

# فیزیولوژی ورزشی

(۱)

(انرژی، تغذیه و حرکات انسانی)

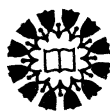
ویلیام دی. مک آردل  
فرانک آی. کیچ ویکتور ال. کیچ

ترجمه

دکتر اصغر خالدران

تهران

۱۳۹۶



سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)

پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
یازده	دیباچه مترجم
دوازده	مقدمه مؤلفان
	بخش اول: تغذیه، اساس عملکرد انسان
۳	فصل اول: کربوهیدراتها، چربیها و پروتئینها
۳	ساختار اصلی مواد غذایی
۵	قسمت اول: کربوهیدراتها
۵	ماهیت کربوهیدراتها
۶	انواع کربوهیدراتها و منابع آنها
۱۲	مصرف مورد توصیه کربوهیدراتها
۱۴	نقش کربوهیدراتها در بدن
۱۶	تعادل کربوهیدراتی در تمرینهای ورزشی
۲۶	قسمت دوم: چربیها
۲۶	ماهیت چربیها
۲۶	انواع و منابع چربیها
۳۷	نقش چربی در بدن
۴۰	تعادل چربی در تمرینهای ورزشی
۴۲	قسمت سوم: پروتئینها
۴۲	ماهیت پروتئینها
۴۴	انواع پروتئینها
۴۷	مقدار توصیه شده مصرف پروتئین

صفحه	عنوان
۵۰	نقش پروتئین در بدن
۵۲	پویایی سوخت و ساز پروتئین
۵۳	تعادل پروتئین در ورزش و تمرین: آیا RDA واقعاً کافی است؟
۶۷	<b>فصل دوم: ویتامینها، مواد معدنی و آب</b>
۶۷	<b>قسمت اول: ویتامینها</b>
۶۷	ماهیت ویتامینها
۶۸	انواع ویتامینها
۷۰	نقش ویتامینها در بدن
۷۵	مکملهای ویتامین: لبه تیز رقابتی
۷۸	<b>قسمت دوم: مواد معدنی</b>
۷۸	ماهیت مواد معدنی
۷۹	انواع مواد معدنی و منابع آنها
۸۳	نقش مواد معدنی در بدن
۹۶	مواد معدنی و عملکرد ورزشی
۹۹	<b>قسمت سوم: آب</b>
۹۹	آب در بدن
۱۰۰	کارکردهای آب بدن
۱۰۰	تعادل آب: آب مصرفی در برابر آب دفعی
۱۰۴	نیاز به آب در فعالیتهای ورزشی
۱۰۹	<b>فصل سوم: تغذیه بهینه برای فعالیتهای ورزشی</b>
۱۰۹	نیاز تغذیه‌ای
۱۱۷	تمرین و غذای مصرفی
۱۲۲	غذای پیش مسابقه
<b>بخش دوم: انرژی فعالیت جسمانی</b>	
۱۳۳	<b>فصل چهارم: ارزش انرژی غذایی</b>
۱۳۳	اندازه‌گیری انرژی غذایی

صفحه	عنوان
۱۴۳	فصل پنجم: آشنایی با انتقال انرژی
۱۴۳	انرژی، توانایی انجام کار
۱۴۸	تغییر شکل‌های انرژی
۱۵۳	عوامل مؤثر بر سرعت نیروزایی حیاتی
۱۵۹	تجزیه و تراکم: اساس هضم و ساخت
۱۶۸	فصل ششم: انتقال انرژی در بدن
۱۶۸	قسمت اول: انرژی پیوند فسفات
۱۶۸	انرژی رایج، آدنوزین تری فسفات
۱۷۱	کراتین فسفات، انبار انرژی
۱۷۲	اکسایش یاخته‌ای
۱۷۸	قسمت دوم: آزاد شدن انرژی از مواد غذایی
۱۷۹	آزاد شدن انرژی از کربوهیدراتها
۱۹۱	آزاد شدن انرژی از چربی
۱۹۵	آزاد شدن انرژی از پروتئین
۱۹۶	آسیاب سوخت و سازی - روابط متقابل بین سوخت و ساز کربوهیدرات، چربی و پروتئین
۱۹۷	چربیها در آتش کربوهیدرات می سوزند
۱۹۸	چه عاملی سوخت و ساز انرژی را تنظیم می کند؟
۲۰۱	فصل هفتم: انتقال انرژی در تمرین
۲۰۱	انرژی فوری: دستگاه ATP-CP
۲۰۴	انرژی کوتاه مدت: دستگاه اسید لاکتیک
۲۰۷	انرژی درازمدت: دستگاه هوازی
۲۱۳	تارهای تند و کند انقباض عضله
۲۱۴	طیف انرژی تمرین
۲۱۶	اکسیژن مصرفی هنگام دوره بازیافت: «وام اکسیژن»
۲۳۳	فصل هشتم: اندازه گیری انرژی مصرفی در انسان
۲۳۳	روشهای اندازه گیری گرمای تولید شده در بدن
۲۴۰	بهره تنفسی

صفحه	عنوان
۲۴۶	نسبت تبادل تنفسی (R)
۲۴۸	رهیاب دستگاههای رایانه‌ای در تعیین سوخت و ساز
۲۵۰	محاسبه‌های سوخت و سازی
۲۵۲	<b>فصل نهم: دفع انرژی هنگام استراحت و فعالیت بدنی</b>
۲۵۲	قسمت اول: دفع انرژی هنگام استراحت
۲۵۲	میزان سوخت و ساز پایه
۲۵۸	عوامل مؤثر بر دفع انرژی
۲۶۴	قسمت دوم: دفع انرژی در فعالیت جسمانی
۲۶۴	طبقه‌بندی فعالیت‌های جسمانی بر اساس دفع انرژی
۲۶۷	میزان متوسط دفع انرژی روزانه
۲۶۸	هزینه انرژی فعالیت‌های خانه‌داری، حرفه‌ای و تفریحات سالم
۲۷۷	<b>فصل دهم: دفع انرژی هنگام راه رفتن، نرم دویدن، دویدن و شنا کردن</b>
۲۷۷	دفع انرژی ناخالص و خالص
۲۸۲	دفع انرژی هنگام راه رفتن
۲۸۸	دفع انرژی هنگام دویدن
۳۰۱	شنا کردن
۳۱۴	<b>فصل یازدهم: تفاوت‌های فردی و اندازه‌گیری ظرفیتهای انرژی</b>
۳۱۵	بررسی کلی ظرفیت انتقال انرژی در طول تمرین
۳۱۶	انرژی بی‌هوایی: دستگاههای انرژی فوری و کوتاه‌مدت
۳۳۳	انرژی هوایی: دستگاه انرژی درازمدت
	<b>بخش سوم: دستگاههای تحویل و مصرف انرژی</b>
۳۶۷	<b>فصل دوازدهم: ساختار و عملکرد ریوی</b>
۳۶۷	رویه سطحی و تبادل گازی
۳۶۷	آناتومی تهویه
۳۷۰	ساز و کار تهویه
۳۷۵	حجم و ظرفیت ریه
۳۸۷	تهویه ریوی

صفحه	عنوان
۳۹۷	فصل سیزدهم: تبادل و انتقال گازی
۳۹۷	قسمت اول: تبدلات گازی در ریه‌ها و بافتها
۳۹۷	غلظت و فشار سهمی گازهای تنفسی
۴۰۰	حرکت گازها در هوا و مایعات
۴۰۱	تبادل گاز در ریه و بافتها
۴۰۵	قسمت دوم: انتقال اکسیژن
۴۰۵	انتقال اکسیژن در خون
۴۱۶	قسمت سوم: انتقال اکسید دو کربن
۴۱۶	انتقال اکسید دو کربن در خون
۴۲۱	فصل چهاردهم: پویایی تهویه ریوی
۴۲۱	قسمت اول: تنظیم تهویه ریوی
۴۲۱	کنترل تهویه
۴۲۶	تنظیم تهویه هنگام تمرین
۴۳۲	قسمت دوم: تهویه ریوی هنگام تمرین
۴۳۲	تهویه و نیازهای انرژی
۴۳۷	آیا تهویه سبب محدودیت توان هوازی می‌شود؟
۴۳۸	هزینه انرژی تنفسی
۴۴۱	سازگاریهای تنفسی با تمرین
۴۴۴	قسمت سوم: تنظیم اسید - باز
۴۴۴	عمل تامپونی کردن
۴۴۶	تامپونهای شیمیایی
۴۴۸	تامپونهای فیزیولوژیک
۴۴۹	آثار ورزش و تمرین
۴۵۴	فصل پانزدهم: دستگاه قلبی - عروقی
۴۵۴	اجزاء دستگاه قلبی - عروقی
۴۶۷	پرفشار خونی
۴۷۰	فشار خون و تمرین
۴۷۵	تأمین خون قلب

صفحه	عنوان
۴۸۶	فصل شانزدهم: تنظیم و هماهنگی قلبی - عروقی
۴۸۶	تنظیم ضربان قلب
۴۹۶	توزیع خون
۵۰۱	هماهنگی پاسخها هنگام تمرین
۵۰۶	فصل هفدهم: ظرفیت کارکردی دستگاه قلبی - عروقی
۵۰۶	اندازه گیری برون‌ده قلبی
۵۱۱	برون‌ده قلبی هنگام استراحت
۵۱۲	برون‌ده قلبی هنگام تمرین
۵۱۹	توزیع برون‌ده قلبی
۵۲۲	برون‌ده قلبی و انتقال اکسیژن
۵۲۵	جذب اکسیژن: اختلاف $a-\bar{v} O_2$
۵۲۹	حجیم شدن قلبی و «قلب ورزشی»
۵۴۰	فصل هجدهم: عضله مخطط: ساختار و عمل
۵۴۰	ساختار کلی عضله مخطط
۵۴۴	ساختار نامرئی یاخته عضله مخطط
۵۵۱	رخدادهای شیمیایی و مکانیکی طی انقباض و انبساط
۵۵۸	نوع تار عضله
۵۶۹	فصل نوزدهم: کنترل عصبی حرکت انسان
۵۷۰	تشکیلات دستگاه عصبی - حرکتی
۵۷۵	عصب‌دهی عضله
۵۸۷	گیرنده‌های موجود در عضلات، مفاصل و تاندونها: گیرنده‌های عمقی
۵۹۷	فصل بیستم: دستگاه درون‌ریز و تمرینهای ورزشی
۵۹۷	بررسی کلی دستگاه درون‌ریز
۵۹۸	تشکیلات دستگاه درون‌ریز
۶۴۵	ملاحظات مربوط به غدد درون‌ریز ویژه

## دیباچه مترجم

کتابی که هم‌اکنون در اختیار شماست، ترجمه یکی از معروف‌ترین کتابها در زمینه فیزیولوژی ورزشی در سالهای اخیر است. کتاب مذکور از آن جهت انتخاب شده که مؤلفان آن از اساتید و محققان بنام دانشگاهی در علوم ورزشی بوده‌اند که آثار و تحقیقات آنها در مآخذ و مراجع بسیاری از مقاله‌ها و کتب علمی ورزشی به چشم می‌خورد. کتاب حاضر در امریکا طی سالهای گذشته چندین بار تجدید چاپ شده که خود حاکی از ارزش کمی و کیفی مطالب آن است. علاوه بر تنوع مطالب عالی محتوایی آن، اصل کتاب از نظر تصاویر، نمودارها و جداول ضمن دقت و سادگی موضوع از جذابیت مناسبی برخوردار است. رهیافت مؤلفان به گونه‌ای است که اصل کتاب با عنوان *فیزیولوژی ورزشی* و سایر مطالب در ۳۰ فصل و ۳ بخش عمده شامل انرژی، تغذیه و عملکرد انسانی تنظیم و روی آنها تأکید شده است. شایان ذکر است که به دلیل حجم زیاد کتاب ترجمه بخشهای انرژی و تغذیه (فصول ۱ تا ۲۰ از چاپ سوم) در مجلد اول و بخش عملکرد انسانی (فصول ۲۱ تا ۳۰ و پیوستها از چاپ چهارم) در مجلد دوم تنظیم و ارائه شده است. محتوای کتاب به گونه‌ای است که معلمان ورزش، مربیان، ورزشکاران و دانشجویان رشته تربیت بدنی در سطوح مختلف کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری و سایر علاقه‌مندان در زمینه علوم ورزشی می‌توانند از آن استفاده کنند. در اینجا لازم می‌دانم از همه دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز و همکاران محترم که اینجانب را در انتخاب و ترجمه کتاب حاضر ترغیب نموده‌اند تشکر کنم و مطالعه آن را به همگی آنها توصیه نمایم. همین‌طور از همه کارکنان سازمان «سمت» در بخشهای مختلف که در آماده‌سازی و تهیه کتاب همکاری کردند و نیز از آقای دکتر عباس صادقی که ویرایش کتاب را بر عهده داشتند کمال سپاسگزاری را دارم. از خداوند متعال مسئلت دارم که برگردان این اثر بتواند راه را برای تحقیقات علمی دقیق‌تری در علوم ورزشی باز کرده، گره‌ای از مشکلات فراوان رشته تربیت بدنی و ورزش کشور بگشاید.

اصغر خالدان

بهمن ۱۳۷۹



## مقدمه مؤلفان

همچون چاپهای قبلی، هدف اصلی ما از چاپ سوم کتاب *فیزیولوژی ورزشی: انرژی، تغذیه و عملکرد انسانی* عبارت است از تکمیل مفاهیم بنیادی و اطلاعات علمی لازم به منظور فراهم کردن زمینه برای درک بهتر تغذیه، انتقال انرژی و ورزش و تمرین. به سبب تطبیق مطالب کتاب با دانش هر دو گروه دانشجویان یعنی مبتدی و پیشرفته کوشش کرده‌ایم تا مباحث خود را درباره مبانی نظری (بر پایه اسناد و مدارک بسیار) با کاربردهای عملی مربوط متعادل و هماهنگ سازیم. آنچه در ابتدا برای سازگاری دقیق مطالب به منظور همراهی آن با دانش علمی رو به توسعه شروع شد، به تغییرات و اصلاحات بسیار مهمی منجر گردید، به طوری که توانستیم زمینه‌های جدید و مرتبط با دیدگاهی گسترده را در فیزیولوژی ورزشی و طب ورزشی دنبال کنیم. برای مثال در زمینه تغذیه و تمرینهای ورزشی به آخرین یافته‌ها درباره آثار عملکرد مربوط به تغذیه علمی قبل از ورزش، هنگام ورزش و در دوره بازیافت پس از ورزش استناد کردیم. ترکیب نواحی ورزشی به جای مایعات و تنظیم درجه حرارت بدن نیز ارزیابی شده و اطلاعات جدیدی در زمینه مطلب بحث برانگیز نیازهای پروتئینی هنگام ورزش و تمرین عرضه شده است. از نظر بهداشت و تندرستی ما همچنان بر روی تعامل بین تغذیه، فعالیت بدنی و نیمی‌های ضروری و مهم چربی خون تأکید کرده‌ایم.

در چهارچوب عملکرد ورزشی و انرژی حیاتی نظریات خود را درباره ارزیابی توان بی‌هوایی، ظرفیت بی‌هوایی و آزمون آمادگی جسمانی هوایی توسعه داده‌ایم. همچنین سعی کرده‌ایم تحقیقات مربوط به تأثیر توارث، جنسیت و سن را روی جنبه‌های مختلف اعمال فیزیولوژیک و ظرفیت تمرینهای ورزشی تکمیل کنیم. در فصل مربوط به پاسخهای هورمونی به ورزش و تمرین، کار مهم و مجددی صورت گرفته و وسعت یافته است تا مقدمه جامع‌تری برای این زمینه پیچیده فراهم آید. در بخشهای مربوط به قدرت عضلانی و آماده‌سازی جسمانی تمرینهای پلیومتریک و مقاومتی برای کودکان گنجانده شده است.

## دوازده

همچنین، مطلب گسترده ارزشمند دیگر معرفی عوامل ویژه برای بهبود قدرت از طریق تمرین در مردان و زنان و پاسخ‌دهی مربوط نسبت به چنین تمرینی در دوران کهولت است. در بخش مربوط به کمک‌های نیروزایی درباره آثار عملکرد نوشیدنی‌هایی چون کافئین و بی‌کربنات و نیز آخرین یافته‌های مربوط به استفاده از استروئیدها در میان مردان و زنان نوجوان و میان‌سال به طور گسترده بحث کرده‌ایم. بخشی نیز به راهکارهای جدیدتری به منظور افزایش عملکرد جسمانی اضافه شده است که از ساخت شیمیایی هورمون رشد و هورمون اریتروپوئیتین استفاده می‌کند.

در زمینه ترکیب بدن، بخش‌هایی به تحلیل متناوب زیست‌الکتریک و سایر فنون کم‌هزینه اضافه شده است. سنجش چگالی ترکیب بدن همراه با بحث گسترده‌ای از منابع ایجاد خطا در مفروضات موجود در این روش رایج آزمایشگاهی، تجدید نظر شده است. بخش‌های مربوط به ساختار بدنی ورزشکاران قهرمان، آخرین دستاوردها را در مورد بازیکنان ورزش‌های سه‌گانه و فوتبال بیان می‌کند؛ برای نشان دادن تفاوتها از نظر جنسیت، ورزشکاران زیبایی اندام، بالرینها و نوجوانان تمرین‌نکرده را با هم مقایسه کرده‌ایم.

در بخش‌هایی از کتاب درباره چاقی، کنترل وزن و تمرین جهت گنجاندن اطلاعات جاری در مورد تغییرات چاقی در انسان و نیز خطرهای ناشی از وزن اضافی بدن، چربی بدن و توزیع چربی موضعی صحبت کرده‌ایم.

به آخرین فصل که درباره تمرین، سالمندی و تندرستی است، در این چاپ بحثی را درباره نقش مهم همه‌گیرشناسی فعالیت بدنی در مطالعه جنبه‌های مرتبط با سلامت ورزشی اضافه کرده‌ایم. بخش‌های جدید نیز عبارت‌اند از: سنجش عامل مخاطره‌آمیز، تعامل عوامل خطرزا، درک فشار تمرین، پاسخ‌های سالمندی به اشکال مختلف تمرین و آخرین تحقیقی که فعالیت‌های بدنی را با تندرستی و طول عمر مرتبط می‌سازد.

پیوستها به نحو چشمگیری غنی‌تر شده و بخش‌های جدیدی به آنها افزوده شده است. در مورد ارزش‌های تغذیه‌ای مربوط به غذاهای رایج مهم‌ترین موضوع افزوده شده (که در هیچ کتاب درسی یافت نمی‌شود) و آن هم دسته‌بندی غذاها به نه طبقه عمده (نانها، کیکها، شیرینیا، آب‌نباتها و دسرها؛ غلات؛ پنیر؛ ماهیها؛ میوه‌جات؛ گوشت و تخم‌مرغ؛ شیر و فرآورده‌های لبنی؛ سبزیجات) بر اساس قسمت‌های یک اونس است. بدین ترتیب، همه غذاها

را از نظر مواد مغذی مهم می‌توان بر پایه یک اونس مقایسه کرد. همچنین یک طبقه غذایی جدید که مشتمل بر سوپها، ساندویچها، سسهای سالاد، روغنها و ادویه‌جات است ارائه شده است. همین‌طور اطلاعاتی درباره ارزش کالری نوشابه‌های غیر الکلی و برخی غذاها معروف به غذاهای حاضری ارائه شده است.

سه پیوست جدید نیز اضافه شده که عبارت‌اند از: تبدیلهای مربوط به واحدهای متریک و SI، فهرستی از مجله‌های علوم ورزشی پرتیراژ (۹۱ فقره مجله و اختصارها) و روشهای گام به گام محاسبه جدید پیکرسنجی که در فصل مربوط به ترکیب بدن از آن بحث شده است. تصاویر و جداول جدیدی در جاهای مناسب اضافه شده و همه تصاویر مربوط به چاپهای قبلی مجدداً ترسیم شده است.<sup>۱</sup> از همه دانشجویان خود در حال حاضر و گذشته و بسیاری از همکاران دانشگاهی در رشته تربیت بدنی، تمرینهای بدنی و علوم ورزشی، به سبب امتیاز ویژه همکاری و دوستی نزدیکشان طی سالهای متمادی تشکر می‌کنیم. از حمایت و نظریات بسیار سازنده شما که همگی در چاپ سوم کتاب در هم آمیخته است قدردانی می‌شود. سخنی با محققان نسل جدید و علاقه‌مند به فیزیولوژی ورزشی: امیدواریم که شما اشتیاق خود را در مورد پیشروان جدید دانش با دانشجویان و همکاران دانشگاهی خود قسمت کنید؛ از آن گذشته می‌توانیم در روشن کردن اسرار بسیاری که انتظار کشف آنها را می‌کشیم، دیدگاههای متفاوتی داشته باشیم.

ویلیام دی. مک آردل  
فرانک ای. کچ  
ویکتور ال. کچ

فلاشینگ، نیویورک  
امرست، ماساچوست  
آن آرپور، میشیگان

---

۱. در اینجا مؤلفان از کسانی که در آماده‌سازی تصاویر و کتاب کمک کرده‌اند، نام برده و تشکر کرده‌اند که به دلیل ضروری نبودن آنها، حذف شدند. همچنین شایان ذکر است که پیوستهای مورد اشاره در پایان مجلد دوم می‌آید.