



۱- آدنوزین تری فسفات، شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین مونو فسفات)، سپس ADP (آدنوزین دی فسفات) و در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود. با توجه به انواع روش‌های مطرح شده در فصل (۵) زیست دوازدهم مرتبط با ساخت مولکول ATP (با مصرف فسفات و مولکول ADP) در یاخته‌های زنده، طی هر روشی که ATP ..... تولید می‌شود، .....  
 (۱) با برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار - برخی از آنزیم‌های تنفس یاخته‌ای فعالیت می‌کنند.  
 (۲) با فعالیت زنجیره انتقال الکترون - پروتون‌ها برخلاف شیب غلظت، به فضای بین دو غشا وارد می‌گردند.  
 (۳) با روش اکسایشی یا نوری در اندامک دو غشایی - الکترون‌های پرانرژی انواعی از ناقل‌های الکترونی به مصرف می‌رسند.  
 (۴) به دنبال مصرف فسفات و آدنوزین دی فسفات - ابزارهای مهم درون یاخته‌ای با کاهش انرژی فعال سازی نقش دارند.

#### ۱- پاسخ: گزینه (۴)

هیچ جاندار نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند.

حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولیدمثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

**نکته مهم:** برای ساخته شدن ATP به گروه فسفات و مولکول ADP نیاز است.

سه روش مختلف برای ساخته شدن مولکول ATP وجود دارد :

(۱) ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده (برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش ماده) و افزودن آن به ADP - مشاهده در قندکافت، چرخه کربس، بازتولید ATP با مصرف کراتین فسفات و ...)

(۲) ساخته شدن اکسایشی (ساخته شدن از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها - در راکیزه یاخته‌های یوکاریوتی و در غشای یاخته‌های پروکاریوتی)

(۳) ساخته شدن نوری (ساخته شدن از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها - در غشای تیلاکوئید یاخته‌های یوکاریوتی و در غشای یاخته‌های پروکاریوتی فتوسنتز کننده)

**تذکر:** باکتری میتوکندری، کلروپلاست، هسته، شبکه آندوپلاسمی، جسم گلژی، سانتریول، میکروتوبول، هیستون، توالی افزاینده، عوامل رونویسی، چندین نوع RNA پلی مرز و ... ندارد.

گزینه (۱) : **نادرست:** ترجمه بخش اول: ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده - تولید ATP در قندکافت با کمک فعالیت برخی از آنزیم‌های تنفس یاخته‌ای رخ می‌دهد، در طی بازتولید ATP با مصرف کراتین فسفات آنزیم‌های تنفس یاخته‌ای فعالیت ندارند.

**ترکیب:** ماهیچه‌ها برای انقباض به ATP نیاز دارند و یکی از راه‌های تأمین آن در ماهیچه‌ها، برداشت فسفات از مولکول کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است، کراتین فسفات، پیش ماده‌ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می‌رود.

**اگر طرح بگوید هر ساخته شدن ATP که در سیتوپلاسم یافته‌های یوکاریوتی رخ می‌دهد؟** ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

**اگر طرح بگوید هر ساخته شدن ATP که در اندامک‌های دو غشایی یوکاریوتی رخ می‌دهد؟** ساخته شدن ATP در چرخه کربس - ساخته شدن اکسایشی زنجیره انتقال الکترون میتوکندری - ساخته شدن نوری زنجیره انتقال الکترون تیلاکوئید

گزینه (۲) : **نادرست:** ترجمه بخش اول: ساخته شدن اکسایشی و نوری ATP - فقط در ساخته شدن اکسایشی در میتوکندری، پروتون‌ها برخلاف شیب غلظت (با مصرف انرژی زنجیره انتقال الکترون)، به فضای بین دو غشای میتوکندری وارد می‌گردند.

**اگر طرح بگوید هر ساخته شدن ATP که با عبور یون‌های هیدروژن از بخش کانالی پروتئین‌های ATP ساز رخ می‌دهد؟** ساخته شدن اکسایشی و نوری ATP

گزینه (۳) - **نادرست:** ساخته شدن اکسایشی و نوری ATP - فقط در ساخته شدن اکسایشی، الکترون‌های پرانرژی انواعی از ناقل‌های الکترونی (NADH و FADH<sub>2</sub>) به مصرف می‌رسند.

**اگر طرح بگوید هر ساخته شدن ATP که همزمان با واکنش‌های تولید ناقل‌های الکترونی رخ می‌دهد؟** ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده (NADH در گلیکولیز و چرخه کربس) + ساخته شدن نوری (تولید NADPH)

**نکته مهم:** تشکیل ATP از ADP، با مصرف انرژی و تبدیل آن به ADP همراه با آزاد شدن انرژی است.

گزینه (۴) : **درست:** ترجمه بخش اول: هر سه روش ساخته شدن ATP - در هر سه روش ساخته شدن ATP به حضور و فعالیت آنزیم‌ها (مهم‌ترین ابزارهای درون سلولی) نیاز است.

**ترکیب:** انجام واکنش‌ها در بدن موجودات زنده که با عنوان کلی سوخت و ساز مطرح می‌شود، در حضور آنزیم‌ها رخ می‌دهد. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال سازی واکنش را کاهش می‌دهد.



۲- نیاز ما به اکسیژن به علت انجام تنفس یاخته‌ای است که در این فرایند ATP تولید می‌شود، انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود، تجزیه ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود، چند مورد زیر درباره اولین مرحله تنفس یاخته‌ای که طی آن تجزیه ناقص گلوکز در ماده زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود، صادق است؟

« به طور معمول، همزمان با ..... هر ترکیب کربن دار ..... »

- تولید - دوفسفاته، یک مولکول دو نوکلئوتیدی تولید می‌شود.
  - مصرف - یک فسفاته، یک مولکول  $NAD^+$  مصرف می‌گردد.
  - تولید - غیرقندی دو فسفاته، دو مولکول ATP مصرف می‌گردند.
  - تولید - نوکلئوتیدی حامل الکترون، یک الکترون برای خنثی کردن  $NAD^+$  به کار می‌رود.
  - مصرف - بدون فسفات، دو مولکول ATP (با افزوده شدن فسفات به ADP) ایجاد می‌شوند.
  - مصرف - قندی دوفسفاته، شکل یونی یک ترکیب آلی سه کربنی بدون فسفات ایجاد می‌شود.
- (۱) ۱      (۲) ۲      (۳) ۳      (۴) ۴

## ۲- پاسخ: گزینه (۲)

ترجمه زیستی صورت سوال به واکنش‌های قندکافت اشاره دارد.

در واکنش‌های قندکافت، مولکول گلوکز با گرفتن دو فسفات از دو مولکول ATP به فروکتوزفسفاته (شش کربنی دو فسفاته ناپایدار) تبدیل می‌شود (مصرف دو عدد ATP انرژی فعال سازی را تأمین می‌کند)، با شکسته شدن فروکتوز فسفاته → دو مولکول قند سه کربنی تک فسفاته ایجاد می‌شود → در ادامه دو فسفات معدنی به قند مذکور اضافه شده و قندهای فسفاته به ترکیب اسیدهای فسفاته (ترکیب سه کربنی دو فسفاته) تبدیل می‌شود (در این مسیر دو مولکول  $NAD^+$  مصرف و دو مولکول  $NADH+H^+$  تولید می‌شود) → در پایان، از دو ترکیب اسیدفسفاته، دو مولکول پیرووات (بنیان پیروویک اسید - ترکیب سه کربنی بدون فسفات) ایجاد می‌شود (در این مسیر ۴ مولکول ADP با گرفتن فسفات‌های اسیدهای دو فسفاته در نهایت به ۴ عدد ATP تبدیل می‌شوند = تولید ATP در سطح پیش ماده)

**اگر طرح بگوید:** هر یاخته‌ای با مصرف گلوکز در غیاب اکسیژن (یا نخستین مرحله تنفس یاخته)، ترکیبات مختلف سه کربنی ایجاد می‌کند. (درست = همه جانداران و همه سلول‌های زنده گلیکولیز دارند)

**نکته:** برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود و در نهایت در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و  $NADH$  به وجود می‌آیند.

مورد اول - **نادرست:** **ترجمه بخش اول:** ترکیبات کربن دار دو فسفاته در قندکافت شامل مولکول فروکتوزفسفاته (ترکیب شش کربنی دوفسفاته)، مولکول ADP (کربن دار و دارای دو گروه فسفات) و ترکیب اسید فسفاته (ترکیب سه کربنی دو فسفاته)

**نکته:** هر مولکول  $NADH$  متشکل از دو نوکلئوتید بوده که از  $NAD^+$  + الکترون + پروتون تشکیل شده است.

**نکته:** فقط همزمان با تولید هر ترکیب اسید فسفاته (ترکیب سه کربنی دو فسفاته) یک مولکول  $NADH$  تولید می‌شود.

**نکته:** همزمان با مصرف گلوکز و تولید ترکیب شش کربنی دو فسفاته ناپایدار (فروکتوز فسفاته)، دو عدد ATP مصرف و دو عدد ADP تولید می‌شود.

**اگر طرح بگوید تولید یک مولکول  $NADH$  در مرحله دوفسفاته‌شکن یک ترکیب سه کربنی رخ می‌دهد؟ درست،** با تولید اسید دوفسفاته، مولکول  $NAD^+$  مصرف و  $NADH$  تولید می‌شود.

**اگر طرح بگوید در پی افزوده شدن گروه فسفات به ترکیب سه کربنی یک فسفاته،  $NAD^+$  مصرف می‌شود؟ درست،** با تولید اسید دوفسفاته، مولکول  $NAD^+$  مصرف و  $NADH$  تولید می‌شود.

**توجه:** ابرتست تستی است که درون خود مطالب گسترده‌ای جای داده است و معیار سنجش نیست!

لطفاً زمان‌دار ننزید فقط به روشی که بهتون آموزش خواهم داد بزنید.

برای دیدن آموزش چگونگی استفاده از ابرتست به پیج اینستاگرام استاد شاکری سر بزنید، @mohamad.shakeri.official

حتماً پروژه وینار ۴ ثانیه را بین کنکور رو متحول می‌کند، [www.limootoorsh.com](http://www.limootoorsh.com)

**توجه:** در سطح کنکور اگر یک ترکیب الکترون بگیرد یعنی احیا شده است و اگر الکترون از دست بدهد یعنی اکسید شده است.

**نکته:** در مرحله‌ای که ترکیب سه کربنی دو فسفاته (اسید فسفاته) تولید می‌شود، مولکول سه کربنی تک فسفاته (قند فسفاته) با دادن الکترون به  $NAD^+$ ، ترکیب قند فسفاته اکسید شده و  $NAD^+$  با گرفتن الکترون احیا می‌شود.

مورد دوم - **درست:** **ترجمه بخش اول:** ترکیب فسفات‌دار تک فسفاته = قند فسفاته - با مصرف قند فسفاته، اسید دوفسفاته تولید می‌شود، همزمان با این اتفاق به ازای مصرف یک مولکول قند فسفاته یک مولکول  $NAD^+$  مصرف و مولکول  $NADH + H^+$  تولید می‌گردد. در این مسیر مولکول قند فسفاته (سه کربنی تک فسفاته) اکسید شده و  $NAD^+$  (نه‌هههههه  $NADH$ ) احیا می‌شود.

اگر طرح بگوید هر یاخته‌ای طی واکنش‌های تنفس یاخته‌ای می‌تواند در مسیر تبدیل ترکیب شش‌کربنی فسفات‌دار به دو پیرووات، **NADH** بسازد؟ **درسته**، در همه یاخته‌های زنده بخش اول تنفس یاخته‌ای (بخش بی‌هوازی تنفس = گلیکولیز = قندکافت) رخ می‌دهد.

**توجه بسیار مهم:** همه جانداران و همه سلول‌های زنده گلیکولیز دارند پس تمام اتفاقاتی که در گلیکولیز رخ می‌دهد در همه جانداران رخ می‌دهد.  
**کلاه طرح:** در هر یاخته‌ای که مولکول شش‌کربنی دو فسفات ناپایدار تولید و سپس مصرف می‌شود؟ (پاسخ: همه یاخته‌های زنده گلیکولیز دارند - حتی باکتری، حتی گلبول قرمز و ...)

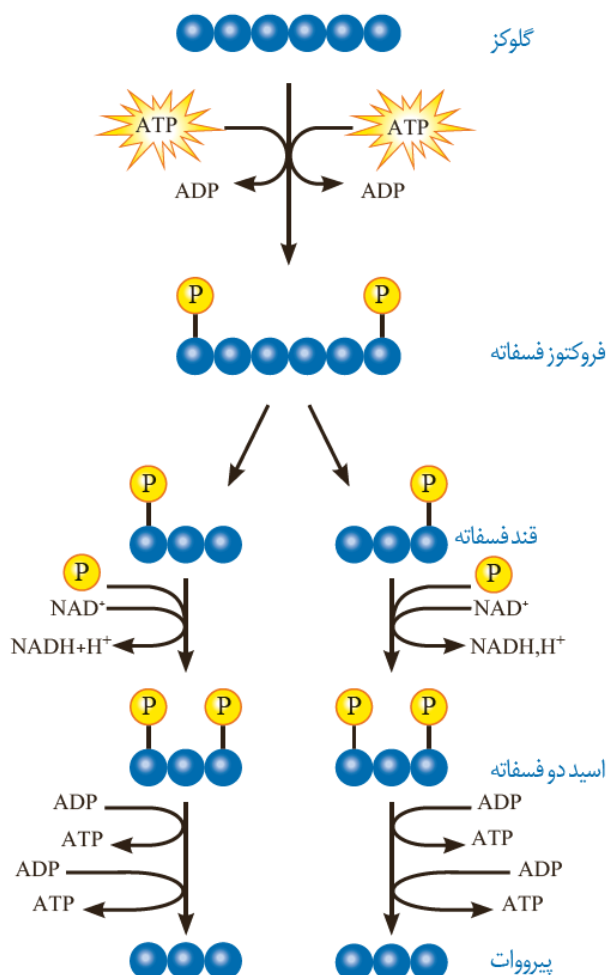
**کلاه طرح:** در هر یاخته‌ای که **NADH** تولید و مصرف می‌شود؟ (پاسخ: همه یاخته‌های زنده)

**کلاه طرح:** هر یاخته‌ای که پیرووات را تولید و مصرف می‌کند؟ (پاسخ: همه یاخته‌های زنده)

**توجه:** به تمام ویژگی و نکات و شکل گلیکولیز دقیق مسلط باشید تا الان سوال پایه ثابت کنکور بوده پس می‌توان گفت سوال کنکور شما هم خواهد بود.  
**نکته بسیار مهم:** همه جانداران و یاخته‌های زنده گلیکولیز دارند. گلیکولیز در همه جانداران درون سیتوسل (ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم) رخ می‌دهد.

**تذکر:** گلیکولیز در اندامک (میتوکندری و ...) رخ نمی‌دهد.

**کلاه طرح:** به ازای مصرف یک مولکول کلوکز در طی کلیکولیز چند عدد **ATP**، **NAD<sup>+</sup>**، فسفات معرنی، **ADP** مصرف می‌شود؟ (پاسخ: به ترتیب: ۲ عدد - ۲ عدد - ۲ عدد - ۲ عدد)



**توجه:** از میبحث کالوین و گلیکولیز می‌تواند سوال عددی مطرح شود این سوال معمولاً برای تولید یا مصرف یک ماده خاص بیان می‌شود همین الان به شکل این دو مورد مسلط شوووووو.

**مورد سوم - نادرست:** ترجمه بخش اول: ترکیب غیرقندی

دو فسفات = مولکول **ADP** (کربن‌دار و دارای دو گروه فسفات) و ترکیب اسید فسفات (ترکیب سه‌کربنی دو فسفات) - فقط در هنگام مصرف گلوکز و تولید فروکتوز فسفات (ترکیب قندی دو فسفات)، دو مولکول **ATP** مصرف می‌گردد.

اگر طرح بگوید در مسیر تولید پیرووات از ترکیب شش‌کربنی فسفات‌دار، **ADP** تولید می‌شود؟ **نادرسته**، در ابتدای قندکافت، همزمان با مصرف گلوکز و تولید

فروکتوز فسفات، دو مولکول **ATP** مصرف و دو مولکول **ADP** تولید می‌گردد، چون طرح گفته (تولید پیرووات از ترکیب شش‌کربنی فسفات‌دار)، پس بخش اول گلیکولیز (مصرف گلوکز و تولید فروکتوز فسفات) را در نظر نگرفته است. بنابراین **ATP** قبلاً مصرف شده و در طی این مسیر دیگر **ATP** مصرف نمی‌شود. (به این جور دام‌های توی این فصل خیلییی دقت کن، می‌تونه دام طرح کنکور باشه‌ها)

**مورد چهارم - درست:** ترجمه بخش اول: ترکیب حامل الکترون =

**NADH** - **NAD<sup>+</sup>** با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند.

**نکته:** یک الکترون برای خنثی کردن **NAD<sup>+</sup>** به کار می‌رود.

**توجه:** **NADH** حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از **NAD<sup>+</sup>** به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود.

**مورد پنجم - نادرست:** ترجمه بخش اول: ترکیب کربن‌دار بدون فسفات که در گلیکولیز مصرف می‌شود: گلوکز - همزمان با مصرف گلوکز دو عدد **ATP** مصرف و دو عدد **ADP** تولید می‌شود.

اگر طرح بگوید در نخستین مرحله تنفس یاخته‌ای، کلوکز به ترکیب شش‌کربنی فسفات‌دار تبدیل می‌شود؟ **درسته**، در همه یاخته‌های دارای سوخت‌وساز (زنده) صورت می‌گیرد.

اگر طرح بگوید با شکسته شدن ترکیب شش‌کربنی دو فسفات به دو ترکیب سه‌کربنی یک فسفات، **۲ ATP** مصرف می‌گردد؟ **غلطه**، قبل از شکسته شدن فروکتوز فسفات (ترکیب شش‌کربنی دو فسفات) مولکول‌های **ATP** مصرف شده‌اند.



مورد ششم - نادرست : **ترجمه بخش اول**، ترکیب قندی دوفسفاته = فروکتوز فسفاته - در پی مصرف هر فروکتوز فسفاته، دو قند سه کربنی تک فسفاته به وجود می آید.

**تکته**: در پی مصرف هر مولکول اسید دوفسفاته، شکل یونی یک ترکیب آلی سه کربنی بدون فسفات (پیرووات) ایجاد می شود.  
**نگاه طراح**، هر ترکیب قندی در **کلکولیز** .... (پاسخ: فروکتوز فسفاته (شش کربنی دو فسفاته) + قند فسفاته (سه کربنی تک فسفاته) )

۳- چند مورد، متن زیر را نامناسب کامل می کند؟

« به هنگام تجزیه یک مولکول گلوکز از مرحله تغییر مولکول قند دو فسفاته تا تشکیل یک ترکیب شش کربنی و آزاد شدن کوآنزیم A در چرخه کربس، طی مراحل تنفس در یاخته عصبی انسان به ترتیب از راست به چپ دو مولکول ..... مصرف می شود. »

الف - ATP در سیتوپلاسم -  $NAD^+$  درون میتوکندری

ب - استیل کوآنزیم A درون میتوکندری - ATP در سیتوپلاسم

ج -  $CO_2$  درون سیتوپلاسم - استیل کوآنزیم A طی واکنش های چرخه کربس

د -  $NADH$  درون بخش داخلی میتوکندری تولید - پیرووات در سیتوپلاسم

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۳- پاسخ: گزینه (۴)

منظور طراح سوال از مرحله تغییر مولکول قند دو فسفاته (فروکتوز فسفاته) تا تشکیل یک ترکیب شش کربنی و آزاد شدن کوآنزیم A در چرخه کربس : شامل مراحل قند کافت (به جز مرحله نخست) و اکسایش پیرووات در میتوکندری و مرحله ابتدایی چرخه کربس است.

با توجه به خواسته سوال، در مرحله قند کافت : ۲ مولکول  $NADH$  در درون سیتوپلاسم تولید و ۲ مولکول  $NAD^+$  مصرف می شود.

۴ مولکول ATP در سطح پیش ماده و در درون سیتوپلاسم تولید و ۴ مولکول ADP مصرف می شود.

در مرحله اکسایش پیرووات درون میتوکندری : ۲ مولکول  $NADH$  تولید و دو مولکول  $NAD^+$  مصرف می شود.

۲ مولکول دی اکسید کربن تولید و دو مولکول پیرووات مصرف می شود.

۲ مولکول استیل کوآنزیم A و بنیان استیل و کوآنزیم A تولید و مصرف می شوند.

**تذکر مهم** : با توجه به مولکول های مطرح شده در بالا یادتون باشه که محل تولید یا مصرف شدن، تعداد تولید شده یا مصرف شده و نوع واکنشی که طی آن تولید یا مصرف می شوند، برای طراح کنکور بسیاررر مهم است.

الف - نادرست : در طی مسیر واکنش ها (طبق خواسته سوال)، ۴ مولکول ATP درون سیتوپلاسم تولید می شود و ۲ مولکول  $NAD^+$  درون میتوکندری مصرف می شود.

ب - نادرست : در طی مسیر واکنش های مذکور (خواسته سوال)، ۲ مولکول استیل کوآنزیم A درون میتوکندری تولید شده و هیچ مولکول ATP در سیتوپلاسم مصرف نمی شود.

**یادآوری** : در ابتدای قند کافت، همزمان با مصرف گلوکز و تولید فروکتوز فسفاته، دو مولکول ATP مصرف و دو مولکول ADP تولید می گردد، چون طراح گفته از مرحله تغییر ترکیب شش کربنی فسفات دار، پس ATP قبلا مصرف شده و در طی این مسیر دیگر ATP مصرف نمی شود. (به این جور دام های توی این فصل خیلییی دقت کن، می تونه دام طراح کنکور باشه ها)

ج - نادرست : در طی مسیر واکنش ها، ۲ مولکول دی اکسید کربن درون میتوکندری (طی اکسایش پیرووات) تولید می شود (نههه سیتوپلاسم)

د - نادرست : دو مولکول  $NADH$  درون بخش داخلی میتوکندری تولید شده و ۲ مولکول پیرووات در درون میتوکندری (نههه سیتوپلاسم) اکسایش می یابد.

**توجه** : ابرتست تستی است که درون خود مطالب گسترده ای جای داده است و معیار سنجش نیست!

لطفا زمان دار نرئید فقط به روشی که بهتون آموزش خواهم داد بزنید.

برای دیدن آموزش چگونگی استفاده از ابرتست به پیج اینستاگرام استاد شاکری سر بزنید، @mohamad.shakeri.official

حتما پروژه وینار ۴ ثانیه را ببین کنکور رو متحول می کنه : [www.limootoorsh.com](http://www.limootoorsh.com)

**نگاه طراح** : به دنبال ورود استیل کوآنزیم A به درون فضای داخلی میتوکندری .... (پاسخ : نادرست - پیرووات و اکسیژن وارد میتوکندری می شوند نه استیل کوآنزیم A)



**نگاه طرح :** اولین ساختار سه کربنی که درون میتوکندری با از دست دادن الکترون اکسید می شود؟ (پاسخ : پیرووات با دادن الکترون به  $NAD^+$  اکسید شده و سبب احیای  $NAD^+$  در میتوکندری می شود.)

**اگر طرح بگوید، در یک یافته یوکاریوتی طی واکنش های تنفس هوازی،  $NADH$  درون ماده زمینه سیتوپلاسم (سیتوسل) تولید و مصرف می شود؟ نادرست،** در یاخته های یوکاریوتی تولید  $NADH$  درون سیتوپلاسم و میتوکندری صورت می گیرد، ولی مصرف آن فقط در میتوکندری و در زنجیره انتقال الکترون رخ می دهد. (حواستون باشه این عبارت در ارتباط با پروکاریوت های هوازی صحیح است)

۴- در هر سلول زنده و فعال قرنیه و عدسی انسان، به منظور تغییر محصول نهایی قندکافت (گلیکولیز) و ورود آن به چرخه کربس لازم است تا این محصول ابتدا .....

- (۱) درون راکیزه (میتوکندری)، الکترون های پُرانرژی نوعی ناقل الکترونی را دریافت نماید.
- (۲) در فضای بین دو غشای راکیزه (میتوکندری)، یک مولکول دی اکسید کربن آزاد نماید.
- (۳) در فضای درونی راکیزه (میتوکندری) با اتصال به کوآنزیم A، اکسایش خود را آغاز نماید.
- (۴) با از دست دادن الکترون و پروتون، نوعی گیرنده الکترونی (نوکلئوتیددار) را احیاء نماید.

۴- پاسخ: گزینه (۴)

**ترجمه صورت سوال :** پیرووات

محصول نهایی قندکافت (گلیکولیز) یعنی پیرووات از طریق انتقال فعال (در خلاف جهت شیب غلظت - توسط پمپ غشایی با صرف انرژی) به راکیزه می رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می شود.

**نکته :** پیرووات در راکیزه یک کربن دی اکسید از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود.

**نکته :** در حین تبدیل پیرووات به استیل کوآنزیم A اولین  $CO_2$  در تنفس هوازی ایجاد می شود. در این مسیر درون میتوکندری (فضای داخلی) به ازای هر پیرووات یک  $NADH$  تولید می شود.

**نکته :** بنیان استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد.

**نکته :** اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی، به نام چرخه کربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می گیرد.

**گزینه (۱):** در طی اکسایش پیرووات، درون راکیزه (میتوکندری)، پیرووات الکترون های خود را به نوعی گیرنده (نه ناقل) الکترونی ( $NAD^+$ ) می دهد و اکسایش می یابد.

**گزینه (۲):** در طی اکسایش پیرووات در فضای درونی (نه به دو غشا) راکیزه (میتوکندری)، یک  $CO_2$  تولید می شود. یعنی پیرووات یک  $CO_2$  از دست می دهد.

**گزینه (۳):** پیرووات در راکیزه یک کربن دی اکسید از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود. (اکسایش پیرووات با از دست دادن کربن و الکترون آغاز می شود)

**نکته :** هیچ گاه پیرووات مستقیماً به کوآنزیم A متصل نمی شود. بنیان استیل مستقیماً به کوآنزیم A متصل می شود.

**گزینه (۴):** در طی واکنش های اکسایش پیرووات، پیرووات با از دست دادن دو الکترون و پروتون، نوعی گیرنده الکترونی (نوکلئوتیددار) را احیاء می نماید.

۵- کدام گزینه، متن زیر را به درستی تکمیل نمی کند؟

« مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول های  $CO_2$  تجزیه شود. بخشی از تجزیه گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می شود، انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول های حامل الکترون ( $NADH$  و  $FADH_2$ ) می شود. با توجه به مراحل تجزیه گلوکز در یاخته های پوششی سازنده صفرا در کبد انسان، ..... »

(۱) از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس، انواعی حامل الکترونی در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند.

(۲) تبدیل ترکیب پنج کربنی به ترکیب چهار کربنی در بخش داخلی میتوکندری با آزاد شدن مولکول دی اکسید کربن همراه است.

(۳) مصرف آدنوزین تری فسفات انرژی فعال سازی واکنش تبدیل گلوکز به ترکیب شش کربنی فسفات دار ناپایدار را فراهم می کند.

(۴) به دنبال اتصال یافتن پیرووات به مولکول آغازگر چرخه کربس مابقی مراحل مربوط به تولید مولکول حامل ممکن می شود.

۵- پاسخ: گزینه (۴)

**ترجمه صورت سوال** واکنش های مربوط به تنفس هوازی در یاخته ها می باشد.





**نکته:** در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های **کربن دی‌اکسید، ATP، FADH<sub>2</sub>، NADH و آب** تولید می‌شوند.

**گزینه (۱):** در چرخه کربس، **ضمن (هم زمان با)** ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهار کربنی (بدون فسفات)، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی (بدون فسفات)، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت CO<sub>2</sub> آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، **بازسازی** می‌شود. در این چرخه از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، انواعی حامل الکترونی (**NADH و FADH<sub>2</sub>**) در محل‌های متفاوتی از چرخه (همگی درون فضای داخلی میتوکندری = محل مشابه) تشکیل می‌شوند.

**گزینه (۲):** تبدیل ترکیب پنج کربنی (بدون فسفات) به ترکیب چهار کربنی (بدون فسفات) در بخش **داخلی میتوکندری** طی چرخه کربس صورت می‌گیرد و با آزاد شدن **مولکول دی‌اکسید کربن** همراه است.

**نکته:** اولین CO<sub>2</sub> حین اکسایش پیرووات در فضای داخلی میتوکندری تولید می‌شود. حاصل هر گلیکولیز، دو پیرووات است پس درون میتوکندری از اکسایش پیرووات‌ها دو عدد CO<sub>2</sub> تولید می‌شود.

**نکته:** در هر کربس دو عدد CO<sub>2</sub> تولید می‌شود. به ازای هر گلوکز در نهایت دو عدد پیرووات تولید می‌شود پس به ازای هر گلوکز دو بار کربس رخ می‌دهد. پس به ازای دو عدد استیل کوآنزیم A در نهایت ۴ عدد CO<sub>2</sub> تولید می‌شود.

**نکته:** به ازای هر گلوکز در نهایت ۶ عدد CO<sub>2</sub> (۲ عدد در اکسایش پیرووات‌ها - ۴ عدد در کربس‌ها) ایجاد می‌شود.

**تذکر:** در گلیکولیز CO<sub>2</sub>، استیل کوآنزیم A، FADH<sub>2</sub>، ترکیب چهار کربنی تولید نمی‌شود.

**نکته:** گلوکز، پیرووات، استیل کوآنزیم A، مولکول چهار کربنی آغازگر چرخه کربس، مولکول شش کربنی و پنج کربنی کربس و ترکیبات چهار کربنی در کربس، فسفات ندارند.

**نگاه طراح:** ترکیب کربن دار سه فسفات تولید شده در کربس و گلیکولیز ..... (پاسخ: ATP)

**گزینه (۳):** طبق متن کتاب، **مصرف** آدنوزین تری فسفات (ATP) انرژی فعال‌سازی واکنش تبدیل گلوکز به ترکیب شش کربنی فسفات‌دار (بخش اول گلیکولیز در سیتوسل = خارج از میتوکندری) را فراهم می‌کند.

**گزینه (۴):** پیرووات به مولکول آغازگر کربس (ترکیب چهار کربنی بدون فسفات) متصل نمی‌شود. استیل کوآنزیم A (مولکول دو کربنی بدون فسفات) به ترکیب چهار کربنی آغازگر چرخه کربس متصل می‌شود.

**نکته:** NAD<sup>+</sup> و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند. NAD<sup>+</sup> با گرفتن الکترون **کاهش** و NADH با از دست دادن الکترون **اکسایش** می‌یابد.

**توجه:** ابرتست تستی است که درون خود مطالب گسترده‌ای جای داده است و **معیار سنجش نیست!**

**که لطفا زمان‌دار ننویس فقط به روشی که بهتون آموزش خواهیم داد بزنید.**

برای دیدن آموزش چگونگی استفاده از ابرتست به پیج **اینستاگرام استاد شاکری** سر بزنید، @mohamad.shakeri.official

حتما پروژه وینار ۴ ثانیه را بین کنکور رو متحول می‌کند، [www.limootoorsh.com](http://www.limootoorsh.com)

۶- چند مورد از موارد زیر فقط در ارتباط با گروهی از پروتئین‌های اجزای زنجیره انتقال الکترون در غشای داخلی راکیزه (میتوکندری) یک یاخته ماهیچه‌ای انسان، صادق است؟

- با عبور پروتون‌ها در جهت شیب غلظت، با افزودن گروه فسفات به ADP، مولکول‌های ناقل انرژی می‌سازند.
- بدون مصرف مولکول ATP، یون‌های هیدروژن را به فضای بین دو غشا پمپ می‌کنند.
- تنها راه ورود پروتون‌ها به بخش داخلی راکیزه (میتوکندری) عبور از آن‌ها است.
- در تماس مستقیم با بخش آب‌گریز فسفولیپیدهای غشا قرار دارند.
- توسط ریبوزوم و آنزیم‌های درون یاخته‌ای ساخته شده‌اند.
- در بین دو لایه غشای درونی راکیزه (میتوکندری) قرار دارند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۶- پاسخ: گزینه (۲)

ترجمه صورت سوال مربوط به **پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون** می‌باشد. مانند پمپ (پروتئین سراسری) + پروتئین سطحی (غیر پمپ) **توجه:** ما دنبال گزینه یا گزینه‌هایی هستیم که فقط در ارتباط با برخی یا گروهی از این پروتئین‌ها صحیح است.



**مورد اول - نادرست:** پروتئین ATP ساز در غشای داخلی میتوکندری، با عبور پروتون‌ها در جهت شیب غلظت، با افزودن گروه فسفات به ADP، مولکول‌های ناقل انرژی می‌سازد.

**تذکره خلیسی مهم:** پروتئین ATP ساز جزو زنجیره انتقال الکترون نیست!!!!

**مورد دوم - درست:** گروهی از پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به صورت پمپ غشایی عمل می‌کنند و بدون مصرف مولکول ATP، یون‌های هیدروژن را از فضای داخلی (تراکم کمتر) به فضای بین دو غشا (تراکم بیشتر) پمپ می‌کنند. (در خلاف شیب غلظت + از جای کمتر به جای بیشتر + مصرف انرژی الکترونی)

**تذکره:** انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پراثری NADH و FADH<sub>2</sub> فراهم می‌شود.

**تذکره:** الکترون‌های ناقل‌های الکترونی در نهایت به اکسیژن مولکولی (ترکیب معدنی - O<sub>2</sub>) می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.

**مورد سوم - نادرست:** با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا بر اثر فعالیت پمپ‌های غشایی، تراکم آن‌ها در این فضا، نسبت به بخش داخلی افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیش روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است. یادتون نرفته که بالاتر گفتیم پروتئین ATP ساز جزو زنجیره انتقال الکترون نیست!!!!

**مورد چهارم - نادرست:** همه پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، در تماس مستقیم با بخش آب‌گریز فسفولیپیدهای غشا قرار دارند.

**ترکیب:** پروتئین‌های سراسری با بخش آبدوست و آب‌گریز گروهی از فسفولیپیدهای غشا تماس دارند.

**ترکیب:** پروتئین سطحی موجود در غشای داخلی میتوکندری کتاب درسی، یکی (که دریافت کننده الکترون از FADH<sub>2</sub> است) فقط با بخش آب‌گریز (اسید چرب) فسفولیپیدهای غشای داخلی میتوکندری در تماس است. و دیگری علاوه بر بخش آب‌گریز با سر آبدوست هم در تماس می‌باشد.

**مورد پنجم - نادرست:** همه پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، با دخالت ژن یا ژن‌ها، آنزیم‌ها، ریبوزوم و مصرف انرژی زیستی ساخته شده‌اند. توجه: این گزینه برای همه پروتئین‌ها صحیح است نه گروهی از آنها. پس جواب ما نیست.

**مورد ششم - درست:** با توجه به شکل برخی پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، در بین دو لایه غشای درونی راکیزه (میتوکندری) قرار دارند. (مثلا پروتئینی که الکترون‌های مولکول FADH<sub>2</sub> را مستقیماً دریافت می‌کند)

**تذکره:** الکترون‌های خارج شده از هر مولکول NADH از ۵ پروتئین (۳ پمپ سراسری + ۲ پروتئین سطحی کوچک) در غشای داخلی (نه به خارجی) میتوکندری عبور می‌کند و در نهایت به مولکول (نه اتم) اکسیژن می‌رسد.

**تذکره:** الکترون‌های خارج شده از هر مولکول FADH<sub>2</sub> از ۴ پروتئین (۲ پمپ سراسری + ۲ پروتئین سطحی کوچک) در غشای داخلی (نه غشای خارجی) میتوکندری عبور می‌کند و در نهایت به مولکول اکسیژن می‌رسد.

**تذکره:** الکترون‌های زنجیره انتقال الکترون هیچگاه از مجموعه پروتئینی ATP ساز عبور نمی‌کنند. این الکترون‌ها هیچگاه به مولکول آب نمی‌رسند. **تذکره:** آخرین پذیرنده الکترون در تنفس هوازی مولکول اکسیژن است نه مولکول آب.

**تذکره:** اگر اکسیژن وجود نداشته باشد، بخش هوازی تنفس (اکسایش پیرووات و کربس و زنجیره انتقال الکترون) متوقف می‌شود.

**تذکره:** تا زمانی که بازسازی FAD و NAD<sup>+</sup> رخ می‌دهد، تمام مراحل تنفس هوازی می‌تواند انجام شود.

**تذکره:** مجموعه پروتئینی ATP ساز، پروتئین‌های دخیل در زنجیره انتقال الکترون (پمپ‌ها + پروتئین‌های سطحی) همگی در غشای داخلی (چین خورده) میتوکندری قرار دارند نه غشای خارجی (صاف).

۷- نوعی اندامک دو غشایی در یاخته‌های یوکاریوتی که همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود و تجزیه گلوکز و تأمین انرژی، در آن وابسته به حضور اکسیژن (گیرنده نهایی الکترون) است، همچنین دناهایی حلقوی و مستقل از هسته و رِناَتِن (ریبوزوم) مخصوص به خود را دارد و در آن پروتئین‌سازی انجام می‌شود، با توجه به مطالب مذکور اندامک مورد نظر فاقد کدام مشخصه زیر است؟

(۱) در دنا (DNA)ی آن، تمام ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن همه پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

(۲) با انجام اکسایش پیرووات و چرخه کربس در فضای درونی آن، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های دی‌اکسید کربن تجزیه می‌شود.

(۳) در غشای چین خورده آن، یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند.

(۴) پروتون‌ها (یون‌های H<sup>+</sup>) در سه محل متفاوت از زنجیره انتقال الکترون غشای درونی آن، از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند.

۷- پاسخ: گزینه (۱)

ترجمه صورت سوال اندامک میتوکندری می‌باشد.

گزینه (۱): در دنا راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی (نه همه) از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

**تذکره:** راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های آن‌ها در هسته و دنا حلقوی میتوکندری قرار دارند و به وسیله رِناَتِن‌های سیتوپلاسمی و میتوکندری ساخته می‌شوند.

**نگاه طراح:** تمام پروتئین‌های مورد نیاز برای تنفس یاخته‌ای توسط رتاتن‌های میتوکندری ساخته می‌شوند؟ غلطه. فقط بخشی در ریبوزوم‌های میتوکندری ساخته می‌شود.

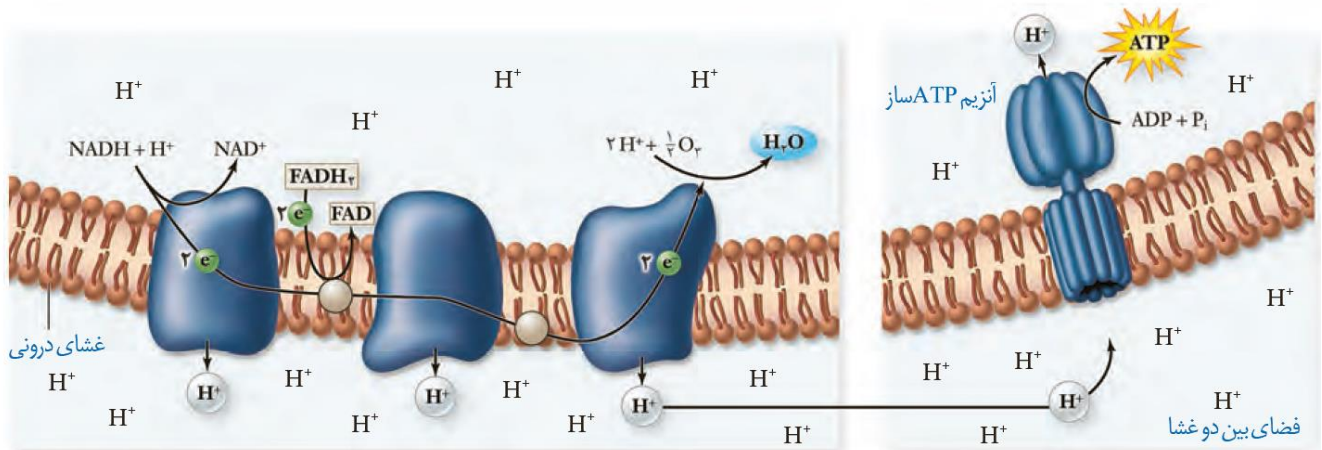
**گزینه (۲):** با انجام اکسایش پیرووات و چرخه کربس در فضای درونی میتوکندری، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های دی‌اکسید کربن تجزیه می‌شود. (تجزیه کامل گلوکز)

**گزینه (۳):** به کمک آخرین پمپ در غشای چین‌خورده داخلی میتوکندری، یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند.

**گزینه (۴):** با توجه به شکل زنجیره انتقال الکترون در غشای داخلی میتوکندری، پروتون‌ها (یون‌های  $H^+$ ) در بیش از یک محل (سه محل متفاوت) از زنجیره انتقال الکترون غشای درونی آن، از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند.

**نکته:** آب (اسمز)، اکسیژن (انتشار ساده)،  $ATP$ ،  $ADP$ ،  $NADH$ ،  $NAD^+$ ، پیرووات (انتقال فعال)،  $CO_2$  (انتشار ساده) و ... می‌توانند از غشاهای میتوکندری عبور کنند.

**نکته:** وسعت غشای درونی میتوکندری (به دلیل چین‌خوردگی‌ها) از وسعت غشای خارجی آن بیشتر است.



۸- در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، در انواعی از جانداران تجزیه ماده مغذی و تولید  $ATP$  بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود، در نوعی یاخته (فقط دارای توانایی تولید  $ATP$  در سطح پیش‌ماده) با مصرف گلوکز در شرایطی که .....

- (۱) به دنبال آزاد شدن  $CO_2$ ، یک مولکول  $NADH$  مصرف گردد، بخشی از رایج‌ترین شکل انرژی زیستی توسط زنجیره انتقال الکترون ایجاد می‌شود.
- (۲) پیرووات به طور مستقیم توسط مولکولی پرانرژی احیا می‌شود، استیل کوآنزیم A به ترکیب چهار کربنی بدون فسفات می‌پیوندد.
- (۳) ترکیبات مختلف دو کربنی ایجاد می‌شوند، الکترون‌های  $NADH$  به ترکیبی به غیر از پیرووات در سیتوسل منتقل می‌گردند.
- (۴) یک ترکیب آلی با پذیرفتن الکترون‌های  $NADH$ ، احیاء گردد، در مرحله‌ای به غیر از آزاد شدن دی‌اکسید کربن،  $FAD$  بازسازی می‌شود.

۸- پاسخ: گزینه (۳)

**ترجمه صورت سوال:** تنفس یاخته‌ای از روش تخمیر است.

تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود (غیاب) اکسیژن است که در انواعی از جانداران و فقط در درون ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم (نه میتوکندری) رخ می‌دهد.

**منظور طراح از نوعی یاخته که فقط دارای توانایی تولید  $ATP$  در سطح پیش‌ماده است؟** هر یاخته یا جاندار که فقط توانایی تخمیر دارد، مثل باکتری‌های بی‌هوازی - گویچه قرمز و ...

در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه، اکسایش پیرووات، بنیان استیل، کوآنزیم A، کربس،  $FADH_2$  و زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیرند.

**نکته:** تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند.

**نکته:** در تخمیر مقدار  $ATP$  تولید شده نسبت به تنفس هوازی اندک است.

در تخمیر الکلی: پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن  $CO_2$  به اتانال تبدیل می‌شود و اتانال با گرفتن الکترون‌های  $NADH$ ، اتانول را ایجاد می‌کند. مثال: ورم‌آمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است.

**نکته:** در تخمیر الکلی: در سیتوسل رخ می‌دهد (نه میتوکندری) - آخرین پذیرنده الکترون اتانال (دو کربنی بدون فسفات) است. - ابتدا  $CO_2$  تولید می‌شود سپس الکترون و پروتون از  $NADH$  به اتانال انتقال می‌یابد -  $NADH$  الکترون به اتانال می‌دهد یعنی  $NADH$  اکسید می‌شود و اتانال با گرفتن الکترون احیا می‌شود - اتانول نسبت به اتانال وزن مولکولی (اتم هیدروژن) بیشتری دارد.



**تذکر:** در تخمیر الکلی: پیرووات و اتانول و اکسیژن آخرین پذیرنده الکترون نیستند.

در تخمیر لاکتیکی: اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون‌های NADH به لاکتات تبدیل می‌شود. مثال: ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. **انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها (مثلاً ترش شدن شیر) سبب فساد غذا می‌شوند، تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نیز نقش دارد.**

**تکته:** در تخمیر لاکتیکی: در سیتوسل رخ می‌دهد (نه میتوکندری) - آخرین پذیرنده الکترون NADH، پیرووات (ترکیب سه کربنی بدون فسفات) است - NADH اکسید شده و  $NAD^+$  ساخته می‌شود - پیرووات الکترون گرفته و احیا می‌شود. - در یاخته ماهیچه‌ای (که میتوکندری دارد) می‌تواند رخ دهد.

**تذکر:** در تخمیر لاکتیکی: اتانال، اتانول، اکسیژن نقش نداشته و آخرین پذیرنده الکترون نیستند - همراه با تولید  $CO_2$  و مصرف  $O_2$  نیست.

**تکته:** پیرووات و لاکتات ترکیب سه کربنی بدون فسفات هستند.

**تذکر:** در تخمیر لاکتیکی لاکتات آخرین پذیرنده الکترون نیست.

**توجه:** ابرتست تستی است که درون خود مطالب گسترده‌ای جای داده است و معیار سنجش نیست!

لطفاً زمان‌دار نزنید فقط به روشی که بهتون آموزش خواهم داد بزنید.

برای دیدن آموزش چگونگی استفاده از ابرتست به پیج اینستاگرام استاد شاکری سر بزنید @mohamad.shakeri.official

حتماً پروژه وبینار ۴ ثانیه را ببین کنکور رو متحول می‌کند: [www.limootoorsh.com](http://www.limootoorsh.com)

**نگاه طراح:** هر نوع تنفس یاخته‌ای که در یاخته یوکاریوتی می‌تواند درون سیتوسل رخ دهد؟ (پاسخ: گلیکولیز + تخمیر الکلی + تخمیر لاکتیکی)

**نگاه طراح:** هر نوع تنفس سلولی که همراه با تولید  $CO_2$  است؟ (پاسخ: تنفس هوازی + تخمیر الکلی)

**نگاه طراح:** هر نوع تنفس سلولی که همراه با تولید و مصرف پیرووات است؟ (پاسخ: تنفس هوازی + تخمیر الکلی + تخمیر لاکتیکی + ...)

**نگاه طراح:** هر نوع تنفس یاخته‌ای که همراه با بازسازی  $NAD^+$  (یا تولید NADH) است؟ (پاسخ: تنفس هوازی + تخمیر الکلی + تخمیر لاکتیکی + ...)

**نگاه طراح:** هر تنفس سلولی که همراه با تولید مولکول دو کربنی بدون فسفات است؟ (پاسخ: تنفس هوازی (تولید بنیان استیل دو کربنی) + تخمیر الکلی (تولید اتانال و اتانول دو کربنی))

**تکته مهم:** در همه انواع تخمیر مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آن‌ها  $NAD^+$  به وجود می‌آید.

گزینه (۱): در تخمیر الکلی، به دنبال آزاد شدن  $CO_2$ ، یک مولکول NADH مصرف می‌گردد، اما زنجیره انتقال الکترون در تنفس هوازی وجود دارد نه تخمیر.

**تکته خیلی مهم:** در قندکافت تشکیل پیرووات از اسید دو فسفات همراه با ایجاد NADH از  $NAD^+$  است، برای تداوم قندکافت، بازسازی  $NAD^+$

ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود.

**یادآوری:** در تنفس هوازی و در حضور اکسیژن، انرژی ذخیره شده در مولکول NADH آزاد و صرف تولید ATP بیشتری می‌شود. اما در تخمیر انرژی الکترون‌های آن مستقیماً صرف تولید ATP نمی‌شود.

گزینه (۲): در تخمیر لاکتیکی، پیرووات به طور مستقیم توسط مولکولی پارانرژی (NADH) احیا می‌شود. یادتون باشه در تخمیر الکلی (نههه

لاکتیکی) انتقال الکترون‌های یک مولکول NADH، به ترکیب دو کربنی (اتانال) صورت می‌گیرد. اتصال استیل کوآنزیم A به ترکیب چهار کربنی ویژه تنفس هوازی است، نه تخمیر.

گزینه (۳): در تخمیر الکلی، ترکیبات مختلف دو کربنی اتانال و اتانول ایجاد می‌شوند، در انواع تخمیر الکترون‌های NADH به پیرووات حاصل از گلیکولیز (تخمیر لاکتیکی) یا یک پذیرنده آلی دیگر (تخمیر الکلی و ...) منتقل می‌گردد.

گزینه (۴): در هر نوع تخمیری (چه الکلی چه لاکتیکی) یک ترکیب آلی با پذیرفتن الکترون‌های NADH، احیاء می‌گردد، فقط در تخمیر الکلی است که در مرحله بعد از آزاد شدن دی‌اکسیدکربن،  $NAD^+$  تولید می‌گردد. در ضمن در تخمیر و تنفس بی‌هوازی FAD نقش ندارد.

**تذکر:** هیچگاه در تخمیر الکلی تولید  $CO_2$  و بازسازی  $NAD^+$  (واکنش اکسایش و احیا) در یک مرحله رخ نمی‌دهد. در تخمیر الکلی اول تولید  $CO_2$  و بعد بازسازی  $NAD^+$  رخ می‌دهد.

**پس بچه‌ها یادتون باشه اگر طراح بگه:** الکترون‌های NADH به پیرووات حاصل از گلیکولیز یا یک پذیرنده آلی دیگر منتقل می‌گردد یا یک ترکیب آلی با پذیرفتن الکترون‌های NADH، احیاء می‌گردد یا مولکول‌های  $NAD^+$  جهت تداوم تولید ATP و مصرف گلوکز در حضور ماده آلی بازسازی می‌شود، منظور همه انواع تخمیر است.

**تکته:** هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.



**ترکیب:** تجمع لاکتیک اسید سبب تحریک گیرنده‌های درد می‌شود.

**نگاه طرح:** مرحله‌ای از تنفس یاخته‌ای که بین تنفس هوازی و بی‌هوازی مشترک است .... (پاسخ: گلیکولیز = تجزیه ناقص گلوکز در سیتوسل = بخش بی‌هوازی تنفس یاخته‌ای = مرحله اول تنفس یاخته‌ای)

**نکته بسیار مهم:** تا زمانی که بازسازی  $NAD^+$  رخ می‌دهد، فرایند گلیکولیز انجام می‌شود. پس مصرف گلوکز و تولید پیرووات و ATP ادامه می‌یابد. در تنفس هوازی و بی‌هوازی می‌تواند بازسازی  $NAD^+$  رخ دهد.

۹- چند مورد، متن زیر را مناسب کامل می‌کند؟

« هر یاخته موجود در خون که از تقسیم یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شود، در شرایطی که بتواند با مصرف یک مولکول گلوکز طی تنفس یاخته‌ای ..... بسازد، توانایی تولید ..... را ندارد. »

الف - لاکتات و  $NADH$  -  $ADP$       ب - یک مولکول پیرووات -  $FADH_2$

ج - پیرووات و  $FAD$  - دی‌اکسیدکربن      د - استیل کوآنزیم A و قندفسفات - لاکتات

ه -  $ATP$  و اسید دوفسفاته - هموگلوبین      و -  $NAD^+$  و بنیان استیل - یون اکسید

ز - فروکتوز فسفات و آب - کوآنزیم A

۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۹- پاسخ: گزینه (۲)

منظور بخش اول صورت سوال از هر یاخته موجود در خون که از تقسیم یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شود، شامل گویچه‌های قرمز، گویچه‌های سفید و مگاکاریوسیت است.

**نکته:** همه یاخته‌های حاصل دارای تنفس یاخته‌ای هستند و می‌توانند مرحله قندکافت را انجام دهند یعنی همگی دارای توانایی تولید و مصرف گلوکز، فروکتوز فسفات، قندفسفات، اسید دوفسفاته، پیرووات و  $NADH$  و  $ATP$  هستند.

الف - **نادرست:** منظور دارای تخمیر لاکتیکی است، فقط گویچه‌های قرمز بالغ دارای تخمیر لاکتیکی هستند، گویچه‌های قرمز همه یاخته‌های زنده و فعال بدن، توانایی تولید و مصرف  $ADP$  را دارند.

اگر طرح بگوید: هر یافته‌ی  $NADH$  را در محل‌های متفاوت ایبار می‌کنند؟ گویچه‌های سفید

اگر طرح بگوید: هر یافته‌ی  $NADH$  را در محل‌های متفاوت ایبار می‌کنند؟ گویچه‌های سفید

اگر طرح بگوید: هر یافته‌ی  $NADH$  درون ماده‌ی زمینه‌ی سیتوپلاسم تولید و مصرف کنند؟ گویچه‌های قرمز

اگر طرح بگوید: هر یافته‌ی  $NADH$  می‌تواند مولکول  $ATP$  را با کمک انرژی حاصل از زنجیره انتقال الکترون‌ها بسازد؟ گویچه‌های سفید

ب - **نادرست:** در طی هر گلیکولیز به ازای مصرف یک مولکول گلوکز دو عدد پیرووات ساخته می‌شود نه یک عدد. پس چنین سلولی وجود ندارد.

ج - **نادرست: ترمه:** دارای تنفس هوازی است، گویچه‌های سفید و مگاکاریوسیت دارای تنفس هوازی هستند، هر یاخته‌ای که دارای تنفس هوازی باشد، دی‌اکسیدکربن نیز تولید می‌کند.

د - **درست:** منظور دارای تنفس هوازی است، گویچه‌های سفید و مگاکاریوسیت که تنفس هوازی انجام می‌دهند، لاکتات تولید نمی‌کنند. لاکتات در تخمیر لاکتیکی ایجاد می‌شود.

ه - **درست:** منظور دارای تنفس هوازی یا بی‌هوازی است، هیچکدام از یاخته‌های موجود در خون هموگلوبین تولید نمی‌کنند. در مغز قرمز استخوان هموگلوبین تولید می‌شود.

و - **نادرست:** منظور دارای تنفس هوازی است، هر یاخته‌ای که تنفس هوازی دارد، یون اکسید نیز تولید می‌کند.

ز - **نادرست:** منظور دارای تنفس هوازی یا بی‌هوازی است، هر یاخته‌ای که تنفس هوازی دارد، کوآنزیم A نیز تولید می‌کند.

**نکته مهم:** در گلیکولیز، فسفات به  $ADP$  افزوده شده و مولکول آب آزاد می‌شود.

**توجه:** ابر تست تستی است که درون خود مطالب گسترده‌ای جای داده است و معیار سنجش نیست!

لطفاً زمان‌دار نزنید فقط به روشی که بهتون آموزش خواهم داد بزنید.

برای دیدن آموزش چگونگی استفاده از ابر تست به پیج اینستاگرام استاد شاکری سر بزنید: @mohamad.shakeri.official

حتماً پروژه وینار ۴ ثانیه را بین کنکور رو متحول می‌کند: [www.limootoorsh.com](http://www.limootoorsh.com)



۱۰- چند مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

« در یک فرد سالم، هنگام فعالیت عضله دیافراگم، به دنبال افزایش ..... در یاخته، از ..... کاسته می شود. »

• مصرف پیرووات و تولید لاکتات - فعالیت آنزیم ATP ساز در غشای داخلی میتوکندری

• فعالیت آنزیم های درگیر در قندکافت و چرخه کربس - مقدار یون هیدروژن تولیدی

• مصرف اکسیژن و گلوکز - فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک گویچه های قرمز خون

• اکسایش استیل کوآنزیم A - تولید مولکول های آب در فضای درونی میتوکندری

• مولکول های حامل الکترون ( $NADH$  و  $FADH_2$ ) - تولید لاکتیک اسید

• تولید دی اکسید کربن و میزان ATP - تولید اسید کربنیک خون

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۰- پاسخ: گزینه (۲)

برای پاسخ به این تست، ما باید بر روی مواد تولید شده و مصرف شده در طی تنفس یاخته ای (چه هوازی چه بی هوازی) مسلط باشیم.

مورد اول - درست: منظور افزایش تخمیر لاکتیکی است، در صورت افزایش تخمیر لاکتیکی در ماهیچه، فعالیت آنزیم ATP ساز در غشای داخلی میتوکندری کاهش می یابد.

مورد دوم - نادرست: منظور افزایش تنفس هوازی است، در پی افزایش تنفس هوازی، دی اکسید کربن تولیدی افزایش یافته و وارد خون می شود، که پس از ترکیب با آب توسط آنزیم انیدراز کربنیک در یاخته های گویچه قرمز و تبدیل به کربنیک اسید، تجزیه شده و به یون هیدروژن و بی کربنات تبدیل می شود، بی کربنات وارد خون می شود و یون هیدروژن به هموگلوبین متصل می شود. پس مقدار یون هیدروژن تولیدی توسط گلبول قرمز زیاد می شود. در این حالت فعالیت گلبول قرمز در حمل گازهای تنفسی و فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک افزایش می یابد.

مورد سوم - نادرست: منظور افزایش تنفس هوازی است، در بالا گفتیم در پی افزایش تنفس هوازی، فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک گویچه های قرمز خون افزایش می یابد.

مورد چهارم - نادرست: منظور افزایش تنفس هوازی است، در پی افزایش تنفس هوازی، تولید مولکول های آب در فضای درونی میتوکندری نیز افزایش می یابد.

مورد پنجم - درست: منظور افزایش تنفس هوازی است، در پی افزایش تنفس هوازی تخمیر لاکتیکی کم شده و از تولید لاکتیک اسید کاسته می شود.

مورد ششم - نادرست: منظور افزایش تنفس هوازی است، در بالا گفتیم در پی افزایش تنفس هوازی، تولید اسید کربنیک خون افزایش می یابد.

۱۱- چند مورد، متن زیر را به درستی تکمیل می کند؟

« نوعی ترکیب که در انتهای قندکافت (گلیکولیز) همزمان با تولید ATP در سطح پیش ماده ایجاد می شود، در شرایطی که ..... به طور حتم، ..... »

الف - با از دست دادن  $CO_2$  به ترکیبی دو کربنی تبدیل شود - منجر به تولید  $NAD^+$  در ماده زمینه میان یاخته (سیتوسل) می گردد.

ب - با گرفتن الکترون های  $NADH$  به لاکتات تبدیل می شود - تولید مولکول های پرانرژی سه فسفاته در غیاب اکسیژن صورت می گیرد.

ج - با گرفتن الکترون های  $NADH$ ، اتانول ایجاد می کند - در آینده نوعی مولکول ایجاد می شود که در تشکیل  $NAD^+$  نقش دارد.

د - با از دست دادن الکترون به ترکیبی دیگر تبدیل می شود - قطعا در راکیزه (میتوکندری) یک کربن دی اکسید ایجاد می گردد.

ه - در چرخه ای از واکنش های آنزیمی اکسایش می یابد - در آینده طی شرایطی ابتدا به کوانزیم A متصل می گردد.

و - از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می شود -  $NAD^+$  با پیوستن به الکترون و پروتون، تبدیل به حامل الکترونی می گردد.

ز - با تغییر ساختار آن انرژی لازم برای افزودن گروه فسفات به ADP فراهم می شود - آخرین پذیرنده الکترون آلی می باشد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۱- پاسخ: گزینه (۲)

منظور صورت سوال از نوعی ترکیب، پیرووات (بنیان پیروویک اسید) است.

پیرووات پس از تولید در انتهای قندکافت دو مسیر پیش رو دارد:

(۱) در صورت حضور اکسیژن ← ورود به میتوکندری در یوکاریوت ها (اکسایش آن، تولید  $NADH$  و دی اکسید کربن و بنیان استیل) - انجام بخش هوازی تنفس در سیتوسل باکتری هوازی

(۲) در کمبود یا غیاب اکسیژن ← مصرف در سیتوپلاسم طی واکنش های تخمیری (مصرف  $NADH$ ، بازسازی  $NAD^+$  بدون تولید ATP)



**نکته:** در انسان ماهیچه اسکلتی و گلبول قرمز بالغ توانایی تخمیر دارند. اما در سایرین (غضروف، پوششی، عصبی و ...) تخمیر رخ نمی‌دهد. (در سطح کتاب درسی)

**الف - نادرست:** **ترجمه قسمت اول:** اکسایش پیرووات در میتوکندری (تولید بنیان استیل) و تخمیر الکلی (تولید اتانال) - فقط در فرآیندهای تخمیر پیرووات منجر به تولید  $NAD^+$  در ماده زمینه میان‌یاخته (سیتوپلاسم) می‌گردد.

**نکته:** در طی اکسایش پیرووات در درون میتوکندری، پیرووات منجر به مصرف  $NAD^+$  و تولید  $NADH$  می‌گردد.

**ب - درست:** **ترجمه قسمت اول:** تخمیر لاکتیکی - در تخمیر لاکتیکی تولید مولکول‌های پرانرژی سه‌فسفاته (ATP) در غیاب اکسیژن صورت می‌گیرد.

**ج - نادرست:** **ترجمه بخش اول:** چنین چیزی نداریم!!! - در تخمیر الکلی: جداسدن یک مولکول دی‌اکسید کربن از پیرووات و تولید اتانال - الکترون و پروتون‌های  $NADH$  به اتانال رسیده و سپس اتانال به اتانول تبدیل می‌گردد. ( $NAD^+$  بازسازی می‌شود)

**نکته:** اگر الکترون و پروتون‌های  $NAD^+$  به پیرووات انتقال یابد تخمیر لاکتیکی رخ داده و لاکتیک‌اسید تولید می‌شود. (نه‌هه اتانال)

**د - نادرست:** **ترجمه بخش اول:** تنفس هوازی و اکسایش پیرووات - طی اکسایش هر مولکول پیرووات، در راکیزه (میتوکندری) یک کربن دی‌اکسید ایجاد می‌گردد.

**نکته:** اگر جاندار هوازی باکتری باشد دیگر میتوکندری ندارد و اکسایش پیرووات و کربس (تولید  $CO_2$ ) درون سیتوسل انجام می‌شود و زنجیره انتقال الکترون، پمپ الکترونی و مجموعه پروتئینی ATP‌ساز در غشای پلاسمایی جاندار قرار دارد.

**ه - نادرست:** در یوکاریوت‌ها اکسایش پیرووات توسط آنزیم‌هایی در فضای درونی میتوکندری صورت می‌گیرد ولی دقت کنید،

**نکته:** استیل‌کوآنزیم A در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی (چرخه کربس) اکسایش می‌یابد. (نه‌هه پیرووات) - بخش اول نادرست است.

**نکته:** پیرووات مستقیماً به کوآنزیم A متصل نمی‌شود. (بخش دوم هم کلاً نادرست است.)

**و - درست:** منظور اکسایش پیرووات است - در طی اکسایش پیرووات از  $NAD^+$  به اضافه الکترون و پروتون، حامل الکترونی ( $NADH$ ) تشکیل می‌گردد.

**ز - نادرست:** منظور اکسایش پیرووات است - در تنفس هوازی آخرین پذیرنده الکترون مولکول اکسیژن (ماده معدنی) است.

۱۲- نوعی اندامک در باخته‌های یوکاریوتی واجد غشای بیرونی صاف و غشای درونی چین‌خورده به سمت داخل است. در نتیجه، فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌گردد، درون این اندامک در محل اکسایش مولکول بنیان پیروویک اسید، تولید ATP به انواعی از روش‌ها صورت می‌گیرد، با توجه به مطالب عنوان شده، چند مورد زیر درباره این اندامک **نادرست** است؟

- همانندسازی چند دئای حلقوی در مجاورت ساخته‌شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای صورت می‌گیرد.
- در محل تولید آب به دنبال تشکیل یون اکسید، مولکول‌های  $NADH$  و  $FADH_2$  برای تولید آدنوزین تری‌فسفات مصرف می‌شوند.
- هر ناقل الکترونی در زنجیره انتقال الکترون غشای داخلی آن، الکترون‌های پرانرژی خود را مستقیماً به نوعی پمپ غشایی انتقال می‌دهد.
- هر پروتئین غشایی در زنجیره انتقال الکترون آن که مستقیماً سبب احیاء گیرنده نهایی الکترون می‌شود، بر میزان  $H^+$  فضای بین دو غشا می‌افزاید.
- به دنبال مسدود شدن بخش کانالی مجموعه پروتئینی ATP‌ساز در غشای داخلی آن، ابتدا پیوستن فسفات به ADP متوقف می‌شود.
- به دنبال افزایش تراکم  $H^+$  در فضای بین دو غشای آن، پروتئین ATP‌ساز در زنجیره انتقال الکترون، پروتون‌ها را به بخش داخلی برمی‌گرداند.
- طی چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، دو مولکول  $CO_2$  آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۲- پاسخ: گزینه (۲)

ترجمه صورت سوال اندامک میتوکندری می‌باشد.

**مورد اول - درست:** اگر به شکل کتاب درسی خوب توجه کنید (طراح علاقه زیادی به شکل‌های کتاب دارد) می‌بینید که در فضای درونی (نه فضای بین دو غشا) چند مولکول دئای حلقوی قابل مشاهده هستند، همانندسازی چند دئای حلقوی در فضای درونی میتوکندری در مجاورت ساخته‌شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای (محل فعالیت ریبوزوم‌ها)، صورت می‌گیرد.

**نکته:** این موارد در فضای داخلی میتوکندری رخ می‌دهند: همانندسازی دناهای حلقوی (فعالیت هلیکاز، DNA پلیمرز و ...) + رونویسی از دناهای حلقوی (تولید انواعی از RNA) + ترجمه mRNA توسط ریبوزوم + اکسایش پیرووات + چرخه کربس + تولید و مصرف استیل کوآنزیم A + تولید و مصرف  $NADH$  + تولید و مصرف  $FADH_2$  + تولید و مصرف مولکول آغازگر چرخه کربس + تولید ATP + تولید آب + مصرف اکسیژن و ...

**مورد دوم - درست:** همگی درون فضای داخلی (نه بین دو غشا) میتوکندری رخ می‌دهد.



**مورد سوم - نادرست:** به شکل زنجیره انتقال الکترون نگاه کنید، مولکول ناقل الکترونی NADH، الکترون‌های خود را مستقیماً به پمپ غشایی اول منتقل می‌کند در حالی که  $FADH_2$ ، الکترون‌های خود را مستقیماً به پروتئینی در فضای بین دو لایه غشا (نوعی پروتئین غیرسراسری - فقط در تماس با بخش آبگریز غشا) منتقل می‌کند.

**نکته:** پمپ موجود در غشای داخلی میتوکندری که از انرژی الکترون برای فعالیت خود استفاده می‌کند نوعی پروتئین سراسری بوده که در تماس با فضای بین دو غشا و فضای درونی + مصرف انرژی الکترون برای پمپ یون‌های هیدروژن (در خلاف شیب) + افزایش‌دهنده غلظت یون هیدروژن فضای بین دو غشا می‌باشد.

**توجه:** الکترون‌های پراثری NADH نسبت به  $FADH_2$  از پمپ‌های غشایی بیشتری در زنجیره انتقال الکترون عبور می‌کنند. بنابراین سطح انرژی الکترون‌های NADH بیشتر از  $FADH_2$  است.

**مورد چهارم - درست:** پروتئین غشایی در زنجیره انتقال الکترون آن که مستقیماً سبب احیاء گیرنده نهایی الکترون می‌شود (آخرین پمپ)، نوعی پمپ غشایی است که بر میزان  $H^+$  فضای بین دو غشا می‌افزاید. (کاهش دهنده pH فضای بین دو غشا)

**مورد پنجم - درست:** به دنبال مسدود شدن بخش کانالی مجموعه پروتئینی ATP ساز در غشای داخلی آن، ابتدا پیوستن فسفات به ADP متوقف می‌شود. اگر طراح بگوید: به دنبال مسدود شدن بخش کانالی مجموعه پروتئینی ATP ساز در غشای داخلی آن، ابتدا فعالیت پمپ‌های غشایی متوقف می‌شود؟ غلطه، بالاتر گفتیم. اگر طراح بگوید: به دنبال مسدود شدن بخش کانالی مجموعه پروتئینی ATP ساز در غشای داخلی آن، ابتدا زنجیره انتقال الکترون متوقف می‌شود؟ غلطه، بالاتر گفتیم. اگر طراح بگوید: به دنبال مسدود شدن بخش کانالی مجموعه پروتئینی ATP ساز در غشای داخلی آن، در آینده زنجیره انتقال الکترون متوقف می‌شود؟ درست، پس از مدتی فعالیت زنجیره انتقال الکترون و پمپ‌های غشایی متوقف می‌شود و دیگر NADH و  $FADH_2$  مصرف نمی‌شوند.

**مورد ششم - نادرست:** به دنبال افزایش تراکم یون  $H^+$  در فضای بین دو غشای آن، پروتئین ATP ساز پروتون‌ها به بخش داخلی برمی‌گرداند و از طریق این کار، انرژی لازم برای افزودن فسفات به مولکول ADP را کسب می‌کند.

**تذکر خیلییی مهم:** پروتئین ATP ساز جزو زنجیره انتقال الکترون نیست!!!!

**مورد هفتم - درست:** طی چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی (کربس)، دو اتم کربن به صورت  $CO_2$  آزاد شده و در نهایت مولکول آغازگر چرخه (ترکیب چهار کربنی بدون فسفات) برای پیوستن به استیل کوانزیم A دیگری بازسازی می‌شود.

**نگاه طراح، هر عامل افزایش دهنده تراکم پروتون در فضای بین دو غشای میتوکندری؟** (پاسخ: پمپ موجود در غشای داخلی)

**نگاه طراح، هر عامل کاهش دهنده تراکم پروتون در فضای بین دو غشای میتوکندری؟** (پاسخ: مجموعه پروتئینی ATP ساز)

**نگاه طراح، هر عامل افزایش دهنده تراکم پروتون در فضای داخلی میتوکندری؟** (پاسخ: مجموعه پروتئینی ATP ساز + اکسید شدن NADH + اکسید شدن

$FADH_2 + \dots$ )