

خستگی در ورزش و فعالیت ورزشی

شان فیلیپ

دکتر محمد رضا کردی

(عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)

دکتر زینب السادات گرامیان

دکتر مصطفی صبوری

تألیف: شان فیلیپ

ترجمه: دکتر محمدرضا کردی، دکتر زینب السادات گرامیان، دکتر مصطفی صبور

| سرپرست واحد گرافیک/ المیرا میرموسوی

| مدیر هنری و طراح جلد/ محمودرضا لطیفی

| صفحه آرا/ راضیه امیری

| آماده سازی و نظارت بر چاپ/ محمد حتمی رازلیقی

| فروش و پخش/ مهدی حتمی رازلیقی

| نوبت چاپ/ اول ۱۳۹۸

| شمارگان/ ۵۰۰ نسخه

| قیمت: ۹۰۰۰ ریال

سرشناسه: فیلیپس، شان Phillip Shaur

عنوان و نام پدیدآور: خستگی در ورزش و فعالیت ورزشی/ شان فیلیپ؛ [ترجمه] محمدرضا کردی، زینب السادات گرامیان، مصطفی صبور.

مشخصات نشر: تهران: شرکت تضییعی انتشاراتی حتمی و شرکا، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۱۹۸ ص.: مصور جدو نمودار.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۵۵-۳۵۳-۸

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: عنوان اصلی: Fatigue in sport and exercise, ۲۰۱۵.

موضوع: تمرین های ورزشی - جنبه های فیزیولوژیکی

موضوع: Exercise - Physiological aspects

موضوع: ورزش - جنبه های فیزیولوژیکی

موضوع: Sports- Physiological aspects

موضوع: خستگی Fatigue

شناسه افزوده: کردی، محمدرضا، ۱۳۳۹ - مترجم

شناسه افزوده: گرامیان، زینب السادات، ۱۳۶۲ - مترجم

شناسه افزوده: صبور، مصطفی، ۱۳۶۸ - مترجم

رده بندی کنگره: QP۳۳۱

رده بندی دیویی: ۶۱۲/۷۶

شماره کتابشناسی ملی: ۵۸۶۷۱۴۰



فروشگاه مرکزی: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت)، نبش شهرزاد، پلاک ۱

مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، بین خیابان ۱۲ فروردین و اردیبهشت، جنب بانک صادرات،

ساختمان ۱۳۶۰، طبقه پنجم، واحد ۲۳

☎ ۶۶۴۰۳۱۷۰ | ۶۶۴۰۳۱۶۲

🌐 Hatmiir 📧 hatmipublication

توجه:

به موجب ماده ۵ قانون حمایت، از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ کلیه حقوق این کتاب برای انتشارات حتمی محفوظ می باشد و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق استفاده از آن را ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

بخش ۱ خستگی چیست؟

فصل ۱ تعریف و اندازه‌گیری خستگی در ورزش و فعالیت بدنی

۱-۱. مقدمه

۲-۱. نظریه‌های رایج در خستگی خستگی محیطی و مرکزی

۱-۲-۱. خستگی محیطی

۲-۲-۱. خستگی مرکزی

۳-۲-۱. خستگی محیطی و مرکزی (مجموعه)

۳-۱. روش‌های مستقیم‌سنجش خستگی

۱-۳-۱. نیروی تولیدی ارادی بیشینه / تحریر کاتریکی

۲-۳-۱. خستگی کم‌واتر

۴-۱. روش‌های غیرمستقیم‌سنجش خستگی

۱-۴-۱. مدت استقامت (مدت‌زمان رسیدن به واماندگی)

۲-۴-۱. الکترومایوگرافی (نوار الکتریکی عضله)

۳-۴-۱. نمونه‌برداری بافت

۴-۴-۱. نمونه‌گیری خونی

۵-۴-۱. سنجش‌های ادراکی

۱-۵-۴-۱. درک فشار

۲-۵-۴-۱. مقیاس آگاهی از فشار کار

۶-۴-۱. تصویربرداری تشدید مغناطیسی

۷-۴-۱. تحریر مغناطیسی جمجمه‌ای

۵-۱. خلاصه

بخش ۲ عوامل موثر و غیر موثر در خستگی ناشی از فعالیت و ورزش

۳۵

۳۶

فصل ۲ تخلیه انرژی

۳۶

۱-۲. سوخت و ساز انرژی طی فعالیت ورزشی

۳۷

۲-۲. سوخت و ساز انرژی و خستگی طی فعالیت

۳۷

۱-۲-۲. تخلیه

۳۸

۲-۲-۲. تخلیه فسفوکراتین

۳۸

۱-۲-۲-۲. فعالیت ورزشی بیشینه

۳۹

۲-۲-۲-۲. فعالیت های تناوبی

۴۰

۳-۲-۲. تخلیه گلیکوژن

۴۰

۱-۳-۲-۲. خلاصه از پیشینه پژوهشی

۴۱

۲-۳-۲-۲. کربوهیدرات به عنوان عامل بالقوه خستگی طی فعالیت ورزشی

۴۲

۱-۲-۳-۲-۲. تخلیه گلیکوژن عامل کاهش بازسازی

۴۴

۲-۲-۳-۲-۲. کاهش گلیکوژن می تواند منجر به افت گلوکز خون و در نتیجه خستگی شود

۴۵

خستگی چه می گویند؟

۴۸

۴-۲-۳-۲-۲. نگاهی اجمالی بر گلیکوژن و خستگی طی فعالیت

۴۹

۴-۲-۲. اسیدهای چرب آزاد

۵۰

۳-۲. خلاصه

۵۴

فصل ۳ اسیدوز سوخت و ساز

۵۴

۱-۳. مقدمه

۵۴

۲-۳. نقش اسیدوز سوخت و ساز در خستگی ناشی از فعالیت : خلاصه ای از تاریخچه

۵۵

۱-۲-۳. چگونه اسید لاکتیک می تواند عامل ایجاد خستگی باشد؟

۵۶

۳-۳. اسیدوز سوخت و ساز و خستگی ناشی از فعالیت: دیدگاه مخالف

۵۹

۱-۳-۳. لاکتات: تفاسیر نادرست و فواید

۶۱

۲-۳-۳. اثر هیدروژن بر عملکرد عضلانی

۶۱

۱-۲-۳-۳. رهایی یون کلسیم از شبکه ی سارکوپلاسمی و اتصال آن به تریپونین C

۶۲

۲-۲-۳-۳. تحریک پذیری غشا عضله

۶۳

۳-۲-۳-۳. سرعت گلیکولیز

۶۴

۴-۲-۳-۳. چرخه ی پل عرضی

- ۳-۲-۵. فعالیت دستگاه‌های عصبی مرکزی
 ۳-۳-۳. لاکتات، هیدروژن و خستگی: نگاهی اجمالی
 ۳-۴. خلاصه

عبارت‌های کلیدی

فصل ۴ آب زدایی و بیش آبی

- ۱-۴. مقدمه
 ۲-۴. آب‌زدایی و خستگی فعالیت ورزشی
 ۱-۲-۴. واژه‌ها
 ۲-۲-۴. اهمیت آب در بدن
 ۳-۲-۴. سازوکارهای کلاسیک افت عملکرد ناشی از آب‌زدایی
 ۴-۲-۴. سایر ساز و کارهای افت عملکرد ناشی از آب‌زدایی
 ۳-۴. کم‌آبی و خستگی ناشی از فعالیت: نتایج مطالعات
 ۴-۴. آبرسانی بیش‌تر از حد لازم در جریان فعالیت ورزشی
 ۵-۴. بیش‌گرایی
 ۱-۵-۴. چه میزان گرمایی «زیاد» محسوب می‌شود؟
 ۲-۵-۴. بیش‌گرایی هنگام فعالیت ورزشی
 ۶-۴. بیش‌گرایی و خستگی: یافته‌های پژوهش
 ۱-۶-۴. همبستگی خستگی محیطی وابسته به بیش‌گرایی
 ۲-۶-۴. خستگی مرکزی وابسته به بیش‌گرایی
 ۳-۶-۴. دمای بالای مرکزی یا دمای بالای پوستی؟
 ۷-۴. خلاصه

فصل ۵ پتاسیم و کلسیم

- ۱-۵. مقدمه
 ۲-۵. پتاسیم: تعریف و عملکرد
 ۳-۵. پتاسیم و خستگی ناشی از فعالیت
 ۱-۳-۵. کاهش تولید نیرو و استقامت همگام تجمع برون سلولی⁺
 ۴-۵. شواهدی در مخالفت با بروز خستگی در فعالیت ورزشی در نتیجه‌ی تجمع یون پتاسیم
 برون سلولی
 ۱-۴-۵. فراخوانی واحد حرکتی

- ۵-۴-۲. تغییرات نرخ آتش (سرعت تحریک) عصب حرکتی ۹۷
- ۵-۴-۳. دیپلاریزاسیون مکرر یک تار ۹۸
- ۵-۴-۴. پمپ سدیم - پتاسیم ۹۸
- ۵-۴-۵. کانال‌های کلراید ۹۸
- ۵-۴-۶. اسیدوز متابولیک ۹۹
- ۵-۵. اثر تجمع برون سلولی پتاسیم بر خستگی ناشی از فعالیت ورزشی ۹۹
- ۵-۶. کلسیم، تعریف و عملکرد ۱۰۰
- ۵-۷. کلسیم و خستگی ۱۰۱
- ۵-۷-۱. اختلال در پویایی یون کلسیم در نتیجه تخلیه‌ی گلیکوژن و اسیدوز: ۱۰۱
- ۵-۷-۲. فسفات غیر آبی ۱۰۲
- ۵-۷-۳. تخلیه‌ی ATP و تجمع منیزیم ۱۰۵
- ۵-۸. آیا تغییر در چرخه‌ی کربس، خستگی ناشی از فعالیت ورزشی است؟ ۱۰۶
- ۵-۹. خلاصه ۱۰۶

فصل ۶ خستگی مرکزی و تنظیم مرکزی اعصاب

- ۶-۱. مقدمه ۱۱۲
- ۶-۲. خستگی مرکزی ۱۱۲
- ۶-۲-۱. علل و عوامل بالقوه‌ی خستگی مرکزی ۱۱۲
- ۶-۲-۱-۱. باز خورد حسی آوران‌های عضلانی ۱۱۳
- ۶-۲-۱-۲. ناقل‌های عصبی مغز ۱۱۳
- ۶-۲-۱-۳. تجمع آمونیاک مغز ۱۱۵
- ۶-۲-۱-۴. سایتوکاین‌ها ۱۱۷
- ۶-۲-۱-۵. خلاصه ۱۱۸
- ۶-۳. تنظیم مرکزی عملکرد ورزشی ۱۱۸
- ۶-۳-۱. منشأ نقش مغز در تنظیم فعالیت ورزشی ۱۱۸
- ۶-۳-۲. بازخوانی نقش مغز در تنظیم فعالیت ۱۱۹
- ۶-۴. شواهدی در حمایت از الگوی تنظیم پیش‌بین فعالیت ۱۲۱
- ۶-۴-۱. شواهد حمایتی غیرعینی ۱۲۱
- ۶-۴-۲. پدیده جهش پایانی ۱۲۲
- ۶-۴-۳. راهبردهای تنظیم آهنگ حرکت ۱۲۵

بخش ۳ آیا خستگی برای همه یکسان است؟

فصل ۷ عوامل مؤثر در ایجاد خستگی

۷-۱. مقدمه

۷-۲. اثر نیازمندی‌های فعالیت بر سازوکارهای خستگی

۷-۲-۱. فعالیت ورزشی، طولانی‌مدت زیربیشینه

۷-۲-۱-۱. عوامل احتمالی خستگی در جریان فعالیت‌های دراز مدت زیربیشینه

۷-۲-۱-۱-۱. عملکرد قلب، انرژی و گرما تنظیمی

۷-۲-۱-۱-۲. تأمین انرژی انرژی

۷-۲-۱-۲. عملکرد عصبی-عضلانی

۷-۲-۱-۴. خستگی مرکزی و تنظیم مرکزی / بیش بین عملکرد ورزشی

۷-۲-۲. بازی‌های گروهی میدانی

۷-۲-۲-۱. عوامل احتمالی خستگی در بازی‌های میدانی گروهی

۷-۲-۲-۱-۱. خستگی موقت

۷-۲-۲-۱-۱-۱. لاکتات خون/عضله و PH :

۷-۲-۲-۱-۲. افت غلظت فسفوکراتین عضله:

۷-۲-۲-۱-۳. تحریک پذیری غشای عضلانی:

۷-۲-۲-۲. جمع بندی

۷-۲-۲-۳. خستگی پیش‌رونده

۷-۲-۲-۱-۳. تخلیه‌ی گلیکوژن عضلانی

۷-۲-۲-۲. آب زدایی و تنظیم دما

۷-۲-۲-۳. خستگی مرکزی

۷-۲-۲-۴. لاکتات عضله/ خون و PH

۷-۲-۳. فعالیت‌های ورزشی با مسافت متوسط

۷-۲-۳-۱. عوامل احتمالی خستگی در طول فعالیت‌های ورزشی با مسافت متوسط

- ۷-۲-۳-۱-۱. عملکرد قلبی و عروقی
- ۷-۲-۳-۱-۲. لاکتات عضله/ خون و PH
- ۷-۲-۳-۱-۳. انباشت پتاسیم خارج سلولی
- ۷-۲-۳-۱-۳. پویایی کلسیم
- ۷-۲-۴. فعالیت‌های ورزشی سرعتی بلندمدت
- ۷-۲-۴-۱. دلایل احتمالی خستگی در طول فعالیت‌های ورزشی سرعتی بلندمدت
- ۷-۲-۴-۱-۱. لاکتات عضله/ خون و PH
- ۷-۲-۴-۱-۲. تحریک‌پذیری غشای عضلانی
- ۷-۲-۴-۱-۳. پویایی کلسیم
- ۷-۲-۴-۱-۴. تخلیه ATP و فسفوکراتین
- ۷-۲-۴-۱-۵. تنظیم پیش‌بین عملکرد
- ۷-۲-۵. فعالیت‌های ورزشی سرعتی کوتاه‌مدت
- ۷-۲-۵-۱. دلایل احتمالی خستگی در طول فعالیت‌های ورزشی سرعتی کوتاه‌مدت
- ۷-۲-۵-۱-۱. تخلیه ATP و PCr
- ۷-۲-۵-۱-۲. لاکتات عضلانی/ خون و PH
- ۷-۲-۵-۱-۳. فسفات غیر آلی
- ۷-۲-۵-۱-۴. عملکرد عصبی-عضلانی
- ۷-۲-۶. فعالیت‌های ورزشی مقاومتی
- ۷-۳. اثر جنسیت بر سازوکارهای خستگی
- ۷-۳-۱. چگونگی تفاوت خستگی بین زنان و مردان
- ۷-۳-۲. چه چیزی می‌تواند تفاوت‌های جنسیتی در خستگی ورزشی را توضیح دهد؟
- ۷-۴. اثر وضعیت تمرینی بر سازوکارهای خستگی
- ۷-۴-۱. سوخت‌وساز انرژی
- ۷-۴-۲. اسیدوز سوخت‌وسازی
- ۷-۴-۳. تنظیم حرارت
- ۷-۴-۴. پویایی پتاسیم و کلسیم
- ۷-۴-۵. تنظیم فرماندهی مرکزی/ تنظیم پیش‌بین عملکرد
- ۷-۵. خلاصه

پیش‌گفتار نویسنده

از زمانی که مطالعات را به عنوان یک دانشجوی کارشناسی تربیت‌بدنی و علوم ورزشی آغاز کردم، فریفته‌ی پیچیدگی و صعوبت هفت در پاسخگویی به برخی پرسش‌های اساسی در این رشته بوده‌ام. هنگامی که متخصص فیزیولوژی شدم، این علاقه بیشتر شد. فرایندهای تنظیم عملکرد فعالیت در انسان مرا مجذوب کرد. با گذشت زمان این علایق توجه مرا به شکلات پاسخگویی به یکی از پرسش‌های همیشگی جلب کرد: چرا هنگام فعالیت خسته می‌شویم؟

پاسخ این پرسش به ظاهر ساده به نظر می‌رسد. در کل، هر کسی که در یک ورزش یا فعالیت بدنی شرکت کرده باشد، احتمالاً از برخی احساسات معمولی که با خستگی در ارتباط است، مانند به نفس نفس افتادن، کوفتگی عضلاتی، خستگی شدید اندام‌ها و میل به مقاومت ناایر برای توقف و استراحت آگاهی دارد. بی‌گمان عوامل جسمانی خستگی را برای رسیدن به پاسخ سبب باید ردیابی کرد. به هر طریق، این کاری است که مطالعات خستگی برای بیش از یک قرن انجام داده‌اند و بدین شکل دید ما را نسبت به پیچیدگی باور نکردنی و ماهیت چندوجهی عوامل احتمالی خستگی در ورزش و فعالیت ورزش گشوده‌اند. تعداد متغیرهایی که می‌توانند بر فرایندهای خستگی هنگام فعالیت مؤثر باشند-که برخی از آنها در کتاب حاضر بحث شده است- در کنار عملکرد یکپارچه و دقیق بدن انسان تا حدی مسئول این پیچیدگی هستند. در حال حاضر احتمالاً علل خستگی هنگام فعالیت ورزشی با دقتی بیش از آن چه تاکنون صرف شده است مورد بحث قرار می‌گیرد، به طوری که متن مطالعه‌ای که از یک سازوکار خاص خستگی حمایت می‌کند، اغلب با متن پژوهشی مرتبط که همان سازوکار را رد می‌کند، همراه است. مهم است که دانشجویان حوزه‌ی علوم سلامت و ورزش فرضیات و نظریات پشت علل ایجاد خستگی هنگام فعالیت را بفهمند. با وجود این، آموزش مبحث خستگی اغلب نادیده گرفته شده است و یا به مرور اجمالی چند نظریه‌ی کلاسیک خاص محدود می‌شود. متأسفانه این نظریات اغلب منسوخ شده و به طور قابل توجهی توسط پژوهش‌های معاصر به چالش کشیده شده‌اند و یا اساساً نادرست هستند. به عنوان یک استاد فیزیولوژی انسان، مشکلاتی که یک استاد هنگام تدریس مبحث گسترده و پیچیده‌ای چون خستگی با آن روبه‌رو می‌شود، برای من قابل درک است. اعتقاد من بر این است، یکی از عللی که موجب می‌شود به طور اساسی به خستگی در ورزش و فعالیت ورزشی پرداخته نشود، وسعت و تنوع و گستردگی متن پژوهش‌های این حوزه است که جمع‌بندی و خلاصه کردن دانش این حوزه را به نحو مقتضی برای مدرس مشکل می‌کند. همچنین بر این باورم که مدرسان نیز مشکلاتی را که هنگام مطالعه‌ی خستگی به علت ذکر شده پیش روی دانشجویان در ورزش قرار می‌گیرد، درک می‌کنند. این همان ایده‌ی الهام‌بخش این کتاب بود، هدف این کتاب دو جنبه دارد. نشان دادن برخی فرضیات کلیدی و تفکر جاری پیرامون چگونگی بروز خستگی طی فعالیت، در مجموع هدف این کتاب

چيست؟ اول: گردآوری تفکر جاری در مورد برخی فرضیات حوزه‌ی خستگی در ورزش و فعالیت ورزشی برای کمک به فهم و درک این حوزه‌ی مطالعاتی پیچیده برای دانشجویان؛ دوم: تشویق دانشجویان برای وسعت دادن به تفکر و به چالش کشیدن باورهای فعلی‌شان در مورد خستگی در ورزش و فعالیت ورزشی. برخی عقاید پیرامون علت خستگی در ورزش، علیرغم وجود شواهدی در رد آنها، وارد باور عموم شده است (به قیمت سایر باورهای معتبر هم سنگ آن). هر دو باورهای مشهور و نه چندان مشهور، منصفانه نقد شده است. دستور کار این کتاب چیزی غیر از ایجاد مناسی برای یادگیری و آموزش یک موضوع مهم در سطحی بالاتر نبوده است. متأسفانه ارائه‌ی نمای کاملی از این حوزه‌ی وسیع و بزرگ در یک حجم در سطح کارشناسی امکان‌پذیر نیست. برای اختصاص بیشترین فضای ممکن به موضوع کتاب، تنها بر خستگی ناشی از ورزش و فعالیت ورزشی تمرکز کرده و از بحث در مورد اصول بیوشیمیایی یا فیزیولوژیکی راجع پرهیز داشته است. خوانندگان را دعوت می‌کنم در صورت نیاز، از هرگونه کتاب خوب کارشناسی در زمینه‌ی فیزیولوژی ورزشی، برای فهم بهتر این کتاب کمک بگیرند. در این کتاب، تمرکز بر روی فرضیات رایج خستگی ناشی از فعالیت ورزشی و ورزش است که مورد توجه زیاد مطالعات قرار گرفته‌اند (و بعضاً باور عمومی شده‌اند) و هم‌چنین نظرات جدیدتری که به روشن‌تر شدن این موضوع کمک می‌کند. امید است موضوع اشاره‌شده به‌وضوح مفاهیم قدیمی و در شرایط لزوم، تصحیح آن‌ها کمک کند و تکررات جدیدی را به نمایش بگذارد. در این کتاب، خستگی از منظر فیزیولوژیک مورد بحث قرار گرفته است. خواننده به یاد داشته باشد که اثر عوامل نه‌چندان غیر مرتبط با فیزیولوژی نیز باید در فرایند خستگی مدنظر باشد. من از همه‌ی خوانندگان علاقمند می‌خواهم، برای بحث بیشتر پیرامون هر یک از مباحث کتاب یا مباحث خارج از کتاب با من در ارتباط باشد. موضوعات مطرح‌شده در کتاب به طرز پیرامونی مورد بحث هستند. برای درک بهتر، از خواننده دعوت می‌کنم، فصول کتاب را پایه‌ای برای مطالعات بیشتر از طریق منابع ارائه شده در پایان هر فصل قرار دهد. نکته‌ی مهم پایانی: لطفاً این کتاب را با این توقع که پس از پایان آن، علل دقیق خستگی ناشی از فعالیت ورزشی در انسان بدانید، مطالعه نکنید. من نمی‌توانم پاسخی قطعی بدهم؛ زیرا در بسیاری موارد هنوز پاسخی وجود ندارد. در مقابل من به شما دیدی از دنیای پیچیده، عقیم و همواره متغیر پژوهش در علوم ورزشی ارائه می‌کنم. امیدوارم اوقات پر از آگاهی، چالش، کنجکاوی و لذت را با این کتاب داشته باشید.

شان فیلیپ