به نام خدا

کمیته آموزش هیات پزشکی ورزشی استان مازندران

سید امید حمیدی پرچیکلایی

فیزیولوژی ورزشی

نیروی عضلانی

همانطور که می‌دانیـــد حدود ۴۰ درصد وزن بدن را عضله تشکیل می‌دهد این عضلات در خود انرژی تولید (تبدیل شکلی به شکل دیگر) می‌کنند که این نیرو، نیروی ماهیچه نامیده می‌شود که البته قابل اندازه‌گیری نیز هست. مهـــــــــم‌ترین عامل شناخته شده در آمادگی جسمانی استعداد و توانایی عضلات در وارد کردن نیرو یا مقاومت در برابر آن است. تمرینات قدرتی از عواملی است که سبب حجیـــــم شدن تارهای عضلانی می‌شود و توانایی فرد را در کاربرد نیروی تولید شده افزایش می‌دهد. قدرت ماهیچه اهمیت بسیاری در ورزشهـــــای مختلف و البته فعالیت‌های روزانه دارد بسیاری از مردان و حتی زنان از عضلات بازو و سرشـــانه ضعیفی برخوردار هستند که باعث ضعف در فعالیت‌های ورزشی و روزانه و ایجاد درد و بیماری در سنین بالا می‌شود.

استقامت عضلانی

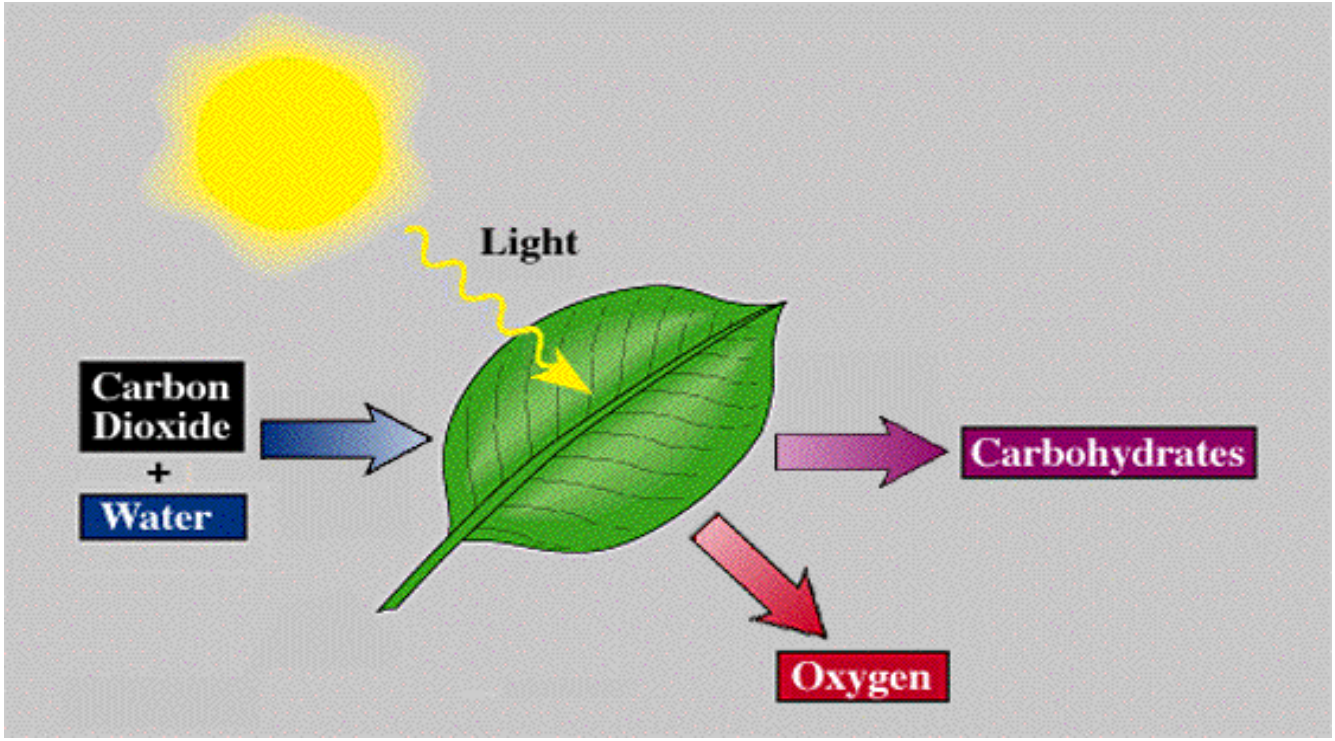
عضلات در خود انرژی ذخیـــــره می‌کنند. این عمل به ماهیچه‌ها امکان می‌دهد که مدت زیادی به فعالیت خود ادامه دهند. این عمل عضلات را استقامت عضلانی گویند. استقامت عضلانی عبارت است از ظرفیت یک عضله یا گروهی از عضلات برای انقباض مداوم. معمولاً استقامت عضله را با قدرت عضلانی اشتباه می‌گیرند ولی باید توجه کرد که معمولاً استقامت عضلانی عبارت است از توانایی در کاربرد قدرت و نگهداری این توانایی برای مدت نسبتاً طولانی. برای مثال در فعالیت‌هایی چون: برف پارو کردن، چمن زدن، نظافت و یا حرکات ورزشی چون دراز و نشست، بالا کشیدن بدن در حالت بارفیکـــس و . . . استقامت عضلانی نقش اســـاسی دارد که می‌شود با تمرینات منظم ورزشی آن را افزایش داد.

انعطاف پذیری

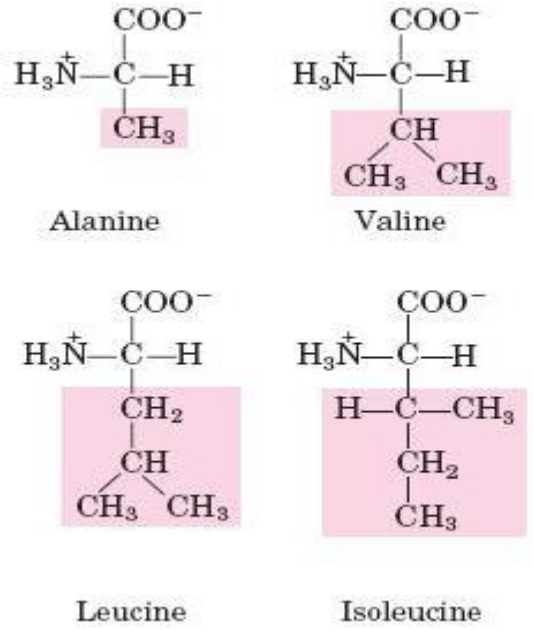
توانایی در کاربرد عضلات در وسیعترین دامنه حرکت آنها به دور مفصلهـــــا را انعطاف پذیری گویند. این عامل در آمادگی جسمانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با تمرینات ورزشی میزان توانایی مفاصل بدن در خم شدن و چرخیدن بیشتر می‌شود و در نتیجه کارایی عضلات بهبود می‌یابد اگر مفاصل از انعطاف کمی برخوردار باشند محدودیت حرکتی برای بدن ایجـــاد می‌شود. انعطاف پذیری در فعالیت‌های روزانه چون باغبـــــــانی، خانه داری، فعالیت‌های ورزشـــــی که احتیاج به نرمی و انعطاف پذیری دارند مؤثر است. که البتـــه این نقش در فعالیت‌های ورزشی چون ژیمناستیک ، دو میدانی و . . . پر رنگ تر می‌شود.

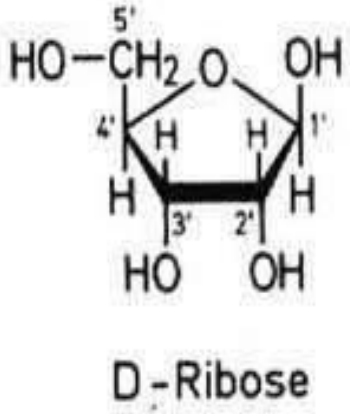
متابولیسم و انرژی زیستی

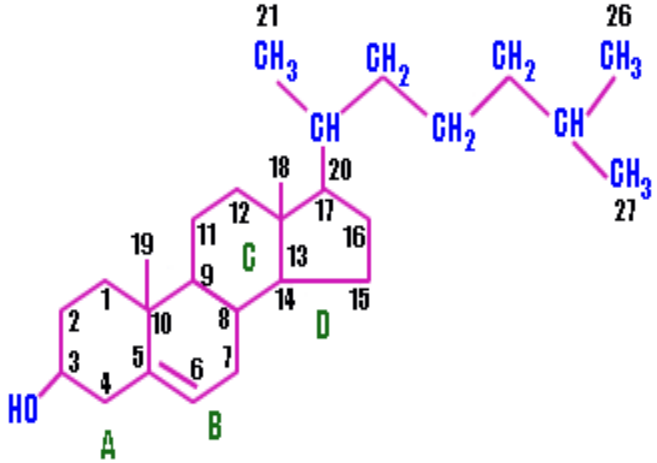
منشا تمام انرژی ها خورشید است که به صورت انرژی نورانی آشکار می شود. واکنش های شیمیایی در گیاهان (فتوسنتز) نور را به انرژی شیمیایی تبدیل می کند. انسان هم انرژی مورد نیاز را با خوردن گیاهان و حیواناتی که از گیاهان تغذیه می کنند تامین می کند.



مواد مغذی خوراکهای بلعیده شده پس از طی فرایندهای لازم، به صورت کربوهیدرات ها، چربی ها و پروتئین ها در بدن ذخیره می شوند. این سه نوع ماده سوختی اصلی و یا به سخن دیگر سوبستراهای انرژی، درصورت لزوم در سلول های بدن تجزیه شده و انرژی ذخیره شده در خود را آزاد می کنند. هر سلول دارای فرایندهای شیمیایی است که سوبستراها را به انرژی تبدیل می کند که این انرژی توسط همان سلول و یا سایر سلول های بدن مورد استفاده قرار می گیرند که به این فرایند انرژی زیستی می گویند. تمام واکنش های شیمیایی که در بدن رخ می دهند، متابولیسم نامیده می شوند

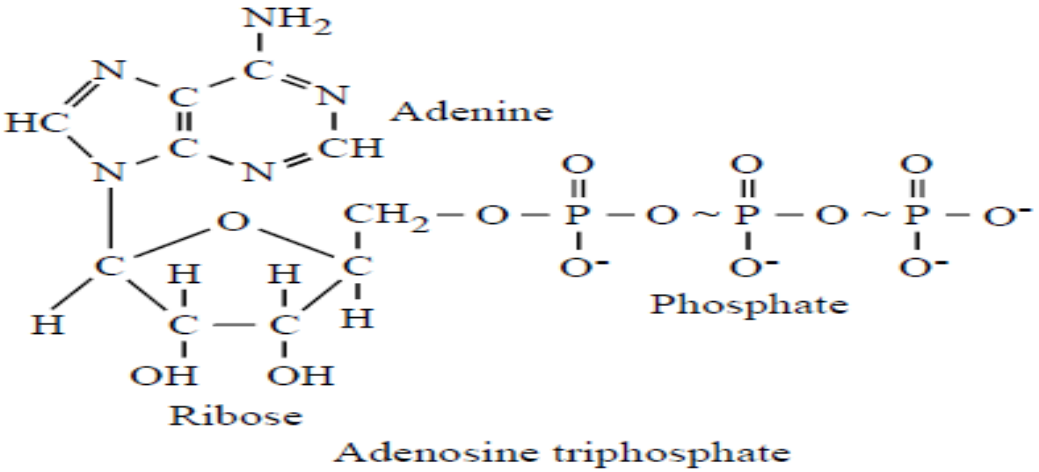






منابع انرژی

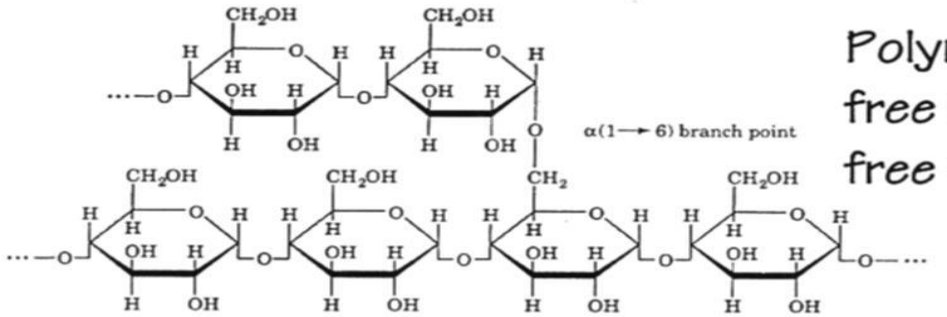
انرژی موقعی آزاد می شود که پیوند های شیمیایی شکسته شوند، زیرا این پیوند ها هستند که عناصر را برای تشکیل مولکول ها به هم وصل می کنند. مواد غذایی به طور عمده از ترکیب کربن، هیدروژن و ازت تشکیل شده اند. پیوند های مولکولی که این عناصر را در جوار یکدیگر نگه می دارد، نسبتا ضعیف هستند، به همین دلیل و قتی پیوندها شکسته می شوند، انرژی کمی آزاد می شود. در نتیجه از انرژی مواد غذایی به طور مستقیم برای اعمال سلولی استفاده نمی شود، بلکه انرژی موجود در باندهای مولکولی مواد غذایی، در درون سلول ها به صورت شیمیایی آزاد شده و سپس به صورت ترکیبی بسیار پر انرژی به نام آدنوزین تری فسفات یا ATP ذخیره می شود.



کربوهیدرات

تمام کربوهیدرات ها سرانجام به گلوکز تبدیل می شود(قند یک واحدی). گلوکز قند ساده ای است که از طریق خون به تمام بافت های بدن انتقال می یابد. تحت شرایط استراحت کربوهیدرات خورده شده در عضلات و کبد به صورت گلیکوژن در می آید. گلیکوژن در سیتوپلاسم سلول عضلانی ذخیره می شود، تا اینکه سلول از آن برای تشکیل ATP استفاده کند. گلیکوژن ذخیره شده در کبد، در صورت نیاز دوباره به گلوکز تبدیل می شود و سپس به همراه خون برای سوختن به بافت های فعال می رسد. ذخایر گلیکوژن عضله و کبد محدود است به همین دلیل هنگام فعالیت ورزشی طولانی و شدید تخلیه می شوند.

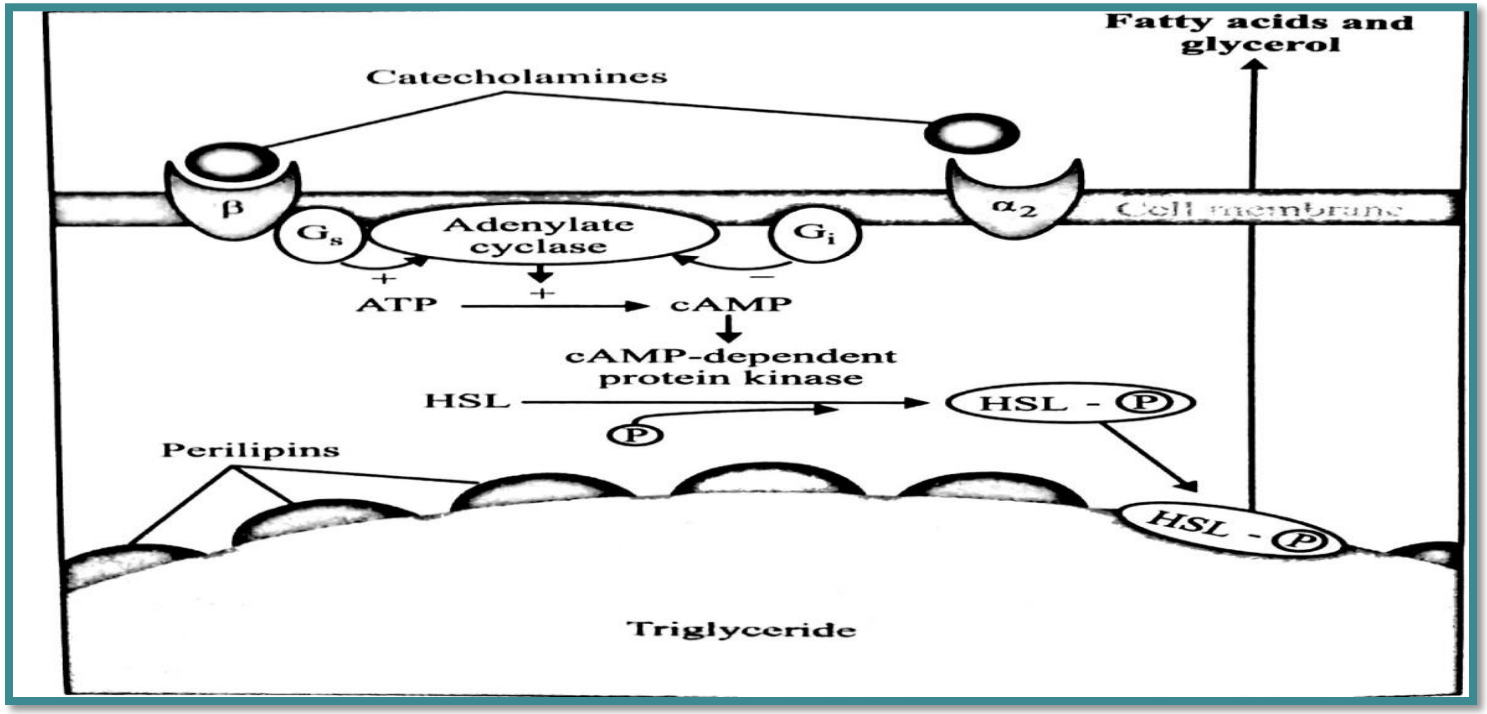
Glycogen: polymer of glucose.
α-1,4 linkages plus α-1,6 branching
0.5% of energy reserves
found in muscle and liver



Polymer is polar
free C1 = reducing end
free C4 = nonreducing

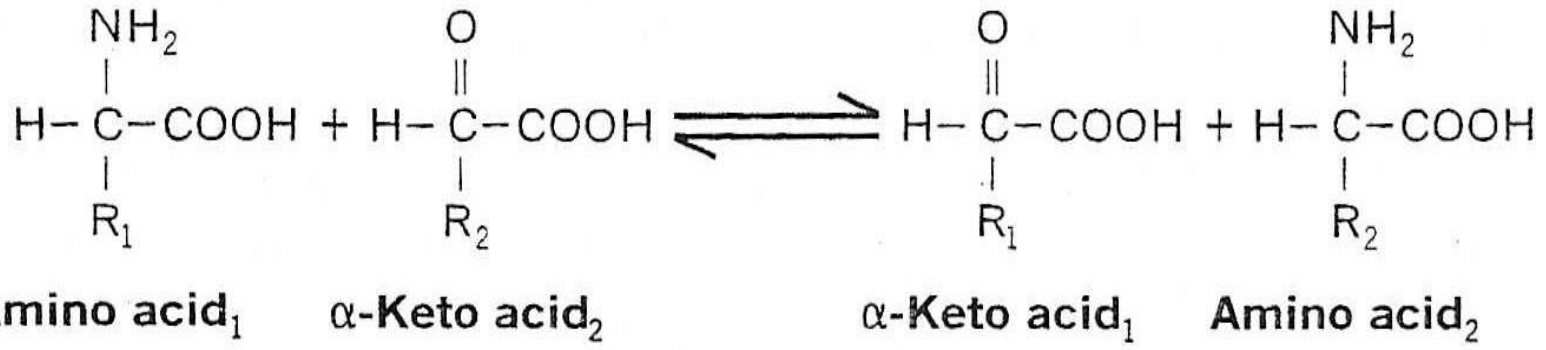
چربی

چربی ها بخش عمده ای از انرژی مورد نیاز فعالیت های ورزش کم شدت و دراز مدت را تامین می کنند. ذخایر انرژی بدن به صورت چربی از لحاظ مقدار و انرژی بالقوه بسیار بیشتر از ذخایر کربوهیدرات است. چربی به راحتی در دسترس سلول برای متابولیسم قرار نمی گیرد، زیرا ابتدا باید از شکل پیچیده و مرکب خود یعنی تری گلیسیرید به ترکیبات ساده و اولیه خود یعنی گلیسرول و اسید های چرب آزاد تبدیل شود. این تنها اسیدهای چرب آزاد هستند که برای تشکیل ATP به مصرف می رسند. انرژی که از تجزیه یک گرم چربی (تقریبا۹کیلوکالری در هر گرم) به دست می آید، بیشتر از همان مقدار کربوهیدرات است(تقریبا۴ کیلوکالری در هر گرم). با این وجود سرعت آزاد شدن انرژی از چربی به قدری آهسته است که نمی تواند تمام نیاز به انرژی را در فعالیت عضلانی شدید براورده کند.



پروتئین

پروتئین ها هم به عنوان منبع کوچکی از انرژی مورد استفاده قرار می گیرند. هنگام تخلیه شدید انرژی و یا گرسنگی مفرد پروتئین در فرایند متابولیکی درگیر می شود. پروتئین می تواند ۵ تا ۱۰ درصد انرژی مورد نیاز فعالیت ورزشی دراز مدت را فراهم کند. فقط اسیدهای آمینه پروتئین هستند که برای تولید انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. قبل از ورود به فرایند سوختی، اسید آمینه باید گروه آمینی خود را ازدست بدهد و ساختار کربنی باقی مانده می تواند وارد مسیر متابولیکی شود. هر گرم پروتئین تقریبا ۴ کیلوکالری انرژی آزاد می کند.



دستگاه های اصلی انرژی

برای تولید ATP، یک گروه فسفات به یک ترکیب نسبتا کم انرژی به نام ADP اضافه می شود که به این فرایند شیمیایی فسفوریلاسیون می گویند. مقدار ATP بدون دسترسی و وابستگی به اکسیژن، تولید می شود که به این نوع متابولیسم فسفوریلاسیون سوبسترا می گویند. سایر واکنش های مولد ATP که بدون وجود اکسیژن رخ می دهند، متابولیسم بی هوازی خوانده می شوند. هنگامی که این واکنش ها به کمک اکسیژن انجام می شوند، به آنها متابولیسم هوازی می گویند. همچنین، تبدیل هوازی ADP به ATP فسفوریلاسیون اکسایشی نامیده می شود.

سلول ها از طریق سه فرایند یا سه دستگاه مختلف ATP تولید می کنند:

۱- دستگاه ATP-PCr

۲- دستگاه گلیکولیتیک (گلیکولیز)

۳- دستگاه اکسایشی

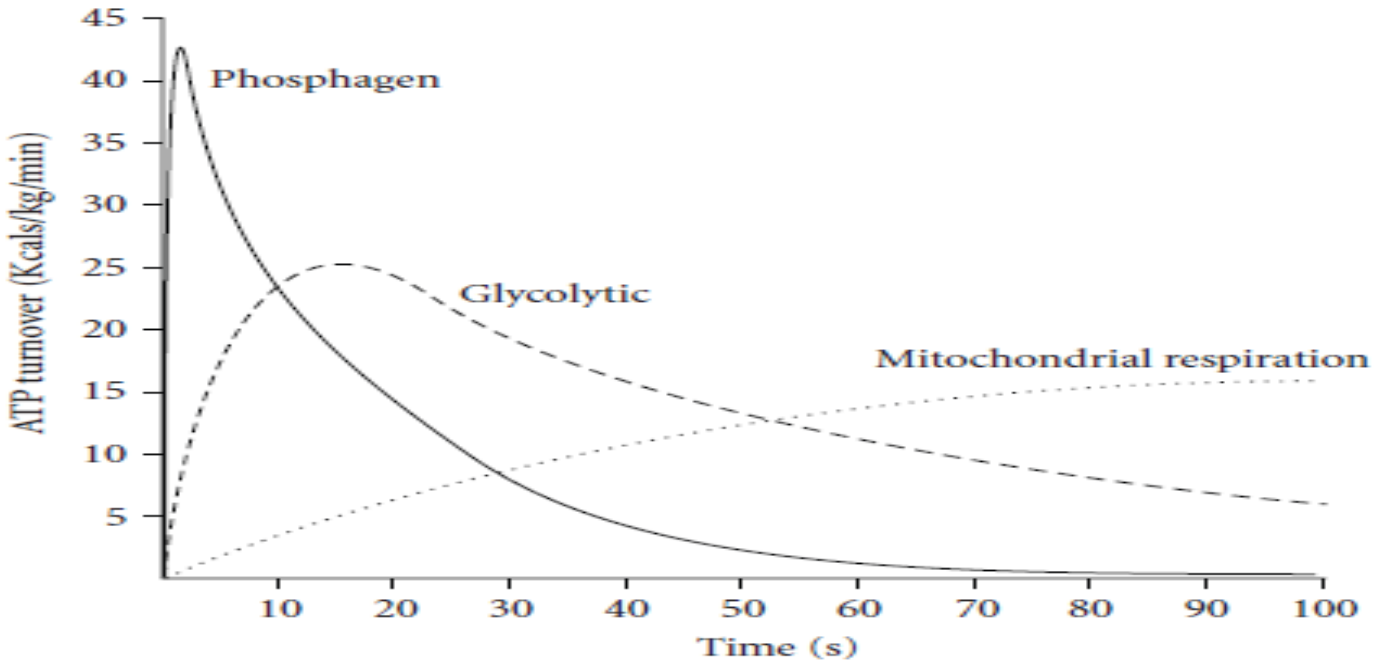
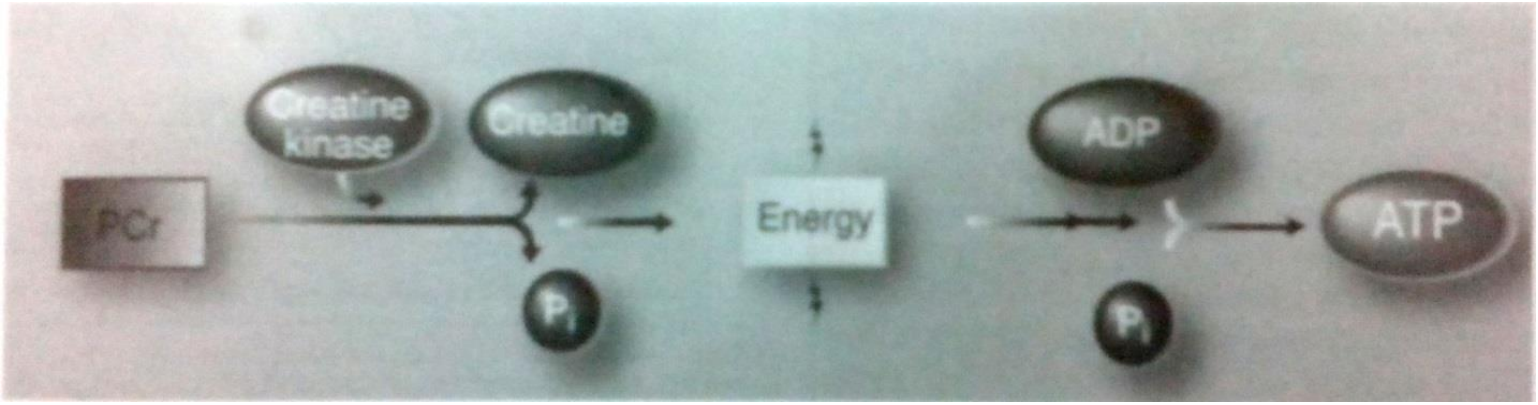


FIGURE 9: Energy system interaction and the differences in rates of ATP turnover during short term intense exercise to fatigue. The data presented is original, theoretical, and based on the authors' assessment of contemporary research evidence.

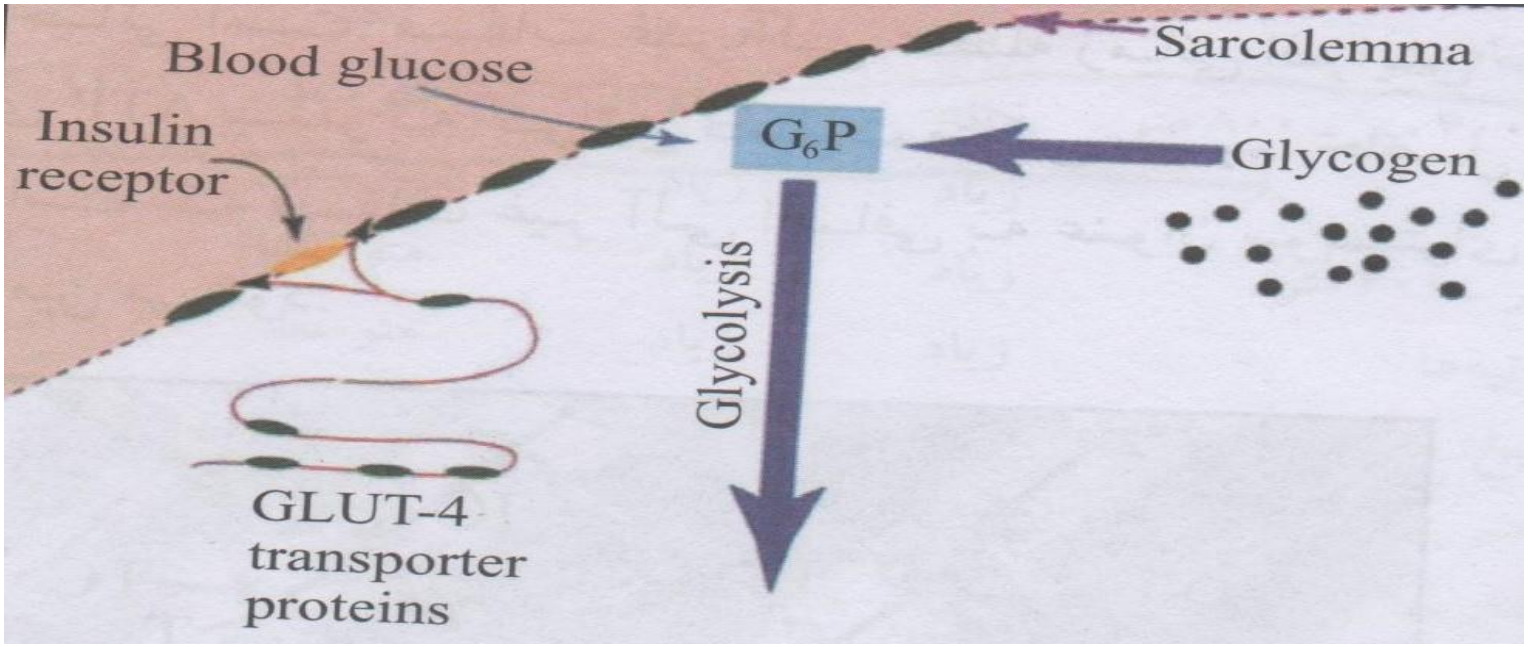
دستگاه ATP-PCr

ساده ترین دستگاه انرژی، دستگاه ATP-PCr است. آزاد شدن انرژی از PCr توسط آنزیم کراتین کیناز تسهیل می شود، به این صورت که گروه فسفات را از کراتین جدا می کند. انرژی حاصل از این واکنش باعث می شود که فسفات به مولکول ADP اضافه شود و تشکیل مولکول ATP را بدهد. به محض آنکه گروه فسفات از ATP جدا شد و انرژی آزاد شد، سلول ها از طریق تجزیه PCr انرژی لازم را برای دوباره سازی ATP از ADP فراهم می کنند. این فرایند بسیار سریع اتفاق می افتد و نیازی به سازه و یا اندامک خاصی در درون سلول ندارد.

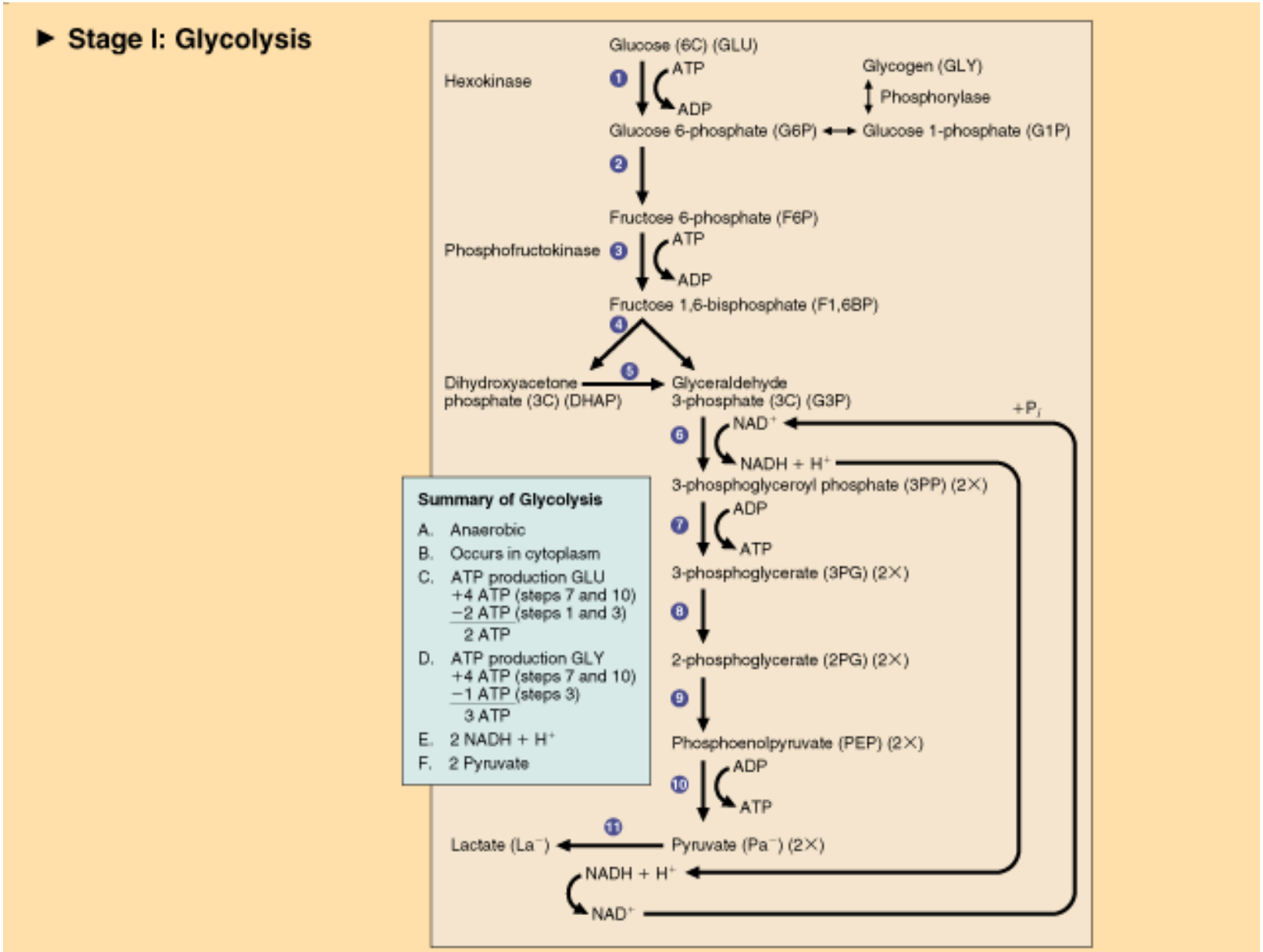


دستگاه گلیکولیتیک (گلیکولیز):

روش دیگری برای تشکیل ATP ، انرژی حاصل از تجزیه گلوکز است. ۹۹ درصد قندهای موجود در گردش خون، گلوکز است. گلوکز از هضم کربوهیدرات ها و تجزیه گلیکوژن کبد بدست می اید. در موقع نیاز، گلیکوژن تجزیه شده و به گلوکز -۱-فسفات تبدیل شده و وارد روند گلیکولیز می شود که به این فرایند گلیکوژنولیز می گویند. قبل از اینکه گلوکز یا گلیکوژن برای تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند، باید به ترکیبی موسوم به گلوکز-۶-فسفات تبدیل شوند. گلیکولیز بسیار پیچیده تر از دستگاه ATP-PCr است زیرا در واکنش های گلیکولیز به فعالیت های آنزیمی و تنظیمی بیشتری نیاز است. در آمد خالص از تجزیه هر مول گلیکوژن ۳ مول ATP است. در صورتی که اگر بجای گلیکوژن، گلوکز مورد استفاده قرار گیرد، تنها ۲ مول ATP بدست می اید.

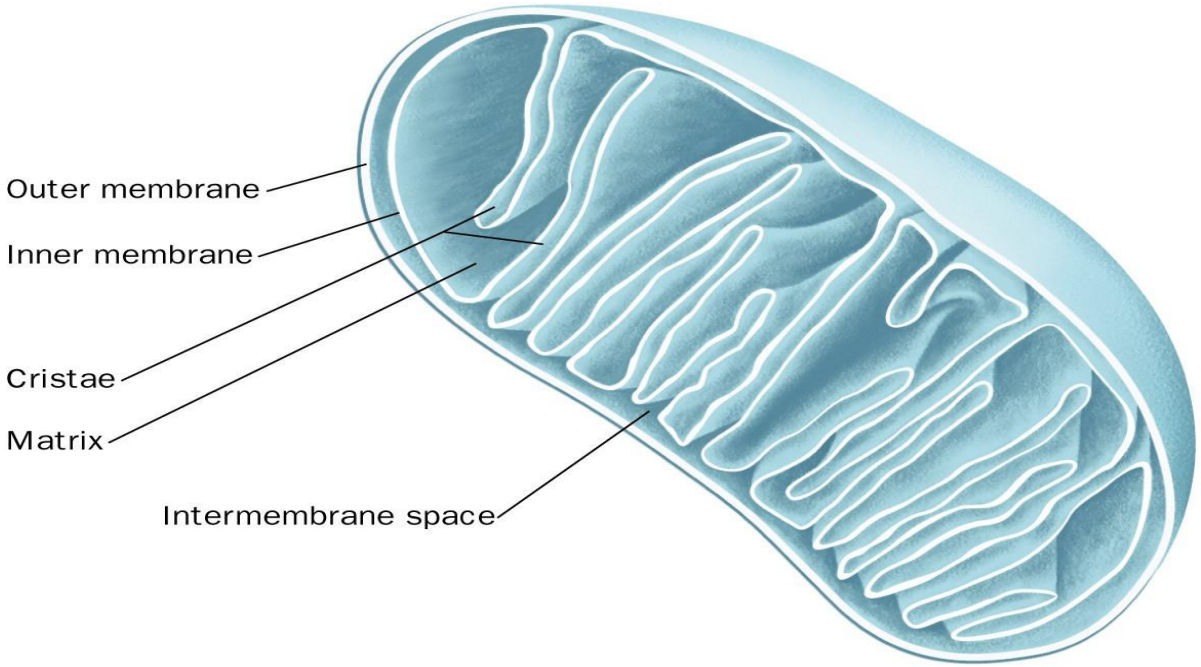


واکنش های مسیر گلیکولیز و محصولات ارائه شده در این سیستم:

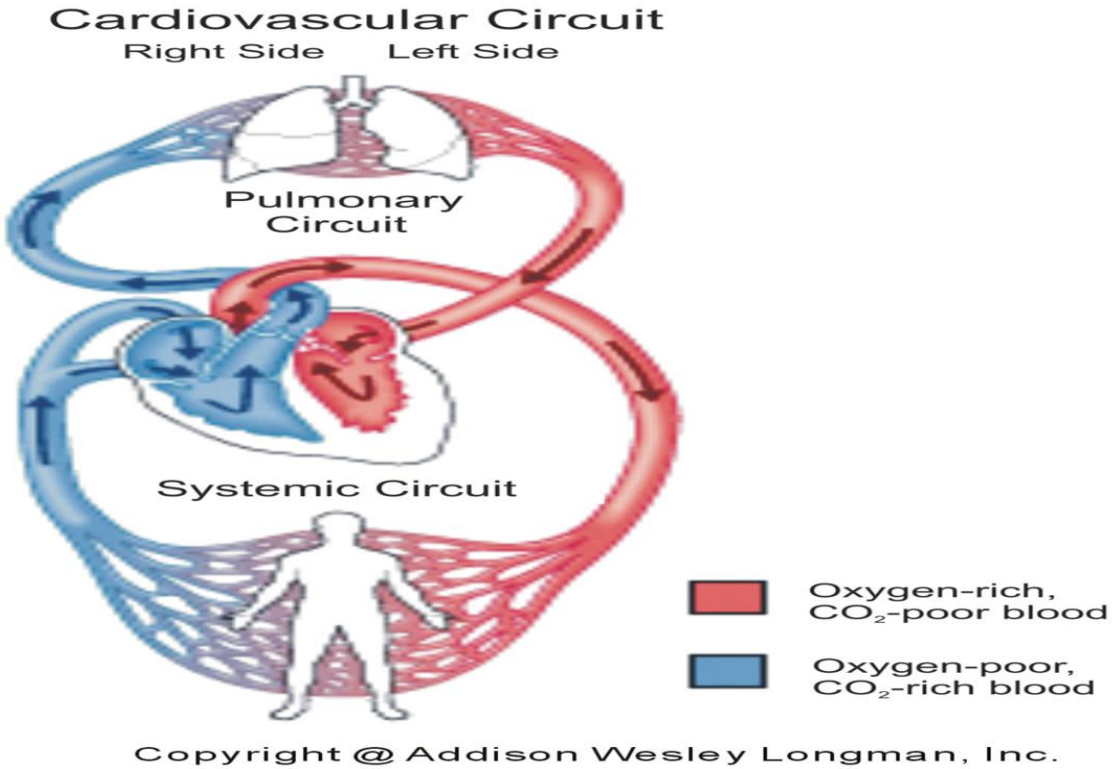


دستگاه اکسایشی:

سومین دستگاه تولید انرژی سلولی دستگاه اکسایشی است که نسبت به دو دستگاه دیگر بسیار پیچیده تر است. فرایندی که از آن طریق بدن انسان به کمک اکسیژن مواد را تجزیه می کند تا انرژی تولید کند تنفس سلولی نامیده می شود، چون در این دستگاه از اکسیژن استفاده می شود، به ان فرایند هوازی گویند. تولید اکسایشی ATP درون اندامک سلولی ویژه ای موسوم به میتوکندری انجام می گیرد.

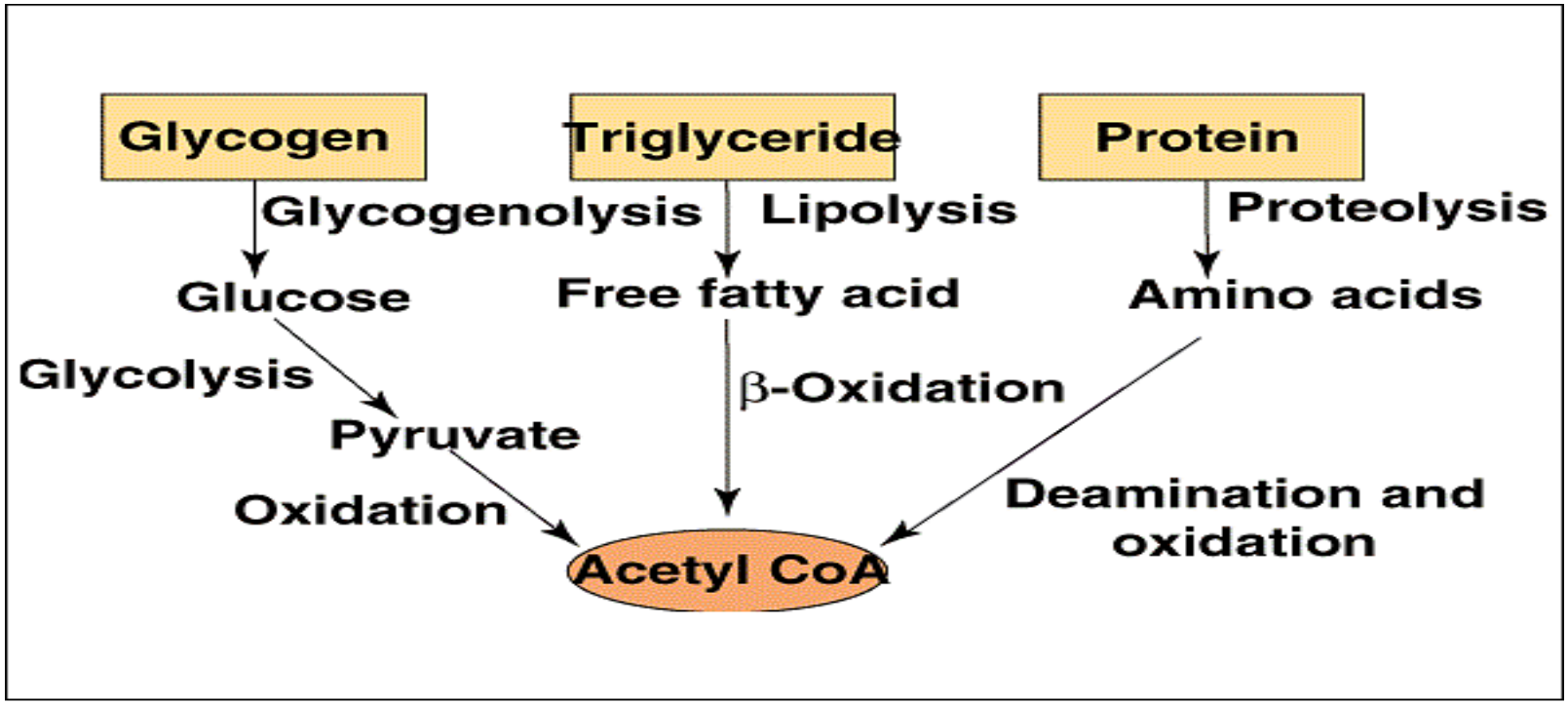


در خلال فعالیت های بدنی دراز مدت، برای اینکه عضلات بتوانند به طور مداوم نیروی مورد نیاز فعالیت را ایجاد کنند، به فراهم شدن مداوم انرژی نیاز دارند. برخلاف تولید بی هوازی ATP، دستگاه اکسایشی به آهستگی به کار می افتد ولی ظرفیت تولید انرژی آن بسیار زیاد است و به همین جهت متابولیسم هوازی روند اصلی تولید انرژی ورزش های استقامتی است. در این دستگاه نقش دستگاه قلب و عروق و تنفس برای رساندن اکسیژن به عضلات فعال بسیار مهم است.



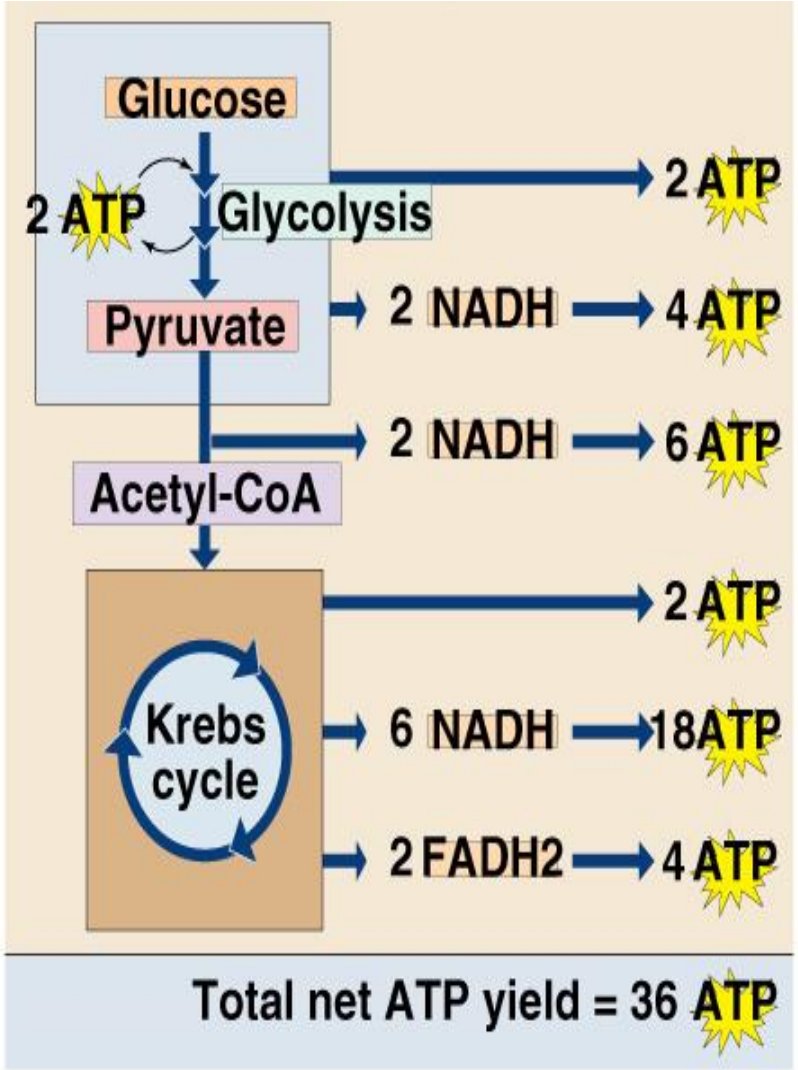
اکسایش هوازی:

تبدیل تمام درشت مغذی ها به Acetyl CoA برای ورود به روند متابولیسم هوازی مهم است.



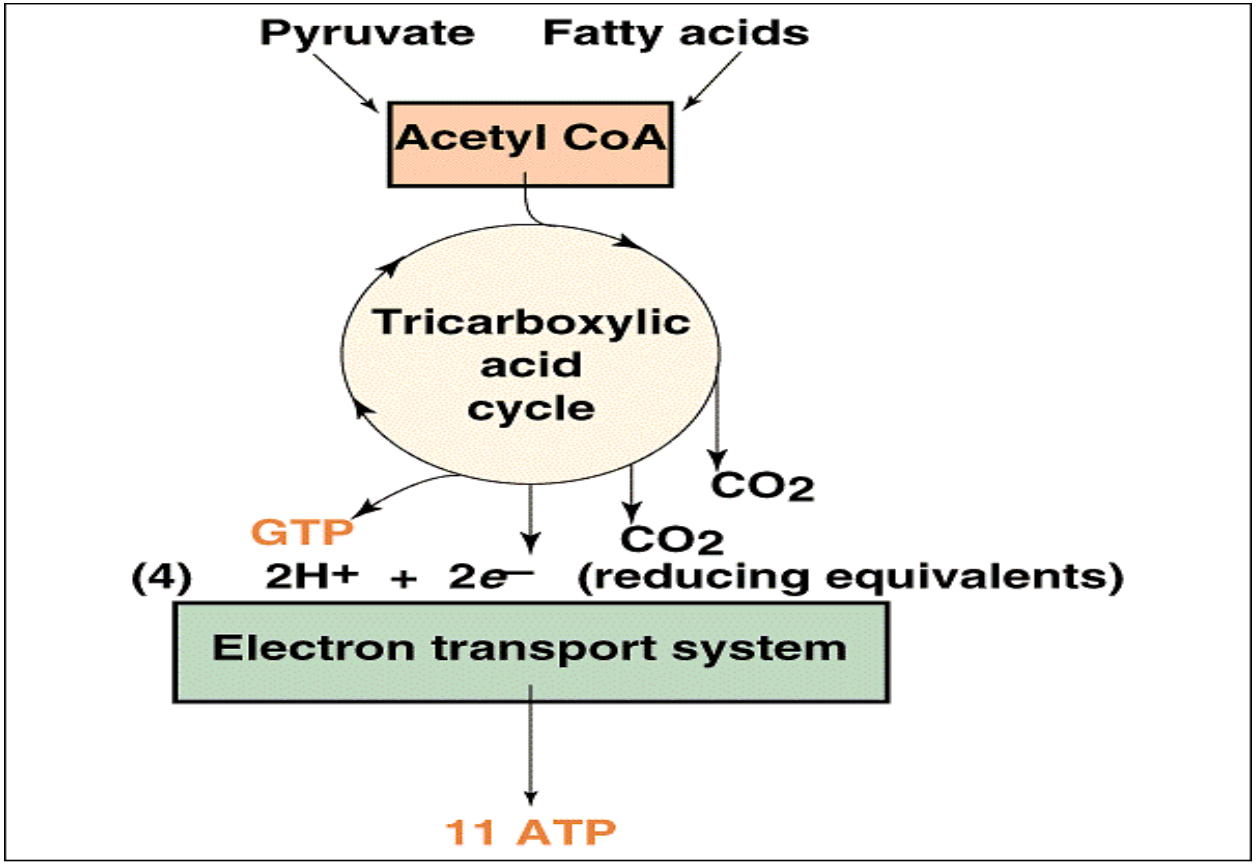
Copyright © 1997 Wiley-Liss, Inc.

اکسایش هوازی کربوهیدرات:



سیکل کربس:

در سیکل کربس مواد مغذی بیشتر سوخته شده و انرژی بیشتری بدست می اید.

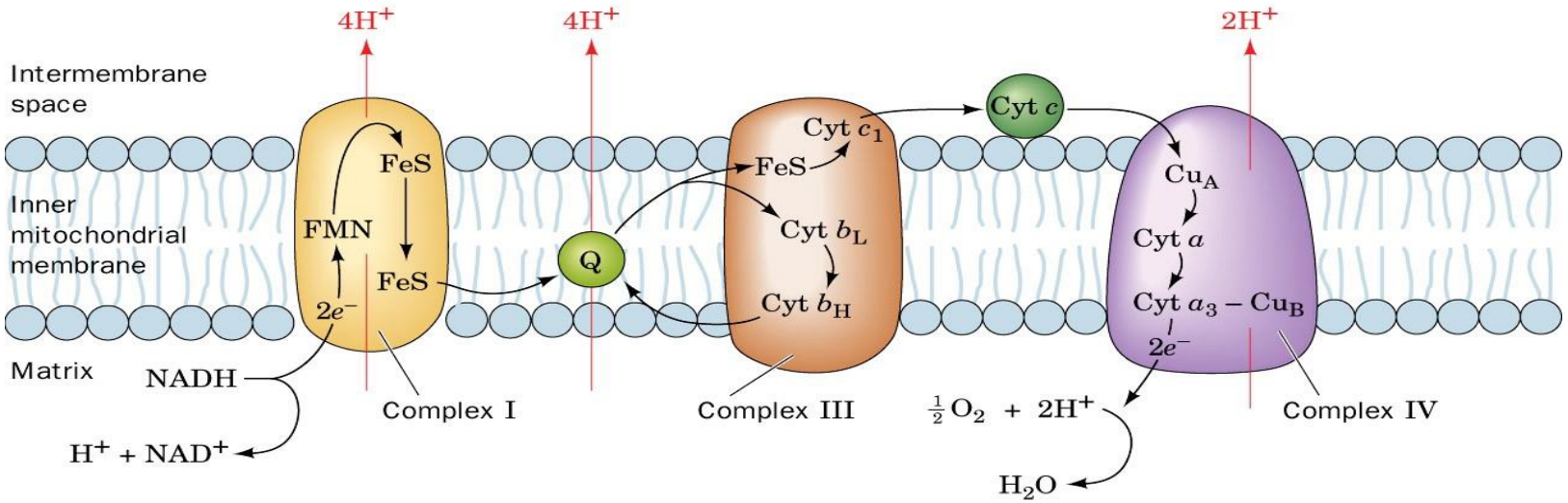


Copyright © 1997 Wiley-Liss, Inc.

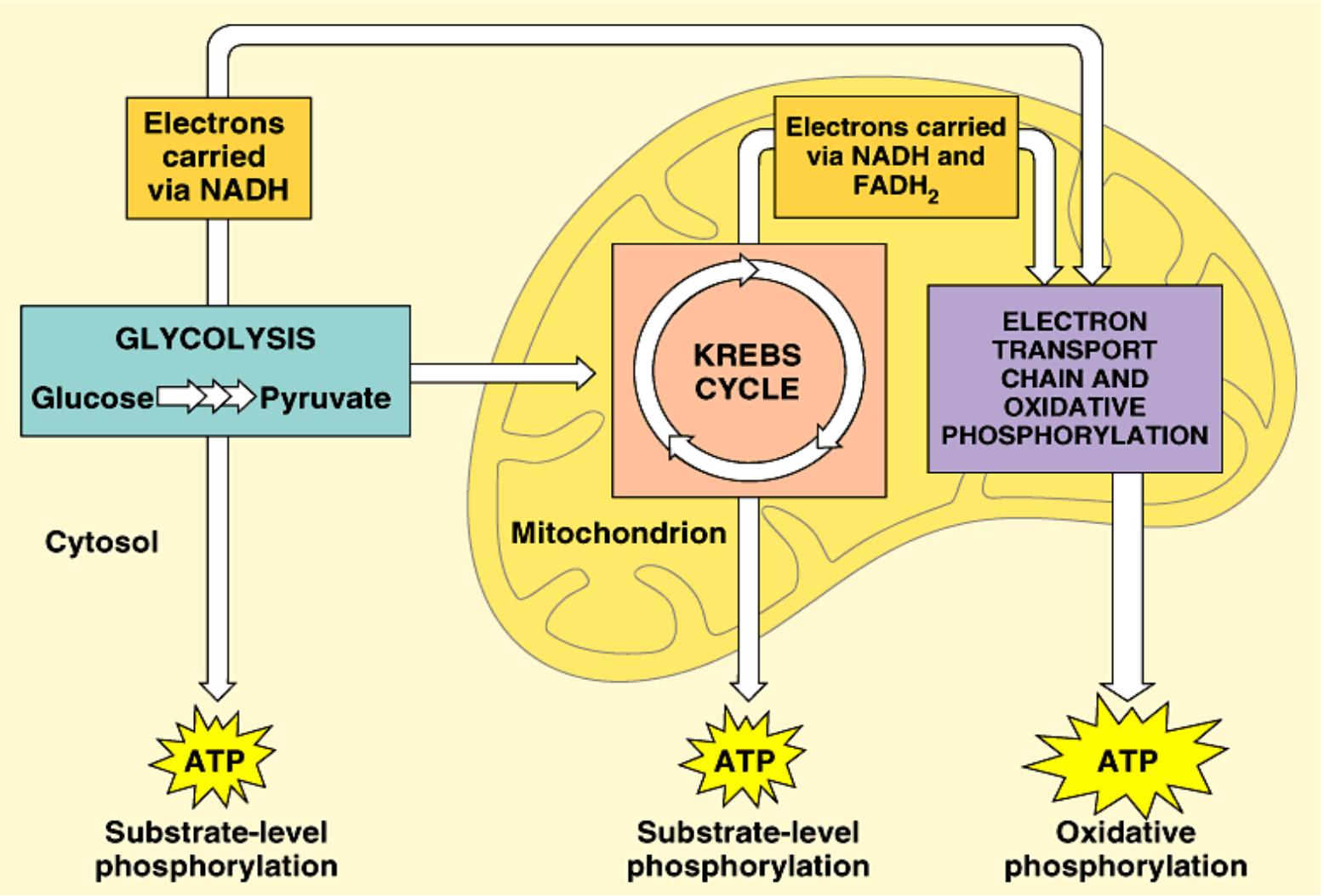
3NADH(3x3)+ 1FADH2(1x2)+ GPT(1)= 12 ATP

زنجیره انتقال الکترون:

NADHوFADHهای تولید شده در مسیرهای گفته شده باید در مسیر انتقال الکترون برای تولید ATP مورد استفاده قرار گیرند. جایی که به صورت حقیقی از اکسیژن برای تولید انرژی استفاده می شود تا ATP و آب تولید شود.



هماهنگی سیستم ها



برخی رشته های ورزشی و مسیر تولید انرژی آنها:

فعالیت	وابستگی*		مدت تقریبی	
	فسفاژن	گلیکولیتیک	میتوکندریایی	(ثانیه: دقیقه: ساعت)
ضربه زدن به توپ در فوتبال	زیاد	کم	کم	۰۵: ۰: ۰
وزنه‌برداری (توالی)	زیاد	متوسط	کم	۰۵: ۰: ۰
مواد پرتابی	زیاد	کم	کم	۱۰: ۰: ۰
دویدن روی پله	زیاد	کم	کم	۱۰: ۰: ۰
پرتاب نیزه	زیاد	متوسط	کم	۱۰: ۰: ۰
مواد پرشی	زیاد	کم	کم	۱۰: ۰: ۰
دوی سرعت ۱۰۰ متر ـ ۲۰۰ متر	زیاد	متوسط	کم	۳۰: ۰: ۰ ـ ۱۰: ۰: ۰
شناهای سرعت ۵۰ متر ـ ۱۰۰ متر	زیاد	متوسط	کم	۳۰: ۰: ۰ ـ ۱۰: ۰: ۰
وزنه‌برداری (تناوبی)	زیاد	متوسط	کم	۰۰: ۲: ۰ ـ ۳۰: ۰: ۰
دوی سرعت ۴۰۰ متر ـ ۸۰۰ متر	زیاد	زیاد	متوسط	۰۰: ۳: ۰ ـ ۰۰: ۱: ۰
کشتی	زیاد	زیاد	متوسط	۰۰: ۵: ۰ ـ ۳۰: ۰: ۰
شنای ۲۰۰ متر ـ ۴۰۰ متر	زیاد	زیاد	متوسط	۰۰: ۵: ۰ ـ ۰۰: ۲: ۰
دویدن روی تپه‌ها	زیاد	زیاد	متوسط	۰۰: ۵: ۰ ـ ۰۰: ۲: ۰
هاکی روی یخ	زیاد	زیاد	متوسط	۰۰: ۸: ۰ ـ ۰۰: ۲: ۰
دوی ۱۵۰۰ متر	متوسط	متوسط	زیاد	۰۰: ۶: ۰ ـ ۳۰: ۳: ۰
دوی ۵۰۰۰ متر ـ ۱۰۰۰۰ متر	کم	کم	زیاد	۰۰: ۳۰: ۰ ـ ۰۰: ۱۲: ۰
بسکتبال	متوسط	زیاد	متوسط	۰۰: ۴۵: ۰ ـ ۰۰: ۱۰: ۰
رقص هوازی	کم	کم ـ متوسط	زیاد	۰۰: ۰۰: ۱ ـ ۰۰: ۳۰: ۰
دوی ماراتون	کم	کم	زیاد	۰۰: ۰: ۴ ـ ۰۰: ۰: ۲
مسابقات سه گانه	کم	کم	زیاد	۰۰: ۰: ۵ ـ ۰۰: ۰: ۲

Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes

MATT R. SPENCER and PAUL B. GASTIN(2001)

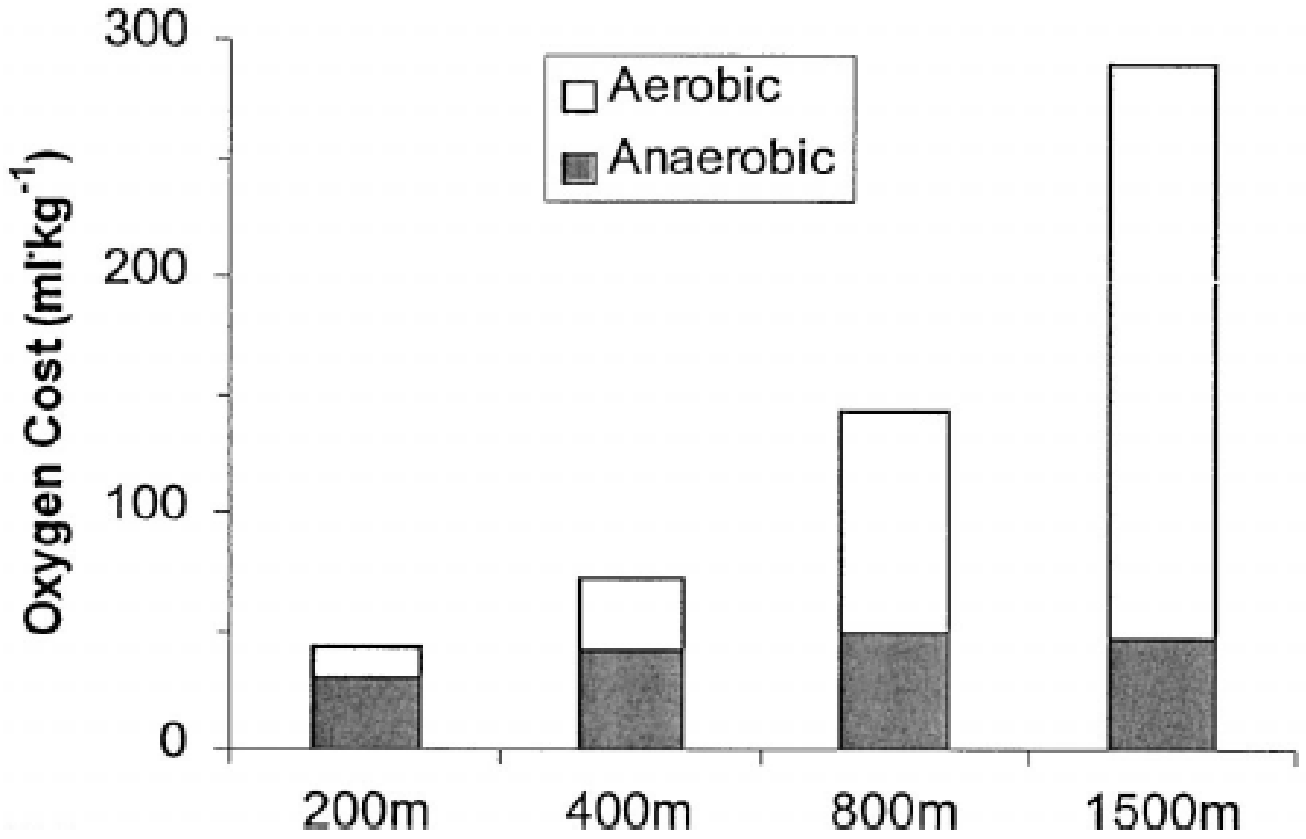


FIGURE 3—Aerobic and anaerobic contribution to the total oxygen cost of the 200-, 400-, 800-, and 1500-m runs. Data are mean values.