از
دکتر عباسعلی گائینی
دانشیار دانشگاه تهران

خستگی

خستگی چیست و عوارض آن کدامند؟

هرچند خستگی پدیده‌ای است که عموماً آن را می‌شناسند و در طول روز آن را احساس می‌کنند، ولی همچنان ناشناخته است. انسان همواره درصدد درک علل وقوع خستگی بوده و کوشیده است، آن را به تعویق اندازد و یا به سرعت جبران کند. بنابراین، سؤالاتی از قبیل: ۱. چه چیزی بخورم تا خستگی ایجاد نشود یا دیرتر ایجادشود؟ ۲. چه فعالیت‌هایی را انجام ندهم تا خسته نشوم؟ ۳. چه‌قدر استراحت کنم تا خستگی تولید نشود یا جبران شود؟ ۴. آیا تفریح خود بر خستگی می‌افزاید یا برعکس خستگی را کاهش می‌دهد؟ همواره مطرح بوده و هست.

۱. تعریف خستگی

خستگی حالتی است که در آن توانایی عضله برای تولید نیرو از دست می‌رود. این پدیده ممکن است پیامد نارسایی کار دستگاه عصبی مرکزی و یا دستگاه عصبی محیطی باشد.

۲. عوارض خستگی

الف) خستگی حاد، سریع رخ می‌دهد و دلیل آن انجام کار خیلی سخت و شدید در مدتی کوتاه است. در این خستگی، احتمالاً کار سخت و شدید به تغییرات متابولیک در عضله می‌انجامد و خستگی را پدید می‌آورد. ضمناً ارتباط بین عصب و عضله دچار نقص می‌شود. بنابراین، مهم‌ترین عارضهٔ آن موضعی است و در عضله نوعی احساس درد به وجود می‌آید.

ب) خستگی مزمن (درازمدت)، در این خستگی، هرچند بافت‌های انجام دهندهٔ کار، قادر به ادامهٔ کار هستند، اما نوعی زدگی و بی‌رمقی در انسان به وجود می‌آید که احتمالاً علل روانی دارد. بی‌میلی به انجام کار، ترس از مواجه شدن با کار روزمره و زودرنجی از نشانه‌های آن هستند و شاید یکنواختی محیط کار و ورزش مهم‌ترین علت آن باشد.

۳. خستگی در ورزش

خستگی در ورزش یکی در حین

خستگی حاد سریع رخ می‌دهد و دلیل آن انجام کار خیلی سخت و شدید در مدتی کوتاه است

کار است و دیگری بعد از فعالیت‌های ورزشی:

الف) وقوع خستگی در حین ورزش، در اصل به دلیل کاهش منابع انرژی است که تداوم کار را سخت می‌کند. در این صورت ما شاهد کاهش کیفیت نمایش ورزش و نیز کمیت آن خواهیم بود. مقایسهٔ اسپک‌های یک و الیالیست در آغاز و در پایان یک بازی، این پدیده را به روشنی ثابت می‌کند.

ب) خستگی پس از ورزش، در درجهٔ اول به دلیل بازسازی مناسب منابع انرژی از دست رفته در حین ورزش است و در درجهٔ دوم، بر طرف نشدن عارضه‌های روحی ناشی از یک فعالیت ورزشی سخت و سنگین.

ماهیت خستگی و پایه‌های زیستی آن

نکتهٔ اول: آگاهی ما از پدیدهٔ فیزیولوژیکی که به ناتوانی عضله می‌انجامد، چندان رضایت‌بخش و قانع کننده نیست. برداشت همگان از واژهٔ خستگی بسیار سطحی است. ورزشکاران، مربیان و دست‌اندرکاران ورزش، غالباً آن را پیامد افزایش اسید لاکتیک می‌دانند، اما در بسیاری از خستگی‌های طاقت‌فرسا، بین افزایش این اسید و خستگی، ارتباط مستقیم و همبستگی آماری دیده نشده است. بنابراین می‌توان گفت، حتی بدون افزایش غلظت اسید لاکتیک پلاسما، خستگی نیز به وجود می‌آید. باید گفت، خستگی پدیده‌ای بسیار پیچیده است که پایه‌ها و مکانیزم‌های گوناگونی دارد.

نکتهٔ دوم: دربارهٔ خستگی همیشه دو پرسش مطرح می‌شود:

۱. جایگاه کالبدشناسی خستگی کجاست؟

۲. ماهیت دگرگونی‌های زیستی زمینه‌ساز خستگی چیست؟

در پاسخ به پرسش نخست، بیش‌تر از همه می‌توان به سه مکان اشاره کرد:

الف) خستگی ممکن است پیامد

نارسایی‌های مربوط به کار سازمان عصبی حرکتی باشد.

ب) بروز خستگی ممکن است در محل اتصال عصب به عضله (اتصال عصبی عضلانی) باشد.

ج) خود عضله ممکن است جای بروز خستگی باشد که در این صورت امکان دارد، معلول نارسایی در روندهای گوناگونی باشد که در درون خود عضله رخ می دهند؛ مثل تخلیهٔ ذخایر ATP، افزایش فسفات، کاهش عوامل پشتیبان ATP (چون مواد غذایی و PC)، کاهش جریان خون عضله و در نتیجه کمبود O_2، تجمع یون‌های هیدروژن در عضله.

پس به لحاظ ماهوی می‌توان به دو شکل به خستگی نگاه کرد:

الف) خستگی جسمانی: که معانی گوناگونی چون سستی، از پاافتادگی، ناتوانی بدنی، بی‌رمقی و بی‌میلی برای انجام کار را به خاطر می‌آورد. این واژه‌ها، بیش‌تر برداشت و احساسی را بازگو می‌کنند که در پی کاریدی و فعالیت، ممکن است به فرد دست بدهد.

ب) خستگی روانی: بدون انجام کارهای سنگین و درازمدت جسمانی نیز ممکن است خستگی ایجاد شود و گاهی از آن به عنوان خستگی عصبی، خستگی روانی و دماغی و حتی بی‌حوصلگی هم نام می‌برند.

راه رفتن و فعالیت خیابانی شلوغ

با هوایی گرم و دوداَلود بسیار خسته کننده‌تر از کوه پیمایی در دامنهٔ طبیعت است. در حالی که در مقایسه، مقدار کل کاری که هنگام کوه‌پیمایی انجام می‌شود، به مراتب بیش‌تر از مقدار کاری است که بر اثر راه رفتن در آن خیابان شلوغ انجام می‌شود. در نتیجه، ناتوانی کار عضلات در محیط نامناسب را می‌توان پیامد خستگی عصبی و روانی دانست که در آن محیط به فرد دست می‌دهد.

عوامل خستگی در ورزش‌های کوتاه‌مدت

در ورزش‌های کوتاه‌مدت و شدید، مشخصهٔ ورزش این است که کار با شدت هرچه تمام‌تر و به دفعات متناوب ممکن است انجام شود. در این صورت تمام تارهای عضلانی مسؤول تولید نیرو وارد معرکه می‌شوند تا هرچه بیش‌تر نیروی انقباض را بالا ببرند. این تواتر بالا و درگیری تمام تارهای عضلانی باعث تغییرات متابولیکی خاصی در عضله می‌شود که هر سه بخش آناتومیکی مربوط به خستگی یعنی: ۱. سیستم

در ورزش‌های طولانی‌مدت، دورهٔ برگشت به آرامش عضله بسیار کند است و از چند ساعت تا چند روز طول می‌کشد

عصبی مرکزی، ۲. اتصال عصب و عضله، ۳. درون خود عضله را با سختی تحت تأثیر قرار می‌دهد.

*** از نقطه‌نظر سیستم عصبی مرکزی:** برای رسیدن به حداکثر نیروی انقباضی در عضله، تمرکز و تلاش آگاهانهٔ زیادی لازم است. پیامد آن پس از ۱۰ تا ۱۵ ثانیه، احساس ناراحتی در عضلات فعال است. تداوم آن باعث می‌شود، اعضایی که از مفاصل، اندام‌های وتری-گلژی و از خود عضله سرچشمه می‌گیرند، پیام‌هایی به ناحیهٔ حسی پیکری قشر مغز بفرستند تا این ناحیه به طور مرتب از وضعیت عضله با خبر شود. با دخالت قشر حرکتی مغز، پیام‌های بازدارنده‌ای از طریق نورون‌های میانجی مهارگر ارسال می‌شود تا نیروی انقباض به نحو مؤثری به نمایش درآید. در صورتی که به هر دلیلی فعالیت این نورون‌های مهاری زیاد باشد، نیروی انقباض به نحو بارزی کاهش می‌یابد و نوعی ناتوانی عملی شکل می‌گیرد که می‌توان آن را «خستگی اجرایی عضله» نامید.

*** خستگی ناحیهٔ اتصال عصب به عضله:** عصب با عضله تماس مکانیکی ندارد، بلکه با یک مادهٔ میانجی شیمیایی به نام استیل کولین، پیام‌های عصبی برای تولید به عضله منتقل می‌شود. اگر این مادهٔ میانجی ضمن فعالیت صفحهٔ اتصال عصبی عضلانی، بازسازی و جبران نشود، خستگی عضلانی (با علت برون عضلانی) به وجود می‌آید. از این رو، نارسایی انتقال پیام در محل اتصال عصب-عضله، از دیرباز یک سازوکار احتمالی برای خستگی عضله

عصب با عضله تماس مکانیکی ندارد، بلکه با یک مادهٔ میانجی شیمیایی به نام استیل کولین، پیام‌های عصبی برای تولید به عضله منتقل می‌شود

پنداشته شده است. کمبود استیل کولین مساوی است با نرسیدن آستانهٔ تحریک در صفحهٔ اتصال عصب و عضله که در اثر آن، عضله به روش طبیعی خود فعال نمی‌شود. پیامد این نارسایی عملی، تحریک نشدن گروهی از واحدهای حرکتی در عضله و در نتیجه، کاهش نیروی انقباضی است.

***عوامل موضعی (درون عضلانی):**

الف) بر اثر فعالیت شدید عضله، ATP تجزیه می‌شود و از این رو مقدار متابولیت‌های آن در عضله زیاد می‌شود که خود موجب خستگی می‌شوند (مثل H^+,Pi,ADP). به علاوه، مادهٔ پشتیبان ATP یعنی PC نیز تجزیه می‌شود و مقدار Pi بیش‌تر می‌شود.

ب) گاهی اوقات ATP در عضله چندان زیاد تجزیه نمی‌شود، ولی میل ترکیبی آن با یک آنزیم مخصوص موسوم به ATPase کم می‌شود. پیامد آن کاهش اتصال ATP به پل‌های عرضی است و در نتیجه، از میزان تجزیهٔ ATP کاسته و تولید نیروی انقباضی کم می‌شود.

ج) پس از اتصال دو عامل انقباضی در عضله بر اثر کم‌تر متصل شدن ATP به میوزین، جدا شدن کمپلکس آکتین میوزین به تأخیر می‌افتد که موجب سفتی و زیاد شدن نیروی کشش عضلهٔ خسته می‌شود.

عوامل خستگی‌زا در ورزش‌های درازمدت

در ورزش‌های زیر بیشینهٔ درازمدت و یکنواخت (مانند راه رفتن یا دویدن) که در آن‌ها نیروی انقباضی عضلات به طور نسبی کم است، زمان کافی برای بازسازی مقدار زیادی از ضایعات متابولیکی، از جمله ATP و PC، در فاصلهٔ میان دو انقباض وجود دارد. در این ورزش‌ها، همواره دسته‌ای از تارهای عضلانی کار و دسته‌ای دیگر استراحت می‌کنند. همین وضعیت فرصت لازم را در اختیار تارهای استراحتی قرار می‌دهد تا به بازسازی منابع انرژی بپردازند.

عواملی که باعث خستگی بر اثر این فعالیت‌ها می‌شوند، عبارتند از: ۱. افزایش دمای مرکزی بدن؛ ۲. از دست رفتن مایعات بدن؛ ۳. تغییر در غلظت الکترولیت‌های مایعات بدن (از جمله خون)؛ ۴. کمبود گلوکز پلاسما؛ ۵. تخلیهٔ منابع ذخیرهٔ گلیکوژنی کبد؛ ۶. هیپوکسی مغزی.

در ورزش‌های طولانی‌مدت، دورهٔ برگشت به آرامش عضله بسیار کند است و از چند ساعت تا چند روز طول می‌کشد. بنابراین، تغذیهٔ مناسب و استراحت کافی دو عامل مهم رفع خستگی‌های ناشی از ورزش‌های درازمدت هستند. اگر به این دو موضوع توجه نشود و جلسهٔ بعدی ورزش آغاز شود:

۱. نمایش ورزشی از کیفیت مطلوبی برخوردار نخواهد بود؛

۲. امکان آسیب دیدگی عضلانی افزایش می‌یابد.

نکته: کافئین که در قهوه وجود دارد، می‌تواند آثار خستگی‌زای ناشی از فعالیت‌های درازمدت را تخفیف دهد.

خستگی و انواع انقباض‌های عضلانی

به طور کلی عضله می‌تواند چهار نوع انقباض تولید کند: ۱. انقباض ایزومتریک؛ ۲. انقباض کانسنتریک؛ ۳. انقباض اسنتریک؛ ۴. انقباض ایزوکینتیک. نحوهٔ تولید نیرو، قدرت و استقامت موضعی در هر یک از انواع این انقباض‌ها فرق می‌کند. به همین ترتیب نحوهٔ تولید نیرو و خستگی نیز در انواع این انقباض‌ها متفاوت است.

اگر دستهٔ چهارم این انقباض را که با وسایل خاصی قابل اجرا هستند، نادیده بگیریم، در مقایسهٔ سه نوع دیگر با هم، انقباض‌های استریک خستگی زاتر از انقباض‌های ایزومتریک و کانسنتریک هستند.

در ورزش‌های استقامتی و درازمدت، تخلیهٔ ذخایر گلیکوژن عضلات، به صورتی اجتناب‌ناپذیر، به خستگی کامل ماهیچه‌ای و توقف کار منجر خواهد شد

برای مثال، هنگام پائین آمدن از پله‌ها، خستگی در عضلهٔ چهارسرران که بدن را به هنگام پائین آمدن از پله‌ها حفظ می‌کند، بسیار بیش‌تر از زمانی است که فرد از همین پله‌ها بالا می‌رود. این پدیده در حالی رخ می‌دهد که در مقایسه با انقباض‌های کانسنتریک و ایزومتریک که در بالا رفتن از پله‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، نیازمندی‌های متابولیکی با انرژی کم‌تری دارد.

نکته

۱. انقباض‌های استریکی غالباً با دردهای دیرکردی (دردهایی که با تأخیر آغاز می‌شوند) همراهند که نشانهٔ آسیب‌های عضلانی هستند. این آسیب‌ها در اثر رها شدن آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ پروتئین‌ها به وجود می‌آیند. بر این اساس، دورهٔ بازیافت (بازگشت به آرامش) بر اثر این انقباض‌ها بسیار طولانی‌تر و کندتر است. این نوع خستگی خود پیامد آسیب‌هایی است که در نتیجهٔ نیروی تولید شدهٔ زیاد در عضلهٔ فعال رخ می‌دهد و نه به دلیل تخلیهٔ متابولیت‌های عضلانی.

۲. ورزشکارانی که در معرض انقباض‌های بیش‌تر استریک هستند، به مراقبت‌های ویژه‌ای نیاز دارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

الف) تغذیهٔ مناسب و برخوردار از مواد مغذی پروتئینی و ویتامینی تا بافت‌های از دست‌رفته سریعاً جبران شوند.

ب) استراحت‌های مناسب برای بازیافت کامل آسیب‌های احتمالی.

ج) کاهش شدت تمرینات و در مواقعی، قطع این‌گونه انقباض‌ها برای بهبود آسیب‌های قبلی.

د) تغییر برنامه‌ریزی و رسیدن به هدف با استفاده از سایر انقباض‌های عضلانی و استفادهٔ کم‌تر از انقباض‌های استریک.

گلیکوژن و اهمیت آن در خستگی‌های عضلانی

ورزش‌های استقامتی و درازمدت برای تأمین انرژی مورد نیاز خود به دستگاه هوازی تولید انرژی متکی هستند و عضلات به دریافت اکسیژن کافی از یک سو و فراهم بودن مواد سوختی (چربی‌ها و قندها) از سوی دیگر بسیار وابسته‌اند. از این‌رو، افرادی می‌توانند چنین ورزش‌هایی را دنبال کنند که تعداد زیادی از تارهای عضلانی آن‌ها، از گونهٔ ST (کند انقباض) خستگی‌ناپذیر باشد. حضور تعداد زیاد میتوکندری و گردش خون مناسب در این تارها موجب می‌شود تا این نوع عضلات چربی‌ها را به آسانی مصرف کنند. قندها نیز در این گونه تارها به خوبی مصرف می‌شوند.

اما این‌که هنگام انقباض عضله، کدام‌یک از این دو مادهٔ سوختی بیش‌تر استفاده می‌شوند، به شدت کار بدنی و دورهٔ زمانی آن بستگی دارد. به طور کلی گلیکوژن، مادهٔ انرژی‌زا در ورزش‌های پر شدت و کوتاه‌مدت است، در حالی که در ورزش‌های استقامتی، بار انرژی بر دوش چربی‌هاست. با وجود این، در ورزش‌های درازمدت، قندها سهمی بزرگ از بار انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. در نبود کامل کربوهیدرات‌ها، مصرف چربی‌ها دچار نارسایی‌های شدید خواهد شد.

نکتهٔ مهم: در ورزش‌های استقامتی و درازمدت، تخلیهٔ ذخایر گلیکوژن عضلات، به صورتی اجتناب‌ناپذیر، به خستگی کامل ماهیچه‌ای و توقف کار منجر خواهد شد.

اهمیت استفاده از قندها

قندها به دو دلیل اهمیت انرژیک زیادی در ورزش‌ها، به ویژه در ورزش‌های استقامتی و درازمدت پیدا می‌کنند:

۱. قندها (گلیکوژن یا گلوکز) خود یکی از منابع سوختی مهم در عضلات هستند.

۲. وجود قندها امکان استفادهٔ بهتر و بیش‌تر از FFA را در عضلات افزایش می‌دهد و بروز خستگی را در ورزش‌های درازمدت به تأخیر می‌اندازد. بنابراین، تخلیهٔ منابع سوخت کربوهیدراتی (قندها) به هر دلیلی که باشد، به درماندگی عضلانی منجر خواهد شد. درماندگی عضلانی ممکن است در حالی به وجود آید که هنوز مقادیر زیادی از چربی‌ها برای مصرف شدن در اختیار عضلات قرار دارند.

از آن‌جا فرا رسیدن خستگی عضلانی و تخلیهٔ ذخیرهٔ گلیکوژن عضلات با هم ارتباط نزدیکی دارند و در بسیاری از ورزش‌ها گلیکوژن می‌تواند پشتوانهٔ انرژیک مناسب و سودمندی به‌ویژه در مراحل پایانی کار باشد، توجه زیادی به الگوی ذخیره شدن و تخلیهٔ گلیکوژن ماهیچه‌ای معطوف شده است.

نکتهٔ مهم: با تمرین استقامتی مناسب و با تغذیهٔ خوب می‌توان عضلات را در مصرف چربی‌ها تربیت کرد تا به مقدار بیش‌تری در اختیار عضله باقی بمانند، خستگی به تعویق بیفتد و عضلات در مراحل پایانی کار از توان انرژیک بالایی بهره‌مند شوند.

اهمیت انرژیک گلوکز پلاسما و تأثیر آن بر خستگی

گلوکز (یا به عبارتی قند خون) یکی از مواد موجود در پلاسماست که غلظت آن در محدوده‌ای معین ثابت و پایدار نگه‌داشته می‌شود. هنگام استراحت، گلوکز با دخالت انسولین وارد تار عضلانی می‌شود. هنگام ورزش ترشح انسولین کم می‌شود و در نتیجه انتظار می‌رود، از میزان ورود گلوکز به تارهای عضلانی کاسته شود. اما انقباض عضلانی به گونه‌ای ناشناخته ورود گلوکز به درون تارهای عضلانی را تسهیل و تقویت می‌کند.

هنگام اجرای ورزش‌ها، به ویژه ورزش‌های استقامتی و درازمدت، برداشت گلوکز از خون افزایش می‌یابد که میزان آن نسبت به زمان استراحت بسیار بالاست؛ به طوری‌که ۳۰ تا ۴۰ درصد از کل مواد سوختنی مصرفی در سرتاسر دورهٔ ورزش را تشکیل می‌دهد.

هنگام ورزش، با خوردن مواد قندی و تجزیهٔ گلیکوژن کبدی با وجود برداشت زیاد گلوکز توسط عضلات، گلوکز پلاسما به اندازهٔ کافی حفظ می‌شود؛ زیرا این مادهٔ سوختی مهم، تنها منبع سوخت برای دستگاه عصبی به شمار می‌رود.

نکته

۱. هروقت غلظت گلوکز پلاسما کم شود، گلیکوژن کبدی تجزیه و مقادیر مورد نیاز گلوکز به داخل گردش خون رها می‌شود و هرگاه گلوکز پلاسما زیاد باشد، کبد مقداری از آن را برداشت و به صورت گلیکوژن در خود ذخیره می‌کند تا در صورت لزوم، بعدها آن‌ها را آزاد سازد.

در ورزش‌های درازمدت، بخش زیادی از گلوکز خون از راه تجزیهٔ گلیکوژن کبدی تأمین می‌شود. روشن است که با ادامهٔ این نوع ورزش‌ها، کم‌کم ذخیرهٔ گیکوژن کبدی دچار کاهش شدیدی می‌شود و مکانیزم‌های تأمین کنندهٔ گلوکز پلاسما زیر فشار قرار می‌گیرند.

۲. از دیرباز معلوم بوده است که درماندگی و یا خستگی عضلانی به دنبال فعالیت‌های بدنی، به ویژه ورزش‌های طولانی و استقامتی، با کم قندی خون (هیپوگلیسمی) همراه است. این پدیده بیش‌تر در حالی به وجود می‌آید که هیچ نشانه‌ای از خستگی موضعی یا متابولیکی در داخل سلول دیده نمی‌شود.

در ورزش استقامتی، گلیکوژن کبد به شدت کاهش و همزمان با آن، برداشت گلوکز بسیار افزایش می‌یابد. در پایان کار، نه تنها گلیکوژن کبدی و کلیوی، بلکه گلوکز پلاسما نیز تا سرحد هیپوگلیسمی کاهش می‌یابد و نزدیک به پایان کار، امکان بروز خستگی به وجود می‌آید. حال اگر سرتاسر نیمهٔ دوم فعالیت محلول ایزوتونیک گلوکز به ورزشکار خورانده نشود، پیدایش خستگی و پیامدهای آن اجتناب ناپذیر خواهد بود. این خستگی دو علت دارد:

الف) فراهم آمدن گلوکز در عضلات فعال به سبب کاهش شدید منابع گلیکوژن در عضلات، کبد و کلیه و در نتیجه، کم‌شدن شدید گلوکز پلاسما که موجب بروز خستگی متابولیکی حاصل از کمبود قندها و یا درماندگی متابولیکی می‌شود.

ب) خستگی مرکزی به سبب کمبود گلوکز پلاسما که مادهٔ سوختی منحصربه‌فرد اعصاب است. در این صورت، به ناچار، از نیروی عضلانی کاسته خواهد شد. بروز خستگی مرکزی هنگام کمبود گلوکز پلاسما یک پدیدهٔ متابولیکی اجتناب ناپذیر و مربوط به نقص‌های متابولیسم انرژی در نورون‌های مرکزی است.

منابع

1. Gerny,F.J.and Burton, H.W.(2001). Exercise Physiology for Health care professionals. Human kinetics.

۲. ویلمور، جک اچ، دیوید ال کاستیل. فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی (جلد اول ـ ۱۳۷۸ و جلد دوم ـ ۱۳۸۱). مترجمان: رجبی، حمید و همکاران. انتشارات بیکران.

۳. گلیسون، م و همکاران. بیوشیمی فعالیت‌های ورزشی. مترجمان: گائینی، عباسعلی و همکاران (۱۳۸۰)، انتشارات سمت.