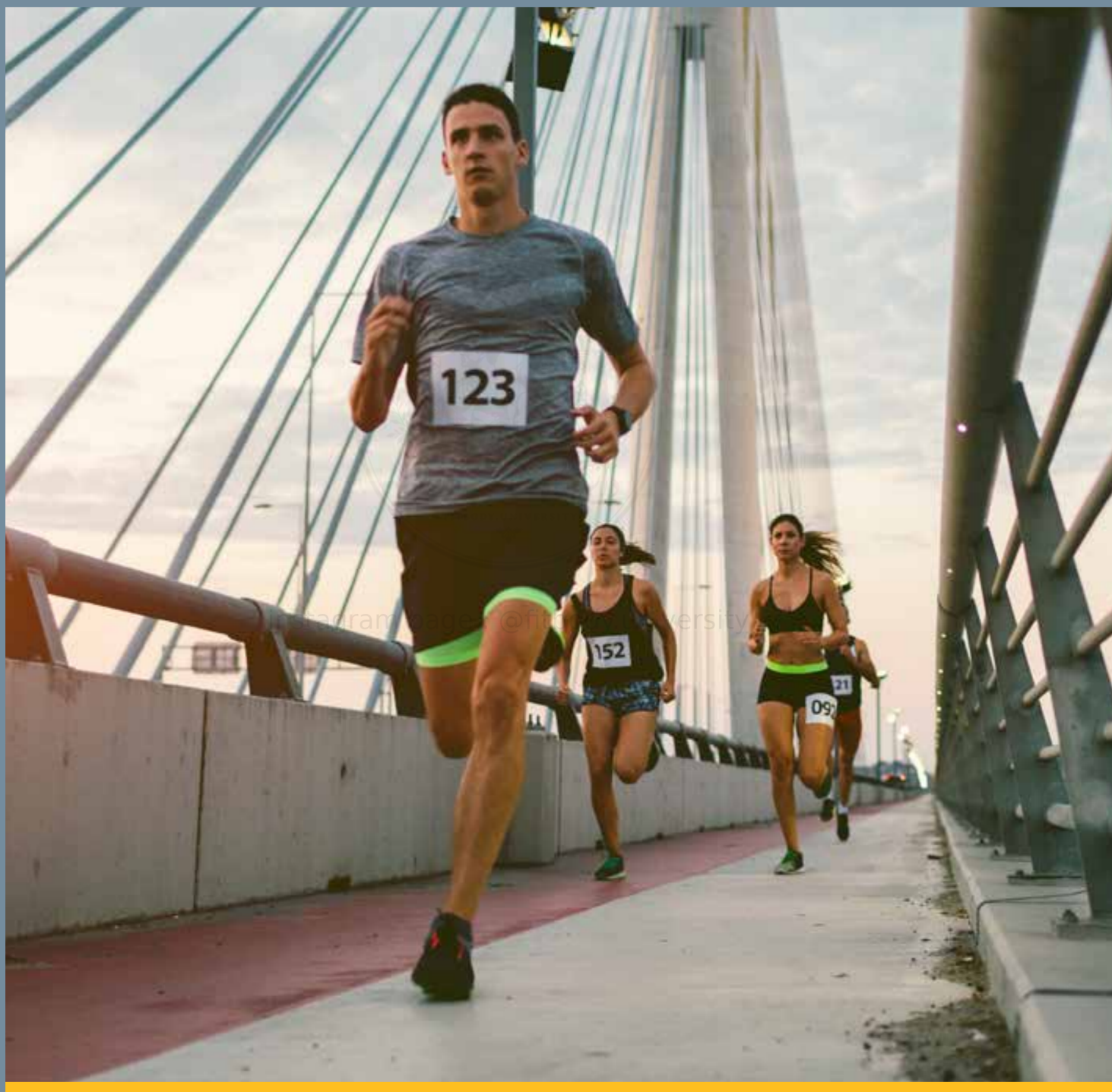
مبانی و کاربردهای

تکنیک و برنامه‌ریزی دویدن

نسخه اول | First Edition



ISSA
INTERNATIONAL SPORTS SCIENCES ASSOCIATION

instagram page : @fitbody.university

درباره کتاب و عوامل تولید

قدردانی

Pineapple Media

راهکارهای بازاریابی و طراحی - Toronto, ON

www.pineapplemedia.ca

متن رسمی دوره

متن رسمی دوره ISSA’s Running Technique and Programming

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Copyright © 2022 ISSA LLC

تولیدشده توسط ISSA LLC، Phoenix, AZ, 85020.

نویسنده

Jason R. Karp, PhD, MBA

همکاران

Vanessa Porter, BS

مدیر ارشد تولید، ISSA - Scottsdale, AZ

Jenny Scott, MS

توسعه‌دهنده ارشد محتوا، ISSA - Scottsdale, AZ

John Bauer, BA

توسعه‌دهنده محتوا، ISSA - Mountain View, CA

Madison Grey, BA

هماهنگ‌کننده محتوا، ISSA - Tempe, AZ

درباره نویسنده

دکتر Jason R. Karp از کلاس ششم به‌صورت رقابتی می‌دود و خیلی زود آموخت که دویدن همان‌گونه که کیلومترها و تمرین‌های تناوبی ما را به دوندگانی سریع‌تر و بادوام‌تر تبدیل می‌کنند، ما را به انسان‌هایی بهتر و عمیقاً آگاه‌تر نیز شکل می‌دهد. این اشتیاق که Jason در کودکی پیدا کرد، او را وارد مسیری کرد که هنوز به‌عنوان مربی، فیزیولوژیست ورزشی، نویسنده 12 کتاب و 400 مقاله و سخنران TED دنبال می‌کند. در سال 2021، او نخستین مربی آمریکایی دوهای استقامت شد که برای مربیگری گروهی از دوندگان کنیایی به Kenya نقل مکان کرد. او برنده جایزه 2011 IDEA Personal Trainer of the Year و دو بار دریافت‌کننده جایزه رهبری اجتماعی President’s Council on Sports, Fitness & Nutrition است. گواهی REVO2LUTION RUNNING™ او را مربیانی در 25 کشور دریافت کرده‌اند.

دکتر Karp مدرک PhD خود را در فیزیولوژی ورزشی با گرایش فرعی فیزیولوژی از Indiana University، مدرک MBA را از San Diego State University، کارشناسی ارشد کینزیولوژی را از University of Calgary و کارشناسی علوم ورزش و تمرین با گرایش فرعی زبان انگلیسی را از Penn State University دریافت کرده است. پژوهش‌های او در چندین مجله علمی منتشر شده و به‌عنوان داور تخصصی همتا برای مجلات علمی فعالیت می‌کند.

نسخه فارسی برای مطالعه شخصی - ترجمه وفادار به متن منبع

حقوق نشر و سلب مسئولیت

تمام حقوق محفوظ است

هیچ بخشی از این اثر بدون اجازه کتبی ناشر نباید به هیچ شکل یا با هیچ وسیله الکترونیکی، مکانیکی یا سایر روش‌های شناخته‌شده کنونی یا ابداع‌شونده در آینده - از جمله زیراکس، فتوکپی، ضبط یا هر سامانه ذخیره و بازیابی اطلاعات - بازتولید یا منتقل شود.

درخواست‌های مربوط به حق نشر، مجوز، بازتولید و انتشار به این نشانی ارسال شود: ISSA LLC, 11201 N. Tatum Blvd Ste 300 Phoenix AZ 85028-6039.

سلب مسئولیت ضمانت

این متن صرفاً جنبه اطلاعاتی دارد. داده‌ها و اطلاعات آن بر پایه منابع منتشرشده و منتشرنشده گوناگون است که ادبیات و رویه‌های تمرین، سلامت، تغذیه و ژنتیک را نمایندگی می‌کنند و توسط ISSA LLC و Genetic Direction خلاصه شده‌اند. ناشر درباره به‌روز بودن، کامل بودن یا دقت علمی این اطلاعات هیچ ضمانت صریح یا ضمنی نمی‌دهد و مناسب بودن اطلاعات برای هدفی خاص را تضمین نمی‌کند. این اطلاعات برای استفاده در ارتباط با فروش هیچ محصولی در نظر گرفته نشده است. هر ادعا یا ارائه درباره محصولات یا نام‌های تجاری خاص، صرفاً مسئولیت مالکان یا تولیدکنندگان آن محصولات است.

این خلاصه اطلاعات برگرفته از منابع منتشرنشده، کتاب‌ها، مجلات پژوهشی و مقالات، جایگزین توصیه یا توجه متخصصان مراقبت سلامت نیست. هدف آن هدایت رفتار آنان یا جایگزینی قضاوت حرفه‌ای مستقل ایشان نیست. اگر درباره سلامت خود مشکل یا نگرانی دارید، یا پیش از آغاز هر برنامه سلامت، آمادگی جسمانی یا تمرین ورزشی، از یک متخصص واجد صلاحیت مراقبت سلامت مجوز و راهنمایی بگیرید.

instagram page : @fitbody.university

Copyright © 2022 ISSA LLC - اطلاعات حقوقی مطابق نسخه اصلی حفظ شده است.

گواهی‌نامه دویدن

- آناتومی پایه انسان
- عضلات بر اساس ناحیه بدن
- فرم و تکنیک دویدن
- تمرین مقاومتی و دریل‌های ویژه دویدن
- تمرین‌ها و جلسات دویدن
- آسیب‌های شایع دویدن
- افزایش سن و دویدن
- تمرین دویدن ویژه زنان
- دویدن برای آمادگی جسمانی و کاهش وزن
- مهارت‌های مؤثر مربیگری
- 4 برنامه کامل آمادگی مسابقه

instagram page : @fitbody.university



فهرست مطالب

1 فیزیولوژی انسان — 8

- تولید انرژی — 10
- عوامل قلبی‌عروقی — 13
- عوامل عضلانی — 22
- عوامل متابولیک — 28
- 3 عامل اصلی دوهای استقامت — 32

2 تکنیک دویدن و تمرین‌های مهارتی — 38

- آناتومی پایه انسان و اصطلاحات — 41
- اجزای گام دویدن — 51
- دریل‌های دویدن — 59

3 مفاهیم تمرین دویدن — 68

- سازگاری تمرینی — 82
- اجزای تمرین — 85
- دوره‌بندی — 106
- ریکاوری — 116
- افزایش سن — 123

4 برنامه‌ریزی برای تمرین دویدن — 124

- تمرین 800 متر/1,500 متر/مایل — 131
- تمرین 5K/10K — 132
- نیمه‌ماراتن/ماراتن — 133
- کاهش بار پیش از مسابقه — 136
- دویدن در گرما — 137
- دویدن در ارتفاع — 140
- تمرین مکمل — 146

5 تمرین‌های دویدن — 170

- دویدن آسان و طولانی — 172
- تمرین آستانه اسیدوز (AT) — 173
- تمرین‌های VO2max — 175
- تمرین ظرفیت بی‌هوازی — 178
- تمرین توان بی‌هوازی — 180
- تپه، فارتلک و آماده‌سازی مسابقه — 180-182
- تمرین گروهی و تردمیل — 184-186

6 آسیب‌های دویدن — 188

- رازهای پیشگیری از آسیب — 193
- بازگشت و مدیریت آسیب — 196
- آسیب‌های شایع — 197

instagram page : @fitbody.university

شماره صفحات این فهرست مطابق شماره‌گذاری نسخه اصلی انگلیسی است.

فهرست مطالب - ادامه

7 ملاحظات ویژه دویدن 208

- دوندگان زن 210
- افزایش سن و دویدن 225

8 دویدن برای کاهش وزن 228

- دویدن برای سوزاندن کالری 231
- کالری و متابولیسم: اصول کاهش وزن 232
- پژوهش‌های کاهش وزن 239
- راهبردهای دویدن برای سوزاندن کالری 240
- تغذیه برای کاهش وزن 244

9 برنامه‌های تمرین دویدن 254

- برنامه 5K/10K سطح متوسط 256
- نیمه‌ماراتن مبتدی 265
- نیمه‌ماراتن پیشرفته 273
- ماراتن مبتدی 282

10 مربیگری دویدن 292

- رهبری 294
- هدف‌گذاری 301
- فلسفه مربیگری 306
- سبک مربیگری 308
- کسب‌وکار 309
- بازاریابی 311

پیوست A: کفش‌های دویدن 318

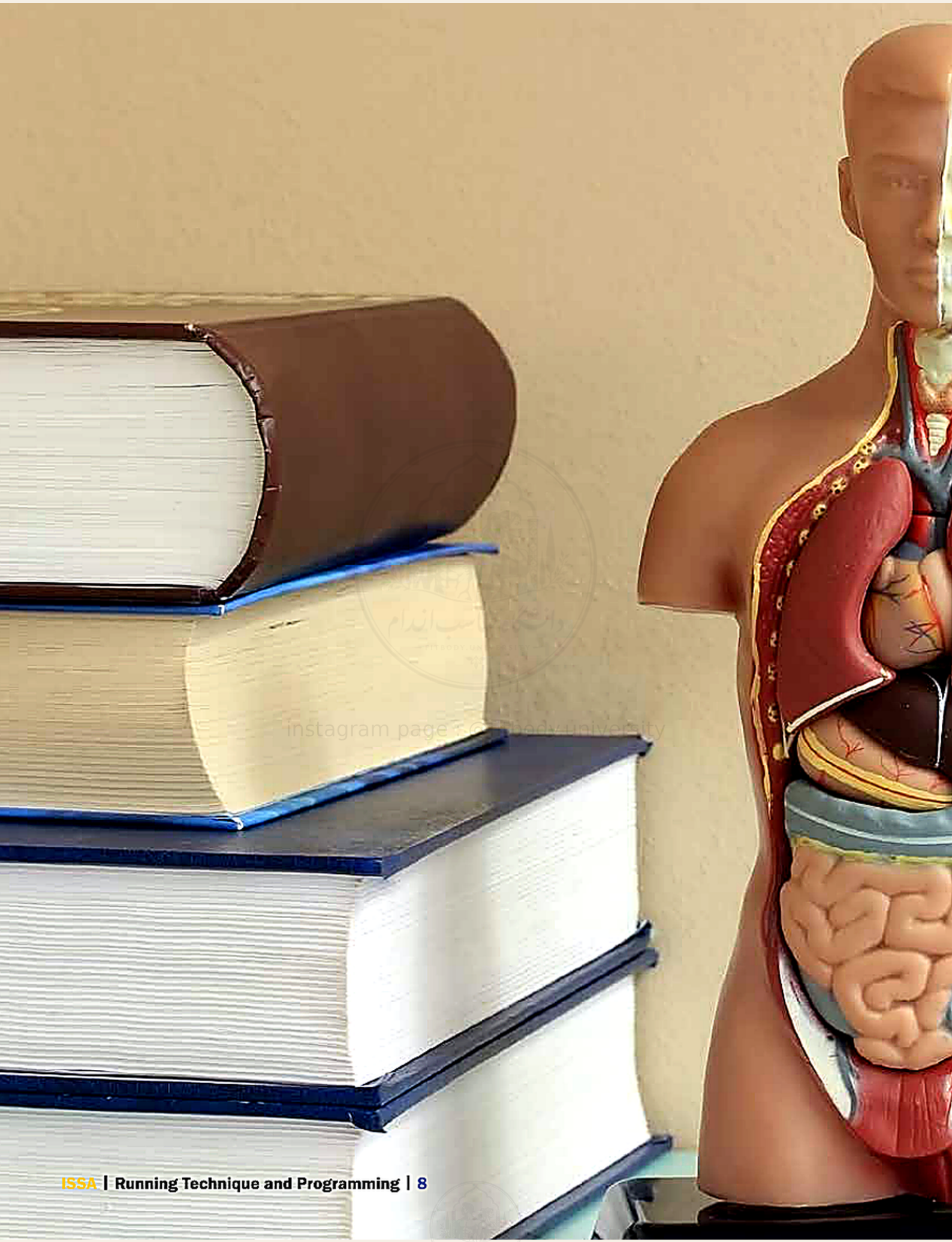
- انتخاب کفش دویدن 320

پیوست B: مطالعات پیشنهادی 324

- فیزیولوژی دویدن 326
- دویدن زنان 331
- بیومکانیک و تکنیک دویدن 332
- تمرین دویدن 335
- تمرین قدرتی و پلایومتریک 339
- دوره‌بندی 340
- تمرین در ارتفاع 341
- آسیب‌های دویدن 342
- تغذیه ریکاوری 343
- دویدن برای کاهش وزن 346

واژه‌نامه 348

instagram page : @fitbody.university

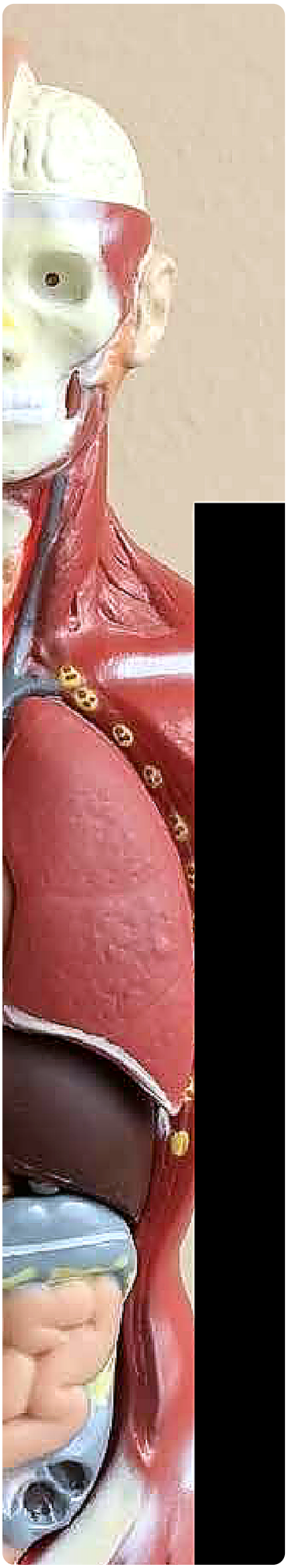


instagram page : @bmody.university

فصل 01

فیزیولوژی انسان

Human Physiology



اهداف یادگیری

1. سه مسیر مورد استفاده بدن برای تولید انرژی را شناسایی کنید.
2. توضیح دهید اکسیژن چگونه در بدن منتقل می‌شود و در متابولیسم سلولی چه نقشی دارد.
3. سازگاری‌های عضلانی ایجادشده در پاسخ به تمرین دویدن را نام ببرید و توصیف کنید.
4. متابولیسم را تعریف کنید و توضیح دهید درشت‌مغذی‌های موجود در غذا چگونه برای تولید انرژی تجزیه می‌شوند.
5. سه مؤلفه فیزیولوژیک اصلی را که برای بهبود عملکرد دویدن باید تمرین داده شوند، توضیح دهید.

فیزیولوژی انسان

اگر از یک فیزیولوژیست بپرسید چرا انسان‌ها می‌دوند، ممکن است بگوید مردم می‌دوند چون بدن‌هایی برای دویدن دارند: قلب‌هایی برای دویدن، ریه‌هایی برای دویدن، عضلاتی برای دویدن، استخوان‌هایی برای دویدن و غددی برای دویدن. اگر پیشینه طولانیِ دویدن در نیاکان ما وجود نداشت، این ساختارهای بدنی به شکل امروزی نبودند و به همین صورت نیز عمل نمی‌کردند.

در طول تاریخ طولانی نوع بشر، Homo sapiens هر زمان که می‌خواست جایی برود ناچار بود به خودش متکی باشد؛ و گاهی لازم بود با عجله به جایی برسد. او مجبور بود بدود و با دویدن، به انسانی دونده تبدیل شد. اگر فقط به راه‌رفتن بسنده کرده بود، امروز از نظر جسمانی بسیار متفاوت بود. قلب او هرگز به حجم ضربه‌ای (Stroke Volume) حداکثرِ 200 mL خون در هر ضربان یا ضربان قلب حداکثرِ 190 ضربه در دقیقه یا بیشتر ــ مقداری که قلب یک دونده جوان و تمرین‌کرده می‌تواند به آن برسد ــ دست نمی‌یافت. عضلاتش هرگز شبکه‌ای در حدود 60,000 miles از مویرگ‌ها (Capillaries) را که مانند تارهای پیچیده عنکبوت دور آن‌ها را فرا می‌گیرد و اکسیژن می‌رساند، ایجاد نمی‌کردند. ریه‌هایش هرگز دیواره‌ای چنین نازک در سطحی چنین وسیع نمی‌ساختند تا محیطی عالی برای تبادل گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن شوند. غدد اکرین (Eccrine Glands) نیز هرگز به تولیدکنندگان عرقی چنین کارآمد تبدیل نمی‌شدند که تبخیر سریع و خنک‌ماندن در محیط‌های بسیار گرم را ممکن می‌کنند. فیزیولوژیست استدلال می‌کند که بدن ما به‌طرزی شگفت‌انگیز برای دویدن ساخته شده است.

دویدن حاصل یکپارچگی زیبای دستگاه‌های قلبی‌عروقی (Cardiovascular)، عضلانی (Muscular)، متابولیک (Metabolic) و عصبی (Neurological) است؛ دستگاه‌هایی که به‌صورت هماهنگ بر انتقال اکسیژن، استخراج و استفاده از آن، و نیز مصرف سوخت‌های عضلانیِ چربی و کربوهیدرات اثر می‌گذارند. این دوره آموزشی همه این موضوعات و بسیار بیشتر از آن را شرح می‌دهد.

غدد اکرین (Eccrine Glands): نوعی غده عرق که در بیشتر سطوح بدن یافت می‌شود.

دانشگاه تناسب اندام
FITBODY UNIVERSITY
instagram page : @fitbody.university

تولید انرژی

درک چگونگی تولید انرژی برای دویدن، پایه درک چگونگی تمرین‌کردن به مؤثرترین شکل است. در نهایت، اگر یک دونده می‌خواهد سریع‌تر شود یا بدون آسیب بدود، هر جلسه تمرینی او باید هدف فیزیولوژیک مشخصی داشته باشد.

همان‌طور که در کلاس زیست‌شناسی دبیرستان آموختیم، انرژی لازم برای حرکت بدن از تجزیه شیمیایی یک ترکیب متابولیک پرانرژی موجود در عضلات به نام آدنوزین تری‌فسفات (Adenosine Triphosphate; ATP) به دست می‌آید. ATP به دو جزء خود، یعنی آدنوزین دی‌فسفات (Adenosine Diphosphate; ADP) و فسفات غیرآلی (Inorganic Phosphate; Pi)، تجزیه می‌شود. از آنجا که عضلات ما تنها مقدار اندکی ATP برای مواقع اضطراری ذخیره می‌کنند، باید پیوسته آن را بازسنتز کنیم تا دوباره قابل تجزیه باشد. بنابراین تشکیل و بازسنتز ATP بخشی از یک فرایند چرخه‌ای است: ATP به ADP و Pi تجزیه می‌شود و سپس ADP و Pi با هم ترکیب می‌شوند تا ATP دوباره ساخته شود. به بیان ساده، سریع‌تر دویدن در نهایت به افزایش سرعت بازسنتز ATP وابسته است تا این مولکول بتواند تجزیه شود و انرژی لازم برای انقباض عضله را آزاد کند.

انسان‌ها نیز مانند بسیاری از جانوران دیگر، ATP را از طریق سه مسیر متابولیک که از واکنش‌های شیمیایی متعددِ کاتالیزشده توسط آنزیم‌ها تشکیل شده‌اند، تولید می‌کنند. دو مسیر از این سه مسیر ــ سیستم فسفاژن (Phosphagen System) و گلیکولیز بی‌هوازی (Anaerobic Glycolysis) ــ برای تولید ATP از اکسیژن استفاده نمی‌کنند و بنابراین بی‌هوازی (Anaerobic) نامیده می‌شوند. مسیر سوم برای تولید ATP از اکسیژن استفاده می‌کند و در نتیجه هوازی (Aerobic) نام دارد.

آدنوزین تری‌فسفات (ATP): مولکولی حامل انرژی که برای تأمین انرژی فرایندهای بدن به کار می‌رود.

آدنوزین دی‌فسفات (ADP): ترکیبی آلی که برای جریان انرژی در سلول‌های زنده ضروری است.

سیستم فسفاژن (Phosphagen System): سیستم انرژی بی‌هوازی که با استفاده از کراتین فسفات، انرژی را به‌سرعت برای تولید ATP فراهم می‌کند.



شکل 1.1 ــ سیستم‌های انرژی انسان

سیستم فسفاژن

در فعالیت‌های کوتاه‌مدت و شدید، عضلات باید توان زیادی تولید کنند و در نتیجه تقاضا برای ATP بسیار بالا می‌رود. سیستم فسفاژن که سیستم ATP-CP نیز نامیده می‌شود، سریع‌ترین راه بازسنتز ATP است. کراتین فسفات (Creatine Phosphate; CP) که در عضلات اسکلتی ذخیره می‌شود، یک گروه فسفات به ADP می‌دهد تا ATP تولید شود:

$$ADP + CP \rightarrow ATP + C$$

در این فرایند از کربوهیدرات یا چربی استفاده نمی‌شود؛ بازسازی ATP فقط از CP ذخیره‌شده انجام می‌گیرد. چون این فرایند برای بازسنتز ATP به اکسیژن نیاز ندارد، بی‌هوازی یا مستقل از اکسیژن است. سیستم فسفاژن به‌عنوان سریع‌ترین روش بازسنتز ATP، سیستم غالب در دوی سرعت تمام‌عیار است که تا حدود 10 تا 15 seconds ادامه دارد. با این حال، چون مقدار CP و ATP ذخیره‌شده در عضلات محدود است، هنگام دوی سرعت به‌سرعت خسته می‌شویم.

ذخایر ATP و CP به ازای هر پوند عضله و توانایی به‌دست‌آوردن سریع ATP از تجزیه CP در زنان و مردان یکسان است؛ اما مقدار کل ATP و CP ذخیره‌شده ــ و در نتیجه کل انرژی در دسترس از این منابع سوختی ــ در مردان به دلیل توده عضلانی بیشتر، بالاتر است. این موضوع به مردان امکان می‌دهد سریع‌تر از زنان اسپرینت کنند.

کراتین فسفات (Creatine Phosphate; CP): مولکولی پرانرژی که در عضله اسکلتی، میوکارد و مغز ذخیره می‌شود.

instagram.page : @fitbody.university

گلیکولیز بی‌هوازی

گلیکولیز بی‌هوازی سیستم انرژی غالب برای دویدن تمام‌عیار از حدود 30 seconds تا حدود 2 minutes است و دومین راه سریع برای بازسنتز ATP به شمار می‌آید. در گلیکولیز بی‌هوازی، کربوهیدرات ــ چه به شکل گلوکز (Glucose) در خون و چه به شکل ذخیره‌شده آن یعنی گلیکوژن (Glycogen) در عضلات و کبد ــ در مجموعه‌ای از واکنش‌های شیمیایی تجزیه می‌شود. از تجزیه هر مولکول گلوکز از راه گلیکولیز، 2 مولکول ATP قابل‌استفاده تولید می‌شود. بنابراین انرژی بسیار کمی از این مسیر به دست می‌آید، اما در عوض انرژی را سریع دریافت می‌کنیم و می‌توانیم سریع بدویم.

زمانی به گلیکولیز بی‌هوازی متکی می‌شویم که اکسیژن با سرعت کافی برای پاسخ‌گویی به نیاز عضلات به ATP تأمین نمی‌شود. در این وضعیت، به دلیل افزایش یون‌های هیدروژن، pH عضله کاهش می‌یابد و حالتی به نام اسیدوز (Acidosis) ایجاد می‌شود؛ در نتیجه عضلات توانایی انقباض مؤثر را از دست می‌دهند. غلظت متابولیت‌های دیگر، از جمله یون‌های پتاسیم و دو جزء ATP یعنی ADP و Pi نیز افزایش می‌یابد. اسیدوز و تجمع این متابولیت‌ها مشکلات متعددی در عضله ایجاد می‌کند؛ از جمله مهار برخی آنزیم‌های دخیل در متابولیسم و انقباض عضله، مهار آزادسازی کلسیم ــ محرک انقباض عضله ــ از محل ذخیره آن در عضله، و اختلال در بارهای الکتریکی عضلات. پیامد نهایی، کاهش تولید نیروی عضلانی و سرعت دویدن است.

گلیکولیز بی‌هوازی (Anaerobic Glycolysis): سیستم انرژی بی‌هوازی که در شرایط محدودیت اکسیژن، گلوکز را به لاکتات تبدیل می‌کند.

بی‌هوازی (Anaerobic): بدون اکسیژن یا بدون نیاز به اکسیژن.

هوازی (Aerobic): همراه با اکسیژن یا در حضور اکسیژن.

گلوکز (Glucose): قند ساده‌ای که بدن در سطح سلولی برای تولید انرژی استفاده می‌کند.

گلیکوژن (Glycogen): شکل ذخیره‌شده گلوکز که در بافت عضلانی و کبد یافت می‌شود.

اسیدوز (Acidosis): حالتی از افزایش pH سلولی که در اثر ناتوانی کلیه‌ها و ریه‌ها در پاک‌سازی یون‌های هیدروژن اضافی ایجاد می‌شود.

سیستم هوازی

از آنجا که انسان برای فعالیت‌های هوازی تکامل یافته است، تعجبی ندارد که سیستم هوازی ــ که به اکسیژن وابسته است ــ پیچیده‌ترینِ سه سیستم انرژی باشد. واکنش‌های متابولیکی که در حضور اکسیژن رخ می‌دهند، مسئول بیشتر انرژی تولیدشده در سلول‌های ما هستند. مسابقاتی که بیش از 2 minutes طول می‌کشند ــ از 800 meters تا اولتراماراتن ــ بیش از همه به سیستم هوازی متکی‌اند. با این حال، متابولیسم هوازی کندترین روش بازسنتز ATP است.

سیستم هوازی از گلوکز خون، گلیکوژن عضله و کبد، و چربی به‌عنوان سوخت برای بازسنتز ATP استفاده می‌کند. استفاده هوازی از کربوهیدرات به ازای تجزیه هر مولکول گلوکز، 38 مولکول ATP تولید می‌کند. بنابراین سیستم هوازی از هر مولکول گلوکز، 19 برابر بیشتر از گلیکولیز ATP تولید می‌کند. اگر این مقدار زیاد به نظر می‌رسد، استفاده از چربی انرژی بسیار بیشتری می‌دهد: حدود 130 مولکول ATP، کم‌وبیش بسته به نوع اسید چرب مصرف‌شده.

عملکرد دویدن، چه در سطح تفریحی و چه در سطح نخبه، بیش از همه به سیستم هوازی وابسته است. هرچه این سیستم توسعه‌یافته‌تر باشد، فرد پیش از آنکه ناچار شود بیشتر به مسیرهای بی‌هوازی اتکا کند و خستگی ناشی از آن را تجربه کند، می‌تواند با سرعت بیشتری بدود.

جدول 1.1 ــ مسیرهای انرژی

مسیر انرژی	سوبسترای اصلی	نیاز به اکسیژن	زمان غالب‌بودن در تولید انرژی
سیستم فسفاژن	کراتین فسفات (CP)	بی‌هوازی	0–15 seconds
گلیکولیز بی‌هوازی	گلوکز و گلیکوژن	بی‌هوازی	30 seconds–2 minutes
سیستم هوازی	گلوکز، گلیکوژن، چربی‌ها	هوازی	بیش از 2 minutes

اینکه کدام مسیر برای تولید اصلی ATP به کار گرفته می‌شود، به این بستگی دارد که انرژی را با چه سرعتی و به چه مقدار نیاز داریم. برای مثال، اسپرینت نسبت به دوی آرام به انرژی بسیار سریع‌تری نیاز دارد و در نتیجه اتکا به سیستم فسفاژن و گلیکولیز بی‌هوازی ضروری است. در مقابل، دویدن 10K یا ماراتن بیشتر به سیستم هوازی متکی است. صرف‌نظر از اینکه با چه سرعتی می‌دویم یا چه نوع جلسه تمرینی انجام می‌دهیم، تولید ATP هرگز منحصراً به استفاده از فقط یک سیستم انرژی وابسته نیست؛ بلکه حاصل پاسخ هماهنگ هر سه سیستم است که هرکدام به درجات متفاوت سهم دارند.

سه پیچ تنظیم را تصور کنید که همواره برای بهینه‌سازی تولید انرژی در حال تغییرند. در مسابقه 100 meters، پیچ سیستم فسفاژن بسیار بالا و دو پیچ دیگر پایین هستند. در ماراتن، پیچ سیستم هوازی بسیار بالا و دو پیچ دیگر پایین قرار می‌گیرند. در مسابقه 5K، سیستم هوازی روی مقدار بالا، گلیکولیز بی‌هوازی روی مقدار متوسط و سیستم فسفاژن روی مقدار پایین تنظیم می‌شود.

عوامل قلبی‌عروقی

instagram page : @fitbody.university

قلب خارق‌العاده‌ترین عضله‌ای است که داریم. این اندام توانایی و مسئولیت منحصربه‌فردی دارد که مهم‌ترین ماده شیمیایی ــ اکسیژن ــ را برای حفظ حیات به سراسر بدن برساند. اکسیژن همچنین به حفظ سرعت یک دونده کمک می‌کند.

قلب درست زیر دنده‌ها و زیر پستان چپ قرار دارد و از چهار حفره تشکیل شده است: دهلیز چپ و راست (Left and Right Atria) و بطن چپ و راست (Left and Right Ventricles). بطن چپ بزرگ‌ترین و مهم‌ترین حفره است، زیرا مسئول فرستادن خون به تمام بدن به‌جز ریه‌هاست.

important chamber because it's responsible for sending blood to the entire body except the lungs.

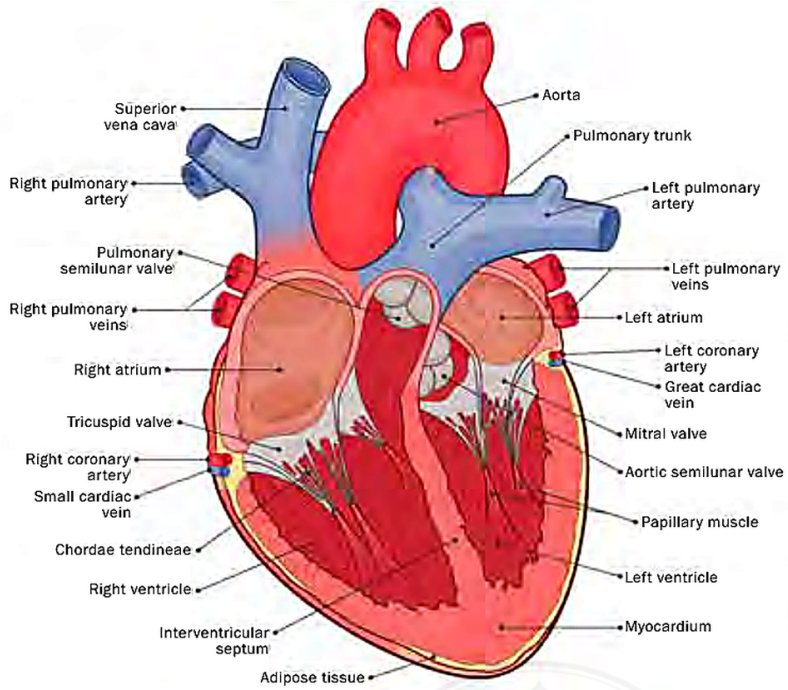


Figure 1.2 Human Heart Anatomy

شکل 1.2 ــ آناتومی قلب انسان

ترجمه برچسب‌های شکل: ورید اجوف فوقانی؛ آئورت؛ تنه ریوی؛ شریان ریوی چپ؛ وریدهای ریوی چپ؛ دهلیز چپ؛ شریان کرونری چپ؛ ورید بزرگ قلبی؛ دریچه میترال؛ دریچه نیمه‌هلالی آئورت؛ عضله پاپیلری؛ بطن چپ؛ میوکارد؛ شریان ریوی راست؛ دریچه نیمه‌هلالی ریوی؛ وریدهای ریوی راست؛ دهلیز راست؛ دریچه سه‌لتی؛ شریان کرونری راست؛ ورید کوچک قلبی؛ طناب‌های وتری؛ بطن راست؛ سپتوم بین‌بطنی؛ بافت چربی.

درون خون میلیون‌ها گلبول قرمز (Red Blood Cells) وجود دارد که اکسیژن را به سراسر بدن، از جمله عضلاتی که هنگام دویدن فعال‌اند، حمل می‌کنند. در واقع، این گلبول‌های قرمز پس از پمپ‌شدن از قلب، مسیر مشخصی را طی می‌کنند.

به‌جای اینکه خودمان توضیح دهیم چه اتفاقی می‌افتد، اجازه بدهید گلبول قرمز از زبان خودش حرف بزند...

سلام. من یک گلبول قرمز هستم. مسئول انتقال اکسیژن در خون شما هستم. می‌شود گفت آدم مهمی هستم! در دستگاه گردش خون شما سفر می‌کنم و اکسیژن را به همه سلول‌ها تحویل می‌دهم. مثل نامه‌رسان، چه باران ببارد و چه آفتاب باشد کار می‌کنم. البته یکشنبه‌ها هم سر کارم. بالاخره اکسیژن باید هر روز تحویل داده شود.

داخل من یک پروتئین بسیار مهم زندگی می‌کند. اسمش هموگلوبین (Hemoglobin) است. در واقع، چون داخل من ساکن است، اوست که اکسیژن را حمل می‌کند. (البته اجاره سنگینی از او می‌گیرم.) غلظت هموگلوبین در خون شما 45 تا 50 percent است. پس تقریباً نیمی از خون شما از هموگلوبین تشکیل شده است. وقتی آزمایش خون استانداردی به نام شمارش کامل خون (Complete Blood Count; CBC) می‌دهید، غلظت هموگلوبین یکی از چیزهایی است که پزشک بررسی می‌کند. کمی بعد بیشتر درباره هموگلوبین صحبت می‌کنیم. فعلاً برگردیم به من.

من عاشق سفرم. در خون سراسر بدن، از بالاترین نقطه سر تا نوک کوچک‌ترین انگشت پا، حرکت می‌کنم. همیشه در یک جهت سفر می‌کنم، چون برای اینکه کارها درست انجام شوند جریان خون باید یک‌طرفه باشد. نمی‌شود خون از هر طرف حرکت کند و راه‌بندان ایجاد شود!

برای اینکه راحت در رگ‌های خونی سر بخورم، شکلی شبیه دیسک یا فریزبی دارم. بسیار کوچک هستم، حدود 25,000 برابر کوچک‌تر از یک دانه شن. با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوم و فقط زیر میکروسکوپ می‌توانید مرا ببینید. اگر مشکلی برایم پیش بیاید و شکل من تغییر کند ــ مثلاً در کم‌خونی داسی‌شکل (Sickle Cell Anemia) که بیشتر شبیه داس می‌شوم ــ عبور از خون برایم سخت‌تر می‌شود و این برای انتقال اکسیژن به اندام‌ها خوب نیست. در آزمایش خون استاندارد، پزشک شکل من را نیز بررسی می‌کند. شکل اهمیت دارد.

سفر را از بطن چپ قلب شروع می‌کنم و با بار زیادی از اکسیژن از آئورت (Aorta)، بزرگ‌ترین شریان بدن، عبور می‌کنم.

از آئورت وارد شریان‌های دیگر می‌شوم؛ از شریان‌ها به شریانچه‌های کوچک‌تر (Arterioles).

از شریانچه‌ها وارد مویرگ‌های بسیار کوچک می‌شوم که به اندام‌ها، از جمله عضلات، مغز، کلیه‌ها، کبد، معده، روده‌ها، پانکراس و پوست، اکسیژن می‌رسانند.

وقتی به اندام‌ها ــ از جمله عضلات اسکلتی ــ می‌رسم، توقف کوتاهی می‌کنم تا هموگلوبین اکسیژن متصل به خود را آزاد کند؛ اکسیژنی که عضلات برای حفظ سرعت دویدن و سایر اندام‌ها برای انجام وظایف اختصاصی خود مصرف می‌کنند.

هموگلوبین (Hemoglobin): مولکولی ساخته‌شده از آهن و هِم که مسئول انتقال اکسیژن در خون است.

در نیمه نخست این چرخه، پس از آنکه من و خواهر و برادرهایم ــ سایر گلبول‌های قرمز ــ از بطن چپ قلب خارج می‌شویم، جریان ما به سوی عضلات به چند عامل بستگی دارد:

- **توزیع مجدد خون** از اندام‌های دیگر که در آن لحظه اهمیت کمتری دارند به سمت عضلات فعال. هنگام دویدن، ایده‌آل است تا حد امکان خون بیشتری به عضلات برسد تا اکسیژن بیشتری دریافت کنند.
- **مقاومت جریان خون در رگ‌ها.** هرچه رگ‌ها بیشتر گشاد باشند، مقاومت کمتر و عبور خون آسان‌تر است. مقدار گشادشدن عروق (Vasodilation) به تعامل دو شاخه دستگاه عصبی خودمختار (Autonomic Nervous System) و هورمون‌های مرتبط با آن‌ها بستگی دارد: دستگاه سمپاتیک (Sympathetic) که تحریک‌کننده است و تنگی عروق (Vasoconstriction) ایجاد می‌کند، و دستگاه پاراسمپاتیک (Parasympathetic) که آرام‌کننده است و گشادشدن عروق را ایجاد می‌کند.
- **توانایی انتقال اکسیژن در خون.** هرچه تعداد من و میزان هموگلوبین بیشتر باشد، خون می‌تواند اکسیژن بیشتری حمل کند.
- **توانایی انتقال اکسیژن در عضله.** میوگلوبین (Myoglobin) پروتئینی است که اکسیژن را درون عضلات حمل می‌کند. وقتی هموگلوبین اکسیژن را به عضله می‌رساند، آن را مانند تحویل چوب امدادی در مسابقه به میوگلوبین می‌سپارد.
- **تراکم و حجم مویرگ‌ها** در اطراف تارهای عضلانی.

بعد از این همه گردش، حالا اکسیژن من کم و دی‌اکسیدکربنم زیاد شده است؛ دی‌اکسیدکربنی که از واکنش‌های شیمیایی متابولیسم عضلات حاصل شده است. پس باید به قلب و ریه‌ها برگردم تا اکسیژن بیشتری بگیرم.

خب، وقت برگشتن به قلب است. برویم!

از مویرگ‌ها وارد ونول‌ها (Venules)، یعنی سیاهرگ‌های کوچک، می‌شوم؛ سپس از ونول‌ها به وریدها.

از وریدها وارد ورید اجوف (Vena Cava)، بزرگ‌ترین ورید بدن، می‌شوم.

از ورید اجوف به دهلیز راست قلب می‌روم. وقتی دهلیز راست از خون پر می‌شود، منقبض می‌شود و مرا از دریچه سه‌لتی (Tricuspid Valve) عبور می‌دهد.

از دهلیز راست از راه دریچه سه‌لتی ــ یادتان باشد tri در سمت راست است ــ وارد بطن راست می‌شوم. وقتی بطن راست منقبض می‌شود، از شریان ریوی (Pulmonary Artery) رانده می‌شوم.

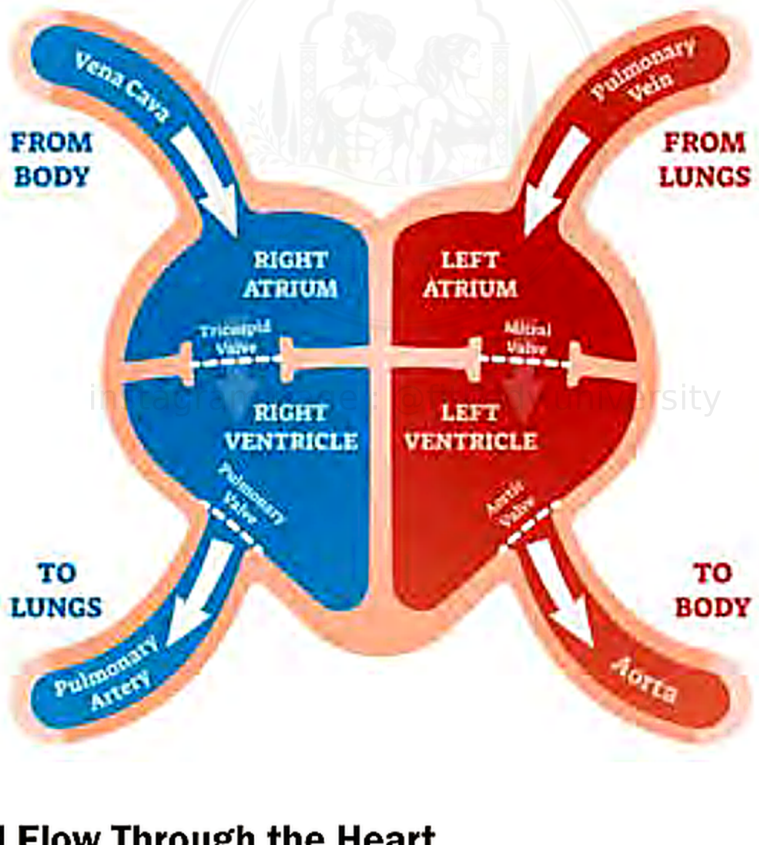
از شریان ریوی به ریه‌ها می‌روم؛ جایی که دی‌اکسیدکربن را کنار می‌گذارند و اکسیژنی را که از هوا دمیده شده، دریافت می‌کنند.

از ریه‌ها از طریق ورید ریوی (Pulmonary Vein) حرکت می‌کنم.

از ورید ریوی وارد دهلیز چپ می‌شوم. با پرشدن دهلیز چپ، این حفره منقبض می‌شود و مرا از دریچه دولتی یا میترال (Bicuspid/Mitral Valve) به بطن چپ می‌راند.

از دهلیز چپ، از طریق دریچه میترال ــ یادتان باشد میترال در سمت چپ است ــ دوباره به بطن چپ برمی‌گردم.

اوه! خسته شدم! چه سفر طولانی‌ای بود! و حالا باید همین سفر چرخه‌ای را دوباره از اول طی کنم!



شکل 1.3 ــ جریان خون در قلب

ترجمه کامل برچسب‌های شکل: از بدن ← ورید اجوف ← دهلیز راست ← دریچه سه‌لتی ← بطن راست ← شریان ریوی ← به ریه‌ها؛ از ریه‌ها ← ورید ریوی ← دهلیز چپ ← دریچه میترال ← بطن چپ ← آئورت ← به بدن.

در همین لحظه که نشسته‌اید و این متن را می‌خوانید، در هر دقیقه حدود 5 liters خون از بطن چپ قلب پمپ می‌شود. وقتی با حداکثر شدت ممکن ورزش می‌کنید، قلب یک مرد می‌تواند بسته به آمادگی دستگاه قلبی‌عروقی در هر دقیقه تا حدود 20 تا 25 liters و قلب یک زن حدود 15 تا 20 liters خون پمپ کند. بهترین ورزشکاران استقامتی مرد جهان می‌توانند در هر دقیقه تا حدود 35 تا 40 liters خون و بهترین ورزشکاران استقامتی زن حدود 25 تا 30 liters خون پمپ کنند. این واقعاً حجم زیادی از خون است!

وقتی به‌طور منظم ورزش هوازی، مانند دویدن و دوچرخه‌سواری، انجام می‌دهید، گلبول‌های قرمز بیشتری مثل من می‌سازید و حجم کل خونتان افزایش می‌یابد؛ در نتیجه توانایی انتقال اکسیژن بیشتر می‌شود. فرایند تولید بیشتر گلبول قرمز به دلیل اهمیتش نامی رسمی دارد: اریتروپوئز (Erythropoiesis). «اریترو» به اریتروسیت‌ها اشاره دارد که نسخه‌های نابالغ من هستند. اریتروپوئز مهم است چون طول عمر من بسیار کوتاه است، حدود 90 تا 120 days. همین یک زندگی را دارم، پس بهتر است از آن خوب استفاده کنم.

برگردیم به هموگلوبین. هموگلوبین که حاوی آهن است، مسئول رنگ قرمز من است. هموگلوبین برای زنده‌ماندن به آهن نیاز دارد، پس برای دریافت آهن مقدار زیادی سبزی‌های برگ‌دارِ سبز و تیره و گوشت‌های کم‌چرب بخورید. (او مثل مستأجری است که دست از خوردن غذای من برنمی‌دارد.)

اریتروپوئز (Erythropoiesis): تولید گلبول‌های قرمز خون.

هر مولکول هموگلوبین در حالت اشباع کامل از اکسیژن، 4 مولکول اکسیژن حمل می‌کند؛ وضعیتی که تقریباً همیشه برقرار است. فقط در برخی شرایط، هموگلوبین کاملاً اشباع نیست؛ مثلاً وقتی به ارتفاعات می‌روید که فشار اکسیژن هوا کمتر است ــ که فشار جزئی (Partial Pressure) نامیده می‌شود ــ یا وقتی به شکلی ورود اکسیژن به خون شریانی مختل شود یا انتشار آن از آلوئول‌های ریه به مویرگ‌های ریوی محدود گردد.

در خون شریانی ــ یعنی خون موجود در شریان‌ها، شریانچه‌ها و سمت چپ قلب ــ فشار جزئی اکسیژن 100 mmHg است؛ میلی‌متر جیوه همان واحدی است که هنگام اندازه‌گیری فشار خون استفاده می‌شود. در این وضعیت هموگلوبین تقریباً 100 percent اشباع است؛ یعنی هر 4 زیرواحد هموگلوبین اکسیژن حمل می‌کنند.

instagram page : @fitbody.university

در خون وریدی ــ خون در وریدها، ونول‌ها و سمت راست قلب ــ فشار جزئی اکسیژن 40 mmHg و اشباع هموگلوبین 75 percent است؛ یعنی 3 زیرواحد از 4 زیرواحد هموگلوبین حامل اکسیژن‌اند.

وقتی فشار جزئی اکسیژن به 25 mmHg می‌رسد، هموگلوبین فقط 50 percent اشباع است؛ یعنی فقط 2 زیرواحد از 4 زیرواحد اکسیژن حمل می‌کنند.

هرچه فشار جزئی اکسیژن پایین‌تر باشد، مولکول‌های اکسیژن کمتری به هموگلوبین متصل می‌مانند، زیرا اکسیژن به اندام‌ها و بافت‌هایی که به آن نیاز دارند آزاد شده است.

عوامل اصلی تعیین‌کننده توانایی انتشار اکسیژن به داخل خون عبارت‌اند از:

1. فشار جزئی اکسیژن
2. مسافتی که اکسیژن باید انتشار یابد و طی کند
3. سطح ریه‌ها، آلوئول‌ها و رگ‌های خونی

بنابراین مواردی مانند بیماری قلبی یا ریوی و ادم (Edema؛ التهاب) می‌توانند به‌دلیل اثرشان بر فاصله انتشار یا سطح، اشباع هموگلوبین را کاهش دهند. برای مثال در فرد مبتلا به آمفیزم (Emphysema)، انتشار اکسیژن به این دلیل کاهش می‌یابد که سطح موجود برای انتشار کمتر شده است. در برخی ورزشکاران نخبه استقامتی که برون‌ده قلبی بسیار بالایی دارند و قلبشان هر

دقیقه حجم زیادی خون پمپ می‌کند، زمان کافی وجود ندارد تا من در ریه‌ها حرکت کنم و هموگلوبین تمام اکسیژن ممکن را دریافت کند. کاهش زمان عبور من از ریه‌ها موجب افت اشباع هموگلوبین می‌شود؛ وضعیتی به نام هیپوکسمی ناشی از ورزش (Exercise-Induced Hypoxemia).

هموگلوبین خیلی جذاب است. (خودش هم به این موضوع افتخار می‌کند.) آن‌قدر جاذبه دارد که اکسیژن برای اتصال به او هجوم می‌آورد. ساختار او چهارمینه (Quaternary Structure) است، یعنی 4 زیرواحد پروتئینی دارد. هر زیرواحد از یک زنجیره پروتئینی تشکیل شده که محکم با یک گروه غیرپروتئینی هِم حاوی آهن مرتبط است. هر زیرواحد پروتئینی یک مولکول اکسیژن حمل می‌کند.

فشار جزئی (Partial Pressure): وضعیتی که در آن، مانند ارتفاعات بالاتر، فشار اکسیژن خارج از ریه‌ها کمتر از فشار داخل خون است.

هیپوکسمی ناشی از ورزش (Exercise-Induced Hypoxemia): غلظت غیرطبیعیِ پایین اکسیژن در خون که در اثر ورزش یا فعالیت استقامتی ایجاد می‌شود.

با تغییر تعداد مولکول‌های اکسیژن متصل به هموگلوبین، شکل آن نیز تغییر می‌کند. هرچه مولکول‌های اکسیژن بیشتری به هموگلوبین متصل شوند، تمایل هموگلوبین به اکسیژن بیشتر می‌شود و اکسیژن نیز بیشتر تمایل دارد به آن متصل شود. وقتی فقط 1 مولکول اکسیژن به هموگلوبین متصل است، هموگلوبین چندان جذاب نیست. اما وقتی 3 مولکول اکسیژن متصل‌اند، مولکول چهارم برای اتصال بی‌قرار است؛ هموگلوبین تا این حد زیبا می‌شود. (وقتی هر 4 مولکول اکسیژن به او وصل شده‌اند، نمی‌تواند دست از نگاه‌کردن به خودش در آینه بردارد.) این تغییر میل اتصال هموگلوبین به اکسیژن مهم است، زیرا بارگیری اکسیژن در ریه‌ها و تخلیه آن در عضلات و سایر اندام‌ها را تسهیل می‌کند.

همین تغییر شکل هموگلوبین است که به پزشکان و پرستاران امکان می‌دهد کاهش اشباع اکسیژن خون را تشخیص دهند. آن گیره کوچکی را که در بیمارستان یا مطب روی انگشت می‌گذارند به خاطر دارید؟ داخل آن یک نور مادون قرمز وجود دارد. وقتی شکل هموگلوبین تغییر می‌کند، نحوه شکست نور نیز تغییر می‌کند. بنابراین گیره در واقع الگوی شکست نور مادون قرمز را که در نتیجه شکل هموگلوبین ایجاد شده است، «می‌خواند». اگر اشباع اکسیژن خون از مقدار مطلوب در سطح دریا ــ 98 تا 100 percent ــ کمتر باشد، به‌دلیل تغییر شکل هموگلوبین نور به شکل متفاوتی می‌شکند.

instagram page : @fitbody.university

اشباع اکسیژن هموگلوبین با فشار جزئی اکسیژن در خون تعیین می‌شود. هرچه فشار جزئی اکسیژن کمتر باشد، اشباع هموگلوبین نیز کمتر است. هنگام اسکی یا پیاده‌روی در ارتفاع، فشار جزئی اکسیژن هوا کاهش می‌یابد و در نتیجه فشار جزئی اکسیژن خون نیز کم می‌شود. تا ارتفاع حدود 3,000 feet، افت فشار جزئی اکسیژن هوا ناچیز است و اشباع اکسیژن خون تغییر نمی‌کند؛ همچنان حدود 98 تا 100 percent باقی می‌ماند. اما بالاتر از 3,000 feet، اشباع اکسیژن خون شروع به کاهش می‌کند. به همین دلیل انجام ورزش هوازی در ارتفاع دشوار است؛ چون هموگلوبین هنگام گردش در بدن، اکسیژن کمتری به خود متصل دارد.

هرچه تعداد بیشتری از من داشته باشید، توانایی شما برای انتقال اکسیژن در گردش خون بیشتر است. هرچه توان انتقال اکسیژن بالاتر باشد، آمادگی هوازی شما بهتر است. یکی از راه‌های کمک به مراجعان برای بهترشدن در دویدن، ساختن تعداد بیشتری از من و مستأجرم، هموگلوبین، است ــ مطمئن شوید آهن کافی در یخچال برایش هست! ــ تا بتوانیم اکسیژن بیشتری در خون حمل کنیم.

ضربان قلب

هنگام دویدن، قلب باید سخت کار کند تا اکسیژن کافی به عضلات برسد. سرعت ضربان و مقدار خونی که پمپ می‌کند به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد تا عرضه اکسیژن پاسخ‌گوی تقاضای عضلات باشد. بسته به سرعت دویدن، ضربان قلب می‌تواند با توجه به سن فرد تا حدود 200 beats per minute بالا برود. هرچه دونده مسن‌تر باشد، ضربان قلب حداکثر او پایین‌تر است. بعضی افراد به‌طور ژنتیکی ضربان قلب حداکثر بالایی دارند که از مقدار پیش‌بینی‌شده برای سنشان بیشتر است. این موضوع برای یک دونده مزیت محسوب می‌شود، زیرا ضربان بالاتر به معنای حرکت خون و اکسیژن بیشتر به سوی عضلات در حال کار است.

> **ضربان قلب حداکثر (Maximum Heart Rate):** حداکثر تعداد برآوردشده‌ای که قلب باید یا می‌تواند در هر دقیقه طی ورزش یا فعالیت بزند.

حجم ضربه‌ای

ضربان قلب تنها متغیری نیست که جریان اکسیژن به عضلات را تعیین می‌کند. هر بار که قلب منقبض می‌شود، حجم مشخصی از خون از بطن چپ پمپ می‌شود؛ بخشی که مسئول فرستادن خون و اکسیژن به تمام نقاط بدن به‌جز ریه‌هاست. (سمت راست قلب جریان خون به ریه‌ها را بر عهده دارد.) حجم خونی که با هر ضربان از بطن چپ خارج می‌شود حجم ضربه‌ای (Stroke Volume) نام دارد و تحت تأثیر عوامل زیر است:

- **حجم خونی که از راه وریدها به قلب بازمی‌گردد.** همان‌طور که گفته شد، وقتی قلب خون را پمپ می‌کند، خون از طریق شریان‌ها به عضلات می‌رود و سپس از طریق وریدها به قلب بازمی‌گردد. مقدار خونی که به قلب برمی‌گردد بازگشت وریدی (Venous Return) نام دارد. هرچه بازگشت وریدی بیشتر باشد، حجم ضربه‌ای نیز بیشتر است، زیرا قلب خون بیشتری برای پمپ‌کردن در ضربان بعدی دارد.
- **توانایی قلب برای انقباض سریع و قدرتمند.** قلب نیز مانند سایر عضلات، وقتی با قدرت بیشتری منقبض می‌شود نیروی بیشتری تولید و خون بیشتری پمپ می‌کند. این ویژگی انقباض‌پذیری (Contractility) نامیده می‌شود.
- **مقدار فشار داخل بطن چپ.** وقتی خون از دهلیز چپ وارد بطن چپ می‌شود، به دیواره‌های بطن فشار وارد می‌کند و فشار این حفره را افزایش می‌دهد. این فشار پیش‌بار (Preload) نام دارد. وقتی حجم زیادی از خون وارد بطن چپ می‌شود و به دیواره‌ها فشار می‌آورد، دیواره‌ها به‌طور فعال کشیده می‌شوند. بطن چپ نیز مانند عضلات اسکلتی، زمانی که درست پیش از انقباض به‌طور فعال کشیده شود، با قدرت بیشتری منقبض می‌شود؛ خون بیشتری را بیرون می‌راند و حجم ضربه‌ای افزایش می‌یابد.
- **مقدار فشار در آئورت.** اولین مقصد خون پس از خروج از بطن چپ، آئورت است. مانند شلنگ باریکی که آب فراوان را با فشار پرتاب می‌کند، در ابتدای آئورت یک فشار وجود دارد که در برابر جریان خون مقاومت ایجاد می‌کند. این فشار پس‌بار (Afterload) نامیده می‌شود. هرچه پس‌بار کمتر باشد، مقاومت در برابر عبور خون از آئورت کمتر و حجم ضربه‌ای بیشتر خواهد بود.
- **اندازه قلب.** در مورد قلب، اندازه اهمیت دارد. تصور کنید قلب در جریان تمرین چه چیزی را تجربه می‌کند. پس از یک جلسه تمرینی سخت، قلب دونده می‌گوید: «وای! او مرتب تمرین‌های سختی می‌دود که باعث می‌شود من به حداکثر توان پمپ‌کردن خون برسم. اگر این روند ادامه پیدا کند و کاری نکنم، نمی‌توانم دوام بیاورم.» بنابراین قلب در پاسخ به تهدید ناشی از دویدن در حداکثر ظرفیت پمپاژ، قدرت پمپ‌کردن خود را افزایش می‌دهد و مهم‌ترین حفره‌اش ــ بطن چپ ــ را بزرگ‌تر می‌کند تا بتواند خون و اکسیژن بیشتری به عضلات در حال کار برساند. بزرگ‌شدن قلب آن‌قدر در افرادی که زیاد می‌دوند شایع است که دانشمندان و پزشکان برای آن اصطلاح پزشکی قلب ورزشکار (Athlete’s Heart) را به کار می‌برند. هرچه بطن چپ بزرگ‌تر باشد، خون بیشتری در خود جای می‌دهد؛ و هرچه خون بیشتری در خود جای دهد، مقدار بیشتری نیز می‌تواند پمپ کند.

instagram page : @fitbody.university

حجم ضربه‌ای (Stroke Volume): مقدار خونی که بطن چپ قلب در یک انقباض پمپ می‌کند.

برون‌ده قلبی

اگر ضربان قلب را در حجم ضربه‌ای ضرب کنیم، حجم خونی را به دست می‌آوریم که بطن چپ قلب در هر دقیقه پمپ می‌کند؛ این مقدار برون‌ده قلبی (Cardiac Output) نام دارد. برون‌ده قلبی برای دویدن اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا هرچه قلب در هر دقیقه خون بیشتری پمپ کند، اکسیژن بیشتری به عضلات می‌رسد و فرد می‌تواند با سرعت بیشتری بدود.

هنگام نشستن راحت در حالت استراحت، برون‌ده قلبی حدود 5 liters خون در دقیقه است، کمی کمتر یا بیشتر بسته به اندازه بدن ــ و در نتیجه مقدار خونی که فرد دارد. برون‌ده قلبی استراحت تقریباً برای همه یکسان است، صرف‌نظر از میزان آمادگی جسمانی. تفاوت در ضربان قلب استراحت (Resting Heart Rate) است: افراد ناآماده برون‌ده قلبی استراحت را با ضربان قلب بالا و حجم ضربه‌ای پایین تأمین می‌کنند؛ افراد آماده همان برون‌ده قلبی را با ضربان قلب پایین و حجم ضربه‌ای بالا به دست می‌آورند. به همین دلیل وقتی آماده‌تر می‌شویم ضربان قلب استراحت کاهش می‌یابد: حجم ضربه‌ای بیشتر شده است، پس قلب برای فرستادن همان حجم خون لازم نیست در هر دقیقه به همان تعداد قبلی ضربان بزند.

اما برون‌ده قلبی حداکثر که در زمان کارکردن قلب با حداکثر توان رخ می‌دهد، بین افراد بسیار متفاوت است. هرچه فرد آماده‌تر باشد، حداکثر توان قلب برای پمپ‌کردن خون بیشتر است. برای مقایسه، برون‌ده قلبی حداکثر یک فرد کم‌تحرک حدود 15–20 liters خون در دقیقه است، در حالی که این مقدار در یک دونده مرد نخبه نزدیک 40 liters در دقیقه است. یعنی قلب یک دونده مرد نخبه بیش از 10.5 gallons خون را در هر دقیقه پمپ می‌کند. تعجبی ندارد که دوندگان نخبه چنین قلب‌های بزرگی دارند.

برون‌ده قلبی حداکثر اهمیت زیادی دارد و یکی از ویژگی‌های کلیدی است که یک دونده باید برای بهترشدن روی آن تمرکز کند. تمرین اختصاصی می‌تواند قلب را بزرگ‌تر کند و حجم ضربه‌ای و برون‌ده قلبی را افزایش دهد.

زنان حتی در مقایسه با مردانی با سطح تمرین مشابه، قلب کوچک‌تری دارند. قلب بزرگ‌تر در مردان باعث حجم ضربه‌ای و برون‌ده قلبی بیشتر می‌شود و به VO2max بالاتر کمک می‌کند. میانگین برون‌ده قلبی حداکثر در زنان تمرین‌کرده 20–25 liters per minute و در مردان تمرین‌کرده 30 liters per minute است؛ در افراد نخبه این مقدار به 35–40 liters per minute می‌رسد. مردان همچنین حجم خون بیشتر و هموگلوبین بیشتری برای انتقال اکسیژن دارند. میانگین غلظت هموگلوبین در زنان 13.7 grams به ازای هر 100 mL خون است ــ دامنه طبیعی 12–16 grams ــ در حالی که در مردان 15.8 grams به ازای هر 100 mL خون است ــ دامنه طبیعی 14–18 grams. در مجموع، قلب بزرگ‌تر، حجم خون بیشتر و غلظت هموگلوبین بالاتر، دستگاه قلبی‌عروقی‌ای ایجاد می‌کنند که خون و اکسیژن بیشتری به عضلات در حال دویدن می‌رساند و استقامت قلبی‌عروقی مردان را نسبت به زنان افزایش می‌دهد.

ممکن است اختلاف 2.1-gram در غلظت هموگلوبین بسیار کم به نظر برسد، اما در واقع تفاوت بزرگی است. هر گرم هموگلوبین در حالت اشباع کامل می‌تواند 1.34 mL اکسیژن حمل کند. در این ویژگی، زنان و مردان برابرند؛ شواهدی از تفاوت جنسی در توانایی اشباع خون از اکسیژن وجود ندارد، زیرا این توانایی به ظرفیت انتشار ریه‌ها و ارتفاع محیط بستگی دارد. اختلاف 2.1-gram میان زنان و مردان به این معناست که مردان می‌توانند به ازای هر 100 mL خون، 2.8 mL اکسیژن بیشتری حمل کنند. اگر این اختلاف را در تفاوت حداکثر جریان خون به عضلات هنگام دویدن با حداکثر توان میان زنان و مردان ــ یعنی اختلاف 10,000 mL در برون‌ده قلبی حداکثر ــ ضرب کنیم، مردان در هر دقیقه 280 mL، کمی بیشتر از یک فنجان، اکسیژن بیشتری نسبت به زنان به عضلات می‌رسانند.

برون‌ده قلبی (Cardiac Output): مقدار خونی که قلب، و به‌طور مشخص بطن چپ، در هر دقیقه پمپ می‌کند.

Instagram page : @fitbody.university

ضربان قلب استراحت (Resting Heart Rate): تعداد ضربان قلب در هر دقیقه زمانی که بدن در حالت استراحت است.

VO2max: حداکثر مقدار اکسیژنی که بدن می‌تواند هنگام ورزش یا فعالیت دریافت کند.

یکی از نخستین تغییراتی که در بدن یک دونده در اثر دویدن رخ می‌دهد، افزایش حجم خون است. خون بیشتر یعنی قلب در هر ضربان حجم بیشتری پمپ می‌کند و حجم ضربه‌ای بالا می‌رود. خون بیشتر همچنین به معنای گلبول‌های قرمز و هموگلوبین بیشتر برای حمل اکسیژن به عضلات مورد استفاده در دویدن است. در مجموع، افزایش حجم خون توانایی دونده برای انتقال اکسیژن به عضلات را افزایش می‌دهد.

ریه‌ها

وقتی فردی برای نخستین بار دویدن را شروع می‌کند، ممکن است متوجه شود که تنفس برایش دشوار است. بسیاری از دوندگان تازه‌کار شکایت می‌کنند که به‌محض شروع دویدن دور یک بلوک، نمی‌توانند نفس بکشند. در واقع، گرفتن هوای کافی مهم‌ترین چیزی است که به آن فکر می‌کنند. دوندگان مبتدی از ریه‌های خود ناامید می‌شوند، زیرا تصور می‌کنند ریه‌ها توانایی ادامه دویدن را محدود می‌کنند. حتی دوندگان تمرین‌کرده هم گاهی چنین حسی دارند.

در نگاه اول، به نظر می‌رسد دویدن کاملاً به ریه‌های بزرگ و قوی وابسته است. بالاخره ما اکسیژن را از طریق ریه‌ها دریافت می‌کنیم. اگر اندازه ریه مهم بود، انتظار داشتیم بهترین دوندگان ریه‌های بزرگی داشته باشند که اکسیژن زیادی در خود جای می‌دهد. اما بهترین دوندگان جهان در مقایسه با دیگران افرادی نسبتاً کوچک‌اند و به‌طور مشخص ریه‌های کوچکی دارند. ظرفیت کل ریه (Total Lung Capacity)، یعنی حداکثر مقدار هوایی که ریه‌ها می‌توانند در خود نگه دارند، عمدتاً تحت تأثیر اندازه بدن است؛ افراد بزرگ‌تر ظرفیت ریه بیشتری دارند. برخلاف چیزی که افراد در آغاز دویدن تصور یا احساس می‌کنند، ریه‌ها توانایی آن‌ها را محدود نمی‌کنند، به‌ویژه اگر دونده نخبه نباشند.

عمیق‌تر نفس‌کشیدن برای واردکردن اکسیژن بیشتر، دویدن را آسان‌تر نمی‌کند، زیرا ورود اکسیژن عامل محدودکننده توانایی دویدن نیست. این محدودیت بیشتر بر دوش دستگاه‌های قلبی‌عروقی و متابولیک است و جریان خون به عضلات و استفاده عضلات از اکسیژن نقش اصلی را دارند. بین ظرفیت ریه و سرعت دویدن یک مسابقه 10K رابطه‌ای وجود ندارد.

instagram page : @fitbody.university

برخلاف دستگاه‌های قلبی‌عروقی و عضلانی، ریه‌ها با تمرین سازگار نمی‌شوند. ریه‌ها ممکن است فقط در دوندگان نخبه عملکرد را محدود کنند؛ افرادی که ویژگی‌های تمرین‌پذیرتر مانند برون‌ده قلبی، غلظت هموگلوبین و حجم میتوکندری‌ها و مویرگ‌ها را تا حدی توسعه داده‌اند که به ظرفیت ژنتیکی ریه‌ها برای فراهم‌کردن انتشار کافی اکسیژن به خون نزدیک شده است. به عبارت دیگر، ریه‌ها ممکن است در دوندگان نخبه به این دلیل محدودکننده باشند که از سایر ویژگی‌های سازگارشونده عقب مانده‌اند. اما این مسئله فقط وقتی رخ می‌دهد که آن ویژگی‌های دیگر آن‌قدر تمرین داده شده باشند که به ظرفیت ژنتیکی خود نزدیک شوند.

محرک اصلی تنفس در سطح دریا افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن خون است، نه نیاز به اکسیژن بیشتر. علت اینکه هنگام دویدن سریع بیشتر نفس می‌کشیم این است که دی‌اکسیدکربن در اثر متابولیسم در عضلات تولید می‌شود و باید از طریق ریه‌ها دفع شود. اکسیژن در اطراف ما فراوان است و برای انتشار از هوا به ریه‌ها مشکلی ندارد. حتی زمانی که با بیشترین سرعت ممکن می‌دویم، هموگلوبین خون تقریباً 100 percent از اکسیژن اشباع است. اما اگر در ارتفاع بالا بدویم، برای واردکردن اکسیژن بیشتر به ریه‌ها بیشتر نفس می‌کشیم تا کاهش اشباع اکسیژن خون را جبران کنیم.

تمرین ویژگی‌های قلبی‌عروقی و متابولیک توانایی انتقال و استفاده از اکسیژن را بهبود می‌دهد و باعث می‌شود فرد کمتر احساس کم‌آوردن نفس داشته باشد. بنابراین وقتی مراجع شما از تپه بالا می‌دود یا یک دوی سخت را تمام می‌کند و با خودش می‌گوید «نمی‌توانم نفسم را بگیرم»، به او بگویید ریه‌هایش را مقصر نداند.

عوامل عضلانی

برای بیشتر مردم، عضلات ساختارهایی بیرونی هستند که از بیرون تحسین می‌شوند. اما آنچه درون یک عضله ساق خوش‌فرم قرار دارد، ساختاری شگفت‌انگیز و پیچیده است که مسئول همه چیز، از متابولیسم تا حرکت، محسوب می‌شود.

رساندن خون از قلب به عضلات فقط نیمی از داستان است. با اینکه دستگاه قلبی‌عروقی برای دویدن اهمیت بسیار زیادی دارد، این پاها هستند که می‌دوند. بنابراین پاها برای انجام کار خود به تجهیزات خاصی نیاز دارند. پاها چگونه از تمام اکسیژنی که قلب برایشان می‌فرستد استفاده می‌کنند؟ وقتی اکسیژن به عضلات می‌رسد، عضلات به اندازه‌ای که برای حفظ سرعت دویدن نیاز دارند، اکسیژن را از خون استخراج می‌کنند.

میتوکندری‌ها

مقدار اکسیژنی که عضلات استخراج و مصرف می‌کنند، در درجه اول به تعداد میتوکندری‌های (Mitochondria) موجود در عضلات بستگی دارد. همان‌طور که در زیست‌شناسی دبیرستان یاد گرفتیم، میتوکندری‌ها کارخانه‌های میکروسکوپی تولید انرژی در عمق عضلات هستند. آن‌ها چربی و کربوهیدرات را به‌صورت هوازی می‌سوزانند. درون میتوکندری‌ها آنزیم‌هایی (Enzymes) وجود دارد که واکنش‌های شیمیایی را کاتالیز می‌کنند. تعداد آنزیم‌های میتوکندریایی مهم است، زیرا آنزیم‌ها از طریق اثر کاتالیزوری خود، سرعت تولید انرژی را کنترل می‌کنند. آنزیم‌ها مانند زنبورهای یک کندو، کارگران کارخانه داخل میتوکندری‌اند؛ هرچه کارگر بیشتری وجود داشته باشد، کار سریع‌تر انجام می‌شود.

با توجه به اهمیت میتوکندری‌ها در تأمین انرژی هوازی، تعجبی ندارد که دویدن تعداد میتوکندری‌ها را در عضلات افزایش دهد. میتوکندری‌ها هم از نظر تعداد و هم از نظر اندازه افزایش می‌یابند و نیروگاه‌های بیشتر و بزرگ‌تری برای دویدن هوازی در اختیار دونده قرار می‌دهند. با افزایش میتوکندری‌ها، مصرف اکسیژن نیز افزایش می‌یابد و دونده می‌تواند دورتر و سریع‌تر بدود. میتوکندری بیشتر همچنین یعنی آنزیم‌های بیشتر؛ بنابراین سوخت سریع‌تر مصرف می‌شود، زیرا آنزیم‌ها واکنش‌های شیمیایی تجزیه‌کننده کربوهیدرات و چربی برای انرژی را سرعت می‌بخشند. با افزایش میتوکندری‌ها، دونده می‌تواند در همان سرعت دویدن از چربی بیشتری به‌عنوان سوخت استفاده کند. این تغییر در استفاده از سوخت به سمت اتکای بیشتر به چربی در همان سرعت، یکی از سازگاری‌های شاخص با تمرین دویدن است. در عمل، دونده به دستگاه بهتری برای سوزاندن چربی تبدیل می‌شود؛ همه این‌ها به لطف میتوکندری‌هاست.

instagram page : @fitbody.university

> **میتوکندری (Mitochondria):** اندامک سلولی دارای غشای دوگانه و چین‌خوردگی‌های داخلی متعدد که مسئول تولید انرژی شیمیایی در متابولیسم هوازی یا تنفس سلولی است.

مویرگ‌ها

مویرگ‌ها، کوچک‌ترین رگ‌های خونی، سامانه بزرگراهی عضلات هستند. آن‌ها مانند تار عنکبوت دور تارهای عضلانی را فرا می‌گیرند و از میان آن‌ها عبور می‌کنند تا به نقاط عمیق داخل عضله برسند. مولکول‌های اکسیژن موجود در خون در امتداد مویرگ‌ها «رانندگی» می‌کنند و منتظر یک خروجی می‌مانند.

وقتی مویرگ‌های کمی پیرامون تارهای عضلانی وجود داشته باشند، مولکول‌های اکسیژن باید از خروجی تا مقصدشان ــ میتوکندری ــ فاصله زیادی انتشار یابند. اما اگر مویرگ‌ها فراوان باشند، اکسیژن برای رسیدن به میتوکندری مسیر زیادی طی نمی‌کند. هرچه شبکه مویرگی اطراف تارهای عضلانی گسترده‌تر باشد، فاصله‌ای که اکسیژن از مویرگ‌ها تا میتوکندری طی می‌کند کوتاه‌تر و سطح کل عروق برای انتشار اکسیژن بیشتر است. هرچه اکسیژن سریع‌تر وارد میتوکندری شود، فرد بهتر خواهد دوید.

اینجاست که موضوع جالب می‌شود: ورزش استقامتی یکی از معدود شرایط فیزیولوژیکی است که گسترش شبکه مویرگی را تحریک می‌کند. این اتفاق از طریق تنش برشی (Shear Stress) و نیروهای مکانیکی واردشده به مویرگ‌ها در اثر «فشار» مداوم خون در عروق عضلانی رخ می‌دهد. مویرگ‌های منفرد به دو شاخه تقسیم می‌شوند و رگ‌های جدید از مویرگ‌های موجود جوانه می‌زنند و بزرگراه وسیع‌تری برای رساندن اکسیژن به عضلات می‌سازند.

این یکی از دلایلی است که اگر افراد می‌خواهند دونده بهتری شوند، باید زیاد بدوند: برای ساختن مویرگ‌های بیشتر!

انقباض عضله

دویدن فقط تحت تأثیر عوامل مربوط به مصرف اکسیژن نیست؛ بلکه عواملی مانند فراخوانی و انقباض تارهای عضلانی، تولید نیروی عضله و مقاومت در برابر خستگی نیز بر آن اثر می‌گذارند.

هر حرکت انسان نیازمند یک عمل عضلانی است که انقباض (Contraction) نام دارد. انقباض با تکانه‌هایی به نام پتانسیل عمل (Action Potentials) آغاز می‌شود که توسط یک سلول عصبی به نام نورون حرکتی (Motor Neuron) انتقال می‌یابند.

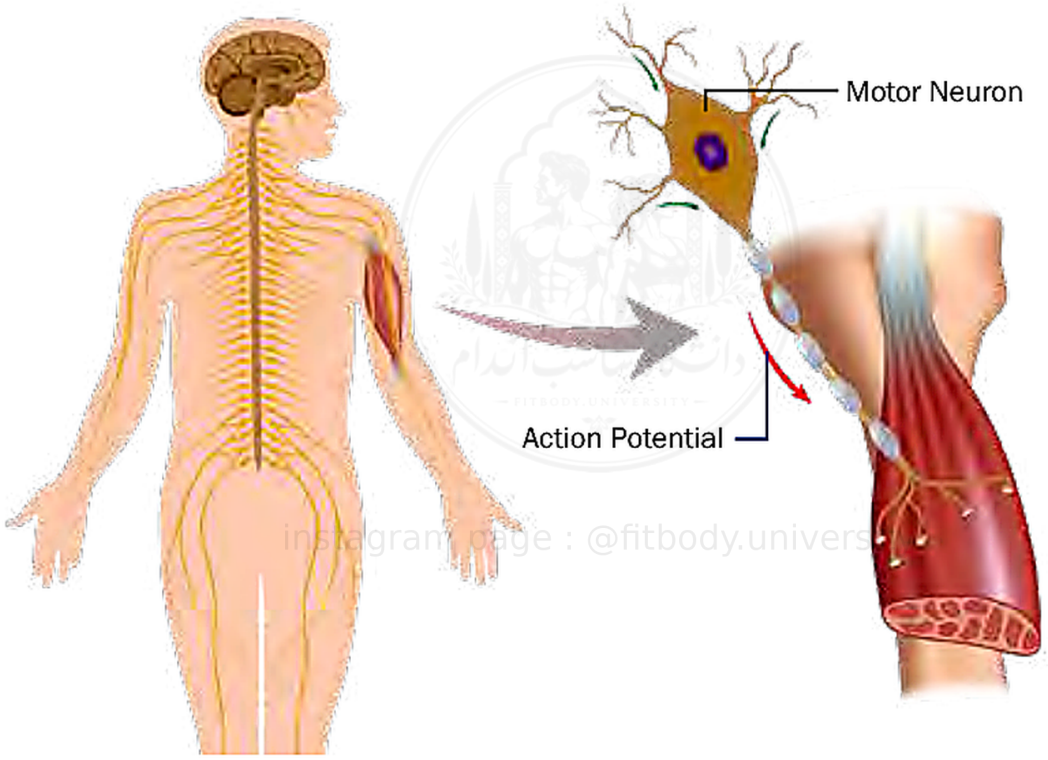


Figure 1.4 The Nervous System and Muscle Contraction

شکل 1.4 ــ دستگاه عصبی و انقباض عضله

ترجمه برچسب‌های شکل: نورون حرکتی؛ پتانسیل عمل. پیام از دستگاه عصبی مرکزی به نورون حرکتی و سپس به تار عضلانی منتقل می‌شود.

انقباض عضله از اعصاب ما آغاز می‌شود. دستگاه عصبی مرکزی (Central Nervous System) سیگنالی را به نورون حرکتی می‌فرستد که با تارهای عضلانی ارتباط دارد. تحت اثر یک ناقل عصبی مشخص به نام استیل‌کولین (Acetylcholine)، سیگنال به عمق تار عضلانی انتشار می‌یابد، کلسیم را از محل ذخیره آن آزاد می‌کند و از طریق تعامل پیچیده پروتئین‌های میکروسکوپی خاص، انقباض عضله را به راه می‌اندازد.

در سال 1957، اندرو هاکسلی، برنده جایزه نوبل، چگونگی تعامل این پروتئین‌های میکروسکوپی ــ اکتین (Actin) و میوزین (Myosin) ــ را کشف کرد. میوزین شبیه پارویی است که تیغه آن زاویه دارد و به اکتین متصل می‌شود؛ اکتین نیز شبیه دو رشته مروارید به‌هم‌پیچیده است. بخش تیغه‌مانند میوزین که حاوی ATP است به اکتین متصل می‌شود و هنگامی که ATP تجزیه می‌شود، آن را می‌کشد تا اکتین از کنار میوزین عبور کند. این سازوکار بسیار شبیه حرکت پاروهای قایق است، با این تفاوت که در اینجا آب ــ اکتین ــ از کنار قایق ثابت ــ میوزین ــ حرکت می‌کند. این حرکت میان میلیون‌ها پروتئین اکتین و میوزین داخل هر تار عضلانی رخ می‌دهد و اکتین‌های دو سمت مخالف به یکدیگر نزدیک می‌شوند و در نتیجه کل عضله کوتاه می‌شود. هرچه پروتئین‌های اکتین و میوزین بیشتری در عضلات وجود داشته باشند، نیروی بیشتری می‌توانند تولید کنند. قایقی با 8 پارو که آب را می‌زند، از قایقی با 2 پارو قوی‌تر و پرتوان‌تر است.

انقباض (Contraction): کوتاه‌شدن یا مقاومت در برابر طویل‌شدن یک تار عضلانی.

پتانسیل‌های عمل (Action Potentials): انفجاری از فعالیت الکتریکی که در اثر یک تکانه عصبی ایجاد می‌شود.

نورون حرکتی (Motor Neuron): سلول عصبی که انقباض عضله را آغاز می‌کند یا غدد را فعال می‌سازد.

استیل‌کولین (Acetylcholine): ناقل عصبی آزادشده به‌وسیله پتانسیل عمل در محل اتصال عصب و عضله.

میوزین (Myosin): رشته ضخیم میوفیلامان‌ها که دارای سر، گردن و دم فیبری است و به اکتین متصل می‌شود.

اکتین (Actin): رشته نازک میوفیلامان عضله که میوزین برای ایجاد انقباض عضلانی به آن متصل می‌شود.

به‌جز عضلات صاف (Smooth Muscles) که می‌توانند تا حدی منقبض شوند، تارهای عضله اسکلتی (Skeletal Muscle Fibers) یا منقبض می‌شوند یا نمی‌شوند؛ چیزی به نام انقباض جزئی وجود ندارد. مانند یک چراغ، تارها یا روشن‌اند یا خاموش. مقدار نیروی عضلانی با تغییر تعداد تارهای منقبض‌شده و بسامد فراخوانی آن‌ها توسط دستگاه عصبی مرکزی تغییر می‌کند، نه با تغییر درجه انقباض هر تار.

Instagram page : @fitbody.university

عضلات به سه شکل منقبض می‌شوند و نیرو تولید می‌کنند:

- هنگام هل‌دادن زمین در مرحله رانش، عضلات در انقباض کانسنتریک (Concentric Contraction) کوتاه می‌شوند.
- وقتی پا روی زمین فرود می‌آید، عضلات در عمل اکسنتریک (Eccentric Action) طویل می‌شوند.
- در فاصله کوتاه میان فرود پا و فشاردادن آن به سمت پایین و عقب، طول تارهای عضلانی در عمل ایزومتریک (Isometric Action) ثابت باقی می‌ماند و پا را پایدار می‌کند.

بنابراین هر گام دویدن شامل هر سه نوع عمل عضلانی است. در میان این سه، اعمال اکسنتریک قوی‌ترین هستند و بیشترین آسیب و کوفتگی عضلانی را ایجاد می‌کنند، زیرا میوزین از محل اتصالش روی اکتین کشیده و جدا می‌شود. به همین دلیل دویدن در سرازیری نسبت به دویدن در سربالایی عضلات را بیشتر دردناک می‌کند.

آشکارترین تفاوت جنسی در مورد عضلات این است که زنان توده عضلانی کمتری از مردان دارند. از آنجا که قدرت و توان عضلانی متناسب با اندازه عضله است، زنان نمی‌توانند به اندازه مردان نیروی عضلانی یا توان تولید کنند؛ بنابراین مردان سریع‌تر از زنان اسپرینت می‌کنند. اما به ازای یک واحد مشخص از توده عضلانی، زنان همان مقدار نیروی مردان را تولید می‌کنند، زیرا در نیروی تولیدشده توسط یک تار عضلانی منفرد تفاوت جنسی وجود ندارد. نحوه انقباض عضلات در زنان همانند مردان است.

عضلات صاف (Smooth Muscles): بافت عضلانی موجود در روده و اندام‌های داخلی که به‌طور غیرارادی کنترل می‌شود.

تارهای عضله اسکلتی (Skeletal Muscle Fibers): عضله ارادی متصل به استخوان‌ها از طریق تاندون‌ها که حرکت انسان را ایجاد می‌کند.

انقباض کانسنتریک (Concentric Contraction): کوتاه‌شدن تار عضلانی یا سارکومر (Sarcomere) همزمان با تولید تنش.

عمل اکسنتریک (Eccentric Action): طویل‌شدن تار عضلانی یا سارکومر همزمان با آزادشدن تنش.

عمل ایزومتریک (Isometric Action): طول و تنش تار عضلانی یا سارکومر بدون تغییر باقی می‌ماند.

نوع تار عضلانی

انواع مشخص تارهایی که هر عضله را تشکیل می‌دهند، تأثیر زیادی بر عملکرد فرد در مسافت‌های مختلف دویدن و نحوه سازگاری او با تمرین دارند. انسان سه نوع متفاوت تار عضلانی ــ و همچنین درجات بین آن‌ها ــ دارد که نسبت‌هایشان تا حد زیادی توسط ژنتیک تعیین می‌شود. تارهای کندانقباض نوع I (Slow-Twitch; Type I) برای فعالیت‌های هوازی فراخوانی می‌شوند و بنابراین بسیاری از ویژگی‌های لازم برای استقامت را دارند؛ از جمله خون‌رسانی از طریق شبکه گسترده مویرگی برای تأمین اکسیژن، مقدار زیاد میوگلوبین برای انتقال اکسیژن و تعداد زیاد میتوکندری. مطابق نامشان، تارهای کندانقباض نسبتاً آهسته منقبض می‌شوند اما مقاومت بسیار زیادی در برابر خستگی دارند. به همین دلیل انسان می‌تواند ساعت‌ها بدود: چون به تارهای عضلانی کندانقباض متکی است.

تارهای تندانقباض نوع II (Fast-Twitch; Type II) برای فعالیت‌های بی‌هوازی کوتاه‌مدت فراخوانی می‌شوند و بسیاری از ویژگی‌های لازم برای قدرت، سرعت و توان را دارند؛ از جمله ذخایر زیاد کراتین فسفات و گلیکوژن و فراوانی آنزیم‌های دخیل در مسیر متابولیک بی‌هوازیِ گلیکولیز. این تارها به‌سرعت منقبض می‌شوند اما به‌راحتی خسته می‌شوند. تارهای تندانقباض دو شکل دارند: تندانقباض A (Type IIa) و تندانقباض B (Type IIb).

تارهای تندانقباض B در فعالیت‌های کوتاه و شدید مانند اسپرینت، پرش و بلندکردن وزنه‌های بسیار سنگین فراخوانی می‌شوند. همچنین در فعالیت‌های هوازی، پس از خسته‌شدن تارهای کندانقباض و تندانقباض A، به کار گرفته می‌شوند. تارهای تندانقباض A هم ویژگی‌های استقامتی و هم ویژگی‌های توانی دارند و حالت گذار میان تارهای کندانقباض و تندانقباض B محسوب می‌شوند. این تارها برای فعالیت‌های بی‌هوازی طولانی‌تر که به نیروهای نسبتاً زیاد نیاز دارند ــ مانند یک اسپرینت طولانی یا حمل اجسام سنگین ــ فراخوانی می‌شوند و در فعالیت‌های هوازی نیز برای پشتیبانی از بار کاری تارهای کندانقباض به کار می‌روند. مقاومت آن‌ها در برابر خستگی از تارهای تندانقباض B بیشتر است. افزون بر این سه تقسیم‌بندی اصلی، شکل‌های هیبریدی این انواع تار نیز وجود دارند.

می‌توان تفاوت انواع تار عضلانی را در شام روز شکرگزاری مشاهده کرد: گوشت تیره بوقلمون که به دلیل محتوای میوگلوبینش تیره است، از تارهای کندانقباض تشکیل شده و گوشت سفید از تارهای تندانقباض.

ترکیب تارهای عضلانی مؤلفه ژنتیکی بزرگی دارد. ما با نسبت‌های مشخصی از تارهای کندانقباض، تندانقباض A و تندانقباض B به دنیا می‌آییم. گرچه صحبت از سه نوع مجزای تار آسان است، در واقع تارها بر اساس مجموعه ویژگی‌هایشان روی یک پیوستار قرار دارند.

Instagram page : @fitbody.university

دوندگان در عضلات مورد استفاده برای دویدن، نسبت بیشتری از تارهای کندانقباض دارند. با این حال، درصد دقیق این تارها در میان دوندگان بسیار متغیر است. شواهدی وجود دارد ــ که هنوز به‌طور کامل تأیید نشده ــ مبنی بر اینکه زنان تارهای کندانقباض بیشتری نسبت به مردان دارند؛ اگر این موضوع درست باشد، می‌تواند به عملکرد بهتر زنان در استقامت‌های بسیار طولانی کمک کند، در حالی که از عملکرد اسپرینت آن‌ها می‌کاهد.

تارهای کندانقباض نوع I (Slow-Twitch; Type I): تارهای عضلانی آستانه‌پایین و مقاوم در برابر خستگی که تراکم میتوکندریایی بالا، میوگلوبین زیاد و شبکه مویرگی گسترده دارند.

تارهای تندانقباض نوع II (Fast-Twitch; Type II): تارهای عضلانی آستانه‌بالاتر که برای فعالیت بی‌هوازی کوتاه‌مدت فراخوانی می‌شوند و ذخایر زیاد کراتین و گلیکوژن دارند.

تندانقباض A نوع IIa (Fast-Twitch A; Type IIa): تارهای آستانه‌بالاتر با ویژگی‌های استقامتی و انفجاری که تار گذار میان کندانقباض و تندانقباض B محسوب می‌شوند.

تندانقباض B نوع IIb (Fast-Twitch B; Type IIb): تارهای آستانه‌بالاتر که برای فعالیت کوتاه و شدید و نیز در فعالیت استقامتی هوازی پس از خسته‌شدن تارهای تندانقباض A فراخوانی می‌شوند.

اگرچه نسبت تارهای کندانقباض و تندانقباض از فردی به فرد دیگر متفاوت است، هم ساختار و هم ظرفیت متابولیک تارهای منفرد ممکن است با تمرین اختصاصی و بسیار شدید قابل تغییر باشند. به نظر نمی‌رسد تبدیل یک تار کندانقباض به تندانقباض یا برعکس ممکن باشد ــ و همین موضوع تبدیل‌شدن یک ماراتن‌کار نخبه به یک اسپرینتر نخبه یا برعکس را ناممکن می‌کند ــ اما تمرین استقامتی می‌تواند ویژگی‌های تارهای تندانقباض را تغییر دهد، ظرفیت هوازی آن‌ها را افزایش دهد و به آن‌ها امکان دهد بار کاری تارهای کندانقباض را پشتیبانی کنند.

تمرین همچنین می‌تواند مقدار سطحی را که هر نوع تار در عضله اشغال می‌کند تغییر دهد. برای مثال، فرض کنید عضله‌ای ترکیب 70/30 از تارهای کندانقباض/تندانقباض دارد. چون تارهای کندانقباض کوچک‌ترند و نسبت به تارهای تندانقباض فضای کمتری اشغال می‌کنند، ممکن است 55 percent سطح آن عضله کندانقباض و 45 percent تندانقباض باشد. با تمرین هوازی، تعداد تارهای کندانقباض و تندانقباض ثابت می‌ماند ــ همچنان 70/30 ــ اما تارهای کندانقباض بزرگ‌تر می‌شوند و فضای بیشتری در عضله می‌گیرند. تارهای تندانقباض نیز چون کمتر استفاده می‌شوند کوچک‌تر می‌شوند. در نتیجه سطح عضله که پیش از تمرین 55 percent کندانقباض و 45 percent تندانقباض بود، پس از تمرین ممکن است به 65 percent کندانقباض و 35 percent تندانقباض تغییر کند. قابلیت استقامتی عضله افزایش می‌یابد.

برای دویدن به‌جای فراخوانی تارهای عضلانی منفرد، واحدهای حرکتی (Motor Units) را فراخوانی می‌کنیم؛ یعنی گروه‌هایی از تارهای عضلانی که توسط یک نورون حرکتی عصب‌دهی می‌شوند. همه تارهای عضلانی یک واحد حرکتی از یک نوع هستند ــ کندانقباض، تندانقباض A یا تندانقباض B ــ و تمام تارهای آن واحد یا منقبض می‌شوند یا نمی‌شوند. مقدار نیروی عضلانی را با تغییر تعداد واحدهای حرکتیِ منقبض‌شده و بسامدی که دستگاه عصبی مرکزی آن واحدها را فراخوانی می‌کند تغییر می‌دهیم، نه با تغییر درجه انقباض آن‌ها.

واحدهای حرکتی بر اساس شیبی که اندازه واحد حرکتی ــ به‌طور مشخص اندازه آکسون حرکتی نورون عصب‌دهنده ــ تعیین می‌کند فراخوانی می‌شوند. این وضعیت اصل اندازه در فراخوانی تار عضلانی (Size Principle of Muscle Fiber Recruitment) نام دارد. واحدهای حرکتی کوچک، با قطر آکسون کوچک، که تارهای کندانقباض دارند پایین‌ترین آستانه شلیک را دارند و نخست فراخوانی می‌شوند. نیاز به نیروی بیشتر یا سرعت بالاتر با فراخوانی تدریجی واحدهای حرکتی بزرگ‌تر پاسخ داده می‌شود. بزرگ‌ترین واحدهای حرکتی، با بزرگ‌ترین قطر آکسون، حاوی تارهای تندانقباض B هستند، بالاترین آستانه شلیک را دارند و آخر از همه

فراخوانی می‌شوند. بنابراین صرف‌نظر از سرعت دویدن، واحدهای حرکتی کندانقباض همیشه نخست به کار گرفته می‌شوند. هنگام دوی آرام ممکن است فقط واحدهای کندانقباض فراخوانی شوند. هنگام دویدن سریع، مثلاً در تمرین تناوبی یا اسپرینت، ابتدا واحدهای کندانقباض و سپس تندانقباض A و در صورت نیاز تندانقباض B وارد عمل می‌شوند. واحدهای تندانقباض همچنین برای جبران واحدهای کندانقباضی که خسته شده‌اند فراخوانی می‌شوند، حتی اگر سرعت دویدن پایین باشد.

نیروی عضلانی (Muscle Force): نیروی اعمال‌شده توسط بافت عضلانی هنگام انجام کار که می‌تواند کانسنتریک، اکسنتریک یا ایزومتریک باشد.

اصل اندازه در فراخوانی تار عضلانی (Size Principle of Muscle Fiber Recruitment): اصلی که بیان می‌کند واحدهای حرکتی بر اساس آستانه فراخوانی و نرخ شلیکشان به ترتیب وارد عمل می‌شوند.

برای مثال، هنگام دویدن مسافت طولانی یا حتی نگه‌داشتن یک دمبل 1-pound، در ابتدا فقط واحدهای حرکتی کندانقباض فراخوانی می‌شوند. اما اگر به دویدن یا نگه‌داشتن آن دمبل به اندازه کافی ادامه دهید، واحدهای کندانقباض سرانجام خسته می‌شوند و برای ادامه کار باید واحدهای تندانقباض وارد عمل شوند. بنابراین اصل اندازه سرنخی درباره نحوه فراخوانی و در نتیجه تمرین واحدهای تندانقباض می‌دهد: سریع بدوید یا طولانی بدوید. فراخوانی واحدهای تندانقباض از طریق دویدن به اندازه‌ای طولانی که واحدهای کندانقباض خسته شوند، به این معناست که دونده پیامد منفی اسیدوز را که معمولاً با فراخوانی واحدهای تندانقباض همراه است تجربه نمی‌کند، زیرا خودِ دویدن هوازی است.

برای حفظ سرعت بیشتر، دونده باید تارهای کندانقباض خود را در تحمل سرعت بالاتر بهتر کند، زیرا هرچه زودتر فراخوانی واحدهای تندانقباض A و B آغاز شود، نشانه‌های خستگی نیز زودتر ظاهر می‌شوند.

عوامل متابولیک

دویدن فقط درباره دستگاه قلبی‌عروقی و عضلات نیست؛ متابولیسم (Metabolism) نیز نقش دارد: واکنش‌های شیمیایی‌ای که کنترل می‌کنند عضلات چگونه از مسیرهای انرژی خود برای تبدیل چربی و کربوهیدرات به انرژی لازم برای انقباض عضله استفاده کنند.

instagram page : @fitbody.university

در هر لحظه، تریلیون‌ها واکنش درون بدن ما رخ می‌دهد؛ از رشد بافت جدید و انقباض عضله تا تجزیه غذا برای تولید انرژی. هنگام دویدن، نرخ متابولیک (Metabolic Rate) به دلیل افزایش تقاضا برای انرژی به‌شدت بالا می‌رود. هرچه مسیرهای متابولیک بتوانند سوخت موجود را سریع‌تر برای بازسازی انرژیِ لازم برای انقباض عضله مصرف کنند، ما نیز می‌توانیم سریع‌تر بدویم.

در سرعت‌های پایین دویدن، اکسیژن کافی برای تأمین تقاضای سلول‌های عضلانی وجود دارد. در سرعت‌های بالاتر، اتکا به متابولیسم بی‌هوازی برای تولید انرژی بیشتر می‌شود و متابولیسم هوازی دیگر نمی‌تواند هم‌پای نیاز پیش برود. وقتی این اتفاق رخ می‌دهد، یون‌های هیدروژن در عضلات و خون تجمع می‌یابند، pH را کاهش می‌دهند و باعث اسیدوز متابولیک (Metabolic Acidosis) و شکل‌گیری خستگی می‌شوند.

بخش زیادی از متابولیسم زیر نظر هورمون‌ها (Hormones) است؛ هورمون‌ها مانند رهبران ارکستر عمل می‌کنند و سیگنال‌هایی را آغاز می‌کنند که به انتقال و مصرف سوخت منجر می‌شوند. دو سوخت اصلی برای دویدن کربوهیدرات و چربی هستند و سهم آن‌ها روی یک طیف جابه‌جا می‌شود: در سرعت‌های پایین‌تر، عضلات بیشتر به چربی و کمتر به کربوهیدرات متکی‌اند. هرچه سرعت دویدن را افزایش دهیم، سهم انرژی از چربی کمتر و سهم انرژی از کربوهیدرات بیشتر می‌شود.

متابولیسم (Metabolism): فرایندهای شیمیایی بدن که غذا را به انرژی تبدیل می‌کنند.

نرخ متابولیک (Metabolic Rate): سرعتی که متابولیسم در یک موجود زنده رخ می‌دهد.

هورمون‌ها (Hormones): پیام‌رسان‌های شیمیایی که توسط غدد درون‌ریز ساخته، ذخیره و آزاد می‌شوند.

متابولیسم کربوهیدرات

متابولیسم کربوهیدرات تحت کنترل هورمون انسولین (Insulin) قرار دارد. مصرف کربوهیدرات غلظت گلوکز خون را بالا می‌برد و غلظت انسولین را افزایش می‌دهد. افزایش انسولین در گردش خون که از پانکراس ترشح می‌شود، پروتئین‌های خاصی را تحریک می‌کند تا گلوکز را از خون به داخل عضلات انتقال دهند؛ جایی که گلوکز یا بلافاصله توسط سلول‌ها برای انرژی مصرف می‌شود یا به شکل گلیکوژن عضلانی برای استفاده بعدی ذخیره می‌شود.

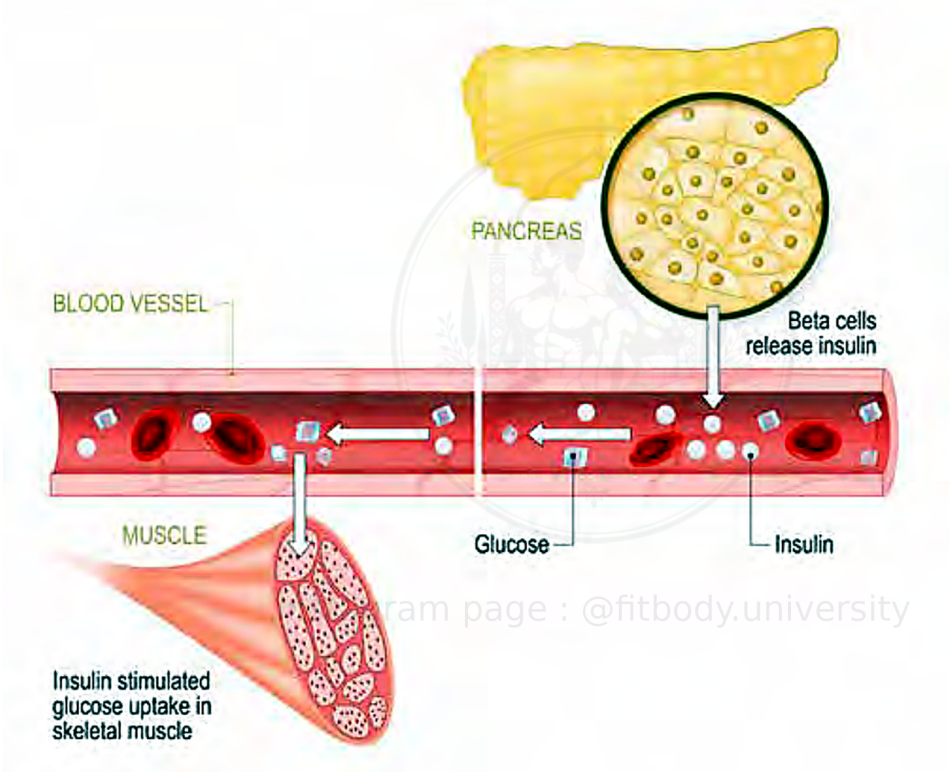


Figure 1.5 Insulin and Glucose Uptake

شکل 1.5 ــ انسولین و برداشت گلوکز

ترجمه برچسب‌های شکل: رگ خونی؛ پانکراس؛ سلول‌های بتا انسولین آزاد می‌کنند؛ گلوکز؛ انسولین؛ عضله؛ برداشت گلوکز در عضله اسکلتی که توسط انسولین تحریک شده است.

انسولین (Insulin): هورمونی که در پانکراس تولید می‌شود و قند خون را تنظیم می‌کند.

مردان معمولاً گلیکوژن بیشتری در عضلات خود ذخیره دارند، اما هنگام دویدن با سرعت یکسان نسبت به زنان، گلیکوژن بیشتری نیز مصرف می‌کنند. پایین‌تر بودن گلیکوژن عضلانی در زنان می‌تواند تا حدی توضیح دهد که چرا آن‌ها نمی‌توانند ماراتن را به سرعت مردان بدوند.

کربوهیدرات سوخت ترجیحی عضلات هنگام دویدن است. با این حال، ذخیره کربوهیدرات عضلات محدود است. این ذخیره فقط برای حدود 100 minutes دویدن انرژی فراهم می‌کند. در مقابل، ذخیره چربی انسان عملاً نامحدود است: برای فردی با وزن 145 pounds و 18 percent چربی بدن، این ذخیره برای حدود 5 days دویدن یا حدود 1,000 miles راه‌رفتن کافی است. در سرعت‌های پایین دویدن، چربی بخشی از مسئولیت متابولیکی کربوهیدرات در تأمین انرژی را بر عهده می‌گیرد؛ این چربی به شکل اسیدهای چرب آزاد (Free Fatty Acids) در خون و مولکول‌های تری‌گلیسرید (Triglycerides) داخل عضلات وجود دارد. حتی با کمک چربی در به‌تعویق‌انداختن تخلیه گلیکوژن، دویدن با سرعت متوسط تنها حدود 2 تا 3 hours قابل حفظ است.

دانشمندان نخستین بار در اواخر دهه 1960s دریافتند که عملکرد استقامتی تحت تأثیر مقدار گلیکوژن ذخیره‌شده در عضلات اسکلتی است و ورزش استقامتی شدید ذخایر گلیکوژن عضله را کاهش می‌دهد. وقتی ذخایر گلیکوژن پایین می‌آید، خستگی آغاز می‌شود. هرچه یک دونده بتواند گلیکوژن عضلانی را سریع‌تر بازسنتز کند، ریکاوری او سریع‌تر خواهد بود. برای بیشتر مسابقات دو، گلیکوژن ذخیره‌شده در عضلات برای کل مسابقه کافی است. این یکی از عوامل اصلی است که ماراتن را از همه مسابقات دیگر متمایز می‌کند: مسابقه آن‌قدر طولانی است که بدن سوخت کربوهیدراتی خود را تمام می‌کند. «دیوار» مشهور ماراتن هم‌زمان با کاهش گلیکوژن و افت قند خون یا هیپوگلیسمی (Hypoglycemia) رخ می‌دهد.

وقتی دوندگان جلسه‌ای را به پایان می‌رسانند که مقدار گلیکوژن عضله را به‌شدت کاهش داده است، جایگزین‌کردن کربوهیدرات اهمیت دارد تا بتوانند گلیکوژن بیشتری بازسنتز کنند و برای دوی بعدی آماده باشند. سوخت‌رسانی دوباره به عضلاتی که مواد مغذی‌شان تخلیه شده، احتمالاً مهم‌ترین جنبه ریکاوری بهینه پس از تمرین و مسابقه است.

دویدن مکرر برای مدت طولانی، با تخلیه ذخیره کربوهیدرات ــ سوخت ترجیحی عضله ــ تهدیدی برای بقای عضلات ایجاد می‌کند. اگر سوخت تمام شود، عضلات می‌گویند: «هی، آن‌قدر طولانی می‌دویم که دیگر سوختی برایم نمانده. اگر ادامه بدهیم، نمی‌توانم زنده بمانم. اگر قرار است این فعالیت عادت همیشگی ما باشد، باید برای محافظت از خودم کار هوشمندانه‌ای انجام دهم. فهمیدم: سوخت بیشتری می‌سازم!»

وقتی دونده پس از یک دوی طولانی کربوهیدرات مصرف می‌کند، بدن به مخزن خالی با سنتز و ذخیره گلیکوژن بیشتر از حد معمول در عضلات اسکلتی پاسخ می‌دهد؛ بنابراین ظرفیت ذخیره سوخت ــ و در نتیجه استقامت ــ برای تلاش‌های بعدی افزایش می‌یابد. تصور کنید خودروی شما چنین کاری می‌کرد: اگر هر بار تا خالی‌شدن باک رانندگی می‌کردید و خودرو در پاسخ به این تهدید، باک بزرگ‌تری می‌ساخت تا بنزین بیشتری در خود جای دهد. سازوکاری واقعاً ظریف است.

instagram page : @fitbody.university

یکی از کلیدهای مسابقات طولانی مانند ماراتن این است که عضلات را تمرین دهیم تا چربی را مؤثرتر مصرف کنند و گلیکوژن برای زمانی که در بخش‌های پایانی مسابقه واقعاً لازم است حفظ شود. این یکی از دلایل تمرین دوهای بسیار طولانی است: عملاً آن‌قدر می‌دویم تا گلیکوژن تمام شود و عضلات در همان لحظه مجبور شوند برای سوخت به چربی تکیه کنند؛ این تجربه در مجموع آن‌ها را در استفاده از چربی برای انرژی بهتر می‌کند.

پژوهش‌ها همچنین نشان داده‌اند که مردان نسبت به بارگیری کربوهیدرات (Carbohydrate Loading) پاسخ بیشتری نشان می‌دهند. به بیان دیگر، زنان در پاسخ به افزایش کربوهیدرات رژیم غذایی، به اندازه مردان گلیکوژن عضلانی خود را بالا نمی‌برند. با این حال، تفسیر برخی از این پژوهش‌ها دشوار است، زیرا زنان در مجموع کالری کمتری از مردان مصرف می‌کنند؛ بنابراین کمبود ذخیره گلیکوژن ممکن است ناشی از دریافت کمتر کالری یا کربوهیدرات باشد، نه یک تفاوت ذاتی جنسی در توانایی ذخیره گلیکوژن. وقتی زنان هم‌زمان با افزایش کربوهیدرات رژیم، کل دریافت کالری خود را نیز بالا می‌برند، مقدار گلیکوژن عضلانی را به میزانی مشابه مردان افزایش می‌دهند. از دیدگاه تمرینی، مردان برای «کرب‌لودینگ» و ذخیره گلیکوژن بیشتر فقط باید درصد کالری دریافتی از کربوهیدرات را افزایش دهند، در حالی که زنان برای دستیابی به همان اثر باید تعداد کل کالری‌های رژیم را نیز افزایش دهند.

هیپوگلیسمی (Hypoglycemia): وضعیتی که قند خون پایین‌تر از حد طبیعی است.

بارگیری کربوهیدرات (Carbohydrate Loading): مصرف مقدار زیاد کربوهیدرات پیش از فعالیت با هدف افزایش گلیکوژن ذخیره‌شده بدن و بهبود عملکرد جسمانی.

متابولیسم چربی

یکی از پیامدهای مصرف کمتر کربوهیدرات هنگام ورزش این است که زنان نسبت به مردان بیشتر به چربی متکی هستند. برآورد شده است که زنان هنگام دویدن با شدت 65 تا 70 percent VO2max حدود 75 percent چربی بیشتری از مردان مصرف می‌کنند. زنان هنگام ورزش در 65 percent VO2max حدود 39 percent انرژی خود را از چربی می‌گیرند، در حالی که این مقدار در مردان حدود 22 percent است. البته درصد انرژی حاصل از چربی بین افراد بسیار متفاوت است، زیرا عواملی مانند وضعیت تمرینی، نوع تار عضلانی، مقدار گلیکوژن عضله و تراکم میتوکندریایی همگی نقش دارند.

گرچه جداکردن علت دقیق تفاوت متابولیسم کربوهیدرات و چربی بین دو جنس دشوار است، به نظر می‌رسد استروژن (Estrogen) دست‌کم بخشی از آن را توضیح دهد. پژوهش روی موش‌های صحرایی نشان داده است که وقتی به موش‌های نر استروژن داده می‌شود، تخلیه گلیکوژن آن‌ها هنگام ورزش کمتر است، غلظت اسیدهای چرب در خون افزایش می‌یابد ــ که نشان‌دهنده دسترسی بیشتر به چربی برای انرژی است ــ و می‌توانند پیش از خستگی کامل مدت بیشتری ورزش کنند. افزایش تعداد اسیدهای چرب در گردش خون، استفاده عضله از آن‌ها را هنگام ورزش تسهیل می‌کند و اتکا به گلیکوژن عضله و گلوکز خون را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه تخلیه گلیکوژن و هیپوگلیسمی دیرتر رخ می‌دهد و خستگی به تعویق می‌افتد.

این تغییر مصرف سوخت به سمت اتکای بیشتر به چربی در همان سرعت دویدن، یکی از سازگاری‌های تمرین استقامتی (Endurance Training Adaptation) نیز هست. تمرین با افزایش تعداد میتوکندری‌ها در عضلات، مصرف چربی را تقویت می‌کند و امکان متابولیسم هوازی بیشتر و صرفه‌جویی در گلیکوژن عضله را فراهم می‌آورد. این جابه‌جایی منبع انرژی برای فعالیت عضلانی، مزیت بزرگی برای به‌تعویق‌انداختن خستگی در رویدادهایی است که با در دسترس‌بودن گلیکوژن عضله محدود می‌شوند: ماراتن‌ها و اولتراماراتن‌ها.

سازگاری (Adaptation): تغییرات فیزیولوژیکی که در بدن در نتیجه فعالیت هدفمند یا محرک ورزشی رخ می‌دهند.

instagram page : @fitbody.university

از آنجا که ذخایر کربوهیدرات انسان محدود است، تفاوت متابولیسم میان دو جنس ممکن است برای دوندگان زن در فعالیت‌های استقامتی بسیار طولانی مزیت ایجاد کند؛ فعالیت‌هایی که به دلیل سرعت نسبتاً پایین، نیاز بیشتری به حفظ کربوهیدرات و استفاده بیشتر از چربی دارند. زنان در بسیاری از این مسابقات بسیار طولانی اغلب رتبه‌های بالایی به دست می‌آورند. در سال‌های 2002 و 2003، پم رید (Pam Reed) نشان داد شاید علم به نکته مهمی رسیده باشد؛ او اولتراماراتن 135-mile Badwater را برد و از تمام مردان پیشی گرفت. اما در مسابقات کوتاه‌تر که نیاز به تولید سریع انرژی برای انقباض عضله بیشتر است، اتکای بیشتر به چربی سرعت را کاهش می‌دهد، زیرا انرژی از کربوهیدرات بسیار سریع‌تر از چربی به دست می‌آید.

متابولیسم پروتئین

سومین درشت‌مغذی، پروتئین، اغلب در بحث متابولیسم نادیده گرفته می‌شود، زیرا فقط حدود 3 تا 6 percent انرژی مصرف‌شده هنگام دویدن را تأمین می‌کند. پروتئین در درجه اول برای وظایف دیگری استفاده می‌شود؛ از جمله ساخت، حفظ و ترمیم بافت عضله، پوست و خون و نیز کمک به انتقال مواد در خون. می‌توان پروتئین را داربست و بارِ بدن تصور کرد. با این حال، اگر شرایط ایجاب کند، پروتئین می‌تواند برای انرژی نیز مصرف شود؛ مثلاً زمانی که چربی و کربوهیدرات کافی در دسترس نیستند، زیرا نیاز بدن به انرژی بر ساخت بافت اولویت دارد. مقدار پروتئین مصرف‌شده برای انرژی ممکن است کم باشد، اما حتی همین سهم کوچک اگر فرد زیاد و مکرر بدود، می‌تواند در مجموع قابل‌توجه شود و به مصرف انرژی بالایی منجر گردد.

ورزش استفاده از اسیدهای آمینه (Amino Acids) حاصل از تجزیه پروتئین را افزایش می‌دهد و مقدار اسیدهای آمینه‌ای که عضلات مصرف می‌کنند رابطه معکوس با مقدار گلیکوژن عضله دارد: وقتی گلیکوژن فراوان است، عضلات به گلیکوژن متکی می‌شوند؛ اما وقتی گلیکوژن کم می‌شود، عضلات شروع می‌کنند بیشتر از اسیدهای آمینه استفاده کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند زنان هنگام ورزش پروتئین کمتری از مردان مصرف می‌کنند. چون زنان تمرین‌کرده استقامتی گلیکوژن عضلانی کمتری مصرف می‌کنند و نسبت به مردان تمرین‌کرده استقامتی بیشتر به چربی متکی‌اند، به نظر می‌رسد تجزیه پروتئین در زنان به واسطه گلیکوژن عضلانی بیشتر مهار می‌شود.

> **درشت‌مغذی (Macronutrient):** ماده مغذی‌ای که برای سلامت و تندرستی مطلوب، هر روز به مقدار زیاد مورد نیاز است؛ شامل کربوهیدرات، پروتئین و چربی.

3 بازیگر اصلی دویدن استقامتی

سه مؤلفه بسیار تمرین‌پذیر بدن وجود دارد که باید در تمرین دویدن توسعه داده شوند:

- توان هوازی (Aerobic Power; VO2max)
- کارایی دویدن (Running Efficiency)
- آستانه لاکتات (Lactate Threshold)

توان هوازی (VO2max)

حجم اکسیژن مصرف‌شده (VO2) برابر است با حجم ضربه‌ای (SV) ضرب‌در ضربان قلب (HR) ــ که حاصل این دو همان برون‌ده قلبی (CO) است ــ ضرب‌در تفاوت محتوای اکسیژن میان خون شریانی، یعنی خونی که به عضلات می‌رود، و خون وریدی، یعنی خونی که از عضلات به قلب بازمی‌گردد:

$$VO2 = CO \times (a\text{-}v\ O2\ diff)$$

instagram page : @fitbody.university

عوامل قلبی عوامل عضلانی

$$VO2 = SV \times HR \times (a\text{-}v\ O2\ diff)$$

در کنار هم، برون‌ده قلبی حداکثر و حداکثر مقدار اکسیژنی که عضلات استخراج و مصرف می‌کنند ــ یعنی حداکثر تفاوت شریانی-وریدی اکسیژن (a-v O2 diff) ــ توان هوازی یا VO2max را تعیین می‌کنند: حداکثر حجم اکسیژنی که عضلات در هر دقیقه مصرف می‌کنند.

وقتی دونده سرعت خود را از یک دوی آرام به یک دوی سخت و سپس به سریع‌ترین دویدن ممکن افزایش می‌دهد، VO2 نیز افزایش می‌یابد؛ ابتدا بسیار سریع و سپس آهسته‌تر، تا پاسخ‌گوی تقاضای دویدن باشد و سرانجام به VO2max برسد. پس از رسیدن به VO2max، بخشی از انرژی لازم برای ادامه دویدن با همان سرعت یا سرعت بالاتر از طریق گلیکولیز بی‌هوازی در اختیار عضلات قرار می‌گیرد. چون وقتی اتکای ما به متابولیسم بی‌هوازی آغاز می‌شود خستگی بسیار سریع‌تر رخ می‌دهد، هرچه VO2max بالاتر باشد دونده عملکرد بهتری خواهد داشت، زیرا اتکا به متابولیسم بی‌هوازی یا مستقل از اکسیژن به تأخیر می‌افتد.

VO2max سقف هوازی فرد را نشان می‌دهد و به همین دلیل بهترین شاخص منفرد آمادگی هوازی در نظر گرفته می‌شود. این متغیر نخستین بار در دهه 1920s در انسان اندازه‌گیری شد و به یکی از پرکاربردترین ویژگی‌های فیزیولوژیک در فیزیولوژی ورزش تبدیل شده است. اهمیت زیادی به آن وابسته است: هرچه عضلات اکسیژن را سریع‌تر مصرف کنند، فرد بهتر می‌دود. اگرچه داشتن VO2max بالا به‌تنهایی برای دویدن یک 5K سریع کافی نیست، اما بلیت ورود به باشگاه محسوب می‌شود. فرد بدون VO2max بالا نمی‌تواند سریع یا خوب بدود.

با اینکه VO2max دوندگان مرد تمرین‌کرده حدود 15 percent بیشتر از دوندگان زن تمرین‌کرده است، هم‌پوشانی قابل‌توجهی بین دو جنس وجود دارد و بسیاری از زنان تمرین‌کرده VO2max بالاتری از مردان تمرین‌نکرده دارند. افزون بر این، از نظر سازگاری با تمرین و مقدار افزایش VO2max تفاوتی میان دو جنس وجود ندارد. پژوهش نشان داده است که با تمرین، VO2max در زنان و مردان می‌تواند تا 20 percent افزایش یابد. یک زن تمرین‌کرده همواره VO2max پایین‌تری از مردی با سطح تمرین مشابه دارد، اما ممکن است VO2max او از یک مرد کم‌تحرک یا صرفاً فعال در سطح تفریحی بالاتر باشد.

یکی از بزرگ‌ترین بحث‌ها در فیزیولوژی ورزش این است که چه چیزی VO2max را محدود می‌کند ــ دانشمندان بحث‌کردن را دوست دارند! آیا محدودیت VO2max قلبی‌عروقی و مربوط به رساندن اکسیژن است و برون‌ده قلبی سقف را تعیین می‌کند؟ یا محدودیت محیطی و مربوط به مصرف اکسیژن است و ظرفیت اکسیداتیو میتوکندری‌های عضله حد نهایی را تعیین می‌کند؟

افراد ناآماده به‌طور تقریباً برابر توسط عوامل قلبی و عضلانی محدود می‌شوند، زیرا هم جریان خون بالایی به عضلات ندارند و هم از تجهیزات متابولیک فراوان برخوردار نیستند. اما به نظر می‌رسد دوندگان تمرین‌کرده بیشتر با محدودیت قلبی مواجه‌اند. در نهایت، برای اینکه بطن چپ قلب ــ و در نتیجه حجم ضربه‌ای و برون‌ده قلبی ــ با تمرین چقدر بزرگ شود، یک حد ساختاری وجود دارد. تمرین جایگاه محدودیت را روی این طیف تغییر می‌دهد: هرچه آماده‌تر می‌شویم، از محدودیت متابولیکِ مصرف اکسیژن برای VO2max دورتر و به محدودیت رساندن اکسیژن نزدیک‌تر می‌شویم.

و سپس استدلال سوم مطرح است: نقش مغز. ممکن است VO2max توسط دستگاه عصبی مرکزی محدود شود؛ در این دیدگاه مغز به‌عنوان «فرماندار مرکزی» (Central Governor) عمل می‌کند و با پیش‌بینی خستگی و پیش از وقوع رویدادهای فاجعه‌بار، مانند ایسکمی قلبی (Cardiac Ischemia)، فراخوانی تارهای عضلانی را کاهش می‌دهد تا شدت ورزش پایین بیاید.

این موضوع اخیر یکی از دلایلی است که پیشنهاد می‌شود تمرین‌های تناوبی را با تعداد تکرار نامحدود انجام دهید، نه اینکه پیش از آغاز تمرین تعداد تکرار مشخصی تعیین کنید. اگر دونده بداند قرار است فقط 6 تکرار انجام دهد، ممکن است در پایان تکرار چهارم یا پنجم احساس خستگی بسیار زیادی کند، زیرا نزدیک‌شدن به انتهای تمرین و خستگی مربوط به آن را پیش‌بینی می‌کند. اگر تمرین باز و بدون تعداد از پیش تعیین‌شده باقی بماند، مغز نمی‌داند چند تکرار قرار است انجام شود. با تمرین می‌توان محدودیت ناشی از فرماندار مرکزی را کاهش داد.

اقتصاد دویدن

در سال 1930، دکتر دیوید دیل (David Dill) و همکارانش در آزمایشگاه خستگی هاروارد از نخستین فیزیولوژیست‌هایی بودند که مشاهده کردند مقدار اکسیژنی که افراد مختلف هنگام دویدن با سرعت‌های زیرحداکثر یکسان مصرف می‌کنند، تفاوت‌های آشکاری دارد. این تفاوت‌ها که آن‌ها اقتصاد دویدن (Running Economy) نامیدند، عامل مهمی در توضیح تفاوت عملکرد استقامتی است؛ به بیان دیگر، توضیح می‌دهد چرا دوندگانی با VO2max یکسان، هم‌زمان از خط پایان عبور نمی‌کنند.

اقتصاد دویدن حجم اکسیژنی (VO2) است که عضلات برای دویدن در سرعت‌های زیرحداکثر مصرف می‌کنند. برای مثال وقتی فرد با ریتم 10-minute mile، 9-minute mile یا 8-minute mile می‌دود، برای حفظ هرکدام از این ریتم‌ها مقدار مشخصی اکسیژن در هر دقیقه مصرف می‌کند؛ مقداری که هرچه ریتم سریع‌تر باشد بیشتر می‌شود. در حالی که VO2max توضیح می‌دهد در حد بالایی مصرف اکسیژن چه اتفاقی می‌افتد، اقتصاد دویدن آنچه را در سطوح پایین‌تر از آن حد رخ می‌دهد شرح می‌دهد.

اقتصاد دویدن (Running Economy): سنجشی از درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max) که عضلات هنگام دویدن با سرعت‌های زیرحداکثر مصرف می‌کنند.

برای درک اهمیت اقتصاد دویدن، تصور کنید جک و جیل برای آوردن یک سطل آب با ریتم 8-minute-per-mile از تپه بالا می‌دوند. VO2max هر دو یکسان است، اما جک هنگام دویدن با همان سرعت 70 percent از VO2max خود و جیل 80 percent از آن را مصرف می‌کند. حفظ این ریتم برای جک آسان‌تر احساس می‌شود، زیرا برای نگه‌داشتن همان سرعت در درصد پایین‌تری از حداکثر توان خود کار می‌کند. به عبارت دیگر، جک اقتصادی‌تر است.



اگر جک مانند جیل با 80 percent از VO2max خود بدود، سرعتش از جیل بیشتر خواهد بود. بنابراین جک پیش از آنکه همان مقدار خستگی جیل را احساس کند، می‌تواند با ریتم سریع‌تری بدود. با VO2max یکسان و اقتصاد دویدن بهتر، جک تقریباً به‌طور قطع در مسابقه جیل را شکست می‌دهد.

اگرچه VO2max بیشتر توجه دوندگان را به خود جلب می‌کند، اقتصاد دویدن مهم‌تر است؛ زیرا تأثیر بسیار بیشتری بر توانایی فرد برای دویدن موفق دارد و بیشتر زمان دویدن، حتی در مسابقه، با سرعت زیرحداکثر سپری می‌شود. (VO2max برای مسابقات کوتاه‌تر، مانند 800 meters، 1,500 meters/1 mile و 3,000 meters، اهمیت بیشتری دارد، زیرا این مسابقات در VO2max یا حتی کمی سریع‌تر از آن اجرا می‌شوند.)

instagram page : @fitbody.university

تعیین اینکه یک فرد چقدر اقتصادی است دشوار است، زیرا مشخص‌کردن دقیق میزان اکسیژن مصرفی او در ریتم‌های مشخص به تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته نیاز دارد. اگر فرد سبک‌وزن نباشد، دونده باتجربه‌ای نباشد و با مقدار زیادی تار عضلانی کندانقباض و میتوکندری به دنیا نیامده باشد، احتمالاً اقتصاد دویدن بسیار خوبی ندارد. فقط دوندگان بسیار مستعد از همان آغاز دویدن اقتصادی هستند. با این حال، اقتصاد دویدن به تمرین پاسخ خوبی می‌دهد، زیرا دویدن میتوکندری‌های بیشتری می‌سازد، فرد را از نظر حرکتی روان‌تر می‌کند و به کاهش وزن او کمک می‌کند.

اقتصاد دویدن تحت تأثیر ویژگی‌های درونی و بیرونی بسیاری قرار دارد. ویژگی‌های درونی عبارت‌اند از:

- **بیومکانیک (Biomechanics).** مکانیک دویدن بر اقتصاد اثر می‌گذارد، زیرا هر حرکت غیرضروری ــ و در نتیجه هر انقباض عضلانی غیرضروری ــ مقدار اکسیژن مصرفی بدن برای حفظ سرعت را افزایش می‌دهد. هرچه مکانیک بهینه‌تر باشد ــ از جمله جای‌گذاری صحیح پا روی زمین با مقدار مناسبی از پرونیشن (Pronation) برای جذب ضربه هنگام فرود، تاب‌دادن صحیح دست‌ها، حداقل حرکت عمودی یا بالا و پایین پریدن مرکز جرم و موارد مشابه ــ دونده اقتصادی‌تر خواهد بود.
- **فراخوانی تارهای عضلانی.** هرچه برای دویدن در سرعت موردنظر عضله کمتری فراخوانی شود بهتر است. هر فعالیت عضلانی اضافی اقتصاد را کاهش می‌دهد، زیرا فعالیت عضلانی بیشتر به معنای مصرف اکسیژن بیشتر است.
- **تعداد تارهای کندانقباض.** تارهای کندانقباض برای فعالیت‌های هوازی مانند دویدن ساخته شده‌اند. آن‌ها بسیار کارآمدتر از تارهای تندانقباض هستند که برای اسپرینت ساخته شده‌اند.

- **تعداد میتوکندری‌ها.** میتوکندری بیشتر یعنی کارخانه‌های هوازی بیشتری برای تقسیم بار کاری وجود دارد و اقتصاد بهبود می‌یابد.
- **وزن بدن.** هرچه فرد سبک‌تر باشد ــ به‌ویژه از کمر به پایین و حتی بیشتر از زانو به پایین ــ بدن هنگام دویدن برای جابه‌جاکردن وزن فرد کار کمتری انجام می‌دهد. پاهای باریک اقتصادی‌ترند، زیرا برای بلندشدن از زمین به انرژی کمتری نیاز دارند. اضافه‌کردن وزن، به‌خصوص در انتهای یک اهرم بلند، انرژی بیشتری برای حرکت اهرم می‌طلبد و کار را دشوارتر می‌کند.
- **توانایی تاندون‌ها برای ذخیره و استفاده از انرژی کشسان (Elastic Energy).** مانند کشی که هنگام کشیده‌شدن انرژی ذخیره می‌کند، تاندون آشیل (Achilles Tendon) که عضله ساق را به استخوان پاشنه متصل می‌کند، هنگام فرود پا روی زمین انرژی را ذخیره می‌کند و هنگام جداشدن پا از زمین آن را بازمی‌گرداند و به پیش‌رانش بدن کمک می‌کند. تاندون‌های آشیل بلند و باریک در ذخیره انرژی با هر گام خوب عمل می‌کنند. آن‌ها باعث می‌شوند پاها مانند فنر کار کنند؛ حالتی که بسیار اقتصادی است.

ویژگی‌های بیرونی عبارت‌اند از:

- **تمرین.** تمرین بزرگ‌ترین عامل بیرونی مؤثر بر اقتصاد دویدن است. افزایش مسافت هفتگی، افزودن دویدن با ریتم سریع‌تر به یک پایه مناسب از مسافت، و تمرین قدرتی همگی اقتصاد دویدن را بهبود می‌دهند.
- **وزن کفش.** کفش‌های سبک که همچنان ضربه‌گیری کافی دارند، اقتصاد دویدن را بهتر می‌کنند.
- **باد.** دویدن برخلاف جهت باد اقتصاد را کاهش می‌دهد، زیرا مقاومت هوای بیشتری باید غلبه شود.

آستانه اسیدوز (لاکتات)

آستانه اسیدوز (Acidosis Threshold) نشان‌دهنده گذار از دویدنی است که تقریباً کاملاً هوازی است به دویدنی که سهم قابل‌توجهی از متابولیسم بی‌هوازی دارد. آستانه اسیدوز اغلب آستانه لاکتات (Lactate Threshold) نامیده می‌شود، زیرا لاکتات هم‌زمان با ایجاد اسیدوز تجمع می‌یابد و اندازه‌گیری آن آسان است.

همه سرعت‌های دویدن مقداری سهم بی‌هوازی دارند، هرچند هنگام دویدن کندتر از ریتم آستانه اسیدوز، این سهم ناچیز است. بنابراین آستانه اسیدوز یکی از تعیین‌کننده‌های مهم عملکرد دویدن است، زیرا سریع‌ترین سرعتی را نشان می‌دهد که می‌توان آن را به‌طور هوازی و بدون سهم قابل‌توجه بی‌هوازی ــ و در نتیجه بدون ایجاد اسیدوز متابولیک قابل‌توجه ــ حفظ کرد. هرچه مسابقه طولانی‌تر باشد، آستانه اسیدوز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا توانایی حفظ یک ریتم قوی برای مدت طولانی مهم‌تر می‌شود.

در سرعت‌های پایین دویدن، گلیکولیز فقط اندکی استفاده می‌شود و عضلات مقدار کمی لاکتات تولید می‌کنند. وقتی دونده سرعت را بالا می‌برد، استفاده از گلیکولیز بیشتر می‌شود، زیرا عضلات برای سوخت به کربوهیدرات بیشتر متکی می‌شوند. اگر دونده همچنان سرعت را افزایش دهد، سرانجام به سرعتی ــ آستانه اسیدوز ــ می‌رسد که اتکای او به گلیکولیز آن‌قدر زیاد می‌شود که لاکتات در عضلات و خون شروع به تجمع می‌کند. هم‌زمان با تجمع لاکتات، یون‌های هیدروژن نیز در عضلات تجمع می‌یابند، pH عضله را کاهش می‌دهند و آن را اسیدی‌تر می‌کنند؛ حالتی که اسیدوز متابولیک نام دارد.

وقتی دونده با سرعتی کمتر از آستانه اسیدوز می‌دود، همه چیز آرام و راحت است و می‌توان آن سرعت را برای مدتی حفظ کرد. وقتی سرعت از آستانه اسیدوز بیشتر می‌شود، خستگی احساس می‌شود و آن ریتم را نمی‌توان برای مدت زیادی نگه داشت. هرچه دونده بتواند آستانه اسیدوز خود را بالاتر ببرد ــ یعنی ریتم AT سریع‌تر شود ــ سرعت بیشتری را می‌تواند حفظ کند.

> **آستانه اسیدوز (Acidosis Threshold):** حداکثر تلاش یا شدتی که فرد می‌تواند برای مدت طولانی حفظ کند، در حالی که اثر آن بر سطوح لاکتات خون حداقل باشد.

Instagram page : @fitbody.university



instagram page : @

CHAPTER 02

تکنیک دویدن و تمرین‌های مهارتی

RUNNING TECHNIQUE AND DRILLS

اهداف یادگیری

1. عضلات اصلی بدن انسان را بر اساس ناحیه بدن به خاطر بسپارید.
2. اصطلاحات کلیدی مربوط به حرکت و موقعیت آناتومیکی را تعریف کنید.
3. اجزای یک گام دویدن را نام ببرید و توضیح دهید.
4. رابطه نرخ گام و طول گام با سرعت دویدن را توضیح دهید.
5. تعداد 16 تمرین مهارتی دویدن را توصیف کنید که می‌توانند دونده را از نظر بیومکانیکی کارآمدتر کنند.

مدت‌ها پیش از آغاز تمدن مدرن، نیاکان ما - از انسان‌تبار میمون‌مانند Australopithecus - در میان جنگل‌ها و دشت‌ها می‌دویدند و برای تأمین غذای خانواده خود حیوانات وحشی را تعقیب می‌کردند. اگرچه انسان در مقایسه با بسیاری از جانوران در دوی سرعت تمام‌عیار عملکرد چندان چشمگیری ندارد - بیشترین سرعت ثبت‌شده برای انسان 23.3 miles per hour است، در حالی که یوزپلنگ به نزدیک 70 miles per hour می‌رسد - ما در زمره بهترین دوندگان مسافت‌های طولانی هستیم.

توانایی ما برای دویدن در مسافت‌های طولانی - و از پا درآوردن حیواناتی که سریع‌تر اما کم‌استقامت‌تر بودند - به نیاکان اولیه ما امکان داد برای خانواده خود غذا فراهم کنند و به‌عنوان یک گونه دوام بیاورند. این همان «بقای اصلح» چارلز داروین در معنای کاملاً تحت‌اللفظی آن بود. میلیون‌ها سال بعد، دویدن به بخشی از فرهنگ ما تبدیل شده است. شادی چهره یک کودک را هنگام برداشتن نخستین قدم‌های مرددش می‌بینیم و آن لحظه را ثبت می‌کنیم. چند سال بعد، کودکان مدرسه‌ای آزادی حاصل از دویدن را کشف می‌کنند؛ در زمین‌های بازی با یکدیگر مسابقه می‌دهند و در زنگ تفریح سرعت خود را به رخ هم می‌کشند.

حتی در همان سنین پایین نیز روشن است که وقتی روی دو پا می‌دویم، اتفاق ویژه‌ای رخ می‌دهد. حرکت دوپایی (Bipedal Movement) انسان را از تقریباً همه جانوران دیگر متمایز می‌کند. جذابیت دویدن، دانشمندان بسیاری را به مطالعه این شیوه منحصربه‌فرد حرکت واداشته است. عکاسی کلاسیک ادوارد مایبریج (Eadweard Muybridge) در کتاب‌های Animals in Motion (1899) و The Human Figure in Motion (1901) شاید نخستین تلاش برای تصویرسازی حرکت جانداران بوده باشد و هنوز هم به‌عنوان مرجعی معتبر درباره الگوهای گام‌برداری حیوانات مورد استناد قرار می‌گیرد. با این حال، قدیمی‌ترین مستند شناخته‌شده از مطالعه علمی دویدن ممکن است کتاب کلاسیک جووانی آلفونسو بورلی (Giovanni Alphonso Borelli, 1608-1679) با عنوان De Motu Animalium (Of Animal Motion) باشد؛ او در آن کتاب به رابطه طول پا و نرخ گام با سرعت دویدن اشاره می‌کند.

بیشتر افرادی که می‌دوند، فقط از خانه بیرون می‌روند و شروع به دویدن می‌کنند. توجه آن‌ها معمولاً روی متغیرهای مرتبط با تمرین (Training-Related Variables) مانند مسافت هفتگی، طول دویدن‌های طولانی، ریتم هر مایل و ضربان قلب متمرکز است؛ و گاهی حتی زاویه مناسب و نور عکس شبکه اجتماعی بعد از تمرین، توجه بیشتری می‌گیرد. اما به «چگونه دویدن» توجه اندکی می‌شود یا اصلاً توجهی نمی‌شود. تکنیک صحیح دویدن نخستین گام برای تبدیل‌شدن به یک دونده یا آماده‌شدن برای مسابقه است. همان‌طور که پیش از یادگیری بک‌هند وارد مسابقه تنیس نمی‌شوید یا پیش از یادگیری شنا در مسابقه سه‌گانه شرکت نمی‌کنید، یادگیری دویدن ماهرانه‌تر نیز اهمیت دارد. دویدن با مهارت بیشتر می‌تواند به پیشگیری از آسیب کمک کند و تحمل بار تمرینی بیشتر را ممکن سازد؛ زیرا تمرین با مهارت حرکتی بهتر انجام می‌شود. برای اینکه دونده بهتری شوید، ابتدا بهتر بدوید.

Instagram page : @itsdaryanuniversity

> **متغیرهای مرتبط با تمرین (Training-Related Variables):** عناصر یک برنامه ورزشی یا تناسب‌اندام که مشخص می‌کنند یک فعالیت چگونه باید انجام شود.

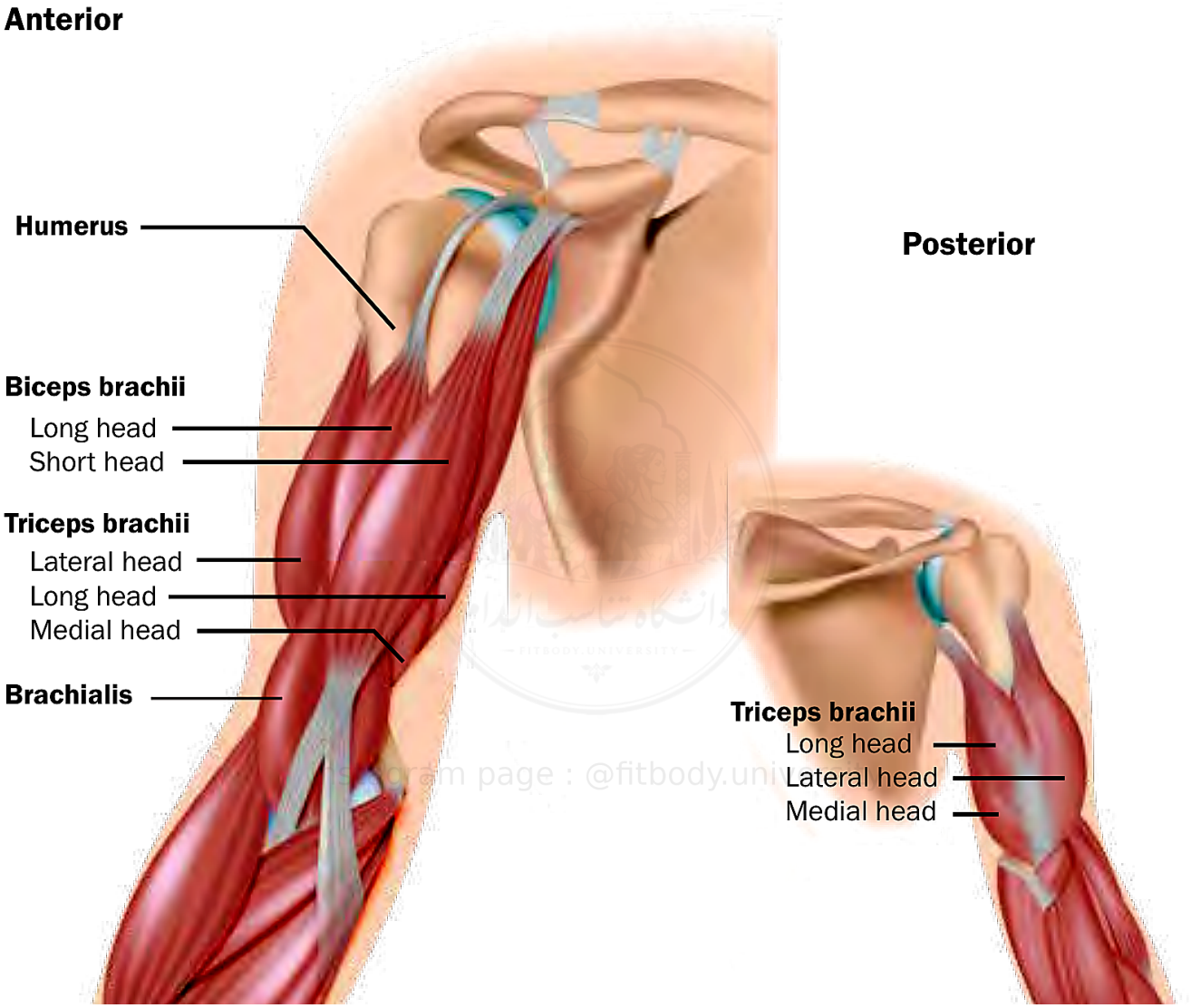
دویدن یک مؤلفه عصبی کمترشناخته‌شده نیز دارد. همان‌طور که تکرار حرکات راه‌رفتن، ناهماهنگی و تکان‌های راه‌رفتن کودک نوپا را به‌تدریج کاهش می‌دهد تا حرکت او روان شود، تکرار حرکات مشخص دویدن نیز می‌تواند دونده را روان‌تر کند و اقتصاد دویدن را بهبود دهد - یعنی مقدار اکسیژنی که برای حفظ یک سرعت مشخص مصرف می‌شود. حرکات اضافی، انقباض‌های عضلانی غیرضروری، قرارگیری نادرست پا روی زمین نسبت به مرکز جرم دونده و جذب ناکارآمد نیرو هنگام تماس پا با زمین، همگی مصرف اکسیژن لازم برای حفظ یک سرعت مشخص را افزایش می‌دهند؛ در نتیجه دونده کم‌اقتصادتر می‌شود و حتی احتمال آسیب نیز افزایش می‌یابد. برعکس، حرکات روان و هماهنگ و به‌کارگیری کمترین تعداد تارهای عضلانی لازم برای انجام وظیفه، مصرف اکسیژن را کاهش می‌دهد و اقتصاد حرکت را بهتر می‌کند.

با تکرارهای بی‌شمار، الگوی فراخوانی واحدهای حرکتی (تارهای عضلانی) در دستگاه عصبی تثبیت می‌شود؛ در نتیجه مکانیک دویدن روان‌تر، اعمال نیروی عضلانی کارآمدتر و نیروهای پیشران بیشتری ایجاد می‌شود. هنگامی که دونده مکانیک صحیح دویدن را یاد بگیرد و آن را تثبیت کند، بهتر می‌تواند بار تمرینی را تحمل کند و حتی از آن رشد کند. و سریع‌تر خواهد دوید.

آناتومی پایه انسان و اصطلاحات

پیش از ورود به بحث تکنیک دویدن، یک مربی دویدن باید دانش پایه‌ای از آناتومی انسان و همچنین اصطلاحات آناتومیکی مرتبط با حرکت انسان داشته باشد. جزئیات زیر به‌عنوان مرجع ارائه می‌شوند و سپس بحث اصلی ادامه می‌یابد.

عضلات بازو

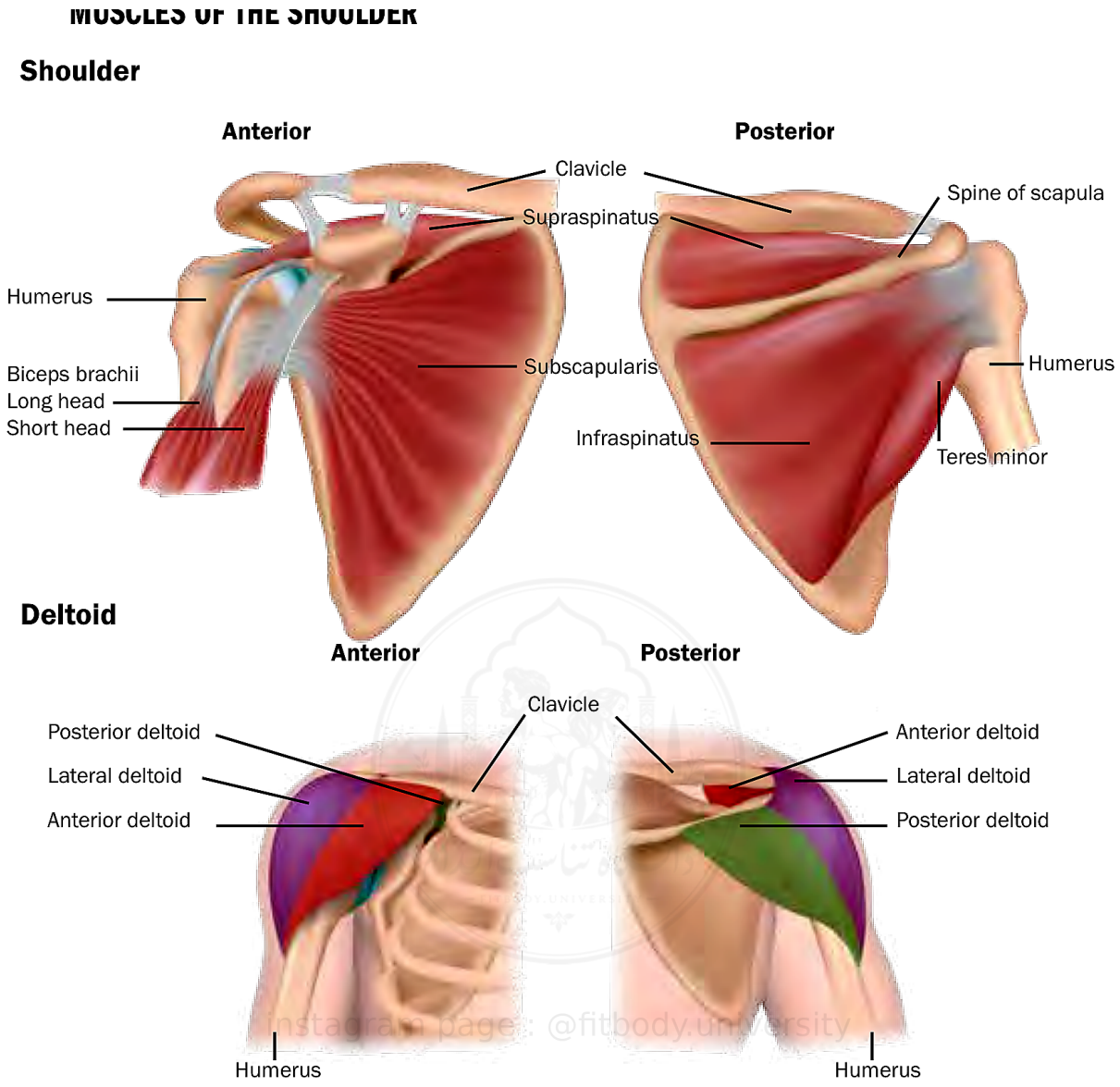


شکل 2.1 - بازو (Upper Arm)

1. استخوان بازو (Humerus)
2. دوسر بازویی، سر بلند (Biceps brachii - Long head)
3. دوسر بازویی، سر کوتاه (Biceps brachii - Short head)
4. سه‌سر بازویی، سر خارجی (Triceps brachii - Lateral head)
5. سه‌سر بازویی، سر بلند (Triceps brachii - Long head)
6. سه‌سر بازویی، سر داخلی (Triceps brachii - Medial head)
7. عضله بازویی (Brachialis)

برچسب‌های جهت: قدامی (Anterior)، خلفی (Posterior).

عضلات شانه

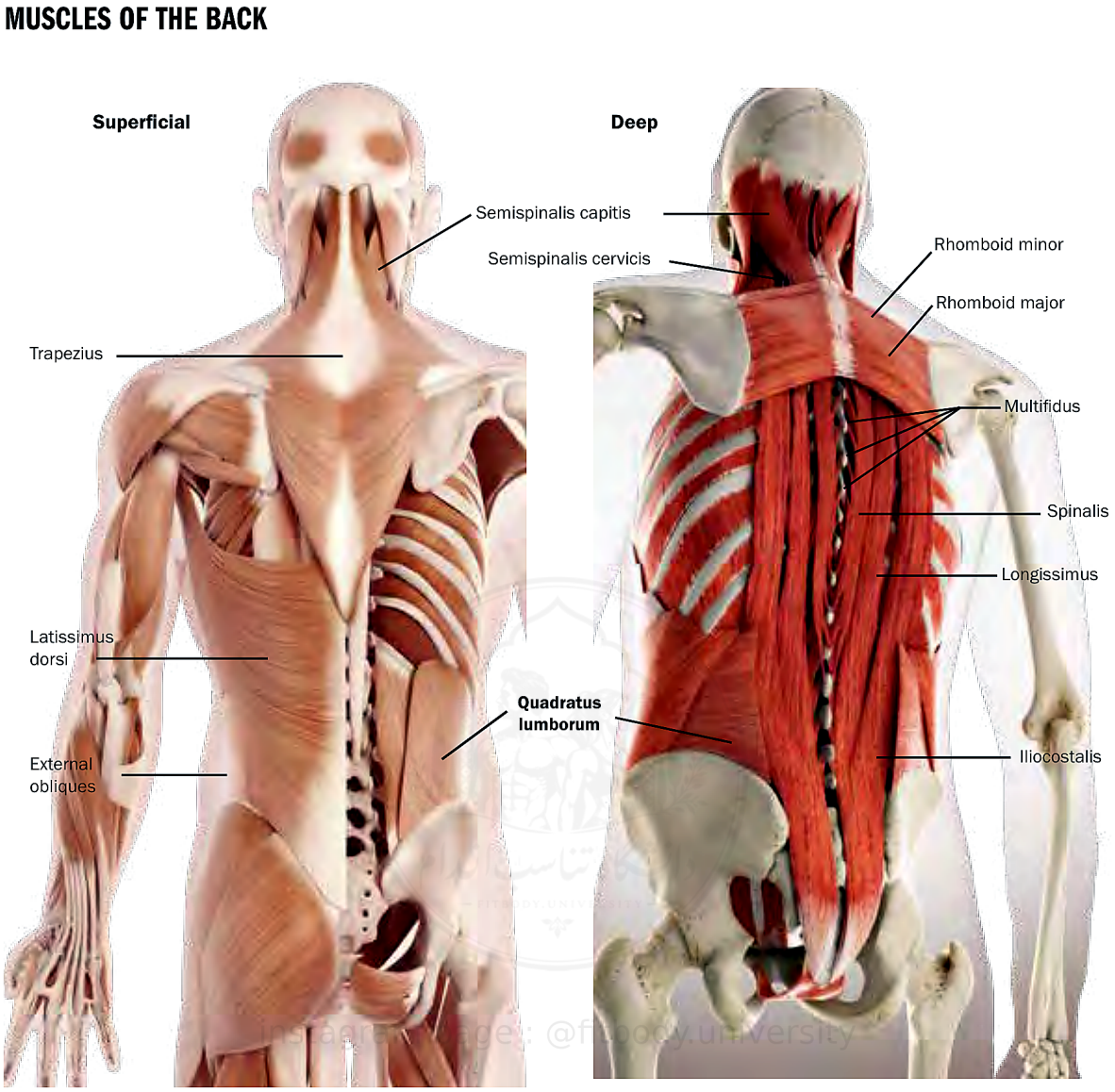


شکل 2.2 - شانه و دلتوئید (Shoulder and Deltoid)

1. استخوان بازو (Humerus)
2. ترقوه (Clavicle)
3. دلتوئید قدامی (Anterior deltoid)
4. دلتوئید جانبی (Lateral deltoid)
5. دلتوئید خلفی (Posterior deltoid)
6. فوق‌خاری (Supraspinatus)
7. تحت‌خاری (Infraspinatus)
8. زیرکتفی (Subscapularis)
9. گرد کوچک (Teres minor)

برچسب تکمیلی شکل: خار کتف (Spine of scapula)، دوسر بازویی - سر بلند و سر کوتاه.

عضلات پشت



شکل 2.3 - پشت (Back)

1. ذوزنقه‌ای (Trapezius)
2. پشتی بزرگ (Latissimus dorsi)
3. مایل خارجی شکم (External obliques)
4. نیم‌خاری سر (Semispinalis capitis)
5. نیم‌خاری گردنی (Semispinalis cervicis)
6. مربع کمری (Quadratus lumborum)

لایه‌ها: سطحی (Superficial)، عمقی (Deep).

7. لوزی کوچک (Rhomboid minor)
8. لوزی بزرگ (Rhomboid major)
9. مولتی‌فیدوس / چندسر (Multifidus)
10. خاری - گروه راست‌کننده ستون فقرات (Spinalis)
11. طویل‌ترین - گروه راست‌کننده ستون فقرات (Longissimus)
12. خاصره‌ای‌دنده‌ای - گروه راست‌کننده ستون فقرات (Iliocostalis)