

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ عَلَى
رَسُولِكَ مُحَمَّدٍ وَعَلَى
أَهْلِ بَيْتِهِ الطَّيِّبِينَ الطَّاهِرِينَ
الطُّهْرَةَ الطَّاهِرَةَ
اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ
عَلَى مُحَمَّدٍ وَعَلَى
أَهْلِ بَيْتِهِ الطَّيِّبِينَ
الطَّاهِرِينَ
اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ
عَلَى مُحَمَّدٍ وَعَلَى
أَهْلِ بَيْتِهِ الطَّيِّبِينَ
الطَّاهِرِينَ



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

" رَبِّ هَبْ لِيْ حِكْمًا وَ الْحَقْنَیْ بِالصّٰلِحِیْنَ "

پروردگارا! به من علم و دانش مرحمت فرما و مرا به صالحان ملحق کن.

(سوره شعراء، آیه ۸۳)



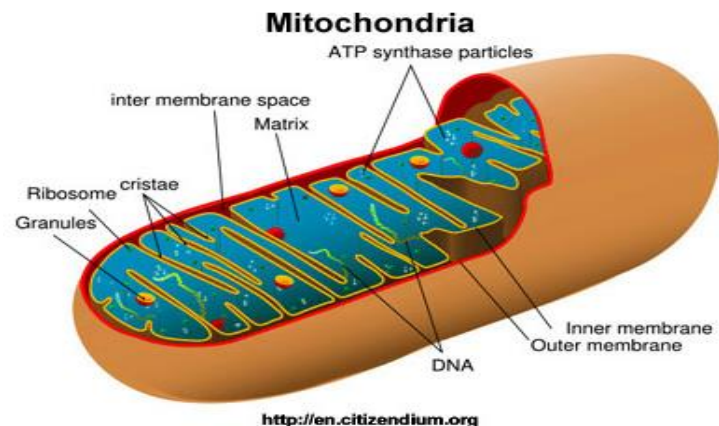
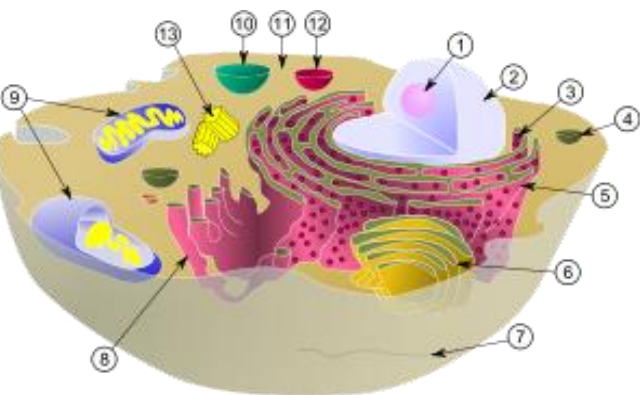
فیزیولوژی انسان

میتوکندری و ورزش

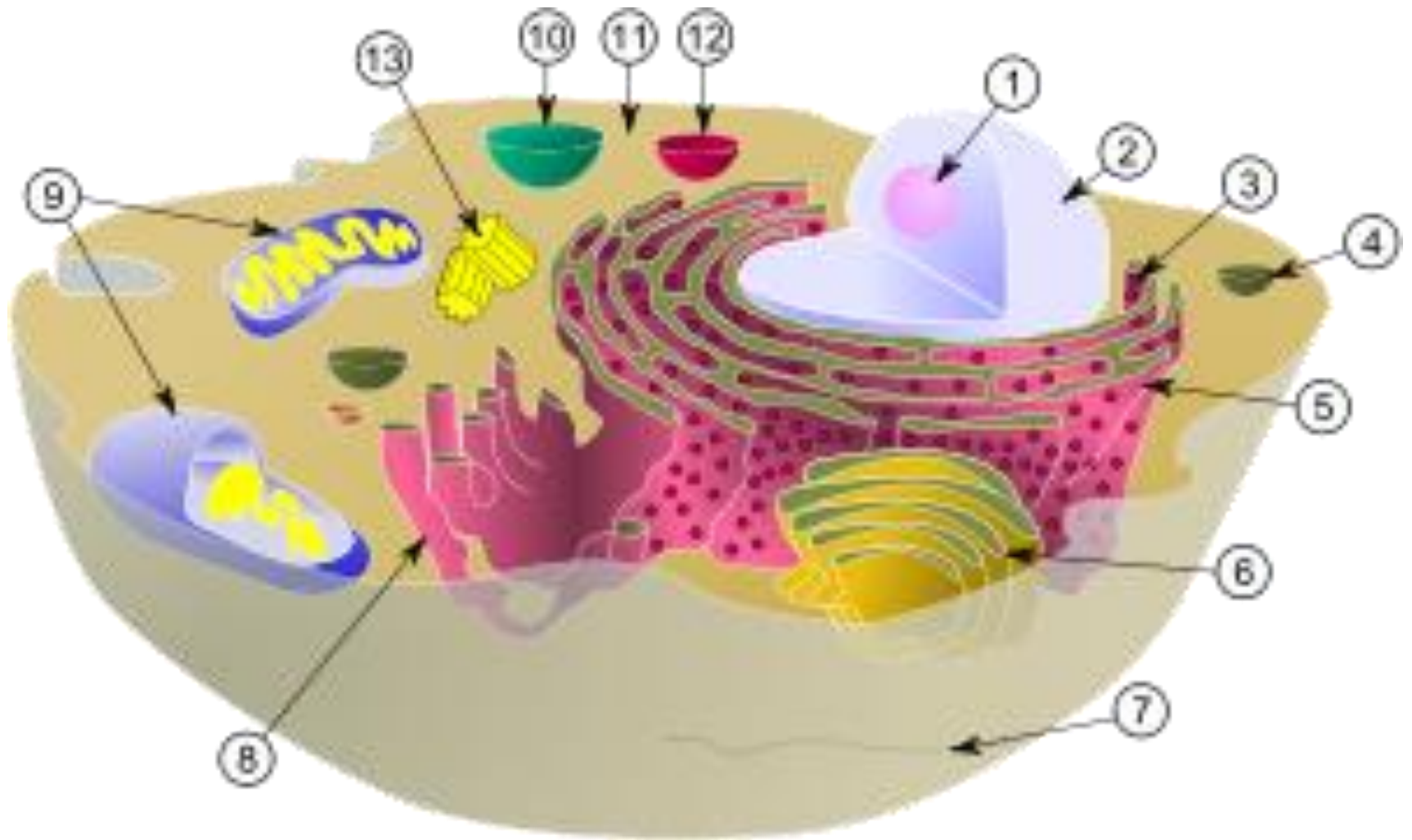
mitochondria and exercise

دکتر روح الله حق شناس

استادیار فیزیولوژی ورزش دانشگاه سمنان

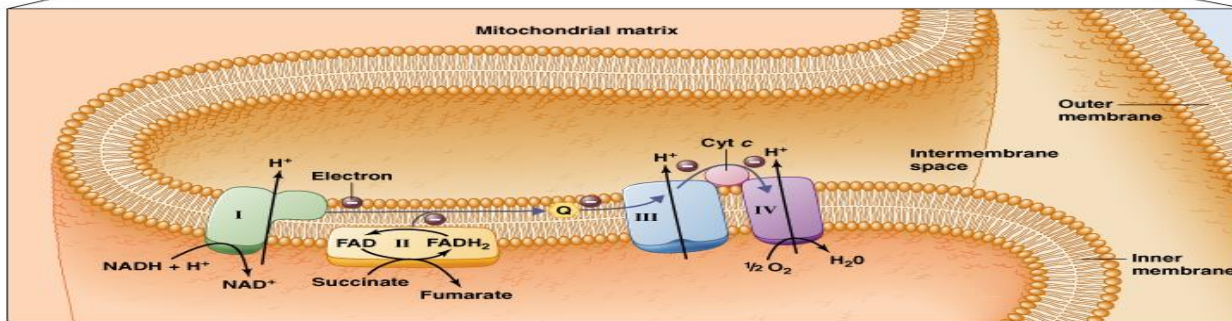
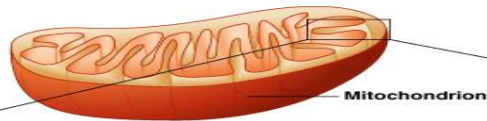


میتو کندری

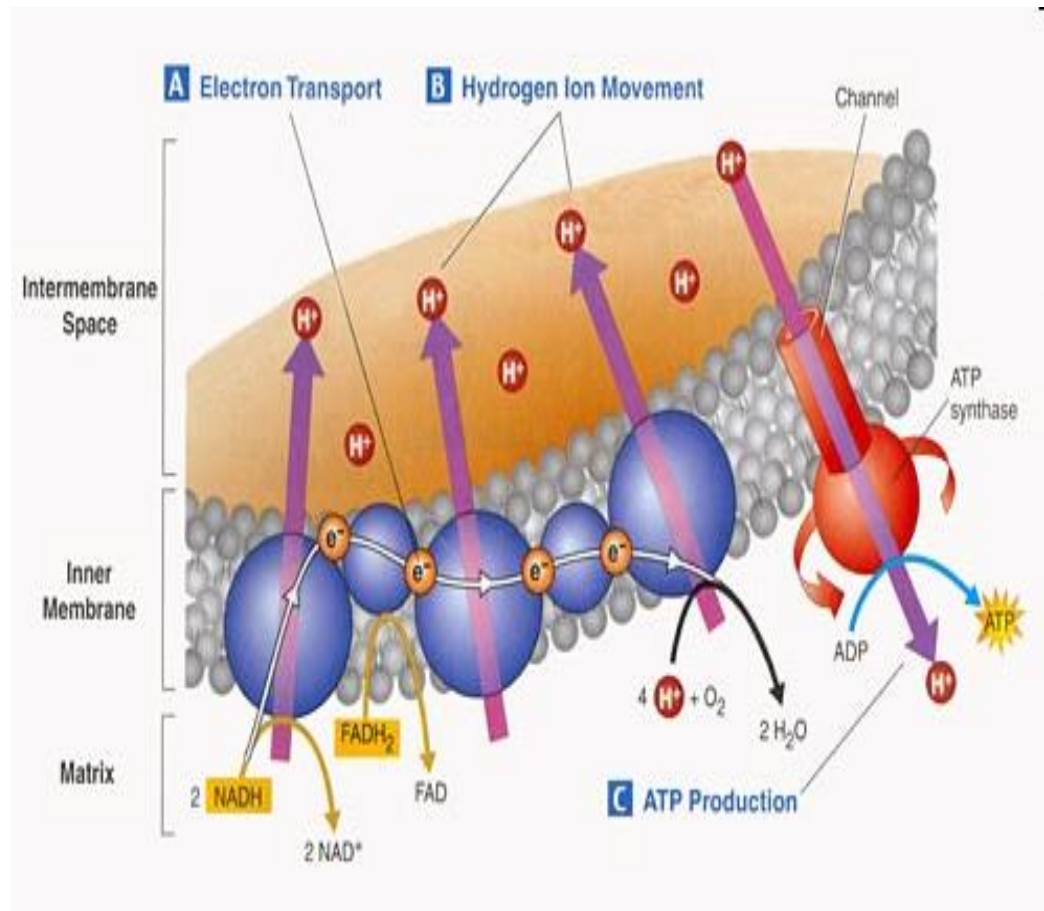
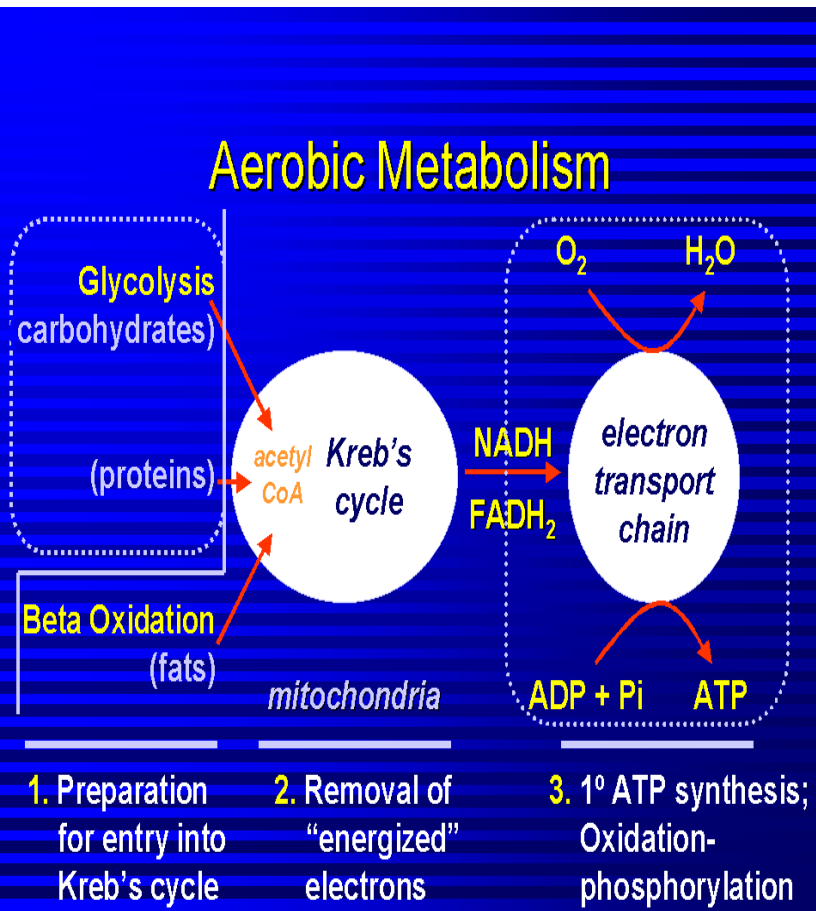


میتوکندری

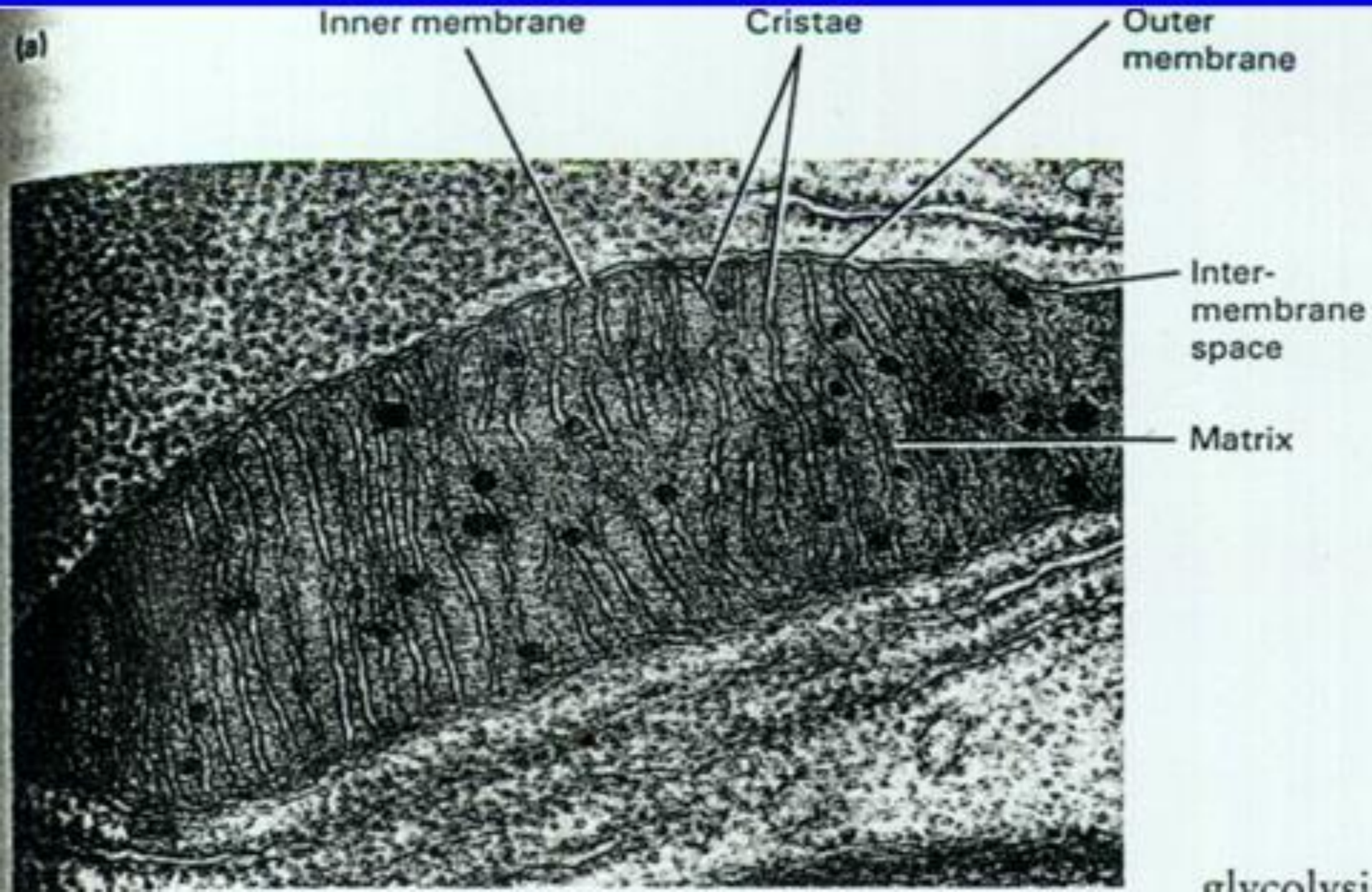
- **میتوکندری**، در یاخته، نوعی دستگاه انتقال انرژی است که موجب می‌شوند انرژی شیمیایی موجود در مواد غذایی با عمل فسفوریلاسیون اکسیداتیو، به صورت پیوندهای پرانرژی فسفات (ATP) ذخیره شود. این اندامک در تمام یاخته‌های دارای تنفس هوازی به جز در باکتری‌ها که آنزیم‌های تنفسی آنها در غشای سیتوپلاسمی جایگزین شده‌اند وجود دارد.



مهم ترین نقش میتوکندری ها در متابولیسم؛ تولید انرژی می باشد و در واقع نیروگاه سلول می باشند.



Mitochondrial Structure



- میتوکندری ها از دو لایه داخلی و خارجی تشکیل شده اند.
- لایه داخلی میتوکندری دارای چین خوردگی هایی بوده و با لایه خارجی متفاوت می باشد.
- غشاء داخلی میتوکندری ها از لحاظ نفوذ پذیری با لایه خارجی متفاوت بوده و غشاء خارجی نفوذ پذیرتر می باشد.

غشای داخلی

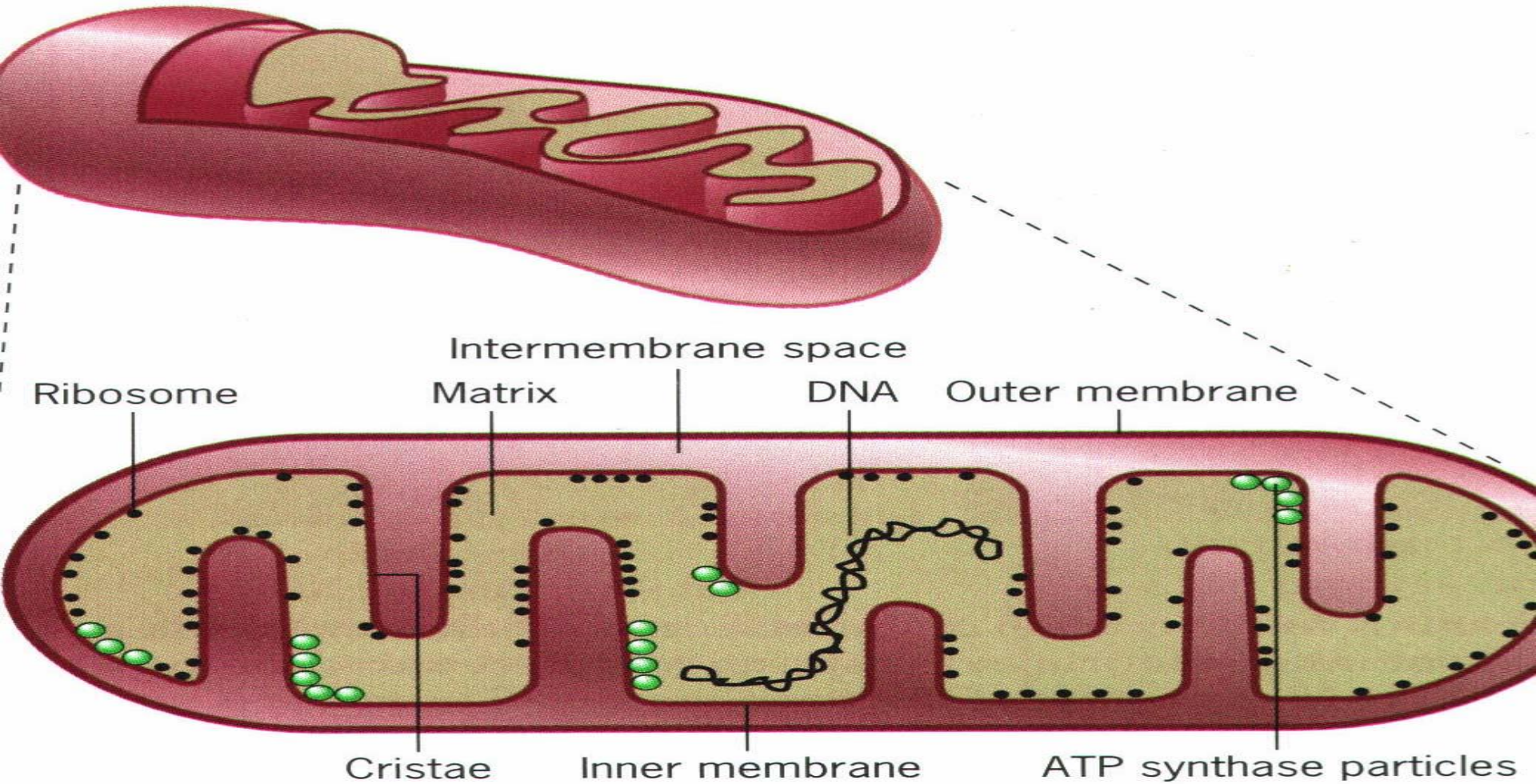
فسفولیپید کاردیولپین به همراه آنزیم های زنجیره تنفسی، ATP سنتتاز و ناقلین غشایی مختلف در غشای داخلی متمرکز شده است.

میتوکندری

غشاء خارجی

با حضور آنزیم های مختلفی شامل آسیل کوا سنتتاز و گلیسرول فسفات اسیل ترانسفراز مشخص می شود. آدنیل کیناز و کراتین کیناز در فضای بین دو غشا یافت می شوند.

تصویر زیر اجزای تشکیل دهنده ساختمان یک
میتوکندری را نشان می دهد



(c)

میتو کندری

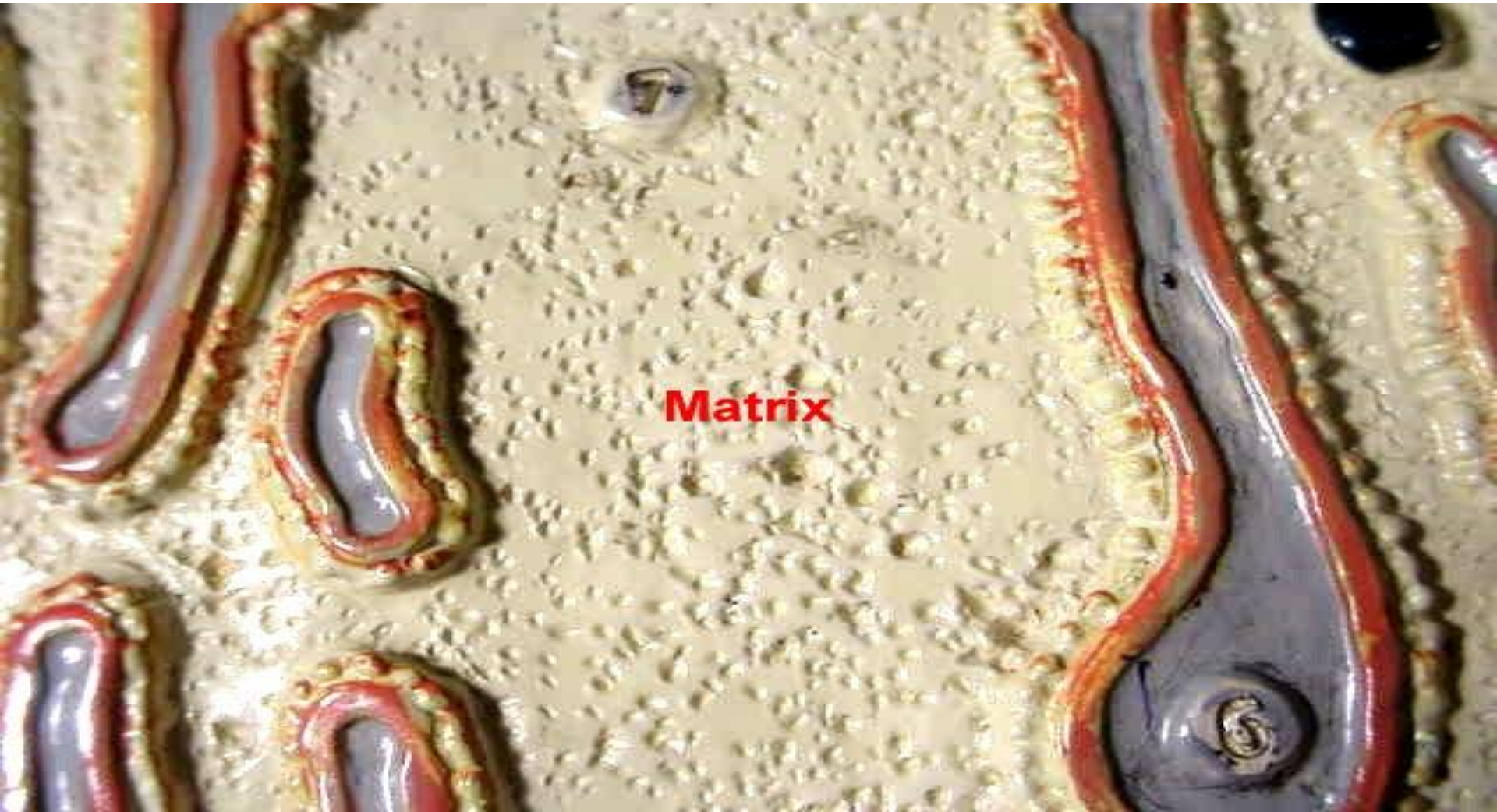
• غشای خارجی

• **اطاق خارجی** در این اطاق، ترکیباتی مثل آب، نمکهای کانی و یونها، پروتئینها، قندها، و چربیها O_2 ، SO_2 ، ATP و ADP وجود دارند. مقدار آب، بر اندازه کریستوها و در نتیجه بر ساخت ATP تأثیر گذار است.

• غشای داخلی

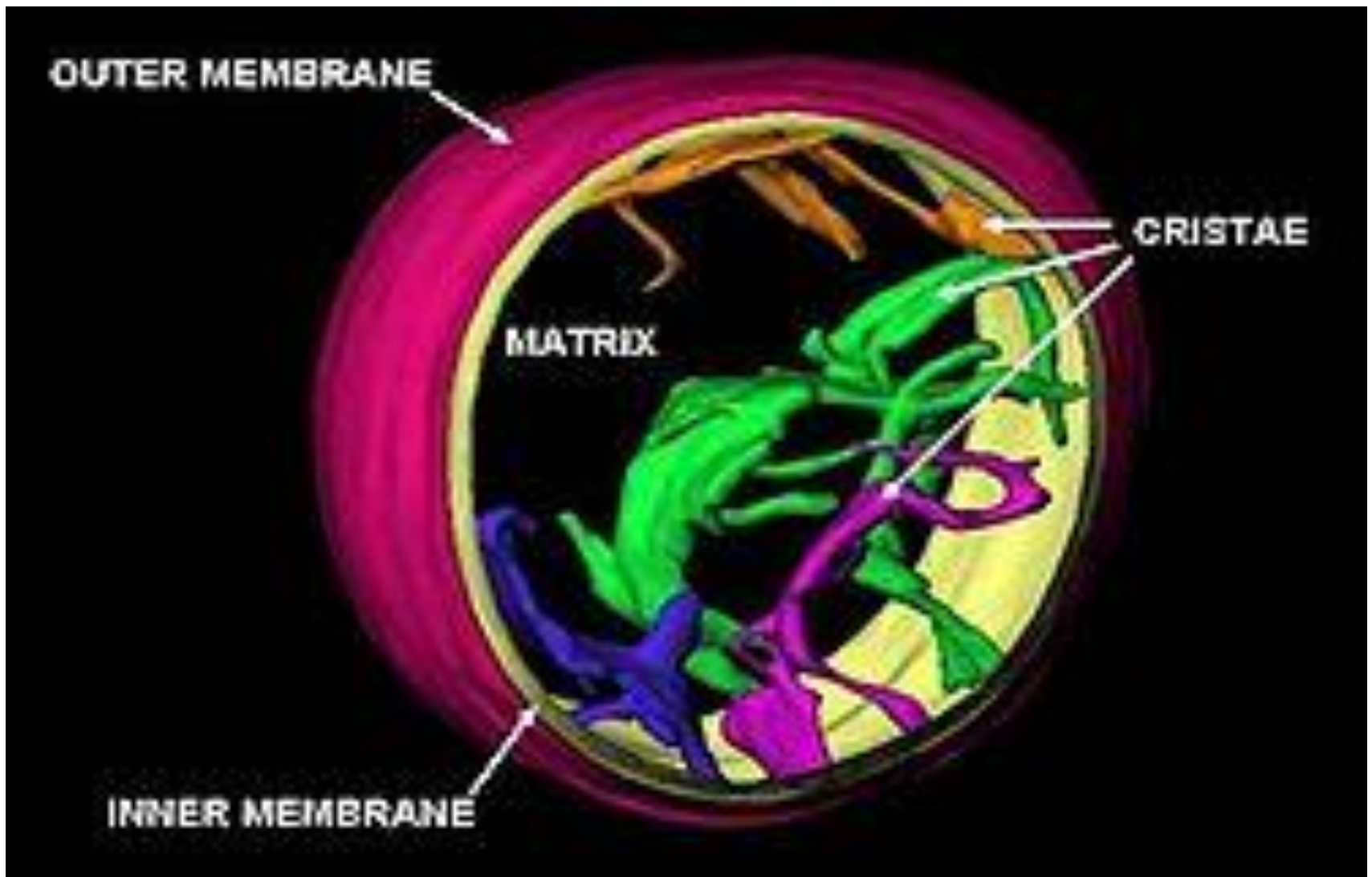
• **اطاق داخلی** دارای آنزیمهای خاص و ریبوزوم خاص خود ($80S$ شبیه سلولهای پروکاریوتی) می باشد. تعداد DNA ، بر حسب نوع و سن سلول فرق می کند و مثل پروکاریوتها، دارای سیتوزین و گوانین زیادی است در نتیجه در مقابل گرما مقاوم می باشد.

- یکی از بخش های داخلی میتوکندری ماتریکس نام دارد که حاوی آنزیم های چرخه کربس و آنزیم ها و حامل های درگیر در فسفوریلاسیون اکسیداتیو می باشد.

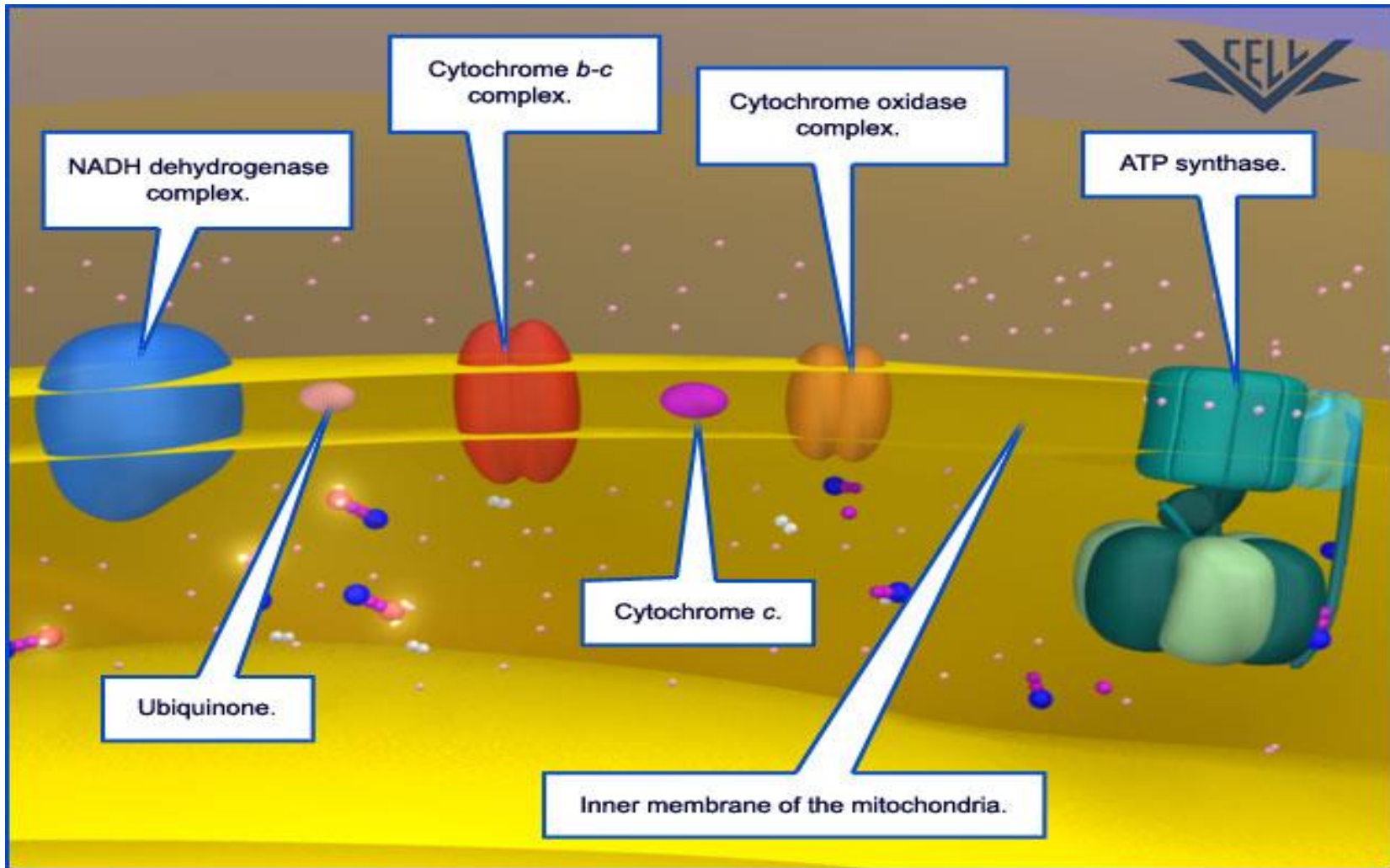


غشای داخلی

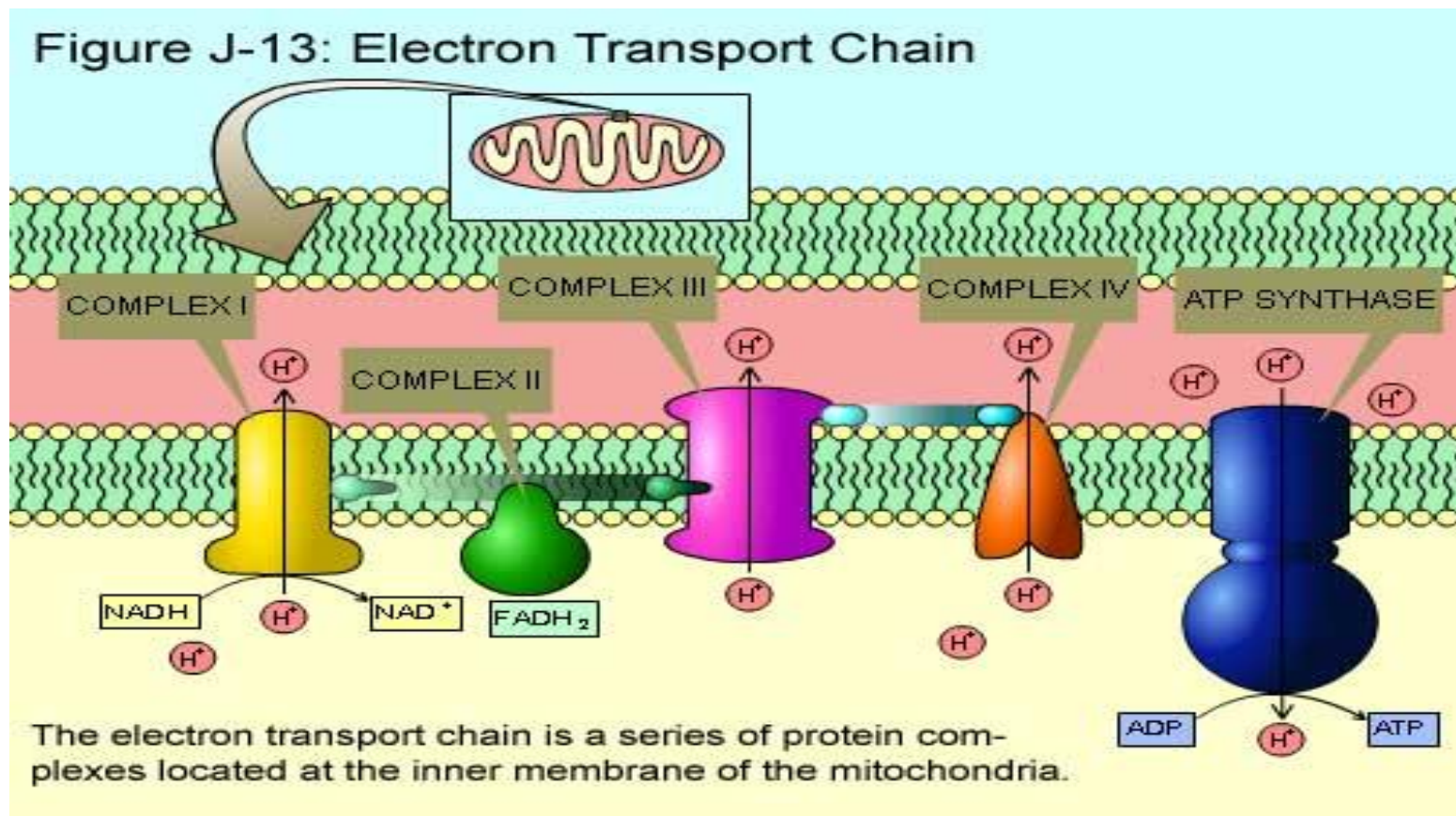
- بعضی از آنزیم هایی که در تمرین نقش ویژه ای را ایفا می کنند شامل: سیتوکروم اکسیداز، کارنیتین پالمیتیل ترانسفراز و هیدروکسی بوتیرات دهیدروژناز است.
- غشاء داخلی شامل غلظت بالایی از کارد یولپین است که سبب افزایش نفوذ پذیری به یون های H^+ می شوند.
- غشاء داخلی توسط کریستاها افزایش سطح داده و به طرف ماتریکس شناورند و حاوی آنزیم ها و سیتوکروم های درگیر در زنجیره انتقال الکترونی هستند.
- بسیاری از آنزیم های مربوط به چرخه کربس و اکسیداسیون در داخل ماتریکس قرار دارند.
- در فضای بین غشایی آنزیم آدنیلات کیناز (میو کیناز) وجود دارد.



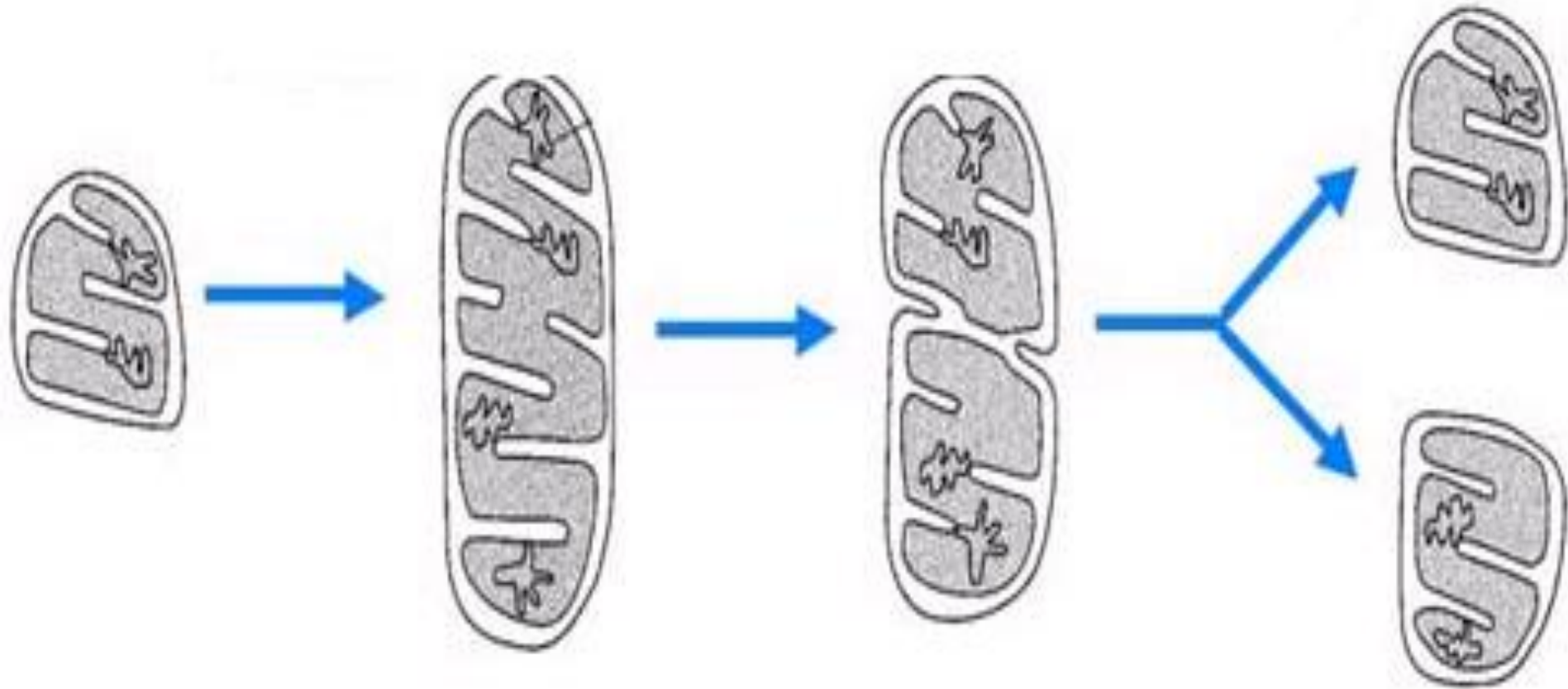
میتو کندی



نمودار زنجیره انتقال الکترونی در فضای بین غشایی میتوکندری



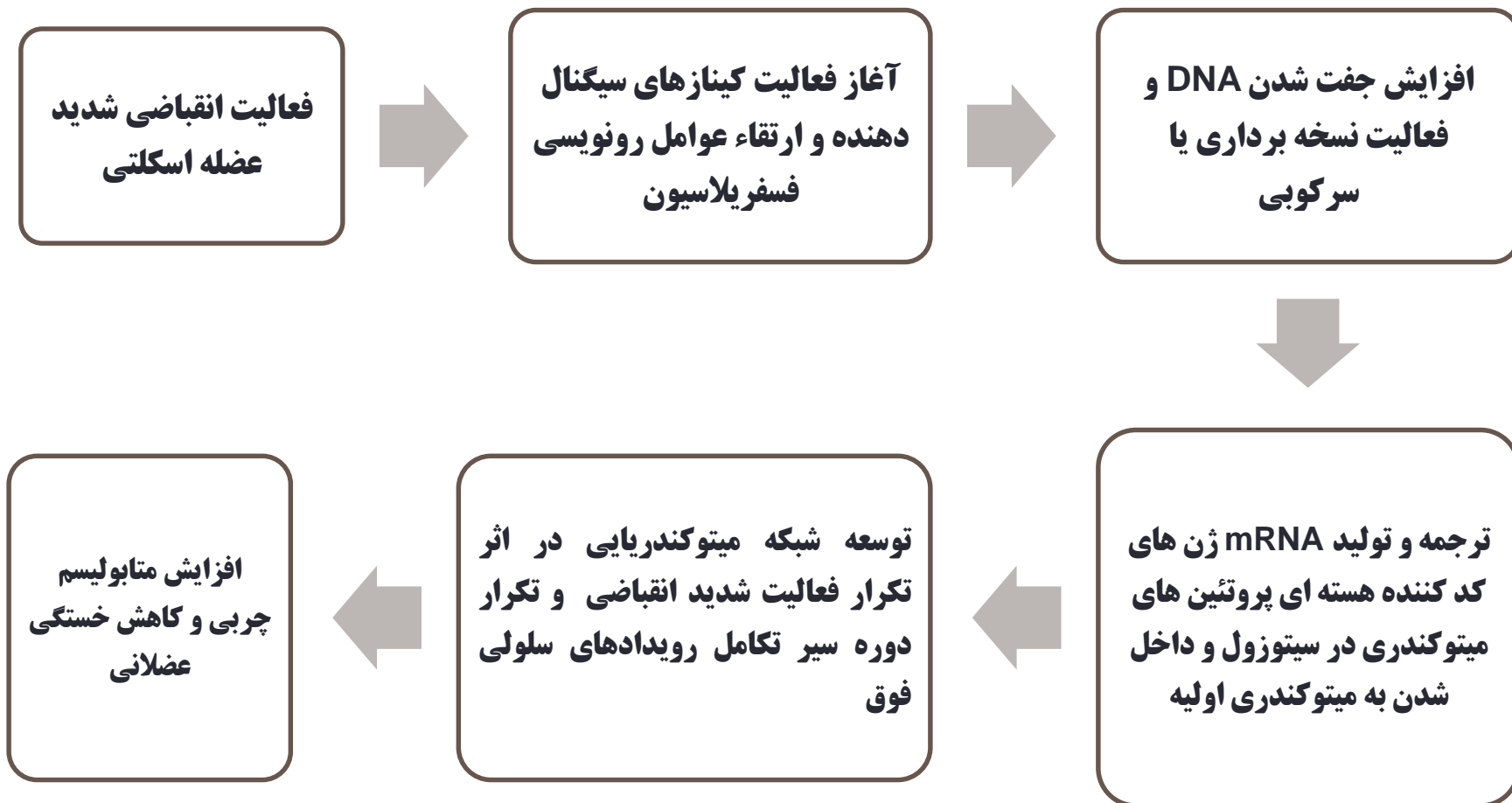
فرایند افزایش و تکثیر میتوکندری ها BIOGENESIS نامیده می شود.

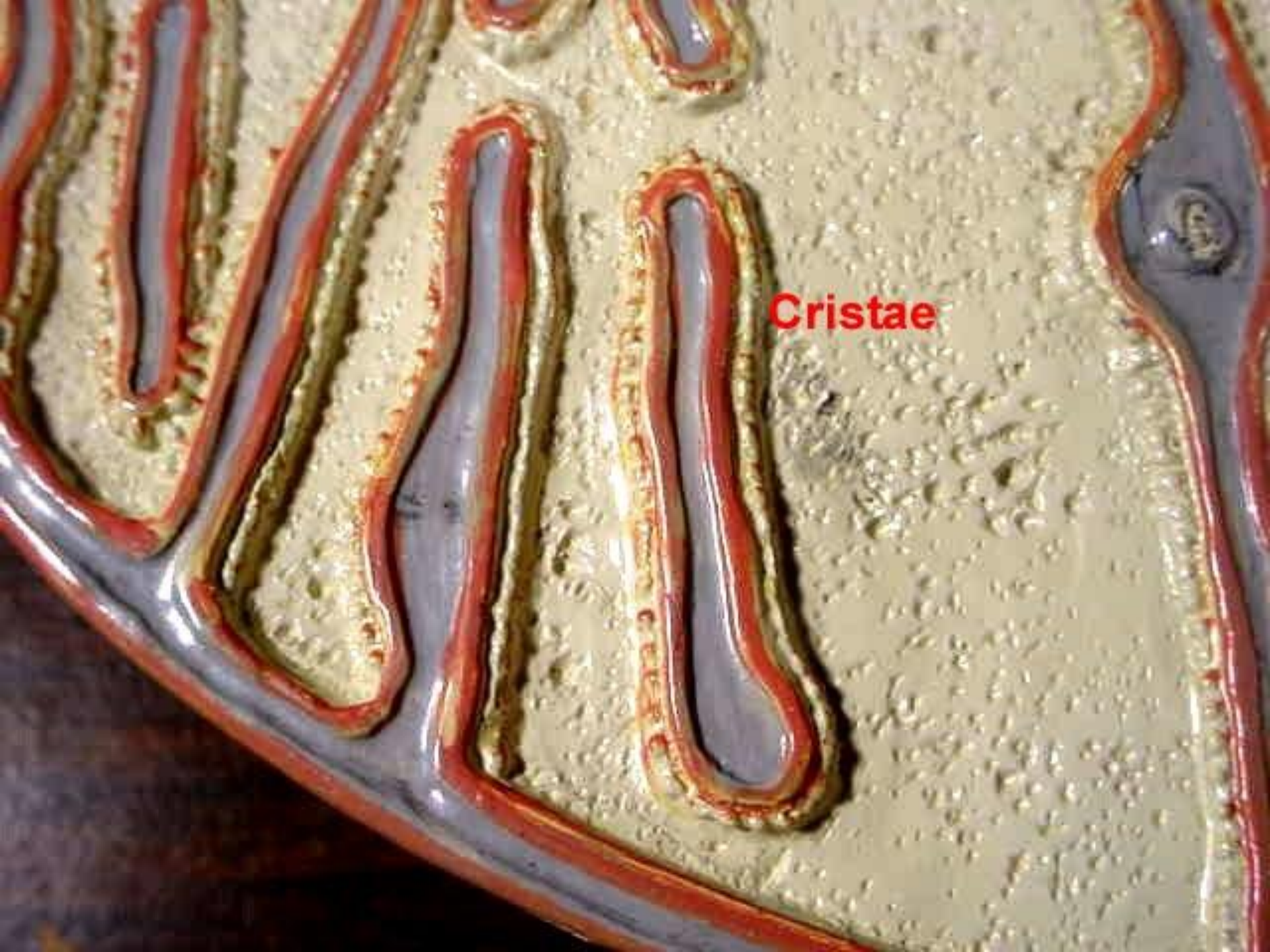


میتوکندری

تولیدات mRNA ژنهای کد کننده هسته ای پروتئین های میتو کندری در سیتوزول ترجمه می شوند و به داخل میتوکندری مقدماتی وارد می شوند. وقتی فعالیت انقباضی تکرار می شود تکرار دوره سیر تکامل این رویدادها منجر به توسعه شبکه میتوکندریایی داخل عضله می شود. این مزیت فیزیولوژیکی سلامتی به طور روشنی شامل افزایش متابولیسم چربی و کاهش خستگی عضله می باشد.

رونویسی و واریونویسی بیوژنز میتوکندریایی در عضله اسکلتی اثر ورزش و افزایش سن





Cristae

تغییراتی که در حین شروع ورزش در میتوکندری اتفاق می افتد از بخش فرایند سیگنال دهنده آغاز و منجر به سنتز پروتئین های پایین دست و لیپید می شود.

• این تغییرات شامل نوسان در کلسیم Ca^{2+} سیتوپلاسمیک، افزایش در گردش ATP، مصرف اکسیژن، و تولید ROS می باشد. شواهد جمع آوری شده از ارتباط بین تغییرات مزمن در این رویدادها حمایت می کند.

• برای مثال افزایش کلسیم سیتوزولی بوسیله واکنش سلول های عضله اسکلتی به کافئین یا کلسیم یونوفور **A-23187** باعث چندین نشانگر بیوژنز میتوکندری همچون: افزایش در **NRF-1** و **NRF-2**، جفت شدن DNA، سیتوکروم **C** و مالات دهیدروژناز (MDH)، بیان **m RNA** و همینطور نسخه برداری فاکتور **A** میتوکندری **Tfam** و گیرنده گاما فعال کننده پروکسی زوم توسعه یافته **PPARY**، محتوی پروتئین کمک فعال کننده α **PGC-1** می شود.

هر چند محصولات ژن میتوکندریایی اندک است ولی در تثبیت ظرفیت اکسایشی اهمیت دارد

Transcription factors

NRF-1 , NRF-2

PGC-1(PPAR gamma-COACTIVATOR-1)

Activator protein-1 (AP-1)

Peroxisome proliferator-activated receptor alpha , gamma

NRF-1 sites exist in the promoter region of .transcription. the m (TFAM) factor A

Coactivator Of mitochondrial biogenesis

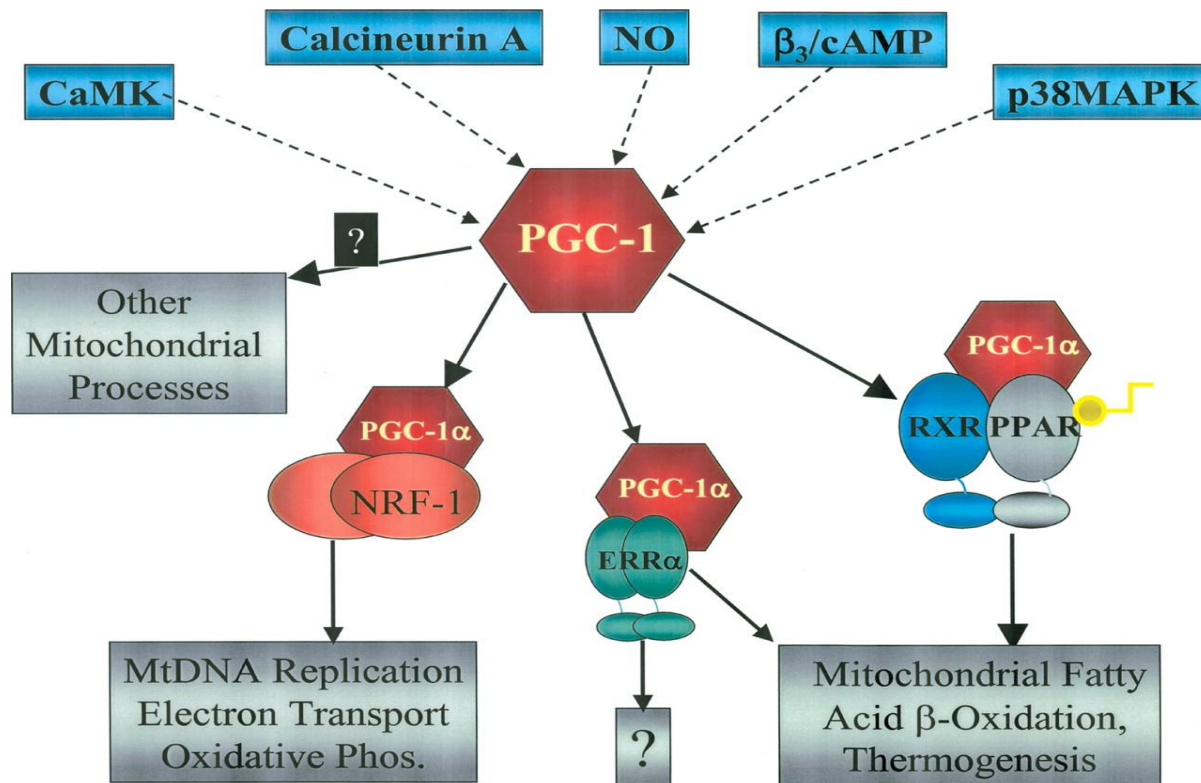
سهیم در بیوژنز میتوکندریایی

کنترل رونویسی آنزیمهای درگیر در بتا اکسیداسیون میتوکندری

Stimulate mitochondrial DNA Transcription and replication

Coactivate: NRF-1, GLUT4

PGC-1 serves a central integrative role in the transcriptional regulatory cascade upstream of the mitochondrial biogenic response

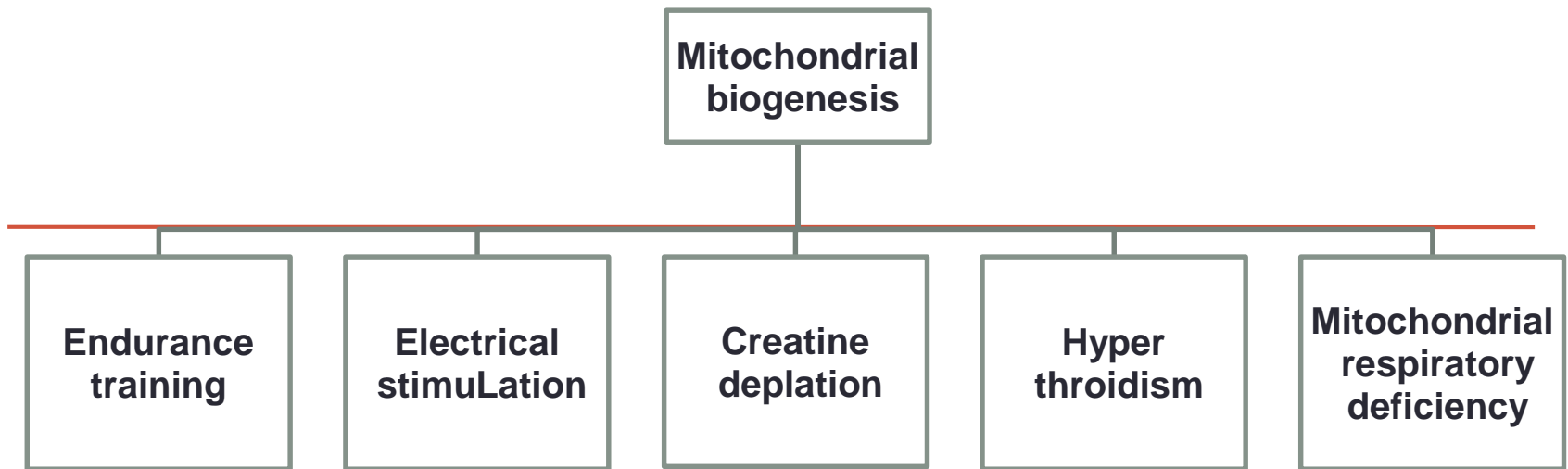


Kelly D P, Scarpulla R C *Genes Dev.* 2004;18:357-368



MITOCHONDRIAL BIOGENESIS

Chronic stimulation of skeletal muscle result in structural and functional adaptations of mitochondrial



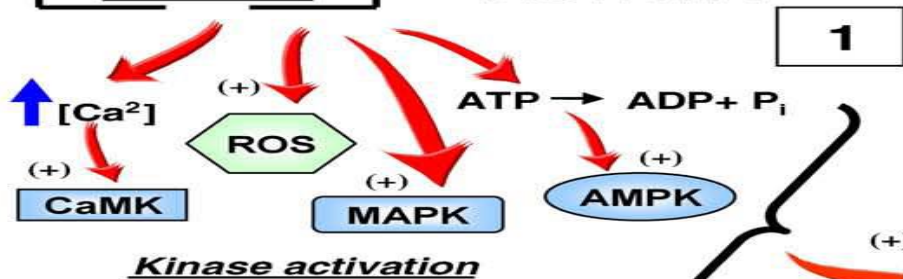
Mitochondrial biogenesis is a complex process covering various steps such as signaling events leading to transcription of nuclear and mitochondrial genes, protein and lipid synthesis, protein import into mitochondrial and their assembly in to the enzyme complexes

Changes in mitochondrial biogenesis produced by exercise are a result of multiple molecular events. These pathways primarily include

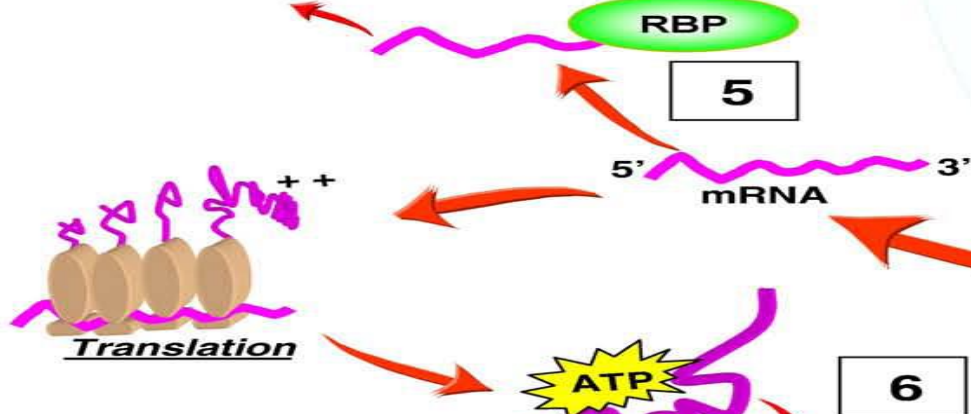
- 1) the activation of signaling kinases to initiate biogenesis.
- 2) the induction of coactivator proteins such as PGC-1 α and NRF transcription factor proteins, and their transactivation of target genes
- 3) the import of these precursor proteins into mitochondria, and
- 4) the coordinated incorporation of both mitochondrial and nuclear gene products into an expanding organelle reticulum



CONTRACTILE ACTIVITY

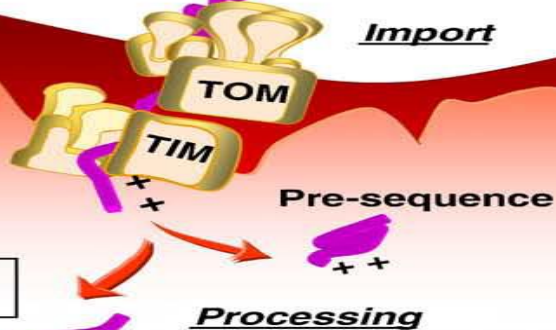


mRNA stability



Translation

Import



mtDNA

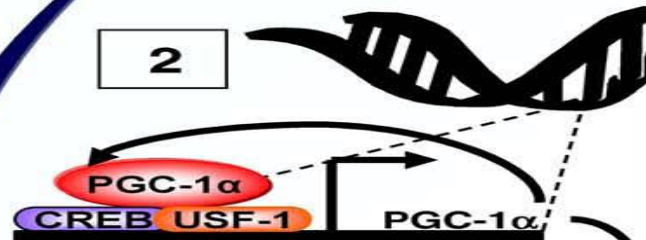
ETC

MITOCHONDRION

Krebs Cycle

NUCLEUS

2



3



4



Transcription

Nuclear pore

تغییرات سریع در هموستاز سلولی باعث شروع فعالیت پروتئین کینازها و در نتیجه بیان ژن می شود.

- ▶ فعالیت پروتئین کینازها، شروع کننده اهداف پایین دست فسفریلات همچون نسخه برداری فعال کننده ها و کمک فعال کننده ها، است.
- ▶ چندین کیناز شامل پروتئین کیناز فعال کننده AMP (AMPK)، پروتئین کیناز B (AKT) پروتئین کیناز فعال کننده میتوزن (MAPKs) ، P38 ، P42 ، P44، در تنظیم نسخه برداری DNA از طریق فسفریلاسیون فاکتورهای نسخه بردار هسته درگیر هستند.
- ▶ شواهدی وجود دارد که ورزش بر روی فعالیت انواع کینازهایی که می توانند در بیورنز میتوکندری ناشی از فعالیت انقباضی شرکت داشته باشند، اثر مثبت دارد. بنابر این سیگنال های اولیه ناشی از انقباض عضله منجر به فعالیت کینازهای پایین دست و بیان ژن می شود. که در زمینه ورزش این پاسخ ها به نوع، شدت و مدت فعالیت انقباضی و همینطور نوع تار عضلانی بستگی دارد.

پاسخ اولیه ژن های درگیر در بیورژنز میتوکندری

▶ سازگاری آبشارهای سیگنال دهنده ناشی از انقباضات عضلانی تقریباً هستک را برای شروع رونویسی مهیا می سازد. رونویسی بوسیله بسیاری از پروتئین ها تعدیل می شود که با پاسخ عناصر ویژه به فعال نمودن یا تحت فشار قرار دادن بیان ژن ترکیب می شود. تعدادی از این پروتئین ها که با بیورژنز میتوکندری مرتبط می باشند عبارتند از :

NRF-1 and NRF-2,

early growth response gene-1 (Egr-1),

c-fos, c-myc, specificity protein-1 (Sp1), cAMP response element (CRE) binding protein

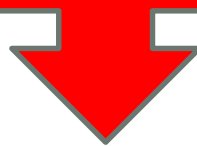
(CREB) and upstream stimulatory factor-1 (USF-1)

نادر و ایسر ۲۰۰۱ نشان دادند که فعالیت انقباضی ناشی از تحریکات الکتریکی با فرکانس بالا یا شدت پایین عضله تند یا کند انقباض در آزمایشگاه، به طور متفاوت بسیاری از مولکول های سیگنال دهنده همچون P70s6k ، AKT و P38 را فعال می کند.

بالا رفتن فعالیت رونویسی یا بیان فاکتور رونویس بیشتر اوقات در حین دوره برگشت به حال اولیه به عنوان نتیجه ای از ورزش اتفاق می افتد.

افزایش در فعالیت رونویسی بعد از ۱ تا ۲ ساعت بعد از فعالیت مشاهده می شود، در حالیکه افزایش در اوج بیان mRNA بین ۲ تا ۴ ساعت بعد از ورزش اتفاق می افتد.

تغییرات و سازگاری در میتوکندری در اثر تمرین و ورزش



نوع ورزش: تمرین مقاومتی در مقابل تمرین استقامتی



تکرار، شدت و مدت تمرین

میتو کندری انواع تار عضله اسکلتی و تغییرات آن در اثر ورزش

(1) تار کند انقباض قرمز **STR** تارهایی که اساسا حاوی زنجیره سنگین میوزین **MHC** ایزوفرم نوع I هستند.

(2) تار تند انقباض قرمز **FTR** تارهایی که اساسا دارای ایزوفرم های **MHC** نوع **Ila** هستند و

(3) تار تند انقباض سفید که دارای ایزوفرم های **MHC** نوع **Iib** و **Iix** هستند.

هر کدام از انواع تار عضله دارای محتوی مختلف میتو کندری اما ثابت هستند که در شدت قرمزی و ظرفیت استقامتی عضله سهم هستند.

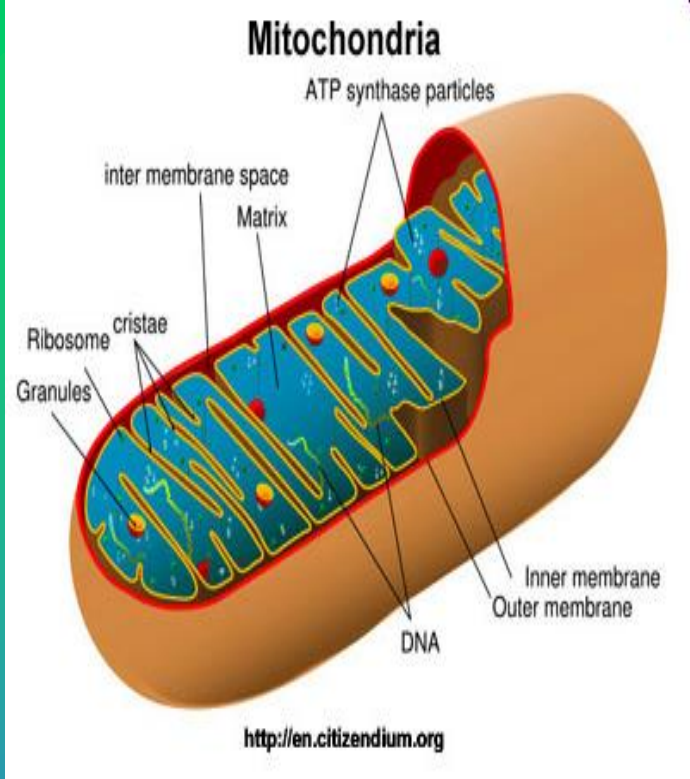
در انسان بزرگترین حجم میتو کندری را تارهای **STR** سپس **FTR** و بعد **FTW** دارد

عضله اسکلتی
بر اساس
ویژگی های
انقباضی و
متابولیک به
سه دسته
تقسیم می
شود

میتو کندری انواع تار عضله اسکلتی و تغییرات آن در اثر ورزش

بین ظرفیت متابولیسم اکسیداتیو بین عضله سفید و قرمز تقریبا ۳ تا ۴ فولد تفاوت وجود دارد.

تمرینات ورزشی مکرر به شکل تمرینات استقامتی می تواند موجب افزایش محتویات میتو کندری در هر سه نوع تار گردد که در نتیجه افزایش فعالیت انزیم های میتو کندریایی منجر به بهبود در مقاومت نسبت به خستگی عضلانی می گردد.



مطالعات جدید نشان داده اند که

میتوکندری ها در پیام رسانی سلولی و

ذخیره کردن کلسیم، ایجاد وضعیت

بافری و در مرگ سلولی (آپوپتوزیز) نیز

نقش دارند.

مطالعات انجام شده نشان دهنده وجود

۲ نوع میتوکندری متمایز در سلول ها

می باشد.

در عضله اسکلتی به طور کلی دو نوع میتوکنندری وجود دارد که از لحاظ بیوشیمیایی و عملکردی با یکدیگر متفاوت می باشند.

- یکی از آنها میتوکنندری های (SS) subsarcolemma نام دارد که نزدیک به سارکولما قرار دارد.

- نوع دوم میتوکنندری ها (IMF) intermyofibrillar بوده که مابین میوفیبریل ها قرار گرفته است.

- مطالعات نشان داده که میزان میتوکنندری های SS از IMF کمتر می باشد.

میتو کندری انواع تار عضله اسکلتی و تغییرات آن در اثر ورزش

میتو کندری SS به میزان بیشتری سازگار می شود و همچنین از لحاظ زمان سازگاری مقدم بر میتو کندری IMF می باشد. دلیل آن نیز نزدیکی میتو کندری SS به هستک و تفاوت در ظرفیت آن برای سنتز پروتئین می باشد.

- همچنین مشخص شده که ظرفیت اکسایشی بیشنه SS نیز پایین تر از IMF می باشد.

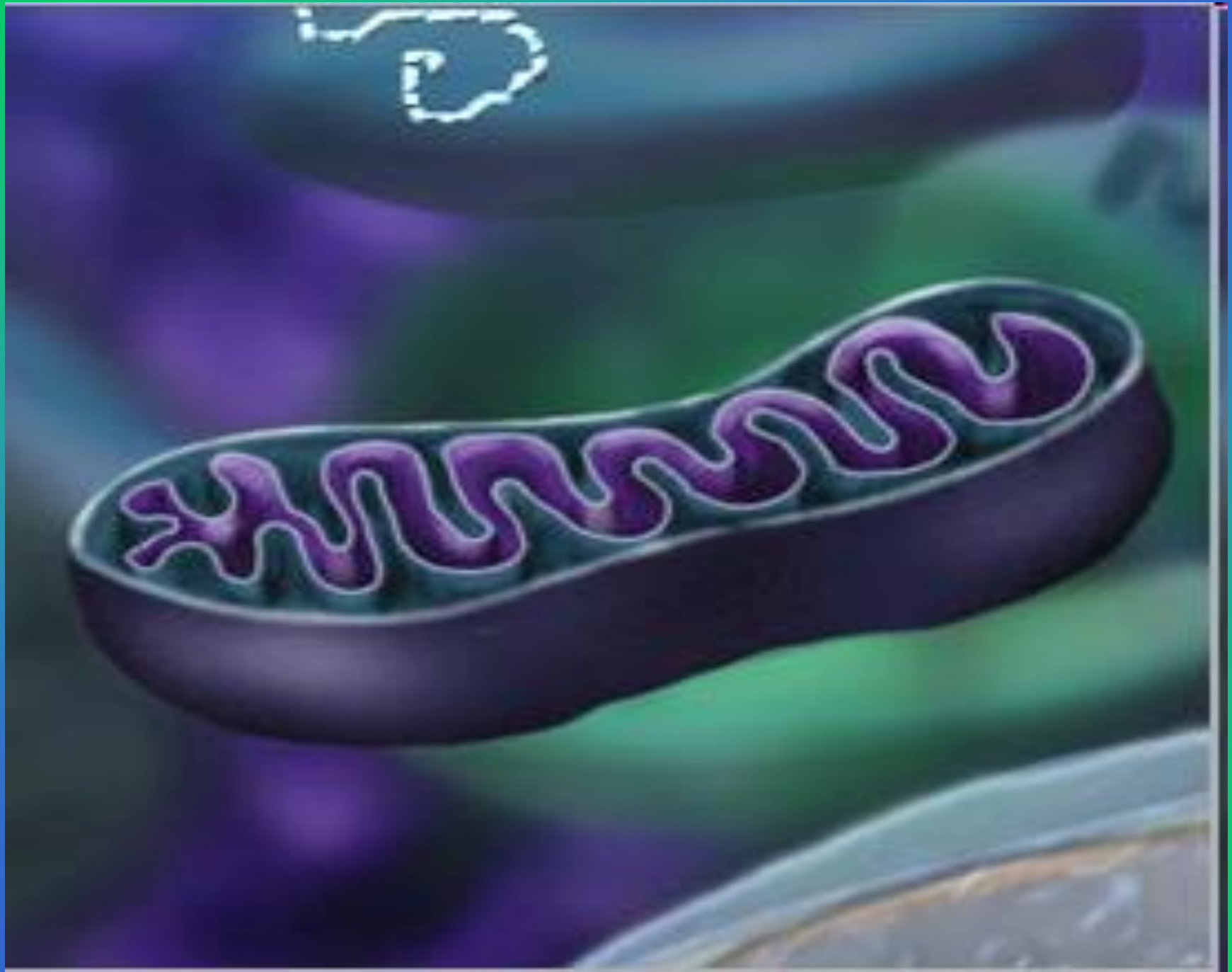
- تمرینات استقامتی میزان هر دوی این میتوکندری ها را افزایش می دهد.

- اما میزان افزایش SS ها بیشتر از IMF می باشد.

- KRIGER1988 بیان کرد پس از دوره های بی تمرینی ظرفیت اکسایشی SS ها کاهش یافته، در حالیکه IMF بی تغییر ماند.

- دلایل احتمالی این امر نیز می تواند مربوط به محل قرار گیری و سوبسترای در دسترس آنها باشد.
- تمرینات استقامتی می تواند باعث ایجاد سازگاری ها و تغییراتی در سطح میتوکندری ها بشود.
- عمده ترین تغییرات ایجاد شده در اندازه، تعداد و سطح آنزیم های درون میتوکندری ها می باشد.

- در واقع بخش عمده ای از بهبود عملکرد تمرینی ورزشکار ناشی از تغییرات اجاد شده در سطح میتوکندری ها می باشد.
- سازگاری های ایجاد شده در میتوکندری ها نسبت به تمرینات استقامتی منجر به افزایش ظرفیت مطلق اکسیداسیون کربوهیدرات ها و چربی ها می شود.
- بخش عمده تحقیقات افزایش ۳۰ تا ۱۰۰ درصدی در میزان میتوکندری ها را پس از تمرینات استقامتی نشان داده است.



نقش ROS در بیوژنز میتوکندری

- ▶ در داخل میتوکندری بخش کوچکی از اکسیژن مصرفی که با یک الکترون کاهیده می شود منجر به تولید ROS می شود که در عضله و در حین فعالیت انقباضی و با ورزش حاد تولید ROS افزایش می یابد.
- ▶ بیماران با نقص کمپلکس ۱ میتوکندریایی میزان تولید ROS بالایی داشته و تغییرات در مورفولوژی میتوکندری را نشان می دهند.

- در فرایند بیوژنز میتوکندریایی پروتئین $PGC1\alpha$ نقش اصلی را در بیان ژن داشته و تنظیم کننده اصلی این فرایند می باشد.
- این پروتئین فاکتورهای کپی برداری کننده $NRF-1$ و $NRF-2$ - که در ناحیه پرموتور ژن های هسته ای میتوکندری ها قرار دارد را فعال می کند.
- این فاکتور ها همچنین باعث رمزبندی پروتئین های میتوکندری مانند سیتوکروم C یا اجزای زنجیره انتقال الکترون می شوند.
- خود $PGC1\alpha$ نیز بوسیله فعالیت بدنی تنظیم می شوند.

- مطالعات نشان داده است که یک جلسه فعالیت بدنی به طور معنی داری PGC1 α را افزایش می دهد.
- که بالا بودن سطح آن در بلند مدت منجر به پیدایش میتوکندری های جدید می شود.
- مطالعات مختلف همچنین ارتباط بین توانایی عضلات برای انجام تمرینات طولانی مدت در عضلات و میزان آنزیم های تنفسی را نشان داده است.
- به طور مثال بیان شده است که سطح سیتوکروم اکسیداز، سوکسینات دهیدروژناز و ... در عضلات افراد و حیوانات فعال بالاتر از افراد غیر فعال می باشد.

- شواهدی وجود دارد که پیشنهاد می کند که افزایش در بیان PGC-1^α با ورزش نتیجه ای از MEF2 و ATF2 متصل شده به PGC-1^α پیش برنده از طریق فعالیت P38MAPK است.

(b)

Intermembrane space

Outer membrane

Cristae

Ribosome

Matrix

ATP synthase particles

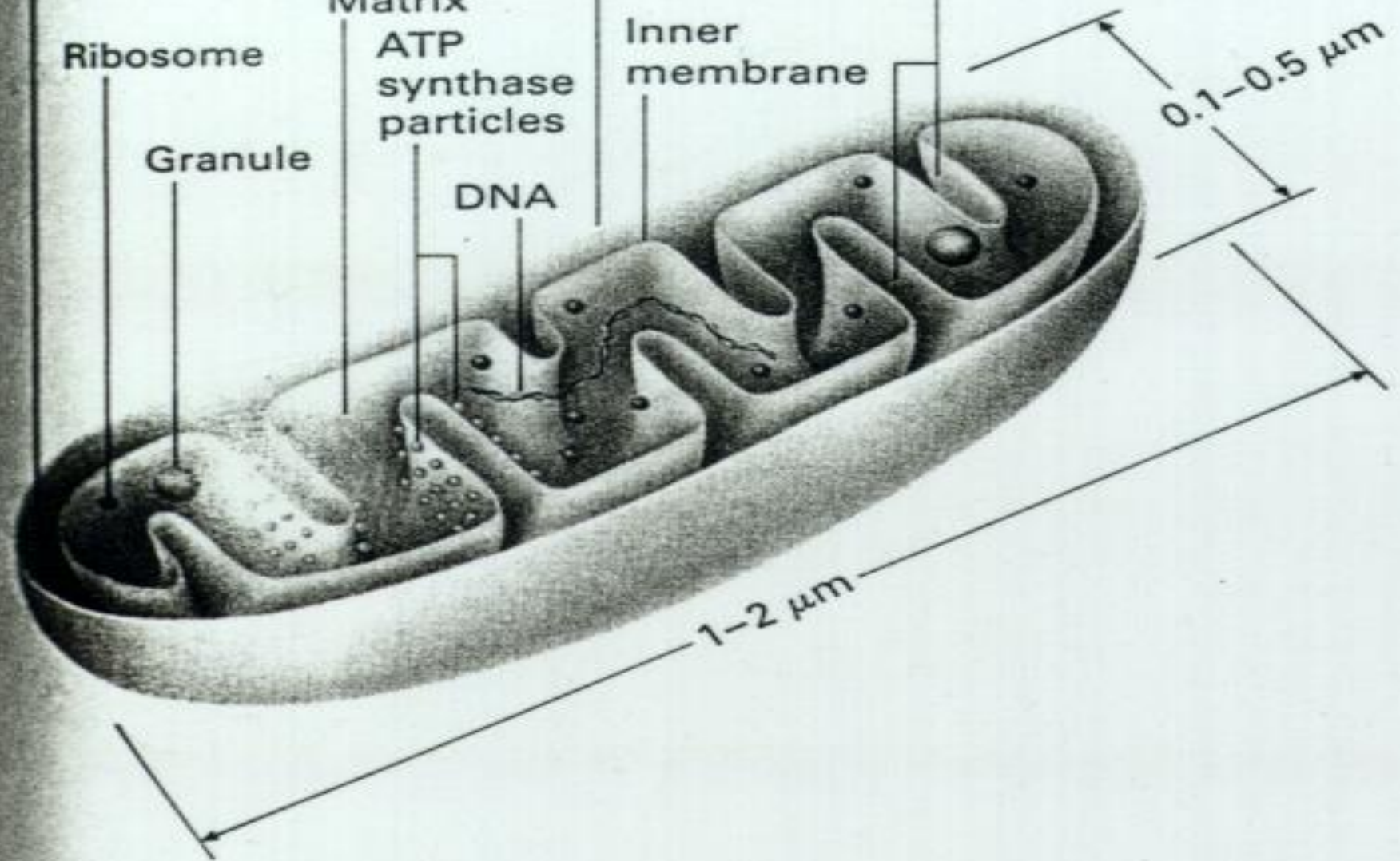
Inner membrane

Granule

DNA

0.1-0.5 μm

1-2 μm



• **تمرینات تناوبی** : افزایش آنزیمهای مارکر بتا اکسیداسیون را در پی دارد. در واقع ترکیب شدت و

مدت تمرین ممکن است محرک مهمی برای **اکسیداسیون اسید چرب** باشد

• تفاوت در سرعت اکسایش با تغییر **آنزیم پالمیتل کارنیتین در مقابل آنزیم پیرووات** ، تفاوتهای سازگاری

میتوکندریایی را با تمرین نشان می دهد. که برای ماتریکس میتوکندریایی که شامل آنزیم پیرووات و آنزیم

اسید چرب است، ویژه می باشد.

• **تمرینات تداومی** : اتکا بیشتر به **PDH** و **تمرینات تناوبی** : اتکا بیشتر به **بتا اکسیداسیون**

• در **تمرینات تناوبی** با تمرینات شدید تکراری **لاکتات و سیترات** از فرایند گلیکوژنولیز در طول دوره های

بعدی جلوگیری می کند. که منجر به اتکا بیشتر به **اکسیداسیون اسیدهای چرب** می باشد.

• افزایش اکسیداسیون اسیدچرب در میتوکندری **IMF** ممکن است به افزایش فعالیت آنزیمهای

اسید چرب **IMF** مرتبط باشد.

• ممکن است سوخت **اسیدهای چرب متعاقب تمرین در میتوکندری IMF** اهمیت بیشتری داشته باشد

• **چگالی حجم میتوکندریایی IMF تقریباً 90% کل چگالی حجمی میتوکندری کل است.**

- **WANIO 2000** بیان کرد که ۳۰ دقیقه تمرینات روزانه شنا به مدت ۵ تا ۸ هفته باعث افزایش سطح آنزیم سوکسینات دهیدروژناز شده است.
- **RAWLINE** نیز افزایش سطح مالات دهیدروژناز را همراه با تمریناتی مشابه تحقیق بالا گزارش کرد.
- تحقیقات متعددی ۲-۱/۵ برابر شدن آنزیم های زنجیره انتقال الکترون در عضلات موش های تمرین کرده گزارش کرده اند.

- به عنوان مثال غلظت سیتوکروم C در عضلات موش ها پس از ۱۲ هفته تمرین استقامتی ۲ برابر گردیده است.
- این افزایش در ظرفیت زنجیره انتقال الکترون منجر به تولید بیشتر ATP می گردد.
- این امر منجر به کاهش ADP در سطح سلول و کاهش استفاده از مسیز گلیکولیز برای تولید انرژی می شود.
- همچنین مشخص شده که تمرینات استقامتی باعث افزایش ظرفیت میتوکندری ها در اکسایش پیرووات می گردد.

ورزش واردات اگزاگوآنین DNA گلیکولاز – ۸ به داخل میتوکندری عضله اسکلتی را بهبود بخشیده و فعالیت مربوط به آن را افزایش می دهد

- راداک و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه ای اثر تمرینات جسمانی منظم (۸ هفته شنا کردن) و بی تمرینی (۸ هفته استراحت بعد از ۸ هفته تمرین) را بر روی فعالیت OGG1 در هسته و میتوکندری بررسی کردند. نتایج نشان داد که سطح پروتئین های کربنیل شده میتوکندری در گروه تمرین کرده کاهش یافته بود.
- به طور ویژه ای فعالیت OGG1 هسته ای با تمرین ورزشی روزانه افزایش پیدا کرده بود، در حالیکه بی تمرینی اثر فراتنظیمی ورزش را معکوس کرد.

ورزش واردات اگزاگوآنین DNA گلیکولاز – ۸ به داخل میتوکندری عضله اسکلتی را بهبود بخشیده و فعالیت مربوط به آن را افزایش می دهد

- به طور جالبی تمرین سطح OGG1 میتوکندری مرتبط به غشاء خارجی را کاهش داد در حالیکه بی تمرینی این اثر را معکوس کرد.
- در نهایت نتایج این تحقیق پیشنهاد می کند که تمرین ورزشی واردات OGG1 به داخل ماتریکس میتوکندری را بهبود می بخشد و بنابراین ترمیم OGG1 پایه های گوآنین اکسید شده را افزایش می دهد.
- تمرین ورزشی سطح فعالیت OGG1 را در هسته افزایش داده و فعالیت ویژه OGG1 در میتوکندری را افزایش می دهد و بنابراین ترمیم هسته اکسید شده و پایه های DNA میتوکندری را افزایش می دهد.

میتو کندری

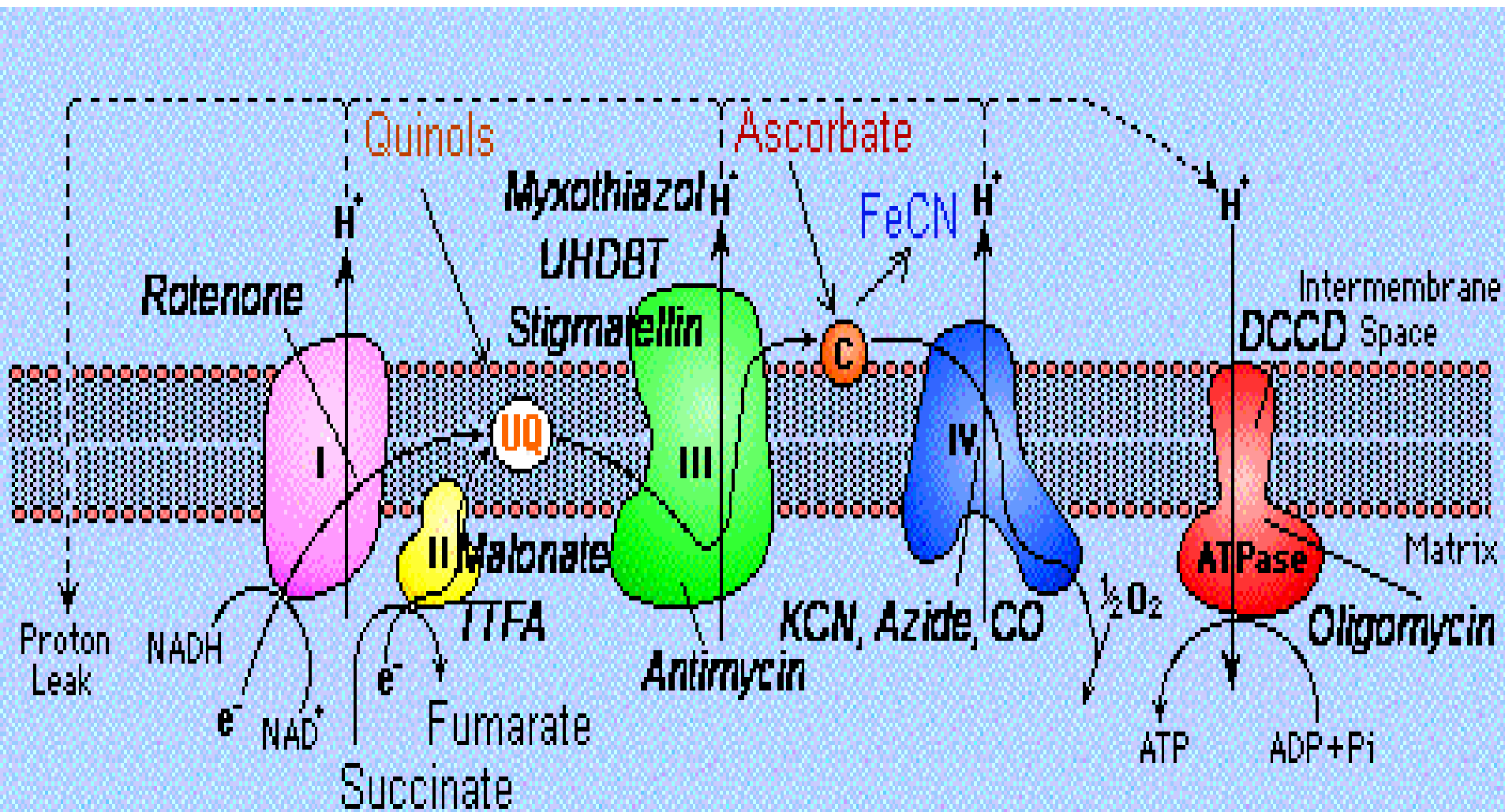
- افزایش در تعداد و اندازه میتوکندری وقتی اتفاق می افتد که تمرین تا حدود ۸۰ در صد ضربان قلب بیشینه و برای حداقل ۱۵ دقیقه اجرا گردد. شاید تغییرات در سلول های عضلات تمرین کرده در کمترین هفته ها اتفاق بیفتد، البته اگر بار کاری اعمال شده پیوسته باشد. این برنامه ورزشی سه روز در هفته و یک روز در میان تکرار می شود.
- همچنین افزایش غلظت های آنزیم های سوخت و سازی هزینه انرژی مصرفی را تا بیش از ۲۰ درصد بالا می برد.

میتو کندری

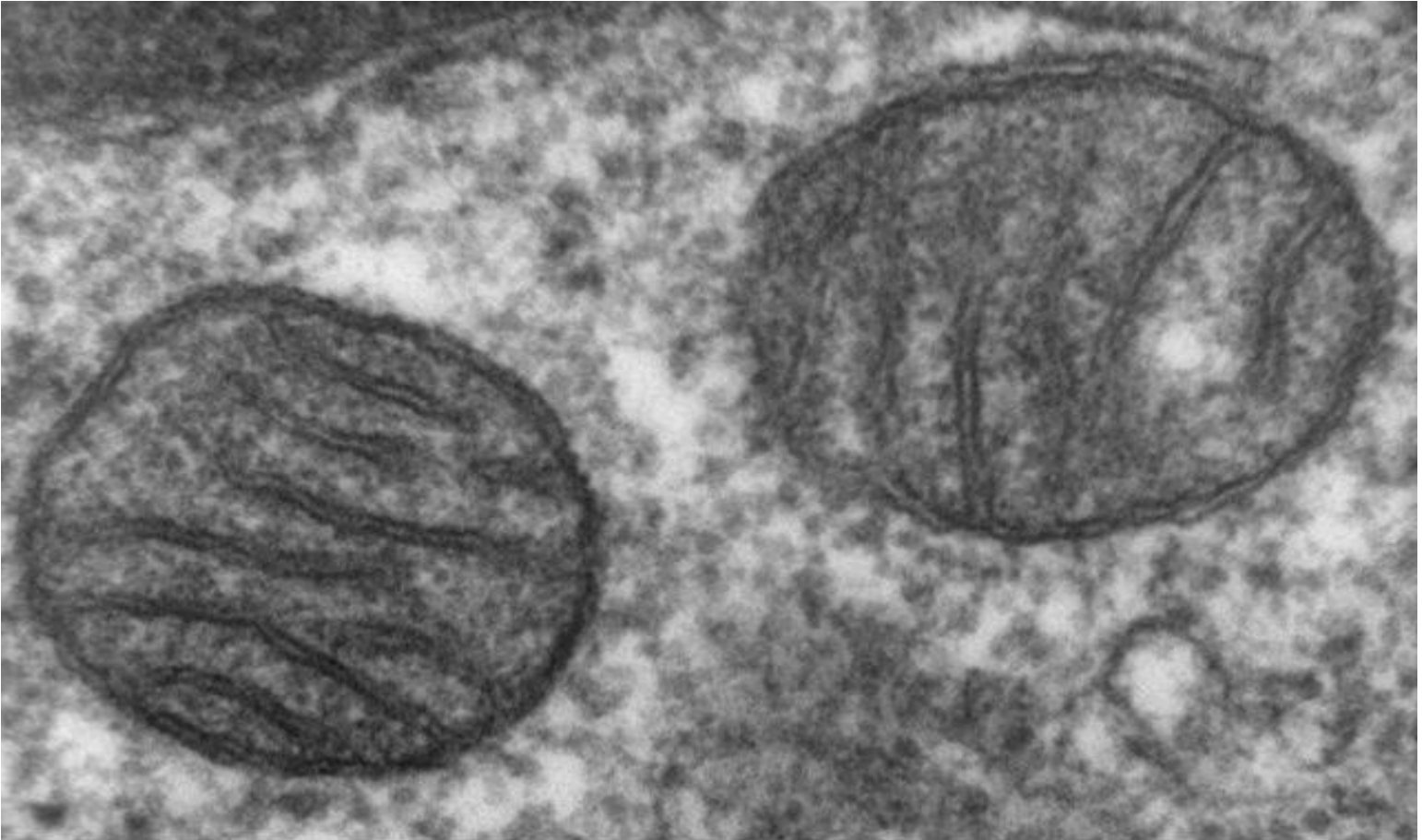
- بالا بردن ضربان قلب به بالای ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه توصیه نمی شود و تمرین بیشتر از سه روز در هفته شاید ضد تولیدی باشد. زیرا در بین جلسات تمرین برای ریکاوری و برگشت به حالت اولیه، زمان نیاز است. مرحله ریکاوری به این دلیل که میتو کندری را برای افزایش و تعداد قادر می سازد، مهم است. پیاده روی عمومی یا بعضی فعالیت های با شدت پایین که بین جلسات صورت می گیرد شاید بر دوره ریکاوری اثر گذار نباشد.

میتو کندری

مین شی کوا وهمکاران (۲۰۰۶) اثر ورزش را بر روی میتو کندری عضله اسکلتی در افراد مسن (۶۷/۳ سال) ۵ مرد و ۳ زن را بررسی کردند. افزایش مشابهی در کاردیولیپین (۸۸/۲ به ۱۳۰/۶) فعالیت کراتین کیناز و کل DNA میتو کندری (۱۲۶۴ به ۱۸۹۵) کپی در هر تضاعف کروموزمی ژنوم هسته که به افزایش محتویات میتو کندری بر می گردد مشاهده شد. فعالیت سوکسینات اکسیداتیو، کمپلکس های ۲-۴ از زنجیره انتقال الکترونی (ETC) از ۱۳ به $20 \mu\text{u}$ افزایش یافت. این افزایش در SS در مقایسه با IMF میتو کندری بیشتر مشاهده شد. در نهایت بر اثر ورزش فعالیت ETC در عضله اسکلتی افراد مسن افزایش می یابد. به ویژه در SS میتو کندری که بیشتر با افزایش پیوسته در بیوژنیک میتو کندری مرتبط می باشد.



میتو کندی



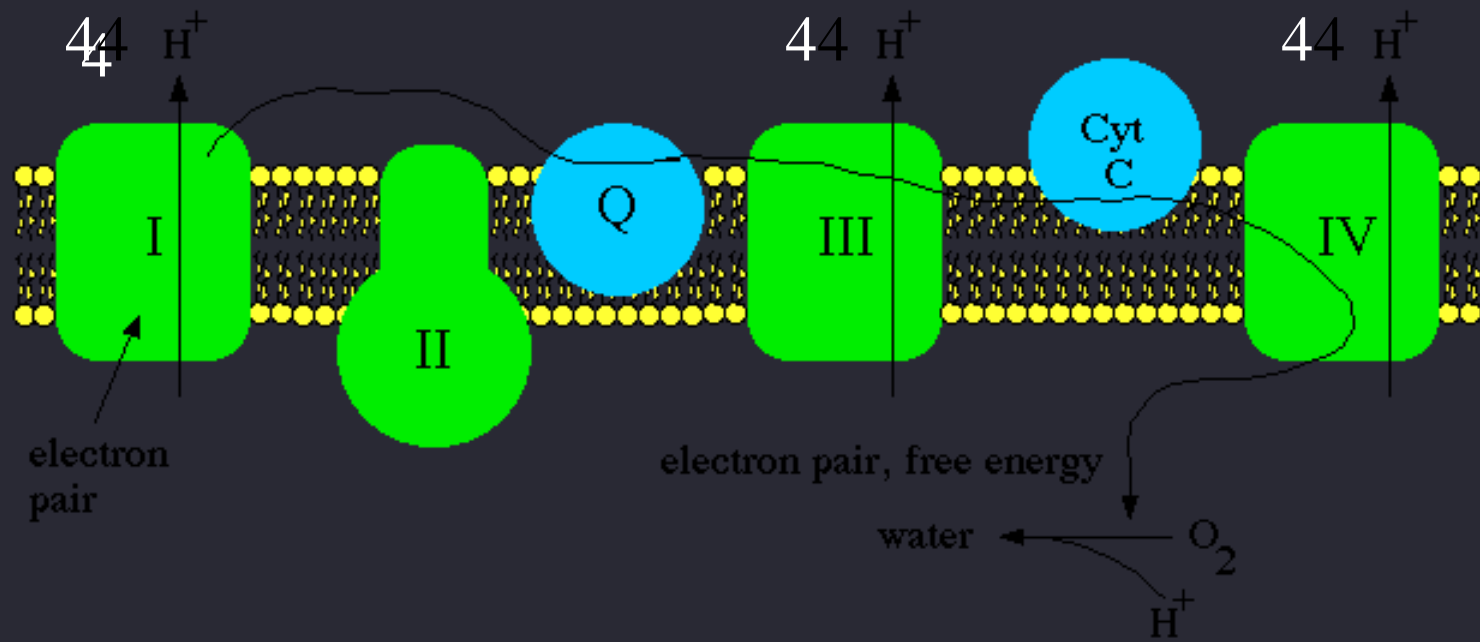
50 nm

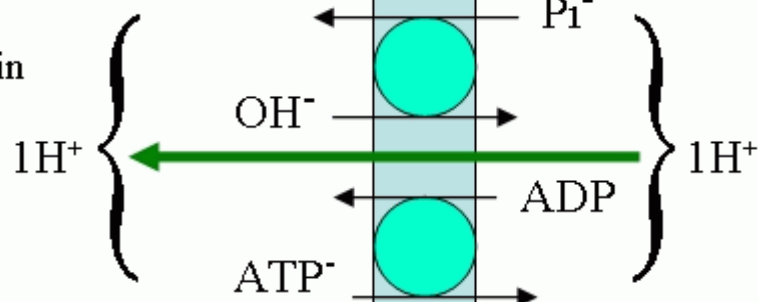
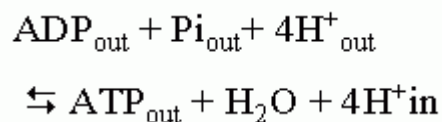
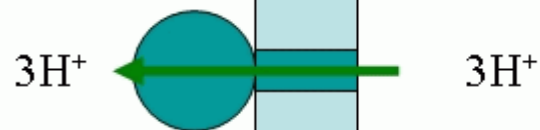
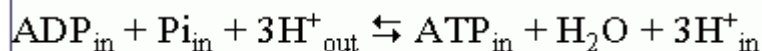
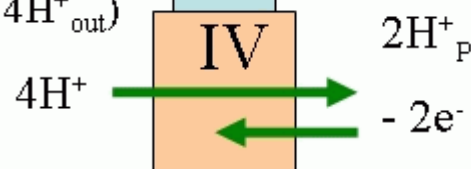
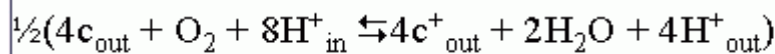
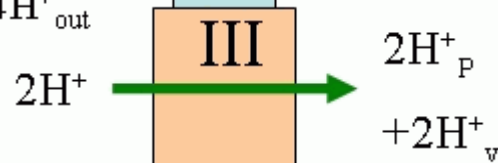
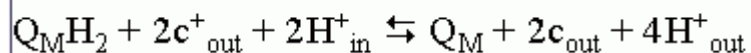
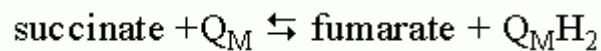
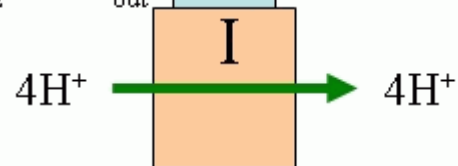
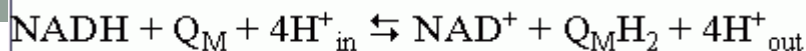
08LungTEM

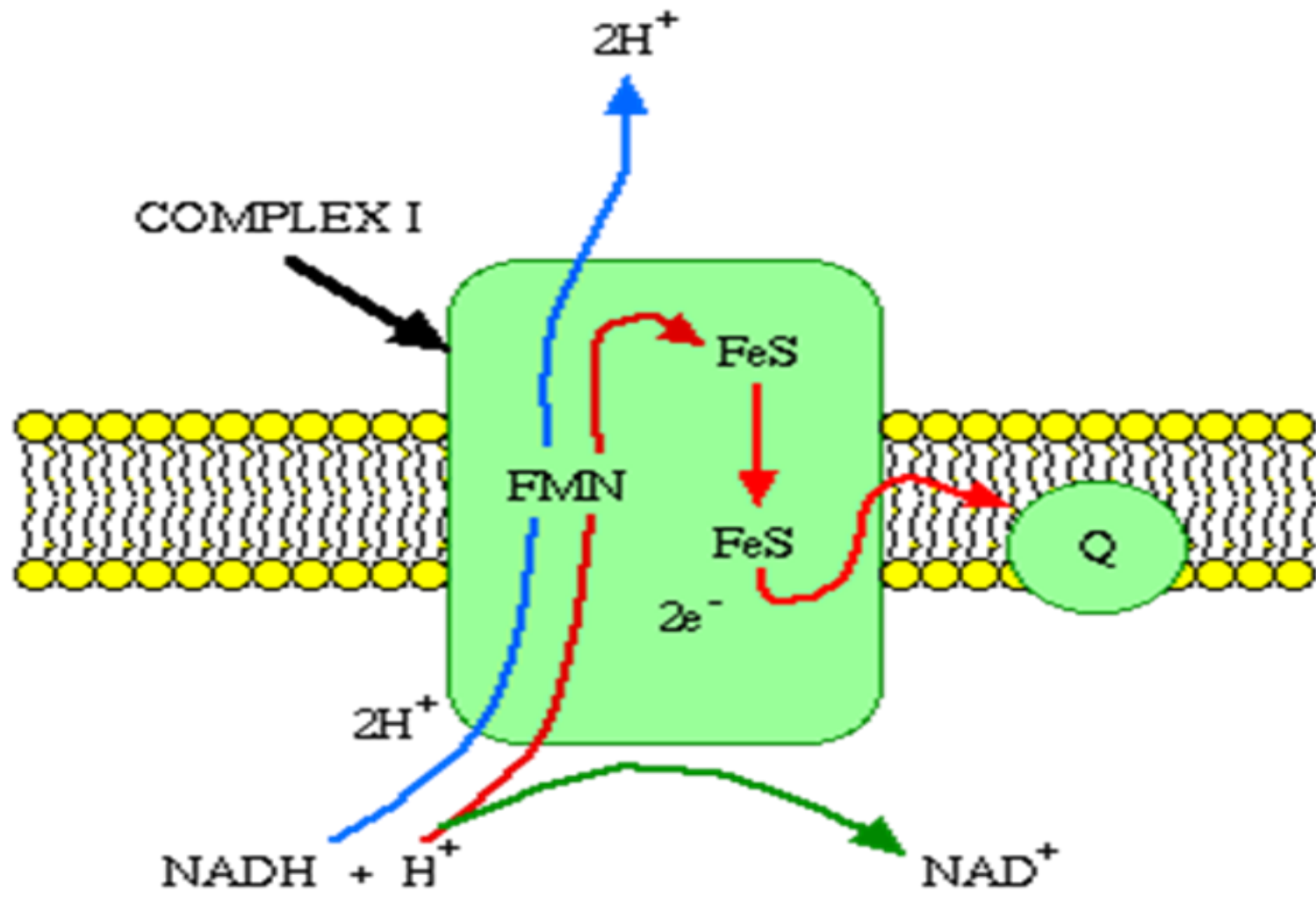
1/7/0 REMF

میتو کندری

- اجزای زنجیره تنفسی شامل چهار کمپلکس بزرگ پروتئینی است که در غشاء داخلی میتو کندری قرار دارد. در یک مسیر الکترون ها از سه کمپلکس بزرگ پروتئینی عبور می کنند که عبارت است از:
- ۱- NADH-Q اکسیدوردوکتاز (کمپلکس I) که در آن الکترون ها از NADH به کوآنزیم Q منتقل می شوند
- ۲- Q-C سیتوکروم C (کمپلکس III) که الکترون ها را تا سیتوکروم C عبور می دهد.
- ۳- سیتوکروم C اکسیداز (کمپلکس IV) که با انتقال الکترون ها به O_2 موجب احیای آن به H_2O شده و زنجیره را کامل می کند

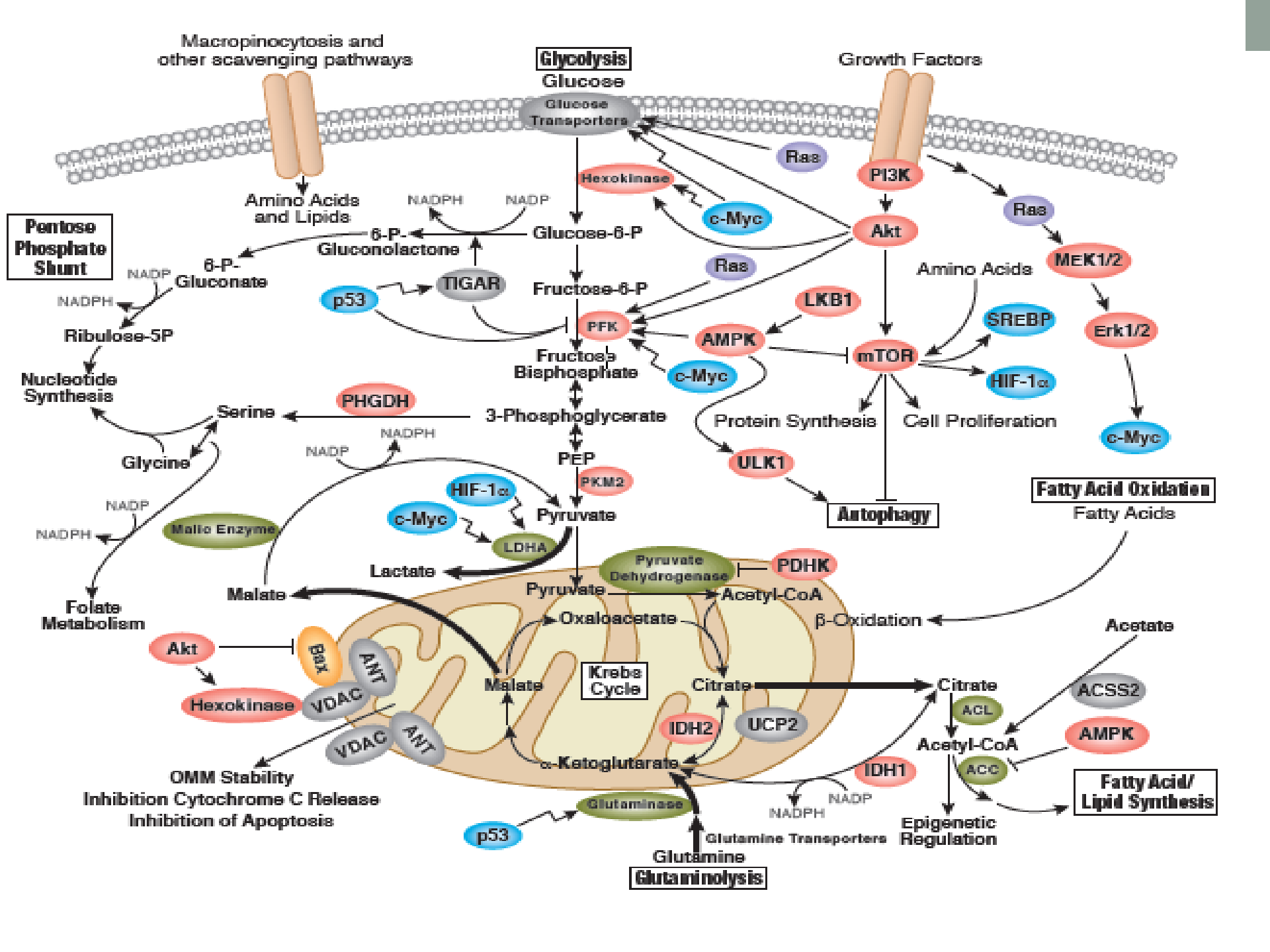


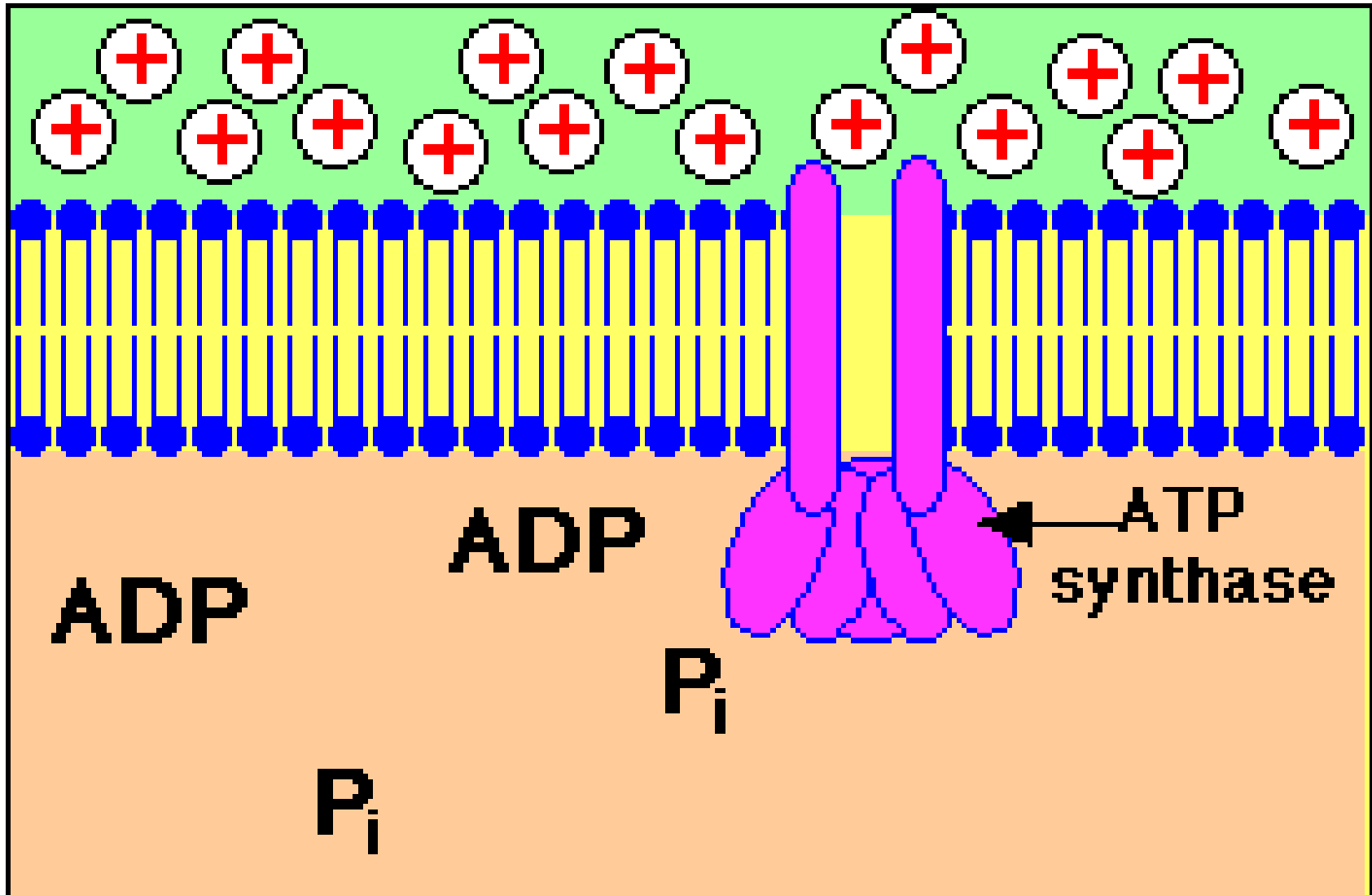


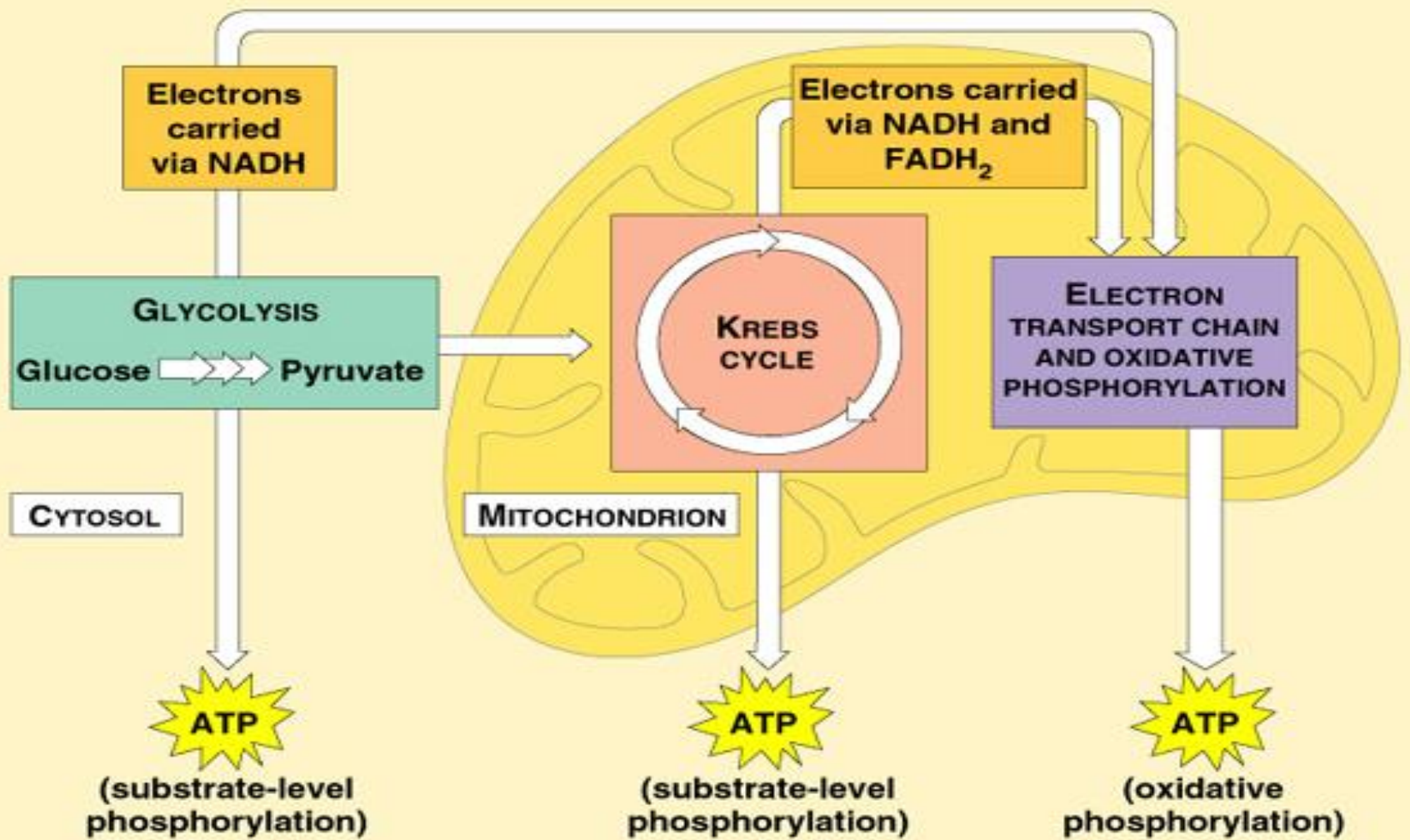


اختلالات ناشی از افزایش سن بر میتوکنندری

- اختلال ظرفیت اکسیداتیوی
- کاهش فعالیت آنزیمی
- کاهش حجم میتوکنندری
- کاهش روند نسخه برداری ژنی برای پروتئین های پلاسمایی
- کاهش DNA میتوکنندری
- افزایش آسیب اکسیداتیو DNA







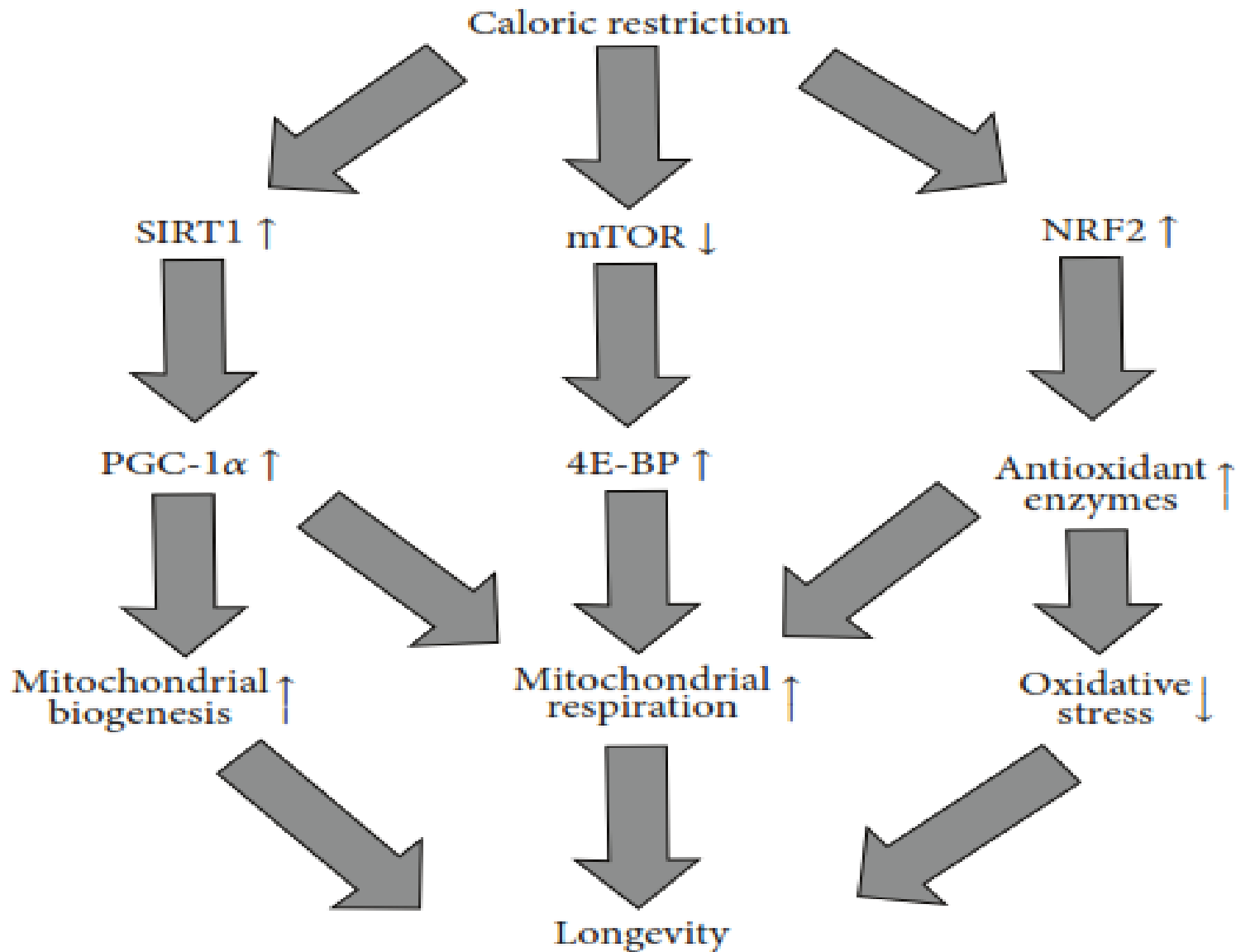
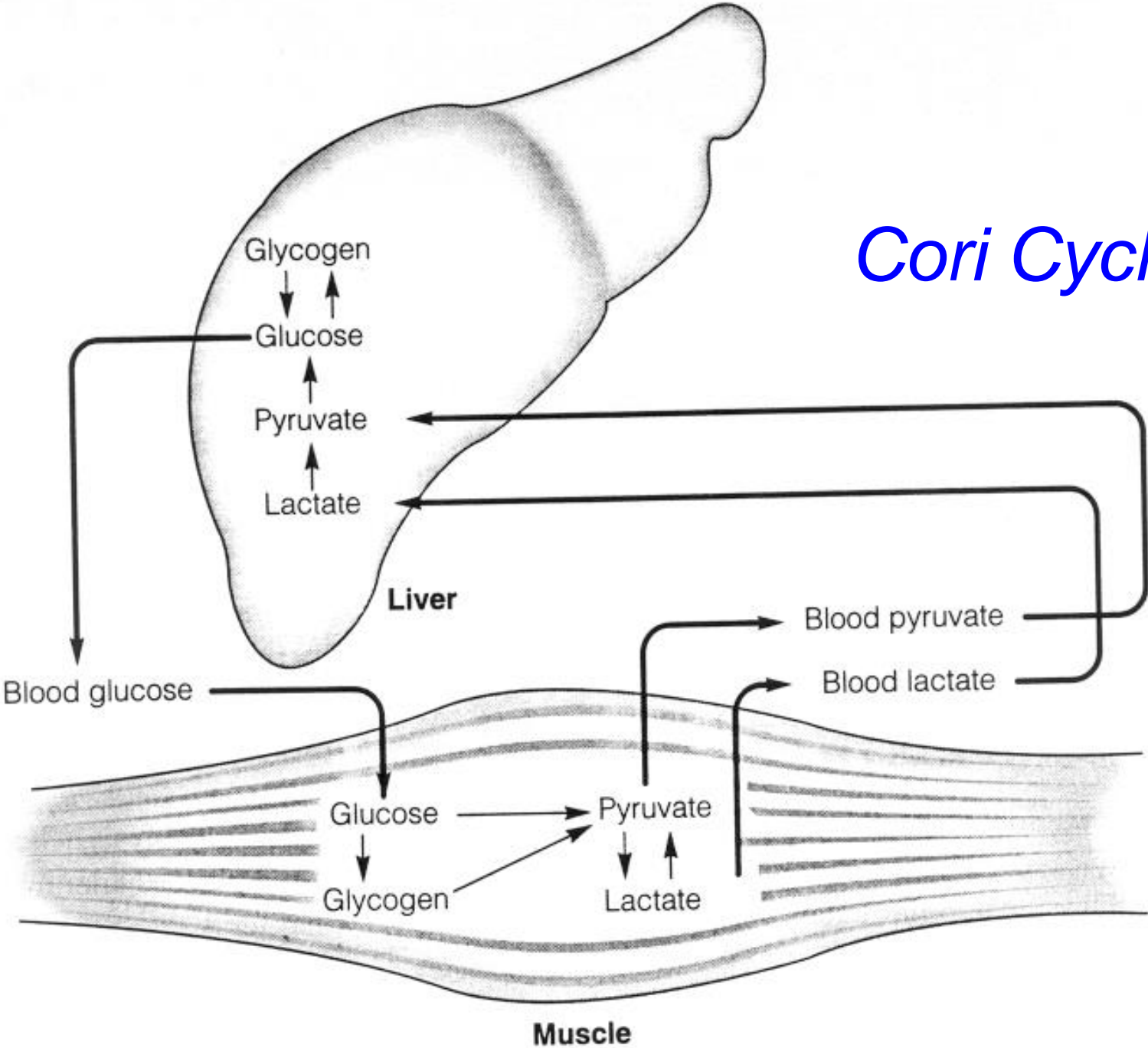
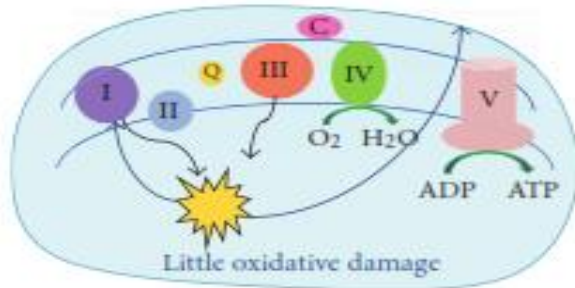


FIGURE 2: Mechanisms by which caloric restriction may improve

Cori Cycle



Mitochondria in young muscle



Mitoch. number

Mitoch. efficiency

Oxidative capacity

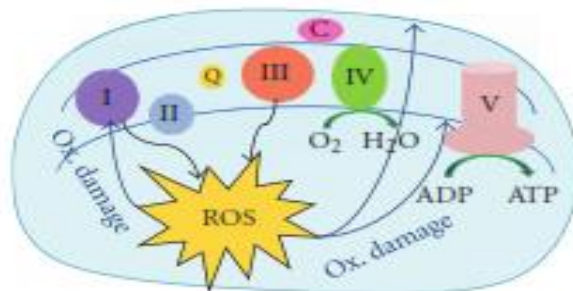
+++

Good

Good

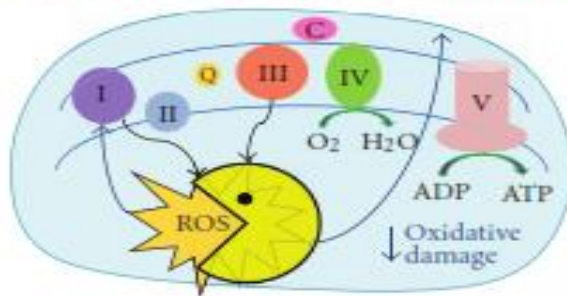
(a)

Mitochondria in older muscle



(b)

Mitochondria in older muscle + antioxidant mechanism



(c)



با تشکر از حسن توجه شما