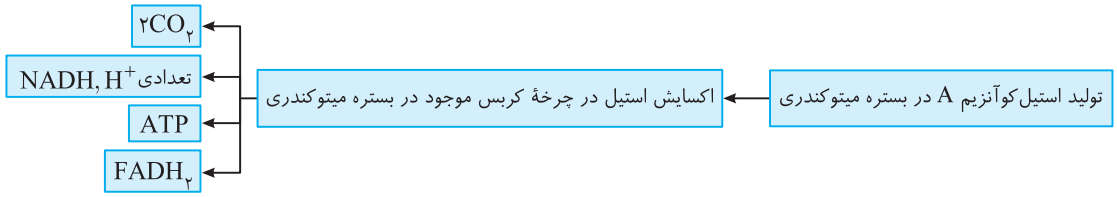
C ۷۲۴ ـ **۲** فقط مورد (ب) عبارت را به درستی تکمیل می‌کند.

نکته



عبارت (الف) و (ج) نادرست می‌باشند، چون پیروات با صرف انرژی وارد راکیزه شده (نادرستی ج) و سپس اکسایش می‌شود یعنی الکترون از دست می‌دهد (نادرستی الف).

نکته



نکتهٔ بالا دلیل درستی عبارت (ب) را نیز نشان می‌دهد. در مورد نادرستی عبارت (د) دقت کنید که اتصال استیل با ماده چهارکربنی سبب تولید ماده شش‌کربنی می‌شود و در این واکنش CO_2 تولید نمی‌شود.

C ۷۲۵ ـ **۳** موارد (الف) و (د) متفاوت می‌باشند. انتقال پیروات محصول قندکافت از مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم به درون راکیزه با **انتقال فعال** (*با صرف انرژی*) و به کمک پروتئین‌های انتقال دهنده در غشاهای راکیزه صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی الف) متفاوت است. خروج پروتئین مثل آمیلاز از یاخته چون درشت مولکول می‌باشد به صورت برون‌رانی یا **اگزوسیتوز** رخ می‌دهد که نوعی انتقال فعال نمی‌باشد. / ب) یکسان است. انتقال پروتون در فضاهای درون راکیزه از بخش درونی (*بستره*) به بخش بیرونی (*فضای بین دو غشا*) با انتقال فعال و توسط پمپ‌ها صورت می‌گیرد. / ج) یکسان است. انتقال یون‌ها در مکانیسم فشار ریشه‌ای به صورت انتقال فعال است. / د) متفاوت است. انتقال کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی به تارچه به صورت انتشار می‌باشد.

C ۷۲۶ ـ **۱** در قندکافت که بخش بی‌هوازی تنفس یاخته‌ای می‌باشد، **چهار نوع ماده** دوفسفاته وجود دارد، یکی ADP که در مرحلهٔ اول در واکنش تجزیه ATP و تبدیل C_6 به C_6 ایجاد می‌شود. دیگری قند شش‌کربنی دوفسفاته است که همانند ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته این واکنش‌ها در اثر فسفاته شدن ایجاد شده است (*ADP در اثر واکنش فسفاته شدن ایجاد نشده است*). دو تای دیگر $NADH$ و اسید سه‌کربنی دو فسفاته هستند که همگی بدون کاهش تعداد کربن ایجاد شده‌اند.

C ۷۲۷ ـ **۴** موارد (الف)، (ب) و (د)، فاقد این ویژگی غشای درونی راکیزه می‌باشند. درون راکیزه دو فضا وجود دارد که در دو طرف غشای درونی چین‌خورده این اندامک می‌باشد. در حقیقت وجود **غشای درونی** راکیزه سبب ایجاد بخش بیرونی یا فضای بین دو غشا و بخش درونی به نام بستره می‌شود. این غشا فقط به سمت داخل یعنی به سمت بستره چین‌خوردگی دارد (رد ب) و حاوی پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون و کانال H^+ می‌باشد که سبب اکسایش $NADH$ و $FADH_2$ می‌شود (درستی ج).

نکته
DNA حلقوی و مکانیسم تولید آب در بستره راکیزه‌ها وجود دارد (رد الف و د).

C ۷۲۸ ـ ۳ فقط مورد (ج) صحیح می‌باشد. با توجه به ایستگاه ۳۰ حتماً می‌توانید به این سؤال سخت پاسخ دهید. به‌جز کانال H^+ که نقش ATP سازی دارد، سایر پمپ‌ها و پروتئین‌ها، در انتقال الکترون‌های حاملین الکترون نقش دارند ولی همگی از انرژی انتقال الکترون استفاده می‌کنند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. پمپ‌های H^+ حاوی بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز در کل عرض غشای داخلی راکیزه می‌باشند ولی به‌طور مثال پروتئین ناقلی که بین دو پمپ اول زنجیره قرار دارد فقط ویژگی آب‌گریز دارد و با دم اسیدهای چرب در تماس می‌باشد. / ب) نادرست است. انتقال پروتون را فقط پمپ‌ها و کانال H^+ انجام می‌دهند ولی ناقلین پروتئینی ارتباط دهندهٔ پمپ‌ها **فقط** در عبور **الکترون‌ها** نقش دارند. / ج) درست است. همهٔ عوامل موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون، با انتقال الکترون، سبب انرژی‌گیری از الکترون‌ها شده و به فعال شدن پمپ‌ها برای عبور H^+ برخلاف شیب غلظت از بستره به فضای بین دو غشا کمک می‌کنند. / د) نادرست است. در زنجیرهٔ انتقال الکترون، فقط پمپ سوم، الکترون‌های کم‌انرژی $NADH$ و $FADH_2$ را به بستره برمی‌گردانند تا به مولکول اکسیژن برسانند. سپس در بستره یون اکسید (O^{2-}) ایجاد می‌شود (دقت کنید که یون اکسید رادیکال آزاد نمی‌باشد).

B ۷۲۹ ـ ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) به نادرستی تکمیل می‌کنند.

نکته
FAD^+، فقط در بستره راکیزه در مرحله‌ای از چرخهٔ کربس مورد استفاده قرار می‌گیرد تا $FADH_2$ تولید شود. در بستره راکیزه، DNA حلقوی و همانندسازی توسط دنابسپاراز به همراه ویرایش وجود دارد (نادرستی الف).

سیستم‌های بیان ژن در راکیزه و سبزدیسه همانند پروکاریوت‌ها می‌باشند، پس عمل رونویسی را هم‌زمان با ترجمه انجام می‌دهد (نادرستی ب). تولید ATP در سطح پیش‌ماده در بستره راکیزه یعنی در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد (نادرستی د). دوباره‌سازی NAD^+ در پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون موجود در **غشای درونی** راکیزه صورت می‌گیرد (درستی ج).

B ۷۳۰ ـ ۲ موارد (الف)، (ب) و (د) در بخش بیرونی فضای درون راکیزه یعنی در فضای بین دو غشای راکیزه رخ نمی‌دهد. چون عبارت (الف) که دستگاه گلژی را بررسی می‌کند در بیرون راکیزه وجود دارد، عبارت (ب) در بستره یا بخش درونی راکیزه یعنی در رناتن‌های مخصوص راکیزه رخ می‌دهد و در انتها مورد (د) نیز نادرست است چون انتقال پروتون به فضای بین دو غشای راکیزه همراه با انتقال الکترون به این فضا صورت نمی‌گیرد.

نکته
انتقال H^+ از بستره به سمت فضای بین دو غشای راکیزه با انتقال **فعال** ولی به کمک **انرژی الکترون‌های عبوری** صورت می‌گیرد و ATP برای آن مصرف نمی‌شود. از طرفی انتقال H^+ از فضای بین دو غشای راکیزه به بستره نیز توسط کانال پروتئینی و با انتشار تسهیل‌شده انجام می‌شود که بی‌نیاز از مصرف ATP می‌باشد (درستی ج).

C ۷۳۱ ـ ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) به نادرستی تکمیل می‌کنند. $NADH$ ماده‌ای است که به‌طور مشترک هم در قندکافت و هم در تولید استیل از پیرووات ایجاد می‌شود. همهٔ $NADH$ها و $FADH_2$های مراحل مختلف تنفس یاخته‌ای در نهایت در زنجیرهٔ انتقال الکترون تنفس هوازی اکسایش می‌یابند.
مورد (الف) نادرست است چون $NADH$ در چرخهٔ کربس که مخصوص اکسایش گروه استیل می‌باشد نیز ایجاد می‌شود ولی موارد (ب) و (د) به ترتیب مربوط به ATP و CO_2 می‌باشد.

C ۷۳۲ ـ ۳ فقط در مورد (د) مصرف ATP صورت نمی‌گیرد.

تله‌های تستی الف) نادرست است. در تنفس یاخته‌ای، مرحلهٔ اول قندکافت نیاز به تجزیه ۲ATP دارد تا انرژی فعال‌سازی برای تجزیهٔ گلوکز در واکنش تهیه شود. / ب) نادرست است. پیرووات‌های حاصل از قندکافت از مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم با **انتقال فعال** وارد بستره راکیزه می‌شوند. این عمل با صرف انرژی از ATP صورت می‌گیرد. **همان‌طور که می‌دانید بستره راکیزه، بستره سبزدیسه و مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم حاوی رناتن‌هایی برای ترجمه می‌باشند.** / ج) نادرست است. در راکیزه با اینکه دنا و رناتن وجود دارد و برخی پروتئین‌های مورد نیاز تنفس یاخته‌ای ساخته می‌شود ولی برخی دیگر از پروتئین‌ها توسط دنای خطی هسته و رناتن سیتوپلاسم تولید می‌شود. این پروتئین‌ها برای ورود به راکیزه از شبکهٔ آندوپلاسمی و گلژی عبور نمی‌کنند ولی برای عبور از غشای راکیزه با مکانیسم آندوسیتوز (درون‌بری) و صرف انرژی وارد می‌شوند. / د) **درست** است.

نکته
انتقال پروتئین بین فضاهای درون راکیزه به دو روش زیر صورت می‌گیرد:
۱) انتقال H^+ از بخش درونی به بیرونی ← توسط پمپ‌های غشای درونی و با استفاده از انرژی عبوری الکترون‌ها انجام می‌شود.
۲) انتقال H^+ از بخش بیرونی به درونی ← توسط کانال H^+ صورت می‌گیرد. این عمل با انتشار تسهیل‌شده و بدون صرف انرژی زیستی می‌باشد.

C ۷۳۳ ـ ۲ همهٔ موارد نادرست می‌باشند. طی تنفس یاخته‌ای ابتدا در واکنش‌های قندکافت، پیرووات، $NADH$ و ATP تولید می‌شود. ATP به مصرف انرژی‌خواهی یاخته می‌رسد ولی پیرووات و $NADH$ در تنفس هوازی، از سیتوپلاسم وارد راکیزه می‌شوند. پیرووات‌ها به سمت اکسایش و تولید استیل‌کوآنزیم A و چرخهٔ کربس می‌روند ولی $NADH$ها باید به زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درون راکیزه وارد نشوند (پس منظور این سؤال $NADH$ و پیرووات می‌باشد).

تله‌های تستی الف) نادرست است. انتقال پیرووات از مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم به راکیزه با انتقال فعال و توسط پمپ‌های غشایی صورت می‌گیرد (نه کانال‌ها). / ب) نادرست است. $NADH$ دارای دو نوکلئوتید و باز آلی آدنین می‌باشد. / ج) نادرست است. $NADH$ برخلاف پیرووات وارد واکنش‌های چرخهٔ کربس نمی‌شود. / د) نادرست است. $NADH$ برخلاف پیرووات، طی واکنش‌های اکسایشی خود به گروه استیل تبدیل نمی‌شود.

C ۷۳۴ ـ ۱ یاخته‌های دیوارهٔ رودهٔ پرنده همانند یاخته‌های دیوارهٔ رودهٔ باریک گوسفند که گیاه‌خوار است مواد حاصل از تجزیهٔ سلولز یا گلوکز را جذب می‌نمایند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): جانوران آنزیم سلولاز نمی‌سازند. / گزینهٔ (۳): پرنده فاقد معده کیسه‌ای‌شکل است. / گزینهٔ (۴): در مرحلهٔ دوم یا هوازی تنفس، ADP تولید نمی‌شود.

C ۷۳۵ ـ ۳ موارد (الف)، (ج) و (د) به نادرستی تکمیل می‌کنند. در تجزیهٔ گلوکز، انرژی تجزیه پیوندهای این ماده صرف تولید ATP، $NADH$ و $FADH_2$ می‌شود که همگی نوکلئوتیدی می‌باشند. ATP نوکلئوتیدی با سه گروه فسفات بوده و دو ماده دیگر نیز دارای دو نوکلئوتید می‌باشند و قطعاً می‌دانید که در هر نوکلئوتید، حلقهٔ آلی پنتوز هیدرات کربنی وجود دارد.

تله‌های تستی الف) $FADH_2$ در واکنش‌های قندکافتی یا قندکافت تولید نمی‌شود. / ج) اکسایش استیل در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد که محصولات مختلف آن طبق متن کتاب درسی در مراحل و واکنش‌های مختلف این چرخه تولید می‌شوند. / د) در زنجیرهٔ انتقال الکترون فقط $NADH$ و $FADH_2$ اکسایش می‌شوند. (ATP در زنجیرهٔ انتقال الکترون، اکسایش نمی‌شود.)

B ۷۳۶ ۴ در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه‌ها، از اکسایش $NADH$ و $FADH_2$ به ترتیب NAD^+ و FAD حاصل می‌شوند که این مولکول‌ها برای انجام تنفس‌های بعدی و ادامهٔ روند تولید ATP الزامی می‌باشند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): انتقال یون‌های H^+ به بخش خارجی راکیزه (فضای بین دو غشا) به کمک پمپ و با **صرف انرژی زیستی** حاصل از الکترون‌ها می‌باشد. / گزینهٔ (۲): در بین دو پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه، $FADH_2$ توسط پروتئین زنجیره، اکسید شده (الکترون از دست می‌دهد و عدد اکسایش آن بالا می‌رود) و FAD بازسازی می‌گردد. / گزینهٔ (۳): در انتهای زنجیرهٔ انتقال الکترون در **بستره** راکیزه، O_2 الکترون می‌گیرد و سپس با H^+ ترکیب می‌شود تا آب بسازد (محل تجمع پروتون، بخش بیرونی از فضاهای درون راکیزه است نه بیرون راکیزه!).

C ۷۳۷ ۱ موارد (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

در حل این تست ابتدا باید به دو نکته توجه کنید:

بخش هوازی تنفس یاخته‌ای به معنای اکسایش پیرووات است که نیازمند حضور اکسیژن است.

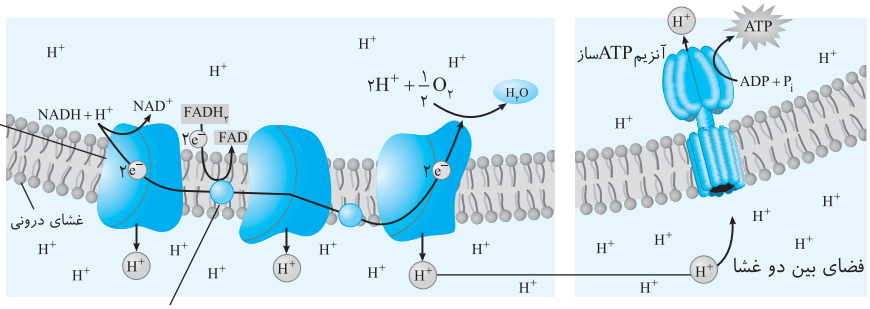
همچنین یاخته‌های دیواره مویرگ‌های ماهیچه اسکلتی، بافت پوششی هستند و تنها تنفس هوازی دارند و از کرآتین فسفات هم استفاده نمی‌کنند (رد ج).

تله‌های تستی الف) درست است. CO_2های حاصل از تنفس یاخته‌ای، دو عدد هم‌زمان با تولید دو مولکول استیل CoA و دو عدد در هر چرخهٔ کربس ایجاد می‌شود که کلاً $6CO_2$ می‌شود. (همهٔ CO_2ها طی واکنش اکسایش پیرووات‌ها تا انتهای چرخهٔ کربس ایجاد می‌شوند.) / ب) درست است. به‌جز ATPهای تولیدی در قندکافت و ATPهای محصول چرخه‌های کربس، سایر ATPهای تنفس یاخته‌ای، در زنجیرهٔ انتقال الکترون از فسفاتِ آزاد، تولید می‌شوند که به آن‌ها ATP اکسایشی گفته می‌شود. / ج) نادرست است. تولید پیرووات مخصوص قندکافت و بخش بی‌هوازی تنفس است. / د) نادرست است. در مرحلهٔ تبدیل پیرووات به استیل، CO_2 به همراه $NADH$ تولید می‌شود و در این مرحله $FADH_2$ تولید نمی‌شود.

C ۷۳۸ ۲ سؤال بسیار جالبی است!!

ابتدا باید سؤال را به دقت بخوانید تا در بررسی گزینهٔ (۳) دچار توهم توطئه نشوید!!

در سؤال عنوان کرده است که «در بین مولکول‌های **انتقال دهنده الکترون**...»، همان‌طور که می‌دانید کانال H^+، وظیفهٔ انتقال الکترون ندارد و جزئی از زنجیرهٔ انتقال الکترون به حساب نمی‌آید. گزینهٔ (۲) جواب تست است چون همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌کنید، دوباره‌سازی FAD در پروتئین ناقل الکترونی که بین دو پمپ اول و دوم قرار گرفته است صورت می‌گیرد که این پروتئین در انتقال پروتون نقشی ندارد.



تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در شکل مشخص کرده‌ایم که پمپ اول از زنجیرهٔ انتقال الکترون، هم وظیفهٔ دوباره‌سازی NAD^+ دارد و هم در انتقال پروتون‌ها در خلاف شیب غلظت از بستره راکیزه به فضای بین دو غشای اندامک نقش دارد. / گزینهٔ (۳): ATP سازی وظیفهٔ کانال H^+ می‌باشد که انتقال الکترون انجام نمی‌دهد. دقت کنید که این کانال، پروتون‌ها را طی انتشار تسهیل‌شده وارد بستره راکیزه می‌کند و به ATP سازی می‌پردازد ولی در متن سؤال که مولکول انتقال دهنده الکترون را عنوان کرده است، جای نمی‌گیرد. / گزینهٔ (۴): پمپ سوم از زنجیرهٔ انتقال الکترون، سبب انتقال الکترون‌های کم‌انرژی به بستره راکیزه می‌شود. این پمپ همانند دو پمپ دیگر با انتقال فعال H^+، در ایجاد شیب غلظت پروتونی در فضای بین دو غشای راکیزه نقش دارد.

B ۷۳۹ ۴ موارد (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

منظور این سؤال **پمپ سوم** از زنجیرهٔ انتقال الکترون است که الکترون‌های کم‌انرژی حاصل از اکسایش $NADH$ها و $FADH_2$ها را در بستره راکیزه به مولکول اکسیژن می‌رساند (درستی الف). این پمپ نیز همانند سایر پمپ‌ها در **انتقال فعال** پروتون به فضای بین دو غشای راکیزه (بخش بیرونی فضای درون اندامک) نقش دارد (درستی ب و نادرستی ج). واکنش سنتز آبدهی در تولید ATP و در بخش آنزیمی کانال ATPساز صورت می‌گیرد (به‌تولید آب در آخر واکنش تنفس یاخته‌ای سلنز آبدهی نمی‌گویند چون سلنز مادهٔ آلی رخ نداده است که همراه آن آب آزاد شود) (نادرستی د).

B ۷۴۰ ۲ هیچ موردی صحیح نمی‌باشد.

تله‌های تستی الف) **تراوش** اوره، ATP نمی‌خواهد و بر اساس ریزی یا درشتی مواد و برحسب فشار تراوشی خون از غشای گلومرول کلافکی عبور می‌کند. / ب) پیرووات با انتقال فعال و مصرف ATP وارد راکیزه می‌شود. / ج) انرژی لازم برای ورود H^+ از بستره راکیزه به فضای بین دو غشا، توسط زنجیرهٔ انتقال الکترون تأمین می‌شود. / د) در مکانیسم خروج ناقل عصبی از آکسون، ریزکیسه برون‌رانی نمی‌شود بلکه فقط ناقل درون آن با صرف انرژی خارج می‌شود.

۷۴۱ ۲ منظور قندکافت یا گلیکولیز است که در آن برای تولید اسید سه‌کربنی دوفسفاته، NAD^+ مصرف و $NADH$ تشکیل می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): منظور مرحله‌ای از چرخهٔ کربس است که در بخش داخلی **میتوکندری** رخ می‌دهد (*نه مادهٔ زمینهای سیتوپلاسم*). / گزینهٔ (۳): در مسیر تبدیل فروکتوز دوفسفاته به پیرووات، در مرحله آخر ADP مصرف و ATP ساخته می‌شود (*تولید ADP به‌عنوان نوکلئوتیدی دوفسفاته، در ابتدای قندکافت و برای تولید فروکتوز دوفسفاته‌رخ داده است*). راستی دقت کنید که $NADH$، یک دی‌نوکلئوتید دوفسفاته است و نوکلئوتیدی دوفسفاته به حساب نمی‌آید. / گزینهٔ (۴): در آنزیم ATPساز، هم‌زمان با ورود پروتون به بخش داخلی میتوکندری، ATP ساخته می‌شود. آنزیم ATPساز جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون نیست، ولی دقت کنید که تولید ATP اکسایشی نیازی به جدا شدن فسفات از یک ترکیب آلی ندارد.

۷۴۲ ۴ پمپ‌ها و ناقلین بین آن‌ها، اعضای زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشند که پمپ‌ها در انتقال فعال پروتون نیز نقش دارند ولی واکنش‌های تولید CO_2 و ATP را انجام نمی‌دهند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): پمپ سوم پروتونی سبب الکترون‌رسانی به مولکول‌های اکسیژن و ایجاد یون اکسید می‌شود. / گزینهٔ (۲): ناقل الکترونی بین دو پمپ اول، در دوباره‌سازی FAD مؤثر است. / گزینهٔ (۳): در زنجیرهٔ انتقال الکترون، پمپ‌ها وظیفهٔ انتقال فعال پروتون را بر عهده دارند (*کانال پروتونی نیز از اعضای زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد!*).

۷۴۳ ۳ همهٔ موارد صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) در یک یاخته با تنفس کاملاً هوازی، همهٔ NAD^+ و FADها در واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه‌ای ایجاد می‌شوند. از بین آن‌ها، برخی از NAD^+ها باید در قندکافت استفاده شوند و به سیتوپلاسم برگردند، پس باید از دو غشای راکیزه عبور کنند تا خارج شوند. / ب) FAD درون راکیزه تولید شده و در چرخهٔ کربس راکیزه نیز مصرف می‌شود ولی NAD^+ درون راکیزه بازسازی می‌شود ولی در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم **قندکافت** و درون راکیزه مصرف می‌شود. / ج) در کنار پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون که فقط مسئول انتقال الکترون‌های $NADH$ می‌باشد، پمپ‌های دوم و سوم در انتقال الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ نقش دارند. / د) چرخهٔ کربس که مخصوص اکسایش گروه استیل می‌باشد، هم مصرف FAD و NAD^+ دارد و هم ATP پیش‌ماده‌ای و CO_2 تولید می‌کند.

۷۴۴ ۴ ATP دارای قند ریبوز است که با پیوند اشتراکی به باز آلی آدنین و زنجیره‌ای از گروه‌های فسفات متصل است. این مولکول در چرخهٔ کربس برای اکسایش استیل **برخلاف** واکنش اکسایش پیرووات تولید می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در پی اکسایش مولکول پیرووات، CO_2 نیز تولید می‌شود. اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به نام چرخهٔ کربس در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که طی آن نیز CO_2 ایجاد می‌شود. / گزینهٔ (۲): $FADH_2$ نوعی مولکول نوکلئوتیددار و حامل الکترون است. این مولکول در پی گرفتن دو الکترون و دو پروتون توسط مولکول FAD، تولید می‌شود.

نکته
در انسان $NADH$، حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافهٔ الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. این مولکول در روند اکسایش پیرووات در درون میتوکندری تولید می‌شود، ولی دقت کنید که NAD^+ سبب گرفتن الکترون‌های پیرووات می‌شود (درستی گزینهٔ (۳)).

۷۴۵ ۲ وقتی تولید لاکتیک‌اسید در ماهیچه زیاد شود یعنی تنفس لاکتیکی انجام شده و CO_2 طی این تنفس تولید نشده است، در نتیجه در اثر کاهش عمل کربنیک‌انیدراز، میزان بی‌کربنات خون نیز کم می‌شود. مصرف زیاد O_2 به منزلهٔ تنفس هوازی و تولید زیاد CO_2 و ATP می‌باشد که در این صورت کربنیک اسید خون زیاد می‌شود.

۷۴۶ ۱ موارد (ج) و (د) صحیح می‌باشند. در غشای درونی راکیزه دو نوع مولکول یعنی **پمپ‌ها و کانال ATPساز**، به انتقال پروتون مشغول هستند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. کانال H^+ در عبور الکترون‌های ناقلین $NADH$ و $FADH_2$ نقشی ندارد. / ب) نادرست است. پمپ‌ها با ورود H^+ به فضای بین دو غشای راکیزه در ایجاد شیب غلظت H^+ نقش دارند ولی کانال با انتشار تسهیل‌شده و خروج H^+ از این فضا سبب کاهش تراکم H^+ در این قسمت می‌شود. / ج) **درست** است. دقت کنید که تولید ATP اکسایشی توسط بخش آنزیمی کانال H^+ رخ می‌دهد ولی زنجیرهٔ انتقال الکترون نیز با ایجاد شیب غلظت در فضای بین دو غشای راکیزه در فعال‌سازی کانال و ATPسازی **نقش** دارد (*به کلمهٔ «نقش دارد» در تست‌ها نگاه ویژه کنید!!*). / د) **درست** است. پمپ و کانال‌های غشای درونی راکیزه به اندازه‌ای بزرگ هستند که کل عرض غشا را اشغال می‌کنند و با بخش‌های آب‌دوست و آب‌گریز اسیدهای چرب در تماس می‌باشند.

۷۴۷ ۱ زنجیرهٔ انتقال الکترون از پروتئین‌ها و پمپ‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و همگی می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند. هیچ‌یک از این مولکول‌ها از انرژی ذخیره شده در مولکول ATP (*رایج‌ترین انرژی زیستی یاخته*) استفاده نمی‌کنند. (*دقت کنید که انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی $NADH$ و $FADH_2$ فراهم می‌شود.*)

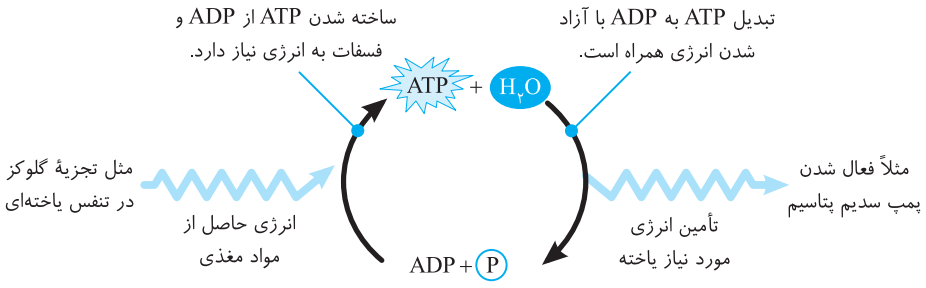
تله‌های تستی گزینهٔ (۲): پروتئین‌های موجود در بین پمپ‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، پروتون‌ها را به فضای بین دو غشای راکیزه پمپ نمی‌کنند و فقط مخصوص انتقال الکترون هستند. / گزینهٔ (۳): تنها آخرین مولکول زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌تواند با انتقال الکترون به اکسیژن مولکولی، آن را به یون اکسید تبدیل کند تا آماده ترکیب با پروتون و تشکیل آب شود. / گزینهٔ (۴): پروتئین ناقل الکترونی که در زنجیرهٔ انتقال الکترون بین پمپ دوم و سوم قرار دارد، تنها در تماس با یکی از لایه‌های فسفولیپیدی غشای درونی راکیزه می‌باشد (*نکات کتاب درسی*).

۷۴۸ ۴ همهٔ موارد صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) یاخته‌ها برای تنفس بهتر نیاز به O_2 بیشتری دارند. با گشاد شدن عروق توسط هیستامین اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها نیز بیشتر می‌شود. / ب) گلوکاگون باعث افزایش تجزیهٔ گلیکوژن به گلوکز و افزایش انرژی در دسترس یاخته‌ها می‌شود. / ج) هورمون‌های یددار تیروئیدی با افزایش متابولیسم و تنفس هوازی باعث افزایش تولید CO_2 و HCO_3^- در خون و گویچهٔ قرمز Rbc آن می‌شوند. / د) انسولین نفوذپذیری یاخته‌ها را به قند زیاد می‌کند که در برخی اندام‌ها مثل کبد و ماهیچه باعث تولید گلیکوژن ولی در هر یاخته‌ای باعث تولید ATP در اثر واکنش‌های تنفس یاخته‌ای نیز می‌شود.

پاسخ آزمون گفتار ۱ و ۲

۱ B ۳ تولید ATP درون یاخته‌ها **به‌طور معمول** در اثر اضافه شدن **یک گروه فسفات به ADP** صورت می‌گیرد ولی می‌توان این مولکول را از ترکیب **سه گروه فسفات** به آدنوزین در سه مرحله نیز ایجاد کرد (نادرستی گزینهٔ (۲)). واکنش‌های **تولید ATP** از ADP یا AMP همگی همراه با **مصرف انرژی** از مواد مغذی و **تولید آب** می‌باشد (نادرستی گزینهٔ (۱) و (۴)).



دقت کنید که انرژی مورد نیاز این واکنش‌ها از تجزیهٔ مواد مغذی بزرگ‌تر مثل تبدیل بسپارها (*پلیمرها*) به مولکول‌های کوچک‌تر یا تجزیهٔ مولکول‌های کوچک مثل گلوکز ایجاد می‌شود.

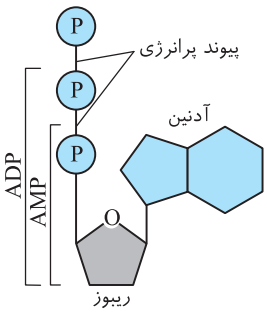
انواع تولید یا تجزیه ATP درون یاخته

ایستگاه ۳۸

واکنش / مواد	مواد اولیه	انرژی	آب	نکته
تولید ATP از ADP	ADP + P (*فسفات*)	می‌خواهد	تولید می‌شود	به‌طور معمول این واکنش در سیستم‌های زیستی انجام می‌شود.
تولید ATP از AMP	دو گروه فسفات + AMP	می‌خواهد	تولید می‌شود	به ندرت رخ می‌دهد و طی دو مرحله می‌باشد.
تولید ATP از آدنوزین	سه گروه فسفات + آدنوزین	می‌خواهد	تولید می‌شود	به ندرت و طی سه مرحله رخ می‌دهد.
تجزیه ATP به ADP	$ATP + H_2O$	آزاد می‌کند	مصرف می‌شود	به‌طور معمول در واکنش‌های انرژی‌خواه یاخته‌ای صورت می‌گیرد.

۲ B ۳ موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست می‌باشند. در جانداران حفظ هر ویژگی **مثل رشد و نمو یا تولیدمثل** به در اختیار داشتن انرژی زیستی یا ATP وابسته می‌باشد. **منظور این سؤال بررسی مولکول ATP می‌باشد.**

در مولکول ATP، سه گروه فسفات معدنی به قند **ریبوز** متصل می‌باشد که دو پیوند پرانرژی بین فسفات‌ها وجود دارد ولی پیوند بین فسفات و قند از نوع کم‌انرژی می‌باشد.



تله‌های تستی الف) این عبارت در مورد مولکول DNA صادق است نه ATP! / ج) آدنوزین از قند ریبوز و باز آلی آدنین تشکیل شده است که فسفات‌ها فقط به قند **ریبوز** آن متصل‌اند. / د) ساختار سه‌بعدی در قند یا باز آلی و فسفات وجود ندارد (*ساختار سه‌بعدی در دنا، رنا و پلی‌پپتید وجود دارد*).

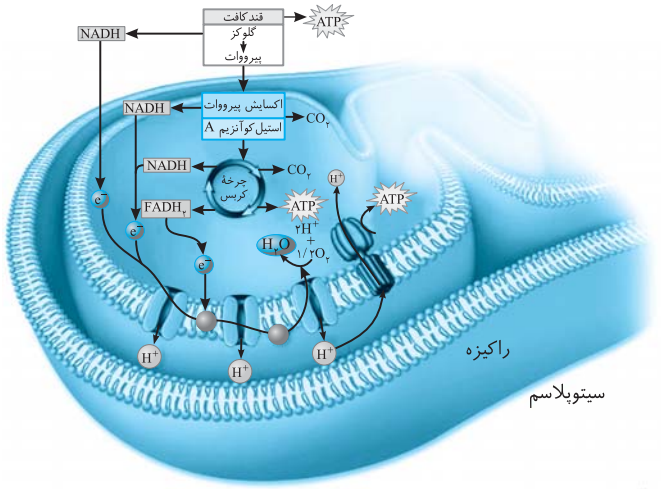
۳ B ۴ در قندکافت همان‌طور که بارها گفتیم، بیشتر مراحل با یک مولکول قندی آغاز می‌کند. قندهای شش‌کربنی مراحل ۱ و ۲ قندکافت را آغاز می‌کنند که در مرحلهٔ اول به یک قند شش‌کربنه دوفسفاته و در مرحلهٔ دوم به دو قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل می‌شود (درستی گزینهٔ (۴) و نادرستی گزینهٔ (۲)). ترکیبات سه‌کربنی مراحل ۳ و ۴ قندکافت را آغاز می‌کنند که هرکدام آن‌ها **در نهایت دو مولکول ATP** به همراه یک مولکول پیرووات ایجاد می‌کنند (نادرستی گزینه‌های (۱) و (۳)).

۴ A ۱ در مورد قندکافت که اولین و مرحلهٔ هر نوع تنفس است. فقط مورد (د) صحیح می‌باشد. در قندکافت فقط در مرحلهٔ **دوم** که قند شش‌کربنی دوفسفاته از وسط نصف می‌شود، تعداد کربن محصول از ماده اولیه کمتر می‌باشد. در این مرحله فروکتوز دوفسفاته به دو تا قند سه‌کربنی یک‌فسفاته تبدیل می‌شود ولی تولید CO_2، مصرف ATP و فسفاته شدن رخ به همراه آن منتقل نمی‌شود.

۵ C ۳ فقط مورد (ب) صحیح می‌باشد.

تله‌های تستی الف) نادرست است. اکسایش پیرووات بعد از قندکافت و با ورود این ماده به راکیزه رخ می‌دهد تا به استیل‌کوآنزیم A تبدیل شود. آنزیم‌های مورد نیاز اکسایش پیرووات در بخش درونی راکیزه قرار دارند (*در ایستگاه بعد مرخوانیم*.) / ب) درست است. اکسایش گروه استیل، طی تنفس هوازی در چرخهٔ کربس یعنی در بستره راکیزه صورت می‌گیرد که این فضا حاوی دنای حلقوی می‌باشد. / ج) نادرست است. ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته در مرحلهٔ قندکافت یعنی در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد ولی ماده پنج‌کربنی در چرخهٔ کربس یعنی در بستره راکیزه ایجاد می‌شود. / د) نادرست است. قند شش‌کربنی دوفسفاته در مرحلهٔ اول قندکافت در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم ایجاد می‌شود. دقت کنید که بخش بیرونی فضای درونی راکیزه، همان فضای بین دو غشای راکیزه است.

در شکل
- تجزیه یا اکسایش گلوکز ← در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.
- اکسایش پیروووات به استیل
  - توسط آنزیم‌های واقع در راکیزه رخ می‌دهد.
  - درون بسترهٔ راکیزه رخ می‌دهد.
- اکسایش استیل ← طی چرخهٔ کربس در بسترهٔ راکیزه رخ می‌دهد.
- اکسایش $NADH$ و $FADH_2$ ← طی زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه رخ می‌دهد.



نکته مهم

۱ مجموعه آنزیم‌های مورد نیاز برای اکسایش پیروووات تا تبدیل به استیل‌کوآنزیم A در درون راکیزه قرار دارند و واکنش‌های آن یا جایگاه فعال آن‌ها در بستره راکیزه واقع است و واکنش‌ها را در این فضا کاتالیز می‌کنند.

۲ فضای بیرونی راکیزه را با بخش بیرونی فضای درون راکیزه اشتباه نگیرید. فضای بیرونی راکیزه همان مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم یاخته می‌باشد که واکنش‌های قندکافتی تنفس یاخته‌ای و تخمیر در آن صورت می‌گیرد ولی فضای درون راکیزه حاوی دو بخش بیرونی (*درون دوغشای راکیزه*) و بخش درونی یا همان بستره راکیزه می‌باشد.

ساختار میتوکندری (راکیزه) و واکنش‌های درون آن

ایستگاه ۳۹

ساختارهای راکیزه	نوع و محل	واکنش‌ها
غشای خارجی	صاف	در واکنش تنفسی نقشی ندارد (*البته در عبور پیروووات مؤثرند*).
غشای درونی	چین‌خورده به سمت داخل اندامک	۱) زنجیرهٔ انتقال الکترون (*پمپ‌ها و عوامل انتقال*) به همراه کانال H^+ در آن قرار دارد. ۲) دوباره‌سازی NAD^+ و FAD می‌کند.
بخش بیرونی فضای درون راکیزه	بین دو غشای راکیزه قرار دارد.	محل تجمع H^+ در واکنش‌های تنفس هوازی در زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد.
بخش درونی فضای درون راکیزه	بستره محصور شده توسط غشای چین‌خورده راکیزه می‌باشد.	۱) DNA حلقوی مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود دارد. ۲) همراه با یاخته یا مستقل از آن تقسیم می‌شود. ۳) رونویسی و ترجمه (*پروتئین‌سازی*) برای ساخت برخی پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای دارد. ۴) برخی پروتئین‌های تنفس یاخته‌ای آن توسط ژن‌های هسته و رناتن سیتوپلاسم تولید می‌شود. ۵) محل واکنش‌های تنفس هوازی، تبدیل پیروووات به استیل، چرخهٔ کربس و تولید آب و ATP اکسایشی می‌باشند.

C ۶ ـ ۱ موارد (الف) و (ج) در فضاهای درون راکیزه که شامل فضای بین دو غشا و فضای درون بستره می‌باشد، وجود ندارند.

تله‌های تستی الف) آنزیم‌های تجزیه‌کننده قند شش‌کربنی در سیتوپلاسم یا مادهٔ زمینه‌ای خارج از اندامک هستند. / ب) آنزیم‌های مورد نیاز برای اکسایش گروه استیل، در بستره یا فضای درونی راکیزه هستند که واکنش‌های چرخهٔ کربس را انجام می‌دهند. / ج) عوامل زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه واقع هستند نه در فضاها! / د) بخش آنزیمی کانال H^+ که مسئول ساخت ATP می‌باشد در بخش درونی فضای راکیزه یا همان بستره قرار دارد.

B ۷ ـ ۱ منظور این سؤال **مرحله چرخهٔ کربس** می‌باشد که دو نوع گیرنده NAD^+ و FAD مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرکدام از این دو ماده از دو نوکلئوتید تشکیل شده‌اند و با گرفتن الکترون و پروتون کاهش یافته و به $NADH, H^+$ و $FADH_2$ تبدیل می‌شوند. در چرخهٔ کربس، تولید ATP در سطح پیش‌ماده صورت می‌گیرد و تولید ATP اکسایشی که به کمک انرژی انتقال الکترون‌ها می‌باشد در این مرحله وجود ندارد.

تست‌های تستی گزینهٔ (۲): در چرخهٔ کربس به ازای اکسایش هر گروه استیل، دو مولکول CO_2 تولید می‌شود که این دو مولکول یکی در مرحلهٔ تبدیل C_6 به C_5 و دیگری در مرحلهٔ تبدیل C_5 به C_4 رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۳): اکسایش گروه استیل در بخش درونی راکیزه در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد که واکنش‌های این مرحله به صورت چرخه‌ای انجام می‌شود نه زنجیره‌ای! / گزینهٔ (۴): در چرخهٔ کربس، واکنش‌ها با یک مولکول C_4 آغاز می‌شود که با اتصال به گروه استیل (C_2) به مادهٔ C_6 تبدیل می‌شود.

B ۸ ۱ در تنفس یاخته‌ای تا آخر واکنش‌های چرخهٔ کربس همهٔ CO_2ها، $NADH$ها و $FADH_2$ها به همراه تعدادی ATP در سطح پیش‌ماده ایجاد می‌شوند. پس از چرخهٔ کربس در زنجیرهٔ انتقال الکترون و واکنش‌های وابسته به آن، تعدادی ATP **اکسایشی و آب** به همراه دوباره‌سازی NAD^+ و **FAD** ایجاد می‌شوند.

تنفس در یک نگاه برای چندمین بار!

ایستگاه ۴۰

$$C_6 \xrightarrow[\text{گلوکز}]{\text{بی‌هوازی(قند کافت)}} \underset{\text{پیرووات}}{2C_3} \xrightarrow{\text{هوازی}} \underset{\text{استیل کوآنزیم A}}{2C_2CoA} \xrightarrow{\text{هوازی}} \text{چرخهٔ کربس} \longrightarrow 2CO_2 + ATP + NADH + FADH_2$$

$$2NADH, 2H^+ \quad 2ATP \qquad 2CO_2 \quad 2NADH, 2H^+ \qquad \xrightarrow{\text{هوازی}} \text{چرخهٔ کربس} \longrightarrow 2CO_2 + ATP + NADH + FADH_2$$

$$\text{تعدادی } H_2O + \text{تعدادی } ATP + \text{FADها} + \text{NAD}^+\text{ها} \xrightarrow{\text{غشای درونی راکیزه}} \text{تعدادی } O_2 + \text{FADH}_2\text{ها} + \text{NADH, H}^+\text{ها}$$

تست‌های تستی گزینهٔ (۲): تولید آب در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای، بعد از واکنش‌های چرخهٔ کربس یعنی در زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۳): درون راکیزه تولید ATP، تعدادی به صورت ATP پیش‌ماده‌ای در واکنش‌های چرخهٔ کربس و تعدادی به صورت ATP اکسایشی بعد از چرخهٔ کربس، در زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۴): دوباره‌سازی FAD برخلاف تولید $FADH_2$ در زنجیرهٔ انتقال الکترون رخ می‌دهد. *(در بستره، FAD طی مرحله‌ای از چرخهٔ کربس، الکترون گیری کرده و به $FADH_2$ تبدیل می‌شود.)*

A ۹ ۲ آخرین پذیرندهٔ الکترون در تنفس **هوازی**، اکسیژن است که طی الکترون‌گیری و سپس در **بستره** طی ترکیب با یون هیدروژن، آب تولید می‌کند. *(برای تولید آب، مولکول‌های اکسیژن توسط زنجیرهٔ انتقال الکترون، کاهش یافته و سپس یون اکسید O^{2-} با پروتون‌ها واکنش می‌دهد.)*

A ۱۰ ۲

نکته
در غشای درونی چین‌خورده راکیزه‌ها و در واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، H^+ از طریق پروتئین کانالی بدون صرف انرژی از فضای بین دو غشا به بخش داخلی راکیزه (بستره) می‌رسد ولی بعد با صرف انرژی حاصل از انتقال پروتون‌ها، مولکول ATP در بخش آنزیمی آن در بستره ساخته می‌شود.

B ۱۱ ۲ سؤال همان‌طور که قطعاً می‌دانید در مورد مرحلهٔ **قندکافت** هر یاختهٔ زنده می‌باشد.

تست‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. در قندکافت NAD^+ مصرف می‌شود *(نه تولید)*. / گزینهٔ (۲): درست است. در مرحلهٔ تولید قند سه‌کربنی یک‌فسفاته، فقط تجزیهٔ فروکتوز دوفسفاته صورت می‌گیرد و فسفات به ماده‌ای اضافه نمی‌شود *(ولی در مرحلهٔ اول، فسفات به گلوکز اضافه می‌شود و در دو مرحلهٔ بعد از آن نیز، فسفات‌ها به قند سه‌کربنی و ADP وصل می‌شوند)*. / گزینهٔ (۳): نادرست است. در مرحلهٔ تجزیهٔ فروکتوز دوفسفاته به قندهای یک‌فسفاته، مادهٔ نوکلئوتیدی مثل ADP، ATP و $NADH$ تولید یا مصرف نمی‌شود. / گزینهٔ (۴): نادرست است. مصرف ADP و تولید ATP، پس از مصرف NAD^+ و در مرحلهٔ آخر برای تولید پیرووات‌ها ایجاد می‌شوند.

C ۱۲ ۲ محصول نهایی قندکافت، پیرووات‌ها هستند ولی ماده وارد شونده به چرخهٔ کربس، گروه استیل می‌باشد.

تست‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. در واکنش اکسایش پیرووات تا تولید استیل کوآنزیم A، هیچ ATPای تولید نمی‌شود. / گزینهٔ (۲): درست است. در واکنش اکسایش پیرووات، کوآنزیم A به عنوان نوعی مادهٔ آلی به کار آنزیم‌ها کمک می‌کند. / گزینهٔ (۳): نادرست است. در اکسایش پیرووات، فقط ناقل $NADH$ تولید می‌شود ولی در اکسایش استیل، هم $NADH$ و هم $FADH_2$ تولید می‌شود. / گزینهٔ (۴): نادرست است. در هر دو واکنش، CO_2 تولید می‌شود که سبب افزایش فعالیت آنزیم کربنیک‌انیدراز در گویچهٔ قرمز می‌شود.

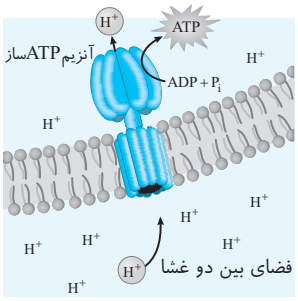
C ۱۳ ۲ موارد (ب) و (ج) صحیح هستند.

تست‌های تستی الف) نادرست است. پروتئین انتقال دهندهٔ الکترون که بین پمپ اول و دوم قرار دارد، فقط با بخش‌های آب‌گریز دو لایه فسفولیپیدی در تماس است. / ب) درست است. بخش ATPساز، کانال آنزیمی است که الکترون عبور نمی‌دهد *(دقت کنید که سؤال دربارهٔ موارد مرتبط با زنجیره نیز هست!)*. / ج) درست است. تولید NAD^+ و FAD در بخش بسترهٔ‌ای این زنجیره انجام می‌شود. / د) نادرست است. پروتئین‌های بین پمپ‌ها، فقط به انتقال الکترون می‌پردازند.

B ۱۴ ۳ پروتئین کانالی H^+ که در غشای راکیزه قرار دارد، حاوی دو بخش زیر با دو فعالیت متفاوت می‌باشد:

الف) بخش انتقال دهنده H^+: این بخش کاملاً در غشای درونی راکیزه جای دارد و وظیفه انتشار تسهیل‌شده پروتون‌ها را از فضای بین دو غشای راکیزه به بستره دارد. این عمل بدون صرف انرژی زیستی انجام می‌شود ولی انرژی مورد نیاز قسمت دیگر را فراهم می‌کند.

ب) بخش آنزیمی: این بخش از کانال در بستره راکیزه قرار دارد که طی آن از انرژی حاصل از عبور پروتون‌ها استفاده کرده و به تولید ATP اکسایشی می‌پردازد. تولید ATP اکسایشی با ترکیب کردن $ADP+P$، صرف انرژی و تولید آب صورت می‌گیرد. این بخش از کانال در انتقال H^+ و تغییر pH فضاهای درون راکیزه نقش مستقیمی ندارد.



نکته
کانال H^+، جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون نیست و در عبور الکترون نقشی ندارد (نادرستی گزینهٔ (۴)).

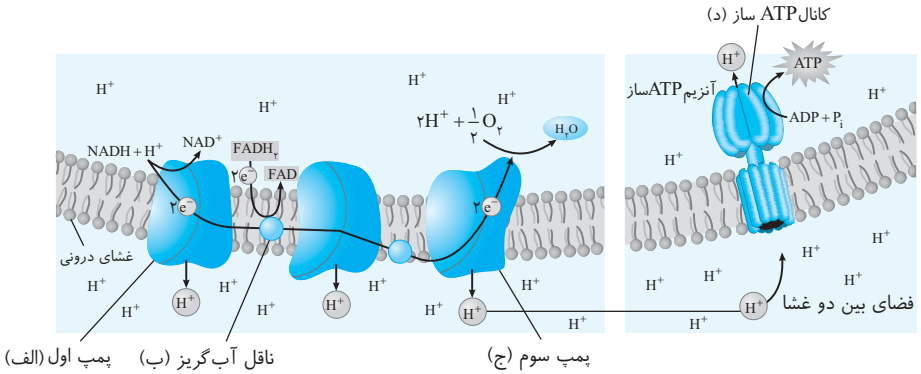
A ۱۵ ـ ۱ فضای بین دو غشای راکیزه فاقد *DNA* می‌باشد ولی این فضا اشباع از یون‌های H^+ می‌باشد.

نکته
ژن‌های **هسته** و **بستره** راکیزه در تولید پروتئین‌های تنفس یاخته‌ای نقش دارند. گزینهٔ (۲) در مورد ژن‌های موجود در هسته ولی گزینه‌های (۳) و (۴) در مورد ژن‌های درون راکیزه رد می‌شوند.

A ۱۶ ـ ۴ ایجاد پیرووات‌ها در فرایند قندکافت همانند فرایند ترجمه برای ساخت پادتن، در خارج اندامک‌ها و در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد ولی سایر موارد مثل تولید $FADH_2$، استیل *CoA* در راکیزه و تولید *rRNA* در هسته و راکیزه صورت می‌گیرد (*دقت کنید که تولید NADH، هم در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم برای قندکافت و هم در اکسایش پیرووات و استیل در راکیزه ایجاد می‌شود*).

B ۱۷ ـ ۲ *ATP* پیش‌ماده‌ای تنفس، در قندکافت در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و در چرخهٔ کربس در بستره راکیزه تولید می‌شود. گزینه‌های (۱) و (۴) در مورد فرایند ترجمه یا پروتئین‌سازی می‌باشند که در دو محل فوق صورت می‌گیرد و تولید دی‌نوکلئوتید *NADH* یا $FADH_2$ نیز در همین مناطق یاخته‌ای رخ می‌دهد ولی انتقال الکترون بین پمپ‌ها در غشای درونی راکیزه و ایجاد شیب غلظت در فضای بین دو غشای راکیزه رخ می‌دهد.

B ۱۸ ـ ۳ در این شکل (الف) بیانگر پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد که توانایی اکسایش *NADH* و تولید NAD^+ را دارد، (ب) پروتئینی بین دو پمپ اول و دوم برای دوباره‌سازی *FAD* می‌باشد. (ج) پمپ سومی است که الکترون‌های کم‌انرژی را در بستره راکیزه به اکسیژن می‌رساند. (د) کانال *ATP*ساز می‌باشد که در سمت بستره راکیزه فعالیت آنزیمی برای تولید *ATP* دارد.



B ۱۹ ـ ۴ در یک تنفس هوازی، برای تولید یک مولکول استیل کوآنزیم *A*، لازم است تا پس از واکنش‌های قندکافت، پیرووات‌های حاصل با انتقال فعال و صرف انرژی زیستی از سیتوپلاسم وارد راکیزه شوند که برای این عمل باید از دو غشای این اندامک عبور کنند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱) و (۳): مربوط به پس از تولید استیل *CoA* می‌باشد و محصولات حاصل به سمت اکسایش و انرژی‌زایی می‌روند. / گزینهٔ (۲): اکسایش پیرووات، پس از ورود پیرووات به راکیزه و الکترون‌دهی آن رخ می‌دهد.

A ۲۰ ـ ۲

نکته
دومین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای در لنفوسیت‌ها، مرحلهٔ **هوازی تنفس** است که در حضور O_2، از اکسایش یک مولکول پیرووات، تعدادی *NADH* و $FADH_2$ و *ATP* پیش‌ماده‌ای تا آخر چرخهٔ کربس تولید می‌شود ولی بازده آن برای CO_2 معادل **سه مولکول** به اندازه تعداد کربن هر مولکول پیرووات است، ولی از هر پیرووات، یک مولکول استیل کوآنزیم *A* ایجاد می‌شود. (*دقت کنید که لنفوسیت‌ها برخلاف یاخته‌ماهیچهٔ اسکلتی، قدرت تخمیر ندارند.*)

B ۷۴۹ ـ ۳ فقط مورد (ج) نادرست می‌باشد.

تخمیر

مرحله	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	هدف کلی
تخمیر	قندکافت (*گلیکولیز*) بی‌هوازی	ادامه تنفس بی‌هوازی	کل واکنش در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد. **راکیزه، زنجیرهٔ انتقال الکترون و اکسیژن** در آن نقشی ندارند. روشی برای تأمین انرژی **بدون** حضور O_2 کافی می‌باشد.
مرحلهٔ اول تخمیر	–	–	همان قندکافت (*گلیکولیز*) بی‌هوازی در سیتوپلاسم است. چهار مرحله دارد که در نهایت *2ATP*، $2(NADH, H^+)$ و ۲ پیرووات می‌سازد.
مرحلهٔ دوم تخمیر	–	–	انواع مختلفی مثل الکلی یا لاکتیکی دارد. به صورت بی‌هوازی در سیتوپلاسم می‌باشد. این دو نوع تخمیر، دوباره‌سازی NAD^+ را به کمک **یک** گیرندهٔ الکترونی آلی انجام می‌دهند.

ایستگاه ۴۱

تله‌های تستی الف) درست است. تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا فقدان اکسیژن می‌باشد که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. / ب) درست است. در فرایندهای تخمیری، هیچ‌گاه واکنش‌ها به حضور اکسیژن وابسته نمی‌باشند و هیچ مرحله‌ای از واکنش‌ها در راکیزه رخ نمی‌دهد. یعنی تخمیر مستقل از اکسیژن، زنجیرهٔ انتقال الکترون و راکیزه می‌باشد. / ج) **نادرست** است. مرحلهٔ اول هر نوع تنفس یاخته‌ای، چه تخمیری (*تنفس بی‌هوازی*) باشد چه تنفس هوازی باشد، واکنش‌هایی از نوع **قندکافت** بی‌هوازی صورت می‌گیرد که سبب **مصرف** NAD^+ و تولید $NADH$ می‌شود. / د) درست است. مرحلهٔ دوم تخمیر که همانند مرحلهٔ اول در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد، مسئول دوباره‌سازی NAD^+ می‌باشد تا این مولکول سبب انجام دوبارهٔ واکنش‌های قندکافت شود. با این همکاری، تولید ATP قندکافت در شرایط کمبود یا فقدان اکسیژن ادامه می‌یابد.

C ۷۵۰ ۱ فقط مورد (الف) صحیح است. کاهش یا الکترون‌گیری پیروات در تخمیر لاکتیکی صورت می‌گیرد، که محل انجام مراحل آن در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم است.

رناتن سیتوپلاسم، محل تولید رشتهٔ پلی‌پپتیدی می‌باشد ولی استیل کوآنزیم A در بستره راکیزه تولید می‌شود (نادرستی ج). فعالیت دنابسپاراز، رنابسپاراز و راه‌انداز در هسته و راکیزه است (نادرستی د). دقت کنید که تولید $NADH$ در قندکافت (*سیتوپلاسم*) و راکیزه صورت می‌گیرد ولی تولید $FADH_2$ **فقط** در بستره راکیزه صورت می‌گیرد (نادرستی ب و درستی الف).

A ۷۵۱ ۱ منظور سؤال یاخته ماهیچه اسکلتی است که قدرت انرژی‌گیری از **کرآتین فسفات** را دارد. کاهش یا الکترون‌گیری پیروات در تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد، که در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم صورت گرفته و لاکتیک‌اسید به همراه NAD^+ تولید می‌شود (*گزینهٔ ۲*) در مورد آب‌پز پیروات در تنفس هوازی می‌باشد. گزینهٔ (۴) نادرست است چون تولید کرآتین، هیچ ارتباطی به فرایند تخمیر لاکتیکی و تولید پیروات ندارد.

A ۷۵۲ ۴ تخمیر، در حقیقت همان واکنش‌های تنفس بی‌هوازی می‌باشد که مرحلهٔ اول آن قندکافت (*گلیکولیز*) می‌باشد که $2ATP$، $2NADH$ و دو پیروات می‌دهد ولی مرحلهٔ دوم تخمیر برحسب نوع محصول، دو نوع مهم لاکتیکی و الکلی دارد.

برو درسنامه درختی (۸۱) بخون

نکته

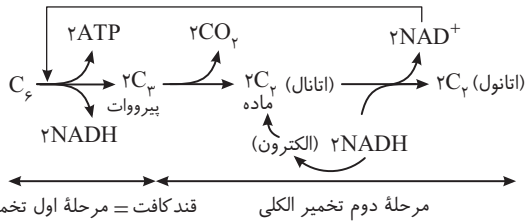
۱ مرحلهٔ دوم تخمیر از هر نوعی که باشد واکنش‌هایی کاهشی (*الکترون‌گیری*) برای پیروات یا اتانال می‌باشد که طی آن **دو**مولکول NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود. این NAD^+ها، دوباره در مرحلهٔ قندکافت مصرف می‌شوند. پس دقت کنید که مرحلهٔ دوم تخمیر ATP تولید نمی‌کند یعنی بازده تنفس بی‌هوازی، فقط **دو**مولکول ATP در مرحلهٔ قندکافت است.

۲ بعد از خواندن درسنامه‌ها و نکات زیر متوجه می‌شوید که تخمیر لاکتیکی قدرت تولید CO_2 ندارد.

انواع مرحلهٔ دوم تخمیر (شعار: تخمیر NAD^+ می‌ده، تا قندکافت تنفس بعدی ATP بده)

الف) مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی: در سیتوپلاسم قارچ مخمر (*نوعی یوکاریوت*) نان رخ می‌دهد که دومرحله‌ای می‌باشد. در این تخمیر مادهٔ دوکربنه به نام اتانال کاهش می‌یابد و از $NADH$ الکترون می‌گیرد، در این فرایند، CO_2 حاصل از مرحلهٔ اول آن باعث ورآمدن خمیر نان می‌شود.

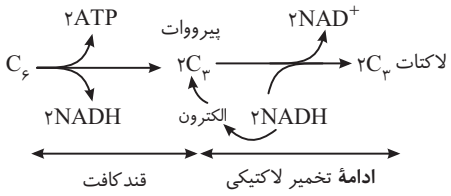
ایستگاه ۴۲



بازده مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی	۲اتانول + $2CO_2$ + $2NAD^+$
بازده کلی تنفس بی‌هوازی الکلی یا تخمیر الکلی	۲اتانول + $2CO_2$ + $2ATP$

◀ وقتی می‌گوییم تخمیر الکلی یا تنفس بی‌هوازی الکلی یعنی مجموع قندکافت و مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی!!

ب) مرحلهٔ دوم تخمیر لاکتیکی: در سیتوپلاسم باکتری‌هایی مانند باکتری‌های فاسدکننده شیر (*ترش‌کننده*) و سازنده خیارشور رخ می‌دهد که مهم‌ترین کار آن مانند تخمیر الکلی، **دوباره‌سازی** NAD^+ است. در این تخمیر، خود پیروات با الکترون‌گیری از $NADH$، کاهش می‌یابد و به لاکتات تبدیل می‌شود. این عمل در ماهیچه هنگام ورزش شدید با تجمع لاکتیک‌اسید ایجاد درد می‌کند. لاکتات اضافی با جریان خون از یاخته‌های ماهیچه‌ای دور می‌شود که اگر این عمل صورت نگیرد، مقدار آن در ماهیچه افزایش می‌یابد و باعث ایجاد درد در ماهیچه می‌شود.



بازده مرحلهٔ دوم تخمیر لاکتیکی	۲ لاکتات + $2NAD^+$
بازده کلی تنفس لاکتیکی یا تخمیر لاکتیکی	۲ لاکتات + $2ATP$

نکتهٔ آخر تخمیر: هر اتانول و هر لاکتات مقدار زیادی انرژی یا ATP به صورت ذخیره دارند (*آنقدر نگفتی چرا؟ واسه همینه که چراغ الکلی نور تولید می‌کنه!*).

A ۷۵۳ ۴ در مورد قسمت اول سؤال که به راحتی باید گزینهٔ (۱) و (۳) را کنار بگذارید چون **مرحلهٔ اول** هر نوع تخمیری، همان قندکافت می‌باشد که دو مولکول $NADH$ تولید می‌کند.

دقت کنید که **بیشترین** ATP، ضمن تجزیهٔ گلوکز در بخش هوازی تنفس و در واکنش‌های مرتبط با زنجیرهٔ انتقال الکترون به صورت اکسایشی به دست می‌آید، پس در تخمیر که زنجیرهٔ انتقال الکترون ندارد، بیشتر انرژی گلوکز در محصولات نهایی مثل اتانول یا لاکتیک‌اسید جمع می‌شود.

درسنامه درختی ۸۱ تخمیر (تنفس بی‌هوازی)

تنفس بی‌هوازی (تخمیر)

نکات
- از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است.
- در انواعی از جانداران یوکاریوتی و پروکاریوتی رخ می‌دهد.
- در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیرهٔ انتقال الکترون نقشی ندارند.
- از دو مرحله تشکیل شده، یکی مرحلهٔ قندکافت و یکی مرحلهٔ تداوم تولید NAD^+ ← به مجموع هر دو مرحلهٔ آن، تخمیر یا تنفس بی‌هوازی گفته می‌شود.
- برای تداوم قندکافت، وجود NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود.
- دو نوع تخمیر مهم الکلی و لاکتیکی وجود دارد که گیرندهٔ نهایی الکترونی آن‌ها نوعی مادهٔ آلی می‌باشد.

دو نوع تخمیر

مرحلهٔ اول هر نوع تخمیر ← قندکافت است
- در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.
- هر ATP تنفس بی‌هوازی در این مرحله ایجاد می‌شود.
- محصول آن، پیرووات، ATP در سطح پیش‌ماده و $NADH$ می‌باشد.

مرحلهٔ دوم

۱ در تخمیر الکلی
- در برخی باکتری‌ها، در قارچ مخمر نان و برخی یاخته‌های گیاهان انجام می‌شود.
- واکنشی دومرحله‌ای است.
- در مرحلهٔ اول، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2 به اتانال تبدیل می‌شود.
- در مرحلهٔ دوم، ضمن واکنش‌های کاهشی، اتانال با گرفتن الکترون‌های $NADH$، اتانول ایجاد می‌کند و NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود.
- ورآمدن خمیر نان به علت انجام این نوع تخمیر است و با تولید CO_2 ایجاد می‌شود.
- تخمیر الکلی در نهایت سبب تولید اتانول، CO_2 و ATP می‌شود.
- مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی سبب تولید اتانول، CO_2 و NAD^+ می‌شود.
- مادهٔ نهایی الکترون گیرندهٔ آن اتانال آلی می‌باشد.

۲ در تخمیر لاکتیکی
- واکنشی یک‌مرحله‌ای است که طی آن پیرووات، کاهش می‌یابد.
- ضمن الکترون‌گیری پیرووات، دوباره‌سازی NAD^+ رخ می‌دهد.
- در این نوع تنفس یاخته‌ای، CO_2 تولید نمی‌شود.
- پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های $NADH$ به لاکتات تبدیل می‌شود.
- اگر اکسیژن کافی برای تجزیهٔ گلوکز در ماهیچه‌های اسکلتی وجود نداشته باشد، پیرووات به لاکتات تبدیل شده و تجمع لاکتات سبب درد ماهیچه‌ای می‌شود.
- انواعی از باکتری‌ها این تخمیر را انجام می‌دهند.
- در ترش شدن شیر، تولید فرآورده‌های غذایی مانند خیارشور و فرآورده‌های شیری نقش دارند.

B ۷۵۴ ۴ همهٔ موارد به نادرستی تکمیل می‌کنند.

نکته
در صورتی که مقدار O_2 جو کم باشد یا اکسیژن به بدن کم برسد (*مثل صعود به ارتفاعات یا ورزش شدید*) در بعضی در یاخته‌ها، تخمیر بی‌هوازی رخ می‌دهد که در تخمیر الکلی، ابتدا CO_2 **تولید** می‌شود، سپس ماده دو کربنه، الکترون می‌گیرد و به اتانول تبدیل می‌شود، ولی در تخمیر لاکتیکی، خود پیرووات سه‌کربنی (رد ب) الکترون **می‌گیرد** و لاکتات تولید می‌شود (*در مورد (د) دقت کنید که تولید استیل در صورت وجود O_2 کافی در تنفس هوازی می‌باشد*).

B ۷۵۵ ۳ آخرین پذیرندهٔ الکترون در تنفس هوازی، **اکسیژن** است. حالا سؤال از ما می‌پرسد اگر اکسیژن نباشد، کدام فرایند انجام نمی‌شه یعنی کدام فرایند است که تنها به صورت **هوازی** رخ می‌دهد و محصولش با قندکافت بی‌هوازی مشترک نیست. جواب $FADH_2$ و استیل CoA است که فقط در چرخهٔ کربس و بستره راکیزه تولید می‌شوند.

نکته
تولید ATP یا مصرف ADP هم در تنفس هوازی و هم در تنفس بی‌هوازی اتفاق می‌افتد ولی در بخش بی‌هوازی تنفس، ATP کمتری تولید می‌شود.

$NADH$ هم در هر دو بخش هوازی و بی‌هوازی تنفس تولید می‌شود.

B ۷۵۶ ۱ فقط مورد (الف) نادرست است. در اثر تخمیر الکلی یا لاکتیکی در گیاهان، تجمع **اتانول** (*الکل*) یا **لاکتیک‌اسید** در یاخته‌های گیاهی سبب مرگ آن‌ها می‌شود.

تله‌های تستی ب) گیاهان نیز مانند سایر جانداران می‌توانند تخمیرهای مختلفی مثل تخمیر الکلی یا لاکتیکی داشته باشند که در آن‌ها به ترتیب اتانال یا پیرووات کاهش می‌یابند. / ج) گیاهانی که در شرایط غرقابی رشد می‌کنند سازوکارهای تأمین اکسیژن مورد نیاز خود را با تشکیل بافت پارانشیمی هوادار (*در گیاهان آبزی*) که فضای بین‌یاخته‌ای زیادی دارد و شش ریشه‌ها (*در درختان حرا دیده می‌شود*) فراهم می‌کنند. / د) در صورت کمبود یا عدم وجود اکسیژن، گیاهان نیز مجبور به تخمیر می‌شوند (*پس تخمیر لزوماً در نبود اکسیژن نیست*).

درسنامه درختی ۸۲ تخمیر در گیاهان

تنفس بی‌هوازی (تخمیر)

تخمیر در گیاهان

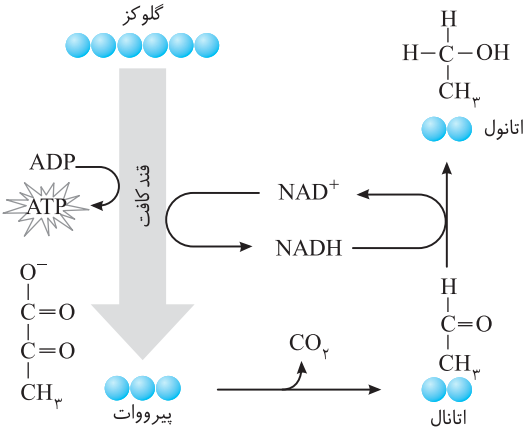
- هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد.
- **تجمع** الکل یا لاکتیک اسید در یاختهٔ گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.
- گیاهانی که به‌طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند:
  - یا به کمک شش ریشه‌ها، از هوا O_2 می‌گیرند.
  - یا پارانشیم پرهوا دارند.
- تشکیل بافت پارانشیم هوادار در گیاهان آبزی (*آبزوکا*، *تویرصواش*) و شش ریشه در درخت حَرّا مثالی از این سازوکارها هستند.

B ۷۵۷ ۱ فقط عبارت (د) نادرست است. **در مرحلهٔ دوم تخمیر، ATP تولید نمی‌شود** ولی مولکول‌هایی تولید می‌شود که توانایی تولید ATP را دارند. مثل اتانول و لاکتیک‌اسید که هرکدام مقداری ATP ذخیره دارند. دقت کنید که تخمیر لاکتیکی، تنها تنفس یاخته‌ای در کتاب ما می‌باشد که قدرت تولید CO_2 ندارد **ولی سایر عبارات دربارهٔ تخمیر لاکتیکی یه روزی یا یه جایی، به دردت می‌خوره!**

A ۷۵۸ ۳ در تخمیر لاکتیکی خود پیرووات کاهش می‌یابد و لاکتات تولید می‌شود و NAD^+ را دوباره‌سازی می‌کند که این عمل در ورزش شدید و شرایط کمبود اکسیژن در ماهیچه‌های اسکلتی رخ می‌دهد (*راستی، هنگام کاهش O_2 محیط و بدن، ترشح اریتروپویتین از کبد و کلیه‌ها بیشتر می‌شود*).

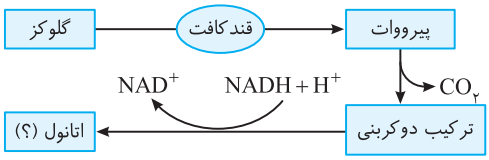
B ۷۵۹ ۲ ماهیچه‌های اسکلتی در هنگام فعالیت شدید، **تخمیر لاکتیکی** دارند که در آن **پیرووات آلی سه‌کربنه** با الکترون‌گیری کاهش می‌یابد (*احیا می‌شود و عدد اکسایش آن کاهش می‌یابد*) و لاکتات تولید می‌شود (*توجه کنید که خود لاکتات کاهش نمی‌یابد*). در اثر تخمیر لاکتیکی، CO_2 تولید نمی‌شود و فعالیت کربنیک‌انیدراز گویچه‌های قرمز کم شده و مقدار بی‌کربنات خون نیز کم می‌شود چون کار کربنیک‌انیدراز ترکیب CO_2 با آب و تولید کربنیک اسید می‌باشد.

B ۷۶۰ ۳ موارد (الف)، (ج) و (د) در تخمیر الکلی رخ می‌دهد. در قارچ مخمر نان (*ساکارومایسس سرویزیه*)، **تخمیر الکلی** رخ می‌دهد. در مرحلهٔ اول این تخمیر یا تنفس بی‌هوازی، واکنش‌های قندکافت رخ می‌دهد که به ازای تولید دو تا پیرووات از گلوکز، دو ATP و دو مولکول $NADH$ نیز بازدهی دارد (*پس در قندکافت برای ایجاد هر پیرووات، یک ATP و یک $NADH, H$ تولید می‌شود*) (درستی الف). در مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی، ابتدا از هر پیرووات، یک CO_2 جدا شده و یک اتانال تولید می‌شود که این CO_2 سبب ورآمدن خمیر نان می‌شود (*چون از تجزیهٔ یک مولکول گلوکز، دو تا پیرووات در مرحلهٔ اول ایجاد شده است، پس دو تا اتانال و دو تا CO_2 ایجاد می‌شود*) (نادرستی ب). در آخرین قسمت مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی، **اتانال** با الکترون‌گیری از $NADH, H^+$، کاهش یافته و به اتانول تبدیل می‌شود که ضمن این عمل دوباره‌سازی، NAD^+ ایجاد می‌شود (*با تبدیل هر اتانال به اتانول، یک $NADH$ اکسایش و یک NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود*) (درستی ج و د).



B ۷۶۱ ۴ بازسازی NAD^+ در شرایط بی‌هوازی در تار ماهیچه‌ای با الکترون‌گیری یا کاهش پیرووات انجام می‌شود (*تخمیر لاکتیکی*). بازسازی NAD^+ سبب تسهیل فرایند قندکافت می‌گردد که همهٔ این واکنش‌ها در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهند.

A ۷۶۲ ۱ شکل، فرایند تخمیر الکلی را نشان می‌دهد چون CO_2 آزاد شده و یک ترکیب دوکربنی به نام اتانال کاهش یافته است. دقت کنید که حاصل تخمیر الکلی، CO_2 است که سبب ورآمدن خمیر نان در قارچ مخمر نان می‌شود ولی ترش شدن شیر، ایجاد محصولات لبنی و یا خیارشور در تخمیر لاکتیکی کاربرد دارد (*نه برعکس*).



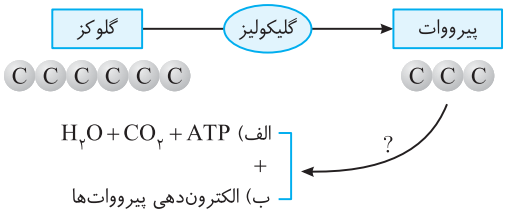
B ۷۶۳ ۲ قارچ مخمر نان در شرایط کمبود اکسیژن محیط، **تخمیر الکلی** انجام می‌دهد. مرحلهٔ اول این تنفس، قندکافت می‌باشد که چهار مرحله دارد ولی مرحلهٔ دوم آن دارای دو بخش می‌باشد.

بخش‌های مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی
- بخش ۱: پیرووات با از دست دادن یک مولکول CO_2 به **اتانال** تبدیل می‌شود (درستی گزینهٔ (۱)).
- بخش ۲: اتانال با گرفتن الکترون‌های $NADH$، کاهش می‌یابد و به اتانول تبدیل می‌شود. ضمن تولید اتانول یک NAD^+ نیز بازسازی می‌شود (درستی گزینهٔ (۴) و نادرستی گزینهٔ (۲)).

نکته

در تخمیر الکلی، بیشتر انرژی گلوکز در الکل اتیلیک باقی می‌ماند. زیادی الکل سبب افزایش سرعت تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (درستی گزینهٔ (۳)).

A ۷۶۴ ۱ تنفس **هوازی** به‌طور معمول **فقط تا چند دقیقه** می‌تواند نیاز به ATP ماهیچه‌ها را در تحرک یا ورزش تأمین کند که این ATP در پروتئین کانالی وابسته به عمل زنجیرهٔ انتقال الکترون ایجاد می‌شود ولی در ورزش طولانی مدت، ماهیچه به سمت تنفس بی‌هوازی (*تخمیر لاکتیکی*) (گزینهٔ (۴))، تجزیه اسید چرب و کرآتین فسفات می‌رود (گزینه‌های (۲) و (۳)).



۷۶۵ ۲ **A** ایجاد درد، محصول عمل تخمیر لاکتیکی در ماهیچه است که **لاکتیک اسید** و NAD^+ تولید می‌کند ولی اگر پس از مدتی تنفس به سمت استفاده از اکسیژن و تنفس هوازی برود و ATP، CO_2 و آب بسازند، درد ماهیچه کم می‌شود. در این حالت پیرووات **اکسایش** می‌یابد.

۷۶۶ ۲ **B** صورت سؤال را لطفاً دقیق یک‌بار دیگر بخوانید!

نکته
فرایند مرحلهٔ دوم تخمیر بدین دلیل انجام می‌شود که NAD^+ دوباره‌سازی شود تا دوباره به مرحلهٔ قندکافت برود و ساخت ماده سه‌کربنه دوفسفاته به عنوان پیش‌ماده ساخت ATP صورت گیرد. سپس تولید پیرووات و ATP در مرحلهٔ آخر آن صورت گیرد.

۷۶۷ ۳ **B** در تخمیر لاکتیکی، ماده سه‌کربنه پیرووات در اثر الکترون‌گیری از $NADH$ به ماده سه‌کربنه لاکتات تبدیل می‌شود (نادرستی گزینهٔ (۴)) و ضمن این عمل NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود (نادرستی گزینهٔ (۱)). چون در تخمیر لاکتیکی CO_2 تولید نمی‌شود، پس فعالیت آنزیم کربنیک‌انیدراز موجود در گویچهٔ قرمز و تولید H_2CO_3 در خون انسان کم می‌شود و بی‌کربنات خون انسان پایین می‌آید (نادرستی گزینهٔ (۲) و درستی گزینهٔ (۳)).

۷۶۸ ۳ **B** موارد (الف) و (د) نادرست هستند و عبارت را نادرست تکمیل می‌کنند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. **اکسایش** پیرووات در تنفس هوازی با **مصرف** NAD^+ و تولید $NADH$ همراه می‌باشد. / ب) درست است. در یاخته‌های زردپی چون بافت پیوندی است، تخمیر وجود ندارد. (*تخمیر در انسان مخصوص یاخته‌های ماهیچه‌ای و گویچه‌های قرمز بالغ و از نوع لاکتیکی می‌باشد.*) / ج) درست است. دقت کنید مرحلهٔ دوم هر نوع تخمیری، همانند قندکافت، فرایندی بی‌هوازی است ولی تولید ATP، فقط در مرحلهٔ قندکافت (*مرحلهٔ اول تخمیر*) رخ می‌دهد. / د) نادرست است. نمی‌توان گفت طی هر تخمیری گاز CO_2 آزاد می‌شود، مثلاً در تخمیر لاکتیکی، تولید CO_2 صورت نمی‌گیرد.

۷۶۹ ۴ **A**

نکته
تولید NAD^+ فقط در تخمیر و زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد (رد گزینه‌های (۱) و (۲)) که در تخمیر، به ازای هر گلوکز، دو مولکول NAD^+ و در زنجیرهٔ انتقال الکترون، مقدار بیشتری NAD^+ تولید می‌شود چون مقدار تولید $NADH$ در تنفس هوازی بیشتر از تنفس بی‌هوازی می‌باشد. (*البته تعدادی مولکول FAD هم دوباره سازی می‌شود.*)

۷۷۰ ۳ **B** سؤال در مورد واکنش‌های **قندکافت** توضیح می‌دهد که مصرف NAD^+ همانند فسفاته شدن گلوکز و قند سه‌کربنی صورت می‌گیرد. این واکنش‌ها در خارج راکیزه یعنی در **مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم** رخ می‌دهند. در این محل، دوباره‌سازی NAD^+ در تخمیر لاکتیکی ماهیچه‌ها، جدا شدن فسفات‌ها از اسید سه‌کربنی برای تولید ATP در مرحلهٔ آخر قندکافت و تولید پروتئین‌ها مثل رنابسپاراز ۲ در رناتن صورت می‌گیرد ولی **تولید هم‌زمان** CO_2 و $NADH$ **مربوط به واکنش‌های تنفس هوازی می‌باشد.**

۷۷۱ ۴ **B** در مرحلهٔ آخر قندکافت پیرووات به همراه ATP در سطح پیش‌ماده تولید می‌شوند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. پیرووات شروع‌کننده مرحلهٔ دوم تنفس چه به صورت هوازی و چه به صورت بی‌هوازی (*تخمیری*) می‌باشد که در نوع هوازی قطعاً برای تولید استیل کوآنزیم A، مولکول CO_2 آزاد می‌کند. / گزینهٔ (۲): نادرست است. ATP در تأمین انرژی لازم برای فرایندهای انتقال فعال غشای یاخته، مثل پمپ سدیم پتاسیم مؤثر است. / گزینهٔ (۳): نادرست است. پیرووات در یاختهٔ **ماهیچه‌ای** انسان با تنفس هوازی اکسایش یافته و در تخمیر لاکتیکی کاهش می‌یابد. / گزینهٔ (۴): **درست** است. غشای صاف راکیزه محل واکنش‌های تنفس یاخته‌ای نمی‌باشد (*از طرفی ورود پیرووات به راکیزه از طریق پمپ غشایی و با انتقال فعال صورت می‌گیرد ولی کلمهٔ جایگاه فعال مخصوص عمل آنزیم است.*).

۷۷۲ ۳ **A** موارد (ب)، (ج) و (د) نادرست هستند. تخمیر به بازسازی NAD^+ در حضور پذیرندهٔ هیدروژن گفته می‌شود. در تخمیر لاکتیکی که در فاسد کردن شیر و تولید فرآورده شیری و خیارشور نقش دارد پذیرندهٔ آلی الکترون، پیرووات است و در تخمیر الکلی (*عامل ایجاد نکروز کبدی*) پذیرندهٔ آلی الکترون، ترکیب دوکربنه اتانال (*نه اتانول*) است.

۷۷۳ ۱ **B**

نکته
واکنش تولید $FADH_2$ و اکسایش گروه استیل فقط در چرخهٔ کربس یعنی در بستره راکیزه رخ می‌دهد. پس FAD فقط در آنجا مصرف می‌شود. NAD^+ در قندکافت، مراحل تولید استیل کوآنزیم A و چرخهٔ کربس مصرف می‌شود. (*ATP و ADP هم که نخود هر آش یاخته‌اند و در همه‌جا مصرف ATP داریم ولی تولید ATP قندکافت در سیتوپلاسم و تولید ATP نوری در سبزدیسه یاخته‌گیاهی نیز صورت می‌گیرد.*)

۷۷۴ ۲ **A** پیرووات و $NADH$ از محصولات قندکافتند که برای اکسایش و تولید ATP بیشتر وارد راکیزه می‌شوند. استیل کوآنزیم A خودش در راکیزه تولید می‌شود و لاکتیک‌اسید فقط در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم وجود دارد.

۷۷۵ ۱ **A** (*برز هم قندکافت*)
◀ باباجون دیگه این نکته طرح تست طراحان عزیز نخ‌نما شده! هر یاخته زنده‌ای توانایی انجام واکنش‌های قندکافت دارد پس پیرووات و $NADH$ می‌سازد و سپس از آن در فرایند هوازی یا بی‌هوازی آن‌ها را مصرف می‌کند ولی $FADH_2$ و استیل کوآنزیم A مخصوص تنفس هوازی می‌باشد.

۷۷۶ ۴ **B** مرحلهٔ اول تنفس یاخته‌ای، قندکافت است که محصول نهایی بدون فسفات آن **پیرووات** است. پیرووات‌ها در یاخته راکیزه‌دار، می‌توانند وارد تنفس هوازی یا بی‌هوازی (*مثل ماهیچه*) شوند (نادرستی گزینه‌های (۱)، (۲) و (۳)) ولی در یاخته فتوسنتزکننده با تولید O_2 مناسب، فقط تنفس هوازی کرده و باید واکنش تبدیل پیرووات به استیل را انجام دهد.

۷۷۷ (B) ۳ فقط مورد (ج) نادرست می‌باشد. در تخمیر لاکتیکی، خود پیرووات کاهش می‌یابد و به لاکتیک‌اسید تبدیل می‌شود، یعنی مادهٔ الکترون گیرنده، خود مولکول **پیرووات** می‌باشد (نادرستی ج).

تله‌های تستی الف) در زنجیرهٔ انتقال الکترون، O_2 گیرنده نهایی الکترون و پروتون‌های کم‌انرژی شدهٔ حاصل از اکسایش $NADH$ و $FADH_2$ می‌باشد. / ب) در تخمیر الکلی، ماده آلی دوکربنه اتانال الکترون از $NADH$ می‌گیرد. / د) در صورت نبود O_2 کافی، تخمیر صورت گرفته و الکترون‌های $NADH$ در تخمیر لاکتیکی به ترکیب آلی پیرووات منتقل می‌شوند که پیرووات یکی از محصولات قندکافت می‌باشد.

۷۷۸ (A) ۳ در یاختهٔ چندهسته‌ای موجود در ماهیچه‌های اسکلتی انسان، در نبود O_2 کافی، واکنش‌های تنفسی، پس از قندکافت به سمت تخمیر لاکتیکی می‌روند که یک ماده آلی به نام پیرووات مسئول پذیرش الکترون و واکنش‌های کاهشی می‌شود. (*ماده معدنی O_2 در تنفس هوازی گیرنده الکترون می‌باشد.*)

نکته

در کمبود O_2، واکنش‌های هوازی مثل تولید استیل CoA و $FADH_2$ صورت نمی‌گیرد ولی دوباره‌سازی NAD^+، طی تخمیر انجام می‌شود.

۷۷۹ (B) ۲ موارد (ج) و (د) صحیح هستند. سؤال در مورد یک باکتری بی‌هوازی است. پس توانایی استفاده از O_2 ندارد. در ابتدا توجه کنید که برای یک باکتری یا هر موجود زنده‌ای، واکنشی که در بود و نبود O_2 رخ می‌دهد، قندکافت می‌باشد. در قندکافت مقدار کمی ATPسازی در مسیر تولید پیرووات از گلوکز شش‌کربنی ایجاد می‌شود (درستی د).

تله‌های تستی الف) نادرست است. چون بخشی از یک واکنش تنفس هوازی است. / ب) نادرست است. نمی‌توان گفت که این باکتری‌ها قطعاً تخمیر لاکتیکی دارند. / ج) درست است. چون دوباره‌سازی NAD^+، در تخمیر، در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد.

۷۸۰ (B) ۱ همان‌طور که بارها گفتیم تخمیر دو مرحله دارد. مرحلهٔ اول آن قندکافت یا گلیکولیز است که طی تجزیه بی‌هوازی گلوکز به ساخت $2ATP$ و $2NADH$ به همراه دو مولکول پیرووات می‌پردازد. مرحلهٔ دوم تخمیر واکنش‌هایی برای دوباره‌سازی NAD^+ می‌باشد که این مراحل قدرت تولید ATP ندارند. در حقیقت مرحلهٔ دوم تخمیر با تولید گیرندهٔ دی‌نوکلئوتیدی NAD^+ سبب می‌شود که قندکافت تنفس بعدی انجام شود و دوباره با ATPسازی، انرژی در اختیار یاخته قرار گیرد.

نکته

در تخمیر الکلی، پس از قندکافت، ابتدا پیرووات‌ها با از دست دادن CO_2 به اتانال دوکربنی تبدیل می‌شوند و سپس اتانال با گرفتن الکترون‌های $NADH$ و دوباره‌سازی NAD^+ به اتانول یا الکل اتیلیک تبدیل می‌شود.

۷۸۱ (A) ۴ در تخمیر الکلی، پذیرنده نهایی الکترون، ماده آلی دوکربنی اتانال می‌باشد (نادرستی گزینهٔ (۴)) ولی در واکنش‌های هوازی و تخمیر لاکتیکی، به ترتیب O_2 (*محصول فتوسنتز*) و پیرووات (*محصول نهایی قندکافت*) آخرین پذیرنده الکترون می‌باشند. در واکنش تبدیل پیرووات به استیل، NAD^+ (*نوعی گیرندهٔ الکترونی دی‌نوکلئوتیدی*)، با الکترون‌گیری به $NADH, H^+$ تبدیل می‌شود.

۷۸۲ (A) ۴ درون یاختهٔ ماهیچه‌ای، زمانی که اکسایش پیرووات در تنفس هوازی صورت نگیرد، پیرووات‌های حاصل از قندکافت با الکترون‌گیری از $NADH$، به سمت تخمیر لاکتیکی می‌روند. در این حالت دیگر تنفس هوازی انجام نمی‌شود و میزان CO_2 کاهش یافته ولی مقداری لاکتیک‌اسید در ماهیچه جمع می‌شود.

نکته

در یاختهٔ ماهیچه‌ای، در صورت تنفس هوازی یا بی‌هوازی بالاخره $NADH$ها و پیرووات‌های حاصل از قندکافت، به مصرف یاخته می‌رسند و تغییری در مقدار آن‌ها به نسبت قبل در یاخته ایجاد **نمی‌شود**.

۷۸۳ (C) ۲ در فعالیت ماهیچهٔ اسکلتی (*دویدن*)، اگر تنفس هوازی صورت بگیرد، تولید CO_2، $FADH_2$ و مصرف اکسیژن بالا می‌رود و سپس مقدار CO_2، بی‌کربنات، H^+ و فعالیت کربنیک‌انیدراز در خون بالا می‌رود ولی در اثر تنفس بی‌هوازی، مقدار لاکتیک‌اسید زیاد شده و CO_2 خون و فعالیت کربنیک‌انیدراز کم می‌شود. (*در مورد رد گزینهٔ (۴) دقت کنید که با افزایش مصرف O_2، واکنش چرخهٔ کربس سریع‌تر می‌شود.*)

نکته مهم

دقت کنید که در این تست، تنظیم تنفس مد نظر نبوده است که مثلاً زیادی CO_2 در تنفس هوازی، یاخته را به سمت مهار واکنش‌های هوازی ببرد. بلکه منظور این سؤال، اثر افزایش عبارت اول در کاهش عبارت بعدی بوده است.

۷۸۴ (B) ۲ چون در صورت سؤال از **اکسایش پیرووات** حرف زده پس نوع تنفس، **هوازی** است که اکسایش پیرووات در راکیزه رخ می‌دهد و محصولات آن هم مشخص است که استیل CoA، CO_2 و $NADH$ می‌باشند. (*در تنفس بی‌هوازی که ماهیچه‌های اسکلتی در ورزش شدید انجام می‌دهند، پیرووات کاهش می‌یابد.*)

۷۸۵ (A) ۴ تولید $FADH_2$ فقط مخصوص واکنش‌های محتاج O_2 یا هوازی بوده ولی NAD^+ در تنفس هوازی و بی‌هوازی ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تولید یا دوباره‌سازی کوآنزیم A طی چرخهٔ کربس یا تنفس هوازی (*محتاج O_2*) صورت می‌گیرد ولی مادهٔ دوکربنی در تنفس یاخته‌ای مخصوص تخمیر الکلی است که بی‌نیاز از O_2 می‌باشد (*البته در تنفس هوازی نیز مادهٔ دوکربنی استیل ایجاد می‌شود*). / گزینهٔ (۲): ATP اکسایشی فقط در تنفس هوازی ولی ATP پیش‌ماده‌ای در قندکافت بی‌هوازی و چرخهٔ کربس هوازی نیز رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۳): اکسایش پیرووات فقط در تنفس هوازی و وابسته به O_2 انجام می‌شود ولی تولید $NADH$ در بخش قندکافت و هوازی رخ می‌دهد.

۷۸۶ (A) ۱ هدف از انجام مرحلهٔ دوم فرایند تخمیر، بازسازی NAD^+ (نه $NADH$) برای شروع واکنش‌های قندکافت بعدی و تولید ATP می‌باشد. اگر NAD^+ بازسازی نشود، قندکافت (*نه زنجیرهٔ انتقال الکترون*) و تولید ATP نیز متوقف می‌شوند (*باید بدانید که اکثر تولید شده در این فرایند ارتباطی با تأمین انرژی یاخته ندارد*).

۷۸۷ (B) ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) به نادرستی تکمیل می‌کنند. در هر دو نوع تنفس هوازی و بی‌هوازی ATP تولید می‌شود (*فقط در تنفس نوری ATP تولید نمی‌شود* (فصل ۶)). هر یاخته‌ای که تنفس یاخته‌ای دارد، لزوماً راکیزه ندارد (*مثل باکتری‌ها و ...*) و اکسیژن هم مصرف نمی‌کند (*مثل یاخته‌های بی‌هوازی*) مورد (د) نیز فقط در جانداران تولیدکننده‌ای مثل گیاهان، جلبک‌ها و برخی باکتری‌ها دیده می‌شود (*البته برخی یاخته‌های انسان مثل کبدی‌ها نیز می‌توانند به تولید اوره از مواد معدنی بپردازند*).

B ۷۸۸ ـ **۲** موارد (ب) و (د) نادرست هستند. دقت کنید که تارهای ماهیچهٔ دلتایی می‌توانند تنفس هوازی یا بی‌هوازی (در O_2 کم) داشته باشند ولی سؤال در مورد غلاف پیوندی دور آن است که فقط تنفس هوازی دارد. در این صورت مورد (الف) صحیح است چون محل تولید NAD^+ یاختهٔ پیوندی فقط در تنفس هوازی و راکیزه می‌باشد که در این **محل** $FADH_2$ نیز تولید می‌شود. موارد (ب) و (د) نادرست هستند، **چون در یاختهٔ پیوندی عمل** تخمیر صورت نمی‌گیرد و لاکتیک اسید یا الکترون‌گیری پیرووات‌ها انجام نمی‌شود. تولید CO_2 در یاخته پیوندی فقط طی تنفس هوازی و درون راکیزه رخ می‌دهد که در این محل استیل CoA نیز تولید می‌شود (درستی ج).

B ۷۸۹ ـ **۳** مادهٔ مشترک حاصل از هر نوع تخمیر، NAD^+ می‌باشد که دوباره در قندکافت، الکترون‌گیری می‌کند ولی گزینهٔ (۱) فقط در مورد **مصرف** NAD^+ در چرخهٔ کربس صحیح می‌باشد. گزینهٔ (۲) در مورد الکل یا لاکتات حاصل از تنفس بی‌هوازی یاخته‌های گیاهی می‌باشد که سبب مرگ آن‌ها می‌شود. گزینهٔ (۴) در مورد ایجاد لاکتیک‌اسید برای فاسد کردن شیر است.

B ۷۹۰ ـ **۲** در تمام باکتری‌ها (به‌عنوان کوچک‌ترین جانداران) و نیز یاخته‌های ماهیچهٔ مخطط، واکنش‌های قندکافت، به عنوان اولین مرحلهٔ تجزیهٔ گلوکز روی می‌دهند که طی آن، دو مولکول ATP به‌طور خالص و دو مولکول $NADH$ ایجاد می‌شوند. (مصرف NAD^+ و ADP رخ می‌دهد.)

تخمیر **الکلی** در یاخته ماهیچه‌ای وجود **ندارد**(نادرستی گزینهٔ (۱))، در فتوسنتز گلوکز یا ماده آلی **تولید** می‌شود (نادرستی گزینهٔ (۳))، یاخته ماهیچه‌ای در تخمیر لاکتیکی خود، قدرت تولید CO_2 را ندارد (نادرستی گزینهٔ (۴)).

A ۷۹۱ ـ **۴** بازوفیل‌ها دارای تنفس هوازی می‌باشند که در مرحلهٔ اول آن (قندکافت)، با تولید ATP بدون نیاز به O_2، $NADH$ و دو نوع مادهٔ سه‌کربنی یک و دوفسفاته ایجاد می‌شود. در مرحلهٔ دوم که تنفس هوازی می‌باشد، دوباره‌سازی و تولید $NADH$، NAD^+، FAD و $FADH_2$ رخ می‌دهد، در این مرحله هم ATP اکسایشی و هم ATP پیش‌ماده‌ای ایجاد می‌شود.

A ۷۹۲ ـ **۱** یاخته‌های راکیزه‌دار یوکاریوتی، معمولاً تنفس هوازی انجام می‌دهند، ولی برخی مانند مخمرها یا یاخته ماهیچه اسکلتی انسان، قادرند در صورت کمبود O_2 محیط به تخمیر بی‌هوازی بپردازند. در هر دو نوع تنفس هوازی و بی‌هوازی تولید ATP و دوباره‌سازی NAD^+ رخ می‌دهد.

A ۷۹۳ ـ **۴** تخمیر و تنفس هوازی، هر دو، واکنش‌هایی برای مصرف پیرووات می‌باشند. در تنفس هوازی، پیرووات‌ها اکسایش می‌یابند ولی در نوع بی‌هوازی (تخمیر) لاکتیکی، پیرووات‌ها الکترون می‌گیرند و کاهیده می‌شوند و یا در نوع تخمیر الکلی تجزیه می‌شود و از آن CO_2 و اتانال ایجاد می‌شود (درستی گزینهٔ (۴)).

تله‌های تستی رد گزینهٔ (۱): هر دو فرایند تخمیر و زنجیرهٔ انتقال الکترون تنفس هوازی، NAD^+ را دوباره‌سازی می‌کنند. / رد گزینهٔ (۲): تخمیر لاکتیکی، CO_2 تولید نمی‌کند ولی تخمیر الکلی و تنفس هوازی قدرت تولید CO_2 دارند که ۲۳٪ این مولکول در خون با اتصال به هموگلوبین منتقل می‌شود. / رد گزینهٔ (۳): در تخمیر، معمولاً ماده آلی و در تنفس هوازی، O_2 معدنی، گیرندهٔ نهایی الکترون و پروتون می‌باشد.

B ۷۹۴ ـ **۳** موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست هستند. تبدیل پیرووات به لاکتات طی تخمیر لاکتیکی، در سیتوپلاسم یاخته ماهیچه‌ای انسان و همچنین در برخی باکتری‌ها مثل تولیدکننده‌های خیارشور یا مواد لبنی مثل تولید ماست انجام می‌شود که این یاخته‌ها در قندکافت همراه با $NADH$، تولید H^+ (پروتون) نیز می‌کنند (درستی ب).

◀ موارد (الف) و (د) دربارهٔ یاخته ماهیچه‌ای که حاوی راکیزه است و باکتری‌ها که فاقد پروتئین انقباضی اکتین و میوزین می‌باشند، رد می‌شوند و مورد (ج) نیز دربارهٔ مرحلهٔ قندکافت و تولید ATP در غیاب اکسیژن، در مورد هر یاخته زنده‌ای رد می‌شود.

C ۷۹۵ ـ **۱** همهٔ موارد دربارهٔ **بافت ماهیچه‌ای انسان** که تخمیر بی‌هوازی نیز دارد صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) در تخمیر لاکتیکی ماهیچه‌های اسکلتی، تولید $2ATP$ بدون تولید CO_2 از تجزیهٔ گلوکز حاصل می‌شود. / ب) تولید و مصرف NAD^+ در مرحلهٔ تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد. / ج) ماهیچه‌ها با تولید کراتین از کراتین فسفات به تأمین انرژی می‌پردازند و سپس کراتین را به مادهٔ زائد نیتروژن‌دار کراتینین تبدیل می‌کنند. / د) ماهیچه‌ها در ورزش شدید و نیاز زیاد خود به ATP به اکسایش و تجزیه اسیدهای چرب نیز می‌پردازند که اسیدهای چرب در ساختار فسفولیپیدهای غشا قرار گرفته‌اند. (فسفولیپیدها بیشتر مولکول‌های غشایی هستند.)

B ۷۹۶ ـ **۱** فقط مورد (ب) مدنظر است. پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون، مسئول اکسایش $NADH$ و دوباره‌سازی NAD^+ می‌باشد. NAD^+ در سه نوع واکنش زیر می‌تواند دوباره‌سازی شود:

۱) تولید لاکتات از پیرووات در تخمیر لاکتیکی (الکترون‌گیری پیرووات در تار ماهیچه اسکلتی) (رد الف و د).

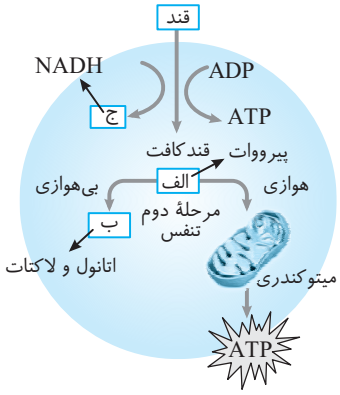
۲) تولید اتانول از اتانال در تخمیر الکلی (رد ج).

۳) واکنش اکسایش $NADH$ در پمپ اول زنجیرهٔ انتقال الکترون.

نکته

در چرخهٔ کربس NAD^+ به $NADH, H^+$ تبدیل می‌شود (نه برعکس).

A ۷۹۷ ـ **۳** در یاخته ماهیچه‌ای، پس از انجام قندکافت و تولید پیرووات (الف) اگر O_2 کافی باشد، تنفس هوازی در مسیر اکسایش پیرووات در سمت راست صورت می‌گیرد و در صورت کمبود O_2، پیرووات به سمت کاهیده شدن در مسیر سمت چپ به علت اینکه ماهیچه اسکلتی است، برای تخمیر لاکتیکی و تولید لاکتات (ب) می‌رود. (ج) نیز $NADH$ حاصل از مرحلهٔ قندکافت می‌باشد.



B ۷۹۸ ـ **۳** منظور سؤال تخمیر الکلی و لاکتیکی می‌باشد که در هر دو مورد، هم‌زمان با دوباره‌سازی NAD^+، در نهایت واکنش به تولید محصول نهایی اتانول یا لاکتیک اسید می‌پردازد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تخمیر لاکتیکی CO_2 تولید نمی‌کند. / گزینهٔ (۲): مصرف ATP، در اولین قسمت گلیکولیز هم‌زمان با تولید فروکتوز دوفسفاته می‌باشد. / گزینهٔ (۴): در تخمیر الکلی، **مصرف** $NADH$ همراه با تولید اتانول دوکربنی است.

B ۷۹۹ ۲ زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای داخلی راکیزه صورت می‌گیرد که از $NADH$ها و $FADH_2$های مراحل قبلی، تعدادی ATP ایجاد می‌کند. این زنجیره دوباره‌سازی NAD^+ها را در پمپ اول و FADها را در پروتئین بین پمپ اول و دوم انجام می‌دهد، ولی تخمیر فقط دوباره‌سازی NAD^+ می‌کند (درستی گزینهٔ (۲) و نادرستی گزینهٔ (۴)). این زنجیره ATP در سطح پیش‌ماده ایجاد نمی‌کند و به تولید ATP **اکسایشی** می‌پردازد (نادرستی گزینهٔ (۱)).

نکته
الکترون‌گیری پیرووات‌ها مخصوص عمل تخمیر لاکتیکی می‌باشد و در تنفس هوازی رخ نمی‌دهد (نادرستی گزینهٔ (۳)).

B ۸۰۰ ۴ در نتیجهٔ عمل زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای چین‌خورده راکیزه با افزوده شدن گروه فسفات به ADP، ATP تولید می‌شود. ATP مولکول آلی پرانرژی است که انرژی را به‌طور موقت در خود ذخیره می‌کند. البته تولید ATP در خود زنجیره صورت نمی‌گیرد بلکه در کانال ATPساز و در واکنش‌های مربوط با زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): یون‌های هیدروژن برخلاف شیب غلظت از گروهی از پروتئین‌های غشایی زنجیرهٔ انتقال الکترون به نام پمپ‌ها، به سمت **فضای بین دو غشای راکیزه** می‌روند. / گزینهٔ (۲): این گزینه مربوط به تخمیر الکلی مخمر نان می‌باشد نه زنجیرهٔ انتقال الکترون که معرف تنفس هوازی می‌باشد. / گزینهٔ (۳): الکترون‌های کم‌انرژی عبور کرده از پمپ‌ها، ابتدا به مولکول O_2 می‌رسند و سپس یون O^{2-} با $2H^+$ ترکیب شده و آب می‌سازد.

B ۸۰۱ ۱ فقط مورد (د) صحیح است.

تله‌های تستی الف) نادرست است. یون اکسید، رادیکال آزاد نیست، چون الکترون جفت نشده ندارد. / ب) نادرست است. کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها، مانع اثر رادیکال‌های آزاد روی مولکول‌های زیستی می‌شوند. / ج) نادرست است. نکروز کبدی در اثر الکل نوعی بافت‌مردگی با مرگ تصادفی است (*نه برنامه‌ریزی شده*). / د) درست است. سیانید و کربن مونواکسید از انتقال الکترون به O_2 ممانعت می‌کنند، در این صورت احتمال ایجاد رادیکال آزاد از اکسیژن‌ها زیاد می‌شود.

درسنامه درختی ۸۳ پاداکسنده‌ها

سالمت بدن و پاداکسنده‌ها (هوازی‌ها)

رادیکال‌های آزاد و هوازی‌ها

نکات
- رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند.
- می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل دهندهٔ بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند.
- در فرایند تنفس هوازی امکان تولید رادیکال آزاد از اکسیژن وجود دارد.
- اتم اکسیژن برخلاف مولکول اکسیژن به عنوان یک رادیکال آزاد بوده و می‌تواند به مولکول‌های زیستی آسیب برساند.
- در گاهی موارد، درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند و به صورت رادیکال آزاد درمی‌آیند.
- راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال آزاد به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند.
- میوه‌ها و سبزیجات دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها هستند.
- کاروتنوئیدهای درون پلاست‌ها می‌توانند در راکیزه وارد شوند و مانع عمل رادیکال‌های آزاد شوند.
- پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آن‌ها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه مانع تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

واکنش تشکیل آب دو مرحله دارد:
- مرحلهٔ اول ← ترکیب O_2 با الکترون‌ها و ایجاد یون اکسید منفی (O^{2-}) ← یون اکسید رادیکال آزاد نمی‌باشد.
- مرحلهٔ دوم ← ترکیب یون O^{2-} (*آب*) با پروتون و تشکیل آب

B ۸۰۲ ۱ فقط مورد (ب) صحیح است.

تله‌های تستی الف) به دلیل وجود قید «**همواره**» نادرست است.

نکته
در انتهای زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه، یون‌های اکسید (O^{2-}) با یون‌های هیدروژن ترکیب می‌شوند و آب تولید می‌کنند **اما گاه پیش می‌آید** که **درصدی از اکسیژن‌ها** وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند و به صورت رادیکال‌های آزاد درمی‌آیند که از عوامل ایجاد سرطان هستند.

ب) **درست** است. راکیزه‌ها برای مقابله با اثر **سمی** رادیکال‌های آزاد به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. / ج) نادرست است. وجود الکل مانع از عمل راکیزه‌ها در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌شود. همچنین الکل سرعت تولید رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و در نهایت سبب نکروز (*بافت‌مردگی*) بافتی در کبد می‌شود (*ترکیب شدن با رادیکال‌های آزاد، از ویژگی‌های الکل نمی‌باشد*). / د) نادرست است. نقص‌های ژنی با تولید پروتئین‌های معیوب در زنجیرهٔ انتقال الکترون، سبب عملکرد نامناسب راکیزه در مبارزه با رادیکال‌های آزاد می‌شوند و یا قدرت ایجاد یون اکسید را کاهش می‌دهند (*لازم به یادآوری است که یون آب، رادیکال آزاد نمی‌باشد*).

برو درسنامه درختی (۸۴) بخون

C ۸۰۳ ۴ همهٔ موارد نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از **اکسیژن** را بالا می‌برد نه هر نوع رادیکال آزاد!! / ب) الکل سبب می‌شود که **راکیزه** نتواند رادیکال‌های آزاد اکسیژن را خنثی کند (*نه واکوئول!!*). / ج) در اثر الکل، رادیکال‌های آزاد به DNA راکیزه حمله می‌کنند (*نه رنات آن!*). / د) نکروز یک آسیب بافتی یا همان بافت‌مردگی است که در اثر مرگ یاخته‌ای ایجاد می‌شود (*نه برعکس*).

درسنامه درختی ۸۴ رادیکال‌های آزاد

رادیکال‌های آزاد

- وقتی به وجود می‌آید که سرعت تشکیل رادیکال آزاد از سرعت مبارزه با آن‌ها بیشتر باشد
  - یا در اثر کمبود مواد پاداکسنده بوده است.
  - یا عواملی از رسیدن الکترون‌ها به اکسیژن جلوگیری کرده‌اند (*مثلاً سیانید*).
- ابتدا سبب تخریب راکیزه و سپس تخریب یاخته می‌شود.

تجمع رادیکال‌های آزاد

ژن‌ها

۱ اثر الکل

- سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد.
- مانع عملکرد راکیزه در جهت کاهش رادیکال آزاد می‌شود.
- تجمع رادیکال آزاد ← حمله به DNA حلقوی راکیزه ← تخریب راکیزه ← مرگ یاخته‌های کبدی ← بافت‌مردگی (*نکروز*) (*مرگ تصادفی*) ← اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن
- اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

۲ نقص ژنی

- گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد ← مانع انتقال الکترون کافی به O_2 می‌شود.
- راکیزه با این پروتئین‌های معیوب در مبارزه با رادیکال‌های آزاد عملکرد مناسبی ندارد ← احتمال تخریب دنای راکیزه بالا می‌رود.
- این نقص ژنی می‌تواند مربوط به ژن‌های درون هسته یا خود راکیزه باشد.

توقف انتقال الکترون

- مواد سمی فراوانی وجود دارند که یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی را مهار می‌کنند ← سبب توقف تنفس یاخته‌ای ← مرگ

سیانید

- سبب توقف واکنش **نهایی** مربوط به انتقال الکترون به O_2 می‌شود
  - احتمال تولید یون اکسید (O^{2-}) را در راکیزه کم می‌کند ← تولید آب نیز کم می‌شود.
  - احتمال ایجاد رادیکال آزاد از اکسیژن زیاد می‌شود.
  - چون مراحل انتهایی زنجیره را دچار اختلال می‌کند، روی تولید NAD^+ و FAD اثر مستقیم ندارد.

کربن مونواکسید

- اتصال پایدار به هموگلوبین در محل اتصال اکسیژن دارد ← مانع اتصال اکسیژن به هموگلوبین می‌شود ← اختلال در تنفس یاخته‌ای ← مقدار تنفس هوازی و تولید ATP در یاخته کم می‌شود.
- همانند سیانید سبب توقف واکنش‌های مربوط به انتقال الکترون به اکسیژن می‌شود
  - احتمال ایجاد یون اکسید و آب را کم کرده
  - احتمال تولید رادیکال آزاد اکسیژن را زیاد می‌کند.

- دود خارج شده از خودروها و سیگار از منابع دیگر تولید کربن مونواکسید هستند.

C ۸۰۴ موارد (ب)، (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) درست است. نقص ژنی در یاخته‌ها که سبب تولید پروتئین‌های معیوب در زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌شود، سبب می‌شود که راکیزه نتواند در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی داشته باشد. (*ژنوم هسته و راکیزه در ساخت عوامل مورد نیاز تنفس یاخته‌ای مؤثرند.*) / ب) نادرست است. مواد سمی فراوان با مهار یک یا تعدادی واکنش‌های تنفس **هوازی**، سبب توقف تنفس و مرگ یاخته‌ای می‌شود. / ج) نادرست است. سیانیدها، واکنش **نهایی** مربوط به انتقال الکترون‌ها از پمپ سوم زنجیرهٔ انتقال الکترون به اکسیژن را مهار می‌کنند و با مهار تولید O^{--}، سبب توقف واکنش‌های ATPسازی و تولید آب می‌شوند یعنی مانع تولید O^{2-} می‌شوند (*از طرفی شُش تولید رادیکال آزاد اکسیژن را زیاد می‌کند.*) / د) نادرست است. کربن مونواکسید با اتصال به جایگاه اکسیژن در مولکول هم (*متن از هموگلوبین*)، سبب کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها شده و احتمال ایجاد O^{--} را کم می‌کند. از طرفی این ماده سبب مهار فعالیت پمپ سوم در الکترون‌رسانی صحیح به O_2 شده و تولید O^{--} را کاهش می‌دهد.

B ۸۰۵ سیانیدها و مونواکسید کربن می‌توانند مانع انتقال الکترون به مولکول O_2 در زنجیرهٔ انتقال الکترون شوند و **تولید** یون اکسید O^{2-} و تولید H_2O را در این واکنش‌ها متوقف کنند. (*باز هم دقت کنید که در سؤال گفته در انتهای زنجیرهٔ انتقال الکترون چه واکنشی متوقف می‌شود. تولید ATP در کانال پروتونی جزء زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد.*)

B ۸۰۶ موارد (الف) و (ج) صحیح می‌باشند (*میوگلوبین برخلاف هموگلوبین قدرت اتصال به CO_2 و کربن مونواکسید ندارد*) (نادرستی ب)).

اثر کربن مونواکسید بر تنفس هوازی

- **اثر بر هموگلوبین**
  - در جایگاه اتصال اکسیژن در گروه‌های هم اتصال پایداری ایجاد می‌کند (درستی الف).
  - ظرفیت حمل O_2 را در خون کاهش می‌دهد.
  - میزان تنفس هوازی و تولید CO_2 را کاهش می‌دهد (نادرستی د).
  - فعالیت کربنیک‌انیدراز را با کاهش تولید CO_2، کم می‌کند.
  - سبب اختلال در تنفس یاخته‌ای می‌شود و حتی سبب مرگ می‌شود (*آگاهی گرهنگی*).
- **اثر بر زنجیرهٔ انتقال الکترون**
  - سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون کم‌انرژی به اکسیژن می‌شود.
  - مانع کامل شدن زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌شود (درستی ج).

B ۸۰۷ ۳ منظور سؤال موادی مثل الکل و عواملی مثل نقص ژنی می‌باشد که همگی احتمال ایجاد رادیکال آزاد و تخریب مولکول‌های زیستی را زیاد می‌کنند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): فقط نقص ژنی سبب ایجاد پروتئین معیوب می‌شود. / گزینهٔ (۲): الکل سرعت تشکیل رادیکال آزاد را فقط از اکسیژن (*نه انواعی*) زیاد می‌کند. / گزینهٔ (۴): این عوامل اشکال در تولید پیرووات ایجاد نمی‌کنند.

C ۸۰۸ ۱ موارد (الف) و (هـ) صحیح می‌باشند.

در بدن انسان یاخته‌های بافت **ماهیچه‌ای و کبدی** قدرت ذخیرهٔ گلیکوژن دارند که این پلی‌ساکارید را از سنتز آبدهی گلوکز تولید و ذخیره می‌کنند.

تله‌های تستی الف) درست است. یاخته‌های ماهیچه‌ای و کبدی، در تنفس هوازی، گلوکز را به CO_2 و آب و مقدار زیادی ATP تبدیل می‌کنند (*توجه داشته باشید که هیچ یاختهٔ ماهیچهٔ اسکلتی نیست که قادر به انجام تنفس هوازی نباشد*). / ب) نادرست است. افزایش لاکتات و تخمیر لاکتیکی در کبد برخلاف ماهیچه اسکلتی رخ نمی‌دهد. / ج) نادرست است. نکروز یا بافت‌مردگی در اثر مصرف شدید الکل، در کبد رخ می‌دهد. / د) نادرست است. فقط کبد علاوه بر تولید پروتئین و گلیکوژن، به ذخیرهٔ آهن و برخی ویتامین‌ها می‌پردازد (*ریست دهم فصل ۲*) (*دقت کنید که آهن در میوگلوبین وجود دارد ولی برای فعالیت‌های دیگر بدن، آزاد نمی‌شود*). / هـ) درست است. همهٔ بافت‌های بدن برای هورمون‌های تیروئیدی در سوخت‌وساز بدن و هورمون انسولین برای نفوذپذیری به گلوکز، گیرنده ویژه دارند (*ریست پانزدهم فصل ۴ هورمون‌ها*).

پاسخ آرشیو تست‌های پیشرفته ATP

B ۸۰۹ ۳ این سؤال با فصل چهارم از کتاب زیست دهم ترکیب شده است که منظور CO_2 است که سبب گشاد شدن سرخرگ کوچک می‌شود.

در بین گزینه‌های این سؤال، گزینهٔ (۳) نقشی مستقیم در تولید CO_2 ندارد چون در مرحلهٔ اول و آخر چرخهٔ کربس CO_2 تولید نمی‌شود.

در مرحلهٔ اول، از استیل کوآنزیم A و ترکیب چهار کربنه، یک ترکیب شش‌کربنه به دست می‌آید و در مرحلهٔ آخر، ترکیب چهارکربنه آغازکنندهٔ چرخه، از یک ترکیب چهارکربنه دیگر بازسازی می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در اکسایش پیرووات توسط آنزیم‌های راکیزه‌ای، با آزاد شدن CO_2، بنیان استیل ایجاد می‌شود و سپس با اتصال به کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A ایجاد می‌شود. / گزینهٔ (۲): در مرحلهٔ دوم و سوم چرخهٔ کربس، CO_2 تولید می‌شود. / گزینهٔ (۴): در اولین واکنش مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی در تبدیل پیرووات به اتانال، CO_2 تولید می‌شود.

انواع تخمیر و مراحل آن‌ها

ایستگاه ۴۳

نوع تخمیر	تخمیر الکلی	تخمیر لاکتیکی
مرحلهٔ اول	قندکافت	قندکافت
محل مرحلهٔ اول	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
محصولات مرحلهٔ اول	۲ پیرووات - $2ATP$ - $2NADH, H^+$	۲ پیرووات - $2ATP$ - $2NADH, H^+$
مرحلهٔ دوم	بی‌هوازی الکلی	بی‌هوازی لاکتیکی
محل مرحلهٔ دوم	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم	مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم
ماده الکترون گیرنده	اتانال (C_2)	پیرووات
محصولات و واکنش‌های مرحلهٔ دوم	پیرووات (C_3) ← اتانال (C_2) + CO_2؛ اتانال (C_2) ← اتانول (C_2) با $NADH, H^+$ و NAD^+	پیرووات (C_3) ← لاکتات (C_3) با $NADH, H^+$ و NAD^+
مورد استفاده	ورآمدن خمیر نان در عمل قارچ مخمر نان	۱) باکتری فاسدکننده شیر ۲) تولید خیارشور و محصولات لبنی ۳) فعالیت شدید در ماهیچه‌های اسکلتی ۴) تنفس گویچهٔ قرمز خونی بالغ

C ۸۱۰ ۱ موارد (الف)، (ب) و (د) عبارت را به نادرستی تکمیل می‌کنند.

- از اکسایش پیرووات تا ایجاد استیل کوآنزیم A موادی مثل CO_2 و $NADH$ به دست می‌آیند. $NADH$ علاوه بر راکیزه در واکنش‌های قندکافت سیتوپلاسم نیز همراه پیرووات ایجاد می‌شود (نادرستی الف).
- در مرحلهٔ اول تخمیر الکلی یا همان قندکافت، $NADH$ تولید می‌شود ولی در مرحلهٔ دوم آن برای تولید اتانال از پیرووات، مولکول CO_2 تولید می‌شود (CO_2 در *اک‌یژن پیرووات نیز تولید می‌شود*) (نادرستی ب).
- در مرحلهٔ دوم تخمیر لاکتیکی، فقط پیرووات کاهش می‌یابد تا به لاکتات یا همان بنیان لاکتیک‌اسید تبدیل شود. طی این تبدیل $NADH$ اکسایش یافته و به NAD^+ تبدیل می‌شود (درستی ج).
- CO_2 یک پیش‌ماده برای آنزیم کربنیک‌انیدراز گویچه‌های قرمز می‌باشد. حتماً به یاد دارید که هماتوکریت درصد حجمی یاخته‌های خونی می‌باشد (نادرستی د).

B ۸۱۱ ـ ۲ تنفس مشترک بین تار ماهیچه‌ای و عصبی، همان تنفس **هوازی** است.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. الکترون‌گیری پیروووات مربوط به تخمیر لاکتیکی است که ویژهٔ ماهیچهٔ اسکلتی و گویچهٔ قرمز است. / گزینهٔ (۲): درست است. در قندکافت، برای ایجاد اولین $NADH$، قند سه‌کربنی یک‌فسفاته اکسایش شده و به اسید سه‌کربنی دوفسفاته تبدیل می‌شود. / گزینهٔ (۳): نادرست است. مصرف FAD در چرخهٔ کربس، در بسترهٔ راکیزه رخ می‌دهد ولی بازسازی آن توسط زنجیرهٔ انتقال الکترون رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۴): نادرست است. اولین تولید ATP، در مرحلهٔ آخر قندکافت است که طی آن **اسید** سه‌کربنی دوفسفاته به پیروووات تبدیل می‌شود.

B ۸۱۲ ـ ۲ موارد (ج) و (د) نادرست تکمیل می‌کنند. مرحلهٔ اول تخمیر، قندکافت است ولی مرحلهٔ دوم برحسب نوع تخمیر الکلی یا لاکتیکی متفاوت است.

تله‌های تستی الف) درست است. در تخمیر الکلی، گیرندهٔ الکترون مرحلهٔ دوم، اتانال دوکربنی می‌باشد. / ب) درست است. طی مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی، مادهٔ معدنی CO_2 یا مادهٔ آلی اتانول و یک گیرندهٔ آلی NAD^+ ایجاد می‌شود. / ج) نادرست است. در تخمیر الکلی، لاکتات تولید نمی‌شود. / د) نادرست است. مخمر نان تخمیر الکلی دارد که در مرحلهٔ دوم آن، CO_2 ایجاد می‌شود.

C ۸۱۳ ـ ۳ هر تار ماهیچه‌ای فقط برای به انقباض درآمدن به پیام عصبی نیاز دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. قسمت اول در مورد تارهای تند (*سفید*) و قسمت دوم در مورد تارهای قرمز (*کند*) است ولی میتوکندری کم فقط در تارهای تند وجود دارد. / گزینهٔ (۲): نادرست است. هر دو قسمت در مورد تارهای تند (*سفید*) می‌باشد و قید «برخلاف» در مورد آن‌ها بی‌معنی است. / گزینهٔ (۴): نادرست است. حرکات استقامتی برای فعالیت تارهای کند است ولی در این عبارت برای تارهای تند در نظر گرفته است.

C ۸۱۴ ـ ۲ موارد (الف) و (ب) نادرست هستند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. فقط در تخمیر الکلی CO_2 تولید می‌شود که CO_2 نیز قادر به اتصال به هموگلوبین می‌باشد. / ب) نادرست است. فقط در تخمیر لاکتیکی پیروووات ماده الکترون گیرنده از $NADH$ می‌باشد. / ج) درست است. هر نوع تخمیری، بی‌نیاز از راکیزه، زنجیرهٔ انتقال الکترون و اکسایش پیروووات می‌باشد. / د) درست است. در هر نوع تخمیر، از تجزیهٔ هر گلوکز، فقط دو تا ATP در مرحلهٔ قندکافت، بازدهی می‌شود که نسبت به واکنش تبدیل پیروووات به استیل که ATP تولید نمی‌شود، بازده انرژی بیشتری دارند.

B ۸۱۵ ـ ۳ موارد (الف)، (ب) و (ج) نادرست هستند. مخمر نان **قارچی** است که علاوه بر تخمیر الکلی بی‌هوازی، تنفس **هوازی** نیز دارد. دقت کنید که سؤال در مورد تنفس هوازی است، که در تنفس هوازی، O_2 گیرندهٔ نهایی الکترون و پروتون است (*پس سؤال در مورد O_2 می‌باشد*).

تله‌های تستی الف) نادرست است. الکل و رادیکال آزاد سبب نکروز بافتی می‌شوند. / ب) نادرست است. زیاد بودن O_2، سبب تنفس هوازی می‌شود نه تخمیر لاکتیکی. / ج) نادرست است. زیادی CO_2 از کمبود O_2 خطرناک‌تر است. / د) درست است. کرم خاکی تنفس پوستی و مویرگ دارد.

B ۸۱۶ ـ ۴ فرایند تولید خیارشور، ترش شدن شیر، ورزش شدید در ماهیچه و تولید محصولات لبنی نیازمند تخمیر لاکتیکی بوده ولی فرایند مورد نیاز برای ورآمدن خمیر نان در تخمیر الکلی رخ می‌دهد.

◀ در تخمیر لاکتیکی برخلاف نوع الکلی آن CO_2 تولید نمی‌شود (درستی گزینهٔ (۴)).

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تبدیل ترکیب C_3 به C_2 در تخمیر الکلی در هنگام تبدیل پیروووات به اتانال صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۲): هر دو فرایند تولید خیارشور و ترش شدن شیر در تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهند و قید **برخلاف** نادرست است. / گزینهٔ (۳): در **ابتدای** ورزش، تنفس **هوازی** برای تجزیه کامل گلوکز وجود دارد و دقت کنید که در هر نوع تنفس یاخته‌ای دوباره‌سازی گیرنده‌های الکترونی صورت می‌گیرد.

B ۸۱۷ ـ ۱ فقط مورد (ج) صحیح است. در ماهیچه‌ها، به هر یاخته آن‌ها تار ماهیچه‌ای می‌گویند و به واحدهای درون هر تار نیز تارچه گفته می‌شود. تارچه محل قرارگیری پروتئین‌های انقباضی اکتین و میوزین می‌باشد ولی در خارج آن در سیتوپلاسم، راکیزه و سایر اندامک‌ها وجود دارند. به‌طور کلی واکنش‌های تنفسی در تارچه ماهیچه‌ای صورت نمی‌گیرد ولی بخش درونی تار ماهیچه‌ای حاوی مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و اندامک‌هاست که در راکیزه، چرخهٔ کربس برای اکسایش استیل صورت می‌گیرد (درستی ج).

تله‌های تستی الف) اکسایش پیروووات معنی تنفس هوازی می‌دهد که در راکیزه رخ می‌دهد تا استیل‌کوآنزیم A ساخته شود، ولی تولید لاکتات در تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد. / ب) واکنش‌های تنفسی در تارها رخ می‌دهد نه تارچه‌ها! / د) در تبدیل پیروووات به استیل‌کوآنزیم A، **اکسایش پیروووات** و تولید $NADH$ رخ می‌دهد.

نکته

پیروووات
- اکسایش یابد
  - NAD^+ را به $NADH$ تبدیل می‌کند.
  - محصول آن، استیل‌کوآنزیم A و CO_2 می‌باشد.
  - مربوط به تنفس هوازی است.
- کاهش یابد
  - $NADH$ را به NAD^+ تبدیل می‌کند.
  - محصول آن لاکتات یا لاکتیک‌اسید است.
  - مربوط به تخمیر (*تنفس بی‌هوازی*) است.

C ۸۱۸ ـ ۴ قسمت اول سؤال در مورد تخمیر الکلی و قسمت دوم در مورد تخمیر لاکتیکی است. مادهٔ نهایی تخمیر الکلی، اتانول دوکربنی و در تخمیر لاکتیکی، لاکتیک اسید سه‌کربنی است. در گزینهٔ (۴) مادهٔ اسیدی دوفسفاته قندکافت، سه‌کربنی می‌باشد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): NAD^+ با گرفتن الکترون، کاهش و $NADH$ با از دست دادن الکترون، اکسایش می‌یابد. این مطلب در مورد سایر مولکول‌ها نیز صدق می‌کند که با گرفتن الکترون کاهش و با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابند. در تخمیر الکلی، $NADH$ صرف کاهش اتانال (*دوکربنی*) ولی در تخمیر لاکتیکی صرف کاهش پیروووات (*سه‌کربنی*) می‌شود. / گزینهٔ (۲): در هر دو تخمیر، فرایند قندکافت انجام می‌شود. در قندکافت، تشکیل اسید دوفسفاته از قند دوفسفاته همراه با ایجاد $NADH$ از NAD^+ است، بنابراین برای تداوم قندکافت، وجود NAD^+ ضروری است و اگر نباشد، قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. پس تشکیل اسید دوفسفاته از قند فسفاته، وابسته به وجود NAD^+ است (*نه $NADH$*). / گزینهٔ (۳): در تخمیر لاکتیکی، CO_2 تولید نمی‌شود. هر چند که در تخمیر الکلی، اکسایش حامل الکترونی $NADH$ هم‌زمان با تولید اتانول از اتانال است، اما تولید CO_2 هم‌زمان با تولید اتانال از پیروووات است (*درواقع این عبارت برای تخمیرها نادرست است*).

۸۱۹ (C) ۱ در دو نوع تنفس یاخته‌ای می‌توان واکنش تبدیل مواد سه‌کربنی به دوکربنی مشاهده کرد. یکی در تنفس **هوازی** و در مرحلهٔ **اکسایش** پیرووات به استیل می‌باشد و دیگری در **تخمیر الکلی** است که پیرووات به اتانال تبدیل می‌شود. دقت کنید که در هیچ‌کدام از این دو نوع تنفس، پیرووات‌ها الکترون‌گیری نمی‌کنند (*کاهش نمی‌یابند*) ولی هر دو نوع تنفس (*برخلاف تخمیر لاکتیکی*) قدرت تولید CO_2 را دارند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): تولید CO_2 در تنفس هوازی و تخمیر الکلی رخ می‌دهد که در نوع هوازی، پیرووات‌ها و استیل‌ها اکسایش می‌یابند. / گزینهٔ (۳): قسمت اول سؤال در مورد تنفس هوازی می‌باشد که در باکتری‌های هوازی **بدون راکیزه** نیز رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۴): تولید CO_2 در مرحلهٔ آخر تنفسی، مربوط به تخمیر الکلی یا تنفس هوازی صورت می‌گیرد. در **مرحلهٔ دوم تخمیر لاکتیکی**، تولید CO_2 رخ نمی‌دهد ولی در مرحلهٔ قبل از آن که **قندکافت** می‌باشد، ATP در سطح پیش‌ماده تولید می‌شود.

۸۲۰ (B) ۱ فقط مورد (ج) صحیح است. یادی کرده باشیم از جناب آقای گیاهی! منظور سؤال بافت پارانشیم هوادار می‌باشد که در هنگام زخم‌های بافتی قدرت تقسیم و ترمیم بافت را دارد. این بافت دیواره نخستین نازک غیرچوبی (نادرستی الف) دارد ولی برخلاف مریستم، قدرت تقسیم دائمی ندارد.

◀ دیوارهٔ نخستین ضخیم مخصوص کلانشیم می‌باشد و چوبی شدن دیوارهٔ پسین نیز مخصوص اسکلرانشیم و آوند چوبی می‌باشد (نادرستی ب و د).

۸۲۱ (B) ۴ آنزیم کربنیک‌انیدراز مسئول ترکیب CO_2 با آب می‌باشد. در تنفس هوازی، CO_2 زیادی تولید می‌شود و واکنش‌های کربنیک‌انیدراز را فعال‌تر می‌کند. همان‌طور که می‌دانید در تنفس هوازی، ATP اکسایشی در زنجیرهٔ انتقال الکترون ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): کاهش انجام واکنش کربنیک‌انیدراز، در پی کاهش تنفس هوازی و کاهش تولید CO_2 در واکنش‌های اکسایش پیرووات و استیل بوده است. / گزینهٔ (۲): کاهش فعالیت آنزیم کربنیک‌انیدراز، می‌تواند نشان دهندهٔ کمبود O_2 رسانی به بافت‌ها باشد. / گزینهٔ (۳): الکترون‌گیری پیرووات‌ها در تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد که در این تنفس، CO_2 تولید نمی‌شود و فعالیت آنزیم کربنیک‌انیدراز کاهش می‌یابد.

۸۲۲ (C) ۳ تبدیل پیرووات به ماده دوکربنی، یکی در تنفس هوازی همراه با تولید $NADH$ (*مصرف* NAD^+) بوده که استیل‌کوآنزیم A ایجاد می‌شود. ادامه این روند در تنفس هوازی به تولید مقدار زیادی ATP می‌انجامد. این ATP می‌تواند با فعال کردن پمپ سدیم پتاسیم سبب ورود پتاسیم و خروج سدیم از یاخته شود.

◀ دیگری تبدیل پیرووات به ماده دوکربنی در تخمیر **الکلی** نیز رخ می‌دهد که در ادامه این واکنش، NAD^+ تولید می‌شود ولی ATPای تولید نمی‌شود تا پمپ سدیم پتاسیم را فعال کند. از طرفی دقت کنید که تخمیر الکلی در تار ماهیچه‌ای صورت نمی‌گیرد.

نکته

همواره در یاخته‌های بدن و در هر حالتی، مقدار سدیم در بیرون یاخته و مقدار پتاسیم در داخل یاخته‌ها بیشتر می‌باشد.

۸۲۳ (C) ۲ یاخته نگهبان روزنه هوایی گیاهان، یک یاخته فتوسنتزکننده می‌باشد که در تست‌ها خیلی کاربرد دارد چون هم تنفس یاخته‌ای و هم فتوسنتز آن را می‌شود مورد سؤال قرار داد. در این سؤال منظور **مولکول** ATP می‌باشد که در مرحلهٔ اول قندکافت تجزیه شده و در مرحلهٔ آخر تولید می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): امکان دارد. در فصل ۶ به‌طور مفصل می‌خوانیم که ATP به همراه یک ناقل الکترونی $NADPH$، انرژی لازم برای ساخت قند را در فتوسنتز تأمین می‌کند. / گزینهٔ (۲): امکان ندارد. ATP توسط آنزیم‌های موجود در غشای **داخلی راکیزه** در کانال ATPساز تولید می‌شود نه در غشای خود یاخته!! / گزینهٔ (۳) و (۴): امکان دارد. تولید ATP در واکنش‌های قندکافت مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم که محل کاهش پیرووات در تخمیر است یا در راکیزه که محل اکسایش پیرووات است، صورت می‌گیرد.

۸۲۴ (C) ۱ فقط مورد (ج) صحیح است. سؤال در مورد ویژگی **تخمیر** می‌باشد. چون در تنفس بی‌هوازی، راکیزه، FAD و واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون نقشی ندارند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. انتقال پیرووات با صرف انرژی از غشاهای راکیزه مربوط به تنفس هوازی می‌باشد. / ب) نادرست است. تولید ATP اکسایشی ویژه واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه می‌باشد. در تنفس بی‌هوازی، تولید ATP فقط به صورت پیش‌ماده‌ای و در قندکافت رخ می‌دهد. / ج) **درست** است. در مرحلهٔ اول هر تخمیری، واکنش‌های قندکافت رخ می‌دهد که بازده آن دو پیرووات و دو مولکول ATP به همراه ۲$NADH$ می‌باشد. / د) نادرست است. تولید CO_2 و سپس الکترون‌گیری ماده آلی اتانال از $NADH$، مخصوص تخمیر الکلی است و در هر تخمیری رخ نمی‌دهد.

۸۲۵ (C) ۳ موارد (الف)، (ب) و (ج) نادرست تکمیل می‌کنند.

نکته

اگر پیرووات **الکترون‌دهی** کند، یعنی وارد تنفس هوازی شده و می‌تواند CO_2، $FADH_2$، استیل CoA و چرخهٔ کربس را طی مسیر ایجاد کند (رد الف) ولی در اثر الکترون‌گیری، تخمیر لاکتیکی در یاخته، صورت گرفته و NAD^+ و لاکتیک‌اسید تولید شده است (رد ب و درستی د). طی تجزیه پیرووات در تخمیر الکلی، CO_2 و ماده آلی دوکربنه الکترون گیرنده ایجاد می‌شوند (رد ج) (*همواره تجزیهٔ پیرووات به معنی تنفس هوازی نیست و می‌تواند الکلی هم باشد*).

۸۲۶ (C) ۴ مرحلهٔ دوم تنفس یاخته‌ای می‌تواند نوع هوازی با اکسایش پیرووات یا نوع بی‌هوازی (*تخمیر*) باشد که در تخمیر الکلی، پیرووات، ابتدا CO_2 از دست می‌دهد ولی در نوع لاکتیکی، پیرووات‌ها، کاهش می‌یابند (*الکترون می‌گیرند*).

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. مصرف ATP در تنفس یاخته‌ای فقط در ابتدای گلیکولیز است. / گزینهٔ (۲): نادرست است. در تخمیر لاکتیکی که پیرووات کاهش می‌یابد، CO_2 تولید نمی‌شود. / گزینهٔ (۳): نادرست است. جدا شدن CO_2 از پیرووات در تنفس هوازی و تخمیر الکلی رخ می‌دهد ولی اتانال در تنفس هوازی ایجاد نمی‌شود. / گزینهٔ (۴): درست است. پیرووات‌ها در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم طی قندکافت تولید می‌شوند. اگر در همین محل CO_2 تولید کنند، یعنی تخمیر الکلی انجام داده‌اند که قطعاً در مرحلهٔ آخر با بازسازی NAD^+ به تولید الکل اتانول می‌پردازند.

۸۲۷ (B) ۲ در واکنش تولید هر پیرووات از اسید سه‌کربنی دوفسفاته، دو مولکول ATP در سطح پیش‌ماده ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در هر تخمیری از نوع الکلی یا لاکتیکی، دوباره‌سازی NAD^+، طی الکترون‌گیری مواد دو یا سه‌کربنی آلی صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۳): زیادی ATP، سبب مهار آنزیم‌های ATPساز در قندکافت، چرخهٔ کربس و ... در راکیزه می‌شود. / گزینهٔ (۴): ماهیچه‌ها علاوه بر گلوکز، از کرآتین فسفات نیز انرژی می‌گیرند.

۸۲۸ (B) ۱ فقط مورد (د) مورد نظر است. دوباره‌سازی FAD در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه‌ها رخ می‌دهد ولی مراحل تولید پروتئین در رناتن (موارد (الف) و (ب)) و تخمیر الکلی مخمرها (مورد (ج)) در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم که حاوی رناتن نیز می‌باشد، رخ می‌دهند.

B ۸۲۹ ۱ فقط مورد (د) جواب است. در فرایند تبدیل پیروووات به استیل‌کوآنزیم A، مولکول $NADH$ تولید می‌شود و NAD^+ مصرف می‌شود. سایر عبارات روش‌های بازسازی NAD^+ است که در تخمیر (عبارات ب و ج) و زنجیرهٔ انتقال الکترون هوازی، دوباره‌سازی NAD^+ داریم.

C ۸۳۰ ۱ کمبود فعالیت کربنیک‌انیدراز، نشان‌دهندهٔ CO_2 کم حاصل از تنفس هوازی بوده است. پس در این حالت مقدار ATP جاندار نیز کم است و برای جبران باید پیرووات‌ها با انتقال فعال و صرف انرژی وارد راکیزه شوند تا با تنفس هوازی، تولید ATP زیاد شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): نادرست است. زیادی ATP، مقدار اکسایش پیرووات و کربس را کم می‌کند. / گزینهٔ (۳): نادرست است. زیادی ADP نشانهٔ کمبود ATP است که در این صورت پیرووات‌ها باید به سمت اکسایش در راکیزه بروند. / گزینهٔ (۴): نادرست است. زیادی کربنیک اسید، به‌جز در زیادی CO_2 و تنفس هوازی زیاد و وجود ATP زیاد است که در این صورت واکنش‌های اکسایش پیرووات کاهش می‌یابد.

B ۸۳۱ ۴ واکنش $(C_3 \rightarrow CO_2 + C_2)$ در دو نوع تنفس هوازی و تخمیر الکلی (*در مخمرها*) صورت می‌گیرد. در بخش هوازی تنفس این واکنش در بستره راکیزه در تبدیل پیرووات به استیل‌کوآنزیم A رخ می‌دهد ولی آنزیم‌های مسئول این عمل در راکیزه که اندامکی برای تبدیل ماده به انرژی است قرار دارند (رد گزینهٔ (۱)).
این واکنش در تنفس هوازی به مقدار O_2 کافی بستگی دارد (رد گزینهٔ (۲)).
واکنش فوق، در تخمیر الکلی نیز رخ می‌دهد که طی آن $NADH$ ساخته نمی‌شود (رد گزینهٔ (۳)).

طی این واکنش هیچ‌گاه دوباره‌سازی NAD^+ رخ نمی‌دهد بلکه در تخمیر الکلی، پس از این واکنش و ضمن تبدیل اتانال به اتانول، مولکول NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود.

B ۸۳۲ ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) نادرست می‌باشند. یاخته‌ای که توانایی تخمیر لاکتیکی دارد، قادر به تخمیر الکلی نمی‌باشد (*و برعکس*) (تأیید ج) ولی ممکن است در شرایطی خاص به تنفس هوازی بپردازند (*مثل مخمرنان یا یاخته ماهیچه‌ای انسان*).

- الف) در مورد یاخته‌های فتوسنتزکننده گیاهان که هم در تنفس $FADH_2$ می‌سازند و هم در فتوسنتز O_2 می‌سازند، رد می‌شود.
- تولید اتانال و ترکیب سه‌کربنی فسفاته شده، هر دو در تخمیر الکلی ولی به ترتیب در مرحلهٔ دوم و اول (*متفاوت*) آن رخ می‌دهد (رد ب).
- یاخته ماهیچه اسکلتی انسان، قدرت تولید CO_2 و ATP زیاد در تنفس هوازی و لاکتات در تنفس بی‌هوازی را دارد (رد د).

C ۸۳۳ ۳ موارد (الف)، (ب) و (د) نادرست تکمیل می‌کنند. گیرنده نهایی الکترون، در تخمیر یوکاریوت‌ها (*الکل یا لاکتیک*) یک ماده آلی ولی در تنفس هوازی، O_2 معدنی است. همان‌طور که بارها گفتیم، تخمیر نیازی به راکیزه و زنجیرهٔ انتقال الکترون ندارد (درستی ج).

تله‌های تستی الف) O_2 و CO_2 به هموگلوبین متصل می‌شوند ولی سؤال در مورد گیرندهٔ نهایی الکترون است که در تخمیر الکلی، اتانال می‌باشد و توانایی اتصال به هموگلوبین ندارد. / ب) O_2 که گیرندهٔ الکترونی نهایی در تنفس هوازی است، ماده‌ای معدنی است. / د) در تخمیر واکنشی وارد راکیزه نمی‌شود.

C ۸۳۴ ۳ در تنفس هوازی، CO_2 تولید می‌شود و ترکیب آن با آب موجود در خون سبب تشکیل کربنیک‌اسید می‌شود. در نتیجه pH خون کاهش می‌یابد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): این اختلال می‌تواند منجر به اشکال در واکنش اکسایش استیل‌کوآنزیم A در چرخهٔ کربس و توقف تنفس هوازی شود. / گزینهٔ (۲): هرچه چرخهٔ کربس بیشتر انجام شود، گلوکزهای بیشتری تجزیه می‌شود و به دنبال آن ذخایر گلیکوژن کاهش می‌یابد که پس از مدتی، مقدار این تنفس، تنظیم می‌شود. / گزینهٔ (۴): در لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک، بازجذب بیکربنات صورت می‌گیرد که بازجذب این یون به حفظ تعادل pH خون و جلوگیری از اسیدی شدن آن کمک می‌کند. با افزایش شدید فعالیت بدن و زیاد شدن شدت تنفس بی‌هوازی، مقدار CO_2 کم می‌شود چون در تخمیر لاکتیکی، CO_2 ایجاد نمی‌شود و در پی آن تولید بی‌کربنات خون هم کاهش یافته تا بازجذب آن در کلیه بالاتر برود.

C ۸۳۵ ۳ موارد (ب)، (ج) و (د) مدنظر هستند. در تخمیر **لاکتیکی**، پیرووات‌ها به‌طور مستقیم الکترون می‌گیرند و به یک ترکیب سه‌کربنه به نام لاکتات تبدیل می‌شوند. هدف این فرایند بازسازی NAD^+ برای انجام فرایند قندکافت و تولید ATP در غیاب اکسیژن می‌باشد ولی استیل تولید نمی‌شود (نادرستی ب) و الکلی برای ایجاد رادیکال آزاد تولید نمی‌شود (نادرستی ج). تخمیر لاکتیکی در باکتری‌ها می‌تواند سبب تولید مواد شیری یا فاسد شدن شیر شود (درستی الف) ولی استیل تولید نمی‌شود (نادرستی ب) در یوکاریوت‌های دارای دنابسپاراز و سه نوع رنابسپاراز نیز این نوع تخمیر انجام‌پذیر است (نادرستی د).

C ۸۳۶ ۳ موارد (ب) و (ج) صحیح هستند. تولید ترکیب سه‌کربنی دوفسفاته در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم یاخته‌ها که جایگاه واکنش‌های قندکافت می‌باشد، رخ می‌دهند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. در یاختهٔ یوکاریوتی، اکسایش پیرووات در بستره راکیزه رخ می‌دهد تا به استیل CoA تبدیل شود. / ب) درست است. الکترون‌گیری و کاهش اتانال، مخصوص واکنش‌های تخمیر الکلی در سیتوپلاسم می‌باشد. / ج) درست است. هر زیرواحد پلی‌پپتیدی در رناتن ساخته می‌شود که در میوگلوبین که فقط یک رشتهٔ پلی‌پپتید دارد نیز در سیتوپلاسم ایجاد می‌شود. / د) نادرست است. فعالیت رنابسپارازهای یوکاریوتی در هسته صورت می‌گیرد. / ه) نادرست است. اپراتور در یاخته یوکاریوتی وجود ندارد.

C ۸۳۷ ۴ موارد (الف)، (ب) و (ج) صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی الف) درست است. از بین کل $NADH$های تولید شده در تنفس هوازی جانوران، به‌جز دو مولکول که طی قندکافت تولید می‌شوند، بقیه $NADH$ها و کل $FADH_2$ها در بستره راکیزه و در حین اکسایش پیرووات و استیل ایجاد می‌شوند. / ب) درست است. O_2 گیرنده نهایی الکترون در تنفس هوازی می‌باشد که خود، محصول فتوسنتز در سبزدیسه یا اندامک دوغشایی دیگری می‌باشد. برای انجام فتوسنتز به انرژی نور خورشید، نیاز می‌باشد. / ج) درست است. کانال H^+ در غشای درونی چین‌خورده راکیزه علاوه بر نقش انتقالی H^+ از فضای بین دو غشا به بستره، وظیفه تولید ATP را در بخش آنزیمی خود دارد که این بخش در بستره راکیزه قرار گرفته است. / د) نادرست است. در تنفس بی‌هوازی (*تخمیر*) به جای اکسایش پیرووات، واکنش‌های **تجزیه** پیرووات در تخمیر الکلی یا **الکترون‌گیری** (*کاهش*) پیرووات در تخمیر لاکتیکی صورت می‌گیرد.

C ۸۳۸ ۲ فقط مورد (ج) صحیح می‌باشد.

تله‌های تستی الف) نادرست است. بستره راکیزه محل تولید $NADH$، اکسایش پیرووات و گروه استیل می‌باشد ولی تجزیه $NADH, H^+$ و $FADH_2$ در واکنش‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون در **غشای درونی** راکیزه رخ می‌دهد. / ب) نادرست است. آزاد شدن CoA، در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس و هم‌زمان با ترکیب استیل با ماده چهارکربنی صورت می‌گیرد. / ج) درست است. در چرخهٔ کربس با آزادسازی الکترون‌ها و پروتون‌های بنیان استیل، این عوامل به NAD^+ و FAD متصل شده تا به $NADH, H^+$ و $FADH_2$ تبدیل شوند. / د) نادرست است. پروکاریوت‌های دارای تنفس هوازی، فاقد راکیزه می‌باشند.

۸۳۹ ۱ منشأ یاخته‌های خونی گویچهٔ قرمز، سفید و پلاکت‌ها از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان می‌باشد. در بین این یاخته‌ها، گویچه‌های سفید، یک یاخته طبیعی با همه اندامک‌ها می‌باشند که حاوی **تنفس هوازی** می‌باشند. گویچه‌های قرمز فاقد هسته و راکیزه می‌باشند و فقط تخمیر لاکتیکی دارند و پلاکت‌ها نیز فقط حاوی بخشی از سیتوپلاسم هستند که حاوی راکیزه و تنفس هوازی می‌باشند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. گویچه‌های سفید خون دیاپدز (*خروج از خون*) دارند و قدرت تنفس هوازی همراه تولید $FADH_2$ را دارند. / گزینهٔ (۲): نادرست است. گویچه‌های سفید و پلاکت‌ها حاوی تنفس هوازی و زنجیرهٔ انتقال الکترون هستند که پلاکت‌ها فاقد هسته و DNA خطی می‌باشند. / گزینهٔ (۳): نادرست است. گویچه‌های قرمز حاوی هموگلوبین برای انتقال مقداری (۲۳٪) CO_2 و بیشترین مقدار O_2 می‌باشند که این یاخته‌ها، تنفس بی‌هوازی دارند که قدرت اکسایش پیرووات ندارند. / گزینهٔ (۴): نادرست است. نوکلئوزوم در ژنوم هسته وجود دارد که پلاکت‌ها و گویچه‌های قرمز فاقد آن می‌باشند. در بین این یاخته‌ها، پلاکت‌ها برخلاف گویچهٔ قرمز قادر به تنفس هوازی و دوباره‌سازی کوآنزیم A می‌باشند.

۸۴۰ ۴ همهٔ موارد نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) نورون‌ها تخمیر انجام نمی‌دهند (*الکترون گیری پیرووات در تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد*). / ب) تار عصبی حرکتی ماهیچه‌های اسکلتی از نوع اعصاب **پیکری** هستند نه خودمختار!! (*پس فاقد عصب گیری از بخش‌های سمپاتیک و پاراسمپاتیک می‌باشند*).

نکته
اعصاب پیکری با ماهیچه‌های اسکلتی و اعصاب خودمختار با ماهیچه‌های صاف و قلبی در سیناپس هستند.

ج) $NADH$، الکترون‌های خود را به **پمپ‌های** پروتئین غشای داخلی راکیزه می‌دهد **نه کانال** پروتئینی!! (*مواظب تفاوت پمپ و کانال باشید*). / د) کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی به درون سیتوپلاسم یاختهٔ ماهیچهٔ اسکلتی رها می‌شود ولی به درون فضای سیناپسی رها نمی‌شود.

۸۴۱ ۴ موارد (ب) و (ج) نادرست می‌باشند.

در واکنش‌های تخمیری، مرحلهٔ اول به تولید ATP می‌پردازد و مرحلهٔ دوم آن با دوباره‌سازی NAD^+ سبب می‌شود تا در تنفس‌های بعدی نیز واکنش‌های قندکافت و تولید ATP یاخته ادامه یابد.

منظور سؤال مولکول NAD^+ می‌باشد.

تله‌های تستی الف) درست است. مصرف NAD^+ در واکنش‌های قندکافت در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و در بستره راکیزه برای تولید و اکسایش استیل کوآنزیم A صورت می‌گیرد. / ب) نادرست است. NAD^+، گیرنده الکترونی دی‌نوکلئوتیدی است که دو قند پنتوز به همراه **دو** باز آلی و دو فسفات دارد. / ج) نادرست است. NAD^+ طی ترکیب با دو الکترون و یک پروتون به صورت $NADH$ درمی‌آید و به همراه H^+ به صورت $NADH, H^+$ وارد زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌شود. / د) درست است. NAD^+ دارای یک‌بار مثبت می‌باشد و با گرفتن یک الکترون خنثی می‌شود. / ه) درست است. تولید NAD^+ از $NADH$ به همراه یک H^+ صورت می‌گیرد. چون همواره مولکول $NADH$، به صورت $NADH, H^+$ در یاخته منتقل می‌شود.

۸۴۲ ۱ واکنش مورد نظر هیدرولیز ATP را نشان می‌دهد که در مرحلهٔ اول قندکافت رخ می‌دهد نه در دو مرحلهٔ آخر آن!

در ماهیان ساکن آب شیرین به دلیل زیاد بودن غلظت نمک درون بدن جانور، جذب نمک و یون‌ها با انتقال فعال و صرف ATP صورت می‌گیرد (رد گزینهٔ (۲)).

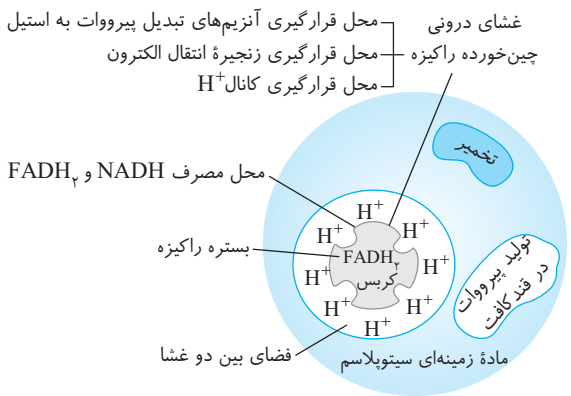
ورود یون‌های پتاسیم و کلر به لولهٔ مالپیگی حشرات با انتقال فعال بوده و ورود پیرووات حاصل از قندکافت از مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم به بستره راکیزه نیز نمونه‌ای از انتقال فعال همراه مصرف ATP می‌باشد (رد گزینه‌های (۳) و (۴)).

۸۴۳ ۱ یاخته‌های **کبدی و ماهیچه‌ای** قدرت هیدرولیز گلیکوژن و ایجاد گلوکز را دارند، این یاخته‌ها طی تنفس هوازی، مقدار زیادی ATP از گلوکز به دست می‌آورند.

آنزیم‌های خارج شده از یاخته پوششی پرز روده باریک نیز قدرت هیدرولیز مالتوز و ایجاد گلوکز را دارند.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): **همهٔ** یاخته‌های زنده بدن قدرت تنفس **هوازی** و ایجاد مقدار زیادی ATP از گلوکز را دارند ولی هیدرولیز پیوند بین دو گلوکز برای ایجاد گلوکز ویژه یاخته‌های کبدی و ماهیچه‌ای و آنزیم‌های مالتاز خارج شده از یاختهٔ رودهٔ باریک می‌باشد. / گزینهٔ (۳): تجزیهٔ گلوکز همراه تولید مقدار کمی ATP در تخمیر رخ می‌دهد. این واکنش فقط در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی رخ می‌دهد ولی هیدرولیز نشاسته در انسان توسط آنزیم‌های غدد بزاقی در دهان و سپس در روده باریک توسط آمیلاز لوزالمعده رخ می‌دهد. / گزینهٔ (۴): یاخته‌های ماهیچه‌ای قدرت تخمیر لاکتیکی و تولید ATP مختصری از تجزیهٔ گلوکز دارند ولی این یاخته‌ها آنزیم‌های لازم برای هیدرولیز گلیکوژن ذخیره‌ای را دارند نه نشاسته!

۸۴۴ ۱ تولید پیرووات در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد ولی تجمع H^+ در فضای بین دو غشای راکیزه قرار دارد که بین آن‌ها غشای خارجی صاف راکیزه وجود دارد. این غشا برخلاف غشای چین‌خورده داخلی، فاقد آنزیم‌های لازم برای اکسایش پیرووات (*ساخت استیل*) و زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشد (*با توجه به شکل کتاب آنزیم‌های اکسایش دهندهٔ پیرووات در غشای درونی راکیزه قرار دارند ولی جایگاه فعالیت آن‌ها در بسترهٔ اندامک است*).



تله‌های تستی گزینهٔ (۲): ساخت $FADH_2$ توسط آنزیم‌های موجود در **بستره راکیزه** در چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد که **توسط غشای درونی راکیزه** با محل تجمع شیب غلظت H^+ در فضای بین دو غشای راکیزه فاصله دارد. / گزینهٔ (۳): واکنش‌های تخمیری در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم رخ می‌دهد ولی مصرف FAD در بستره راکیزه (*چرخهٔ کربس*) انجام می‌شود که بین آن‌ها دو غشای راکیزه یکی صاف خارجی و دیگری چین‌خورده داخلی وجود دارد. / گزینهٔ (۴): مصرف O_2 برای تولید آب در بستره راکیزه رخ می‌دهد ولی تجمع H^+ در فضای بین دو غشای راکیزه است که بین آن‌ها غشای درونی راکیزه واقع شده و با مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم برخوردی ندارد.

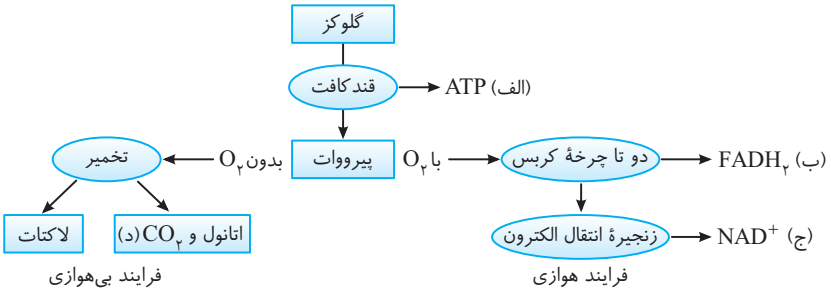
B ۸۴۵ـ۱ ◀ در این شکل (الف) محصولات فرعی حاصل از قندکافت یعنی $NADH$ یا ATP می‌تواند باشد که تا اینجا هر چهار گزینه صحیح می‌باشند.

◀ سپس در سؤال قسمت (ج) را خواسته است که محصول واکنش‌های وابسته به زنجیرهٔ انتقال الکترون است که می‌توانند NAD^+ ، FAD ، ATP یا آب باشند (گزینهٔ ۲) رد می‌شود).

◀ سپس قسمت (ب) را سؤال کرده است که همان محصولات چرخهٔ کربس می‌باشند. این مواد می‌توانند CO_2 ، $FADH_2$ ، H^+ ، $NADH$ یا ATP باشند که هر سه گزینهٔ باقی‌مانده می‌تواند صحیح باشد.

◀ در قدم آخر قسمت (د) را سؤال کرده است که محصول **مرحلهٔ دوم تخمیر الکلی** است. در این تخمیر به همراه اتانول، CO_2 و NAD^+ به دست می‌آید که فقط گزینهٔ (۱) پاسخ است.

◀ دقت کنید که تولید ATP و $NADH$ در مرحلهٔ اول تخمیر رخ می‌دهد ولی در قسمت (د) مرحلهٔ دوم تخمیر را خواسته است.

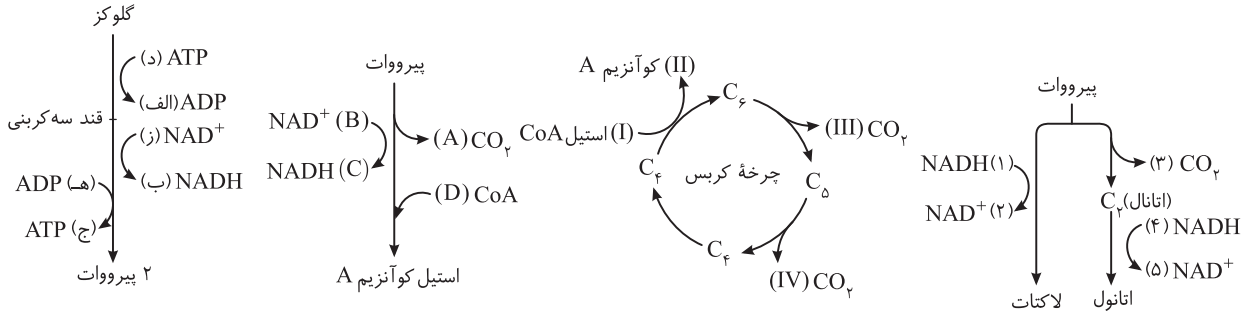


B ۸۴۶ـ۱ موارد دوم و چهارم صحیح می‌باشند.

تله‌های تستی عبارت اول: نادرست است. (الف) و (هـ) مولکول ADP می‌باشند ولی I بیانگر استیل‌کوآنزیم A می‌باشد. / عبارت دوم: درست است. همگی معرف گیرندهٔ الکترونی NAD^+ می‌باشند. / عبارت سوم: نادرست است. D معرف کوآنزیم A بوده ولی A همانند سایر موارد این عبارت بیانگر CO_2 می‌باشد که ۲۳٪ آن در خون توسط هموگلوبین منتقل می‌شود. / عبارت چهارم: درست است. D و II کوآنزیم A می‌باشند که برای کمک به فعالیت آنزیم‌ها نقش دارند.

C ۸۴۷ـ۱ موارد اول، دوم و سوم نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی عبارت اول: نادرست است. (ب)، C ، (۱) و (۴) همگی $NADH$ هستند که در واکنش‌های هوازی، (ب) و C در زنجیرهٔ انتقال الکترون تنفس هوازی ولی (۱) و (۴) در تخمیر اکسایش می‌شوند. / عبارت دوم: نادرست است. A و (۳) مولکول‌های CO_2 هستند ولی (۳) محصول تخمیر الکلی است که در انسان صورت نمی‌گیرد. / عبارت سوم: نادرست است. B ، (ز)، (۵) و (۲) همگی NAD^+ می‌باشند که **گیرنده** الکترونی هستند نه ناقل الکترونی. / عبارت چهارم: درست است. (ب) معرف $NADH$ و (۳) معرف CO_2 می‌باشد که هر دو در خارج راکیزه و در مرحلهٔ اول و دوم تخمیر الکلی تولید می‌شوند که به O_2 نیازی ندارند ولی III و A مولکول‌های CO_2 حاصل از اکسایش مواد در تنفس هوازی بوده که محتاج O_2 می‌باشند.



A ۸۴۸ـ۲ مواد پادکسنده‌ای مثل کاروتنوئیدها می‌توانند از دو غشای سبزدیسه خارج شوند و با عبور از دو غشای راکیزه وارد بسته شده و سبب خنثی‌سازی رادیکال آزاد حاصل از اکسیژن در راکیزه شوند (نادرستی گزینهٔ (۲)).

◀ دلیل درستی گزینه‌های (۱)، (۳) و (۴) را به‌طور کامل می‌توانید در توضیح سؤالات قبل بررسی کنید.

C ۸۴۹ـ۲ موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست می‌باشند. *(این سؤال عبارات ترکیبی از کل زیست‌شناسی دارد.)*

تله‌های تستی الف) نادرست است. در فصل آخر زیست یازدهم، خواندید که گیاهان سازوکارهای متفاوتی برای جلوگیری از اثر سیانیدها بر تنفس یاخته‌ای خود دارند. گیاهان، ترکیبات سیانیدداری بر علیه جانوران گیاه‌خوار می‌سازند که برای خود گیاه سمی نیست، ولی این مواد پس از ورود به لولهٔ گوارش جانوران گیاه‌خوار و تجزیه شدن، سیانیدی ایجاد می‌کنند که سمی است و با اثر بر تنفس یاخته‌ای جانور، سبب مرگ جانور مزاحم می‌شود. / ب) درست است.

نکته

دقت کنید که سیانید در هر جانداری سبب توقف تنفس می‌شود ولی ترکیبات سیانیددار به دلیل عدم تجزیه در گیاهان و عدم ایجاد سیانید خالص، ترکیبات مضری به حساب نمی‌آیند بلکه ترکیبات دفاعی در برابر جانوران گیاه‌خوار می‌باشند.

ج) نادرست است. سیانیدها و آرسنیک‌ها از مواد سمی هستند که با قرار گرفتن در **جایگاه فعال آنزیم**، مانع فعالیت این ماده و مهار برخورد با پیش‌ماده خود می‌شوند که برخی سبب مرگ می‌شوند. *(روی آنزیم‌ها اثر می‌کنند نه کوآنزیم‌ها!)* / د) نادرست است. **آلکالوئیدها** برخلاف سیانیدها در **شیرابه** برخی گیاهان به مقدار فراوانی وجود دارند. این مواد هم نقش **دفاعی** در برابر گیاه‌خواران دارند و هم در تولید داروهای مسکن، آرام‌بخش و ضد سرطان کاربرد دارند ولی برخی اعتیادآورند.

C ۸۵۰ـ۴ رادیکال آزاد سمی، سبب ایجاد سرطان می‌شوند *(سرطان نیز در اثر اختلال در تنظیم تقسیم یاخته می‌باشد)*.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. اندامک مورد نظر راکیزه است که در آن پادکسنده‌ها مانع اثر رادیکال آزاد روی مولکول‌های زیستی می‌شوند *(نه اینکه مانع تولید رادیکال آزاد شود)*. / گزینهٔ (۲): نادرست است. یون اکسید رادیکال آزاد و سمی نیست. / گزینهٔ (۳): نادرست است. کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها، فقط دو نوع از پادکسنده‌ها هستند.

۸۵۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (ج) صحیح هستند.

تله‌های تستی الف) درست است. منظور ژنوم راکیزه در اثر برخورد با رادیکال آزاد است که از نوع حلقوی بوده و سر آزاد فسفات و هیدروکسیل ندارد. / ب) نادرست است. این عبارت در مورد بیماری سلیاک و اثر بر رودهٔ باریک است (*نه کبد*). / ج) درست است. این مولکول‌های سمی، رادیکال‌های آزاد از اکسیژن هستند که الکترون‌های جفت نشده دارند. / د) نادرست است. این حمله رادیکال آزاد به کبد، سبب نکروز و مرگ تصادفی یاخته‌های کبدی می‌شود ولی کبد چرب در اثر زیادی کلسترول و لیپیدها است.

۸۵۲ ۱ عبارات (الف)، (ب) و (د) نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. نکروز کبدی **همان** بافت‌مردگی کبدی است که پس از تخریب دنا یاخته کبدی در اثر عواملی مثل الکل ایجاد می‌شود. / ب) نادرست است. رادیکال‌های آزاد اکسیژن به **دنای راکیزه** حمله می‌کنند **نه دنای هسته!** / ج) **درست** است. نکروز کبدی سبب اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن در اثر نوشیدن زیاد مشروبات الکلی می‌باشد. همان‌طور که می‌دانید کبد در تولید لیپوپروتئین‌های خون نقش مستقیم دارد و در تولید گویچهٔ قرمز نیز با تولید هورمون اریتروپویتین مؤثر است. / د) نادرست است. نکروز کبدی در اثر حمله رادیکال‌های آزاد اکسیژن به دنای راکیزه رخ می‌دهد. نرسیدن الکترون‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون به اکسیژن در راکیزه در اثر عواملی سمی مثل سیانید یا مونواکسید کربن رخ می‌دهد که در آن صورت مقدار تولید رادیکال آزاد از اکسیژن زیاد می‌شود (*البته در ادامه این رادیکال‌ها می‌توانند یاخه را تخریب کنند اما وقتی مشخصاً در مورد نکروز کبد صحبت می‌کنیم، باید بدانیم که عامل آن، نوشیدن الکل است*).

۸۵۳ ۴ همهٔ موارد نادرست است.

تله‌های تستی الف) نادرست است. نقص ژنی در پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون اثر می‌گذارند (*نه کانال ATP ساز*). / ب) نادرست است. خود سیانید مانع رسیدن الکترون به اکسیژن می‌شود نه ترکیبات سیانیددار. / ج) نادرست است. مواد سمی مورد نظر این عبارت فقط روی واکنش‌های تنفس هوازی (*متن کتاب*) اثر می‌گذارند. / د) نادرست است. کربن مونواکسید، با دو مکانیسم متفاوت اثرگذاری می‌کند که یکی با اتصال به هموگلوبین و دیگری با ممانعت از رسیدن الکترون به اکسیژن عمل می‌کند (*این دو به هم ربطی ندارند*).

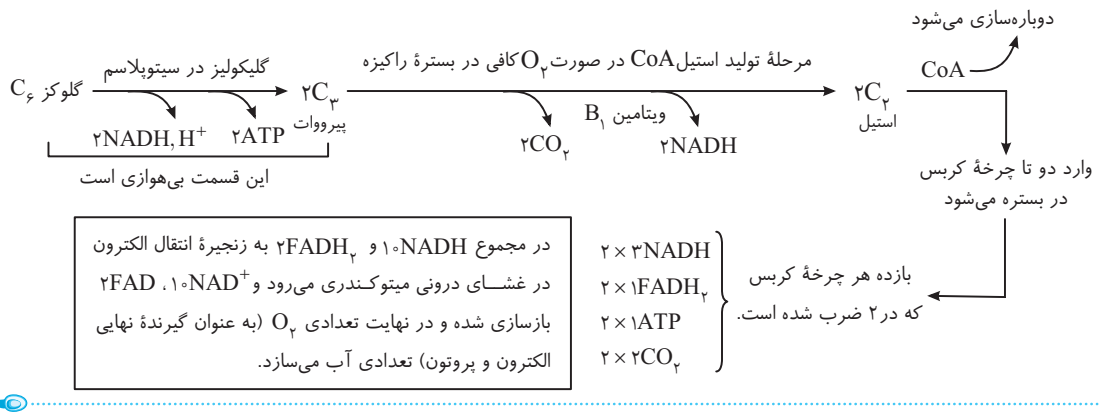
۸۵۴ ۱ اینم به سؤال با عبور از خط قرمز! (*طرح سؤال عددی در کنکور ممنوع است!*) خب دلم تنگ شده بود یدونه طرح کردم! که به مطلب، عمقی‌تر فکر کنید!

از هر پیرووات یک $NADH$ تا تولید استیل کوآنزیم A و با توجه به فرض سؤال، سه تا $NADH$ و یک $FADH_2$ در یک چرخهٔ کربس ایجاد می‌شود. پس هر پیرووات توانایی ایجاد $4NADH$ و $1FADH_2$ در طی اکسایش کامل خود دارد.

هر استیل فقط در یک چرخهٔ کربس اکسایش می‌یابد که قدرت تولید $3NADH$ و $1FADH_2$ را دارد.

گلوکز تا مرحلهٔ تبدیل به دو تا پیرووات توانایی ایجاد $2NADH$ دارد. با توجه به محصولات اکسایش هر پیرووات که بالاتر ذکر کردیم، پس از تجزیهٔ کامل هر گلوکز، طی تنفس هوازی $10NADH$ و $2FADH_2$ به دست می‌آید.

خلاصهٔ تنفس هوازی با فرض اینکه هر چرخهٔ کربس قدرت تولید $3NADH$ و $1FADH_2$ دارد



نکته

۱ در زنجیرهٔ انتقال الکترون یاد گرفتید که الکترون‌های هر $NADH$، سبب فعال شدن **سه پمپ پروتونی** می‌شوند ولی اکسایش هر $FADH_2$ سبب فعال‌سازی **دو پمپ پروتونی** آن‌ها می‌شود.

۲ همان‌طور که در ابتدای این پاسخ گفتیم، از **اکسایش** هر پیرووات (*این عبارت یعنی تنفس هوازی*!) یعنی بعد از مرحلهٔ قندکافت، چهار $NADH$ به ازای هر پیرووات ساخته می‌شود، که یکی در مرحلهٔ استیل CoA و ۳ تا در هر چرخهٔ کربس تولید می‌شود. جدول زیر موارد تولید شده از اکسایش هر مولکول پیرووات و استیل کوآنزیم A را نشان می‌دهد و دقت کنید که از هر $NADH$ به مقدار فعال‌سازی سه پمپ و تولید یک آب و از هر $FADH_2$ به مقدار فعال‌سازی دو پمپ و تولید یک آب، در زنجیرهٔ انتقال الکترون محصول به دست می‌آید.

ماده	CO_2	NADH	$FADH_2$	آب حاصل از آن‌ها	تعداد پمپ‌های فعال شده
گلوکز	۶	۱۰	۲	۱۲	۳۴
پیرووات	۳	۴	۱	۵	۱۴
استیل کوآنزیم	۲	۳	۱	۴	۱۱

نتیجه‌گیری نهایی: برای پیدا کردن تعداد پمپ‌های فعال شده، باید در اکسایش ماده، تعداد $NADH$های تولید شده را در سه ضرب کنیم و تعداد $FADH_2$ها را در دو ضرب کنیم ولی به ازای هر $NADH$ یا هر $FADH_2$، یک مولکول آب در زنجیرهٔ انتقال الکترون تولید می‌شود و $\frac{1}{2}$ مولکول اکسیژن (*اتم اکسیژن*) مصرف می‌شود.

پاسخ آزمون جمع‌بندی

B ۱ ـ ۱ بخش اول هر تخمیری، همان گلیکولیز یا قندکافت است که در هر مرحله از واکنش‌های آن حداقل یک ترکیب فسفات‌دار اصلی یا ATP و یا ADP ایجاد می‌شود.

تله‌های تستی گزینهٔ (۲): در هیچ واکنش قندکافتی، CO_2 تولید نمی‌شود. / گزینهٔ (۳): مولکول‌های ADP در واکنش‌های مرحلهٔ اول قندکافت با تولید H^+ ایجاد نشده‌اند. / گزینهٔ (۴): دوباره‌سازی NAD^+ در مرحلهٔ دوم تخمیرها می‌باشد.

C ۲ ـ ۲ موارد (ب) و (د) نادرست هستند. ماهیچه‌های اسکلتی، توانایی تأمین انرژی از سوختن گلوکز طی تنفس هوازی و بی‌هوازی و همچنین از کراتین فسفات و اسیدهای چرب دارد.

تله‌های تستی الف) درست است. در مورد تولید لاکتیک اسید در تخمیر لاکتیکی و تحریک گیرندهٔ درد صحیح است (*درد نوعی حس با سازوکار محافظتی است*). / ب) نادرست است. منظور کراتین فسفات است که ضمن تولید ATP از آن کراتین به دست می‌آید که به خودی خود مادهٔ زائد نمی‌باشد. / ج) درست است. آخرین عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون در تنفس هوازی، پمپ پروتونی است که الکترون‌های $NADH$ و $FADH_2$ را به O_2 منتقل می‌کند. / د) نادرست است. واکنش‌های اکسایش پیروووات و استیل به تولید $NADH$ می‌پردازد (*نه اکسایش آن*).

C ۳ ـ ۳ فقط مورد (د) جمله را به درستی تکمیل می‌کند ولی (الف)، (ب) و (ج) به نادرستی تکمیل می‌کنند (*این تست ترکیب شده با فصل ۳ یازدهم می‌باشد*).

تله‌های تستی الف) نادرست است. ماهیچهٔ مثانه، نوعی ماهیچهٔ **صاف** است و یاخته‌های ماهیچه‌ای آن، فقط طی تنفس هوازی و با اکسایش پیروووات انرژی به دست می‌آورند و تحت کنترل اعصاب خودمختار می‌باشند. دقت کنید که منظور از الکترون‌گیری پیروووات، همان تخمیر لاکتیکی است که ویژهٔ ماهیچهٔ **اسکلتی** است. / ب) نادرست است. ماهیچهٔ توأم، نوعی ماهیچهٔ **اسکلتی** است و تارهای **کند** آن، اغلب طی اکسایش پیروووات، تنفس **هوازی** دارند. این تارها، میوگلوبین (*شبیه هموگلوبین*) **زیادی** دارند. / ج) نادرست است. ماهیچهٔ دیافراگم **اسکلتی** است و تاری که در آن بیشتر پیروووات‌ها الکترون‌**دهی** می‌کنند، یعنی بیشتر در تنفس **هوازی** شرکت دارد. این تارها، از نوع کند (*قرمز*) هستند که انرژی خود را سریع از دست نمی‌دهند. / د) درست است. ماهیچهٔ شکمی، از نوع اسکلتی بوده و دو نوع تار دارد. تارهایی که اغلب پیروووات آن‌ها وارد واکنش **کاهشی** می‌شوند، تارهای **سفید** (*تند*) هستند که بیشتر تنفس **بی‌هوازی** انجام می‌دهند و مسئول انجام **انقباضات سریع** هستند.

B ۴ ـ ۴ نوکلئوتید سه‌فسفاته، همان ATP می‌باشد که در مرحلهٔ اول تنفس یا قندکافت مصرف می‌شود ولی تولید استیل کوآنزیم A مخصوص واکنش‌های مرحلهٔ دوم تنفسی یا تنفس هوازی می‌باشد (*تنفس همواره دو مرحله دارد، مرحلهٔ اول هر نوع آن، قندکافت بی‌هوازی است ولی مرحلهٔ دوم می‌تواند هوازی یا بی‌هوازی (ادامهٔ تخمیر) باشد*).

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): مصرف $FADH_2$ در بخش هوازی تنفس یعنی در زنجیرهٔ انتقال الکترون صورت می‌گیرد. در بخش هوازی تنفس، هم تولید ATP اکسایشی در زنجیره و هم ATP پیش‌ماده‌ای در چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۲): مرحلهٔ اول تنفس همان قندکافت می‌باشد که مصرف ATP و تولید $NADH$ به عنوان ناقل الکترونی دی‌نوکلئوتیدی در آن صورت می‌گیرد. / گزینهٔ (۳): در چرخهٔ کربس، تولید CO_2 به همراه مصرف دو نوع گیرنده الکترونی دی‌نوکلئوتیدی، یعنی NAD^+ و FAD صورت می‌گیرد.

C ۵ ـ ۴ همهٔ موارد نادرست هستند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس، مادهٔ چهارکربنی شروع‌کننده چرخه با استیل کوآنزیم A ترکیب می‌شود. طی این واکنش، مادهٔ شش‌کربنی تولید شده و کوآنزیم A از چرخه خارج می‌شود تا به گروه استیل جدیدی متصل شود. این عمل در بسترهٔ راکیزه که دنادار است رخ می‌دهد ولی قند شش‌کربنی دوفسفاته ایجاد نمی‌شود (*این قند محصول مرحلهٔ اول قندکافت در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم است*). / ب) نادرست است. در فضای بین دو غشای راکیزه، گروه کوآنزیم A نه مصرف و نه آزاد می‌شود. / ج) نادرست است. بازسازی کوآنزیم A در مرحلهٔ اول چرخهٔ کربس و همراه با ترکیب (C_2+C_4) صورت می‌گیرد ولی آزاد شدن CO_2 همراه با تولید استیل کوآنزیم A (*نه با مصرف کوآنزیم A*) و مراحل ۲ و ۳ چرخهٔ کربس صورت می‌گیرد (*بخش محصور شده توسط غشای چین‌خوردهٔ راکیزه، همان بستره می‌باشد*). / د) نادرست است. در بسترهٔ راکیزه، هم‌زمان با اکسایش پیروووات‌ها، ابتدا تولید CO_2 و ایجاد $NADH$ و پروتون (H^+) انجام شده و **سپس** کوآنزیم A مصرف می‌شود.

B ۶ ـ ۲ وقتی صحبت از بخش هوازی تنفس می‌شود، منظور سؤال از اکسایش پیروووات به بعد در راکیزه یوکاریوت‌ها می‌باشد. در اکسایش پیروووات به ترتیب تولید CO_2، کاهش NAD^+ و تولید $NADH, H^+$، مصرف CoA و سپس در چرخهٔ کربس، تولید $NADH$، CO_2، ATP و $FADH_2$ صورت می‌گیرد. در انتها نیز طی مرحلهٔ زنجیرهٔ انتقال الکترون، تولید آب و ATP اکسایشی انجام می‌شود.

نکته

در این سؤال دقت کنید که ATP اکسایشی در بخش هوازی **تولید** می‌شود (*نه هیدرولیز*) پس به ترتیب (ب ← الف ← د) صورت می‌گیرد.

ترتیب واکنش‌ها در تنفس یاخته‌ای هوازی

مرحله	ترتیب واکنش‌ها
قندکافت (*بی‌هوازی*)	هیدرولیز ATP ← فسفاته شدن گلوکز ← نصف شدن قند C_6 ← فسفاته شدن C_3 ← تولید ATP؛ تولید پیروووات‌ها؛ تولید NADH
اکسایش پیروووات تا استیل CoA (*هوازی*)	اکسایش پیروووات ← آزاد شدن CO_2 ← تولید NADH ← تولید بنیان استیل ← مصرف CoA ← تولید استیل کوآنزیم A

ایستگاه ۴۵

مرحله	ترتیب واکنش‌ها
اکسایش استیل در چرخهٔ کربس	کتاب در مورد مرحله تولید ATP، $NADH$ و $FADH_2$ بحثی نکرده است و شما نیز نیازی به دانستن محل هر مرحلهٔ آن‌ها ندارید **ولی مراحل ۲ و ۳ برای تولید CO_2 و مرحلهٔ اول واکنش‌ها برای آزاد شدن CoA مهم است.**
زنجیرهٔ انتقال الکترون	اکسایش $NADH, H^+$ در پمپ اول ← فعال شدن پمپ ۱؛ اکسایش $FADH_2$ در ناقل بین پمپ اول و دوم ← فعال شدن پمپ ۲؛ ورود الکترون از پمپ ۳ به بستره ← تولید ATP اکسایشی ← انتشار تسهیل شده H^+ ← فعال شدن کانال H ← تولید آب **نکته:** در تولید آب، ابتدا اکسیژن‌ها الکترون می‌گیرند و سپس یون اکسید O^{2-} با پروتون‌ها ترکیب می‌شوند. **نکته:** تولید آب **آخرین واکنش** اعضای موجود در زنجیرهٔ انتقال الکترون است. **نکته:** تولید ATP اکسایشی در کانال H^+ رخ می‌دهد که این کانال از اجزای زنجیرهٔ انتقال الکترون **نمی‌باشد.**

B ۷ ۱ موارد (الف)، (ب) و (ج) نادرست می‌باشند.

تله‌های تستی منظور سؤال به‌طور واضح مولکول $NADH, H^+$ می‌باشد. این مولکول در تخمیر الکلی یا لاکتیکی پس از واکنش‌های قندکافت با اکسایش خود نقش الکترون‌دهی به یک ترکیب آلی دارد و به صورت NAD^+ دوباره‌سازی می‌شود (نادرستی الف و ج). در مورد (ج) دقت کنید که از هیدرولیز گلیکوژن، گلوکز حاصل می‌شود. / ب) نادرست است. $NADH$، ماده دی‌نوکلئوتید با باز آلی **آدنین** دوحلقه‌ای می‌باشد. / د) درست است. $NADH$ در تخمیر و تنفس هوازی، اکسایش می‌یابد با این تفاوت که الکترون‌های آن در تخمیر الکلی و لاکتیکی صرف کاهش یک مادهٔ آلی مثل پیرووات یا اتانال می‌شود ولی در بخش هوازی تنفس یعنی در انتهای زنجیرهٔ انتقال الکترون، سبب کاهش مادهٔ معدنی اکسیژن برای تشکیل یون اکسید و تولید آب می‌شود.

C ۸ ۴ همهٔ موارد نادرست می‌باشند. منظور سؤال رادیکال‌های آزاد می‌باشند.

تله‌های تستی الف) هر نوع ماده دارای بار الکتریکی، رادیکال آزاد نیست بلکه انواع دارای کمبود الکترون یا **الکترون اضافی** با قدرت واکنش‌دهی بالا، رادیکال آزاد هستند. از طرفی واکنش مواد رنگی مثل کاروتنوئید و آنتوسیانین با رادیکال‌های آزاد مانع تخریب مولکول‌های زیستی می‌شوند. / ب) رادیکال‌های آزاد از **عوامل سرطان‌زا** هستند که در اثر واکنش با بافت‌های بدن سبب تخریب آن‌ها نیز می‌شوند. / ج) آب در واکنش‌های تنفس هوازی از ترکیب یون اکسید O^{2-} با دو تا پروتون $2H^+$ ایجاد می‌شود که هیچ‌کدام رادیکال آزاد نیستند ولی اتم اکسیژن قدرت تبدیل شدن به رادیکال آزاد دارد. / د) مولکول O_2 یا اکسیژن سرطان‌زا نمی‌باشد بلکه درصدی از آن‌ها در راکیزه ممکن است ضمن جدا شدن اتم‌های آن از هم به رادیکال آزاد و ماده سرطان‌زا تبدیل شوند.

نکات رادیکال‌های آزاد

ایستگاه ۴۶

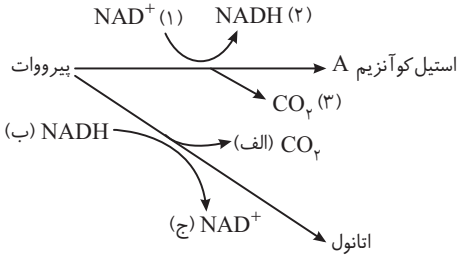
تعریف رادیکال آزاد	عواملی هستند که به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند.
آسیب کلی در بدن	رادیکال‌های آزاد می‌توانند با مولکول‌های تشکیل دهندهٔ **بافت‌های بدن** واکنش دهند و به آن‌ها آسیب برسانند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان هستند.
عوامل مقابله کننده با رادیکال‌های آزاد	ترکیبات **پاداکسنده** مثل ترکیبات رنگی موجود در واکوئول‌ها (*آنتوسیانین*) و رنگ‌دیسه‌ها (*کاروتنوئیدها*) موجود در میوه‌ها و سبزیجات با رادیکال آزاد واکنش می‌دهند و مانع اثر تخریبی آن‌ها می‌شوند (*آنکالوئیدها پادکسنده نیستند*).
تجمع رادیکال‌های آزاد	اگر سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آن‌ها بیشتر باشد، این رادیکال‌ها مثلاً در راکیزه‌ها جمع می‌شوند و سبب تخریب اندامک و یاخته می‌شوند.
علل تجمع رادیکال آزاد در راکیزه	الکل - نقص ژنی
اثر الکل در تجمع رادیکال آزاد راکیزه	◀ الکل از یک طرف **سرعت** تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن را در راکیزه افزایش می‌دهد و از طرف دیگر مانع عمل راکیزه در خنثی کردن آن‌ها می‌شود. ◀ رادیکال‌های آزاد به **دنای راکیزه** حمله کرده ← راکیزه و سپس یاخته را تخریب می‌کند ← بافت‌مردگی (*نکروز کبدی*) می‌دهد. ◀ به همین دلیل نوشیدن زیاد مشروبات الکلی سبب اختلال در کار کبد می‌شود.
اثر نقص ژنی در رادیکال آزاد راکیزه	نقص در ژن سازنده پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون و **ایجاد پروتئین معیوب** سبب کاهش قدرت خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد حاصل از حاصل از اکسیژن توسط راکیزه می‌شود.

عوامل توقف دهنده زنجیرهٔ انتقال الکترون

۱) مواد سمی
- مواد سمی زیادی هستند که یک یا چند واکنش تنفس هوازی را متوقف کرده و سبب مرگ می‌شوند.
- سیانید:
  - واکنش **نهایی** مربوط به انتقال الکترون از پمپ سوم به O_2 را مهار می‌کند و مانع تولید یون‌های اکسید O^{2-} می‌شود.
  - سبب توقف زنجیرهٔ انتقال الکترون و تولید آب و ATP اکسایشی می‌شود.
  - برخی ترکیبات سیانیدداری که گیاه می‌سازد، پس از تجزیه شدن و ایجاد سیانید، برای جانور گیاه‌خوار سمی می‌باشد.

۲) گاز مونواکسید کربن (CO)
- الف) اثر بر هموگلوبین:
  - با اتصال به جایگاه اکسیژن در مولکول هموگلوبین، ترکیب **پایداری** با این ماده می‌دهد.
  - ظرفیت حمل O_2 را در خون کاهش می‌دهد.
  - سبب اختلال در واکنش‌های تنفس یاخته‌ای هوازی می‌شود.
- ب) گاز مونواکسید کربن علاوه بر اثر بر هموگلوبین، می‌تواند سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن شود و مانع ایجاد O^{2-} برای تشکیل آب شود.
- دود سیگار و دود خارج شده از خودروها از منابع تولید مونواکسید کربن هستند.

۹ **۱** (C) موارد سوم و چهارم صحیح می‌باشند. دقت کنید که واکنش پیرووات به استیل CoA، مربوط به تنفس **هوازی** است و ماده (۳) همان CO_2 آزاد شده و تبدیل (۱) به (۲) به ترتیب همان NAD^+ به $NADH$ آزاد شده در این مرحله است ولی واکنش تبدیل پیرووات به اتانول، مربوط به تخمیر الکلی است که (الف) CO_2 آزاد شده در مرحلهٔ اول پس از قندکافت است و (ب) و (ج) به ترتیب تبدیل $NADH$ به NAD^+ می‌باشد (NAD^+ اصلاً اکسایش نمی‌یابد).



نکته
دقت کنید که در تنفس هوازی پیرووات اکسایش یافته و به NAD^+ (۱) الکترون‌دهی می‌کند ولی در تنفس بی‌هوازی، پیرووات از $NADH$ (ب) الکترون می‌گیرد (درستی عبارت آخر).

تله‌های تستی عبارت اول: نادرست است. تار ماهیچه‌ای قدرت تخمیر الکلی ندارد. / عبارت دوم: نادرست است. واکنش‌های تخمیری، فاقد زنجیرهٔ انتقال الکترون می‌باشند. / عبارت سوم: درست است. همراه با تولید $NADH$، همواره یک پروتون نیز آزاد می‌شود.

۱۰ **۴** (A) CO_2 تنفس یاخته‌ای در قسمت‌های زیر تولید می‌شود ولی در یاخته ماهیچه‌ای که سارکومر دارد، تخمیر الکلی رخ نمی‌دهد.
الف) مرحلهٔ ۲ تخمیر الکلی ← در ماهیچه‌ها انجام نمی‌شود.
ب) مرحلهٔ ۲ و ۳ چرخهٔ کربس ← در تنفس هوازی
ج) مرحلهٔ تولید پیرووات به استیل کوآنزیم A ← در تنفس هوازی
د) مرحلهٔ آخر تنفس نوری (*در راکیزه*) ← در فصل ۶ می‌خوانیم.

۱۱ **۲** (B) سیانیدها همانند مونواکسید کربن مانع رسیدن الکترون‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه به **مولکول** اکسیژن می‌شوند که این عمل در اثر اختلال در فعالیت پمپ سوم زنجیره برای انتقال الکترون کم‌انرژی به اکسیژن صورت می‌گیرد. در این صورت احتمال ایجاد رادیکال آزاد از اکسیژن که یون‌هایی با الکترون‌های اضافی جفت نشده می‌باشند زیاد می‌شود.

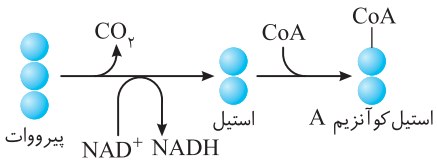
◀ تولید $NADH$ از NAD^+ یا برعکس که به ترتیب در گزینهٔ (۱) و (۳) رخ می‌دهد در ایجاد یونی با الکترون اضافی نقشی ندارد و رادیکال آزاد ایجاد نمی‌کند.

◀ در مورد نادرستی گزینهٔ (۴) دقت کنید که این دو ماده مانع رسیدن الکترون‌ها **به اکسیژن** می‌شوند و خودبه‌خود واکنش بعدی یعنی بین یون اکسید و پروتون‌ها نیز برای تولید آب برقرار نمی‌شود.

۱۲ **۲** (B) دود سیگار و خودروها منبع تولید **مونواکسید کربن** می‌باشد. این ماده قدرت اتصال به گروه هم در جایگاه اتصال O_2 دارد و مقدار O_2 موجود در اتصال با گویچهٔ قرمز را کاهش می‌دهد ولی در مقدار ۳٪ اکسیژن محلول در پلاسما بی‌تأثیر است.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): سیانیدها **همانند** مونواکسید کربن می‌توانند واکنش انتقال الکترون به O_2 را در تنفس هوازی متوقف کنند و از ایجاد O^{2-} جلوگیری می‌کنند در این صورت تولید آب نیز دچار اختلال می‌شود. / گزینهٔ (۳): وقتی CO (*مونواکسید کربن*) در خون زیاد شود، مانع اتصال O_2 کافی به هموگلوبین می‌شود. این موضوع سبب کاهش ظرفیت O_2 خون شده و با کاهش مقدار تنفس هوازی، تولید ATP و CO_2 نیز کاهش می‌یابد. / گزینهٔ (۴): مونواکسید کربن و O_2، محل اتصال **یکسان و مشترکی** در گروه‌های هم موجود در هموگلوبین دارند با این تفاوت که مونواکسید کربن اتصال پایدار ولی O_2 اتصال برگشت‌پذیر دارد. (*هموگلوبین در ساختار دوم خود حاوی رشته‌های مارپیچی می‌شود.*)

۱۳ **۴** (B) تولید CO_2 به همراه **تولید** $NADH$ مخصوص مرحلهٔ تبدیل پیرووات به استیل در تنفس هوازی می‌باشد (نادرستی گزینه‌های (۲) و (۳)). برای تبدیل پیرووات به استیل دو واکنش صورت می‌گیرد اولی آزاد شدن CO_2 به همراه تولید $NADH$ و بنیان استیل. در واکنش بعد، ترکیب بنیان استیل با کوآنزیم A صورت گرفته و استیل کوآنزیم A ساخته می‌شود. پس از تولید استیل کوآنزیم A، گروه استیل برای اکسایش به واکنش‌های چرخهٔ کربس وارد می‌شوند.



A ۱۴ ۲ منظور سؤال عواملی هستند که سبب ایجاد شیب غلظت H^+، بین فضای بین دو غشای راکیزه با بسترهٔ این اندامک می‌شوند. می‌دانید که این شیب غلظت و فعالیت پمپ‌های پروتونی در اثر انرژی‌گیری از $NADH$ و $FADH_2$ به دست می‌آید. این دو ماده هم در واکنش‌های قندکافت (*با تولید $NADH$*)، هم در اکسایش پیروووات و تبدیل به استیل کوآنزیم A (*با تولید $NADH$*) و هم در چرخهٔ کربس با اکسایش استیل (*برای تولید $NADH$ و $FADH_2$*) رخ می‌دهد. ولی گزینهٔ (۲) دربارهٔ دوباره‌سازی NAD^+ در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم است که مربوط به تخمیر می‌باشد و ربطی به زنجیرهٔ انتقال الکترون ندارد.

B ۱۵ ۳ اکسایش $FADH_2$ در زنجیرهٔ انتقال الکترون، توسط پروتئینی در مرحلهٔ دوم تنفس هوازی صورت می‌گیرد که در بین دو پمپ پروتونی اول و دوم قرار دارد. این واکنش قسمت انتهایی بخش هوازی تنفس می‌باشد. لازم به یادآوری است که هر نوع تنفس یاخته‌ای، دو مرحله دارد. مرحلهٔ اول قندکافت بوده ولی مرحلهٔ دوم تخمیر یا بخش هوازی تنفس می‌باشد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): دقت کنید که تشکیل استیل کوآنزیم A طی اکسایش پیروووات درون **راکیزه** انجام می‌شود ولی گویچهٔ قرمز انسانی فاقد راکیزه، هسته و تنفس هوازی می‌باشد. / گزینهٔ (۲): اکسایش $NADH$ و تولید NAD^+ در مرحلهٔ دوم تخمیر و مرحلهٔ دوم تنفس هوازی دیده می‌شود. مرحلهٔ اول تخمیر که همان واکنش‌های قندکافت است، با تولید $NADH$ می‌باشد. / گزینهٔ (۴): دقت کنید که یاختهٔ ماهیچه‌ای اسکلتی توانایی انجام دو نوع تنفس بی‌هوازی (*تخمیر لاکتیکی*) و هوازی دارد که در تخمیر لاکتیکی کاهش پیروووات دیده می‌شود ولی اکسایش پیروووات در تنفس هوازی آن رخ می‌دهد.

B ۱۶ ۳ موارد (الف)، (ب) و (ج) به نادرستی تکمیل می‌کنند. ماهیچه توأم نوعی ماهیچه **اسکلتی** است که یاخته‌های چندهسته‌ای رشته‌ای شکل دارد. این ماهیچه با انقباض خود در برگرداندن خون سیاهرگ‌ها به دهلیز **راست** نقش دارد (نادرستی ب). ماهیچه‌های اسکلتی در هنگام ورزش فقط **تا چند دقیقه** قدرت تجزیه **هوازی** گلوکز و تولید $FADH_2$ دارند (نادرستی ج). این ماهیچه‌ها در شرایط کمبود O_2 به تخمیر لاکتیکی می‌پردازند که تجمع لاکتات سه‌کربنی سبب درد در ماهیچه می‌شود. این ماده شکل کاهش یافته پیروووات می‌باشد، پس عدد اکسایش کربن آن کمتر از پیروووات است (درستی د) ولی پس از ورزش با تجزیه **تدریجی** لاکتیک‌اسید، درد کاهش می‌یابد (*فصل ۳ یازدهم*) (نادرستی الف).

B ۱۷ ۳ بالا بودن میزان بی‌کربنات خون، نشان دهنده فعالیت زیاد کربنیک‌انیدراز گویچه‌های قرمز در ترکیب CO_2 با آب بوده است. این حالت در هنگامی که مقدار CO_2 خون بالاست و در اثر تنفس هوازی رخ می‌دهد. در این حالت مقدار تولید ATP اکسایشی در زنجیرهٔ انتقال الکترون، تولید استیل کوآنزیم A، $FADH_2$ و یون H^+ (*در اثر تجزیه اسید کربنیک*) بالا رفته است. در این حالت واکنش‌ها به سمت تخمیر لاکتیکی که پیروووات به ماده سه‌کربنی دیگری تبدیل می‌شود، نرفته‌اند **چون در تخمیر لاکتیکی تولید CO_2 و ازدیاد بی‌کربنات خون وجود ندارد.** (*در ضمن مقدار تولید CO_2 در تنفس هوازی سه برابر تخمیر الکلی می‌باشد.*)

C ۱۸ ۳ CO_2 و ATP محصولات مشترک تنفس هوازی و تخمیر الکلی می‌باشند که ATP در انتقال فعال مواد و CO_2 در ساخت مواد آلی فتوسنتزی نقش دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): ATP محصول مشترک هر نوع تنفس یاخته‌ای می‌باشد که **اغلب** واکنش‌های انرژی‌خواه یاخته به مصرف آن متکی می‌باشد ولی برخی واکنش‌ها مثل انتقال فعال پروتون از پمپ‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه و سبزدیسه بدون صرف ATP، انرژی می‌گیرد (*در حقیقت ATP، رایج‌ترین منبع انرژی یاخته است نه تنها منبع!*). / گزینهٔ (۲): ATP محصول مشترک تنفس هوازی و تخمیر لاکتیکی می‌باشد که به عمل کربنیک‌انیدراز و اشباع هموگلوبین ربطی ندارد. / گزینهٔ (۴): محصول مشترک این دو تخمیر، ATP است ولی فرآورده‌های شیری و خیارشور فقط در اثر واکنش‌های تخمیری لاکتیکی ایجاد می‌شوند!

C ۱۹ ۲ موارد (الف) و (ب) نادرست می‌باشند.

هر یاخته ماهیچه اسکلتی، هم می‌تواند تنفس هوازی و هم می‌تواند تخمیر لاکتیکی داشته باشد.

تله‌های تستی الف) نادرست است. هر یاخته ماهیچه اسکلتی، چندهسته‌ای می‌باشد که هر هسته آن دیپلوئید بوده و دو ژن برای ساخت یک رشتهٔ پلی‌پپتیدی خاص دارد. پس در یک یاخته برحسب تعداد هسته، تعداد زیادی ژن وجود دارد. / ب) نادرست است. پمپ‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون فقط در تنفس هوازی وجود دارد ولی در تخمیر لاکتیکی آن‌ها انجام نمی‌شود. / ج) درست است. مرحلهٔ بی‌هوازی تنفس، همان قندکافت می‌باشد که در مرحلهٔ اول هر نوع تنفس یاخته‌ای ایجاد می‌شود و بازده آن دو ATP در سطح پیش‌ماده است. / د) درست است. دوباره‌سازی NAD^+ در تخمیر لاکتیکی و تنفس هوازی به ترتیب در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم و غشای درونی راکیزه انجام می‌شود.

B ۲۰ ۴ لاکتیک‌اسید حاصل از تخمیر لاکتیکی، سبب ترش شدن شیر شده که در تولید خیارشور هم کاربرد دارد. از طرفی عاملی که سبب ورآمدن خمیر نان می‌شود، CO_2 حاصل از تبدیل پیروووات به اتانال در تخمیر الکلی مخمر نان می‌باشد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): نادرست است. CO_2 در تخمیر لاکتیکی یاخته ماهیچه‌ای ایجاد نمی‌شود. / گزینهٔ (۲): نادرست است. هم لاکتات به لاکتیک‌اسید می‌تواند تبدیل شود و هم CO_2 در اثر ترکیب با آب، توسط آنزیم کربنیک‌انیدراز می‌تواند به اسید کربنیک تبدیل شود. / گزینهٔ (۳): نادرست است. CO_2 و تخمیر الکلی در تولید خیارشور نقشی ندارد. / گزینهٔ (۴): درست است. تولید لاکتات از پیروووات هم‌زمان با دوباره‌سازی NAD^+ بوده است ولی تولید CO_2 که در اثر تبدیل پیروووات به اتانال ایجاد می‌شود با تولید NAD^+ همراه نیست و پیش از واکنش تولید این ماده رخ می‌دهد.

پاسخ آزمون برگزیدهٔ سؤالات سراسری

B ۱ ۲ در فعالیت ماهیچهٔ دوسر ران اگر تولید لاکتیک‌اسید کم شود، یعنی O_2 کافی به بدن رسیده است و در ماهیچه به جای تخمیر لاکتیکی، واکنش‌های تنفس هوازی زیاد شده است و بی‌کربنات خون با تولید CO_2 بالا، زیاد می‌شود. (*دقت کنید که تنفس هوازی برخلاف بی‌هوازی فعالیت کربنیک انیدراز و بی‌کربنات خون را بالا می‌برد.*)

C ۲ ۱ فقط مورد (ب) نادرست است.

- مولکول‌های گلوکز در انسان می‌توانند در یاخته‌های **کبدی و ماهیچه‌ای** (*مثل ریضرآلم*) به صورت بسپاره گلیکوژن درآیند و ذخیره شوند (درستی الف).
- تخمیر لاکتیکی فقط در یاخته‌های ماهیچه اسکلتی به صورت تنفس بی‌هوازی صورت می‌گیرد، نه در یاخته‌های غضروفی (نادرستی ب).
- در همهٔ یاخته‌های بدن از جمله یاخته پوششی روده انسان، تنفس هوازی به همراه تولید CO_2 و H_2O و مقدار زیادی ATP وجود دارد (درستی ج).
- در همهٔ یاخته‌های بدن، قندکافت و تولید ترکیب شش‌کربنه دوفسفاته در مرحلهٔ اول واکنش صورت می‌گیرد (درستی د).

A ۳ ۴ انتقال H^+ از فضای بین دو غشای راکیزه به بخش درونی آن، در اثر عمل کانال پروتونی ATPساز رخ می‌دهد. در صورت ممانعت از عمل این کانال، انرژی لازم برای ساخت ATP اکسایشی فراهم نمی‌شود.

C ۴ ۱ فقط مورد (د) درست است.

دور تا دور تارچه‌های ماهیچه‌ها را شبکهٔ آندوپلاسمی پرکلسیم فرا گرفته است که مقداری Ca^{2+} در خود ذخیره دارد. طی هر نوع انقباض در ماهیچه، با تحریک عصبی مقداری Ca^{2+} را به داخل تارچه‌ها وارد می‌کند (درستی د).

تله‌های تستی الف) انقباضی از ماهیچه‌های اسکلتی که سبب تغییر در قطر ماهیچه شود، در عبور خون سیاهرگی مؤثر می‌باشند. / ب) دقت کنید که اولاً راکیزه‌های ماهیچه، درون سیتوپلاسم یاخته ماهیچه‌ای قرار دارد نه داخل تارچه‌ها که جایگاه قرارگیری پروتئین‌های انقباضی می‌باشند و ثانیاً در برخی موارد ضمن کمبود O_2، یاخته‌های ماهیچه‌ای تنفس بی‌هوازی به صورت تخمیر لاکتیکی انجام می‌دهند. در تخمیر، تشکیل $FADH_2$ که طی چرخهٔ کربس دیده می‌شود، صورت نمی‌گیرد. / ج) الکترون‌گیری پیرووات‌ها توسط مولکول $NADH$، طی تنفس بی‌هوازی لاکتیکی انجام می‌گیرد. دقت کنید یاخته‌های ماهیچه‌ای انسان، فقط در ورزش شدید و یا در شرایط کاهش اکسیژن به سمت واکنش‌های بی‌هوازی می‌روند.

B ۵ ۴ باکتری‌هایی که تنفس هوازی یا تخمیر الکلی دارند توانایی آزاد کردن CO_2 دارند که همهٔ آن‌ها در واکنش‌های مرحلهٔ اول قندکافت، با مصرف دو مولکول ATP، مولکول قندی دوفسفاته به همراه ADP ایجاد می‌کنند.

گزینهٔ (۱) فقط در مورد تخمیر الکلی، گزینهٔ (۲) و (۳) فقط در مورد تنفس هوازی صادق می‌باشد.

B ۶ ۳ **باز هم قندکافت!!! عشق طراحان کنکور!!!**

سؤال در مورد تخمیر لاکتیکی می‌باشد که پیرووات سه‌کربنه توسط $NADH$ پرانرژی الکترون می‌گیرد (نادرستی گزینهٔ (۲)).

در واکنش‌های تخمیر لاکتیکی CO_2 **آزاد نمی‌شود** (نادرستی گزینهٔ (۱)) ولی تولید ATP به عنوان مولکول پرانرژی سه‌فسفاته در مرحلهٔ آخر قندکافت صورت می‌گیرد.

گزینهٔ (۴) نیز صحبت از چرخهٔ کربس یا تنفس هوازی کرده است که در مورد سؤال که تخمیر لاکتیکی است نادرست است.

C ۷ ۱ تست در مورد یاختهٔ زنده‌ای صحبت می‌کند که در غشای خود رنگیزه جذب نور ندارد. این سؤال را اگر دقت کنید طیف وسیعی از هر یاختهٔ زندهٔ مصرف‌کنندهٔ طبیعت اعم از باکتری تا انسان را می‌تواند دربر بگیرد. پس باید دنبال گزینهٔ بسیار کلی در مورد جانداران بگردید.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): درست است. مصرف گلوکز در غیاب اکسیژن ویژه گلیکولیز و تنفس بی‌هوازی است که در هر سلول زنده‌ای توانایی آن وجود ندارد. درگلیکولیز ترکیبات سه‌کربنه یک‌فسفاته و دوفسفاته ایجاد می‌شود. / گزینهٔ (۲): نادرست است. تولید ATP می‌تواند علاوه بر تنفس هوازی در زنجیرهٔ انتقال الکترون، در سطح پیش‌ماده نیز مثلاً در گلیکولیز صورت بگیرد. / گزینهٔ (۳): نادرست است. این واکنش مربوط به فتوسنتزکننده‌ها است ولی در انسان به‌طور مثال رخ نمی‌دهد.

توجه طبق معمول هر سال باید دقت کنید که وقتی سؤالی به این وسعت جانداران طبیعت می‌دهند باید یاد گلیکولیز و تنفس یاخته‌ای بیفتید که در هر یاختهٔ زنده‌ای رخ می‌دهد.

گزینهٔ (۴) مراحل بعد از گلیکولیز را معرفی می‌کند که یاخته را به سمت تخمیر الکلی یا لاکتیکی می‌برد ولی ممکن است یاخته وارد تنفس هوازی و اکسایش پیرووات نیز برود که در گزینه ذکر نشده است.

C ۸ ۲ عبارت اول و آخر صحیح است.

تله‌های تستی عبارت اول: درست است. برخی مواد در اثر انتشار و **انرژی جنبشی** خود (*نه‌زیستی یاخته‌ا*) مولکول از فسفولیپید غشا می‌گذرند. / عبارت دوم: نادرست است. عبور مواد در خلاف جهت شیب غلظت انتقال فعال و با **صرف انرژی زیستی** می‌باشد. / عبارت سوم: نادرست است. در انتشار و جهت شیب غلظت **انرژی زیستی** برخلاف انرژی جنبشی مصرف نمی‌شود. / عبارت چهارم: درست است. در خلاف جهت شیب غلظت انرژی زیستی مصرف می‌شود ولی پمپ برخلاف کانال وجود دارد.

C ۹ ۱ فقط عبارت (ج) صحیح است.

توانایی هیدرولیز گلیکوژن در یاخته‌های **کبدی و ماهیچه‌ای** رخ می‌دهد، این سؤال ویژگی مشترک این دو نوع یاخته را می‌خواهد.

تله‌های تستی الف) نادرست است. سیاهرگ باب که رگی پر از غذا می‌باشد و از راه روده، مواد پر گلوکز و غذا را منتقل می‌کند، می‌تواند گلوکز به کبد برساند ولی این رگ حاوی خون **تیره** می‌باشد. / ب) نادرست است. بافت هدف **گلوکاگون**، فقط **کبد** می‌باشد تا سبب تسریع در هیدرولیز گلیکوژن و بالا بردن قند خون شود تا انرژی در دسترس یاخته‌ها زیاد شود. / ج) **درست** است. نخستین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، قندکافت است که در هر یاخته‌ای رخ می‌دهد. در مرحلهٔ آخر قندکافت ATP پیش‌ماده‌ای تولید می‌شود. / د) نادرست است. انتقال الکترون‌های $NADH$ به یک پذیرنده آلی، مخصوص تخمیر می‌باشد که در کبد برخلاف ماهیچه اسکلتی رخ نمی‌دهد.

C ۱۰ ۴ **لوله‌های اسپرم‌ساز و اپیدیدیم** حاوی مجاری **پرپیچ و خمی** در دستگاه تناسلی مردان می‌باشد. این یاخته‌ها مانند هر یاخته فعال دیگری، در مرحلهٔ دوم تنفس یا بخش هوازی آن قدرت تولید ATP اکسایشی با اتصال فسفات به ADP دارد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): تقسیم میوز و تولید یاخته هاپلوئید فقط ویژه یاخته‌های میوز دهنده یا اسپرماتوسیت‌های اولیه در لوله‌های اسپرم‌ساز می‌باشد. (*در اپیدیدیم، فقط اسپرم‌ها متحرک می‌شوند.*) / گزینهٔ (۲): اپیدیدیم در خارج بیضه‌ها قرار دارند و در مجاور یاخته‌های بینابین لوله‌های اسپرم‌ساز که مسئول تولید هورمون جنسی هستند، قرار ندارند. / گزینهٔ (۳): مرحلهٔ اول تنفسی، قندکافت یا گلیکولیز می‌باشد که فقط از یک نوع گیرنده الکترونی NAD^+ استفاده می‌کند.

C ۱۱ ۴ هر دو یاختهٔ مورد نظر سؤال، فقط توانایی تنفس هوازی دارند که در مرحلهٔ اول تنفس یاخته‌ای که قندکافت می‌باشد، همواره برای تولید بنیان پیرووات (*بنیان اسید پیرویک*)، از گیرنده الکترونی NAD^+ استفاده می‌شود تا در نهایت پیرواتی تولید شود که فاقد فسفات نیز می‌باشد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): مرحلهٔ دوم تنفس این یاخته‌ها، بخش هوازی می‌باشد. در هر یاختهٔ دارای تنفس هوازی، در مرحلهٔ تبدیل پیرووات به استیل، یک مولکول NAD^+ مصرف و $NADH$ تولید می‌شود. / گزینهٔ (۲): در مرحلهٔ اول تنفس یاخته‌ای که همان قندکافت می‌باشد، CO_2 تولید نمی‌شود. / گزینهٔ (۳): در چرخهٔ کربس برای اکسایش استیل در هر یاخته‌ای که تنفس هوازی دارد، ATP ، $NADH$ ، $FADH_2$ و CO_2 تولید می‌شود.

B ۱۲ ۳ در سؤال دقت کنید که از عوامل درون زنجیرهٔ انتقال الکترون صحبت کرده است که همگی در انتقال الکترون‌های $NADH$ یا $FADH_2$ مشترک هستند (*البته پمپ اول فقط الکترون $NADH$ را عبور می‌دهد*). این عوامل با انرژی‌گیری از الکترون‌ها، زمینه را برای انتقال فعال H^+ از بستره راکیزه به فضای بین دو غشای راکیزه فراهم می‌کنند.

◀ گزینهٔ (۱) فقط در کانال H^+ رخ می‌دهد که این کانال عضو زنجیرهٔ انتقال الکترون نمی‌باشد.

◀ گزینه‌های (۲) و (۴) در مورد پروتئین‌های قرار گرفته بین پمپ‌های پروتونی نادرست می‌باشند (*این پروتئین‌ها فقط الکترون عبور می‌دهند که اولی آب‌دوست و دومی آب‌گریز است*).

C ۱۳ ۱ فقط عبارت (الف) صحیح است. منظور سؤال یاخته‌های **کبدی و ماهیچه‌ای** است که گلیکوژن ذخیره‌ای دارند ولی در موقع نیاز آن را تجزیه می‌کنند. البته دقت کنید که در محیط روده نیز گلیکوژن غذا تجزیه می‌شود ولی سؤال در مورد، **درون یاخته** است.

تله‌های تستی الف) درست است. تجزیهٔ گلوکز با فرایند گلیکولیز آغاز می‌شود که محل انجام آن در هر یاخته‌ای مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم است. / ب) نادرست است. یاخته‌های ماهیچه‌های اسکلتی تقسیم نمی‌شوند و در G_0 هستند، پس تنظیم چرخهٔ یاخته‌ای در آن‌ها در نقاط وارسی اصلی صورت نمی‌گیرد. / ج) نادرست است. کبد قدرت تولید هورمون اریتروپویتین و تجزیه و ذخیرهٔ گلیکوژن دارد. / د) نادرست است. کبد، خون را از مویرگ‌های منشعب شده سیاهرگ باب هم دریافت می‌کند.

B ۱۴ ۴ در زنجیرهٔ انتقال الکترون و کانال پروتونی مرتبط با آن، علاوه بر پمپ‌ها و کانال عبوری H^+ ، تعدادی پروتئین آب‌دوست و آب‌گریز وجود دارند که وظیفهٔ آن‌ها فقط عبور الکترون می‌باشد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): بدیهی است که پمپ‌ها به جای ATP از الکترون عبوری انرژی می‌گیرند. / گزینهٔ (۲): برای تشکیل آب، دو مرحله مورد نیاز است، یکی رسیدن الکترون‌ها به اکسیژن و تولید یون اکسید و در ادامه ترکیب یون اکسید با پروتون‌ها و ایجاد آب در بسترهٔ راکیزه. / گزینهٔ (۳): پروتون‌ها طی مرحلهٔ زنجیرهٔ انتقال الکترون و کانال، فقط از مجموعهٔ آنزیمی با نقش کانالی عبور می‌کنند که این مجموعه در غشای درونی راکیزه وجود دارد و پروتون‌ها را وارد بسترهٔ راکیزه می‌کند.

B ۱۵ ۲ سؤال در مورد مقصد پیرووات‌ها می‌باشد. از آنجایی که یاختهٔ پوششی مری، فقط توانایی تنفس هوازی دارد، پس این پیرووات‌ها پس از ورود فعال به راکیزه، ابتدا طی اکسایش، CO_2 از دست می‌دهند و $NADH$ تولید می‌کنند و سپس، مادهٔ دوکربنی استیل، با کوآنزیم A واکنش می‌دهد و استیل‌کوآنزیم A می‌سازد.

C ۱۶ ۱ فقط مورد (ب) صحیح است.

سیانیدها، واکنش‌های مرحلهٔ آخر زنجیرهٔ انتقال الکترون در پمپ سوم را مختل کرده و مانع انتقال الکترون به اکسیژن می‌شود که در پی آن آب در راکیزه تولید نمی‌شود.

تله‌های تستی الف) نادرست است. تجزیهٔ $NADH$ در پمپ اول رخ می‌دهد ولی سیانید بر انتهای زنجیره اثر می‌گذارد. / ج) نادرست است. آنزیم ATPساز همان کانال پروتونی در غشای درونی راکیزه است (*نه خارجی*). / د) نادرست است. اولاً که پمپ شدن پروتون‌ها از فضای درونی یا بسترهٔ به فضای بین دو غشای راکیزه رخ می‌دهد و ثانیاً سیانید روی این واکنش‌ها اثری ندارد.

B ۱۷ ۱ دقت کنید که منظور سؤال مرحلهٔ قندکافت تا رسیدن به فقط **هر**مادهٔ اسیدی سه‌کربنی دوفسفاته می‌باشد (*یکی از آن‌ها*) چون این ماده، ماهیت غیرقندی داشته و سه‌کربنی دوفسفاته می‌باشد. طی مراحل تولید این ماده هنوز تولید ATP و مصرف ADP صورت نگرفته است (*ATP در مرحلهٔ آخر قندکافت تولید می‌شود*).

◀ گزینهٔ (۱) صحیح است چون از شروع واکنش، با تجزیهٔ گلوکز، ابتدا دو مولکول ATP مصرف و دو تا ADP تولید می‌شود. در ادامه به ازای تولید هر اسید سه‌کربنی دوفسفاته، یک NAD^+ مصرف و یک $NADH$ و H^+ نیز تولید می‌شود.

C ۱۸ ۲ در زنجیرهٔ انتقال الکترون راکیزه، انتقال الکترون‌های $FADH_2$ و $NADH$ تا رسیدن به O_2 ، از پمپ دوم و سوم و دو پروتئین ناقل به‌طور مشترک عبور می‌کنند (*ولی پمپ اول فقط در انتقال الکترون‌های $NADH$ شرکت می‌کند*).

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در زنجیرهٔ انتقال الکترون، علاوه بر الکترون‌های حاملین الکترونی یعنی $FADH_2$ و $NADH$، در انتها از مولکول‌های O_2 نیز برای تولید آب استفاده می‌کند. / گزینهٔ (۳): تشکیل آب و ترکیب یون‌های اکسید و پروتون‌ها در فضای **درون** راکیزه رخ می‌دهد (*نه بین دو غشا*). / گزینهٔ (۴): اولاً که پمپ کردن مخصوص انتقال پروتون‌ها است (*نه الکترون‌ها*) و از طرفی پروتون‌ها از بخش درونی به فضای بین دو غشا پمپ زده می‌شوند.

B ۱۹ ۲ سؤالی بسیار زیبا! در گیاهان اگر تخمیر الکلی یا لاکتیکی رخ دهد، محصولات نهایی در اثر **تجمع** می‌توانند باعث مرگ یاخته‌ها شوند. در هر دو نوع تخمیر فوق، هم‌زمان با تولید محصولات نهایی یعنی **اتانول** و یا **لاکتیک اسید**، مولکول $NADH$ طی اکسایش مصرف می‌شود و بازسازی NAD^+ صورت می‌گیرد.

تله‌های تستی گزینهٔ (۱): در تخمیر لاکتیکی برخلاف نوع الکلی، CO_2 تولید نمی‌شود. / گزینهٔ (۳): در تخمیر الکلی، تولید NAD^+ همراه با تولید و مصرف مواد دوکربنی اتانول و اتانال می‌باشد. / گزینهٔ (۴): در قندکافت با تولید مادهٔ سه‌کربنی پیرووات، دو مولکول ADP مصرف می‌شود ولی برای تولید قند سه‌کربنی، فقط ماده شش‌کربنی ناپایدار از وسط می‌شکند. (*به ماهیت شیمیایی مواد به کار رفته در قندکافت در تست‌ها بسیار دقت کنید!*)

C ۲۰ ۲ موارد (ب) و (د) صحیح هستند.

تله‌های تستی الف) نادرست است. مولکول‌های حامل الکترون یعنی $NADH$ و $FADH_2$ در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم (*قندکافت*) و راکیزه تولید می‌شوند ولی در انتها این زنجیره از مولکول‌های اکسیژن هم برای تولید آب استفاده می‌کند، پس قید **فقط** در مورد آن غلط است. / ب) درست است. به‌جز اولین جزء زنجیره، باقی اجزای زنجیره الکترون‌های هر دو نوع حامل را جابه‌جا می‌کنند. / ج) نادرست است. دقت کنید یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌های بخش داخلی (*نه خارجی*) راکیزه تشکیل می‌شوند. / د) درست است. انرژی لازم برای انتقال فعال یون‌های هیدروژن به فضای بین دو غشای راکیزه، توسط حامل‌های الکترون تأمین می‌شود.