

الحمد لله
الرحمن
الرحيم

به نام خدا

کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی

آلبرت گلهوفر

ولفگانگ تاوبه

ینس بو نیلسن

ترجمه و ویرایش علمی: مهدی شهبازی

(عضو هیات علمی دانشگاه تهران)

مترجمان: مریم قوجقی، فریبا حسن بارانی و الهام حاتمی شاه میر

شابک:	۹-۱۲-۸۹۳۰-۶۰۰-۹۷۸
شماره کتابشناسی ملی:	۵۳۱۹۱۳۴
عنوان و نام پدید آورنده:	کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی / آلبرت گلهوفر ، ولفگانگ تاوبه ، ینس بو نیلسن ؛ ترجمه و ویرایش علمی مهدی شهبازی ؛ مریم قوجقی، فریبا حسن بارانی و الهام حاتمی شاهمیر .
مشخصات نشر:	تهران: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، انتشارات، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:	۷۲۴ص؛ مصور، جدول، نمودار؛
یادداشت:	<i>Routledge handbook of motor control and motor learning ,c2013.</i>
موضوع:	کنترل حرکتی - ورزش
موضوع:	یادگیری حرکتی
رده بندی کنگره:	BF۲۹۵/ک۹ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی:	۱۵۲/۳۳۴
شناسه افزوده:	ای، گلهوفر / Gollhofer, Albert
شناسه افزوده:	تایوب ولفگانگ، Taube, Wolfgang
شناسه افزوده:	جی بی نیلسن / Nielsen, Jens Bo
شناسه افزوده:	شهبازی، مهدی، ۱۳۵۷ - مترجم، ویراستار
شناسه افزوده:	قوجقی، مریم، ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده:	حسن بارانی، فریبا، ۱۳۶۷ - مترجم
شناسه افزوده:	حاتمی شاهمیر، الهام، ۱۳۶۶ - مترجم
شناسه افزوده:	پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی
وضعیت فهرست نویسی:	فیفا

کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی



ترجمه: دکتر مهدی شهبازی، مریم قوجقی، فریبا حسن بارانی، الهام حاتمی شاه میر

شابک: ۹-۱۲-۸۹۳۰-۶۰۰-۹۷۸

ناشر: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

شمارگان: ۵۰۰ نوبت چاپ: تهران، اول ۱۳۹۷ قطع: وزیری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات پادینا

قیمت: ریال

تهران: خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پلاک ۳- کد پستی: ۱۵۸۷۹۵۸۷۱۱
تلفن: ۸۸۸۴۷۸۸۴ (۰۲۱) نمابر: ۸۸۷۳۹۰۹۲ ssrc.ac.ir info@ssrc.ac.ir

پیشگفتار

تربیت بدنی و علوم ورزشی به عنوان یک حوزه علمی دانشگاهی در سال‌های اخیر روند رو به رشدی را در تمامی زمینه‌های آموزشی، پژوهشی و اجرایی داشته است. یکی از مسائل مهم مورد توجه مسئولان و برنامه‌ریزان، شناسایی، فراهم‌سازی و تقویت زمینه‌های لازم برای تولید دانش علوم ورزشی و به‌کارگیری علوم ورزشی تولید یافته در عرصه‌های ورزش قهرمانی و میادین بین‌المللی و نیز ورزش همگانی و سلامت عمومی است. به همین جهت پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی که در راستای سیاست‌های علمی، آموزشی و پژوهشی خود، برای انتقال آخرین یافته‌ها به منظور توسعه روزافزون دانش و فناوری در ایران اسلامی بنیان نهاده شده، در نظر دارد با فراهم کردن بستری مناسب برای پیشبرد فعالیت‌های پژوهشی و نیز ارتقاء سطح علمی، فرهنگی و کمک به تلفیق علم و عمل، گامی مؤثر در رفع نیازهای علمی ورزش کشور بردارد. در این راستا، پژوهشگاه اقدام به انتشار کتاب‌های علمی- ورزشی- تخصصی برگرفته از تلاش‌های متخصصان، محققان و دانش‌آموختگان تربیت بدنی و علوم ورزشی نموده است. امید است با انتشار این گونه کتب، به فضل خداوند متعال، گام‌های مؤثری در جهت تحقق اهداف عالیه نظام جمهوری اسلامی ایران برداشته باشیم.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پیشگفتار مترجمان

امروزه علوم ورزشی از جهات مختلف با علوم پایه و علوم تندرستی پیوند یافته و مالاً اثر و نقش آن در رابطه با توانبخشی و بهسازی جسمی و روانی افراد جامعه غیر قابل انکار است. حیطه یادگیری و کنترل حرکتی از گرایش های علوم رفتاری بوده و اساس آن بر سازوکارهای زیربنایی مرتبط با اکتساب مهارت های حرکتی و ورزشی است. یادگیری فرآیند پیچیده ای است که در سیستم عصبی رخ می دهد و مستقیماً قابل مشاهده نیست. برای استنباط یادگیری، متخصصان به رفتار قابل مشاهده فرد توجه می کند به عبارت دیگر فراگیران مهارت حرکتی - ورزشی با کنترل اعمال خود سعی در اجرای ماهرانه حرکت خود دارد. کتاب حاضر - کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی - به پیشنهاد دانشجویان دکتری کنترل حرکتی دانشگاه تهران (دکتر مریم قوجقی، دکتر فریبا حسن بارانی و دکتر الهام حاتمی) مورد بررسی و ترجمه قرار گرفت. کتاب در پنج بخش به صورت سازمان یافته از تئوری تا عمل به ارایه جدیدترین یافته ها در حوزه یادگیری و کنترل حرکتی می پردازد. مجموعه نویسندگان کتاب از صاحب نظران این حوزه از علوم به شمار می روند. پس از ترجمه و بازخوانی و نیز ویرایش چندین باره کتاب، به همت شورای نشر پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی فرایند داوری و ارزیابی به منظور چاپ و نشر صورت پذیرفت. امید است تلاش صورت گرفته در این باره گام کوچکی باشد در توسعه و ارتقا مجموعه علوم رفتاری و شناختی در رشته تربیت بدنی.

مهدی شهبازی

فهرست مطالب

پیشگفتار	۳
پیشگفتار مترجمان	۵
مقدمه	۱۵
بخش اول	۱۹
نظریه‌ها و مدل‌ها	۱۹
فصل اول: مدل‌های نظری کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی	۲۱
مقدمه	۲۱
مدل‌های نظری کنترل	۲۳
کنترل بهینه	۲۶
حداقل واریانس نقطه انتهایی	۳۲
کنترل بازخوردی	۳۶
اصل حداقل مداخله	۳۸
گستره و محدودیت‌های مدل‌های کنترل بهینه	۴۰
تخمین حالت: درک بازخورد حسی	۴۱
یادگیری حرکتی	۴۵
فراسوی مدل فضای حالت: یادگیری به مثابه تخمین	۵۰
مشکلات و چشم‌انداز پیش رو	۵۵
فصل دوم: آموخته‌های حاصل از مدل‌های جانوری	۵۹
مفهوم‌پردازی پارادایم‌ها در پژوهش‌های جانوری	۵۹
مزایا و معایب پژوهش بر روی جانوران	۶۶
محدودیت‌های مهم در انتقال دانش حاصل از پژوهش بر روی جانوران	۷۳
فصل سوم: کنترل قامت با استفاده از برآورد آشفستگی و جبران‌سازی از طریق پاسخ‌های حلقه بلند	۹۷
مقدمه	۹۷
پژوهش‌های بنیادین در زمینه کنترل قامت	۹۹
ظهور مفاهیم متعدد در کنترل قامت	۱۰۵
راهبردهای حرکتی	۱۰۵
تنظیمات قامتی	۱۰۶
تلاش‌ها برای تدوین چارچوب‌های مفهومی	۱۰۷
ابعاد رشدی	۱۰۹

۱۱۰	رفلکس‌های دارای تأخیر طولانی.....
۱۱۱	پیشرفت‌های اخیر و مدل‌های کنترل قامت
۱۱۴	مفهوم حسگر
۱۱۵	مفهوم سطح متا
۱۱۶	مفهوم حلقه خودفرمان
۱۱۸	مدل برآورد آشفتگی و جبران‌سازی (DEC).....
۱۲۱	ابعاد شناختی مدل DEC
۱۲۳	ربات‌ها و پژوهش در زمینه کنترل قامت
۱۲۷	خلاصه فصل
۱۳۳	فصل چهارم: بررسی یادگیری حرکتی با استفاده از رابط‌های میوالکتریک و عصبی
۱۳۳	مقدمه
۱۳۶	کاربردهای بالینی و تجربی رابط‌های میوالکتریک.....
۱۳۸	یادگیری روابط جدید حسی-حرکتی
۱۴۰	کنترل بهینه رابطه میوالکتریک ساده شده
۱۴۴	الگوهای همکاری عضله مجاور در مقایسه با عضلات انتهایی انعطاف‌پذیری کمتری دارند.....
۱۴۵	استفاده از همکوشیهای عضلات برای کنترل میوالکتریک
۱۵۱	بهره‌گیری از افزونگی در سطوح چندگانه سلسله مراتب حرکتی
۱۵۶	از رابط‌های میوالکتریک تا رابط‌های عصبی.....
۱۶۱	خلاصه فصل
۱۶۵	فصل پنجم: مفاهیم بیومکانیکی و نورومکانیکی در جابجایی حرکتی با استفاده از پاها.....
۱۶۶	کارکرد سازگار پا در راه رفتن و دویدن انسان
۱۷۱	ویژگی‌های متغیر پا در حین جابجایی حرکتی: تغییرات گام به گام
۱۷۳	ویژگی‌های متغیر پا در حین جابجایی حرکتی: تغییر در یک گام واحد
۱۷۶	جابجایی حرکتی در انسان: حفظ بدن در حالت قائم.....
۱۷۸	دویدن در فضای سه بعدی
۱۸۰	نقش ویژگی‌های عضلات در پایداری حرکت
۱۸۱	ترکیب کنترل بازخوردی و پیشخوراندی.....
۱۸۳	تعمیم به سیستم‌های چندبخشی
۱۸۵	ربات‌ها ابزاری برای روایی‌سنجی مفاهیم و کاربرد آنها
۱۹۵	فصل ششم: فعال سازی بصری مکانیسم‌های تقویتی مربوط به تأخیر کوتاه در

۱۹۵	 مقدمه
۱۹۷	 عقده‌های قاعده‌ای
۲۰۱	 انتخاب و تقویت عملکردهای مربوط به ساختار عقده‌های قاعده ای
۲۰۱	 انتخاب توسط عقده‌های قاعده ای
۲۰۳	 تقویت در عقده‌های قاعده‌ای
۲۰۵	 تقویت در عقده‌های قاعده‌ای - سؤالات بی‌جواب
۲۰۶	 علامت‌دهی DA مرحله ای
۲۱۱	 تمرین سیستم‌های احساسی برای تفکیک مقدار
۲۱۴	 شرطی سازی وابستگی به مقدار برای پردازش حسی اولیه: مفاهیم
۲۱۵	 مبنای انتخاب در ساختار حلقه ورود مجدد عقده‌های قاعده‌ای
۲۱۶	 عامل و توسعه اعمال جدید
۲۲۲	 به حداکثر رساندن کسب پاداش در آینده
۲۲۳	 خلاصه و نتیجه‌گیری
۲۳۳	 فصل هفتم: نقش بازخورد افزوده در یادگیری حرکات انسان
۲۳۳	 مقدمه
۲۳۴	 بازخوردهای درونی ذاتی، درونی خارجی و افزوده
۲۳۷	 چرا از بازخورد افزوده استفاده کنیم؟
۲۳۹	 بازخورد افزوده و فرآیندهای مختلف یادگیری
۲۴۰	 آگاهی از اجرا در برابر آگاهی از نتیجه
۲۴۱	 ابعاد بازخورد افزوده
۲۴۲	 محتوای اطلاعات
۲۴۳	 تواتر بازخورد افزوده
۲۴۵	 زمانبندی بازخورد افزوده
۲۴۶	 بازخورد افزوده میتواند اجرا و یادگیری حرکتی را تسهیل کند
۲۴۷	 شواهد بیشتر مطالعات آزمایشگاهی و میدانی از نقش بازخورد افزوده
۲۵۷	 تفاوت‌های فردی در بهره گیری از باخورد برای یادگیری
۲۵۸	 بازخورد افزوده نیمه آگاهانه و یادگیری حرکتی
۲۶۱	 جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۲۶۹	 فصل هشتم: جنبه‌های عصب شناسی یادگیری حرکتی پنهان در ورزش
۲۷۰	 دو نوع اساسی دانش

۲۷۲	شبکه عصبی حافظه کاری
۲۷۹	سرکوب فعالیت حافظه کاری از شروع یادگیری حرکتی
۲۸۲	ارتقای اثربخشی روانی- حرکتی از شروع یادگیری
۲۸۸	اعمال مجدد پردازش‌های تحلیلی- کلامی برای اجرای حرکتی
۲۹۶	خلاصه و دستورالعمل‌هایی برای آینده
۳۰۷	فصل نهم: نورون‌های آئینه‌ای و تقلید
۳۰۷	سیستم نورون آئینه‌ای در میمون‌ها
۳۰۸	کدگذاری اهداف حرکتی در سطح نورون‌های منفرد
۳۱۰	نورون‌های آئینه‌ای و درک اعمال حرکتی
۳۱۵	نورون‌های آئینه‌ای دهان
۳۱۶	پاسخ نورون‌های آئینه‌ای به مشاهده حرکاتی که با ابزار انجام می‌شود
۳۱۶	نورون‌های آئینه‌ای و کدگذاری مقصد
۳۱۸	مدارهای نورون‌های آئینه‌ای در میمون
۳۱۹	سیستم نورون‌های آئینه‌ای در انسان
۳۲۵	سیستم نورون آئینه‌ای و تقلید
۳۲۷	ارتباطات رفتاری از فعال سازی نورون آئینه ای
۳۳۰	مسیرهای آئینه‌ای کارکردی
۳۳۴	نتیجه گیری
۳۴۳	بخش ۳: یادگیری و کنترل حرکتی در جابجایی و کنترل قامت
۳۴۵	فصل دهم: کنترل عصبی راه رفتن
۳۴۵	مقدمه
۳۴۷	الگوی جابجاکننده
۳۴۷	بررسی پژوهش‌های پیشین و مفهوم یک مولد الگوی جابجایی حرکتی
۳۵۰	نقش دروندادهای حسی- پیکری
۳۵۱	تنظیم بازخورد حسی بر مبنای وضعیت بدن
۳۵۶	تنظیم بازخورد حسی بر مبنای مرحله حرکت
۳۵۸	نقش ساختارهای فوق نخاعی
۳۶۱	رفلکس‌های فراقشری
۳۶۲	برنامه‌ریزی حرکتی در حرکت و جابجایی حرکتی
۳۶۵	مخچه و نقش آن در راه رفتن

۳۶۵	 عقده‌های قاعده‌های و نقش آن در راه رفتن
۳۷۳	 فصل یازدهم: شکل‌پذیری انطباقی در گام برداری (راه رفتن)
۳۷۳	 چرا سازگاری در راه رفتن لازم است؟
۳۷۴	 تنظیم برون‌داد حرکتی ریتمیک در طول عمر: نمونه‌ای از تنظیم مجدد تنظیم مجدد حرکت ...
۳۷۴	 ترکیب کنترل بازخوردی و پیشخوراندی: کاربردهایی برای ظرفیت انطباقی
۳۷۵	 مولدهای الگوی مرکزی: کاربردهایی برای ظرفیت انطباقی
۳۷۶	 ارزیابی سهم نسبی سازوکارهای کنترل بازخوردی و پیشخوراندی مثبت
۳۷۸	 «شواهد حاصل از آزمایش بر روی جانوران»
۳۷۸	 گستره و محدودیت‌های ظرفیت انطباقی
۳۷۹	 سازوکارهای زیربنایی در شکل‌پذیری انطباقی
۳۸۰	 محدودیت‌های مدل عصب‌زدایی
۳۸۲	 تنظیم محیط برای مطالعه ظرفیت انطباقی و مفهوم تطبیق‌پذیری میدان نیرو
۳۸۲	 مطالعات اولیه بر روی اندام فوقانی
۳۸۳	 مطالعات انجام شده در حین حرکت ریتمیک
۳۸۴	 استفاده از علم رباتیک مدرن برای ایجاد میدان‌های نیروی متناسب با شرایط
۳۸۶	 استفاده از کوشش‌های مچ‌گیری برای شناسایی تغییرات در کنترل پیشخوراندی
۳۸۶	 ظرفیت انطباقی پیشخوراندی وابسته به مرحله حرکت
۳۹۱	 محدودیت‌های بالقوه انطباق‌پذیری راه رفتن انسان
۳۹۲	 آثار تمرین در میدان نیرو بر پس اثرها، عملکرد روز بعد، و یادداری پارامترهای کنترل
۳۹۴	 رشد راه رفتن
۳۹۶	 راه رفتن و سالمندی
۴۰۳	 فصل دوازدهم: کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی در حرکات چرخه کشش-کوتاه شدن
۴۰۳	 مقدمه
۴۰۶	 مراحل حرکات چرخه کشش-کوتاه شدن
۴۰۷	 مرحله پیش‌فعال‌سازی
۴۰۸	 مرحله رفلکس اولیه
۴۲۲	 تعامل بین کنترل بازخوردی و پیشخوراندی در حین چرخه کشش-کوتاه شدن
۴۳۰	 تأثیر تمرین پلیومتریک بر کنترل عصبی حرکات چرخه کشش-کوتاه شدن
۴۳۷	 نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آتی
۴۴۳	 فصل سیزدهم: کنترل قامت و تمرین تعادلی

۴۴۳	مقدمه
۴۴۵	وابستگی کنترل قامت به تعامل حسی- حرکتی
۴۴۶	اطلاعات حسی
۴۵۳	پردازش اطلاعات، برنامه‌ریزی حرکتی و اجرا
۴۵۸	سازمان‌دهی قامت در حالت قائم
۴۶۷	تمرین تعادلی
۴۷۰	انطباق‌های نوروفیزیولوژیکی در پاسخ به تمرین تعادلی
۴۸۲	نتیجه‌گیری
۴۹۳	فصل چهاردهم: طرحواره بدن، توهلمات حرکت و درک بدن
۴۹۳	مقدمه
۴۹۶	طرحواره بدن در مقابل تصویر بدن
۵۰۱	رویکرد بیزی
۵۰۳	یک مورد خاص از آوران برداری
۵۰۴	ارتباطات عصبی طرحواره بدن
۵۰۶	توهلمات حرکت
۵۰۶	توهلمات حرکت ایجاد شده توسط ارتعاش
۵۱۰	توهم حرکت بدن که توسط بینایی ایجاد می‌شود
۵۱۳	توهم حرکت ناشی از تحریک
۵۱۶	بحث درباره آوران در مقابل وایران
۵۱۸	احساس حرکت در چه بخشی از مغز قرار دارد؟
۵۱۹	توهلمات درک بدن
۵۲۶	توهلمات درباره کل بدن و محیط خارج از بدن
۵۲۷	توهم اندازه بدن
۵۲۸	نتیجه‌گیری
۵۳۵	فصل پانزدهم: حرکات ارادی
۵۳۵	محدودیت‌ها و نتایج آناتومی و فیزیولوژی مسیرهای حرکتی
۵۳۵	مقدمه
۵۳۷	قشر حرکتی، مسیر قشری نخاعی و حرکات ارادی
۵۴۱	مسیرهای حرکتی نزولی در انسان
۵۴۳	مدارهای حرکتی در طناب نخاعی: سازمان، کنترل و تنظیم

۵۴۵	قابلیت ارتباط در طناب نخاعی
۵۴۹	وادر کردن نورون‌های حرکتی نخاعی به تخلیه
۵۵۰	تعامل درون‌دادهای فوق نخاعی از قشر به همراه سیستمی از مدارهای الکتریکی در طناب
۵۵۲	تعاملات پروپریواسپینال
۵۵۳	نقش کارکردی سیستم نورون‌های حرکتی قشر (CM) چیست؟
۵۵۴	انعطاف پذیری کنترل
۵۵۶	کنترل بصری حرکت
۵۵۷	کارکرد رفلکسی قشر حرکتی
۵۶۰	ناهشیاری، ماهیت خودکار حرکات ارادی
۵۶۵	فصل شانزدهم: انطباق‌پذیری‌های عصبی طولانی‌مدت و دقیق در تمرین
۵۶۵	مقدمه
۵۶۶	فعال سازی عضلانی تکلیف ویژه
۵۶۷	تمرینات با بار سبک
۵۷۰	تطابق بار
۵۷۳	جهت گیری اندام
۵۷۷	انطباق پذیری عملکردهای اساسی به دست آمده از انقباضات بالستیک
۵۷۷	انجام انقباض بالستیک تحت شرایط اولیه مختلف
۵۷۹	اثرات حاد تمرین انقباضات بالستیک
۵۸۱	اثرات تمرین بر روی انقباضات بالستیک
۵۸۴	سطح فوق نخاعی
۵۸۶	سطح نخاعی
۵۸۸	انطباقها در سیستم عصبی مربوط به تمرین یک طرفه
۵۸۸	پاسخهای نخاعی و قشری حاد به انقباضات عضلانی قوی یک طرفه
۵۸۹	تغییرات در فعال سازی مغز
۵۹۵	تغییرات در سطح نخاعی
۵۹۷	انطباق‌های حاد با تمرین‌های یک طرفه و ارتباطات بالینی آن
۵۹۷	مکانیسم‌های قشری
۶۰۱	مکانیسم‌های نخاعی
۶۰۲	مفاهیم بالینی
۶۰۴	نتیجه گیری کلی

فصل هفدهم: کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی در شرایط خستگی	۶۲۱
مقدمه	۶۲۱
خستگی ناشی از تمرین	۶۲۳
خستگی محیطی: سازوکارها و پیامدها	۶۲۴
خستگی مرکزی	۶۲۹
نورون‌های حرکتی در حین خستگی	۶۳۳
قشر حرکتی در حین خستگی	۶۳۷
آوران‌های عضلات در خستگی	۶۳۹
خستگی ذهنی	۶۴۲
خستگی و اجرای حرکتی	۶۴۳
یادگیری حرکتی با عضلات خسته	۶۴۹
آیا خستگی در روند یادگیری اختلال ایجاد می‌کند؟	۶۵۰
آیا یادگیری در حین خستگی ویژگی خاصی دارد؟	۶۵۵
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۶۵۸
فصل هجدهم: اختلالات حرکتی	۶۷۷
مقدمه	۶۷۷
کنترل نورونی جابجایی حرکتی انسان	۶۷۸
اختلال حرکتی اسپاستیک	۶۸۰
حرکت کارکردی	۶۸۵
تفاوت‌های بین آسیب نخاعی و سکتی	۶۹۱
سازوکارهای جبرانی ثانویه	۶۹۴
نتیجه‌گیری	۶۹۶
اختلال حرکتی در بیماری پارکینسون	۶۹۷
حرکت کارکردی	۶۹۸
سازوکارهای جبرانی ثانویه	۷۰۶
نتیجه‌گیری	۷۱۰
جمع‌بندی	۷۱۱