



دانشگاه سям نور

بیومکانیک ورزشی: اصول و مفاهیم

(رشته تربیت بدنی)

حمیدرضا امینی کمیجانی دکتر ابوالفضل فراهانی دکتر آذر آقاییاری

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشأن خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول: مقدمه‌ای بر بیومکانیک و حرکت‌شناسی	۱
اهداف کلی	۱
اهداف یادگیری	۱
۱-۱ معرفی بیومکانیک	۲
۱-۱-۱ آناتومی و آناتومی عملکردی	۳
۲-۱-۱ حرکت خطی و حرکت زاویه‌ای	۴
۳-۱-۱ کینماتیک و کینتیک	۵
۴-۱-۱ استاتیک و دینامیک	۵
۲-۱ اصطلاح‌شناسی حرکات آناتومیکی	۶
۱-۲-۱ اسامی بخش‌ها	۶
۲-۲-۱ اصطلاح‌شناسی فضایی و جهتی	۸
۳-۲-۱ توصیف حرکت	۹
۴-۲-۱ سطح‌ها و محورهای بدن و حرکات آناتومیکی	۱۵
خودآزمایی	۲۵
فصل دوم: کمیت‌های برداری و نرده‌ای در مکانیک و تحلیل حرکت	۲۷
اهداف کلی	۲۷
اهداف یادگیری	۲۷
۱-۲ جمع و تفریق بردارها	۲۸
۱-۱-۲ جمع کمیت‌های نرده‌ای	۲۹
۲-۱-۲ جمع بردارها	۲۹

۳۵	۳-۱-۲ جمع دو بردار با زوایای عمود بر هم
۳۷	۴-۱-۲ قانون متوازی الاضلاع
۴۳	۲-۲ تجزیه‌ی بردارها به مؤلفه‌ها
۴۳	۱-۲-۲ تجزیه یک بردار به دو بردار عمود بر هم
۴۵	۲-۲-۲ بردارهای واحد در سه بعد
۴۶	۳-۲ ضرب بردارها
۴۶	۱-۳-۲ ضرب یک بردار در یک کمیت نرده‌ای
۴۸	۲-۳-۲ حاصل ضرب نرده‌ای دو بردار
۵۰	۳-۳-۲ حاصل ضرب برداری دو بردار
۵۵	۴-۲ سیستم واحدها
۵۷	خودآزمایی

فصل سوم: کینماتیک خطی

۶۳	اهداف کلی
۶۳	اهداف یادگیری
۶۴	۱-۳ قانون اینرسی
۶۴	۲-۳ اندازه‌گیری تندى یا سرعت یک شیء
۶۶	۱-۲-۳ معنى نموداری سرعت حرکت
۶۹	۲-۲-۳ معادلات جابه‌جایی و سرعت برای وضعیت شتاب یکنواخت
۷۵	۳-۳ شتاب به عنوان شیب نمودار سرعت-زمان
۷۶	۴-۳ چهارچوب‌های مرجع
۷۸	۵-۳ پرتابه‌ها
۷۹	۱-۵-۳ تجزیه سرعت به مؤلفه‌های افقی و عمودی
۸۰	۲-۵-۳ محاسبه زمان پرواز T
۸۳	۳-۵-۳ محاسبه برد افقی R
۸۳	۴-۵-۳ پرتابه با ارتفاع‌هایی بالاتر یا پائین‌تر از ارتفاع سطح فرود
۸۵	خودآزمایی

فصل چهارم: تعادل

۹۱	اهداف کلی
۹۱	اهداف یادگیری
۹۲	۱-۴ شرایط تعادل ایستا
۹۳	۲-۴ اثر اصطکاک و اهمیت آن برای ایجاد تعادل
۹۵	۳-۴ ممان نیرو
۹۶	۴-۴ جمع و تفریق نیروهای موازی
۹۸	۵-۴ مرکز گرانش و مرکز جرم
۱۰۲	۶-۴ جفت نیروها
۱۰۳	۷-۴ اجسام ساکن - اجسام دارای تعادل

۱۰۳	۸-۴ تعادل تحت عمل دو نیرو
۱۰۵	۹-۴ مرکز جرم یک جسم ساکن
۱۰۶	۱۰-۴ تعادل تحت عمل ۳ نیرو
۱۰۸	۱-۱۰-۴ سه نیروی موازی
۱۱۰	۲-۱۰-۴ سه نیروی غیر موازی
۱۱۳	۱۱-۴ هیدروستاتیک و شناوری
۱۱۳	۱-۱۱-۴ فشار هیدروستاتیک به عنوان تابعی از عمق
۱۱۳	۲-۱۱-۴ نیروی بالارانش یا شناوری بر روی یک جسم غوطه‌ور
۱۱۴	۳-۱۱-۴ وزن مخصوص
۱۱۵	۱۲-۴ نمودارهای جسم آزاد
۱۱۶	۱-۱۲-۴ محاسبه‌ی نیروهای نامعلوم
۱۱۸	۲-۱۲-۴ محاسبه‌ی ممان‌های مفصل
۱۲۲	خودآزمایی

۱۲۷	فصل پنجم: دینامیک ۱
۱۲۷	اهداف کلی
۱۲۷	اهداف یادگیری
۱۲۷	۱-۵ اینرسی و جرم
۱۲۸	۲-۵ نیرو
۱۲۸	۳-۵ قانون اول نیوتن
۱۲۹	۴-۵ نیروهای گرانشی
۱۳۰	۵-۵ قانون دوم نیوتن
۱۳۱	۶-۵ اندازه‌گیری جرم و نیرو
۱۳۱	۱-۶-۵ مقایسه نیروهای معلوم و نامعلوم
۱۳۱	۲-۶-۵ کشش سنج‌ها
۱۳۲	۳-۶-۵ سلول‌های فشار و صفحات نیرو
۱۳۳	۷-۵ شتاب قابل استناد به گرانش و وزن
۱۳۵	۸-۵ قانون سوم نیوتن
۱۳۸	۹-۵ اصطکاک
۱۴۰	۱-۹-۵ اصطکاک و مساحت تماس
۱۴۱	۲-۹-۵ اصطکاک و سرعت
۱۴۲	۳-۹-۵ خلاصه‌ای از اصطکاک کینتیک و اصطکاک ساکن
۱۴۵	۱۰-۵ اندازه حرکت جسم
۱۴۸	۱۱-۵ حرکت پرتابه با در نظر گرفتن نیروی پسا
۱۴۸	۱-۱۱-۵ مقدمه
۱۴۸	۲-۱۱-۵ عدد رینولد
۱۵۱	۳-۱۱-۵ نیروی پسا و اثر آن بر حرکت
۱۵۳	خودآزمایی

۱۵۷	فصل ششم: دینامیک ۲
۱۵۷	اهداف کلی
۱۵۷	اهداف یادگیری
۱۵۷	۱-۶ کار انجام شده به وسیله نیروی ثابت
۱۶۰	۲-۶ کار انجام شده به وسیله نیروی متغیر
۱۶۳	۳-۶ انرژی جنبشی
۱۶۵	۴-۶ انرژی پتانسیل گرانشی
۱۶۷	۵-۶ بقاء انرژی مکانیکی
۱۷۰	۶-۶ توان
۱۷۱	۷-۶ نیروهای ضربه‌ای و برخوردها
۱۷۱	۱-۷-۶ ارتباط ضربه - اندازه حرکت
۱۷۳	۲-۷-۶ حالت خاص نیروی ضربه‌ای ثابت
۱۷۴	۳-۷-۶ برخورد در یک بعد
۱۷۵	۴-۷-۶ بقاء اندازه حرکت خطی
۱۷۶	۵-۷-۶ برخوردهای ارتجاعی و غیر ارتجاعی
۱۸۰	۶-۷-۶ برخوردهای مورب
۱۸۱	۷-۷-۶ بازی‌های باتوم - و - توپ و اثر حالت ارتجاعی
۱۸۳	خودآزمایی

۱۸۷	فصل هفتم: کینماتیک زاویه‌ای
۱۸۷	اهداف کلی
۱۸۷	اهداف یادگیری
۱۸۷	۱-۷ مبانی حرکت چرخشی
۱۸۷	۱-۱-۷ جابه‌جایی، سرعت، و شتاب زاویه‌ای
۱۹۰	۲-۱-۷ رابطه‌ی بین سرعت خطی و سرعت زاویه‌ای
۱۹۱	۳-۱-۷ شتاب‌های مایل به مرکز و مماسی
۱۹۴	۲-۷ زاویه‌های مطلق و نسبی
۱۹۵	۳-۷ محاسبه اطلاعات زاویه‌ای از داده‌های مختصات (X, Y)
۱۹۵	۱-۳-۷ محاسبه‌ی جابه‌جایی زاویه‌ای
۱۹۷	۲-۳-۷ محاسبه‌ی سرعت زاویه‌ای از جابه‌جایی زاویه‌ای
۱۹۹	۳-۳-۷ محاسبه‌ی شتاب زاویه‌ای از داده‌های سرعت زاویه‌ای
۲۰۱	۴-۷ فرمول‌های چرخش برای وضعیت شتاب زاویه‌ای ثابت
۲۰۳	خودآزمایی

۲۰۷	فصل هشتم: دینامیک زاویه‌ای
۲۰۷	اهداف کلی
۲۰۷	اهداف یادگیری
۲۰۷	۱-۸ بردارهای حرکت زاویه‌ای

۲۱۰	۸-۲ گشتاور
۲۱۳	۸-۳ اینرسی زاویه‌ای
۲۱۸	۸-۴ محاسبه‌ی ممان اینرسی
۲۲۰	۸-۵ اندازه حرکت زاویه‌ای
۲۲۲	۸-۶ انرژی جنبشی زاویه‌ای
۲۲۴	۸-۷ ترکیب چرخش و انتقال
۲۲۶	۸-۸ اندازه حرکت زاویه‌ای در سیستم‌های متصل به هم
۲۲۹	۸-۹ دست‌کاری محورهای چرخش
۲۳۰	خودآزمایی

۲۳۳	فصل نهم: دینامیک سیال و پرواز توپ‌ها
۲۳۳	اهداف کلی
۲۳۳	اهداف یادگیری
۲۳۳	۹-۱ گران‌روی
۲۳۵	۹-۲ نیروهای شناوری
۲۳۷	۹-۳ چگالی و وزن مخصوص
۲۳۷	۹-۳-۱ شناوری بدن انسان
۲۳۹	۹-۴ نیروهای دینامیکی سیال
۲۴۰	۹-۵ سرعت نسبی
۲۴۰	۹-۶ نیروی پسا
۲۴۳	۹-۷ نیروی بالابر
۲۴۵	۹-۸ اصل برنولی
۲۴۷	۹-۹ چرخش و اثر مگنوس
۲۴۸	۹-۱۰ مرکز فشار
۲۴۹	۹-۱۱ اثرات نیروهای دینامیکی سیال
۲۵۰	۹-۱۲ لایه‌ی مرزی
۲۵۵	۹-۱۳ ضربه‌ی قوسی
۲۵۶	خودآزمایی

۲۵۷	پاسخ خودآزمایی‌ها
۲۷۵	پیوست ۱: واحدهای اندازه‌گیری و روش‌های ریاضی
۲۹۵	پیوست ۲: آناتومی و حرکت پا و مچ پا

۳۰۵	منابع
-----	--------------

پیشگفتار مؤلف‌ها

کتاب «بیومکانیک ورزشی: اصول و مفاهیم» شامل مطالبی است که دانشجویان رشته تربیت بدنی را با اصول بیومکانیک ورزشی آشنا می‌کند. در ابتدای هر فصل اهداف فصل آورده شده است. بعد از ارائه مطالب اصلی در هر بخش، مثال‌هایی ارائه شده است که فراگیری مطالب را برای دانشجو راحت‌تر می‌نماید. در انتهای هر فصل نیز خودآزمایی شامل سوال‌های مختلف از فصل آورده شده است. برای بسیاری از دانشجویان یادگیری مفاهیم ریاضی و مکانیک ارائه شده در کتاب مشکل به نظر می‌رسد اما با مطالعه دقیق مطالب ارائه شده و توجه به مثال‌ها و خودآزمایی‌ها، یادگیری مطالب برای هر دانشجویی امکان‌پذیر خواهد بود.

فصل اول به معرفی بیومکانیک و حرکت‌شناسی پرداخته است. در این فصل تفاوت بیومکانیک و حرکت‌شناسی بیان شده است. همچنین انواع تجزیه و تحلیل‌های بیومکانیکی، مؤلفه‌های تجزیه و تحلیل بیومکانیکی و حرکت‌شناسی حرکت، اسامی بخش‌های بدن، وضعیت‌های پایه و تشریحی بدن، اصطلاح‌های توصیف وضعیت‌ها، موقعیت‌ها و حرکات اندام‌ها، و سطح‌ها و محورهای حرکات آناتومیکی توضیح داده شده‌اند.

در فصل دوم کمیت‌های برداری و نرده‌ای و چگونگی جمع و ضرب کمیت‌های برداری و نرده‌ای شرح داده شده است. فصل سوم به کینماتیک خطی پرداخته است. و در فصول چهارم تا هشتم دینامیک خطی، کینماتیک زاویه‌ای و دینامیک زاویه‌ای مورد بحث قرار گرفته‌اند.

در انتها دو پیوست آورده شده است که در پیوست ۱ واحدهای اندازه گیری و روش های ریاضی و مثلثات به طور مختصر شرح داده شده اند و در پیوست ۲ آناتومی و حرکت پا و میچ پا مورد مطالعه قرار گرفته است.

امید است کتاب حاضر مورد اقبال جامعه دانشگاهی رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی واقع شود. پیشاپیش مراتب سپاسگزاری خود را از هرگونه انتقاد سازنده خوانندگان اعلام می داریم.

دکتر ابوالفضل فراهانی

دکتر آذر آقاییاری

حمیدرضا امینی کمیجانی

فصل اول

مقدمه‌ای بر بیومکانیک و حرکت‌شناسی

اهداف کلی

ارائه‌ی شرح و توضیح در مورد بیومکانیک و حرکت‌شناسی و ذکر ارتباط بین آنها و معرفی مؤلفه‌های تحلیل حرکت‌شناسی و بیومکانیکی حرکت. در این فصل مفاهیم و اصطلاحات مورد استفاده در توصیف حرکات آناتومیکی شرح داده خواهند شد.

اهداف یادگیری

- پس از مطالعه این فصل خواننده می‌تواند:
- تفاوت بیومکانیک و حرکت‌شناسی را بیان کند.
- تجزیه و تحلیل‌های بیومکانیکی شامل تجزیه و تحلیل کمی و کیفی را شرح دهد.
- مؤلفه‌های تجزیه و تحلیل بیومکانیکی و حرکت‌شناسی حرکت را بیان کند و موارد استفاده‌ی آنها را بیان کند.
- اسامی بخش‌های بدن را نام ببرد.
- فرق وضعیت‌های ایستادن پایه و تشریحی بدن را بدانند.
- اصطلاح‌هایی که برای توصیف وضعیت‌ها، موقعیت‌ها و حرکات اندام‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند را توضیح دهد.
- سطح‌ها و محورهای حرکات آناتومیکی را بشناسد.
- حرکات پایه و حرکات اختصاصی بخش‌ها را شرح دهد.

۱-۱ معرفی بیومکانیک

اغلب مطالعه‌کنندگان حرکت انسان در مورد استفاده از اصطلاح‌های حرکت‌شناسی^۱ و بیومکانیک^۲ وحدت نظر ندارند. اصطلاح حرکت‌شناسی به دو شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. نخست به‌عنوان مطالعه‌ی علمی حرکت انسان می‌تواند یک لغت فراگیر برای توصیف هر کدام از ارزیابی‌های آناتومیکی، فیزیولوژیکی، روان‌شناختی یا مکانیکی حرکت انسان باشد. از این رو حرکت‌شناسی برای توصیف محتوای حوزه‌های مختلف توسط چندین رشته‌ی تحصیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو حتی برخی از گروه‌های تربیت بدنی و علوم ورزشی گروه خود را حرکت‌شناسی نامیده‌اند. در شکل دوم حرکت‌شناسی محتوای کلاسی را تعریف و تعیین می‌کند که در آن حرکت انسان با استفاده از بررسی منبع و مشخصات حرکت ارزیابی می‌شود. ممکن است در یک دانشگاه کلاس حرکت‌شناسی بیشتر شامل آناتومی عملکردی^۳ و در دانشگاه دیگر فقط شامل بیومکانیک باشد.

در گذشته حرکت‌شناسی بخشی از برنامه تحصیلی دانشگاه بود و در ابتدا به سیستم عضلانی اسکلتی، کارایی حرکت از نظر آناتومیکی، و اعمال مفاصل و عضلات در طول حرکات ساده و پیچیده معطوف بود. شناسایی مراحل مجزای حرکت، توصیف حرکت‌های قطعه‌ای^۴ در هر مرحله و شناسایی عضلات درگیر در حرکت مفصل از فعالیت‌های دانشجوی بود. برای مثال حرکات در تحلیل حرکت‌شناسی بلند شدن از روی صندلی شامل باز شدن ران، باز شدن زانو و پلانتر فلکشن^۵ (دور شدن پشت پا از ساق پا) است که به ترتیب به وسیله‌ی گروه‌های عضلانی همسترینگ (پشت ران)، چهار سر رانی (جلوی ران) و سه سر ساقی (پشت ساق) انجام می‌شوند. اغلب تجزیه و تحلیل‌های حرکت‌شناسی کیفی در نظر گرفته می‌شوند، چون شامل مشاهده‌ی حرکت، تجزیه‌ی حرکت به اجزای آن و شناسایی عضلات مشارکت‌کننده در حرکت هستند. محتوای حرکت‌شناسی بسیاری از حوزه‌های بیومکانیک را در خود جای داده و به‌عنوان پیش‌نیازی برای معرفی محتوای کمی بیومکانیک کاربرد دارد.

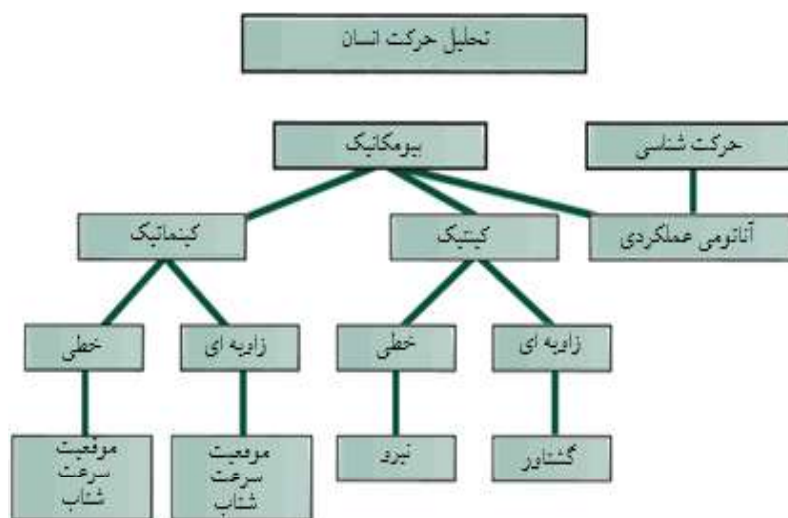
1. kinesiology
2. biomechanics
3. functional anatomy
4. segmental movements
5. plantar flexion

۳ مقدمه‌ای بر بیومکانیک و حرکت‌شناسی

محتوای بیومکانیک از مکانیک اقتباس شده است که شاخه‌ای از فیزیک شامل مطالعه‌ی حرکت و اثر نیروها بر روی شیئی است. انجمن بیومکانیک آمریکا، بیومکانیک را به‌عنوان به‌کارگیری قوانین مکانیک جهت مدل کردن حرکت تعریف کرده است. تجزیه و تحلیل بیومکانیکی، حرکت موجود زنده و اثر نیروها را بر روی موجود زنده ارزیابی می‌کند. رویکرد بیومکانیکی جهت تجزیه و تحلیل حرکت می‌تواند کیفی یا کمی باشد. در تجزیه و تحلیل کیفی، حرکت مشاهده و توصیف می‌شود و در تجزیه و تحلیل کمی، برخی از جنبه‌های حرکت اندازه‌گیری می‌شود. در شکل ۱-۱ مؤلفه‌های تحلیل بیومکانیکی و حرکت‌شناسی حرکت نشان داده شده‌اند.

۱-۱-۱ آناتومی و آناتومی عملکردی

آناتومی یا علم ساختار بدن، قاعده‌ی هر می است که تخصص مربوط به حرکت انسان بر روی آن توسعه یافته است. علم آناتومی امکان شناسایی مفاصل، عضلات، اعصاب، عروق، رباط‌ها و نقاط مهم بدن مثل برجستگی بزرگ ران و مکان آنها را می‌دهد.



شکل ۱-۱. انواع تجزیه و تحلیل حرکتی. حرکت می‌تواند با بررسی مشارکت‌کننده‌های آناتومیکی حرکت (آناتومی کاربردی)، توصیف مشخصه‌های حرکت (کینماتیک)، یا تعیین علل حرکت (کیتیک) انجام شود.

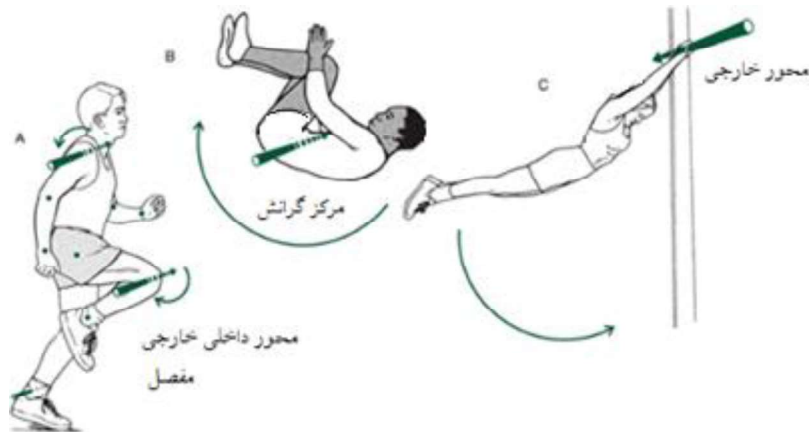
آناتومی عملکردی مطالعه‌ی اجزاء مورد نیاز برای اجرای حرکت یا عملکرد انسان است. در آناتومی عملکردی محل عضلات مورد توجه نیست، بلکه حرکتی که یک عضله یا گروهی از عضلات تولید می‌کنند مورد توجه است.

۱-۱-۲ حرکت خطی و حرکت زاویه‌ای

در حرکت خطی^۱ کلیه‌ی اجزای شیئی در یک زمان معین مسافت یکسانی را طی می‌کنند. به حرکت خطی حرکت انتقالی^۲ نیز می‌گویند. اگر دو نقطه را بر روی جسم حال حرکت فرض کنیم و با خطی این دو نقطه را به هم وصل کنیم، چنانچه راستای این خط هنگام حرکت تغییر نکند، این جسم دارای حرکت خطی است. حرکت خطی جسم می‌تواند در مسیر مستقیم باشد یا در مسیر منحنی شکل باشد. به این حرکات به ترتیب حرکت مستقیم‌الخط و حرکت منحنی‌الخط گویند. به‌عنوان مثال تنه‌ی یک دوچرخه‌سوار هنگام حرکت در یک مسیر مستقیم، دارای حرکت مستقیم‌الخط است. پرش‌کننده‌ی با اسکی بعد از جدا شدن از زمین دارای حرکت خطی از نوع منحنی‌الخط است. در حرکت زاویه‌ای^۳ جسم حول یک نقطه حرکت می‌کند و در این حالت همه‌ی بخش‌های جسم در مدت زمان یکسان مسافت یکسانی را طی نمی‌کنند. اگر دو نقطه را بر روی جسم در حال حرکت فرض کنیم و با خطی این دو نقطه را به هم وصل کنیم، چنانچه راستای این خط هنگام حرکت مدام تغییر کند، جسم دارای حرکت زاویه‌ای است. مانند ژیمناستی که بر روی بارفیکس در حال تاب خوردن است.

تمامی حرکات خطی انسان و اشیائی که انسان به حرکت در می‌آورد، حاصل حرکت زاویه‌ای بخش یا بخش‌هایی از بدن است. به‌عنوان مثال حرکت زاویه‌ای اندام تحتانی دوچرخه‌سوار باعث حرکت انتقالی تنه دوچرخه‌سوار و دوچرخه می‌شود. با این حال به‌طور استثناء در برخی حرکات انسان مانند سقوط آزاد و پرش با اسکی به جای حرکت زاویه‌ای بخش‌های بدن، یک نیروی خارجی مانند نیروی جاذبه باعث حرکت خطی می‌شود. حرکت خطی حول یک خط فرضی با نام محور چرخش رخ می‌دهند و این محور ممکن است در مرکز ثقل بدن، در مرکز مفصل، یا خارج از بدن باشد.

1. linear motion
2. translational motion
3. angular motion



شکل ۱-۲. نمونه‌هایی از حرکت زاویه‌ای. حرکت زاویه‌ای بدن، شیئی یا بخشی از بدن می‌تواند حول محوری فرضی ایجاد شود که الف) از مفصل عبور می‌کند، ب) از مرکز ثقل عبور می‌کند، ج) خارج از بدن قرار دارد.

۱-۳-۱ کینماتیک و کینتیک

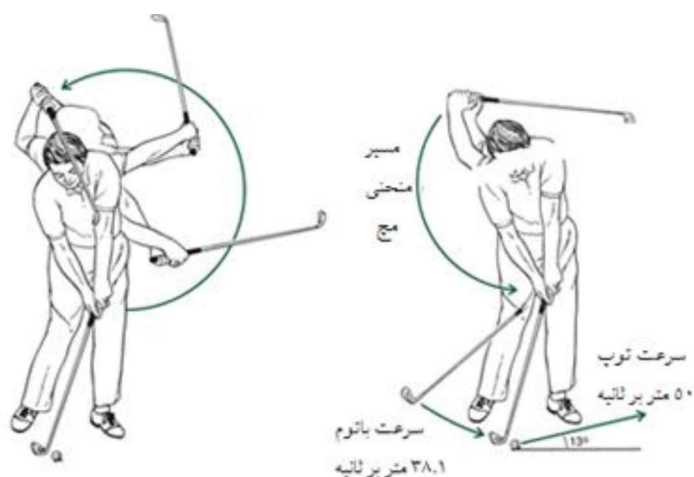
در بیومکانیک می‌توان ویژگی‌های یک حرکت را توصیف کرد و یا نیروهای وارد بر جسم و حرکت را بررسی کرد. تجزیه و تحلیل کینماتیکی توصیف حرکت بدون پرداختن به علت آن است. سرعت، تندی، شتاب، مسافت طی شده، جابه‌جایی و تغییر ارتفاع از ویژگی‌های کینماتیکی^۱ حرکت هستند. هنگامی که نیروهای وارده بر جسم یا یک سیستم بررسی می‌شود، تجزیه و تحلیلی کینتیکی^۲ صورت می‌گیرد. در تحلیل کینتیکی با توجه به اثر نیروها که تغییردهنده‌ی وضعیت حرکت جسم هستند، می‌توان نیروهای نامعلوم را شناخت و یا با توجه به نیروهای وارده بر جسم، وضعیت حرکت آن را پیش‌بینی کرد.

۱-۴-۱ استاتیک و دینامیک

در استاتیک^۳ اجسام یا سیستم‌های ساکن یا دارای سرعت حرکت ثابت مورد بررسی قرار می‌گیرند. سیستم‌هایی که در استاتیک مورد بررسی قرار می‌گیرند در حال تعادل

1. kinematics
2. kinetics
3. statics

هستند و در آنها شتابی وجود ندارد. در استاتیک می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل کینتیکی، نیروهایی که مسئول حفظ یک وضعیت ثابت هستند را تعیین کرد و با استفاده از تجزیه و تحلیل کینماتیکی برای اثبات وجود تعادل در حضور نیروهای معلوم بهره گرفت. دینامیک^۱ تجزیه و تحلیل سیستم‌های دارای حرکت شتابدار است. در دینامیک نیز از هر دو رویکرد کینماتیکی و کینتیکی استفاده می‌شود.



شکل ۱-۳. تجزیه و تحلیل کینماتیکی بر مقدار و نوع حرکت، جهت حرکت و سرعت یا تغییر سرعت بدن یا شیئی متمرکز است. ضربه‌ی گلف از دو منظر بررسی می‌شود: اجزای زاویه‌ای تاب چوب گلف (بالا) و جهت سرعت چوب و توپ (پایین).

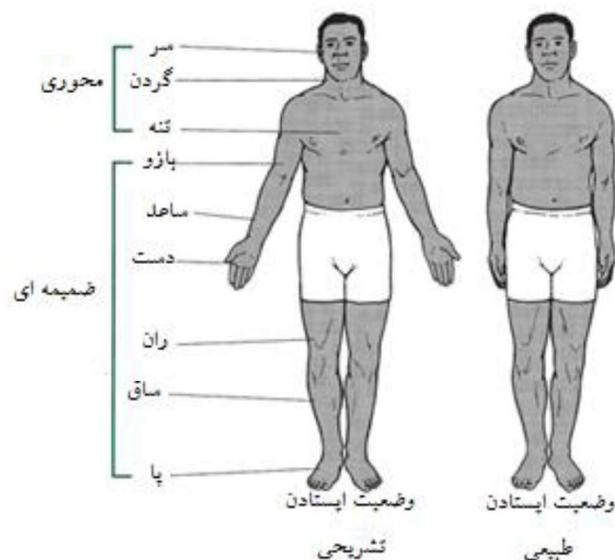
۲-۱ اصطلاح‌شناسی حرکات آناتومیکی

۱-۲-۱ اسامی بخش‌ها

به‌طور کلی بدن از دو قسمت محوری و ضمیمه‌ای تشکیل شده است. قسمت محوری بدن شامل سر، گردن و تنه است. قسمت ضمیمه‌ای از اندام‌های فوقانی و تحتانی تشکیل شده است. اندام فوقانی شامل کمر بند شانه‌ای، بازو، ساعد و دست است. کمر بند شانه‌ای شامل استخوان‌های کتف و ترقوه، بازو شامل استخوان بازو، ساعد

مقدمه‌ای بر بیومکانیک و حرکت‌شناسی ۷

شامل استخوان‌های زند زیرین و زند زیرین، و دست شامل استخوان‌های میچ دست یا کارپال^۱، استخوان‌های کف دست یا متاکارپال^۲ و استخوان‌های انگشتان یا فالانژ^۳ هستند. تنها مفصل‌بندی بین اندام فوقانی و بخش محوری بدن مفصل جناغی-ترقوه‌ای است.



شکل ۱-۴. وضعیت شروع پایه در مقایسه با وضعیت شروع آناتومیکی. وضعیت شروع پایه و آناتومیکی به‌عنوان مرجعی برای توصیف حرکات مفاصل استفاده می‌شوند.

اندام تحتانی شامل کمر بند لگنی، ران، ساق و پا است. کمر بند لگنی از استخوان بی‌نام تشکیل شده است. هر استخوان بی‌نام از سه استخوان خاصره‌ای، عانه‌ای و نشیمنگاهی ساخته شده است. بخش ران از استخوان ران تشکیل شده است و درشت نی و نازک نی بخش ساق پا را می‌سازند. پا از استخوان‌های میچ پا یا تارسال^۴، کف پا یا متاتارسال^۵، و انگشتان یا فالانژ تشکیل شده است.

-
1. carpal
 2. metacarpal
 3. phalange
 4. tarsal
 5. metatarsal

۱-۲-۲ اصطلاح‌شناسی فضایی و جهت‌ی

برای تعیین و بیان محل نقاط خاص روی بدن و نیز توصیف حرکت اندام‌ها و بخش‌های مختلف بدن باید از یک وضعیت مرجع در بدن استفاده کنیم. بهتر است برای توصیف وضعیت‌ها، موقعیت‌ها و حرکات اندام‌ها از یک وضعیت مرجع استاندارد استفاده کرد. متخصصان علم تشریح در مطالعات خود از دو وضعیت استاندارد را به‌عنوان وضعیت مرجع پذیرفته‌اند. در وضعیت آناتومیکی^۱ یا تشریحی، در حالی که صورت به روبه رو قرار دارد بدن به‌صورت صاف ایستاده و پاها موازی هم هستند و ساق پاها در کنار هم قرار دارند. دست‌ها در زیر شانه‌ها آویزان هستند. کف دست‌ها رو به جلو قرار دارند.

وضعیت دیگر وضعیت پایه^۲ یا طبیعی است که تنها یک تفاوت با وضعیت تشریحی دارد. در وضعیت پایه دست‌ها به‌صورت شل آویزان بوده و کف دست‌ها رو به تنه هستند. از این وضعیت برای توصیف حرکات چرخشی ساعد استفاده می‌شود.

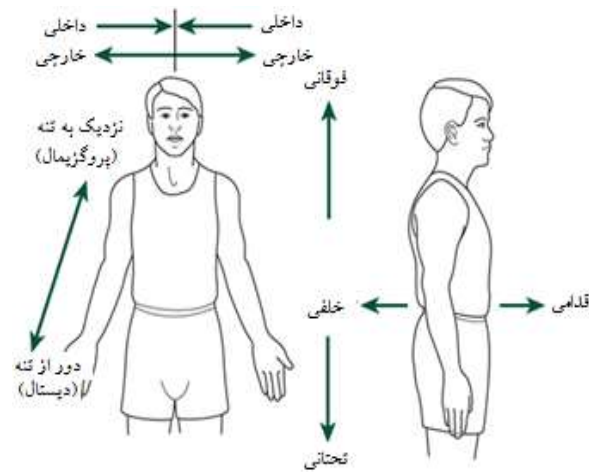
برای توصیف وضعیت‌ها، موقعیت‌ها و حرکات اندام‌ها، علاوه بر استفاده از یک وضعیت مرجع باید از اصطلاح‌های تشریحی نیز استفاده کرد. اصطلاحات عبارت‌اند از: **قدامی^۳ و خلفی^۴**: به ترتیب به معنای به طرف جلو و به طرف عقب بدن هستند.

شکمی و پشتی نیز مترادف با این اصطلاح‌ها هستند. به‌عنوان مثال بینی در سطح قدامی سر قرار دارد و ناخن انگشتان در سطح خلفی انگشتان قرار دارند.

فوقانی^۵ و تحتانی^۶: فوقانی نشان می‌دهد که یک قسمت به سر نزدیک‌تر است و تحتانی نشان می‌دهد که یک قسمت به پاها نزدیک‌تر است. همچنین اصطلاح **جمعیه‌ای** یا **سری** معادل **فوقانی** استفاده می‌شود و **دمی** معادل **تحتانی** استفاده می‌شود.

داخلی یا میانی^۷ و خارجی یا جانبی^۸: این دو اصطلاح به ترتیب برای بیان موقعیت نسبت به خط میانی بدن استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال بینی نسبت به چشم‌ها در قسمت داخلی بدن قرار دارد. گوش راست در قسمت خارجی چشم راست قرار دارد.

-
1. anatomical position
 2. fundamental position
 3. anterior
 4. posterior
 5. superior
 6. inferior
 7. medial
 8. lateral



شکل ۱-۵. اصطلاحات آناتومیکی استفاده شده برای توصیف وضعیت یا جهت نسبی.

دور از تنه یا مبداء (دیستال)^۱ و نزدیک به تنه یا مبداء (پروگزیمال)^۲: نشان‌دهنده‌ی موقعیت نقاط مختلف اندام نسبت به محل اتصال اندام به تنه است. بازو نسبت به ساعد به تنه نزدیک‌تر است. مفصل دیستال یا دور از تنه‌ی استخوان ران مفصل زانو است و مفصل پروگزیمال یا نزدیک به تنه‌ی استخوان ران، مفصل ران است.

سطحی^۳ و عمقی^۴: نشان‌دهنده‌ی موقعیت نسبت به سطح خارجی بدن هستند. به‌عنوان مثال عضلات سطحی درست زیر پوست قرار دارند مانند عضله‌ی دلتوئید و عضله‌ی دو سر بازویی و عضلات عمقی از پوست دورترند مانند عضله‌ی تحت کتفی.

۱-۲-۳ توصیف حرکت

- **حرکات پایه:** شش حرکت پایه با ترکیب‌های مختلف در مفاصل انجام می‌شود. دو حرکت اول خم کردن و باز کردن است که تقریباً در همه‌ی مفاصل متحرک بدن

1. distal
2. proximal
3. superficial
4. deep