

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

# تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین

www.ketaboo.ir

نویسنده: جیمز واتکینز

مترجمان:

دکتر محمد متقی طلب

دکتر شهرزاد معصومی

میلاذ فدایی ده چشمه

طالب فدایی ده چشمه

سعید میر سعادت

|                     |                                                                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | واتکینز، جیمز، ۱۹۴۶ م. - Watkins, James                                                                          |
| عنوان و نام پدیدآور | تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین / نویسنده جیمز واتکینز؛ مترجمان محمد متقی طلب... و دیگران. |
| مشخصات نشر          | تهران: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، ۱۴۰۰.                                                                   |
| مشخصات ظاهری        | ۳۱۹ ص.                                                                                                           |
| شابک                | 978-600-8930-53-2                                                                                                |
| وضعیت فهرست         | فیبیا                                                                                                            |
| نویسی               |                                                                                                                  |
| یادداشت             | عنوان اصلی: <i>Laboratory and field exercises in sport and exercise biomechanics, 2018.</i>                      |
| عنوان دیگر          | تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین.                                                           |
| موضوع               | حرکت‌شناسی بدن انسان   <i>Human mechanics</i>                                                                    |
| موضوع               | بیومکانیک   <i>Biomechanics</i>                                                                                  |
| موضوع               | تمرین‌های ورزشی -- جنبه‌های فیزیولوژیکی                                                                          |
| موضوع               | <i>Exercise -- Physiological aspects</i>                                                                         |
| شناسه افزوده        | متقی طلب، محمد، ۱۳۵۹ - مترجم                                                                                     |
| شناسه افزوده        | پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی                                                                                 |
| رده بندی کنگره      | QP۳۰۳                                                                                                            |
| رده بندی دیویی      | ۶۱۳/۷۶                                                                                                           |
| شماره کتابشناسی ملی | ۸۴۹۶۳۴۲                                                                                                          |

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی



## تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین

مترجمان: دکتر محمد متقی طلب، دکتر شهرزاد معصومی، میلاد فدایی ده چشمه، طالب فدایی ده چشمه، سعید میر سعادت

شابک: ۲-۵۳-۸۹۳۰-۶۰۰-۹۷۸

ناشر: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

شمارگان: ۵۰۰ نوبت چاپ: تهران، اول ۱۴۰۰ قطع: وزیری

چاپ و صحافی: پادینا قیمت: ۱۱۰ هزار تومان

تهران: خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پلاک ۳- کد پستی: ۱۵۸۷۹۵۸۷۱۱

تلفن: ۸۸۷۴۷۸۸۴ (۰۲۱) نامبر: ۸۸۷۳۹۰۹۲ [ssrc.ac.ir](http://ssrc.ac.ir) [info@ssrc.ac.ir](mailto:info@ssrc.ac.ir)

کلیه حقوق برای پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری محفوظ است.

## 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 به کارگیری 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 ارتقای 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 اینگونه کتب، به فضل خداوند متعال، گام‌های مؤثری در جهت تحقق اهداف عالیه نظام جمهوری اسلامی ایران برداشته باشیم.

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان                           |
|------|---------------------------------|
| ۹    | پیشگفتار.....                   |
| ۱۳   | <b>فصل اول.....</b>             |
| ۱۳   | مقدمه‌ای بر بیومکانیک.....      |
| ۱۴   | نیرو.....                       |
| ۱۴   | علم مکانیک.....                 |
| ۱۶   | زیرشاخه های علم مکانیک.....     |
| ۱۸   | بیومکانیک.....                  |
| ۱۸   | اشکال حرکت.....                 |
| ۲۱   | واحدهای اندازه گیری.....        |
| ۲۲   | نمادهای واحد در سیستم SI.....   |
| ۲۳   | تبدیل واحدها.....               |
| ۲۶   | منابع.....                      |
| ۲۷   | <b>فصل دوم.....</b>             |
| ۲۷   | تحلیل داده‌ها.....              |
| ۲۷   | داده‌های پیوسته و گسسته.....    |
| ۲۸   | مقیاس‌های اندازه گیری.....      |
| ۳۰   | منحنی توزیع طبیعی.....          |
| ۳۲   | شاخص‌های گرایش مرکزی.....       |
| ۳۵   | شاخص‌های پراکندگی.....          |
| ۴۰   | پایایی (ثبات).....              |
| ۴۱   | همبستگی.....                    |
| ۴۴   | خطای استاندارد اندازه گیری..... |
| ۴۶   | روایی.....                      |
| ۵۰   | رگرسیون.....                    |
| ۵۴   | خطای استاندارد برآورد.....      |
| ۵۶   | منابع.....                      |
| ۵۷   | <b>فصل سوم.....</b>             |
| ۵۷   | کینماتیک خطی.....               |
| ۵۷   | فضا و چارچوب نیوتونی مرجع.....  |

|    |                                                   |
|----|---------------------------------------------------|
| ۶۰ | چارچوب آناتومیکی مرجع                             |
| ۶۲ | مسافت و سرعت                                      |
| ۶۳ | سرعت متوسط در مسابقه ماراتن                       |
| ۶۴ | تحلیل کینماتیک خطی دوی ۱۰۰ متر سرعت               |
| ۶۵ | ضبط فیلم برای بررسی حرکت                          |
| ۶۶ | داده‌های مکان - زمان و سرعت - زمان ویدئویی        |
| ۷۱ | شتاب                                              |
| ۷۵ | طول چرخه، نرخ چرخه و سرعت جابه جایی در حرکت انسان |
| ۷۶ | تأثیر سرعت راه رفتن و دویدن بر طول گام و نرخ گام  |
| ۷۸ | طول گام بهینه                                     |
| ۸۰ | منابع                                             |

## ۸۱ فصل چهارم

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ۸۱  | کینتیک خطی                       |
| ۸۲  | مرکز ثقل                         |
| ۸۴  | ثبات                             |
| ۸۷  | بار، تنش و کرنش                  |
| ۸۸  | تنش کششی                         |
| ۸۹  | تنش فشاری                        |
| ۹۰  | تنش برشی                         |
| ۹۱  | عملکرد سیستم عضلانی - اسکلتی     |
| ۹۲  | اصطکاک                           |
| ۹۶  | کمیت برداری و اسکالر             |
| ۹۶  | بردارهای جابجایی                 |
| ۹۸  | بردارهای سرعت                    |
| ۹۸  | بردارهای نیرو و برآیند نیرو      |
| ۱۰۰ | مثلاثات یک مثلث قائم الزاویه     |
| ۱۰۳ | قضیه فیثاغورث                    |
| ۱۰۳ | تجزیه یک بردار به دو مؤلفه       |
| ۱۰۶ | خط سیر مرکز ثقل در راه رفتن      |
| ۱۰۷ | نیروی عکس العمل زمین در راه رفتن |
| ۱۰۸ | مؤلفه‌های نیروی عکس العمل زمین   |
| ۱۱۰ | مرکز فشار                        |

## تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین / ۵

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| ۱۱۱..... | خط سیر مرکز ثقل در حال دویدن.....          |
| ۱۱۱..... | نیروی عکس العمل زمین در دویدن.....         |
| ۱۱۳..... | بار فعال و غیر فعال.....                   |
| ۱۱۵..... | اندازه حرکت خطی.....                       |
| ۱۱۶..... | قوانین حرکت و جاذبه نیوتن.....             |
| ۱۱۶..... | اولین قانون نیوتن در حرکت.....             |
| ۱۱۷..... | قانون جاذبه نیوتن: جاذبه و وزن.....        |
| ۱۲۰..... | دومین قانون نیوتن در حرکت: قانون شتاب..... |
| ۱۲۴..... | واحدهای نیرو.....                          |
| ۱۲۷..... | سومین قانون نیوتن در حرکت.....             |
| ۱۲۸..... | منابع.....                                 |

## فصل پنجم..... ۱۳۱

|          |                                                      |
|----------|------------------------------------------------------|
| ۱۳۱..... | کینماتیک زاویه‌ای.....                               |
| ۱۳۲..... | جابجایی زاویه‌ای، سرعت زاویه‌ای و شتاب زاویه‌ای..... |
| ۱۳۴..... | ارتباط بین سرعت خطی و سرعت زاویه‌ای.....             |
| ۱۳۵..... | ارتباط بین شتاب خطی و شتاب زاویه‌ای.....             |
| ۱۳۶..... | تجزیه و تحلیل کینماتیکی.....                         |
| ۱۳۷..... | توالی چوبی شکل.....                                  |
| ۱۳۷..... | مرکز ثقل کل بدن.....                                 |
| ۱۳۹..... | کینماتیک زاویه‌ای.....                               |

## فصل ششم..... ۱۴۱

|          |                                                      |
|----------|------------------------------------------------------|
| ۱۴۱..... | کینتیک زاویه‌ای.....                                 |
| ۱۴۲..... | ممان نیرو.....                                       |
| ۱۴۳..... | ممان موافق و خلاف جهت عقربه‌های ساعت.....            |
| ۱۴۵..... | موقعیت مرکز ثقل بدن انسان.....                       |
| ۱۴۶..... | روش مستقیم.....                                      |
| ۱۴۹..... | روش غیر مستقیم.....                                  |
| ۱۵۱..... | مطالعه بر روی اجساد.....                             |
| ۱۵۳..... | مطالعات غوطه‌وری در آب.....                          |
| ۱۵۴..... | مدل‌های آنتروپومورفیک (تن سنجی).....                 |
| ۱۵۶..... | تعیین مرکز ثقل کل بدن با استفاده از اصل ممان‌ها..... |

## ۶ / تمرینات آزمایشگاهی و میدانی در بیومکانیک ورزش و تمرین

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| نیروی کانستریک، نیروی اکستریک و کوپل..... | ۱۶۰ |
| چرخش و اولین قانون نیوتن در حرکت.....     | ۱۶۴ |
| ممان اینرسی.....                          | ۱۶۵ |
| اندازه حرکت زاویه‌ای.....                 | ۱۶۷ |
| چرخش و دومین قانون حرکت نیوتن.....        | ۱۶۹ |
| چرخش و سومین قانون نیوتن.....             | ۱۷۰ |
| منابع.....                                | ۱۷۲ |

### فصل هفتم..... ۱۷۳

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| کار، انرژی و توان.....                  | ۱۷۳ |
| کار و انرژی جنبشی.....                  | ۱۷۴ |
| انرژی کششی.....                         | ۱۷۶ |
| انرژی پتانسیل گرانشی.....               | ۱۷۷ |
| پسماند، ارتجاع پذیری و نسبت میرایی..... | ۱۷۸ |
| توان.....                               | ۱۸۰ |
| توان متوسط.....                         | ۱۸۱ |
| توان لحظه‌ای.....                       | ۱۸۲ |
| کار ممان نیرو.....                      | ۱۸۴ |
| کار داخلی و خارجی.....                  | ۱۸۵ |
| منابع.....                              | ۱۸۶ |

### کاربرگ کاربردی..... ۱۸۹

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| کاربرگ کاربردی شماره ۱.....                                        | ۱۸۹ |
| تحلیل حرکت خطی دوی ۱۵ متر سرعت.....                                | ۱۸۹ |
| کاربرگ کاربردی شماره ۲.....                                        | ۱۹۴ |
| تاثیر افزایش سرعت بر طول گام، نرخ گام و طول نسبی گام در دویدن..... | ۱۹۴ |
| کاربرگ کاربردی شماره ۳.....                                        | ۱۹۹ |
| تعیین ضرایب اصطکاک ساکن و لغزشی بین کف کفش‌ها و سطوح بازی.....     | ۱۹۹ |
| کاربرگ کاربردی شماره ۴.....                                        | ۲۰۳ |
| تحلیل نیرو- زمان نیروی عکس العمل زمین در راه رفتن.....             | ۲۰۳ |
| کاربرگ کاربردی شماره ۵.....                                        | ۲۰۸ |
| تحلیل نیرو- زمان نیروی عکس العمل زمین در دویدن.....                | ۲۰۸ |
| کار برگ کاربردی شماره ۶.....                                       | ۲۱۳ |

## پیشگفتار

تمام حرکات و تغییرات مرتبط با آن، بواسطه نیروها صورت می‌پذیرد. هل دادن و کشیدن، دو نمونه از انواع نیروها هستند اما نمونه‌های دیگری مانند بلند کردن کتاب از روی میز، نگه داشتن قلم، چرخاندن دسته در، گرفتن توپ، زدن ضربه به توپ و پرتاب دیسک را نیز می‌توان نام برد. اینها نمونه‌هایی از اعمال نیرو توسط بدن برای به حرکت درآوردن اشیاء، و یا ایجاد تغییر در نحوه حرکت آنها مثلاً تغییر در سرعت و یا تغییر در جهت حرکت می‌باشد.

حرکت انسان توسط سیستم اسکلتی - عضلانی تحت کنترل سیستم عصبی صورت می‌گیرد. عضلات اسکلتی به منظور کنترل حرکت در هر مفصل و در نهایت کنترل حرکت در کل بدن، نیرویی از نوع کشیدن به استخوان‌ها وارد می‌کنند. با هماهنگی گروه‌های مختلف عضلانی، نیروهای ایجاد شده توسط عضلات ما به استخوان‌ها و مفاصل منتقل شده و ما را قادر به اعمال نیرو به محیط بیرونی عمدتاً بوسیله دست‌ها و پاها می‌نمایند؛ از اینرو است که ما می‌توانیم به صورت قائم بایستیم (و با نیروی وزن که تمایل دارد ما را سرنگون کند مقابله کنیم) و همین‌طور قادر خواهیم بود همزمان که شیئی را دستکاری می‌کنیم، از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کنیم. در نتیجه، توانایی بدن برای حرکت و انجام کلیه فعالیت‌های روزمره، بستگی به توانایی سیستم اسکلتی - عضلانی در تولید و انتقال نیرو دارد. نیروهایی که توسط سیستم اسکلتی - عضلانی تولید و منتقل می‌شوند، به عنوان نیروهای داخلی و وزن بدن و نیروهایی که ما در محیط خارجی اعمال می‌کنیم، به عنوان نیروهای خارجی شناخته می‌شوند.

مادامیکه ما نمی‌توانیم وزن بدن را تغییر دهیم، این وزن به عنوان یک نیروی خارجی غیرفعال در نظر گرفته می‌شود. نیروهای خارجی فعال نیروهایی هستند که به طور فعال تولید می‌شوند. نیروهای خارجی فعال توسط نیروهای داخلی تعیین می‌شوند. بیومکانیک، مطالعه نیروهای وارد بر موجودات زنده و بررسی تأثیر این نیروها بر اندازه، شکل، ساختار و حرکت موجود زنده می‌باشد. اجزای ساختار اسکلتی - عضلانی (عضلات، استخوان‌ها و مفاصل بین استخوان‌ها)، از نظر اندازه، شکل و ساختار دائماً در حال تطبیق با نیروهای داخلی هستند که بطور روزمره به آنها اعمال می‌شوند. سازگاری ساختاری، شاخه‌ای از علم بیومکانیک است، که به تأثیر نیروهای داخلی بر اندازه، شکل و ساختار اجزای سیستم اسکلتی - عضلانی می‌پردازد.