

به نام خداوند بخشنده مهربان

اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت

(ویراست دوم ۲۰۰۸)

مارک ال. لاتاش

مترجمان:

دکتر ضیاء فلاح محمدی

دانشیار دانشگاه مازندران

محمد فلاح محمدی

دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی

دکتر سید عباس افسانه پورک

نشر علم و حرکت

سرشناسه	: لاتاش، مارک ال، ۱۹۵۳-م.	Latash, Mark L.
عنوان و نام پدیدآور	: اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت / مارک ال. لاتاش؛ مترجمان: ضیاء فلاح محمدی، سیدعباس افسانه پورک.	
مشخصات نشر	: تهران: علم و حرکت، ۱۳۹۵.	
مشخصات ظاهری	: ۵۸۱ ص.: مصور، جدول، نمودار.	
شابک	: ISBN 978-600-5543-88-9	
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا.	
یادداشت	: عنوان اصلی: Neurophysiological Basis of Movement, 2nd ed. c2008	
یادداشت	: کتابنامه.	
موضوع	: جابه جایی و حرکت Locomotion	
موضوع	: اعصاب -- فیزیولوژی Neurophysiology	
موضوع	: مهارت های حرکتی Motor ability	
موضوع	: اختلالات حرکتی Movement disorders	
شناسه افزوده	: فلاح محمدی، ضیاء، ۱۳۴۴ -، مترجم	
شناسه افزوده	: فلاح محمدی، محمد، ۱۳۶۶ -، مترجم	
شناسه افزوده	: افسانه پورک، سیدعباس، ۱۳۶۲ -، مترجم	
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۵ ۵الف ۱/ QP۳۰	
رده بندی دیویی	: ۶۱۲/۷۶	
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۳۰۱۴۲۶	

این اثر مشمول قانون حمایت از مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه کتبی ناشر، حروفچینی و چاپ مجدد، چاپ افست، چاپ دیجیتالی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ و تکثیر، نشر یا پخش و یا عرضه کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



تهران - سه راه طالقانی، خیابان خواجه نصیر طوسی، خیابان مقدم،
پلاک ۷۹ واحد ۳ • تلفن ۷۷۵۲۵۶۸۴ • فاکس ۷۷۶۳۲۷۰۹
• نشانی پست الکترونیکی: elm.va.harekat@gmail.com

اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت

مارک ال. لاتاش

مترجمان: دکتر ضیاء فلاح محمدی، محمد فلاح محمدی، دکتر سید عباس افسانه پورک

حروفنگار و صفحه آرا: فیروزه خسرو شعار

طراح جلد: واگر یک شاهوردیان

نشر علم و حرکت

چاپ اول، ۱۳۹۵ - تعداد ۲۵۰ نسخه

«همه حقوق برای ناشر محفوظ است»

ISBN: 978-600-5543-88-9

شابک ۹-۸۸-۵۵۴۳-۶۰۰-۹۷۸

فهرست مطالب

مقدمه‌ای بر چاپ نسخه فارسی	۱۱	فصل ۵ گیرنده‌ها	۷۵
پیشگفتار	۱۳	۵-۱ انواع و خواص گیرنده‌ها	۷۵
مقدمه	۱۵	۵-۲ دوک‌های عضلانی	۷۷
بخش اول: سلول‌ها		۵-۳ سیستم گاما	۸۰
فصل ۱ غشاها، ذرات و پتانسیل‌ها		۵-۴ اندام‌های وت‌ری گلژی	۸۲
۱-۱ رویکرد سیستم پیچیده	۲۱	۵-۵ سایر گیرنده‌های عضلانی	۸۳
۱-۲ غشاء زیستی	۲۵	۵-۶ گیرنده‌های مفصلی	۸۳
۱-۳ حرکت در محلول	۲۶	۵-۷ گیرنده‌های پوستی	۸۴
۱-۴ غلظت آب: اسمز	۲۹	۵-۸ اطلاعات به کجا می‌روند؟	۸۵
۱-۵ حرکت یون‌ها: معادله نرنست	۳۰	فصل ۶ واحدهای حرکتی و الکترومایوگرافی	
فصل ۲ پتانسیل عمل		۶-۱ واحد حرکتی	۸۹
۲-۱ تولید پتانسیل عمل	۳۵	۶-۲ واحدهای حرکتی آهسته و سریع	۹۱
۲-۲ ویژگی‌های بنیادی پتانسیل عمل	۳۶	۶-۳ اصل همنان	۹۳
۲-۳ تولید پتانسیل عمل	۳۹	۶-۴ نقش‌های عملکردی واحدهای حرکتی	۹۵
فصل ۳ انتقال اطلاعات		۶-۵ الکترومایوگرافی	۹۷
۳-۱ هدایت پتانسیل عمل	۴۱	۶-۶ پردازش سیگنال‌های الکترومایوگرافی	۹۹
۳-۲ تارهای میلین‌دار	۴۷	سؤال‌های مروری بخش اول	۱۰۳
۳-۳ ساختار نورون‌ها	۴۸	بخش دوم: ارتباطات	
۳-۴ رمزگذاری اطلاعات در سیستم عصبی	۵۰	فصل ۷ تحریک و مهار در درون نخاع	
۳-۵ انتقال سیناپسی	۵۲	۷-۱ نخاع	۱۰۷
۳-۶ انتقال‌دهنده‌های عصبی	۵۴	۷-۲ تحریک در درون سیستم عصبی مرکزی	۱۱۱
۳-۷ جمع زمانی و فضایی	۵۵	۷-۳ مهار پس‌سیناپسی	۱۱۲
فصل ۴ عضله اسکلتی		۷-۴ سلول‌های رنشاو	۱۱۳
۴-۱ ساختار عضله اسکلتی	۵۷	۷-۵ نورون‌های واسطه Ia	۱۱۴
۴-۲ میوفیل‌ها	۵۸	۷-۶ مهار پیش‌سیناپسی	۱۱۶
۴-۳ سیناپس عصبی-عضلانی	۶۱	۷-۷ جریان‌های مداوم به طرف داخل	۱۱۹
۴-۴ انقباض عضله	۶۲	فصل ۸ بازتاب‌های تک‌سیناپسی	
۴-۵ انواع انقباضات عضلانی	۶۳	۸-۱ بازتاب‌ها	۱۲۱
۴-۶ عناصر مکانیکی	۶۴	۸-۲ قوس بازتابی	۱۲۱
۴-۷ ارتباط نیرو-طول و نیرو-سرعت	۶۶	۸-۳ بازتاب H بازتاب T و پاسخ M	۱۲۴
۴-۸ سیستم‌های خارجی انقباض عضله	۶۸	آثار فعال‌سازی ارادی عضله روی بازتاب‌های	۸-۴
	۷۰	تک‌سیناپسی	۱۲۹
	۷۱	موج F	۱۳۰
	۷۳		

بخش سوم: ساختارها		فصل ۹ بازتاب‌های الیگوسیناپسی و پلی‌سیناپسی
فصل ۱۳ آناتومی مغز	۱۹۳	۹-۱ بازتاب‌های الیگوسیناپسی
۱-۱۳ ثبت نورون منفرد	۱۹۴	۹-۲ بازتاب‌های پلی‌سیناپسی
۲-۱۳ الکتروانسفالوگرافی	۱۹۴	۹-۳ بازتاب فلکسور
۳-۱۳ پتانسیل‌های برانگیخته	۱۹۶	۹-۴ بازتاب کشش تونیک
۴-۱۳ رادیوگرافی	۱۹۸	۹-۵ بازتاب ویریشن تونیک
۵-۱۳ توموگرافی کامپیوتری	۱۹۹	۹-۶ آثار متقابل مسیرهای بازتابی
۶-۱۳ توموگرافی با گسیل پوزیترون	۱۹۹	۹-۷ بازتاب‌های بین مفصلی و بین اندامی
۷-۱۳ تصویربرداری با تشدید مغناطیسی	۲۰۱	فصل ۱۰ کنترل ارادی عضله منفرد
۸-۱۳ تصویربرداری با تشدید مغناطیسی عملکردی	۲۰۱	۱۰-۱ کنترل پیش‌خوراند و بازخورد
۹-۱۳ تحریک مغناطیسی تراقشری	۲۰۳	۱۰-۲ کنترل سروو (خودتنظیم)
۱۰-۱۳ ردیابی نوروآناتومیکی	۲۰۴	۱۰-۳ فرضیه سروو
۱۱-۱۳ ساختارهای اصلی مغز	۲۰۴	۱۰-۴ فعال‌سازی هم‌زمان آلفا-گاما
فصل ۱۴ قشر مخ	۲۱۳	۱۰-۵ فعال‌سازی ارادی عضلات
۱-۱۴ نیمکره‌های مخ	۲۱۳	۱۰-۶ فرضیه نقطه توازن
۲-۱۴ ساختار قشر مخ	۲۱۵	فصل ۱۱ حرکات تک‌مفصلی
۳-۱۴ نواحی حرکتی اولیه، پیش‌حرکتی و مکمل حرکتی	۲۱۷	۱۱-۱ حرکات ایزوتونیک و انقباضات ایزومتریک
۴-۱۴ دروندادها به قشر حرکتی	۲۱۹	۱۱-۲ متغیرهای اجرا و پارامترهای تکلیف
۵-۱۴ بروندادهای قشر حرکتی	۲۲۰	۱۱-۳ نیم‌رخ‌های کینماتیک حرکات ایزوتونیک
۶-۱۴ آمادگی برای حرکت ارادی	۲۲۳	یک‌مفصلی
۷-۱۴ بردارهای جمعیت نورونی	۲۲۴	۱۱-۴ الگوهای EMG مربوط به حرکات ایزوتونیک
۸-۱۴ چه متغیرهایی می‌توانند در فعالیت نورون‌های قشر کدگذاری شوند؟	۲۲۶	یک‌مفصلی
فصل ۱۵ مخچه	۲۲۹	۱۱-۵ الگوهای EMG انقباضات ایزومتریک
۱-۱۵ آناتومی مخچه	۲۳۰	یک‌مفصلی
۲-۱۵ دروندادهای مخچه‌ای	۲۳۲	۱۱-۶ فرضیه راهبرد دوگانه
۳-۱۵ بروندادهای مخچه	۲۳۵	فصل ۱۲ واکنش‌های پیش‌برنامه‌ای
۴-۱۵ فعالیت مخچه و حرکت ارادی	۲۳۷	۱۲-۱ واکنش‌های پیش‌برنامه‌ای
۵-۱۵ بردارهای جمعیت نورونی	۲۳۸	۱۲-۲ واکنش‌های پیش‌برنامه‌ای در مقایسه با
۶-۱۵ مخچه چه کاری انجام می‌دهد؟	۲۳۹	بازتاب‌های کششی
فصل ۱۶ عقده‌های قاعده‌ای	۲۴۳	۱۲-۳ جستجو برای یافتن منبع آوران واکنش‌های
۱-۱۶ آناتومی عقده‌های قاعده‌ای	۲۴۴	پیش‌برنامه‌ای
۲-۱۶ دروندادها و بروندادهای عقده‌های قاعده‌ای	۲۴۵	۱۲-۴ واکنش‌های پیش‌برنامه‌ای در خلال انحرافات حرکتی
۳-۱۶ مدارهای حرکتی درگیرکننده عقده‌های قاعده‌ای	۲۴۸	۱۲-۵ ویژگی‌های واکنش‌های پیش‌برنامه‌ای
۴-۱۶ فعالیت عقده‌های قاعده‌ای در خلال حرکت	۲۴۹	۱۲-۶ اصلاحات پیش‌برنامه‌ای پاسخ‌رعمودی
۵-۱۶ عملکرد عقده‌های قاعده‌ای	۲۵۰	۱۲-۷ واکنش اصلاحی سبکدردی خوردن
		سؤال‌های مروری بخش دوم

فصل ۱۷ مسیرهای صعودی و نزولی..... ۲۵۳	۱۹-۴ مدل‌های درونی..... ۲۹۵
۱۷-۱ خواص مسیرهای عصبی..... ۲۵۴	۱۹-۵ فرضیه نقطه توازن: ایده‌های اصلی..... ۲۹۷
۱۷-۲ درون‌داد آوران به نخاع..... ۲۵۵	۱۹-۶ فرضیه نقطه توازن: نکات ظریف..... ۲۹۹
۱۷-۳ مسیر ستون پشتی..... ۲۵۵	۱۹-۷ رویکرد سیستم‌های پویا..... ۳۰۱
۱۷-۴ مسیر نخاعی گردنی..... ۲۵۷	فصل ۲۰ همکوشی‌های حرکتی..... ۳۰۵
۱۷-۵ مسیر نخاعی تالاموسی..... ۲۵۷	۲۰-۱ افزونگی حرکتی..... ۳۰۵
۱۷-۶ مسیرهای نخاعی مخچه‌ای..... ۲۵۸	۲۰-۲ رویکردهای بهینه‌سازی..... ۳۰۷
۱۷-۷ مسیر نخاعی مشبکی..... ۲۵۹	۲۰-۳ اصل فراوانی..... ۳۰۹
۱۷-۸ مسیر هرمی..... ۲۶۰	۲۰-۴ واحدهای ساختاری و همکوشی‌ها..... ۳۱۱
۱۷-۹ مسیر قرمزی نخاعی..... ۲۶۱	۲۰-۵ مطالعات همکوشی حرکتی: تحلیل مؤلفه‌های اصلی..... ۳۱۳
۱۷-۱۰ مسیرهای دهلیزی نخاعی..... ۲۶۲	۲۰-۶ فرضیه چندگانه کنترل نشده..... ۳۱۵
۱۷-۱۱ مسیر مشبکی نخاعی و سایر مسیرهای پایین‌رونده..... ۲۶۳	فصل ۲۱ کنترل پاسچرال..... ۳۱۹
۱۷-۱۲ مسیرهای عمقی نخاعی..... ۲۶۴	۲۱-۱ پاسچر عمودی..... ۳۱۹
۱۷-۱۳ اعصاب جمجمه‌ای..... ۲۶۴	۲۱-۲ نوسان پاسچرال..... ۳۲۱
فصل ۱۸ حافظه..... ۲۶۷	۲۱-۳ سیستم دهلیزی..... ۳۲۴
۱۸-۱ ثنویت دکارتی و مکانیزم‌های حافظه..... ۲۶۸	۲۱-۴ بینایی و کنترل پاسچرال..... ۳۲۷
۱۸-۲ حافظه عضلانی..... ۲۷۰	۲۱-۵ حس عمقی و کنترل پاسچرال..... ۳۲۸
۱۸-۳ انواع حافظه و یادگیری..... ۲۷۰	۲۱-۶ تنظیمات پاسچرال پیش‌آیند..... ۳۲۹
۱۸-۴ خوگیری بازتاب‌ها: مثالی از یادگیری غیرتداعی..... ۲۷۱	۲۱-۷ واکنش‌های اصلاحی پاسچرال..... ۳۳۱
۱۸-۵ بازتاب‌های شرطی شده: مثالی از یادگیری تداعی..... ۲۷۱	۲۱-۸ همکوشی‌های پاسچرال..... ۳۳۴
۱۸-۶ یادگیری حرکتی..... ۲۷۳	فصل ۲۲ جابه‌جایی..... ۳۳۷
۱۸-۷ حافظه کوتاه و بلندمدت..... ۲۷۵	۲۲-۱ دو رویکرد برای جابه‌جایی..... ۳۳۷
۱۸-۸ مکانیزم‌های نورونی یا سیناپسی حافظه..... ۲۷۶	۲۲-۲ مولدهای الگوی مرکزی..... ۳۳۸
۱۸-۹ بازیابی حافظه..... ۲۷۸	۲۲-۳ مراکز جابه‌جایی..... ۳۴۰
۱۸-۱۰ رمز ژنتیک به‌عنوان مثالی از حافظه..... ۲۷۸	۲۲-۴ جابه‌جایی نخاعی..... ۳۴۱
۱۸-۱۱ تغییرپذیری در مغز..... ۲۷۹	۲۲-۵ کنترل نخاعی جابه‌جایی در انسان‌ها..... ۳۴۲
۱۸-۱۲ سندرم کورساکف..... ۲۸۰	۲۲-۶ الگوهای گام برداشتن..... ۳۴۴
۱۸-۱۳ نقش احتمالی هیپوکامپ و مخچه در حافظه..... ۲۸۰	۲۲-۷ تولید الگوی پویا..... ۳۴۴
۱۸-۱۴ حافظه نخاعی..... ۲۸۲	۲۲-۸ آغاز گام‌برداری..... ۳۴۷
سؤال‌های مروری بخش سوم..... ۲۸۵	۲۲-۹ واکنش اصلاحی سیکندری خوردن..... ۳۴۸
فصل ۱۹ کنترل حرکتی..... ۲۸۹	فصل ۲۳ حرکت چند مفصلی..... ۳۵۱
۱۹-۱ طراحی بدن انسان: منبع مشکلات؟..... ۲۸۹	۲۳-۱ حرکات دسترسی هدفمند..... ۳۵۱
۱۹-۲ رویکرد کنترل نیرو..... ۲۹۱	۲۳-۲ مشکلات عمده در کنترل حرکات طبیعی..... ۳۵۳
۱۹-۳ ردهای عصبی و برنامه حرکتی تعمیم‌یافته..... ۲۹۴	دسترسی..... ۳۵۳
	۲۳-۳ بازتاب‌های بین مفصلی..... ۳۵۵
	۲۳-۴ مکانیزم‌های نخاعی هماهنگی چندمفصلی..... ۳۵۶
	۲۳-۵ مکانیزم‌های فوق نخاعی..... ۳۵۸

بخش چهارم رفتارها: کنترل و هماهنگی

۴۱۹	فصل ۲۸ پیری	۳۵۹	فرضیه مسیر توازن	۲۳-۶
۴۱۹	حرکات در افراد مسن	۳۶۱	در هنگام حرکات چندمفصلی چه چیزی کنترل می‌شود؟	۲۳-۷
۴۲۱	تغییرات وابسته به سن در عضلات و واحدهای حرکتی	۳۶۵	فصل ۲۴ گرفتن	
۴۲۴	بازتاب‌های عضلانی در افراد مسن	۳۶۶	عضلات و مفاصل دست	۲۴-۱
۴۲۴	تغییرات وابسته به سن در کارکرد حسی	۳۶۸	بازنمایی‌های قشری دست	۲۴-۲
۴۲۵	الگوهای فعال‌سازی عضلانی در خلال حرکات سریع	۳۶۹	شاخص‌های تعامل انگشتان	۲۴-۳
۴۲۵	تغییرات وابسته به سن در پاسچر و گام‌برداری	۳۷۱	همکوشی‌های چندانگشتی در تکالیف فشردن	۲۴-۴
۴۲۷	عملکرد دست در افراد مسن	۳۷۳	چنگ زدن	۲۴-۵
۴۲۹	تغییرات سازگاری در الگوهای حرکتی	۳۷۵	همکوشی‌های گرفتن و اصل جمع آثار	۲۴-۶
۴۳۰	آثار تمرینات ورزشی	۳۷۹	فصل ۲۵ حرکات چشم و بینایی	
۴۳۱	رشد و تکامل طبیعی و غیرطبیعی	۳۷۹	چشم	۲۵-۱
۴۳۱	انسان‌ها در زمان تولد	۳۸۰	گیرنده‌های نور	۲۵-۲
۴۳۲	نقاط عطف حرکتی در خلال رشد غیرطبیعی	۳۸۱	شبکیه و عصب بینایی	۲۵-۳
۴۳۳	کاوش و ظهور الگوهای حرکتی	۳۸۳	کنترل حرکت چشم	۲۵-۴
۴۳۴	سندرم داون	۳۸۵	مکانیزم‌های مرکزی درک بصری	۲۵-۵
۴۳۹	تمرین و سندرم داون	۳۸۸	اطلاعات بصری و حرکات ارادی	۲۵-۶
۴۴۱	اوتیسم	۳۹۱	فصل ۲۶ حس حرکت	
۴۴۳	اختلال هماهنگی رشدی	۳۹۱	متغیرهای فیزیکی که توسط گیرنده‌های حس عمقی حس می‌شوند	۲۶-۱
	بخش ششم: اختلالات حرکتی	۳۹۲	منابع محیطی اطلاعات حس حرکت	۲۶-۲
	فصل ۳۰ اختلالات عضلانی و عصب‌شناختی	۳۹۶	نقش فرمان حرکتی در حس حرکتی	۲۶-۳
۴۴۷	محیطی	۳۹۷	اطلاعات به کجا می‌روند؟	۲۶-۴
۴۴۸	میوپاتی‌ها و نوروپاتی‌ها	۳۹۹	توهمات حس حرکتی	۲۶-۵
۴۴۸	دیستروفی عضلانی	۴۰۱	درد	۲۶-۶
۴۵۰	سندرم‌های فعالیت پیوسته تار عضلانی	۴۰۴	سؤال‌های مروری بخش چهارم	
۴۵۲	میاستنی گراو		بخش پنجم: رفتارهای در حال تغییر و تحول	
۴۵۳	نوروپاتی‌های محیطی		فصل ۲۷ خستگی	
۴۵۶	اختلالات حرکتی دیابت	۴۰۹	خستگی و عوامل سهیم در آن	۲۷-۱
۴۵۶	رادیکولوپاتی‌ها	۴۱۱	مکانیزم‌های عضلانی خستگی	۲۷-۲
۴۵۸	اسکلروز جانبی آمیوتروفیک	۴۱۲	مکانیزم‌های نخاعی خستگی	۲۷-۳
۴۶۱	فصل ۳۱ آسیب نخاع و اسپاستیسی	۴۱۵	مکانیزم‌های فوق نخاعی	۲۷-۴
۴۶۱	عوارض آسیب نخاعی	۴۱۶	تغییرات سازگاری هنگام خستگی	۲۷-۵
۴۶۳	علائم و نشانه‌های اسپاستیسی	۴۱۷	خستگی غیرطبیعی	۲۷-۶
۴۶۹	مکانیزم‌های احتمالی اسپاستیسی			
۴۷۱	درمان اسپاستیسی			
۴۷۵	اسکلروز چندگانه			

فصل ۳۲ اختلالات عقده‌های قاعده‌ای ۴۷۹	۳۴-۶ سندرم تورنت ۵۲۰
۳۲-۱ ویژگی‌های بالینی بیماری پارکینسون ۴۸۰	۳۴-۷ فلج مغزی ۵۲۱
۳۲-۲ حرکات ارادی در بیماری پارکینسون ۴۸۳	۳۴-۸ سندرم ویلیامز ۵۲۲
۳۲-۳ کنترل پاسچرال و جابه‌جایی در بیماری پارکینسون ۴۸۵	۳۴-۹ بیماری ویلسون ۵۲۳
۳۲-۴ درمان بیماری پارکینسون ۴۸۸	فصل ۳۵ توان‌بخشی حرکتی ۵۲۷
۳۲-۵ بیماری هانتینگتون ۴۸۹	۳۵-۱ آیا حرکات طبیعی وجود دارند؟ ۵۲۷
۳۲-۶ همی بالیسموس ۴۹۱	۳۵-۲ بازگشت به واحدهای ساختاری و همکوشی‌ها ۵۳۰
۳۲-۷ دیستونی ۴۹۲	۳۵-۳ تغییر در اولویت‌های سیستم عصبی مرکزی ۵۳۲
۳۲-۸ دیسکینزی تاردیف ۴۹۵	۳۵-۴ نقش شکل‌پذیری سیستم عصبی مرکزی ۵۳۳
فصل ۳۳ اختلالات مخچه ۴۹۷	۳۵-۵ تغییرات سازگاری در الگوهای حرکتی ۵۳۴
۳۳-۱ عواقب آسیب‌دیدگی مخچه در حیوانات ۴۹۷	۳۵-۶ قطع عضو ۵۳۶
۳۳-۲ علل اختلالات مخچه ۵۰۰	۳۵-۷ ملاحظات کاربردی ۵۳۷
۳۳-۳ ناهنجاری‌های ایستادن و گام برداشتن ۵۰۰	سؤال‌های مروری بخش ششم ۵۴۰
۳۳-۴ حرکات ارادی در اختلالات مخچه‌ای ۵۰۲	آزمایشگاه‌ها ۵۴۳
۳۳-۵ لرزش مخچه‌ای ۵۰۵	آزمایشگاه شماره ۱ ۵۴۵
۳۳-۶ آتاکسی (ناهماهنگی حرکتی) ۵۰۶	آزمایشگاه شماره ۲ ۵۴۹
۳۳-۷ سندرم مخچه‌ای مؤثر بر شناخت ۵۰۷	آزمایشگاه شماره ۳ ۵۵۲
فصل ۳۴ اختلالات قشر ۵۰۹	آزمایشگاه شماره ۴ ۵۵۶
۳۴-۱ آسیب‌های لوب‌های مختلف قشر ۵۰۹	آزمایشگاه شماره ۵ ۵۶۰
۳۴-۲ سگته مغزی ۵۱۱	آزمایشگاه شماره ۶ ۵۶۴
۳۴-۳ میوکلونوس ۵۱۴	واژه‌نامه توصیفی ۵۶۷
۳۴-۴ لرزش اساسی ۵۱۸	فهرست منابع ۵۸۳
۳۴-۵ تیک‌ها ۵۱۹	درباره نویسنده ۶۰۷

Preface to the Farsi Edition

I am very happy that the textbook "Neurophysiological Basis of Movement" is going to become accessible for students in Iran in their native language. Actually, the impact of this translation may be even broader given that Farsi is native to several countries in Asia, with tens of millions of speakers.

There is growing interest to movement science in general, and motor control in particular in Iran. Over the recent years, I have witnessed the substantial growth of applications from Iran to our graduate program, had the pleasure of meeting young researchers in my and other Laboratories, as well as at the annual Motor Control Summer School. My impression is that the basic education in such fields as physics, mathematics, and computer science is very strong in Iran. It would be very nice if this textbook helps to expand the range of subjects where Iranian students excel.

My main research field is motor control. Motor control is a relatively young field of natural sciences, which tries to discover laws of nature that make purposeful biological movements possible in the natural, changing environment. It incorporates notions and approaches from a number of more traditional fields such as physics (including classical mechanics), muscle physiology, Neurophysiology, control theory, and psychology. Neurophysiology is one of the cornerstones of motor control, and, when I joined the faculty of Kinesiology at Penn State University in 1995, the first thing I did was to offer an entry-level graduate course "Neurophysiological Basis of Movement", which resulted in the textbook.

The purpose of this book is to provide background information for those who enter the field of movement science with a degree in a different area. In my Motor Control Laboratory at Penn State, Graduate students arrive after getting a degree in a broad range of majors including physical therapy, kinesiology, computer science, engineering, physics, mathematics, etc. So, the purpose of the entry-level, for those who have never taken a class on physiology. Further, the textbook has been expanded to include basic information on mechanics, control theory, and movement disorders. It also covers briefly some of the more recent developments in the field of motor control.

One should keep in mind that motor control is a quickly developing field; so, a book written over 5 years ago is doomed to be obsolete, at least in some aspects. This is true for "Neurophysiological Basis of Movement". Please, accept my apologies for the outdated and imprecise information, which is unfortunately present in some of the chapters.

While I am happy that this book becomes available in Farsi, I would be even happier if students in Iran were able to read it in English. English is not my native language, so I feel impartial and free to admit that it has become the language of science across countries and cultures. To be successful in research, one has to be fluent in English. This is a fact of life. So, having a textbook translated into another language may be viewed as a positive factor, an attempt to make the material accessible for a broader audience, but also as a hindrance, a factor discouraging students to study in English. I only hope that the former factor outweighs the latter one.

I am very much grateful to Professor Ziya Fallah Mohammadi who has committed much time and effort to making this edition of "Neurophysiological Basis of Movement" available for Farsi speakers. I am also grateful to all the future students and professors who will use this textbook to get the basic information necessary for a research, academic, or clinical career in the field of motor control and related fields.

Let me finish with a classical verse by Omar Khayyam (which I took the liberty of translating from my native Russian):

Contemplating the life I became wise and old,
There is nothing that I would not know in this world.
Now I know all too well that I know only nothing.
That's the ultimate truth you have ever been told.

Thank you very much,

Mark Latash

مقدمه‌ای بر چاپ نسخه فارسی

من بسیار خرسندم که کتاب «اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت» برای دانشجویان در ایران و به زبان آنان در دسترس قرار گرفته است. در حقیقت، تأثیر این ترجمه می‌تواند حتی گسترده‌تر نیز باشد، چه آن‌که فارسی زبان رسمی تعدادی از کشورهای واقع در آسیا بوده و تعداد فارسی زبانان به ده‌ها میلیون نفر می‌رسد.

به‌طور عام، علاقه فزاینده‌ای نسبت به علوم حرکتی، و به‌طور خاص، کنترل حرکتی در ایران وجود دارد. در سالیان اخیر، من شاهد رشد چشمگیر حضور دانشجویان ایرانی در دانشگاه‌های خود بوده‌ام و افتخار ملاقات با محققان جوان در آزمایشگاه‌های خود و دیگران، و نیز برنامه تابستانی کنترل حرکتی را داشته‌ام. احساس من این است که آموزش پایه در زمینه‌هایی همچون فیزیک، ریاضی و علوم کامپیوتر در ایران بسیار قوی است. بسیار خوشحال‌کننده خواهد بود اگر این کتاب، به گسترش دامنه موضوعاتی که دانشجویان ایرانی در آنها از چیرگی برخوردارند کمک نماید.

حیطه اصلی تحقیقاتی من، کنترل حرکتی است. کنترل حرکتی، یک حوزه نسبتاً جوان در علوم طبیعی است که تلاش دارد تا به آن دسته از قوانین طبیعت که امکان ایجاد حرکات زیستی هدفمند در محیط طبیعی و متغیر را فراهم می‌کنند پی ببرد. این حوزه، مفاهیم و رویکردهایی را از حیطه‌های سنتی‌تر نظیر فیزیک (شامل مکانیک کلاسیک)، فیزیولوژی عضله، نوروفیزیولوژی، نظریه کنترل و روان‌شناسی با یکدیگر ترکیب می‌کند. نوروفیزیولوژی یکی از بنیان‌های کنترل حرکتی است، و نخستین کاری که من در زمان ورودم به دانشکده علوم حرکتی دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا در سال ۱۹۹۵ انجام دادم، پیشنهاد ارائه واحد «اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت» در ترم اول مقطع کارشناسی ارشد بود که در نهایت، منجر به چاپ این کتاب شد.

هدف این کتاب ارائه اطلاعات زمینه‌ای برای آن دسته از افرادی است که با مدرکی در یک رشته متفاوت، وارد حیطه علوم حرکتی می‌شوند. در آزمایشگاه کنترل حرکتی من در دانشگاه پنسیلوانیا، دانشجویان کارشناسی ارشد پس از دریافت مدرکی در دامنه گسترده‌ای از رشته‌ها شامل فیزیوتراپی، حرکت‌شناسی، علوم کامپیوتر، مهندسی، فیزیک، ریاضی و غیره حضور پیدا می‌کنند. بنابراین، هدف این واحد در ترم اول، ارائه اطلاعات ضروری، در یک سطح نسبتاً پایین، برای افرادی است که واحد فیزیولوژی را نگذرانده‌اند. به‌علاوه، این کتاب تا جایی گسترش یافته است که بتواند اطلاعات پایه پیرامون مکانیک، نظریه کنترل و اختلالات حرکتی را دربرگیرد. آن همچنین به‌طور مختصر برخی از پیشرفت‌های اخیر در حوزه کنترل حرکتی را شامل می‌شود.

افراد باید به یاد داشته باشند که کنترل حرکتی، حیطه‌ای است که به سرعت در حال رشد است؛ از این‌رو، کتابی که بیش از ۵ سال از چاپ آن می‌گذرد، حداقل در برخی جنبه‌ها، کهنه شده است. این درباره کتاب «اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت» صدق می‌کند. لطفاً مراتب عذرخواهی مرا درباره اطلاعات منسوخ و غیردقیق که متأسفانه در برخی از فصل‌ها وجود دارد، بپذیرید.

درحالی‌که من از اینکه این کتاب به زبان فارسی در دسترس خواهد بود خوشحالم، اما خوشحال‌تر خواهم شد اگر دانشجویان در ایران قادر به خواندن آن به زبان انگلیسی نیز باشند. انگلیسی زبان مادری من نیست، اما من با بی‌طرفی می‌پذیرم که این زبان، در سراسر کشورها و فرهنگ‌ها تبدیل به زبان علم شده است. افراد به منظور کسب موفقیت در تحقیقات، نیاز دارند تا به این زبان مسلط باشند. این یک حقیقت است. از این‌رو، ترجمه یک کتاب به دیگر زبان‌ها از این نظر که آن را برای مخاطبان بیشتری قابل استفاده می‌سازد، اقدام مثبتی است، اما به این علت که دانشجویان را از مطالعه آن به زبان انگلیسی باز می‌دارد، یک مانع محسوب می‌شود. من تنها امیدوارم که عامل اول بر عامل دوم غلبه نماید.

من از دکتر ضیاء فلاح محمدی بسیار سپاسگزارم که زمان و تلاش زیادی را صرف مهیا کردن کتاب «اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت» برای فارسی‌زبانان نموده است. من همچنین از تمامی دانشجویان و اساتید که در آینده برای کسب اطلاعات پایه و ضروری جهت تحقیق، آموزش یا کار بالینی در حوزه کنترل حرکتی و حوزه‌های مرتبط بهره می‌گیرند تشکر نمایم.

اجازه دهید که سخنان خود را با یک رباعی از عمر خیام (که آن را از زبان روسی به انگلیسی ترجمه کرده‌ام) به پایان رسانم:

هرگز دل من ز علم محروم نشد	کم ماند ز اسرار که معلوم نشد
هفتاد و دو سال فکر کردم شب و روز	معلوم شد که هیچ معلوم نشد

با سپاس فراوان
مارک لاتاش

پیشگفتار مؤلف

من در مدت ۱۰ سال گذشته به منظور تدریس دروس ترم اول کارشناسی ارشد در دانشکده علوم حرکتی دانشگاه پنسیلوانیا از ویراست اول کتاب اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت استفاده می‌کردم. این یک تجربه نسبتاً خجالت‌آور بود؛ زیرا هر ساله دانشجویان اشتباهات، تناقضات و از قلم افتادگی‌های مهمی را کشف می‌کردند. آن دسته از همکاران که این کتاب را برای تدریس انتخاب می‌کردند و ویراستارهای نسخه‌های فرانسوی و ژاپنی کتاب نیز مرا با سؤال‌های فراوان بمباران می‌کردند و من پاسخی بهتر از این نداشتم که بگویم «متأسفم تلاش می‌کنم تا آنها را در ویراست بعدی اصلاح کنم».

من در ۵ سال گذشته شروع به تدریس درسی به نام اختلالات حرکتی نمودم. این یک درس اختیاری در ترم‌های بالاتر مقطع کارشناسی برای آن دسته از دانشجویان دانشکده علوم حرکتی بود که به دنبال ادامه تحصیل در رشته‌های مرتبط با اختلالات حرکتی و توانبخشی بودند. اکثر دانشجویانی که این درس را انتخاب می‌کردند در مقطع ارشد وارد دانشکده‌های پزشکی، فیزیوتراپی یا کایروپراکتیک می‌شدند و یا در رشته علوم حرکتی ثبت نام می‌کردند. نسخه اول کتاب اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت از این جهت مفید بود که به ما اطمینان دهد که این دانشجویان پیش از ورود به مطالعات اختلالات حرکتی، از حداقل دانش لازم پیرامون مکانیزم‌های پایه تولید حرکت در انسان برخوردار هستند.

در ضمن حوزه‌های کنترل حرکتی و نوروفیزیولوژی در رابطه با هر دوی حرکات مختل شده و بدون اختلال پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای به دست آورده‌اند که نیازمند تجدید نظر در مفاهیم پایه‌ای، نظیر همکوشی^۱، برنامه حرکتی، فرمان عصبی و غیره هستند. تجربه تحقیقات شخصی من در آن سال‌ها به تدریس آنچه در این حوزه‌ها دارای اهمیت بود، آنچه به عنوان اصول غیرقابل تغییر پذیرفته شده بود و آنچه قابل بحث باقی مانده بود، کمک کرد.

من سه هدف برای نوشتن ویراست دوم کتاب اساس نوروفیزیولوژیکی حرکت داشتم. نخست، به دنبال اجتناب از همان اشتباهات خجالت‌آوری بودم که در ویراست اول پیدا شده بود. ویراست دوم فرصتی برای پاک‌سازی و اصلاح اشتباهات بود. من همچنین بسیاری از مسئله‌های فصول و مسئله‌های خودآزمایی را تغییر دادم؛ برخی از مسئله‌های ابتدای کتاب مبهم بودند. ضمناً سؤال‌های چند گزینه‌ای را با هدف خودآزمایی به آن افزودم.

دوم، تصمیم گرفتیم تا ویراست اول را با چند فصل جدید تکمیل نمایم. برخی از آنها با رفتارهای حرکتی نظیر گرفتن^۱، مرتبط هستند. سایر فصول، اختلالات حرکتی مرتبط با نقص در عملکرد ساختارهای ویژه مغز را با جزئیات بسیار بیشتری توضیح می‌دهند. اکنون ویراست دوم بسیاری از اختلالات حرکتی شایع را پوشش داده و می‌توان از آن برای تدریس دروس مرتبط استفاده کرد.

سوم، نمی‌خواستیم از اکثر موضوعات بحث‌برانگیز در کنترل و هماهنگی حرکتی غفلت کنم. اصولاً من قصد داشتم کتاب را طوری آماده کنم که تنها مفاهیم کاملاً پذیرفته شده را به شکلی نامتناقض به دانشجویان منتقل کنم. در ویراست دوم، دو فصل جدید (۱۹ و ۲۰) و چند زیربخش که مستقیماً با نظریه‌های رایج کنترل و هماهنگی حرکتی ارتباط دارند افزوده شده‌اند.

ویراست دوم در همان سطح ترم‌های بالای کارشناسی و ترم اول کارشناسی ارشد باقی مانده است. این کتاب با این پیش فرض نوشته شده است که دانشجویان از حداقل دانش لازم پیرامون فیزیک پایه (اکثراً مکانیک و حسابان) برخوردارند. زیاد بودن تعداد فصل‌ها به مدرس اجازه می‌دهد مطالب را با توجه به سطح آمادگی دانشجویان خود و اهداف ویژه آن درس انتخاب نماید. انتظار می‌رود که هر فصل در طول یک ساعت و نیم آکادمیک به پایان برسد.

این کتاب بدون بازخورد بسیار مفید (و اغلب تند) دانشجویانی که با من کلاس داشتند و همکارانی که وقت خود را صرف راهنمایی من برای بهتر کردن کتاب نمودند ممکن نبود. از ولادیمیر زاتسیورسکی^۲ برای نظرات مفید بی‌شمارش در طول ۱۰ سال همکاریمان، باب سینبورگ و داگمار اشترناد برای بحث‌های مفیدشان دربارهٔ چگونگی تدریس کنترل حرکتی و نوروفیزیولوژی، و کارل نیوول برای تشویق جهت توسعه دروس در دانشگاه پنسیلوانیا بسیار سپاسگزارم.

مقدمه

زندگی مان مملو از حرکات است. شب و روز عضلات ما در حال فعالیت هستند تا بتوانند سر، بدن و دست و پای ما را در موقعیت مناسب قرار داده، آنها را در فضا جابه‌جا کرده، اشیاء را برداشته، دستکاری نموده، با دیگران تعامل برقرار کرده و اطلاعات را با دنیای خارج جابه‌جا کنند. نخستین و مهمترین ویژگی حرکات ارادی انسان با معنی بودن آن است. آنها حس ایجاد می‌کنند. آنها به اهداف منجر می‌شوند. برخی اوقات ممکن است حرکات ارادی به این اهداف نرسند، اما بیشتر اوقات در این عمل موفق هستند. در دنیای خارج از بدن با وجود نیروهای متعدد، وقایع پیش‌بینی نشده، حرکت اشیاء و تغییر اهداف، اجرای حرکات با معنی تکلیف ساده‌ای نیست.

با مطالعه این کتاب، درخواهید یافت که ساختار بدن انسان و ویژگی حرکت دهنده‌های آن (عضلات اسکلتی) مشخصاً فرآیند کنترل را پیچیده می‌کنند و شاید هم آن را درک نکنید. پیچیدگی حرکت و عوامل پیچیده‌کننده سیستم حرکتی انسان نیازهای زیادی را بر کنترل‌کننده‌های سطوح عالی حرکات ارادی، یعنی سیستم عصبی مرکزی تحمیل می‌کنند. سیستم عصبی مرکزی باید از تطبیق پذیری و منابع زیادی برخوردار باشد و نیز ویژگی‌های دیگری که در قالب گفته‌های ما نمی‌گنجد. بنابراین، ما حرکات ارادی را به عنوان جلوه‌ای از فعالیت سیستم عصبی مرکزی و وسیله‌ای برای درک آن در نظر می‌گیریم.

مطالعه حرکات جذاب است؛ زیرا آنها قابل مشاهده و اندازه‌گیری است و شامل ارتباطات نسبتاً مشخص بین تکلیف و نتیجه (این ارتباطات معمولاً در فرایندهای صرفاً ذهنی کمتر آشکارند) هستند. تجزیه و تحلیل حرکات ارادی راهی برای یادگیری این مطلب است که چگونه مغز تصمیمات را اتخاذ می‌کند و عوامل مجری محیطی آن را اجرا می‌کنند. این مسیر آگاهی عمیق‌تری را نسبت به اهداف فوری درباره درک این مطلب به ما می‌دهد که فرد چگونه می‌تواند با قاشق سوپ بخورد و آن را نریزد. این روشی برای تصمیم‌گیری، تفکر، ادراک و دیگر فرایندهاست که مبنایی برای عملکرد مغز ایجاد می‌کند. این راهی برای درک مغز انسان است. آیا موضوع با ارزش‌تر از این برای مطالعه ما وجود دارد؟

دنیای حرکات انسان

بدن انسان سیستم پیچیده‌ای است. حتی زیر سیستم‌ها هم پیچیده هستند. همچنین یک سلول منفرد هم به اندازه کافی پیچیده است که به طور کامل به عنوان یک دنیای مجزا که زندگی در آن اتفاق می‌افتد در نظر گرفته شود. هنگام کار با یک سیستم پیچیده، نخستین گام این است که نظریه‌هایی که برای با

ارزش بودن انتخاب آن سیستم و سطوح تجزیه و تحلیل وجود دارد را مشخص کنیم. این نظریه‌ها معمولاً انتخاب‌های موقتی بوده که بر اساس شهود، عرف و دانش عمومی فیزیک، شیمی و دیگر موارد است. بعد از اینکه دسته‌ای از این نظریه‌ها (یا یک بیان مناسب‌تر که توسط ریاضیدان معروف گلفاند^۱ به عنوان یک اصطلاح به کار برده شد) مشخص شدند، می‌توان سیستم را به طور علمی و مشخص مطالعه کرد. در این کتاب چندین سطح از پیچیدگی را در نظر خواهیم گرفت که هر سطح نیازمند تصورات و تجزیه و تحلیل خاص خود است. شناسایی این سطوح نسبتاً ذهنی خواهد بود. گرچه آنچه به عنوان یک سطح در نظر گرفته می‌شود کاملاً موقتی نیست. تصور کنید که یک روش خاص تجزیه و تحلیل به تدریج در ویژگی‌های یک سیستم رسوخ می‌کند و دسته‌ای از مشکلات را حل خواهد کرد. هنگامی که روش مشابهی برای یک دسته از مشکلات جدیدتر استفاده می‌شوند، برخی اوقات مانند برخورد به یک دیوار غیرقابل رؤیت خواهد بود و موفقیتی کسب نمی‌کند. این یک مشخصه بارز است که یک سطح جدید از پیچیدگی وجود خواهد داشت که نیازمند شهود و جهش کیفی – معرفی یک سری نظریه‌های جدید یا یک بیان مناسب‌تر – است.

در این کتاب درباره چهار سطح عمده تجزیه و تحلیل مرتبط با تولید کنترل حرکات ارادی بحث خواهیم کرد. از آنجایی که این سطوح نیازمند نظریه‌های خاص خود هستند، به عنوان یک بخش جدا در نظر گرفته می‌شوند:

- ◀ بخش اول، سلول‌ها
- ◀ بخش دوم، ارتباطات
- ◀ بخش سوم، ساختارها
- ◀ بخش چهارم، رفتارها: کنترل و هماهنگی

در پایان کتاب، رفتارهای تغییر یافته و پیشرفت نموده (بخش پنجم، رفتارهای پیشرفته و تغییر یافته) و همچنین آسیب شناسی‌های حرکتی (بخش ششم، اختلالات حرکتی) را بررسی می‌کنیم. این دو بخش اخیر ترکیب فرضیه‌هایی درباره چهار بخش قبلی خواهد بود.

خواهید دید که این بخش‌ها مشابه و یکسان نیستند و شامل شرکت‌کننده‌ها، فرایندها و پدیده‌هایی است که نیازمند سطوح تجزیه و تحلیل متفاوتی خواهند بود. برای مثال، فرایندهای بخش چهارم مربوط به حرکات چند مفصلی است که ممکن است نیازمند بیان متفاوت تری جهت توصیف نسبت به کنترل عضلات منفرد باشند. زبان مورد استفاده برای مطالعه بازتاب‌های تک سیناپسی (مانند بازتاب مشهور پرش تاندون) در بخش دوم ممکن است هنگامی که مرتبط با بازتاب‌های پیچیده یا واکنش‌های شبه بازتابی باشد نامناسب به نظر برسد.

سازماندهی کتاب

سازماندهی این کتاب مشخص است. کتاب شامل ۳۵ فصل است. موارد گفته شده در هر فصل می تواند یک سخنرانی طولانی (حدود ۹۰ دقیقه) را پوشش دهد. هر فصل با فهرستی از واژه ها و عناوین کلیدی شروع و با یک پاراگراف از خلاصه فصول پایان می یابد. فصول جدیدی به ویرایش دوم این کتاب اضافه شده است. در نتیجه، محتوای کتاب را می توان برای دوره های ویژه فیزیولوژی عصبی حرکات و اختلالات حرکتی استفاده کرد.

اجازه دهید تا بر چند ویژگی غیرمعمول این کتاب تأکید کنم. اول، اینکه کتاب شامل مسائل طراحی شده در داخل متون است. در طی هر سخنرانی ۳ تا ۵ مورد از این مسئله ها را مطرح می کنم و باعث می شود تا تمرکز دانشجویان بالا رفته و سر کلاس چرت نزنند. این مسئله های کوچک به صورت دامن های از مسائل پیچیده، بدیهی و غیرقابل حل هستند. هرچند دانشجویان نمی دانند که کدام یک از آنها ساده و کدام یک پیچیده اند، بنابراین هر روز شانس این را داریم که یکی از مسائل غیرقابل حل، حل شوند. پاسخ های روشنی برای مسائل ساده در داخل کتاب وجود ندارد (گرچه برخی از آنها در ادامه فصل پاسخ داده می شوند)، چون اگر پاسخ ها در دسترس باشند، مطرح کردن این مسئله ها بی هدف خواهد بود. و همچنان که خاطرنشان کردم جوابی برای برخی از این مسائل وجود ندارد.

در پایان هر بخش، تعدادی مسائل برای خودآزمایی پیشنهاد شده است. این مسائل از امتحان های واقعی گرفته شده در طی چند سال تدریس در کلاس های درس اساس فیزیولوژیکی حرکت و اختلالات حرکتی در دانشگاه پنسیلوانیا اقتباس شده است. آنها به خلاقیت و تفکر عمیق و استفاده از فصول قبل کتاب نیاز دارند. به دو دلیل هیچ پاسخی برای آنها در نظر گرفته نشد. اول، شاید خواننده بتواند به تنهایی آنها را حل کند. دوم، برخی از سؤال ها چند جوابی هستند تا دانشجویان در بین آنها پاسخ مناسب را پیدا کنند. برخی از این مسائل به طور باز طراحی شده اند و برخی نیز چند جوابی هستند. سؤال های چند جوابی باعث می شود تا گروه های زیادی از دانشجویان را بررسی کنیم و نسبت به آزمون های باز نیاز به زمان کمتری دارند. به طور کلی، سؤال های چند جوابی را نمی پسندم. آنها در درجه نخست توانایی دانشجویان را برای حل مسائل چند جوابی می سنجند تا اینکه بتوانند دانش آنها را در محدوده خاصی جهت حل مسائل به کار گیرند. برای جلوگیری از راهکار حدس زدن جواب ها در پایان هر کدام پرسیده شده است چرا؟ از دانشجویان انتظار می رود تا بهترین پاسخ را انتخاب کنند (مانند سؤال های چند جوابی سنتی) و چند کلمه ای درباره این بنویسند که چرا یک پاسخ خاص بهترین گزینه است. اگر دانشجو به سؤال پاسخ ندهد نمره کامل نخواهد گرفت. به عبارت دیگر، اگر جواب نادرست انتخاب شود اما درباره علت آن توضیحاتی ارائه نماید می توان بخشی از نمره یا حتی کل نمره را به او اعطا نمود.

شش پروژه آزمایشگاهی در پایان کتاب مورد بحث قرار گرفته است. هر پروژه یک مطالعه

تحقیقی نسبتاً گسترده است که به دو تا سه دوره زمانی (هرکدام ۹۰ دقیقه) جهت کامل کردن آن نیاز دارند؛ بنابراین، دوره آزمایشگاهی نیاز به ۱۸ تا ۲۷ ساعت دارد. البته در دسترس بودن تجهیزات و زمان نقش مهمی در ساختار و اجرای این آزمایش‌ها دارد. در دانشگاه پنسیلوانیا برای تحقیق و تدریس، آزمایشگاه را برای ما مجهز نموده‌اند.

هدف این کتاب

هدف نهایی این کتاب فراهم نمودن موارد کافی برای کمک به دانشجویان است

- ◀ تا به طور مستقل تفکر نمایند؛
- ◀ تا حقایق بنیادی دربارهٔ طراحی سلول‌ها، عضلات، ساختارهای عصبی و بدنمان را دریابند؛
- ◀ تا منطق درونی طراحی و کارکرد سیستم بدنی انسان را که حرکات ارادی را تولید می‌کند دریابند؛
- ◀ تا جهت حل مسائل از این دانش بنیادی استفاده کنند؛
- ◀ تا آزمایش‌های واقعی و ذهنی جهت تحقیق و حل این مسائل طراحی کنند؛ و
- ◀ تا ادبیات تحقیقی را مطالعه نموده و نوروفیزیولوژی حرکات را دریابند.

مسائلی را که این کتاب پوشش می‌دهد حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ مورد در سطوح بالا هستند که هم دانشجویان ترم اول و هم دانشجویان ترم آخر می‌توانند از آن استفاده کنند. فصول مربوط به اختلالات حرکتی و بخش آزمایشگاهی با دقت فراوان نوشته شده‌اند تا دانشجویان از لحاظ ذهنی آمادگی آن را داشته باشند درحالی‌که فصول قبل را دانشجویان کارشناسی هم درک خواهند کرد. برخی از فصول را می‌توان با همان چهار واژه نخست جهت سخنرانی به کار گرفت. به عبارت دیگر، برخی از مسائل (مانند مؤلفه‌های آناتومی و بیومکانیک کارکردی) را می‌توان در جلسه‌های کلاسی دیگر مطرح کرد.

پیش‌نیاز قطعی برای تدریس این کتاب وجود ندارد. گرچه، معرفی و تدریس کلاس‌های ریاضیات، مکانیک، شیمی و آناتومی مفید خواهد بود. و حال اجازه دهید تا وارد دنیای نوروفیزیولوژی شویم.

بخش اول

سلول‌ها

فصل ۱	غشاهای، ذرات و پتانسیل‌ها	۲۱
فصل ۲	پتانسیل عمل	۳۵
فصل ۳	انتقال اطلاعات	۴۷
فصل ۴	عضله اسکلتی	۶۱
فصل ۵	گیرنده‌ها	۷۵
فصل ۶	واحدهای حرکتی و الکترومایوگرافی	۸۹
سؤال‌های مروری		۱۰۳