

گیدو بروشا

کتاب جامع تمرین عملکردی

The Functional Training Bible

Guido Bruscia

MEYER
& MEYER
SPORT

instagram page : @fitbody.university

Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd.

فهرست مطالب

4	هشدار
5	تقدیر و تشکر...
6	پیشگفتار
7	مقدمه
9	بخش I - نظریه
10	فصل 1 - دستگاه حرکتی
10	1.1 معرفی
10	1.1.1 بخش فعال دستگاه حرکتی: عضلات، تاندون‌ها و رباط‌ها
11	1.1.2 بخش غیرفعال دستگاه حرکتی: استخوان‌ها و مفاصل
11	1.2 عملکرد عضله
13	1.3 نقش عضلات منفرد
14	1.4 ویژگی‌های مفصلی عضلات
14	1.5 ویژگی‌های بافت عضلانی
15	1.6 عناصر بیومکانیک: اهرم‌ها
17	1.6.1 ملاحظات دربارۀ اهرم‌های زیستی
18	فصل 2 - سامانه‌های انرژی
18	2.1 معرفی
19	2.2 سامانه بی‌هوازی بی‌لاکتیک (کراتین فسفات)
20	2.3 سامانه بی‌هوازی لاکتیکی
21	2.4 سامانه هوازی (گلیکولیز هوازی یا فسفریلاسیون اکسیداتیو در میتوکندری‌ها)
23	2.5 تعامل سامانه‌های انرژی
24	2.6 VO2 max و آستانه بی‌هوازی
24	2.7 بدهی اکسیژن و EPOC
27	فصل 3 - انقباض عضلانی
27	3.1 معرفی
28	3.2 انقباض عضلانی
30	3.3 انواع تارهای عضلانی
32	3.4 انواع انقباض عضلانی
33	فصل 4 - نظریه تمرین
33	4.1 سامانه‌های اندامی
35	4.2 تمرین: معرفی
36	4.3 برنامه تمرینی
37	4.4 نظریه تمرین
37	4.5 پارامترهای تمرین
39	4.6 تمرینات
39	4.6.1 تمرینات مرکب
40	4.6.2 تمرینات مسابقه‌ای
42	فصل 5 - تمرین عملکردی
42	5.1 زنجیره‌های جنبشی و حرکتی
42	5.2 معنای «عملکردی»
43	5.3 اصل کنش-کارکرد
44	5.4 سنگریزه‌ها در برکه

instagram page : @fitbody.university

45	5.5 اهداف
45	5.5.1 مزایای تمرین عملکردی چیست؟
46	5.6 انگیزهها
48	5.7 تمرین عملکردی و پیش‌آمادگی ورزشی
49	5.8 تمرین عملکردی: سایر عوامل قابل توسعه
49	5.8.1 تمرین فراخوانی عصبی
50	5.8.2 تقویت عضلات محوری
51	5.8.3 تقویت حلقه‌های ضعیف زنجیره‌های حرکتی
51	5.8.4 شکستن الگو
53	فصل 6 - زنجیره بازکننده ران
53	6.1 معرفی
54	6.2 کنش و کارکرد پایین‌تنه
57	6.3 واقعیت مفصلی: افراد بلنداندام و کوتاه‌اندام
57	6.3.1 پیامدها
59	6.4 کمردرد، ایلئوپسواس و تکامل
61	فصل 7 - فاسیای شکمی
61	7.1 معرفی
62	7.2 عضلات مرکزی بدن
62	7.3 کف لگن
62	7.4 کنش فاسیای شکمی
63	7.5 کارکرد فاسیای شکمی
65	7.6 اصل گریز از مرکز
66	فصل 8 - کمربند کتفی-بازویی
66	8.1 معرفی
66	8.2 کنش کمربند کتفی-بازویی
68	8.3 کارکرد کمربند کتفی-بازویی
69	8.4 انواع گرفتن
70	فصل 9 - مفصل تیبیوتارسال و پا
70	9.1 معرفی
70	9.2 راه‌رفتن
70	9.3 دویدن
71	9.4 حرکات پا
73	بخش II - تمرین عملی
74	فصل 10 - تمرینات وزن بدن
74	10.1 خاستگاهها
74	10.2 معرفی
74	10.2.1 انواع بار
75	10.3 قوانین تمرین
76	10.4 تمرینات پایین‌تنه
128	10.5 تمرین عضلات مرکزی بدن
158	10.6 تمرینات بالاتنه
180	فصل 11 - کیسه شن
180	11.1 معرفی
180	11.1.1 خاستگاهها
180	11.1.2 پاوربگ و K-BAG

instagram page : @fitbody.university

182	11.1.3 وضعیت‌های پایه
184	11.1.4 چند ترفند کوچک
185	11.2 تمرینات تمام‌بدن
207	11.3 تمرینات پایین‌تنه
228	11.4 تمرینات فاسیای شکمی
241	11.5 تمرینات بالاتنه
260	فصل 12 - توپ پزشکی
260	12.1 معرفی
260	12.1.1 خاستگاهها
260	12.1.2 انواع
260	12.1.3 انواع گرفتن
262	12.1.4 تمرینات
263	12.2 تمرینات پایین‌تنه
291	12.3 تمرینات فاسیای شکمی
304	12.4 تمرینات بالاتنه
321	فصل 13 - کتل بل
321	13.1 معرفی
321	13.1.1 خاستگاهها
321	13.1.2 مقدمه
321	13.2 تمرینات پایین‌تنه
338	13.3 تمرینات فاسیای شکمی
343	13.4 تمرینات بالاتنه
358	بخش III - اهداف، روش‌ها و برنامه‌های تمرینی
359	فصل 14 - قدرت
359	14.1 انتخاب عملکردی
359	14.2 تمرین قدرتی
360	14.3 برنامه‌های تمرین قدرتی
363	فصل 15 - هایپرتروفی
363	15.1 تمرین هایپرتروفی
363	15.2 هایپرتروفی ظاهری و عملکردی
364	15.3 برنامه‌های تمرین هایپرتروفی عملکردی
366	فصل 16 - کاهش چربی
366	16.1 تمرین برای کاهش چربی
366	16.2 مسیرهای لیپولیتیک
367	16.3 تمرین مداری
367	16.3.1 تمرین مداری
369	16.3.2 تمرین کاردیو-فیت
372	16.3.3 تمرین عمل قلب محیطی (PHA)
375	16.3.4 مدارهای بلیتز
377	16.3.5 مدارهای زمان‌دار
379	16.3.6 بوت‌کمپ‌ها
382	اخلاق و نتیجه‌گیری
383	اعتبارات
384	پاورقیها و یادداشتهای پایانی
385	مشخصات نشر

instagram page : @fitbody.university

پیش از آغاز هر نوع تمرین، لطفاً با پزشک خود مشورت کنید. توصیه‌های این کتاب نباید به‌عنوان توصیه پزشکی تلقی شوند.

افرادی که از تکنیک‌های ارائه‌شده در این متن استفاده می‌کنند، این کار را با مسئولیت شخصی خود انجام می‌دهند. حقوق ترجمه، ذخیره‌سازی دیجیتال، تکثیر و اقتباس، چه به‌صورت کامل و چه جزئی، با هر وسیله‌ای (از جمله میکروفیلیم و نسخه‌های فتوکپی) در همه کشورها محفوظ است.

این کتاب با دقت فراوان تهیه شده است، اما هیچ مسئولیتی در قبال صحت اطلاعات مندرج در آن پذیرفته نمی‌شود. نه نویسنده و نه ناشر مسئولیتی در قبال هرگونه خسارت یا آسیبی که در نتیجه اطلاعات موجود در این کتاب رخ دهد بر عهده نمی‌گیرند.

تقدیر و تشکر...

به خانواده‌ام، که هرگز از در آغوش گرفتن من دریغ نکردند.
به استر، شریک زندگی و «الهام‌بخش» من، برای زندگی مشترکمان.
به مادر بزرگم سارا، 106 ساله، که هنوز هم عملکردی است.
به ارنستو روسی و سابرینا پارللو (و فرزندان‌شان اتوره و جووانی)، برای دوستی بزرگ، واقعی و بی‌قید و شرطشان.

instagram page : @fitbody.university

...

سپاس

این کتاب سال‌ها پیش شکل گرفت و حاصل کار نویسنده و همه کسانی است که، حتی اگر خودشان از آن آگاه نبوده‌اند، برای او منبع الهام و ایده بوده‌اند:

Emilio They, Marco Neri, Steve Cotter, Michael Boyle, Robert Dos Remedios, Alwin Cosgrove, Martin Rooney, Stuart McGill, Todd Durkin, Josh Henkin, Michol Dalcourt, Gray Cook, Marc Lebert

و بسیاری دیگر که به‌دلیل محدودیت فضا (و حافظه!) نمی‌توانم نامشان را ذکر کنم.

همچنین از همه دوستان، دانشجویان و همکارانی که با محبت و احترام مرا دنبال می‌کنند سپاسگزارم.

اینجا نیز فقط می‌توانم حق مطلب را درباره تعداد اندکی از آنان ادا کنم:

Roberto ,Emanuele Gollinucci ,Claudio Arena ,Roberto Braghiroli ,Eda Maistrelli ,Cappelletti ,دانشجویان من در دوره‌های Hamazon در Piombino و Castiglione della Pescaia ,Serena و Bruno و کارکنان باشگاه Mensana در Grosseto ,Marco Giannoni و کارکنان باشگاه Palestra Azzurra در Follonica ,Mirko و Cesare و کارکنان باشگاه Living Club در Piombino.

همچنین از شرکت‌هایی که در کارم به من کمک می‌کنند سپاسگزارم:

Elika Editrice
Fitness Best Innovation
Libertas
Ledraplastic
Tecnocomponent
Technogym
Newvitality
Superdry
Xconcept
Vibram Fivefingers
Vistawell



instagram page : @fitbody.university

از زمانی که انسان بر روی زمین پدیدار شد، همواره به شیوه خاص خود با محیط پیرامونش تعامل داشته است.

تمدن مزایای بی‌شماری برای زندگی انسان به همراه آورده، اما در عین حال او را ضعیف‌تر و کم‌حس‌تر نیز کرده است. حس بویایی، شنوایی و لامسه، حس عمقی و ظرفیت‌های گوناگون اندامی، همگی در مسیر تکامل از نیاکان ما تا امروز دستخوش تغییر شده‌اند. نتیجه این است که از یک سو در خانه‌های گرم زندگی می‌کنیم و از سوی دیگر، وزش یک باد کافی است تا با تب راهی تختخواب شویم (E venne chiamata due cuori, Marlo Morgan).

جالینوس، یکی از پدران علم پزشکی (131-201 AD)، در اثر خود De sanitate tuenda نوشت:

«...این همان چیزی است که من ورزش بدنی یا ژیمناستیک می‌نامم؛ اصطلاحی مرتبط با ژیمنازیوم، جایی که مردم برای روغن‌مالی بدن، ماساژ، کشتی، پرتاب دیسک یا دیگر فعالیت‌های ورزشی به آن می‌روند.»

بیش از 1000 سال پس از آن، مرکوریال (Mercurial) پرتاب دیسک، بالا رفتن از طناب، پیاده‌روی مسابقه‌ای، کوهنوردی و پرش طول را از سودمندترین فعالیت‌ها توصیه می‌کرد. مردم با وزنه‌هایی کم‌وبیش ابتدایی تمرین می‌کردند: توپ‌های پزشکی، دمبل‌ها، سنگ‌ها، دوزنقه، طناب‌ها و حلقه‌های ثابت.

یک ورزشکار باید قوی، سریع و مقاوم می‌بود.

امروزه محبوبیت عظیم باشگاه‌ها به شکل‌گیری مراکزی بسیار مجهز، پیشرفته و چندمنظوره انجامیده است. مراکز فیتنس اغلب فعالیت‌های فضای باز را با جلوه‌ای نمایشی تقلید می‌کنند؛ دیواره‌های صخره‌نوردی آزاد که قرار است پرتگاه‌های سنگی ناهموار را بازسازی کنند، مسیرهای آب و دستگاه‌هایی که پیاده‌روی، دویدن و دوچرخه‌سواری در فضای باز را شبیه‌سازی می‌کنند. با این حال، از جهات مختلف نشانه‌هایی از گرایشی در جهت مخالف دیده می‌شود: برنامه‌های جنگلی، مسیرهای حرکت در ارتفاع میان درختان، مسیرهای تندرستی در پارک‌ها و بازگشت به تمرینات وزن بدن که در آن خود بدن ابزار اصلی تمرین است. محبوبیت روزافزون تمرین عملکردی نشانه‌ای است از اینکه چیزی در حال تغییر است.

مردم که از فشار زندگی شهری فرسوده شده‌اند، به ریشه‌های خود بازمی‌گردند؛ نیاز به قدم‌زدن، دویدن و نوع دیگری از تمرین عضلانی را احساس می‌کنند که به ماشین‌ها یا تجهیزات نمایشی محدود نباشد. آن‌ها در جست‌وجوی جنگل یا چمنزارند.

طبیعت در اطراف، و بالای سر، آسمان به‌عنوان تنها مرز.

وقتی از آموزش سخن می‌گوییم، منظورمان نظامی از دانش است که حوزه‌های مختلف یادگیری را در بر می‌گیرد و پیوسته در حال تحول است.

فعالیت در باشگاه نیازمند دانش فیزیولوژی، آناتومی و بیومکانیک است. همچنین ثابت شده است که آگاهی از تغذیه و مکمل‌ها بر عملکرد ورزشی و نتایج آن اثر می‌گذارد؛ و این اثر فقط به دستاوردهای ورزشی محدود نیست. افزون بر این، در سال‌های اخیر مطالعات متعدد بسیاری از ایده‌ها و برداشت‌های نادرست مرتبط با دنیای ورزش را دگرگون کرده‌اند.

دانش سفری ناتمام و آکنده از آزمون و خطاست. البته باید تمرین عملی را نیز به این واقعیت‌ها افزود؛ علمی تجربی که به هیچ‌وجه بدیهی و تضمین‌شده نیست. برخلاف باور رایج، تمرین صرف ما را کامل نمی‌کند: این «تمرین کامل و صحیح» است که ما را کامل می‌کند. هدف آموزش، ایجاد حرفه‌ای‌گری است؛ واژه‌ای که امروز بیش از هر زمان دیگری در ارزیابی یک مربی نقشی بنیادی دارد. فرد حرفه‌ای کسی است که عملکردی منحصربه‌فرد ارائه می‌دهد. این را فراموش نکنیم.

هشدار

این کتاب درسی با در نظر گرفتن علاقه‌مند معمولی فیتنس نوشته شده است.

به همین دلیل، از موضوعاتی که ارتباط مستقیم و ضروری با بحث ندارند به اختصار عبور کرده‌ام و در چند مفهوم، تعریف کاملاً فنی را به نفع زبانی مستقیم‌تر و روشن‌تر کنار گذاشته‌ام.

instagram page : @fitbody.university

زبان پزشکی

زبان پیچیده و اصطلاح‌زده پزشکی به جذب و درک مفاهیم کمک نمی‌کند.

جمع‌بندی‌ها

در سال 2004، در یک همایش مربیان شخصی، سخنرانی‌ای با عنوان «تمرین عملکردی برای اندام‌های تحتانی: یک دیدگاه جدید» ارائه کردم. در سال‌های بعد، موضوع تمرین عملکردی را عمیق‌تر بررسی کردم و یافته‌هایم را با یافته‌های چند تن از صاحب‌نظران در آمریکا، اسپانیا، سوئیس، آلمان، اسلونی و ایتالیا مقایسه کردم.

تمرین عملکردی زندگی شما را تغییر می‌دهد. نه زندگی ورزشی شما را که بر جست‌وجوی عملکرد بهینه یا، متناسب با آن، هایپرتروفی و بدنی به شدت تون‌شده متمرکز است. تمرین عملکردی صرفاً باعث می‌شود افراد احساس بهتری داشته باشند؛ فعال‌تر، قوی‌تر و مقاوم‌تر شوند. ظرف چند هفته متوجه خواهید شد که وضعیت سلامت شما در حال

تغییر است و کارایی جسمانی و احساس تندرستی‌ای که امروز دارید به سطحی بالاتر رسیده است. همه این‌ها حاصل بهینه‌سازی عواملی است که در ساختن بدنی تازه نقش دارند. مسئله فقط تون‌شده‌تر شدن نیست؛ بلکه برای نخستین بار آگاهی از احساس کارآمد و توانمند بودن شکل می‌گیرد.

بدن شما مانند لباسی است که دقیقاً برای شما دوخته شده است: بهترین جایی است که می‌توانید در آن زندگی کنید.

تنها کاری که باید انجام دهید این است که امتحانش کنید.



instagram page : @fitbody.university



instagram page : @fitbody.university

1. دستگاه حرکتی (The Locomotor Apparatus)

1.1 معرفی (Presentation)

هر بار که به یک فعالیت ورزشی فکر می‌کنیم، آن را با مفهوم حرکت (**Motion**) پیوند می‌دهیم. این فرایند آن قدر فراگیر و طبیعی است که معمولاً به چرایی بنیادین آن فکر نمی‌کنیم. در دوره‌های آموزشی، دانشجویانی که به تمرین علاقه‌مند و مشتاق‌اند، گاهی از من می‌پرسند چرا لازم است مطالبی را بدانند که ظاهراً هیچ ارتباطی با پرس روی نیمکت افقی یا اسکوات ندارند.

پاسخ این است که ژیمناستیک، در گسترده‌ترین معنای آن، یک علم تجربی است و در کنار مبانی علمی‌ای قرار می‌گیرد که پیوسته با تمرین ورزشی در باشگاه یا فضای باز تعامل دارند. به همین دلیل، در این کتاب نه فقط با تعریف‌های گوناگون، بلکه با مثال‌هایی نیز روبه‌رو خواهید شد که مستقیماً به عمل و تمرین بازمی‌گردند.

دستگاه حرکتی (Locomotor Apparatus) ساختاری است که به انسان امکان می‌دهد نسبت به فضا و جهان بیرون حرکت کند. برای اهداف عملی، این دستگاه به یک بخش فعال و یک بخش غیرفعال تقسیم می‌شود. بخش فعال از عضلات، تاندون‌ها و رباط‌ها تشکیل شده است. بخش غیرفعال از استخوان‌ها و مفاصل تشکیل می‌شود. هر یک از این بخش‌ها در ادامه به اختصار بررسی می‌شوند.

1.1.1 بخش فعال دستگاه حرکتی: عضلات، تاندون‌ها و رباط‌ها

عضلات

instagram page : @fitbody.university

اصطلاح عضله (**Muscle**) از واژه لاتین musculus گرفته شده است (از mus به معنی «موش»، زیرا برخی حرکات یادآور جست‌وخیز سریع موش هستند) و به اندامی از بافت زیستی اشاره دارد که توانایی انقباض دارد.



[1]

عضلات به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- عضلات صاف یا غیرارادی (**Smooth or Involuntary Muscles**): تحت فرمان دستگاه عصبی خودمختار (Autonomic Nervous System) هستند؛ دیواره چندین اندام و دستگاه بدن را می‌پوشانند و انقباض آن‌ها امکان عملکرد این ساختارها را فراهم می‌کند یا عملکردشان را بهبود می‌دهد.

- عضلات اسکلتی مخطط یا ارادی (**Striated Skeletal or Voluntary Muscles**): تحت فرمان دستگاه عصبی مرکزی (Central Nervous System) هستند؛ اسکلت را می‌پوشانند و با انقباض یا کوتاه‌شدن خود، حرکت اهرم‌های استخوانی را ایجاد می‌کنند.

نوع خاصی از عضله مخطط، **میوکارد (Myocardium)** یا عضله قلب است که تحت فرمان دستگاه عصبی خودمختار قرار دارد.

تاندون‌ها

تاندون‌ها (Tendons) نوارهایی از بافت همبند با خاصیت کشسانی اندک‌اند و وظیفه آن‌ها اتصال عضلات به استخوان‌هاست. نقش آن‌ها انتقال تنش از عضلات به اهرم‌های استخوانی و در نتیجه امکان‌پذیر کردن حرکت این اهرم‌هاست.

رباط‌ها

رباط‌ها (Ligaments) دسته‌هایی از بافت همبند با درصدهای متفاوتی از الیاف کلاژن هستند که استخوان‌ها را در محل مفاصل به یکدیگر متصل می‌کنند. هدف رباط‌ها محدود کردن حرکت مفصلی‌ای است که در صورت ادامه یافتن می‌تواند خطر ایجاد آسیب را به همراه داشته باشد. برای مثال، رباط‌های جانبی داخلی و خارجی زانو، در کنار رباط‌های صلیبی قدامی و خلفی، به محدود کردن حرکات چرخش داخلی و خارجی مفصل کمک می‌کنند تا از آسیب به خود زانو جلوگیری شود.

1.1.2 بخش غیرفعال دستگاه حرکتی: استخوان‌ها و مفاصل

استخوان‌ها



[2]

استخوان‌ها (**Bones**) بافت‌های تخصص‌یافته‌ای با مقاومت مکانیکی زیاد هستند. آن‌ها به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- استخوان‌های بلند (**Long Bones**) - مانند هومروس، فمور، تیبیا و رادیوس: از یک تنه کشیده به نام دیاфіز (**Diaphysis**) و انتهای طرفینی به نام اپی‌فیز (**Epiphysis**) تشکیل شده‌اند؛ این استخوان‌ها حرکات درشت را ایجاد می‌کنند که با دامنه‌های وسیع مفصلی مشخص می‌شوند.
- استخوان‌های کوتاه (**Short Bones**) - مانند مهره‌ها: در هر 3 بُعد فضایی قطر تقریباً مشابهی دارند.
- استخوان‌های نامنظم (**Irregular Bones**) - مانند استخوان‌های صورت و کشکک: با ابعاد و شکل متغیر مشخص می‌شوند.
- استخوان‌های پهن (**Flat Bones**) - مانند لگن، جناغ و جمجمه: وظیفه آن‌ها محافظت از اندام‌های داخلی است.

قرار گرفتن بافت استخوانی در بخش غیرفعال دستگاه حرکتی نباید شما را به اشتباه بیندازد: استخوان بافتی بسیار فعال و پویاست. در واقع، از بدو تولد، استخوان وارد فرایند بازسازی استخوان (**Bone Remodeling**) می‌شود؛ فرایندی که شامل تغییر و هم‌پوشانی مراحل کاتابولیک و آنابولیک است. مراحل کاتابولیک به وسیله ریزاندامک‌هایی به نام استئوکلاست‌ها (**Osteoclasts**) تحریک می‌شوند و مراحل آنابولیک را سلول‌های تخصص‌یافته دیگری به نام استئوبلاست‌ها (**Osteoblasts**) فعال می‌کنند. اثر پیزوالکتریک (**Piezoelectric Effect**) محرک افزایش فعالیت ساخت بافت استخوانی را فراهم می‌کند.

این موضوع چه سازوکاری دارد؟ هنگام فعالیت حرکتی، فشرده شدن بخش‌های استخوانی در نقاط تحمل بار باعث دپلاریزاسیون الکتریکی غشای استخوان می‌شود. در نتیجه، نیاز موضعی بیشتری به استئوبلاست‌های بازسازنده ایجاد می‌شود. این مسئله توضیح می‌دهد که چرا تمرین با وزنه، همان‌طور که چندین مطالعه نشان داده‌اند، راهکاری بسیار مناسب برای مقابله با پوکی استخوان به شمار می‌آید.

instagram page : @fitbody.university

مفاصل

مفاصل (**Joints**) نقاط اتصال میان 2 یا چند قطعه استخوانی هستند که استخوان‌ها حول آن‌ها می‌چرخند.

مفاصل را می‌توان بر اساس پیکربندی و میزان تحرکشان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- سین‌آرتروزها (**Synarthroses**): مفاصل ثابت و فیبری هستند که امکان حرکت در آن‌ها بسیار کم است یا اصلاً وجود ندارد.
- آمفی‌آرتروزها (**Amphiarthroses**): مفاصل نیمه‌متحرک‌اند و اغلب ساختاری غضروفی دارند (برای مثال، مهره‌ها).
- دی‌آرتروزها (**Diarthroses**): مفاصل متحرک و سینوویال‌اند که دامنه حرکتی بیشتری دارند. از نظر دامنه حرکت، مهم‌ترین آن‌ها ان‌آرتروزها (**Enarthroses**) هستند (برای مثال، مفصل شانه و ران) که سطوح مفصلی کروی‌شکل و چندمحوره دارند.

1.2 اعمال عضلانی (Muscle Action)

برای روشن‌تر شدن مطلب، اعمال مختلف عضلانی را ساده‌سازی کرده‌ام و تعریف فنی هرکدام را در پرانتز آورده‌ام.

- **خم شدن (Flexion):** زمانی که 2 قطعه استخوانی به یکدیگر نزدیک می‌شوند (بخش متحرک از صفحه افقی دور می‌شود).
مثال: عضله دوسربازویی، عضله دوسررانی.
- **باز شدن (Extension):** زمانی که 2 قطعه استخوانی از یکدیگر دور می‌شوند (بخش متحرک به صفحه افقی نزدیک‌تر می‌شود). مثال: عضله سه‌سربازویی، عضله چهارسررانی.
- **نزدیک کردن (Adduction):** زمانی که یک قطعه استخوانی به خط ساژیتال میانی نزدیک می‌شود (بخش متحرک به صفحه ساژیتال نزدیک‌تر می‌شود). مثال: گروه عضلات نزدیک‌کننده ران.
- **دور کردن (Abduction):** زمانی که یک قطعه استخوانی از خط ساژیتال میانی دور می‌شود (صفحه متحرک از صفحه ساژیتال میانی فاصله می‌گیرد). مثال‌ها: سرینی کوچک، سرینی میانی، کشنده فاسیای پهن و دلتوئید.
- **پیچش (Torsion):** حرکت تنه حول محور عمودی.
- **چرخش (Rotation):** حرکت یک اندام حول محور طولی خودش.
- **چرخش داخلی (Intrarotation):** چرخش یک قطعه استخوانی در جهت داخلی یا به بیان دیگر به سمت داخل (حرکت به سوی صفحه فرونتال قدامی).
- **چرخش خارجی (Extrarotation):** چرخش یک قطعه استخوانی در جهت خارجی یا به بیان دیگر به سمت بیرون (حرکت به سوی صفحه فرونتال خلفی).

هر عضله چندین حرکت انجام می‌دهد و برای تعریف بهتر تمرین‌ها و نحوه اجرای آن‌ها باید این حرکات را از یکدیگر تفکیک کرد. برای مثال، Flexion و Extension زمانی رخ می‌دهند که اندام‌ها وزن را تحمل نمی‌کنند. در مقابل، خم کردن تحت تحمل وزن (**Bending**) زمانی رخ می‌دهد که اندام‌ها وزن را تحمل می‌کنند، مانند اجرای شنا (Push-Up). بنابراین می‌توان دید حرکتی که معمولاً «فلکس کردن بازوها» نامیده می‌شود، دقیق‌تر است که «خم کردن بازوها» نامیده شود.

1.3 نقش عضلات منفرد (Role of the Individual Muscles)

بر اساس نقشی که عضلات در حرکت ایفا می‌کنند، می‌توان آن‌ها را به گروه‌های زیر تقسیم کرد:

- **عضلات آگونیست (Agonist Muscles):** نقش اصلی را در یک عمل مشخص بر عهده دارند. مثال: عضلات سینه‌ای در پرس سینه روی نیمکت افقی.
- **عضلات آنتاگونیست (Antagonist Muscles):** در همان عمل، نقشی مخالف عضلات آگونیست ایفا می‌کنند. مثال: عضله دوزنقه‌ای در پرس سینه روی نیمکت افقی.
- **عضلات سینرژیست (Synergistic Muscles):** - از واژه یونانی sun-ergo به معنی «با هم کار کردن»: به عضلات آگونیست کمک می‌کنند و از عملکرد آن‌ها پشتیبانی می‌کنند. مثال‌ها: عضله سه‌سر و دلتوئید قدامی در پرس سینه روی نیمکت افقی.

- عضلات خنثی‌کننده یا پایدارکننده (**Neutralizing Muscles / Stabilizers**): یک قطعه استخوانی را پایدار می‌کنند و به عضلات دیگر اجازه می‌دهند عمل مشخصی را انجام دهند.
- عضلات فیکس‌کننده (**Fixator Muscles**): مانند پایدارکننده‌ها عمل می‌کنند، اما نقش آن‌ها فقط به پایداری محدود نمی‌شود. آن‌ها یک قطعه را در وضعیتی که برای حرکت یا عمل مناسب است ثابت نگه می‌دارند. مثال‌ها: عضلات سینه‌ای و پشتی بزرگ در حرکات پارالل.

1.4 ویژگی‌های مفصلی عضلات (Articular Features of Muscles)

- در باشگاه‌ها، ویژگی مفصلی عضلات معمولاً نادیده گرفته می‌شود، اگر نگوییم کاملاً از آن غفلت می‌شود. با این حال، ویژگی مفصلی عضلات برای درک نحوه آموزش روش‌های مختلف تمرین اهمیت بنیادی دارد. عضلات از این نظر به شکل زیر تعریف می‌شوند:
- تک‌مفصلی (**Monoarticular**): عضلاتی که فقط یک مفصل را کنترل می‌کنند و روی اهرم‌های استخوانی‌ای اتصال دارند که تنها با یک مفصل به یکدیگر مرتبط‌اند؛ و
 - دومفصلی یا چندمفصلی (**Bi- or Multiarticular**): عضلاتی که از روی 2 یا چند مفصل عبور می‌کنند.
- برای درک اهمیت این تمایز، یادآوری می‌کنم که وقتی عضله‌ای دومفصلی است، برای آنکه به‌طور کامل تمرین داده شود باید با حرکات دومفصلی تحریک شود.
- رایج‌ترین مثال، عضله دوسربازویی است. با وجود اینکه دوسربازویی عضله‌ای دومفصلی است، معمولاً با حرکات تک‌مفصلی تمرین داده می‌شود؛ بازو در کنار تنه ثابت نگه داشته می‌شود و فقط ساعد حرکت می‌کند. روشن است که حرکت تک‌مفصلی در این حالت غلط نیست، اما در هر صورت کامل هم نیست.

instagram page : @fitbody.university

1.5 ویژگی‌های بافت عضلانی (Muscular Tissue Features)

ویژگی‌های بافت عضلانی عبارت‌اند از:

- انقباض‌پذیری (**Contractility**): توانایی عضله برای کوتاه شدن.
 - کشیدگی‌پذیری (**Extensibility**): توانایی عضله برای افزایش طول.
 - کشسانی (**Elasticity**): توانایی بافت عضلانی برای بازگشت از وضعیت کشیده‌شده به طول اولیه خود (عامل زمان نیز باید در نظر گرفته شود).
 - تونوس (**Tonicity**): پیام الکتریکی با شدت بسیار پایین که حتی در حالت استراحت نیز همواره درون عضله وجود دارد.
- یک اشتباه رایج این است که تصور کنیم کشش فقط به افزایش طول عضله کمک می‌کند. در واقع، اثرات کشش بسیار بیشتر از این است:

- کشیدگی‌پذیری
- کشسانی

• انعطاف‌پذیری مفصلی (Articular Flexibility)

• طولانی‌شدن بافت همبند

سال‌هاست که مفهوم کشش تحلیلی (**Analytic Stretching**)، یعنی کشش یک عضله یا یک قطعه مفصلی به صورت منفرد، جای خود را به کشش سیستمیک (**Systemic Stretching**) داده است؛ رویکردی که زنجیره‌های عضلانی و مفصلی طولانی‌تری را درگیر می‌کند.

دقیق‌تر اگر بگوییم، امروزه از تحرک‌دهی (**Mobilization**) صحبت می‌کنیم و منظورمان موارد زیر است:

• مفاصل، یعنی جایی که عضلات به آن‌ها مرتبط می‌شوند؛ و

• بافت همبندی که عضلات را می‌پوشاند و از مفاصل کشیدگی‌پذیری کمتری دارد؛ این یعنی وقتی درباره کشش یک عضله صحبت می‌کنیم، دامنه واقعی کشش به شدت تحت تأثیر کشسانی بافتی قرار دارد که عضله را می‌پوشاند.

1.6 عناصر بیومکانیک: اهرم‌ها (Elements of Biomechanics: Levers)

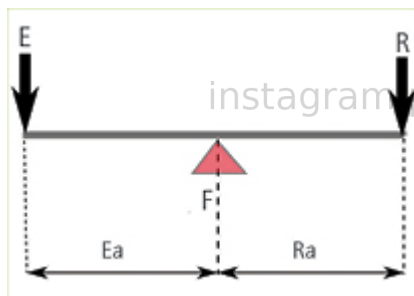
بیومکانیک (**Biomechanics**) علمی است که قوانین اعمال مکانیکی را در سامانه‌های زنده مطالعه می‌کند.

بیومکانیک ورزشی (**Sports Biomechanics**) حرکت انسان را در فرایند تمرین بدنی بررسی می‌کند.

مطالعه بیومکانیک هنگام پرداختن به هر فعالیت حرکتی یا ورزشی ضروری است تا بتوان موارد زیر را شناسایی کرد:

• ساختار بدن و عملکردهای حرکتی آن؛ و

• تکنیک اختصاصی رشته ورزشی مورد مطالعه.



اهرم در تعادل

ترجمه برجسب‌ها: E (نیروی محرک)، R (مقاومت)، F (تکیه‌گاه)، Ea (بازوی نیرو)، Ra (بازوی مقاومت).



اهرم (**Lever**) ماشین ساده‌ای است که از یک قطعه صلب متصل به نقطه‌ای ثابت به نام تکیه‌گاه (**Fulcrum; F**) تشکیل می‌شود و 2 نیروی هم‌اندازه با جهت مخالف بر آن اعمال می‌شوند که نیروی محرک (**Effort; E**) و مقاومت (**Resistance; R**) نام دارند.

فاصله تکیه‌گاه تا نقطه‌ای که مقاومت در آن اعمال می‌شود بازوی مقاومت (**Resistance Arm; Ra**) نام دارد؛ فاصله تکیه‌گاه تا نقطه‌ای که نیروی محرک در آن اعمال می‌شود نیز بازوی نیرو (**Effort Arm; Ea**) نامیده می‌شود.

اهرم زمانی در تعادل است که بازوی مقاومت و بازوی نیرو با یکدیگر برابر باشند.

اهرم زمانی نامساعد است که بازوی مقاومت از بازوی نیرو بزرگتر باشد.

اهرم زمانی مساعد است که بازوی نیرو از بازوی مقاومت بزرگتر باشد.

اگر کمی به موضوع فکر کنیم، متوجه می‌شویم که دستگاه اسکلتی ما مجموعه‌ای از اهرم‌هاست:

- استخوان‌ها قطعات صلب هستند.
- تکیه‌گاه را مفاصل مختلفی تشکیل می‌دهند که در حرکت درگیرند.
- مقاومت همان وزن یا باری است که بر اهرم‌های مختلف اعمال می‌کنیم.
- نیروی محرک را عضلاتی ایجاد می‌کنند که در برابر عمل وزن مقابله می‌کنند.

نقطه اعمال مقاومت (یعنی جایی که بازوی مقاومت از آن آغاز می‌شود) محل تماس وزن با دستگاه حرکتی است. نقطه اعمال نیروی محرک (یعنی جایی که بازوی نیرو از آن آغاز می‌شود) محل اتصال عضله به قطعه استخوانی است. در بدن انسان 3 نوع اهرم وجود دارد که بر اساس آرایش نیروی محرک، مقاومت و تکیه‌گاهی که قطعات مختلف استخوانی حول آن می‌چرخند از یکدیگر تفکیک می‌شوند:

نوع 1: اهرم بین‌تکیه‌گاهی (Type 1: Inter-Fulcrum Lever)

تکیه‌گاه همواره بین نیروی محرک و مقاومت قرار دارد. همان‌طور که دیدیم، بسته به اینکه بازوی نیرو از بازوی مقاومت بزرگتر، کوچک‌تر یا با آن برابر باشد، اهرم به‌ترتیب مساعد، نامساعد یا در تعادل خواهد بود.

مثال: قیچی، تمرین ساق پا با زاویه 45 درجه روی دستگاه پرس.



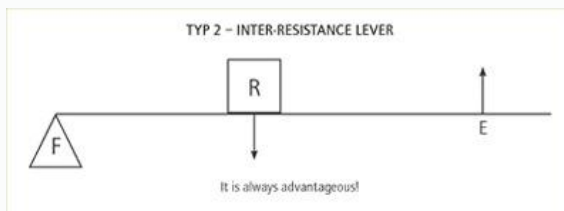
ترجمه متن تصویر: «نوع

1 - اهرم بین‌تکیه‌گاهی؛ این اهرم می‌تواند مساعد یا نامساعد باشد. R (مقاومت)، F (تکیه‌گاه)، E (نیروی محرک).

نوع 2: اهرم بین مقاومتی (Type 2: Inter-Resistance Lever)

از نام آن می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت همیشه بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار می‌گیرد. بنابراین بازوی نیرو همیشه از بازوی مقاومت بزرگتر است و اهرم همیشه مساعد خواهد بود.

مثال: گردوشکن، تمرین ساق پا ایستاده.



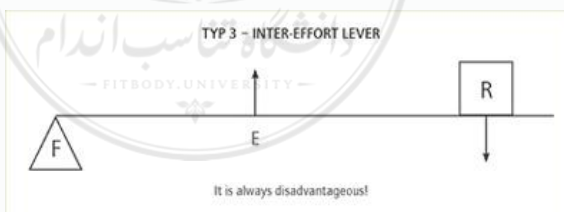
ترجمه متن تصویر: «نوع

2 - اهرم بین مقاومتی»؛ این اهرم همیشه مساعد است. R (مقاومت)، F (تکیه‌گاه)، E (نیروی محرک).

نوع 3: اهرم بین نیرویی (Type 3: Inter-Effort Lever)

همان منطق در اینجا نیز صدق می‌کند: نیروی محرک همیشه بین تکیه‌گاه و مقاومت قرار می‌گیرد. بازوی مقاومت همیشه از بازوی نیرو بزرگتر است؛ بنابراین این اهرم نامساعد است.

مثال: موجین، عضله دوسر بازویی.



ترجمه متن تصویر: «نوع

3 - اهرم بین نیرویی»؛ این اهرم همیشه نامساعد است. R (مقاومت)، F (تکیه‌گاه)، E (نیروی محرک).

1.6.1 ملاحظات درباره اهرم‌های زیستی (Thoughts on Organic Levers)

بیشتر اهرم‌های زیستی، دست‌کم در مورد استخوان‌های بلند (یعنی حرکات‌های بزرگ)، از نوع 3 هستند. بدن ما غلبه اهرم‌های نامساعد را برگزیده است. چرا؟ زیرا این نوع اهرم، هرچند از نظر قدرت نامساعد است، حرکات‌های وسیع‌تر و دامنه‌های مفصلی بزرگ‌تر را با سرعت‌های بالا امکان‌پذیر می‌کند. از نظر عملی، انتخاب تکاملی به سمت سرعت بیشتر بوده است. این ویژگی‌ها را به خاطر بسپاریم.

یادداشت‌های پایانی فصل

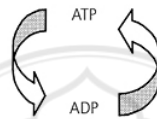
1. Shutterstock (www.shutterstock.com)

2. Shutterstock (www.shutterstock.com)

2. سامانه‌های انرژی (Energy Systems)

2.1 معرفی (Presentation)

زندگی روی زمین در مسیر انرژی تکامل یافته است؛ به گونه‌ای که انرژی را به شکل اقتصادی مصرف کند و آن را به آسانی به دست آورد. همه موجودات زنده‌ای که امروزه منقرض شده‌اند (و انقراضشان ناشی از دخالت انسان نبوده است)، سامانه‌های انرژی ناکارآمدی داشتند و در نتیجه بسیار اتلاف‌گر بودند. زندگی کردن، به کار انداختن بدن یا انجام هر عملی به انرژی نیاز دارد. می‌توان انرژی (Energy) را توانایی انجام یک کار تعریف کرد. به طور مشخص، عضله یک ماشین شیمیودینامیکی (Chemodynamic Machine) است؛ به بیان دیگر، از طریق واکنش‌های شیمیایی عمل می‌کند.

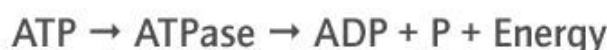


نمای شماتیک چرخه ATP و ADP.

برای انتقال یک مفهوم، استفاده از تصویرسازی ذهنی مفید است؛ یعنی مفهوم را به صورت تصویر مجسم کنیم. برای ساده کردن واکنش شیمیایی بعدی، از همین روش استفاده می‌کنم. یک خودرو را تصور کنید. نام مدل آن «انسان» است. سوخت آن آدنوزین تری فسفات (Adenosine Triphosphate; ATP) است. سوخت همگانی ماشین انسان - یعنی بنزین آن - مولکولی با سطح بالایی از انرژی شیمیایی است.

سلول‌های ما به طور پیوسته ATP را می‌سوزانند و همواره ATP جدید می‌سازند تا منبعی از انرژی در اختیار داشته باشند.

احتراق بنزین در خودروی «انسان» از واکنش زیر حاصل می‌شود: [instagram page : @fitybodyuniversity](https://www.instagram.com/fitybodyuniversity)



$$\text{Energy} = (7.3 \text{ kcal/mole})$$



ترجمه رابطه: ATP با عمل ATPase به ADP + P تجزیه می‌شود و انرژی آزاد می‌کند؛ Energy = 7.3 kcal/mole.

ATP به آدنوزین دی فسفات (Adenosine Diphosphate; ADP) تجزیه می‌شود و این واکنش انرژی تولید می‌کند.

آنزیم آدنوزین تری فسفاتاز (Adenosine Triphosphatase; ATPase) این واکنش را کاتالیز می‌کند (آنزیم‌ها موادی هستند که نقش کاتالیزور دارند؛ یعنی بر سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی اثر می‌گذارند و آن را افزایش یا کاهش می‌دهند).

مقدار ATP موجود درون سلول‌ها فقط اجازه می‌دهد آن‌ها برای چند ثانیه کار کنند. پس چگونه می‌توانند در طول زمان به کار ادامه دهند؟ آن‌ها سامانه‌های انرژی کمکی را فعال می‌کنند که هدفشان تولید ATP (انرژی) متناسب با شدت و مدت فعالیت مورد نیاز است. شدت و مدت نمی‌توانند هم‌زمان افزایش یابند؛ این 2 پارامتر با یکدیگر نسبت معکوس دارند. هرچه در یک فعالیت شدت بیشتری -

یعنی تأمین انرژی بیشتری - لازم باشد، مدت آن فعالیت کوتاه‌تر خواهد بود. برعکس، شدت کمتر امکان تمرین طولانی‌تر را فراهم می‌کند. به دوی سرعت فکر کنید: می‌توانید [109 yd] 100 m را بسیار سریع بدوید، اما نمی‌توانید همان سرعت را برای دویدن، مثلاً، [3,280 yd] 3,000 m حفظ کنید.

2.2 سامانه بی‌هوازی بی‌لاکتیک (کراتین فسفات) (Anaerobic Alactacid / Creatine

Phosphate System)

تصور کنیم:

خودرو: انسان

مدل: فرمول 1

سوخت: ATP + CP



دانشگاه تناسب اندام
[3]
— FITBODY UNIVERSITY —

این سامانه زمانی به کار می‌رود که برای تمرینی با شدت بسیار بالا اما مدت کوتاه، تأمین فوری انرژی لازم باشد: 0-20 min (بهینه در حدود 13 min).

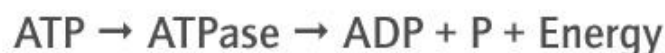
instagram page : @fitbody.university

نام این سامانه چه چیزی به ما می‌گوید؟

بی‌هوازی (Anaerobic) یعنی اکسیژن حضور ندارد؛ بی‌لاکتیک (Alactacid) یعنی اسید لاکتیک تولید نمی‌شود.

در اینجا از فرایندی به نام فسفریلاسیون (Phosphorylation) استفاده می‌کنیم: سطح انرژی یک ماده با اتصال آن به یک گروه فسفریک افزایش می‌یابد.

انرژی چگونه تأمین می‌شود؟ واکنش پایه را دوباره مرور کنیم:



در این واکنش، ATP به ADP تجزیه می‌شود. در این مرحله، ATP به وسیله کراتین فسفات (Creatine Phosphate; CP) دوباره شارژ می‌شود. CP مستقیماً انرژی تأمین نمی‌کند، بلکه از ADP پشتیبانی می‌کند و آن را دوباره به ATP تبدیل می‌کند تا واکنش بتواند ادامه یابد.

$ADP + CP \rightarrow cphase \rightarrow C + ATP$ (Loehmann's mono-enzyme reaction)

$ADP + CP \rightarrow cphase \rightarrow C + ATP$
واکنش تک‌آنزیمی لومن (Loehmann's mono-enzyme reaction).

غلظت CP در عضله 4-6 برابر بیشتر از غلظت ATP است؛ این موضوع باعث می‌شود تأمین انرژی در مقایسه با استفاده صرف از ATP کمی طولانی‌تر ادامه پیدا کند.

نمونه‌هایی از فعالیت‌های ورزشی که برای تأمین انرژی به CP نیاز دارند: دوی سرعت [65.6-109 yd] 60-100 m، پرش طول، پرش ارتفاع و تمرین قدرتی.

2.3 سامانه بی‌هوازی لاکتیکی (Anaerobic Lactacid System)

تصور کنیم:



[4]

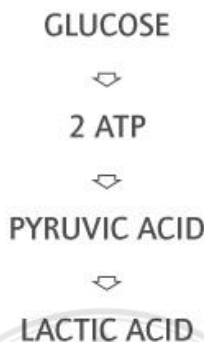
این سامانه در عملکردهایی استفاده می‌شود که به تأمین زیاد انرژی برای مدتی متوسط تا کوتاه نیاز دارند. دوباره نام آن را بررسی کنیم. بی‌هوازی یعنی در غیاب اکسیژن؛ لاکتیکی (Lactacid) یعنی اسید لاکتیک یا لاکتات تولید می‌شود. مولکول‌های ATP درون عضلات و کبد به شکل یک قند پیچیده، یعنی یک پلی‌ساکارید حیوانی به نام گلیکوژن (Glycogen) ذخیره می‌شوند (می‌توانید آن را سوخت دیزل تصور کنید). ATP زمانی تولید می‌شود که گلیکوژن به گلوکز تجزیه شود و اسید پیروویک و سپس اسید لاکتیک تولید کند.

این فرایند تأمین انرژی سریع است و امکان تمرینی با شدت بالا تا متوسط را در بازه 20 sec-2 min فراهم می‌کند (بهینه در حدود 30-40 sec).

زمان بیشتری که برای تأمین انرژی در مقایسه با سامانه بی‌هوازی بی‌لاکتیک لازم است، ناشی از 10 واکنش شیمیایی است که به تجزیه مولکول‌های یادشده منجر می‌شوند.

زمان بیشتری که، در مقایسه با سامانه پیشین، برای تأمین انرژی لازم است، به 10 واکنش شیمیایی مربوط می‌شود که برای تجزیه مولکول‌ها ضروری‌اند.

انرژی از گلیکوژن عضلانی و گلوکز کبدی، مطابق مراحل زیر، تأمین می‌شود:



ترجمه برجسب‌ها: گلوکز ← 2 ATP ← اسید پیروویک ← اسید لاکتیک.

هنگامی که 1 مولکول گلوکز به اسید پیروویک تجزیه می‌شود، 2 مولکول ATP تشکیل می‌شوند.

این فرایند با نام گلیکولیز بی‌هوازی (Anaerobic Glycolysis) نیز شناخته می‌شود.

از آنجا که این فعالیت شدت بالایی دارد و اکسیژن در آن به میزان کمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، محیطی با اسیدیت بالا درون عضلات شکل می‌گیرد. اسید پیروویک به 2 یون اضافی H^+ متصل می‌شود و اسید لاکتیک را ایجاد می‌کند.



ترجمه: $ADP + P$ به همراه گلوکز به ATP و اسید لاکتیک تبدیل می‌شود.

وقتی تجمع لاکتات بیش از حد زیاد شود، ظرفیت انقباضی عضله مهار می‌شود (هیپوکسی (Hypoxia)).

سرنوشت اسید لاکتیک چیست؟ پس از پایان تمرین، بخشی از آن به عنوان سوخت استفاده می‌شود، اما عمدتاً دوباره به اسید پیروویک تبدیل و به شکل گلیکوژن عضلانی و کبدی در عضلات ذخیره می‌شود (چرخه کوری (Cori's Cycle)).

اسید لاکتیک علت دردهای پس از تمرین نیست!

2.4 سامانه هوازی (Aerobic System - Aerobic Glycolysis or Oxidative Phosphorylation in Mitochondria)

Mitochondria)

تصور کنیم:

خودرو: انسان

مدل: خودروی چندمنظوره (MPV)

سوخت: درشت مغذی ها / ATP



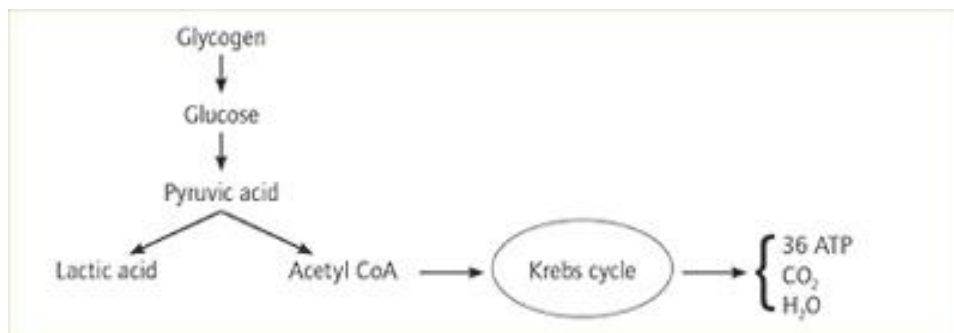
[5]

این سامانه برای تمام فعالیت‌هایی استفاده می‌شود که از شدت بسیار پایین تا متوسط متغیرند و از چند دقیقه تا چند ساعت طول می‌کشند. بیابید دقیق‌تر بررسی کنیم.

هوازی (Aerobic) یعنی حضور اکسیژن لازم است.

پس از عبور از مرز 2 دقیقه، فقط حضور اکسیژن است که همچنان امکان تبدیل گلوکز را فراهم می‌کند؛ اگر فعالیت بیش از این ادامه یابد، سامانه فرایندهایی را فعال می‌کند که از چربی ذخیره‌شده به‌عنوان سوخت استفاده می‌کنند. در مقایسه با کربوهیدرات‌ها، لیپیدها نسبت نامطلوب‌تری میان هیدروژن و اکسیژن دارند و همین موضوع نیاز به دریافت اکسیژن از خارج برای متابولیزه کردن آن‌ها را توضیح می‌دهد. پروتئین‌ها نیز در این سامانه انرژی فراهم می‌کنند، اما با درصدی کمتر (3-5%). این فرایند که فسفریلاسیون اکسیداتیو (Oxidative Phosphorylation) نیز نامیده می‌شود، درون میتوکندری‌ها (Mitochondria)، نیروگاه‌های

مینیاتوری سلول، رخ می‌دهد. آغاز این فرایند شبیه سامانه بی‌هوازی لاکتیکی است:



ترجمه برجسب‌ها: گلیکوژن → گلوکز → اسید پیروویک؛ از این نقطه یک مسیر به اسید لاکتیک و مسیر دیگر به استیل کوآنزیم A (Acetyl CoA) می‌رود؛ سپس چرخه کربس → 36 ATP + CO₂ + H₂O.

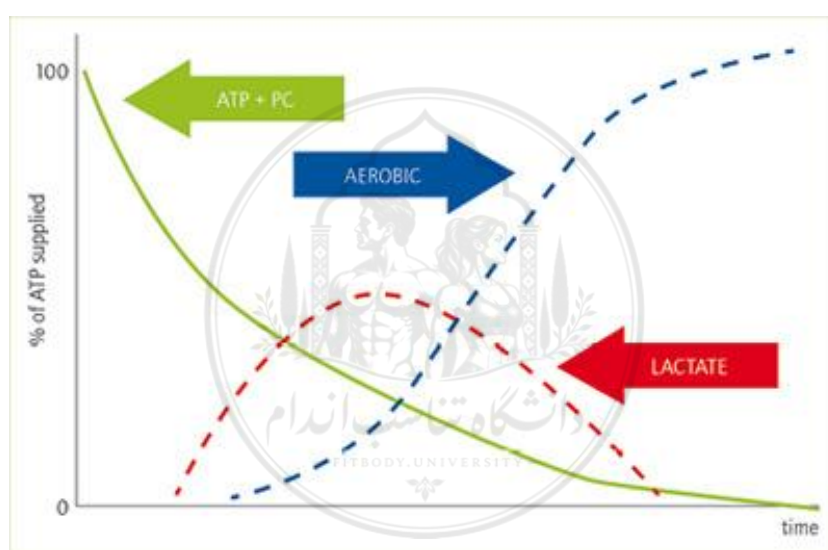
از آنجا که این فعالیت شدت کمتری دارد، اسید پیروویک به استیل کوآنزیم A (Acetyl-Coenzyme A) تبدیل و به میتوکندری منتقل می‌شود و وارد چرخه کربس (Krebs Cycle) می‌گردد. چرخه کربس مانند یک کوره متابولیسی است که درون آن مولکول گلوکز به‌طور کامل تجزیه می‌شود و 36 مولکول ATP، دی‌اکسید کربن و آب تولید می‌کند.

سامانه هوازی برای تولید ATP به هیدروژن نیاز دارد. این هیدروژن به وسیله چرخه کربس تأمین می‌شود؛ چرخه‌ای که از اکسیداسیون - یعنی برداشت هیدروژن - ترکیبات مشتق از غذا بهره می‌گیرد. سپس هیدروژن از طریق NAD (Nicotinamide-Nucleotide) و FAD (Flavin Adenine Dinucleotide) به زنجیره تنفسی منتقل می‌شود تا به گیرنده نهایی، یعنی اکسیژن، برسد و آب تشکیل شود.

در جمع‌بندی، سامانه هوازی حاصل 2 رویداد است:

- تجزیه سوستراها، همراه با تولید هیدروژن و دی‌اکسید کربن (چرخه کربس).
- انتقال هیدروژن به زنجیره تنفسی و تشکیل آب.

2.5 تعامل سامانه‌های انرژی (Energy System Interactions)



ترجمه برجسب‌ها: محور عمودی «درصد ATP تأمین‌شده»؛ محور افقی «زمان»؛ منحنی سبز ATP + PC، منحنی آبی «هوازی»، منحنی قرمز «لاکتات».

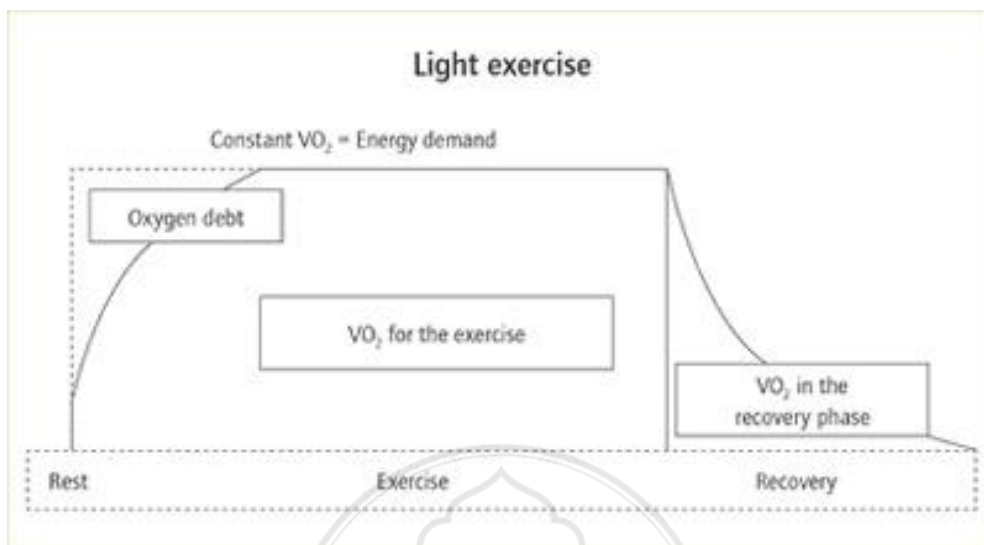
درک نحوه همکاری 3 سامانه انرژی با یکدیگر اهمیت دارد.

سازوکار پایه‌ای که بدن ما از آن استفاده می‌کند، سامانه هوازی است. تمام فعالیت‌های زندگی عادی روزمره ما با شدت پایین انجام می‌شوند و به مقدار زیادی انرژی نیاز ندارند. این یعنی سامانه هوازی می‌تواند به راحتی انرژی لازم برای تمام فعالیت‌های روزانه ما را فراهم کند. هر زمان تلاش‌های شدیدتری فراتر از ظرفیت سامانه هوازی لازم باشد، سامانه‌های بی‌هوازی همراه با سامانه هوازی وارد عمل می‌شوند.

توجه داشته باشید که در تأمین انرژی، 3 سامانه انرژی مانند یک مسابقه امدادی جای یکدیگر را نمی‌گیرند. بنابراین وقتی ATP ساخته شده فعال است، باتون را به سامانه بی‌هوازی بی‌لاکتیک تحویل نمی‌دهد و آن سامانه نیز به نوبه خود باتون را به سامانه بی‌هوازی لاکتیکی نمی‌سپارد. در عوض، هر 3 سامانه به طور موازی با یکدیگر کار می‌کنند، اما درصد مشارکت آن‌ها بر اساس نوع تلاش، مدت آن و نیاز انرژی مرتبط با آن متفاوت است.

2.6 VO2 MAX و آستانه بی‌هوازی (VO2 MAX and the Anaerobic Threshold)

مفاهیم مرتبط با اصطلاحات VO2 max، آستانه بی‌هوازی (Anaerobic Threshold) و بدهی اکسیژن (Oxygen Debt) اهمیت دارند.



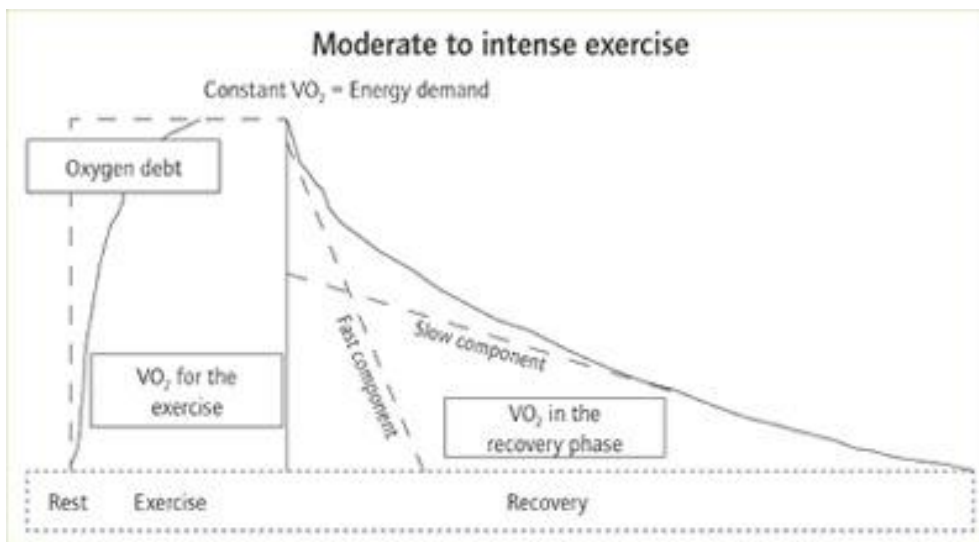
ورزش سبک. ترجمه برچسب‌ها: VO2 ثابت = نیاز انرژی؛ «کسری اکسیژن»؛ «VO2 برای تمرین»؛ «VO2 در مرحله ریکاوری»؛ مراحل «استراحت»، «تمرین» و «ریکاوری».

VO2 max یا توان هوازی بیشینه (Maximum Aerobic Power)، از نظر عملی، حداکثر ظرفیت بدن برای ساخت ATP صرفاً با استفاده از فرایندهای هوازی است. در واقع مشاهده شده است که این عدد بیشتر حاصل یک محاسبه نظری است تا چیزی که بتوان آن را در آزمایشگاه - و دشوارتر از آن، در زندگی واقعی - بازتولید کرد. یک ورزشکار قادر است تلاشی برابر با VO2 max را حداکثر به مدت 10 دقیقه حفظ کند. چرا؟ افزون بر فهرست بلندی از عوامل - که بیشتر آن‌ها ژنتیکی‌اند - این واقعیت نیز وجود دارد که در سطح تجربی مشاهده شده است بدن بسیار پیش از رسیدن به این حد، شروع به تولید اسید لاکتیک می‌کند. به همین دلیل، دست‌کم در تمرینات فیتنس، مفهوم آستانه بی‌هوازی اهمیت روزافزونی پیدا کرده است.

آستانه بی‌هوازی حداکثر سطح تلاش جسمانی است که بدن می‌تواند بدون تجمع لاکتات در خون تحمل کند. بالاتر از آن ضربان قلب، بدن شروع به انباشتن اسید لاکتیک می‌کند، زیرا نمی‌تواند آن را با همان سرعتی که تولید می‌شود دفع کند. نتیجه، آغاز سریع خستگی است.

2.7 بدهی اکسیژن و EPOC (Oxygen Debt and EPOC)

بدهی اکسیژن (Oxygen Debt) افزایش دریافت اکسیژنی است که برای حذف اسید لاکتیک اضافی لازم می‌شود؛ اسید لاکتیک که در نتیجه افزایش ساخت ATP ناشی از فعالیت بدنی بی‌هوازی ایجاد شده است. این یعنی چه؟ دیدیم که با آغاز یک فعالیت حرکتی، نیاز بدن به انرژی افزایش می‌یابد. در شروع کار، سامانه هوازی بلافاصله در دسترس نیست، مگر اینکه شدت فعالیت بسیار پایین باشد.



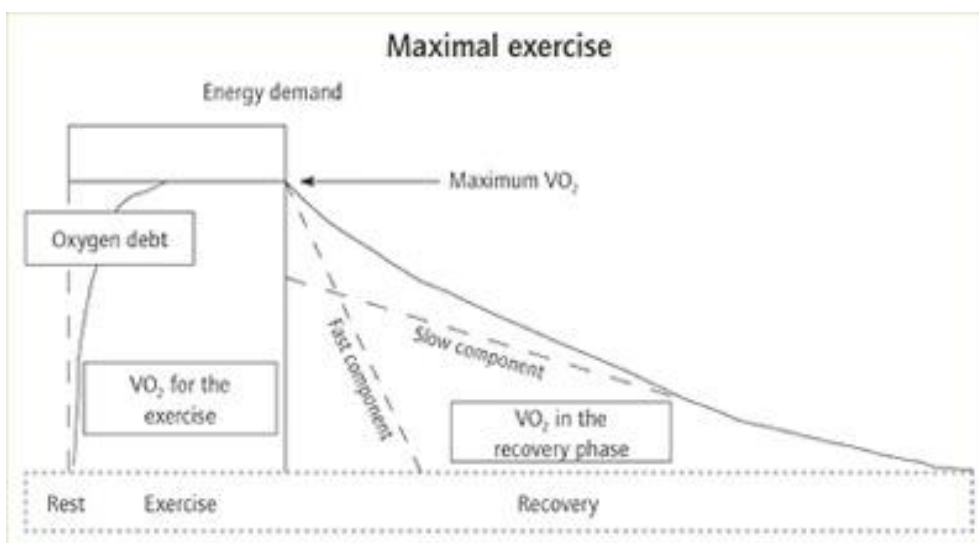
ورزش متوسط تا شدید. ترجمه برجسبها: VO_2 ثابت = نیاز انرژی؛ «کسری اکسیژن»، « VO_2 برای تمرین»، «جزء سریع»، «جزء آهسته»، « VO_2 در مرحله ریکاوری»؛ مراحل «استراحت»، «تمرین» و «ریکاوری».

بنابراین بدن به کمک سامانه‌های بی‌هوازی نیاز پیدا می‌کند و بدهی اکسیژن افزایش می‌یابد. هرچه شدت فعالیت بیشتر باشد، مقدار بدهی نیز بیشتر است. به محض پایان تلاش، بدن با افزایش دریافت اکسیژن از محیط بیرون بدهی خود را پرداخت می‌کند تا فسفات‌ها را بازسازی کرده و اسید لاکتیک تولیدشده را حذف کند.

برای 20-30 sec با حداکثر سرعت بدوید یا اسپرینت کنید. حالا بایستید. چه کار می‌کنید؟ نفس نفس می‌زنید. تنه‌تان به جلو خم می‌شود و دست‌ها روی زانوها قرار می‌گیرند. برای افزایش ظرفیت حفره قفسه سینه، تا حد ممکن از هوای اطراف اکسیژن می‌گیرید. این همان افزایش دریافت اکسیژن است.

هر تمرینی که شامل تولید توانی بالاتر از VO_2 max باشد، فوق‌بیشینه (Supramaximal) تعریف می‌شود.

بدهی اکسیژن همچنین می‌تواند در نتیجه اعمال یک بار فوق‌بیشینه بر عضلات ایجاد شود؛ در این حالت نیز ماشین اکسیداتیو در پایان عملکرد وارد عمل می‌شود. با این حال، در مرحله ریکاوری پس از آن، دریافت اکسیژن از حجم کسری بیشتر می‌شود. گویی بدهی خود را همراه با بهره پرداخت می‌کنید.



ورزش بیشینه. ترجمه برجسبها: «نیاز انرژی»، «بیشینه VO_2 »، «کسری اکسیژن»، « VO_2 برای تمرین»، «جزء سریع»، «جزء آهسته»، « VO_2 در مرحله ریکاوری»؛ مراحل «استراحت»، «تمرین» و «ریکاوری».

Margaria, R. (1938)^[1] نشان داده است که منحنی مصرف O₂ در دوره ریکاوری را می‌توان به 4 جزء تقسیم کرد:

- **جزء ثابت:** به متابولیسم فرد در حالت استراحت وابسته است.
 - **جزء سریع:** پرداخت بخش بی‌لاکتیک بدهی با نرخ کاهشی؛ لاکتات هر 30 sec نصف می‌شود.
 - **جزء آهسته:** پرداخت بدهی لاکتیکی با نرخ که به آرامی کاهش می‌یابد؛ زیرا بازسازی مجدد گلیکوژن از اسید لاکتیک هزینه انرژی دارد.
 - **جزء آهسته و طولانی‌مدت:** به اثر تحرکی تمرین بر متابولیسم در حالت استراحت نسبت داده می‌شود.
- در این زمینه، مطالعات نشان می‌دهند هرچه یک جلسه تمرینی شدیدتر باشد، متابولیسم برای مدت طولانی‌تری در سطح بالاتر باقی می‌ماند تا بدهی اکسیژن را جبران کند.

در سال‌های اخیر، مفهوم بدهی اکسیژن در مفهوم گسترده‌تر **مصرف اکسیژن اضافی پس از ورزش (Excess Post-Exercise Oxygen Consumption; EPOC)** قرار گرفته است. EPOC نه فقط بدهی اکسیژن، بلکه سازگاری‌های زنجیره‌ای وابسته به آن را نیز در بر می‌گیرد:

- پرداخت بدهی بی‌لاکتیک.
- پرداخت بدهی لاکتیکی.
- افزایش دمای بدن.
- اثر گرم‌زایی ناشی از کاتکول‌آمین‌ها.
- سنتز مجدد لاکتات.
- سنتز مجدد فسفاژن.
- اکسیژن‌رسانی لاکتات و خون.
- بالا بودن فرکانس قلبی.



instagram page : @fitbody.university

پاورقی و یادداشت‌های ارجاعی فصل

[1] Margaria R. (1938). "Sulla fisiologia e specialmente sul consumo energetico della marcia e della corsa a varia velocità ed inclinazione del terreno", in Atti Accademia Nazionale dei Lincei 7, 299-368.

[3] Shutterstock (www.shutterstock.com)

[4] Shutterstock (www.shutterstock.com)

[5] Shutterstock (www.shutterstock.com)