@DaneshSad

امیررضا گراوند – نوید درویش پور

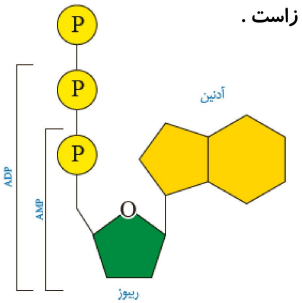
* نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته ای است ؛ در این فرایند ATP مورد نیاز بدن تولید می شود

* تجزیه هوازی گلوکز در تنفس یاخته ای : $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P(\text{فسفات}) \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$

* تنفس یاخته ای می تواند به صورت هوازی (نیازمند اکسیژن) باشد یا بی هوازی (بدون نیاز به اکسیژن؛ که تخمیر نام دارد)

* همه ی جانداران به انرژی نیاز دارند . همچنین جانداران برای حفظ هر یک از ویژگی های خود به ATP نیازمند هستند

* شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته ها ، ATP است که همان ریبونوکلئوتید A می باشد (شامل یک قند ریبوز ، یک باز آلی آدنین و سه گروه فسفات) . افزوده شدن فسفات به آدنوزین (قند ریبوز و باز آلی آدنین) ، در سه مرحله روی می دهد که در هر مرحله یک گروه فسفات اضافه می شود . تشکیل ATP ، انرژی خواه بوده و مصرف ATP ، واکنشی انرژی زاست .



نکته : بین گروه های فسفات و باز الی آدنین ، هیچ پیوندی وجود ندارد

رمز کنید قند ریبوز به حلقه پنج ضلعی آدنین متصله ؛ نه حلقه شش ضلعی!

نکته : تفاوت ATP ، ADP و AMP ، در تعداد گروه های فسفات و همچنین در تعداد پیوندهای پر انرژی می باشد !

* برای مصرف ATP و تولید انرژی ، باید آب نیز مصرف شود

روش های ساخته شدن ATP :

– ساخته شدن در سطح پیش ماده : در این روش فسفات مورد نیاز ، از یک ترکیب فسفات دار برداشته می شود (مثل برداشتن فسفات از مولکول های کرآتین فسفات در ماهیچه ها و تبدیل ADP به ATP)

– ساخته شدن اکسایشی : در این روش ، ATP از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها (توسط مجموعه پروتئینی که آنزیم ATPساز نام دارد و در غشای داخلی راکیزه قرار گرفته) ساخته می شود

– ساخته شدن نوری : در این روش ATP در واکنش های نوری فتوسنتز (توسط آنزیم ATP ساز که در غشای تیلاکوئید های سبزدیسه قرار دارد) تولید می شود

نکته : هرگاه نتوانیم ساخته شدن ATP را در دو گروه نوری یا اکسایشی قرار دهیم ، نتیجه می گیریم از نوع پیش ماده است

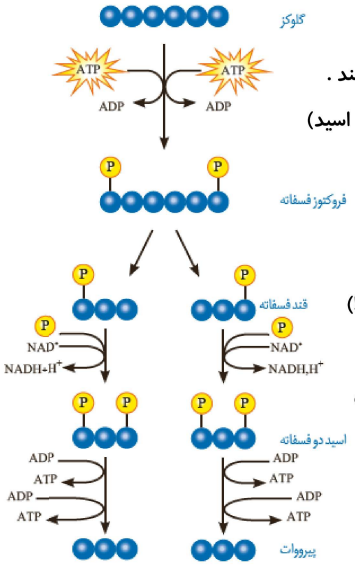
* اغلب ، واژه تنفس یاخته ای را برای تنفس یاخته ای هوازی به کار می برند

* اولین مرحله تنفس یاخته ای (چه هوازی باشد چه بی هوازی !) ، قندکافت (گلیکولیز) است که در ماده زمینه ای سیتوپلاسم انجام می شود . تجزیه گلوکز در قندکافت به صورت مرحله ای (نه یک باره !) انجام می شود .

* انرژی فعالسازی قندکافت ، از ATP تامین می شود (پس ATP حتی برای تولید خودش نیز مورد نیاز است !!)

نکته : در مرحله اول قندکافت از فسفات ATP استفاده می شود اما در مرحله سوم آن از فسفات های آزاد استفاده می شود

* خلاصه فرایند قندکافت در شکل صفحه بعد نشان داده شده . از گلوکز و ATP ، قند فروکتوز با دو گروه فسفات تولید می شود (پس این فروکتوز پر انرژی تر از گلوکز است !) از تجزیه فروکتوز فسفاته، قندهای سه کربنی تک فسفاته ایجاد می شود .



* قند های سه کربنی با گرفتن فسفات، به اسید سه کربنیِ دو فسفاته تبدیل می شوند و همزمان $NADH + H^+$ تولید می کنند . این اسید های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیرورویک اسید) تبدیل می شوند و ضمن این تبدیل ، ATP تولید می شود.

* NADH یک حامل الکترون است و دارای دو نوکلئوتید می باشد . این حامل ، از NAD^+ و یک پروتون و یک الکترون تشکیل شده . (رمز کنید که NAD^+ ، حامل الکترون نیست !)

* NAD^+ و NADH ، با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون ، به یکدیگر تبدیل می شوند . NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش یافته (احیا) و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می یابد.

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

* ساخته شدن ATP در قندکافت ، ساخته شدن در سطح پیش ماده است

نکته : در مرحله آخر قندکافت به ازای هر پیرووات ، 2 مولکول ATP تولید می شود اما دقت کنید طبق شکل مشخص است که هردو ATP باهم تولید نمی شوند ! بلکه به صورت مجزا و طبق واکنش های مجزایی تشکیل می شوند

نکته : در کل فرایند قندکافت به ازای هر مولکول گلوکز : ۲ مولکول NADH ، ۲ یون H^+ و ۴ مولکول ATP تولید می شود اما چون در مرحله نخست ۲ مولکول ATP مصرف شده است ، تولید ATP خالص در این فرایند ۲ مولکول می باشد

* در صورتی که تنفس یاخته ای از نوع هوازی باشد ، مرحله بعدی آن نیازمند اکسیژن بوده و در یوکاریوت ها ، در راکیزه انجام می گیرد .

ویژگی های راکیزه :

– دارای غشای درونی (چین خورده) و غشای بیرونی می باشد . این غشاها فضای راکیزه را به فضای داخلی و فضای خارجی (بین دو غشا) تقسیم می کنند . واکنش های تنفس یاخته ای که منجر به تولید ATP می شوند ، در غشای داخلی راکیزه انجام می گیرند . چین خوردگی این غشا باعث افزایش سطح آن و در نتیجه افزایش کارایی تولید ATP شده است

@DaneshSad

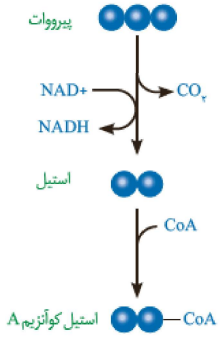
امیررضا گراوند – نوید درویش پور

– راکیزه دنای مخصوص به خود (دنای حلقوی) دارد . برای انجام مرحله هوازی تنفس یاخته ای در راکیزه ، به پروتئین هایی نیاز است .

ژن مورد نیاز بعضی از این پروتئین ها ، در دنای راکیزه قرار دارد و ژن مورد نیاز بعضی دیگر ، در دنای هسته موجود است .

پس برای انجام این مرحله ، هم دنای خطی و هم دنای حلقوی باید رونویسی شوند

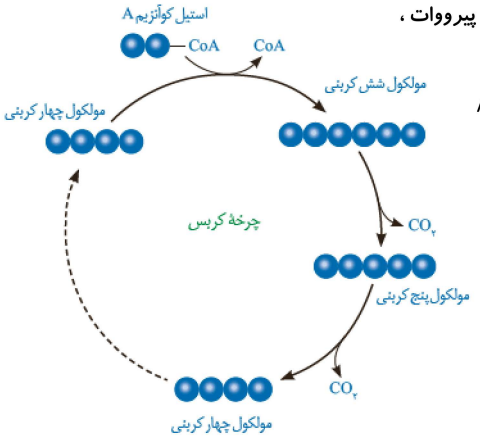
* در صورت وجود اکسیژن ، پیرووات با انتقال فعال (یعنی با صرف انرژی که میتونه مصرف ATP باشه!) وارد راکیزه می شود و در آنجا اکسایش می یابد . پیرووات در راکیزه یک کربن دی اکسید از دست می دهد و به بنیان استیل تبدیل می شود . در این واکنش ، NADH نیز به وجود می آید . استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A ، استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد . اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای از واکنش های آنزیمی ، به نام چرخه کربس ، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد



دقت کنید تولید NADH قبل از اتصال کوآنزیم A به بنیان استیل رخ میده (و بعد از تولید CO2 !!)

* مولکول گلوکز در تنفس هوازی ، باید تا حدی تجزیه شود که تمام کربن های آن ، به صورت مولکول های کربن دی اکسید آزاد شوند . بخشی از این تجزیه در قندکافت و اکسایش پیرووات ، و بخش دیگر در چرخه کربس انجام می شود .

* خلاصه چرخه کربس در شکل مقابل نشان داده شده. در این چرخه استیل کوآنزیم A با مولکول چهارکربنی ترکیب می شود و کوآنزیم A جداشده و مولکول شش کربنی ایجاد می شود. از اکسایش مولکول شش کربنی در واکنش های چرخه کربس ، مولکول های NADH ، $FADH_2$ و ATP در محل های متفاوتی از چرخه تشکیل می شوند



* $FADH_2$ نیز همانند NADH ، ترکیبی نوکلئوتید دار بوده و حامل الکترون است

$FADH_2$ از طریق فرایند کاهش مولکول FAD ساخته می شود

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

* انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول های حامل الکترون ($FADH_2$ و NADH) می شود (دقت کنید که FAD و NAD^+ ، حامل الکترون نیستن !)

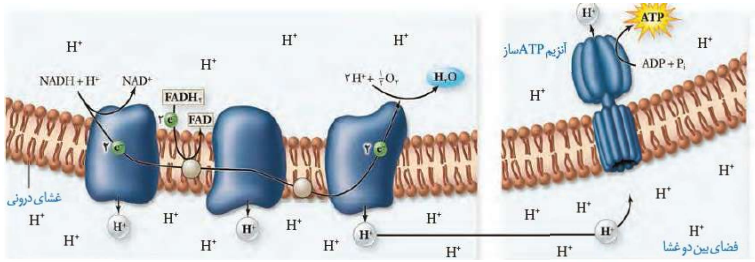
* $FADH_2$ و NADH برای تولید ATP در زنجیره انتقال الکترون راکیزه مصرف می‌شوند. در این زنجیره آب نیز تولید می‌شود.

* زنجیره انتقال الکترون از مولکول هایی تشکیل شده که در غشای درونی راکیزه (میتوکندری) قرار گرفته اند و (همگی) می توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند .

این الکترون ها در نهایت به اکسیژن مولکولی (یعنی O_2 نه اتم O !) می رسند و آن را به یون اکسید (O^{2-}) تبدیل می کنند . این یون ها با یون های H^+ ترکیب می شوند و مولکول های آب را تشکیل می دهند .

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

* مطابق شکل ، پروتون ها (H^+) از سه محل از زنجیره ، به بیرون منتقل می شوند که این انتقال با صرف انرژی است و الکترون های پر انرژی NADH و $FADH_2$ این انرژی را تامین می کنند



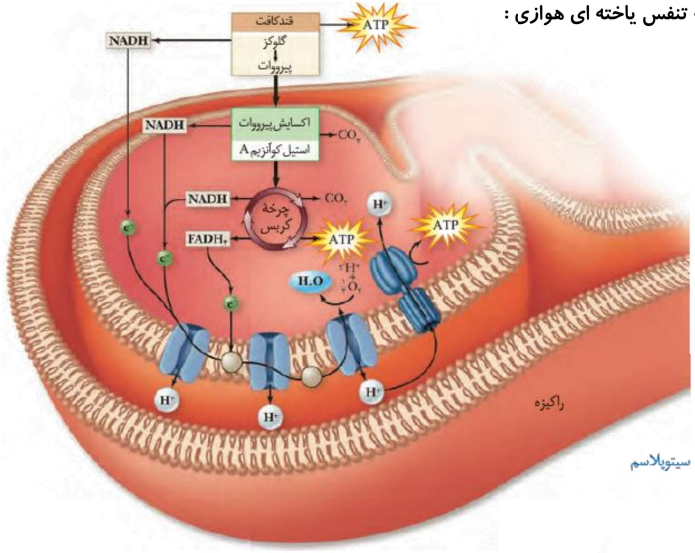
نکته : NADH در محل اولین مولکول و FADH2 در محل دومین مولکول اکسید می شوند

نکته : دومین و چهارمین مولکول زنجیره برخلاف سه مولکول دیگر سراسری نیستند. دومین مولکول که در وسط غشا قرار دارد آبگریز و چهارمین مولکول که در سطح خارجی قرار دارد آبدوست است (مولکول های سراسری هم بخش آبگریز و هم بخش آبدوست دارند)

* ورود پروتون ها به فضای بین دو غشا ، تراکم آن ها را در این فضا افزایش می دهد و سبب می شود که تمایل به بازگشت داشته باشند . این بازگشت از طریق کانالی که در آنزیم ATP ساز واقع است، انجام می گیرد . با عبور پروتون ها از این کانال ، انرژی لازم برای ساخته شدن ATP فراهم می شود .

دقت کنید آنزیم ATP ساز جزئی از زنجیره انتقال الکترون محسوب نمیشه

* خلاصه تنفس یاخته ای هوازی :

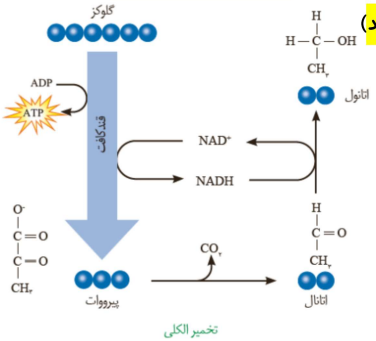


@DaneshSad

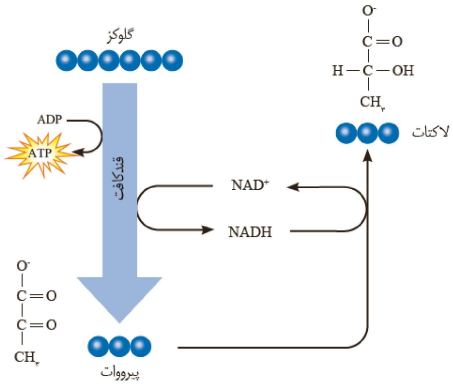
امیررضا گراوند – نوید درویش پور

* مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ مولکول ATP است
* تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر ATP زیاد باشد ، آنزیم های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می شوند تا تولید ATP کم شود . در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد ، این آنزیم ها فعال و تولید ATP افزایش می یابد . این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می شود . میزان تولید ATP در یاخته های مختلف ، متفاوت است
* در صورتی که گلوکز و ذخایر قندی به اندازه کافی نباشند ، یاخته ها به سراغ تجزیه لیپید ها و پروتئین ها می روند . تجزیه این مواد سبب مشکلات متعدد از جمله تحلیل رفتن و ضعف عضلانی ، تضعیف سیستم ایمنی و ... می شود (یادآوری : بر اثر تجزیه چربی ها ، محصولات اسیدی تولید می شود که اگر این وضعیت درمان نشود ، به اغما و مرگ منجر خواهد شد)
* تخمیر از روش های تامین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می دهد . در فرایند تخمیر ، راکیزه هیچ نقشی ندارد !
* تخمیر انواعی دارد که ۲ نوع از آن ها عبارتند از :

– تخمیر الکلی : در این فرایند ، پیرووات حاصل از قندکافت ، با از دست دادن CO_2 به اتانال تبدیل می شود . اتانال با گرفتن الکترون های NADH ، اتانول ایجاد می کند . ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است



– تخمیر لاکتیکی : فعالیت شدید ماهیچه ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد ، پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه ها نمی شود بلکه با گرفتن الکترون های NADH ، به لاکتات تبدیل می شود. لاکتات در ماهیچه ها تجمع می یابد. (یادآوری : انباشته شدن لاکتیک اسید پس از تمرینات ورزشی طولانی ، باعث گرفتگی و درد ماهیچه ای می شود . لاکتیک اسید اضافی به تدریج تجزیه می شود و اثرات درد و گرفتگی ماهیچه ای کاهش می یابد)



تخمیر لاکتیکی، علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

انواعی از باکتری ها تخمیر لاکتیکی را انجام می دهند که فعالیت بعضی از آن ها مضر (فساد غذا . مثل ترش شدن شیر) بوده و انواعی دیگر مفید است (فراورده های غذایی . مثل تولید فراورده های شیری یا خوراکی هایی مثل خیارشور)

نکته : هم برای تنفس هوازی و هم برای انواع تخمیر ها ، انجام قندکافت ضروری است !

* برای تداوم قندکافت ، وجود NAD^+ ضروری است . هم در تخمیر و هم در تنفس هوازی ، تولید NAD^+ را می توان مشاهده نمود
* تشکیل بافت پارانشیمی(نرم‌آکنه‌ای) هوادار در گیاهان آبزی و شُش‌ریشه در درخت حرّا ، نمونه هایی از سازوکارهای تامین اکسیژن در گیاهان مختلف است . به هر حال در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن ، گیاهان می توانند هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی را انجام دهند
* تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می انجامد ، بنابراین این مواد باید از یاخته ها دور شوند
* امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی ، وجود دارد . رادیکال های آزاد می توانند در واکنش با مولکول های تشکیل دهنده بافت های بدن ، به آن ها آسیب برسانند .

رادیکال های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند

* راکیزه‌ها برای مقابله با اثرسمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده(آنتی اکسیدان) وابسته‌اند. میوه ها و سبزیجات دارای پاداکسنده هایی مثل کاروتنوئیدها هستند . پاداکسنده ها مانع از اثر تخریبی رادیکال های آزاد می شوند
* اگر سرعت تشکیل رادیکال‌های‌آزاد از سرعت مبارزه با آن‌ها بیشتر باشد، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ درنتیجه یاخته هم تخریب می‌شود!
* عوامل فراوانی مثل اثر الکل یا نقص های ژنی ، مبارزه راکیزه با رادیکال های آزاد را مختل می کنند

اثر الکل : سرعت تشکیل رادیکال های آزاد را افزایش می دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آن ها می شود ! رادیکال های آزاد به DNA راکیزه حمله کرده و سبب تخریب راکیزه و مرگ یاخته های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبدی می شوند .

نقص های ژنی : در صورتی که نقص ژنی منجر به ایجاد پروتئین‌های معیوب در زنجیره انتقال الکترون شود ، راکیزه عملکرد مناسبی در مبارزه با رادیکال های آزاد نخواهد داشت

* سیانید ماده ای سمی است که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون ها به O_2 را مهار کرده و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می شود .

نکته : سیانید در اکسید شدن NADH و $FADH_2$ اختلال ایجاد نمی کند !

* مونواکسید کربن با دو روش در تنفس یاخته ای اختلال ایجاد می کند :

۱_ اختلال در انتقال اکسیژن توسط هموگلوبین و کاهش ظرفیت حمل اکسیژن در خون

۲_ توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون ها به اکسیژن

با تشکر فراوان از دکتر نوید درویش پور بابت همکاری در انجام این پروژه ♡