

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

برای دانشجویان رشته‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی

دکتر محمد عسکری

مرداد ۱۴۰۵ ه.ش

بیومکانیک فقط یک درس تئوری نیست؛ بلکه ابزاری قدرتمند برای درک عمیق‌تر حرکت انسان و بهبود عملکرد در ورزش است. هر مربی و ورزشکاری که این علم را به کار گیرد، می‌تواند گام‌های مؤثرتری در مسیر موفقیت بردارد و از آسیب‌های ورزشی پیشگیری کند.

فهرست:

- فصل ۱: چپستی و اهداف بیومکانیک
- فصل ۲: قوانین فیزیک و مفاهیم پایه (نیرو، گشتاور، تکانه، قوانین نیوتن)
- فصل ۳: آناتومی کاربردی (اهرم‌ها، مرکز ثقل، سطح اتکا، مفاصل)
- فصل ۴: سینماتیک (توصیف حرکت، سرعت، شتاب، حرکت پرتابی)
- فصل ۵: سینتیک (نیروها، GRF، گشتاور، تکانه، پایداری)
- فصل ۶: تعادل، پایداری، کار، انرژی و توان
- فصل ۷: مکانیک سیالات (مقاومت، برآر، اثر مگنوس)
- فصل ۸: تکنولوژی‌های تحلیل حرکت (دوربین، صفحه‌ی نیرو، EMG، IMU)
- فصل ۹: کاربردهای عملی در دویدن، پرتاب، پرش و طراحی تجهیزات
- فصل ۱۰: پوست‌ها و واژه‌نامه‌ی کامل بیومکانیک ورزشی

همراه با پاسخ‌های تشریحی خودآزمایی‌های هر فصل

و دویست سوال تستی چهار گزینه و کلید پاسخنامه

فصل اول - آشنایی با بیومکانیک ورزشی و مفاهیم بنیادین

۱-۱. بیومکانیک ورزشی چیست؟

بیومکانیک ورزشی شاخه‌ای از علم حرکت‌شناسی است که قوانین فیزیک و مکانیک را برای تحلیل حرکت انسان در فعالیت‌های ورزشی به کار می‌گیرد.

به عبارت ساده‌تر، بیومکانیک به ما پاسخ می‌دهد که:

- چرا یک حرکت ورزشی به صورت خاص انجام می‌شود؟
- چگونه می‌توان آن حرکت را بهبود بخشید؟
- چه عواملی باعث آسیب در یک حرکت می‌شوند؟

این علم، پل ارتباطی میان علوم پایه (فیزیک، ریاضیات، آناتومی) و علوم ورزشی (مربیگری، فیزیولوژی، توانبخشی) است.

۱-۲. اهداف اصلی بیومکانیک ورزشی

بیومکانیک ورزشی سه هدف اساسی دارد:

هدف اول: بهینه‌سازی عملکرد (بهبود رکورد و کارایی)

در این هدف، بیومکانیک به دنبال بهترین الگوی حرکتی برای دستیابی به حداکثر نتیجه با حداقل اتلاف انرژی است.

مثال ۱ (دوی سرعت):

تحلیل بیومکانیکی نشان می‌دهد که یک دوندۀ ۱۰۰ متر باید چه طول گام و چه فرکانس گام (تعداد گام در ثانیه) داشته باشد تا بیشینه‌ی سرعت را کسب کند. همچنین، زاویه‌ی تنه، وضعیت سر، و حرکت بازوها همگی بر کاهش مقاومت هوا و افزایش کارایی تأثیر دارند.

مثال ۲ (پرتاب نیزه):

بیومکانیک مشخص می‌کند که زاویه‌ی خروج نیزه (حدود ۴۰ تا ۴۳ درجه) و توالی درست فعال‌سازی عضلات از پا تا دست (زنجیره‌ی حرکتی) بیشترین مسافت را ایجاد می‌کند.

مثال ۳ (شنا):

یک شناگر با تغییر جزئی در زاویه‌ی دست هنگام کشش زیر آب، می‌تواند نیروی پیش‌ران بیشتری تولید کند و با اصلاح وضعیت سر، مقاومت آب را کاهش دهد.

هدف دوم: پیشگیری از آسیب

بیومکانیک الگوهای حرکتی پرخطر را شناسایی و راهکارهای اصلاحی ارائه می‌دهد.

مثال ۱ (آسیب رباط صلیبی در بسکتبال):

تحقیقات بیومکانیکی نشان داده که فرود با زانوی صاف و خمیدگی زانو به سمت داخل (والگوس) خطر پارگی ACL را به شدت افزایش می‌دهد. اصلاح الگوی فرود با تأکید بر خم کردن زانو و حفظ زانو در راستای انگشتان پا، از این آسیب جلوگیری می‌کند.

مثال ۲ (کمر درد در وزنه‌برداری):

بیومکانیک نشان می‌دهد که خم کردن بیش از حد کمر در هنگام بلند کردن وزنه، فشار زیادی به دیسک‌های کمر وارد می‌کند. با اصلاح تکنیک (نگه داشتن کمر صاف و استفاده از نیروی پاها) می‌توان از کمردردهای مزمن پیشگیری کرد.

هدف سوم: طراحی و بهبود تجهیزات ورزشی

بیومکانیک به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا تجهیزاتی طراحی کنند که هم عملکرد را افزایش دهند و هم ایمنی را بهبود بخشند.

مثال ۱ (کفش دویدن):

کفش‌های مدرن با طراحی منحنی در قسمت جلویی (کفش‌های راکری شکل)، خم‌شدن مفصل انگشتان پا را کاهش داده و انرژی کمتری از دونده می‌گیرند. همچنین کفش‌های کنترل حرکت برای

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

ورزشکارانی که دچار پرونیشن (افتادگی قوس کف پا) هستند، از آسیب‌های تاندون آشیل جلوگیری می‌کنند.

مثال ۲ (راکت تنیس):

طراحی راکت‌های جدید با توزیع وزن در اطراف محیط قاب (Head-Heavy) باعث افزایش گشتاور و قدرت ضربه می‌شود، در حالی که راکت‌های سبک‌تر، کنترل بیشتری به بازیکن می‌دهند.

جدول ۱-۱: ارتباط بیومکانیک با سایر علوم ورزشی

مثال کاربردی	نقش در بیومکانیک	رشته
بدون دانستن محل اتصال عضله‌ی چهارسر ران، نمی‌توان نقش آن را در اکستنشن زانو تحلیل کرد.	شناسایی ساختار استخوان‌ها، مفاصل و عضلات	آناتومی
بیومکانیک نشان می‌دهد که حرکت چگونه انرژی مصرف می‌کند و فیزیولوژی توضیح می‌دهد که انرژی چگونه تولید می‌شود.	بررسی تأمین انرژی و پاسخ‌های قلبی-عروقی	فیزیولوژی ورزشی
بیومکانیک یکی از مهم‌ترین ابزارهای کینزیولوژی برای تحلیل کمی و کیفی حرکت است.	علم جامع حرکت انسان	کینزیولوژی
مربی با استفاده از تحلیل بیومکانیکی، تکنیک ورزشکار را اصلاح کرده و برنامه‌ی تمرینی طراحی می‌کند.	کاربرد عملی اصول بیومکانیک در تمرینات	مربیگری ورزشی

۴-۱. تفاوت بیومکانیک با سایر علوم حرکتی

- بیومکانیک بر قوانین فیزیکی حاکم بر حرکت تأکید دارد (نیرو، سرعت، شتاب، گشتاور).
- کینزیولوژی رویکردی کلی‌تر دارد و علاوه بر مکانیک، به عصب‌شناسی، روانشناسی حرکت و رشد حرکتی نیز می‌پردازد.
- فیزیولوژی ورزشی بر واکنش‌های داخلی بدن مانند ضربان قلب، تنفس و متابولیسم انرژی متمرکز است.

به بیان ساده‌تر، اگر فیزیولوژی بپرسد «قلب دونه چند بار در دقیقه می‌زند؟»، بیومکانیک می‌پرسد «چگونه دونه با کمترین مصرف انرژی، بیشترین سرعت را تولید کند؟».

۵-۱. یک مثال جامع برای درک بهتر هدف بیومکانیک

وضعیت: یک فوتبالیست حرفه‌ای دچار افت عملکرد در ضربات پنالتی شده است.

تحلیل بیومکانیکی شامل:

۱. سینماتیک (توصیف حرکت): سرعت پای ضربه‌زننده، زاویه‌ی برخورد پا با توپ، مسیر حرکت توپ.
۲. سینتیک (علل حرکت): نیروی تولیدی عضلات چهارسر و همسترینگ، گشتاور مفصل زانو و لگن.
۳. بهینه‌سازی: افزایش سرعت چرخش پا با اصلاح زنجیره‌ی حرکتی (از لگن به زانو به مچ پا).
۴. پیشگیری از آسیب: کاهش فشار به مفصل مچ پا با تغییر زاویه‌ی فرود پای ضربه‌زننده.

نتیجه: با اصلاح دو درجه‌ای زاویه‌ی پا و افزایش ۵ درصدی سرعت چرخش، دقت و قدرت ضربه بهبود می‌یابد و فشار روی مچ پا کاهش پیدا می‌کند.

۶-۱. خلاصه‌ی فصل اول

- بیومکانیک ورزشی، کاربرد قوانین فیزیک در تحلیل حرکت انسان برای ورزش است.
- سه هدف اصلی: بهبود عملکرد، پیشگیری از آسیب، طراحی تجهیزات.
- بیومکانیک در تعامل با آناتومی، فیزیولوژی و کینزیولوژی معنا پیدا می‌کند.
- این علم به مربیان کمک می‌کند تا تمرینات را علمی‌تر و ایمن‌تر طراحی کنند.

فصل دوم – مفاهیم پایه‌ای فیزیک و مکانیک در ورزش

۱-۲. مقدمه

در فصل قبل با چپستی و اهداف بیومکانیک آشنا شدیم. حال نوبت به ابزارهای اولیه‌ی تحلیل می‌رسد. برای اینکه بتوانیم حرکت یک ورزشکار را تحلیل کنیم، باید با زبان فیزیک آشنا شویم. این فصل، الفبای بیومکانیک است؛ مفاهیمی که بدون درک آن‌ها، تحلیل حرکت ممکن نیست.

۲-۲. کمیت‌های نردهای و برداری؛ تفاوت در یک قدم

تعریف پایه

- **کمیت نردهای (اسکالر):** فقط بزرگی (عدد و واحد) دارد.
مثال: جرم (۷۰ کیلوگرم)، زمان (۱۲ ثانیه)، دما، انرژی.
- **کمیت برداری (وکتور):** هم بزرگی دارد و هم جهت.
مثال: سرعت (۷ متر بر ثانیه به سمت شرق)، نیرو (۵۰۰ نیوتن به سمت بالا)، شتاب، تکانه.

چرا این تفاوت مهم است؟

در ورزش، جهت حرکت یا نیرو، تعیین‌کننده‌ی نتیجه است.

مثال فوتبال:

اگر بگوییم «توپ با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه حرکت کرد»، این یک کمیت نردهای است (تندی). اما اگر بگوییم «توپ با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه به سمت گوشه‌ی دروازه شوت شد»، این یک کمیت برداری است. در تحلیل ضربات، جهت توپ به اندازه‌ی سرعت آن مهم است.

مثال وزنه‌برداری: نیروی ۱۰۰۰ نیوتنی که هالتر را به سمت بالا می‌کشد، یک بردار است. اگر همین نیرو به سمت چپ یا راست باشد، وزنه‌بردار تعادل خود را از دست می‌دهد.

۳-۲. مفاهیم پایه در بیومکانیک

۱-۳-۲. جرم (Mass)

- تعریف: مقدار ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی یک جسم.
- واحد: کیلوگرم (kg).
- ویژگی: در هر جای کیهان (زمین، ماه، فضا) ثابت است.
- نقش در ورزش: تعیین‌کننده‌ی **اینرسی** (مقاومت در برابر تغییر حرکت)

مثال کشتی:

یک کشتی‌گیر با جرم ۹۰ کیلوگرم، اینرسی بیشتری نسبت به کشتی‌گیری با جرم ۷۰ کیلوگرم دارد. یعنی تغییر مسیر یا متوقف کردن او سخت‌تر است.

مثال دویدن:

دونده‌ای با جرم کمتر، برای شتاب‌گیری به نیروی کمتری نیاز دارد (قانون دوم نیوتن). به همین دلیل، دونده‌های سرعتی معمولاً جرم پایینی دارند.

۲-۳-۲. وزن (Weight)

- تعریف: نیروی جاذبه‌ای که زمین به جسم وارد می‌کند.
- رابطه $W = m \times g$: شتاب گرانش زمین $G \approx 9.81 \text{ m/s}^2$.
- واحد: نیوتن (N).
- ویژگی: یک **بردار** است و همیشه به سمت مرکز زمین است.

مثال پرش ارتفاع:

یک ورزشکار با جرم ۷۰ کیلوگرم، وزنی برابر با $70 \times 9.81 \approx 687$ نیوتن دارد. برای پرش از روی مانع، باید نیروی عضلانی بیشتری از این وزن تولید کند.

نکته طلایی:

جرم و وزن را اشتباه نگیرید!

- جرم یک ورزشکار در ماه همان ۷۰ کیلوگرم است.
- وزن او در ماه به یک ششم (کسری ۱/۶) وزن روی زمین می‌رسد (چون شتاب گرانش ماه کمتر است).
- در بیومکانیک، معمولاً با **وزن** (نیروی گرانش) سروکار داریم، نه جرم.

۳-۳-۲. نیرو (Force)

- تعریف: عاملی که باعث تغییر حالت سکون یا حرکت جسم می‌شود.
- واحد: نیوتن. (N)
- دسته‌بندی در ورزش:

نوع نیرو: نیروهای درونی

تعریف: درون بدن تولید می‌شوند (عضلات، تاندون‌ها)
مثال: انقباض عضله چهارسر ران برای بلند شدن از اسکات

نوع نیرو: نیروهای بیرونی

تعریف: از محیط خارج بر بدن وارد می‌شوند
مثال: گرانش، اصطکاک، مقاومت هوا، نیروی عکس‌العمل زمین

مثال شنا:

نیروی درونی (انقباض عضلات شانه و سینه)، دست را به عقب می‌راند و نیروی بیرونی (واکنش آب)، شناگر را به جلو می‌راند.

۴-۳-۲. گشتاور (Torque) یا Moment of Force

- تعریف: توانایی یک نیرو برای چرخاندن جسم حول یک محور.
- رابطه $\tau = F \times d$: که d همان **اهرم** یا فاصله عمود از خط اثر نیرو تا محور چرخش است.
- واحد: نیوتن‌متر. (N·m)

مثال ۱ (بازوی پرتاب کننده):

در پرتاب دیسک، شانه محور چرخش است و دست به عنوان اهرم عمل می کند. هرچه بازوی پرتاب کننده بلندتر باشد، با همان نیروی عضلانی، گشتاور بیشتری تولید می شود. به همین دلیل، پرتاب کنندگان دیسک معمولاً دست های بلندی دارند.

مثال ۲ (اسکات با هالتر):

وقتی هالتر روی شانه ها قرار دارد، فاصله ی هالتر از مفصل زانو، تعیین کننده ی گشتاور وارد بر زانو است. اگر وزنه بردار تنه اش را بیش از حد به جلو خم کند، فاصله ی هالتر از زانو زیاد می شود و گشتاور بیشتری به مفصل زانو وارد می شود که خطر آسیب را افزایش می دهد.

مثال ۳ (چرخش ژیمناستیک):

در حرکت بارفیکس، عضلات پشت بازو (لاتیسیموس) با انقباض خود، گشتاوری حول مفصل شانه ایجاد می کنند تا بدن را به سمت بالا بکشند. هرچه دست ها را بازتر بگیریم، اهرم (فاصله ی دست تا شانه) بیشتر شده و گشتاور بیشتری نیاز است.

۵-۳-۲. تکانه (Momentum)

- تعریف: مقدار حرکت یک جسم.
- رابطه (خطی) $p = m \times v$ که p تکانه ی خطی ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$)، m جرم (kg) و v سرعت خطی (m/s) است.

مثال ۱ (برخورد فوتبال):

یک مدافع ۸۰ کیلوگرمی که با سرعت ۵ متر بر ثانیه می دود، تکانه ای برابر با $400 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ دارد. یک مهاجم ۷۰ کیلوگرمی با سرعت ۶ متر بر ثانیه، تکانه اش ۴۲۰ است. در برخورد این دو، هرچه تکانه بیشتر باشد، نیروی برخورد بیشتر و خطر آسیب بالاتر است.

مثال ۲ (ضربه به توپ):

برای اینکه توپ با سرعت بیشتری از زمین بلند شود، باید تکانه ی بیشتری به آن منتقل شود. یعنی یا جرم توپ را افزایش دهیم (که ممکن نیست) یا سرعت برخورد پا را بیشتر کنیم.

۴-۲. انواع حرکت در ورزش

۱-۴-۲. حرکت خطی (Linear Motion)

- تعریف: تمام نقاط جسم، مسیر موازی و یکسانی را طی می‌کنند.
- مثال: حرکت یک سوار در مسیر مستقیم، حرکت دهنده در خط مستقیم (تقریباً).

۲-۴-۲. حرکت زاویه‌ای (Angular Motion)

- تعریف: جسم حول یک محور می‌چرخد و نقاط مختلف آن مسیرهای دایره‌ای یا کمانی را طی می‌کنند.
- مثال: چرخش بازوی پرتاب‌کننده دیسک، چرخش بدن ژیمناست حول میله، چرخش پا در شوت فوتبال.

۳-۴-۲. حرکت عمومی (General Motion)

- تعریف: ترکیبی از حرکت خطی و زاویه‌ای. رایج‌ترین نوع حرکت در ورزش.
- مثال: دویدن (تنه به صورت خطی حرکت می‌کند، اما پاها و دست‌ها حرکت دورانی دارند). اسکی (حرکت به سمت پایین کوه، همراه با چرخش برای تغییر مسیر). پرتاب نیزه (مرکز ثقل حرکت خطی دارد، اما اندام‌ها چرخش می‌کنند).

۵-۲. قوانین نیوتن؛ ستون‌های بیومکانیک

قانون اول (قانون اینرسی)

بیان: جسم ساکن، ساکن می‌ماند و جسم متحرک، با سرعت ثابت در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مگر اینکه نیروی خارجی بر آن اثر کند.

مثال ۱ (شروع دو): دهنده در حالت سکون است. برای حرکت، باید نیروی عضلانی به زمین وارد کند تا بر اینرسی خود غلبه کند.

مثال ۲ (تغییر مسیر در فوتبال):

بازیکنی که با سرعت در حال دویدن است، برای تغییر مسیر ناگهانی باید نیروی زیادی به زمین وارد کند. این نیروی عضلانی، بر اینرسی بدن غلبه می‌کند. تغییر مسیرهای مکرر و ناگهانی، یکی از دلایل اصلی آسیب‌های زانو در فوتبال است.

مثال ۳ (ضربه‌ی هاک‌ی روی یخ):

اگر اصطکاک نبود، یک هاک‌باز تا ابد با همان سرعت به حرکت خود ادامه می‌داد. وجود اصطکاک (هرچند کم) و مقاومت هوا، سرعت او را کاهش می‌دهد.

قانون دوم (قانون شتاب)

بیان: شتاب یک جسم، با نیروی خالص وارد بر آن رابطه‌ی مستقیم و با جرم آن رابطه‌ی معکوس دارد.
فرمول: $F = m \times a$

مثال ۱ (دوی سرعت):

دونده‌ای با جرم کمتر، با همان نیروی عضلانی، شتاب بیشتری می‌گیرد. به همین دلیل، دونده‌های سرعتی معمولاً اندام‌های سبک و عضلانی دارند.

مثال ۲ (پرتاب وزنه): برای اینکه یک وزنه‌ی ۷ کیلوگرمی را با شتاب بیشتری پرتاب کنیم، باید نیروی عضلانی بیشتری تولید کنیم. $(F = 7 \times a)$ اگر نیروی ما ثابت باشد، وزنه‌ی سنگین‌تر (جرم بیشتر) شتاب کمتری می‌گیرد.

مثال ۳ (شروع شنا از دیواره):

شناگر با فشار پاها به دیواره، نیروی کنشی وارد می‌کند. دیواره نیز با نیروی واکنشی، شناگر را به جلو می‌راند. هرچه نیروی فشار بیشتر باشد، شتاب بیشتری به شناگر داده می‌شود. $(F = m \times a)$

نکته‌ی کلیدی:

در ورزش، ما به دنبال شتاب هستیم (افزایش سرعت، تغییر مسیر، پرش). بنابراین، یا باید نیرو را افزایش دهیم (تمرینات قدرتی) یا جرم مؤثر را کاهش دهیم (بهبود تکنیک، کاهش وزن اضافی).

قانون سوم (قانون کنش و واکنش)

بیان: به ازای هر کنش (نیروی وارد شده به جسم A از سوی جسم B)، واکنشی مساوی و در خلاف جهت از سوی جسم A به جسم B وارد می‌شود.

مثال ۱ (پرش عمودی):

والیبال‌بست با پاهای خود به زمین نیروی کنشی (به سمت پایین) وارد می‌کند. زمین نیز با نیروی واکنشی (به سمت بالا و مساوی) به او پاسخ می‌دهد. هرچه این نیروی واکنش بیشتر باشد، ورزشکار بالاتر می‌پرد.

مثال ۲ (شنا):

شناگر آب را به عقب می‌راند (کنش). آب نیز شناگر را به جلو می‌راند (واکنش). اگر شناگر آب را با شدت بیشتری به عقب براند، سرعت پیش‌رونده‌ی او بیشتر می‌شود.

مثال ۳ (شوت فوتبال):

پا به توپ نیرو وارد می‌کند (کنش). توپ نیز به پا نیرویی مساوی و در خلاف جهت وارد می‌کند (واکنش). اگر توپ سنگین باشد یا ضربه محکم باشد، نیروی واکنش به پا بیشتر است و می‌تواند باعث آسیب مچ پا شود.

نکته‌ی طلایی:

در ورزش، ما با **نیروی واکنش** سروکار داریم. یعنی هرچه بهتر بتوانیم نیروی کنشی را به زمین، آب یا توپ وارد کنیم، واکنش مطلوب‌تری (پرش بالاتر، حرکت سریع‌تر، ضربه‌ی محکم‌تر) دریافت خواهیم کرد.

۶-۲. جمع‌بندی فصل دوم (جدول کلیدی)**مفهوم: جرم****تعریف ساده:** مقدار ماده**مثال ورزشی:** کشتی‌گیر ۹۰ کیلوگرمی**مفهوم: وزن****تعریف ساده:** نیروی گرانش به جسم**مثال ورزشی:** $W = 90 \times 9.81 = 883 \text{ N}$

مفهوم: نیرو

تعریف ساده: هل دادن یا کشیدن

مثال ورزشی: فشار پا به زمین در پرش

مفهوم: گشتاور

تعریف ساده: نیروی چرخاننده

مثال ورزشی: چرخش بازو در پرتاب دیسک

مفهوم: تکانه

تعریف ساده: مقدار حرکت

مثال ورزشی: برخورد دو بازیکن فوتبال

مفهوم: قانون اول

تعریف ساده: اینرسی

مثال ورزشی: شروع دویدن از حالت سکون

مفهوم: قانون دوم

تعریف ساده: $F = ma$

مثال ورزشی: شتاب گرفتن دهنده سبک‌تر

مفهوم: قانون سوم

تعریف ساده: کنش و واکنش

مثال ورزشی: آب شناگر را به جلو می‌راند

۷-۲. کاربرد عملی برای مربیان و دانشجویان

۱. برای افزایش سرعت یک دهنده:

- نیروی عضلانی را افزایش دهید (تمرینات قدرتی) ← قانون دوم.
- تکنیک را بهبود دهید تا نیرو را بی‌درنگ به زمین منتقل کند ← قانون سوم.
- جرم اضافی را کاهش دهید ← کاهش اینرسی (قانون اول).

۲. برای افزایش مسافت پرتاب:

- گشتاور را افزایش دهید (افزایش طول اهرم یا نیروی عضلانی).
- زنجیره‌ی حرکتی را هماهنگ کنید تا انرژی از پا به دست منتقل شود.

۳. برای جلوگیری از آسیب زانو در فرود:

- زانو را خم کنید تا نیروی واکنش زمین جذب شود (کاهش ضربه).
- زانو را در راستای انگشتان پا نگه دارید تا گشتاور وارده به رباطها کاهش یابد.

۸-۲. تمرین برای خودآزمایی

۱. تفاوت جرم و وزن را با یک مثال از ورزش دوچرخه سواری توضیح دهید.
۲. اگر یک وزنه بردار بخواهد هالتر را با شتاب بیشتری بلند کند، کدام پارامتر (نیرو یا جرم) را باید تغییر دهد و چگونه؟
۳. در حرکت شنای قورباغه، قانون سوم نیوتن چگونه دیده می شود؟
۴. چرا در حرکت اسکات، نگه داشتن هالتر نزدیک تر به محور زانو، گشتاور کمتری ایجاد می کند؟

فصل سوم - آناتومی کاربردی برای بیومکانیک

۱-۳. مقدمه

در دو فصل قبل با اهداف بیومکانیک و قوانین فیزیک حاکم بر حرکت آشنا شدیم. حال نوبت به **بدن انسان** می رسد. برای اینکه بتوانیم حرکت ورزشی را تحلیل کنیم، باید بدانیم که **ساختار بدن** چگونه طراحی شده است و این ساختار چه محدودیت ها و امکاناتی برای حرکت فراهم می کند.

آناتومی کاربردی در بیومکانیک، به ما می گوید که:

- استخوان ها به عنوان **اهرم** عمل می کنند.
- مفاصل به عنوان **محور چرخش** (تکیه گاه) هستند.
- عضلات به عنوان **نیروی محرکه** عمل می کنند.

- سیستم عصبی، زمان‌بندی و هماهنگی این نیروها را کنترل می‌کند.

۲-۳. سیستم اسکلتی-عضلانی به عنوان یک سیستم اهرمی

۱-۲-۳. مفهوم اهرم در بدن

اهرم وسیله‌ای است که می‌تواند با استفاده از یک تکیه‌گاه (محور)، نیروی کوچک را به نیروی بزرگ تبدیل کند یا برعکس، دامنه‌ی حرکت را افزایش دهد.

در بدن انسان، سه جزء اصلی اهرم عبارتند از:

جزء اهرم: تکیه‌گاه (محور چرخش)

معادل در بدن: مفصل

مثال: مفصل آرنج در حرکت جلو بازو

جزء اهرم: نیروی محرکه (ورودی)

معادل در بدن: انقباض عضله

مثال: عضله‌ی دوسر بازویی (بایسپس)

جزء اهرم: نیروی مقاوم (بار)

معادل در بدن: وزن یا مقاومت خارجی

مثال: وزنه‌ای که در دست گرفته شده است

۲-۲-۳. انواع اهرم‌ها در بدن

در بیومکانیک، اهرم‌ها بر اساس جایگاه نسبی سه جزء فوق به سه کلاس تقسیم می‌شوند:

الف) اهرم کلاس یک (تکیه‌گاه بین نیرو و مقاومت)

- ترتیب: تکیه‌گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم
- ویژگی: می‌تواند هم نیرو را افزایش دهد و هم سرعت را.
- مثال در بدن: مفصل گردن (اطلس-محور) که در آن، عضلات پشت گردن (نیروی محرکه) و وزن سر (نیروی مقاوم) در دو طرف تکیه‌گاه قرار دارند. با خم کردن سر به جلو، تعادل سر حفظ می‌شود.

ب) اهرم کلاس دو (نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرکه)

- ترتیب: تکیه‌گاه - نیروی مقاوم - نیروی محرکه
- ویژگی: نیروی محرکه کمتر از نیروی مقاوم است، یعنی مزیت مکانیکی دارد (با نیروی کم، بار سنگین را بلند می‌کند).
- مثال در بدن: حرکت روی پنجه پا (پلانتار فلیکسیون). در این حرکت:
 - تکیه‌گاه = مفصل مچ پا
 - نیروی مقاوم = وزن بدن (که بین انگشتان پا و مچ پا قرار دارد)
 - نیروی محرکه = عضلات ساق پا (گاستروکنمیوس و سولئوس) که به پاشنه متصل هستند.
 - نتیجه: با انقباض عضلات ساق، پاشنه بالا می‌رود و تمام بدن بلند می‌شود. این اهرم به ما اجازه می‌دهد تا با نیروی نسبتاً کمی، وزن سنگین بدن را بلند کنیم.
- مثال ورزشی دیگر: حرکت شنای قورباغه در شنا، زمانی که پاها به سمت باسن جمع می‌شوند و سپس با قدرت به عقب رانده می‌شوند، اهرم کلاس دو در مفصل زانو و لگن ایجاد می‌شود.

ج) اهرم کلاس سه (نیروی محرکه بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم)

- ترتیب: تکیه‌گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم
- ویژگی: نیروی محرکه بیشتر از نیروی مقاوم است، اما در عوض **دامنه‌ی حرکت** افزایش می‌یابد (سرعت بیشتر).
- مثال در بدن: حرکت جلو بازو (فلکسیون آرنج):
 - تکیه‌گاه = مفصل آرنج
 - نیروی محرکه = عضله‌ی دوسر بازویی که بین آرنج و مچ دست قرار دارد.
 - نیروی مقاوم = وزنه‌ای که در دست است.
 - نتیجه: عضله باید نیروی بیشتری از وزن وزنه تولید کند، اما در عوض، دست با سرعت بیشتری حرکت می‌کند. این رایج‌ترین نوع اهرم در بدن است و به ما اجازه می‌دهد تا حرکات سریع مانند پرتاب، ضربه و مشت زدن را انجام دهیم.
- مثال ورزشی دیگر: حرکت مشت زدن در بوکس. عضلات شانه و سینه (نیروی محرکه) بین مفصل شانه (تکیه‌گاه) و دستکش (نیروی مقاوم) قرار می‌گیرند و باعث می‌شوند دست با سرعت بالایی به جلو پرتاب شود.
-

۳-۲-۳. مفهوم زنجیره حرکتی (Kinetic Chain)

در فعالیت‌های ورزشی پیچیده، چندین مفصل به صورت هماهنگ با هم کار می‌کنند. به این توالی هماهنگ از فعال‌سازی مفاصل و عضلات، **زنجیره حرکتی** گفته می‌شود.

انواع زنجیره حرکتی:

نوع زنجیره بسته

تعریف: انتهای انتهایی زنجیره (مثلاً دست یا پا) به یک سطح ثابت متصل است.
مثال ورزشی: اسکات با هالتر (پاها روی زمین ثابت هستند و بدن روی آن‌ها حرکت می‌کند).

نوع زنجیره باز

تعریف: انتهای انتهایی زنجیره آزاد است و می‌تواند در فضا حرکت کند.
مثال ورزشی: پرتاب توپ (دست آزادانه در فضا حرکت می‌کند).

نکته کلیدی: در یک زنجیره حرکتی سالم، انرژی باید به صورت روان از یک مفصل به مفصل بعدی منتقل شود. اگر هر حلقه‌ای از این زنجیره ضعیف یا ناهماهنگ باشد، انرژی دچار نشتی می‌شود و عملکرد کاهش می‌یابد.

مثال از گلف:

یک ضربه قدرتمند گلف، حاصل زنجیره‌ای از حرکات است:

۱. پاها به زمین فشار می‌آورند (نیروی عکس‌العمل زمین).
۲. نیرو به لگن منتقل می‌شود (چرخش لگن).
۳. نیرو به تنه منتقل می‌شود (چرخش تنه).
۴. نیرو به شانه، بازو، آرنج، مچ و نهایتاً چوب گلف می‌رسد.

اگر هرکدام از این مراحل به موقع و با قدرت کافی انجام نشود، ضربه قدرت خود را از دست می‌دهد.

۳-۳. مفاهیم مرکز ثقل، خط ثقل و سطح اتکا

۱-۳-۳. مرکز ثقل (Center of Gravity – COG)

- تعریف: نقطه‌ای فرضی در بدن که وزن بدن به طور مساوی در اطراف آن توزیع شده است.
- ویژگی: جایگاه آن ثابت نیست و با تغییر وضعیت اندام‌ها تغییر می‌کند.

مثال ۱ (وضعیت ایستاده): در حالت ایستاده معمولی، مرکز ثقل یک فرد بالغ در حدود سطح مهره‌ی دوم خاجی (S2) و کمی جلوتر از آن، یعنی تقریباً در ناحیه‌ی لگن قرار دارد.

مثال ۲ (دست‌ها بالا):

اگر یک ژیمناست دست‌های خود را بالای سر ببرد، مرکز ثقل بدنش به سمت بالا حرکت می‌کند. این کار تعادل او را روی چوب موازنه دشوارتر می‌کند، زیرا مرکز ثقل از سطح اتکا دورتر می‌شود.

مثال ۳ (حمل وزنه):

اگر یک وزنه‌بردار هالتر را در جلوی بدن خود نگه دارد، مرکز ثقل کل سیستم (بدن + هالتر) به سمت جلو منتقل می‌شود. برای حفظ تعادل، او باید تنه‌اش را کمی به عقب متمایل کند تا خط ثقل دوباره از سطح اتکا عبور کند.

نکته برای مربیان:

در ورزش‌های تعادلی مانند ژیمناستیک، اسکی و کشتی، ورزشکاران ماهر با تغییرات کوچک در وضعیت اندام‌ها، مرکز ثقل خود را کنترل می‌کنند تا تعادل را حفظ کنند یا حریف را به عدم تعادل بکشانند.

۳-۳-۲. خط ثقل (Line of Gravity – LOG)

- تعریف: خطی عمودی و فرضی که از مرکز ثقل به سمت مرکز زمین کشیده می‌شود.
- ویژگی: این خط، تعیین‌کننده‌ی اصلی تعادل است.

۳-۳-۳. سطح اتکا (Base of Support – BOS)

- تعریف: ناحیه‌ای از بدن (یا تجهیزات) که با سطح تماس دارد.
- مثال‌ها:
 - در حالت ایستاده: سطح اتکا = ناحیه‌ی محصور بین دو کف پا.
 - در حالت نشسته: سطح اتکا = ناحیه‌ی زیر نشیمن‌گاه و پاها.
 - در حرکت اسکات: سطح اتکا = کف هر دو پا (هرچه پاها بازتر، سطح اتکا بزرگ‌تر).

۴-۳-۳. رابطه‌ی تعادل و پایداری

قاعده‌ی طلایی تعادل:

یک جسم (یا بدن ورزشکار) در حالت تعادل است، زمانی که خط ثقل دقیقاً از داخل سطح اتکا عبور کند.

هرچه فاصله‌ی خط ثقل از مرکز سطح اتکا بیشتر باشد، گشتاور واژگونی بیشتر و تعادل کمتر است.

عوامل مؤثر بر پایداری:

عامل: جرم بیشتر

توضیح: هرچه جرم بیشتر باشد، پایداری بیشتر است.

مثال ورزشی: یک کشتی‌گیر سنگین‌وزن، در برابر تلاش حریف برای زمین زدن او مقاوم‌تر است.

عامل: مرکز ثقل پایین‌تر

توضیح: هرچه مرکز ثقل پایین‌تر باشد، پایداری بیشتر است.

مثال ورزشی: در حرکت اسکات، با خم کردن زانوها، مرکز ثقل پایین می‌آید و پایداری افزایش می‌یابد.

عامل: سطح اتکا بزرگ‌تر

توضیح: هرچه سطح اتکا بزرگ‌تر باشد، پایداری بیشتر است.

مثال ورزشی: یک فوتبالیست در هنگام دریافت توپ، پاها را بازتر می‌گذارد تا سطح اتکا را افزایش دهد.

عامل: خط ثقل نزدیک‌تر به مرکز سطح اتکا

توضیح: هرچه خط ثقل به مرکز سطح اتکا نزدیک‌تر باشد، پایداری بیشتر است.

مثال ورزشی: یک ژیمناست روی چوب موازنه، با تنظیم دقیق تنه، خط ثقل را بر روی چوب نگه می‌دارد.

مثال ترکیبی (تعادل در کشتی):

یک کشتی‌گیر برای اینکه حریف را زمین بزند:

- مرکز ثقل خود را پایین می‌آورد (خم کردن زانوها).
- سطح اتکا را افزایش می‌دهد (پاها را بازتر می‌گذارد).
- خط ثقل حریف را به خارج از سطح اتکای او می‌برد (با کشیدن یا هل دادن).

زمانی که خط ثقل حریف از سطح اتکای او خارج شود، حریف تعادل خود را از دست داده و زمین می‌خورد.

۴-۳. انواع مفاصل و دامنه‌ی حرکتی آنها

۱-۴-۳. نقش مفاصل در حرکت

مفاصل نقاط اتصال بین استخوان‌ها هستند و حرکت را ممکن می‌سازند. در بیومکانیک، ما به **نوع مفصل و دامنه‌ی حرکتی (Range of Motion – ROM)** آن علاقه‌مندیم، زیرا این دو عامل تعیین می‌کنند که یک مفصل چه حرکتی می‌تواند انجام دهد و چه محدودیت‌هایی دارد.

۲-۴-۳. دسته‌بندی مفاصل بر اساس حرکت

نوع مفصل: لولایی (Hinge)

درجه‌ی آزادی: ۱ درجه

مثال: آرنج، زانو و مفصل بین بند های انگشتان دست
حرکت مجاز: فقط خم و راست شدن (فلکسیون/اکستنشن)

نوع مفصل: استوانه‌ای - محوری (Pivot)

درجه‌ی آزادی: ۱ درجه

مثال: گردن (اطلس-محور)

حرکت مجاز: چرخش به چپ و راست

نوع مفصل: لقمه‌ای - بیضوی (Condyloid)

درجه‌ی آزادی: ۲ درجه

مثال: مچ دست

حرکت مجاز: خم/راست شدن + دور کردن/نزدیک کردن

نوع مفصل: زینی - زانویی (Saddle)

درجه‌ی آزادی: ۲ درجه

مثال: مفصل بین مچ دست و کف دستی شست دست

حرکت مجاز: حرکت در دو جهت عمود بر هم

نوع مفصل: مسطح (gliding)

درجه‌ی آزادی 2: درجه

مثال: مفصل بین استخوان های مچ دست

حرکت مجاز: حرکت جزئی به سمت جلو و عقب و چپ و راست

نوع مفصل: کروی- گلوله ای-کاسه‌ای (Ball & Socket)

درجه‌ی آزادی 3: درجه

مثال: شانه، لگن

حرکت مجاز: حرکت در تمام جهات + چرخش

۳-۴-۳. دامنه‌ی حرکتی (ROM) و اهمیت آن در ورزش

دامنه‌ی حرکتی، میزان زاویه‌ای است که یک مفصل می‌تواند حرکت کند. این دامنه تحت تأثیر عواملی مانند:

- ساختار استخوانی (محدودیت مکانیکی).
- کشش عضلات و تاندون‌ها.
- انعطاف‌پذیری کپسول مفصلی و رباط‌ها قرار دارد.

اهمیت ROM در ورزش:

- **مثال ۱ (شنا):** شناگران کرال سینه به دامنه‌ی حرکتی بالایی در مفصل شانه نیاز دارند تا دست خود را بالای سر ببرند (آبداکشن) و سپس با قدرت به زیر آب بکشند (اداکشن). کاهش ROM شانه، باعث کاهش طول گام دست و کاهش سرعت می‌شود.
- **مثال ۲ (فوتبال):** یک فوتبالیست برای شوت کردن با قدرت، نیاز به دامنه‌ی حرکتی کامل در مفصل لگن و زانو دارد. اگر این دامنه محدود باشد (مثلاً به دلیل خشکی عضلات همسترینگ)، شوت قدرت و دقت خود را از دست می‌دهد.
- **مثال ۳ (ژیمناستیک):** یک ژیمناست برای اجرای حرکت پشتک (سالتو) به دامنه‌ی حرکتی بسیار بالایی در مفصل ستون فقرات و لگن نیاز دارد. کاهش ROM در این مفاصل، اجرای حرکت را غیرممکن یا خطرناک می‌کند.

نکته‌ی کلیدی برای مربیان:

در طراحی برنامه‌های تمرینی، باید به **تعادل** بین دامنه‌ی حرکتی و قدرت توجه کرد. افزایش بیش از حد ROM (انعطاف‌پذیری) بدون تقویت عضلات اطراف مفصل، می‌تواند باعث بی‌ثباتی مفصل و افزایش خطر آسیب شود. به عکس، افزایش قدرت بدون حفظ ROM، باعث محدودیت حرکت و کاهش عملکرد می‌شود.

۳-۵. جمع‌بندی فصل سوم

- سیستم اسکلتی-عضلانی به عنوان یک سیستم اهرمی عمل می‌کند که سه نوع اهرم (کلاس یک، دو و سه) در آن وجود دارد.
- رایج‌ترین اهرم در بدن، اهرم کلاس سه است که به ما امکان حرکات سریع مانند پرتاب و ضربه را می‌دهد.
- زنجیره‌ی حرکتی توالی هماهنگ فعال‌سازی مفاصل برای تولید حرکت کارآمد است.
- مرکز ثقل نقطه‌ای است که وزن بدن در اطراف آن توزیع شده و با تغییر وضعیت بدن تغییر می‌کند.
- خط ثقل باید از داخل سطح اتکا عبور کند تا تعادل حفظ شود.
- دامنه‌ی حرکتی (ROM) هر مفصل، تعیین‌کننده‌ی نوع و کیفیت حرکت در ورزش است.

۳-۶. تمرین برای خودآزمایی

۱. یک حرکت ورزشی را مثال بزنید که در آن از اهرم کلاس دو استفاده می‌شود و توضیح دهید که هر سه جزء اهرم (تکیه‌گاه، نیروی محرکه و نیروی مقاوم) در آن کدامند.
۲. اگر یک وزنه‌بردار در حرکت اسکات، هالتر را بیش از حد به جلو خم کند، مرکز ثقل او به کدام سمت حرکت می‌کند و برای حفظ تعادل باید چه کاری انجام دهد؟
۳. چرا در ورزش‌های پرتابی مانند نیزه و دیسک، داشتن دامنه‌ی حرکتی بالا در مفصل شانه ضروری است؟
۴. در یک حرکت پرش عمودی، چگونه می‌توان با تغییر سطح اتکا و مرکز ثقل، ارتفاع پرش را افزایش داد؟

فصل چهارم - سینماتیک (توصیف حرکت)

۱-۴. مقدمه

در فصل‌های قبل با اهداف بیومکانیک، قوانین فیزیک و ساختار آناتومیکی بدن آشنا شدیم. حال نوبت به **توصیف حرکت** می‌رسد.

سینماتیک (Kinematics) شاخه‌ای از بیومکانیک است که به **توصیف حرکت** می‌پردازد و به **علت** وقوع آن (نیروها) کاری ندارد. سینماتیک به ما می‌گوید که یک ورزشکار **چه می‌کند** (مکان، سرعت، شتاب)، اما **چرا** این کار را انجام می‌دهد، به عهده‌ی سینتیک (فصل بعد) است.

در این فصل با کمیت‌های سینماتیکی خطی و زاویه‌ای، حرکت پرتابی در ورزش و تحلیل سینماتیکی حرکات مختلف آشنا می‌شویم.

۲-۴. کمیت‌های سینماتیکی خطی

۱-۲-۴. مکان (Position)

مکان یعنی **جایگاه** یک جسم یا نقطه‌ی مشخص از بدن در فضا. برای تعیین مکان، باید یک **چهارچوب مرجع** (مثلاً خط شروع، زمین یا یک نقطه‌ی ثابت) در نظر بگیریم.

مثال
مکان یک دوندۀ را نسبت به خط شروع اندازه‌گیری می‌کنیم. مثلاً «دوندۀ در ۳۰ متری خط شروع قرار دارد.»

مثال در پرش طول:
مکان نقطه‌ی فرود ورزشکار نسبت به تخته‌ی پرش تعیین می‌شود.

۲-۲-۴. سرعت خطی (Linear Velocity)

سرعت یعنی **آهنگ تغییرات مکان** نسبت به زمان. سرعت یک کمیت برداری است و هم بزرگی (تندی) و هم جهت دارد.

رابطه: سرعت = تغییرات مکان تقسیم بر زمان
واحد: متر بر ثانیه (m/s)

انواع سرعت در ورزش:

۱. **سرعت متوسط (Average Velocity):** تغییرات کل مکان تقسیم بر کل زمان.
مثال: اگر یک دوندۀ ۱۰۰ متر را در ۱۰ ثانیه بدود، سرعت متوسط او ۱۰ متر بر ثانیه است.
۲. **سرعت لحظه‌ای (Instantaneous Velocity):** سرعت در یک لحظه‌ی خاص.
مثال: سرعت یک دوندۀ در ۵۰ متری مسابقه ممکن است ۱۱ متر بر ثانیه باشد، در حالی که سرعت متوسط او ۱۰ متر بر ثانیه است.

مثال مهم در فوتبال:

یک بازیکن فوتبال برای عبور از مدافع، باید سرعت لحظه‌ای خود را در یک برهه‌ی کوتاه (مثلاً ۲ تا ۳ متر) به حداکثر برساند. این شتاب‌گیری ناگهانی، کلید موفقیت در حرکات انفجاری است.

۳-۲-۴. شتاب خطی (Linear Acceleration)

شتاب یعنی **آهنگ تغییرات سرعت** نسبت به زمان. شتاب نیز یک کمیت برداری است.

رابطه: شتاب = تغییرات سرعت تقسیم بر زمان
واحد: متر بر مجذور ثانیه (m/s^2)

انواع شتاب:

۱. **شتاب مثبت:** افزایش سرعت (مانند شروع دویدن).
 ۲. **شتاب منفی (ترمز):** کاهش سرعت (مانند توقف بعد از خط پایان).
 ۳. **شتاب صفر:** سرعت ثابت (به ندرت در ورزش رخ می‌دهد).
- مثال ۱ (دوی سرعت):** یک دوندۀ ۱۰۰ متر در ۲ ثانیه اول، سرعت خود را از صفر به ۹ متر بر ثانیه می‌رساند. شتاب او در این ۲ ثانیه برابر است با: ۹ تقسیم بر ۲ می‌شود ۴٫۵ متر بر مجذور ثانیه

مثال ۲ (پرش ارتفاع):

در لحظه‌ی پرش، شتاب عمودی ورزشکار به دلیل نیروی عکس‌العمل زمین، می‌تواند به بیش از ۱۰ متر بر مجذور ثانیه برسد (بیشتر از شتاب گرانش که ۹٫۸۱ است).

نکته‌ی کلیدی برای مربیان:

در ورزش‌های انفجاری (مانند پرش، پرتاب و دوی سرعت)، شتاب مهم‌تر از سرعت است. یک ورزشکار با شتاب بیشتر، زودتر به حداکثر سرعت می‌رسد و نسبت به رقیب خود برتری می‌یابد.

۳-۴. حرکت پرتابی در ورزش**۱-۳-۴. تعریف حرکت پرتابی**

هنگامی که یک جسم (یا بدن ورزشکار در پرش) در هوا رها می‌شود و تنها نیروی گرانش (و تا حدی مقاومت هوا) بر آن اثر می‌کند، حرکت آن **پرتابی** نامیده می‌شود. مسیر حرکت پرتابی، یک **سه‌می** (Parabola) است.

۲-۳-۴. پارامترهای مؤثر در حرکت پرتابی

سه پارامتر اصلی بر مسافت یا ارتفاع یک پرتاب تأثیر می‌گذارند:

۱. سرعت اولیه: (Initial Velocity)

هرچه سرعت اولیه‌ی پرتاب بیشتر باشد، جسم مسافت بیشتری را طی می‌کند یا ارتفاع بیشتری می‌گیرد.

مثال: در پرتاب وزنه، هرچه ورزشکار وزنه را با سرعت بیشتری از دست خود خارج کند، وزنه دورتر پرتاب می‌شود.

۲. زاویه‌ی پرتاب: (Angle of Release)

زاویه‌ای که جسم با سطح افق می‌سازد. برای دستیابی به بیشترین مسافت در خلأ، زاویه‌ی ۴۵ درجه مطلوب است. اما در ورزش، به دلیل وجود مقاومت هوا و ارتفاع نقطه‌ی پرتاب، این زاویه معمولاً کمتر یا بیشتر است.

مثال‌ها:

- پرتاب وزنه: زاویه‌ی مطلوب حدود ۴۰ تا ۴۳ درجه.
- پرتاب دیسک: زاویه‌ی مطلوب حدود ۳۵ تا ۳۸ درجه (به دلیل آیرودینامیک دیسک).
- پرش طول: زاویه‌ی پرتاب مرکز ثقل حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه.

۳. ارتفاع پرتاب: (Height of Release)

اختلاف ارتفاع بین نقطه‌ی رها شدن و نقطه‌ی فرود. هرچه این ارتفاع بیشتر باشد، مسافت بیشتری طی می‌شود.

مثال: یک بسکتبالیست بلندقامت که توپ را از ارتفاع بیشتری به سمت حلقه پرتاب می‌کند، شانس بیشتری برای گل کردن دارد.

۳-۳-۴. مثال‌های کاربردی حرکت پرتابی در ورزش

مثال ۱ (پرتاب نیزه):

یک نیزه‌انداز باید نیزه را با سرعت اولیه‌ی بالا (حدود ۳۰ متر بر ثانیه)، زاویه‌ی مناسب (حدود ۴۰ درجه) و از حداکثر ارتفاع ممکن (با کشیدن دست‌ها به بالا) پرتاب کند. بیومکانیک نشان داده که اصلاح دو درجه‌ای در زاویه‌ی پرتاب، می‌تواند مسافت را تا ۲ متر افزایش دهد.

مثال ۲ (پرش طول):

ورزشکار پرش طول باید در لحظه‌ی پرش، مرکز ثقل خود را با زاویه‌ای حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه به سمت بالا پرتاب کند. هرچه سرعت افقی او در لحظه‌ی پرش بیشتر باشد، مسافت بیشتری می‌پرد. به همین دلیل، دوندگان سرعتی در پرش طول موفق‌تر هستند.

مثال ۳ (ضربه‌ی پنالتی در فوتبال):

یک ضربه‌ی پنالتی، در واقع یک حرکت پرتابی است (توپ در هوا حرکت می‌کند). برای اینکه توپ به گوشه‌ی دروازه برود، ضربه‌زننده باید سرعت اولیه، زاویه و ارتفاع مناسبی به توپ بدهد. اگر زاویه خیلی کم باشد، توپ به بیرون می‌رود و اگر خیلی زیاد باشد، از بالای دروازه عبور می‌کند.

۴-۴. کمیت‌های سینماتیکی زاویه‌ای

حرکات دورانی بدن حول مفاصل، با کمیت‌های زاویه‌ای مشابه کمیت‌های خطی توصیف می‌شوند.

۱-۴-۴. جابه‌جایی زاویه‌ای (Angular Displacement)

تغییر در زاویه‌ی یک بخش از بدن نسبت به یک خط مرجع. واحد: درجه یا رادیان (رادیان واحد اصلی در فیزیک است).

مثال: در حرکت شنا، دست شناگر از زاویه‌ی ۰ درجه (بالای سر) تا ۱۸۰ درجه (کنار ران) حرکت می‌کند. جابه‌جایی زاویه‌ای دست، ۱۸۰ درجه است.

۲-۴-۴. سرعت زاویه‌ای (Angular Velocity)

آهنگ تغییرات جابه‌جایی زاویه‌ای نسبت به زمان. واحد: رادیان بر ثانیه (rad/s) یا دور بر دقیقه (rpm).

رابطه: سرعت زاویه‌ای = تغییرات زاویه تقسیم بر زمان

مثال ۱ (پرتاب دیسک):

یک پرتاب‌کننده‌ی دیسک در مرحله‌ی چرخش، بدن خود را با سرعت زاویه‌ای حدود ۲۰ تا ۳۰ رادیان بر ثانیه می‌چرخاند تا نیروی بیشتری به دیسک منتقل کند.

مثال ۲ (ضربه‌ی گلف):

سرعت زاویه‌ای چوب گلف در لحظه‌ی برخورد با توپ، می‌تواند به بیش از ۵۰ رادیان بر ثانیه برسد. هرچه این سرعت بیشتر باشد، توپ مسافت بیشتری را طی می‌کند.

۳-۴-۴. شتاب زاویه‌ای (Angular Acceleration)

آهنگ تغییرات سرعت زاویه‌ای نسبت به زمان. واحد: رادیان بر مجذور ثانیه (rad/s²).

مثال در ژیمناستیک:

یک ژیمناست برای اجرای حرکت پشتک (سالتو)، در ابتدای حرکت، شتاب زاویه‌ای مثبتی به بدن خود می‌دهد تا سرعت چرخش را افزایش دهد. سپس در انتهای حرکت، با باز کردن دست‌ها و پاها، شتاب زاویه‌ای منفی (ترمز) ایجاد می‌کند تا فرود را کنترل کند.

۵-۴. رابطه‌ی حرکت خطی و زاویه‌ای

در حرکات دورانی، نقاط مختلف یک اهرم (مثلاً دست یا پا) سرعت‌های خطی متفاوتی دارند، در حالی که سرعت زاویه‌ای آن‌ها یکسان است.

رابطه: سرعت خطی = سرعت زاویه‌ای ضربدر فاصله از محور چرخش

$$v = \omega r$$

نتیجه‌ی مهم:

هرچه فاصله‌ی یک نقطه از محور چرخش (r) بیشتر باشد، سرعت خطی آن نقطه بیشتر است. به همین دلیل، در ورزش‌های پرتابی و ضربه‌ای، نقاط انتهایی (نوک انگشتان یا انتهای راکت) سریع‌ترین نقاط هستند.

مثال در تنیس:

یک بازیکن تنیس با راکت خود به توپ ضربه می‌زند. سرعت زاویه‌ای چرخش شانه و آرنج، و فاصله‌ی راکت از مفصل شانه، تعیین‌کننده‌ی سرعت خطی راکت در لحظه‌ی برخورد است. هرچه راکت بلندتر باشد و سرعت چرخش بیشتر، توپ با سرعت بیشتری حرکت می‌کند.

۶-۴. جمع‌بندی فصل چهارم

- سینماتیک به توصیف حرکت می‌پردازد و شامل کمیت‌های مکان، سرعت و شتاب است.
- سرعت یعنی آهنگ تغییرات مکان و شتاب یعنی آهنگ تغییرات سرعت.
- حرکت پرتابی تحت تأثیر سرعت اولیه، زاویه و ارتفاع پرتاب قرار دارد.
- حرکت زاویه‌ای شامل جابه‌جایی، سرعت و شتاب زاویه‌ای است که با کمیت‌های خطی مشابهت دارند.
- در حرکات دورانی، سرعت خطی نقاط مختلف با فاصله‌ی آن‌ها از محور چرخش رابطه‌ی مستقیم دارد.

۷-۴. تمرین برای خودآزمایی

۱. تفاوت سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای را با یک مثال از دوی ۱۰۰ متر توضیح دهید.
۲. اگر یک پرتاب‌کننده وزنه، وزنه را با سرعت اولیه‌ی ۱۲ متر بر ثانیه و زاویه‌ی ۴۰ درجه پرتاب کند، کدام پارامتر را باید تغییر دهد تا مسافت بیشتری بپیماید؟ چرا؟
۳. در حرکت پرش طول، چرا سرعت افقی در لحظه‌ی پرش، مهم‌تر از سرعت عمودی است؟
۴. اگر یک بازیکن تنیس بخواهد سرعت خطی راکت خود را در لحظه‌ی برخورد با توپ افزایش دهد، چه تغییراتی در تکنیک خود باید ایجاد کند؟

فصل پنجم - سینتیک (تحلیل علل حرکت)

۱-۵. مقدمه

در فصل قبل (سینماتیک) یاد گرفتیم که حرکت را **توصیف** کنیم؛ یعنی مکان، سرعت و شتاب یک ورزشکار را اندازه بگیریم. اما سوال اصلی اینجاست: **چه چیزی باعث حرکت می‌شود؟**

سینتیک (Kinetics) شاخه‌ای از بیومکانیک است که به **نیروهای عامل حرکت** می‌پردازد. سینتیک به ما می‌گوید که **چرا** یک حرکت به وجود آمده، تغییر کرده یا متوقف شده است. در این فصل با انواع نیروها، گشتاور، تکانه و مفاهیم کلیدی دیگر آشنا می‌شویم.

۲-۵. نیروهای درونی و بیرونی

همه‌ی نیروهایی که بر بدن ورزشکار اثر می‌گذارند، به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۵-۲-۱. نیروهای درونی (Internal Forces)

این نیروها درون بدن تولید می‌شوند و عمدتاً ناشی از انقباض عضلات هستند. عضلات از طریق تاندون‌ها به استخوان‌ها متصل می‌شوند و با انقباض خود، استخوان‌ها را می‌کشند و باعث حرکت مفاصل می‌شوند.

مثال ۱ (بلند شدن از اسکات):

هنگامی که یک وزنه‌بردار از حالت اسکات بلند می‌شود، عضلات چهارسر ران (جلوی ران) و سرینی (باسن) منقبض می‌شوند. این انقباض، نیروی درونی تولید می‌کند که زانو و لگن را راست می‌کند و هالتر را به سمت بالا می‌برد.

مثال ۲ (پرتاب توپ):

در پرتاب توپ، عضلات شانه، سینه و بازو منقبض می‌شوند تا نیروی درونی لازم برای پرتاب را تولید کنند. هرچه این نیروی درونی بیشتر باشد، توپ با سرعت بیشتری پرتاب می‌شود.

نکته کلیدی:

نیروهای درونی به تنهایی نمی‌توانند حرکت ایجاد کنند. آنها باید از طریق نیروهای بیرونی (مانند عکس‌العمل زمین یا آب) به حرکت تبدیل شوند.

۵-۲-۲. نیروهای بیرونی (External Forces)

این نیروها از محیط خارج بر بدن وارد می‌شوند. مهم‌ترین نیروهای بیرونی در ورزش عبارتند از:

۱. نیروی گرانش (Gravity)

همیشه به سمت مرکز زمین است و وزن بدن را تعیین می‌کند.

مثال: در پرش ارتفاع، گرانش نیرویی است که ورزشکار را به سمت پایین می‌کشد و باید بر آن غلبه کند.

۲. نیروی عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Force - GRF)

طبق قانون سوم نیوتن، وقتی ورزشکار به زمین نیرو وارد می‌کند، زمین نیز با نیرویی مساوی و در خلاف جهت به او واکنش نشان می‌دهد. این نیرو، کلید حرکت در ورزش‌های زمینی است. (در بخش بعدی به تفصیل توضیح داده می‌شود.)

۳. نیروی اصطکاک: (Friction)

نیروی اصطکاک که در خلاف جهت حرکت نسبی دو سطح در تماس با یکدیگر عمل می‌کند. مثال: در دویدن، اصطکاک بین کف کفش و زمین باعث می‌شود دوندۀ نلغزد و بتواند به جلو حرکت کند.

۴. مقاومت هوا (Air Resistance) یا نیروی پسرانی: (Drag)

نیروی که در خلاف جهت حرکت جسم در هوا یا آب وارد می‌شود و سرعت را کاهش می‌دهد. مثال: یک دوچرخه‌سوار در سرعت‌های بالا، با نیروی قابل‌توجهی از سمت هوا مواجه می‌شود که برای غلبه بر آن باید توان زیادی مصرف کند.

۵-۳. نیروی عکس‌العمل زمین (GRF) و کاربرد آن

۵-۳-۱. تعریف

نیروی عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Force) نیروی است که زمین در پاسخ به نیروی کنشی ورزشکار به او وارد می‌کند. این نیرو با استفاده از صفحه‌ی نیرو (Force Plate) قابل اندازه‌گیری است.

نکته‌ی طلایی:

هرچه ورزشکار با نیروی بیشتری به زمین فشار بیاورد، زمین با نیروی بیشتری به او واکنش نشان می‌دهد. بنابراین، برای پرش بالاتر یا حرکت سریع‌تر، باید نیروی کنشی (فشار به زمین) را افزایش داد.

۵-۳-۲. کاربرد GRF در تحلیل حرکات ورزشی

مثال ۱ (پرش عمودی در والیبال):

یک والیبالیست برای پرش، ابتدا زانوها را خم می‌کند (اسکات) و سپس با انقباض سریع عضلات پا، به زمین نیروی کنشی وارد می‌کند. صفحه‌ی نیرو نشان می‌دهد که این نیروی کنشی می‌تواند به بیش از ۲ برابر وزن بدن برسد. در پاسخ، زمین با نیروی واکنشی (GRF) به همان اندازه، ورزشکار را به سمت بالا پرتاب می‌کند.

مثال ۲ (دویدن):

در هر گام دویدن، پا با زمین تماس پیدا می‌کند و نیروی کنشی به زمین وارد می‌شود GRF. اندازه‌گیری شده در دویدن، می‌تواند به ۲ تا ۳ برابر وزن بدن برسد. این نیرو، هم ورزشکار را به جلو می‌راند و هم ضربه‌ای به مفاصل وارد می‌کند. با تحلیل GRF، می‌توان الگوی فرود را اصلاح کرد و از آسیب‌های ناشی از دویدن جلوگیری کرد.

مثال ۳ (شروع شنا از دیواره):

هنگامی که شناگر با پاهای خود به دیواره‌ی استخر فشار می‌آورد، دیواره با نیروی واکنشی معادل GRF در آب (شناگر را به جلو می‌راند). هرچه این فشار بیشتر باشد، شتاب بیشتری به شناگر داده می‌شود.

کاربرد عملی برای مربیان:

با استفاده از صفحه‌ی نیرو، می‌توان موارد زیر را ارزیابی کرد:

- تقارن نیروی دو پا (آسیب‌ها معمولاً باعث عدم تقارن می‌شوند).
- زمان تماس با زمین (در دویدن، هرچه زمان تماس کمتر باشد، سرعت بیشتر است).
- میزان نیروی عمودی تولیدی در پرش (شاخص اصلی قدرت انفجاری).

۴-۵. گشتاور و نقش آن در حرکات دورانی**۴-۵-۱. تعریف گشتاور (Torque)**

گشتاور یعنی **نیروی چرخاننده** که باعث چرخش یک جسم حول یک محور می‌شود. رابطه: گشتاور = نیرو ضربدر اهرم (فاصله‌ی عمود از خط اثر نیرو تا محور چرخش)

واحد: نیوتن‌متر (N.m)

نکته‌ی کلیدی:

هرچه اهرم (فاصله) بیشتر باشد، با همان نیرو، گشتاور بیشتری تولید می‌شود. به همین دلیل، ورزشکارانی که اندام‌های بلندتری دارند، در حرکات چرخشی مزیت دارند.

۵-۴-۲. مثال‌های گشتاور در ورزش

مثال ۱ (پرتاب دیسک):

در پرتاب دیسک، شانه محور چرخش است و بازوی پرتاب‌کننده به عنوان اهرم عمل می‌کند. هرچه بازوی پرتاب‌کننده بلندتر باشد، با همان نیروی عضلانی، گشتاور بیشتری تولید می‌شود و دیسک با سرعت بیشتری رها می‌شود.

مثال ۲ (اسکات با هالتر):

در حرکت اسکات، مفصل زانو محور چرخش است. هالتر روی شانه‌ها قرار دارد و فاصله‌ی آن از مفصل زانو، اهرم را تعیین می‌کند. اگر وزنه‌بردار تنه‌اش را بیش از حد به جلو خم کند، اهرم بزرگ‌تر می‌شود و گشتاور بیشتری به مفصل زانو وارد می‌شود که خطر آسیب را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، به وزنه‌برداران توصیه می‌شود که هالتر را نزدیک‌تر به محور زانو نگه دارند.

مثال ۳ (چرخش در ژیمناستیک):

در حرکت بارفیکس، عضلات پشت (لاتیسیموس) با انقباض خود، گشتاوری حول مفصل شانه ایجاد می‌کنند تا بدن را به سمت بالا بکشند. هرچه دست‌ها را بازتر بگیریم، اهرم (فاصله‌ی دست تا شانه) بیشتر می‌شود و برای بالا کشیدن بدن به گشتاور بیشتری نیاز است.

۵-۵. تکانه‌ی خطی و زاویه‌ای و پایستگی آن‌ها

۵-۵-۱. تکانه‌ی خطی (Linear Momentum)

تکانه‌ی خطی یعنی مقدار حرکت یک جسم در یک مسیر مستقیم.

$$P = m \cdot v \quad \text{رابطه}$$

که در آن P تکانه‌ی خطی، m جرم و v سرعت خطی است.

اصل پایستگی تکانه‌ی خطی:

در یک سیستم بسته (بدون نیروی خارجی)، تکانه‌ی کل سیستم ثابت می‌ماند.

مثال در ورزش (برخورد دو بازیکن فوتبال):

یک مدافع ۸۰ کیلوگرمی با سرعت ۵ متر بر ثانیه به یک مهاجم ۷۰ کیلوگرمی با سرعت ۶ متر بر ثانیه برخورد می‌کند. تکانه‌ی مدافع ۴۰۰ و تکانه‌ی مهاجم ۴۲۰ است. در لحظه‌ی برخورد، تکانه‌ی کل (۸۲۰)

بین دو بازیکن تقسیم می‌شود و نتیجه‌ی برخورد به جرم و سرعت هر دو بستگی دارد. هرچه تکانه‌ی یک بازیکن بیشتر باشد، تأثیر او در برخورد بیشتر است.

۲-۵-۵. تکانه‌ی زاویه‌ای (Angular Momentum)

تکانه‌ی زاویه‌ای یعنی مقدار حرکت دورانی یک جسم.

$$L = \omega \text{ ضربدر } r$$

که در آن L تکانه‌ی زاویه‌ای، ω گشتاور لختی (مقاومت در برابر تغییر حالت چرخشی) و r سرعت زاویه‌ای است.

اصل پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای:

در یک سیستم بسته، تکانه‌ی زاویه‌ای ثابت می‌ماند. یعنی اگر گشتاور لختی (L) کاهش یابد، سرعت زاویه‌ای (ω) افزایش می‌یابد و برعکس.

۳-۵-۵. کاربرد پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای در ورزش

این اصل، یکی از مهم‌ترین مفاهیم در ورزش‌های چرخشی مانند ژیمناستیک، شیرجه، اسکیت و پرش‌های نمایشی است.

مثال ۱ (پرش ژیمناستیک):

یک ژیمناست در هنگام پرش، دست‌ها و پاها را به سمت بدن جمع می‌کند. با این کار، گشتاور لختی (L) او کاهش می‌یابد. از آنجا که تکانه‌ی زاویه‌ای (L) پایسته است، کاهش L باعث افزایش سرعت زاویه‌ای (ω) می‌شود و ژیمناست سریع‌تر می‌چرخد و می‌تواند چندین پشتک بزند. در انتهای حرکت، با باز کردن دست‌ها و پاها، افزایش یافته و L کاهش می‌یابد تا فرود را کنترل کند.

مثال ۲ (شیرجه‌ی اسکیت‌باز):

یک اسکیت‌باز نمایشی در هنگام چرخش، ابتدا دست‌های خود را باز نگه می‌دارد (L بالا، ω پایین). سپس دست‌های خود را به سمت بدن جمع می‌کند (L پایین، ω بالا) و با سرعت بیشتری می‌چرخد. در پایان حرکت، با باز کردن دست‌ها، سرعت چرخش کاهش می‌یابد و تعادل خود را حفظ می‌کند.

مثال ۳ (شیرجه از تخته):

یک شیرجه‌رو در هنگام پرش از تخته، با جمع کردن بدن، سرعت چرخش خود را افزایش می‌دهد تا بتواند یک یا چند پشتک بزند و سپس با باز کردن بدن، فرود را کنترل کند.

نکته‌ی کلیدی برای مربیان:

در ورزش‌های چرخشی، زمان‌بندی جمع کردن و باز کردن اندام‌ها بسیار حیاتی است. اگر ورزشکار بیش از حد یا زودتر از موعد بدن را باز کند، حرکت ناموفق خواهد بود یا با خطر آسیب همراه می‌شود.

۵-۶. جمع‌بندی فصل پنجم

- سینتیک به علل حرکت (نیروها) می‌پردازد.
- نیروهای درونی (عضلات) و بیرونی (گرنش، اصطکاک، عکس‌العمل زمین و مقاومت هوا) بر حرکت تأثیر می‌گذارند.
- **نیروی عکس‌العمل زمین (GRF)** کلید حرکت در ورزش‌های زمینی است و با صفحه‌ی نیرو قابل اندازه‌گیری است.
- **گشتاور** نیروی چرخاننده است و نقش کلیدی در حرکات دورانی دارد. هرچه اهرم بیشتر، گشتاور بیشتر.
- **تکانه‌ی خطی** مقدار حرکت در مسیر مستقیم و **تکانه‌ی زاویه‌ای** مقدار حرکت دورانی است.
- **پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای** به ورزشکاران اجازه می‌دهد با جمع کردن اندام‌ها، سرعت چرخش خود را افزایش دهند.

۵-۷. تمرین برای خودآزمایی

۱. تفاوت نیروی درونی و بیرونی را با یک مثال از حرکت شنای قورباغه توضیح دهید.
۲. یک والیبالیست برای پرش عمودی، به زمین نیروی کنشی وارد می‌کند. اگر وزن او ۷۸۰ نیوتن باشد و صفحه‌ی نیرو نشان دهد که GRF در لحظه‌ی پرش ۱۵۰۰ نیوتن است، شتاب عمودی او چقدر خواهد بود؟ (راهنمایی: $F = m.a$ و $W = m.g$)
۳. در حرکت اسکات، چرا نگه داشتن هالتر نزدیک‌تر به مفصل زانو، گشتاور کمتری ایجاد می‌کند؟
۴. یک اسکیت‌باز نمایشی در حال چرخش است. اگر دست‌های خود را از حالت باز به حالت جمع تغییر دهد، سرعت چرخش او افزایش می‌یابد یا کاهش؟ چرا؟

فصل ششم – تعادل، پایداری و کار در حرکت

۱-۶. مقدمه

در فصول قبل با توصیف حرکت (سینماتیک) و علل حرکت (سینتیک) آشنا شدیم. حال نوبت به مفاهیمی می‌رسد که درک آن‌ها برای **کنترل حرکت، حفظ تعادل و بهینه‌سازی انرژی** در ورزش ضروری است.

در این فصل با دو مفهوم کلیدی آشنا می‌شویم:

۱. تعادل و پایداری (چگونه ورزشکاران تعادل خود را حفظ می‌کنند یا حریف را به عدم تعادل می‌کشانند)
۲. کار، انرژی و توان (چگونه انرژی در حرکت مصرف و تولید می‌شود)

۲-۶. تعادل ایستا و پویا

۱-۲-۶. تعریف تعادل

تعادل یعنی حالتی که در آن **خط ثقل** (خط عمودی از مرکز ثقل) از **داخل سطح اتکا** عبور کند. تا زمانی که این شرط برقرار است، ورزشکار تعادل خود را حفظ کرده است.

۲-۲-۶. انواع تعادل

الف) تعادل ایستا: (Static Balance)

توانایی حفظ تعادل در حالت سکون. یعنی زمانی که ورزشکار حرکت نمی‌کند و خط ثقل او ثابت است.

مثال‌ها:

- ایستادن روی یک پا در حرکات یوگا.
- حالت آمادگی یک تیرانداز با کمان (بدون حرکت).
- ایستادن روی چوب موازنه در ژیمناستیک.

ب) تعادل پویا: (Dynamic Balance)

توانایی حفظ تعادل در حین حرکت. یعنی زمانی که ورزشکار در حال دویدن، چرخش یا تغییر مسیر است و خط ثقل او دائماً در حال تغییر است.

مثال‌ها:

- حفظ تعادل در هنگام دویدن روی سطح ناهموار.
- چرخش و تغییر مسیر ناگهانی در فوتبال یا بسکتبال.
- حفظ تعادل روی اسکی یا اسکیت در حین حرکت.

نکته‌ی کلیدی:

در بسیاری از ورزش‌ها، تعادل پویا مهم‌تر از تعادل ایستا است. یک فوتبالیست باید بتواند در حین دویدن با توپ، تعادل خود را حفظ کند و مسیر خود را تغییر دهد.

۳-۶. عوامل مؤثر بر پایداری

پایداری یعنی **مقاومت در برابر تغییر وضعیت تعادل**. هرچه پایداری بیشتر باشد، نیروی بیشتری برای برهم زدن تعادل ورزشکار نیاز است. چهار عامل اصلی بر پایداری تأثیر می‌گذارند:

۱-۳-۶. جرم (Mass)

هرچه جرم ورزشکار بیشتر باشد، پایداری او بیشتر است. زیرا جسم سنگین‌تر، اینرسی بیشتری دارد و تغییر حالت آن سخت‌تر است.

مثال در کشتی:

یک کشتی‌گیر سنگین‌وزن، در برابر تلاش حریف برای زمین زدن او مقاوم‌تر است، زیرا جرم بیشتری دارد و تغییر مرکز ثقل او دشوارتر است.

۶-۳-۲. ارتفاع مرکز ثقل (Height of COG) :

هرچه مرکز ثقل پایین‌تر باشد، پایداری بیشتر است. زیرا با پایین‌تر بودن مرکز ثقل، خط ثقل کوتاه‌تر شده و گشتاور واژگونی کاهش می‌یابد.

مثال ۱ (اسکات در وزنه‌برداری): در حرکت اسکات، وزنه‌بردار با خم کردن زانوها، مرکز ثقل خود را پایین می‌آورد و پایداری را افزایش می‌دهد تا بتواند وزنه‌ی سنگین را تحمل کند.

مثال ۲ (دفاع در فوتبال): یک مدافع در هنگام دریافت توپ یا مقابله با مهاجم، زانوها را خم می‌کند و مرکز ثقل را پایین می‌آورد تا پایداری خود را افزایش دهد و به راحتی زمین نخورد.

مثال ۳ (اسکی): یک اسکی‌باز در سراشیبی، با خم کردن زانوها، مرکز ثقل را پایین می‌آورد تا کنترل بیشتری روی حرکت خود داشته باشد و تعادل خود را حفظ کند.

۶-۳-۳. سطح اتکا (Base of Support) :

هرچه سطح اتکا بزرگ‌تر باشد، پایداری بیشتر است. زیرا با بزرگ‌تر شدن سطح اتکا، خط ثقل فضای بیشتری برای حرکت دارد و دیرتر از سطح اتکا خارج می‌شود.

مثال ۱ (دریافت توپ در والیبال): ک والیبالیست در هنگام دریافت توپ، پاها را از هم بازتر می‌گذارد تا سطح اتکا را افزایش دهد و تعادل خود را در هنگام حرکت به چپ و راست حفظ کند.

مثال ۲ (حالت دفاعی در بسکتبال):

یک بازیکن دفاعی در بسکتبال، با پاهای باز و کمی خمیده، سطح اتکا را افزایش می‌دهد تا در برابر تغییر مسیر مهاجم مقاومت کند.

مثال ۳ (ایستادن روی یک پا در ژیمناستیک):

در این حالت، سطح اتکا بسیار کوچک است (تنها یک پا)، بنابراین پایداری بسیار کم است و ورزشکار باید با کنترل دقیق مرکز ثقل، تعادل خود را حفظ کند.

۴-۳-۶. موقعیت خط ثقل نسبت به سطح اتکا

هرچه خط ثقل به مرکز سطح اتکا نزدیک‌تر باشد، پایداری بیشتر است. زیرا گشتاور واژگونی (نیروی که تعادل را بر هم می‌زند) کاهش می‌یابد.

مثال در کشتی:

یک کشتی‌گیر برای اینکه حریف را زمین بزند، سعی می‌کند خط ثقل حریف را به خارج از سطح اتکای او ببرد (یا کشیدن یا هل دادن). زمانی که خط ثقل از سطح اتکا خارج شود، حریف تعادل خود را از دست می‌دهد.

۴-۶. کاربرد عملی تعادل و پایداری در ورزش

مثال ترکیبی (کشتی فرنگی):

یک کشتی‌گیر برای اینکه حریف را به زمین بزند:

۱. مرکز ثقل خود را پایین می‌آورد (خم کردن زانوها).

۲. سطح اتکا را افزایش می‌دهد (پاها را بازتر می‌گذارد).

۳. با کشیدن یا هل دادن، خط ثقل حریف را به خارج از سطح اتکای او می‌برد.

زمانی که خط ثقل حریف از سطح اتکای او خارج شود، حریف تعادل خود را از دست داده و زمین می‌خورد.

نکته‌ی طلایی برای مربیان:

در ورزش‌های تعادلی، ورزشکاران ماهر با تغییرات کوچک در وضعیت اندام‌ها، مرکز ثقل خود را کنترل می‌کنند. به ورزشکاران خود بیاموزید که:

- در حالت دفاعی، زانوها را خم کنند (پایین آوردن مرکز ثقل).
- در حالت حمله، با تغییر ناگهانی مرکز ثقل، حریف را غافلگیر کنند.
- در حرکات پرشی، با کنترل خط ثقل، فرود ایمن‌تری داشته باشند.

۵-۶. کار، انرژی و توان در فعالیت‌های ورزشی

۱-۵-۶. کار (Work)

در فیزیک، کار زمانی انجام می‌شود که یک نیرو باعث جابه‌جایی جسم در راستای خود شود.
 رابطه: کار = نیرو ضربدر جابه‌جایی (در راستای نیرو)
 واحد: ژول (J)

نکته‌ی مهم:

اگر نیرو عمود بر جابه‌جایی باشد، کار انجام نمی‌شود.

مثال: وزنه‌برداری که هالتر را در یک نقطه نگه می‌دارد، کاری انجام نمی‌دهد (زیرا جابه‌جایی صفر است)، اما انرژی مصرف می‌کند (به دلیل انقباض ایزومتریک عضلات).

مثال در ورزش (بلند کردن هالتر):

یک وزنه‌بردار هالتر ۱۰۰ کیلوگرمی را به ارتفاع ۲ متر بلند می‌کند.
 نیروی لازم = وزن هالتر = ۱۰۰ ضربدر ۹٫۸۱ = ۹۸۱ نیوتن
 کار انجام شده = ۹۸۱ ضربدر ۲ = ۱۹۶۲ ژول

۲-۵-۶. انرژی (Energy)

انرژی یعنی توانایی انجام کار. انرژی در ورزش به اشکال مختلف وجود دارد:

الف) انرژی جنبشی: (Kinetic Energy)

انرژی حرکت. هرچه سرعت جسم بیشتر باشد، انرژی جنبشی آن بیشتر است.
 رابطه: انرژی جنبشی = نصف ضربدر جرم ضربدر سرعت

مثال در فوتبال:

یک توپ با سرعت بالا، انرژی جنبشی بیشتری دارد و برخورد آن با دروازه‌بان شدیدتر است.

ب) انرژی پتانسیل: (Potential Energy)

انرژی ذخیره‌شده. رایج‌ترین نوع در ورزش، انرژی پتانسیل گرانشی است که به ارتفاع جسم بستگی دارد.
 رابطه: انرژی پتانسیل = جرم ضربدر شتاب گرانش ضربدر ارتفاع

مثال در پرش ارتفاع: یک ورزشکار در بالاترین نقطه‌ی پرش، بیشترین انرژی پتانسیل را دارد (چون ارتفاع حداکثر است). این انرژی در لحظه‌ی فرود به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

ج) اصل پایداری انرژی:

انرژی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود، بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود. مثال: در پرش، انرژی شیمیایی عضلات به انرژی جنبشی (حرکت رو به بالا) و سپس به انرژی پتانسیل (در اوج پرش) تبدیل می‌شود.

۳-۵-۶. توان (Power)

توان یعنی **آهنگ انجام کار** یا سرعت مصرف انرژی.
 رابطه: توان = کار تقسیم بر زمان
 واحد: وات (W)

رابطه‌ی دیگر: توان = نیرو ضربدر سرعت

اهمیت توان در ورزش:

در بسیاری از ورزش‌ها، توان مهم‌تر از خود کار است. زیرا ورزشکار باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن، بیشترین کار را انجام دهد.

مثال ۱ (دوی سرعت):

یک دنده‌ی ۱۰۰ متر باید در ۱۰ ثانیه، مقدار زیادی کار انجام دهد. توان او برابر است با کار تقسیم بر ۱۰ ثانیه. هرچه این عدد بیشتر باشد، دنده قدرتمندتر است.

مثال ۲ (پرش عمودی):

یک والیبالیست برای پرش، باید در کسری از ثانیه (زمان تماس با زمین) بیشترین نیرو را تولید کند. این یعنی توان بالایی دارد. به همین دلیل، تمرینات پلايومتريك (جهش‌های انفجاری) برای افزایش توان طراحی می‌شوند.

مثال ۳ (پرتاب وزنه):

یک پرتاب‌کننده‌ی وزنه باید در کمتر از یک ثانیه، بیشترین نیرو را به وزنه منتقل کند. هرچه توان او بیشتر باشد، وزنه را دورتر پرتاب می‌کند.

۶-۶. جمع‌بندی فصل ششم

- تعادل یعنی خط ثقل از داخل سطح اتکا عبور کند.
- دو نوع تعادل داریم: ایستا (در حالت سکون) و پویا (در حین حرکت).
- چهار عامل پایداری: جرم بیشتر، مرکز ثقل پایین‌تر، سطح اتکا بزرگ‌تر و خط ثقل نزدیک‌تر به مرکز سطح اتکا.
- کار = نیرو ضربدر جابه‌جایی (در راستای نیرو).
- انرژی به دو شکل جنبشی (حرکت) و پتانسیل (ذخیره‌ای) وجود دارد و پایسته است.
- توان = کار تقسیم بر زمان = نیرو ضربدر سرعت. در ورزش‌های انفجاری، توان کلید موفقیت است.

۶-۷. تمرین برای خودآزمایی

۱. تفاوت تعادل ایستا و پویا را با یک مثال از ورزش اسکی توضیح دهید.
۲. یک فوتبالیست برای افزایش پایداری خود در هنگام دریافت توپ، چه تغییراتی در وضعیت بدن خود ایجاد می‌کند و چرا؟
۳. اگر یک وزنه‌بردار هالتر ۱۵۰ کیلوگرمی را به ارتفاع ۱٫۵ متر بلند کند، چند ژول کار انجام داده است؟ (شتاب گرانش = ۹٫۸۱)
۴. تفاوت انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل را با مثال از پرش طول توضیح دهید.
۵. چرا در ورزش‌های انفجاری مانند پرش و پرتاب، توان مهم‌تر از خود کار است؟

فصل هفتم - مکانیک شاره‌ها (سیالات) در ورزش

۱-۷. مقدمه

تا کنون با حرکت در محیط خشکی (زمین) آشنا شدیم. اما بسیاری از ورزش‌ها در **محیط سیال** (آب یا هوا) انجام می‌شوند. مکانیک شاره‌ها (سیالات) به بررسی حرکت اجسام در مایعات (مانند آب) و گازها (مانند هوا) می‌پردازد.

درک این مفاهیم برای ورزش‌هایی مانند شنا، دوچرخه‌سواری، اسکی، پرتاب نیزه، فوتبال، تنیس و حتی ورزش‌های هوایی مانند اسکی‌بازی روی آب ضروری است.

در این فصل با سه مفهوم کلیدی آشنا می‌شویم:

- مقاومت سیال (اصطکاک با آب یا هوا)
- نیروی برآر (نیروی عمودی که جسم را بالا می‌برد)
- اثر مگنوس (چرخش توپ در هوا)

۲-۷. مقاومت سیال (اصطکاک با آب یا هوا)

۱-۲-۷. تعریف

هنگامی که یک جسم در یک سیال (مایع یا گاز) حرکت می‌کند، سیال در خلاف جهت حرکت، نیرویی به جسم وارد می‌کند که به آن **نیروی پسرانی (Drag)** یا **مقاومت سیال** می‌گویند. این نیرو باعث کاهش سرعت جسم می‌شود.

۲-۲-۷. عوامل مؤثر بر مقاومت سیال

۱. **چگالی سیال**: آب چگال‌تر از هوا است، بنابراین مقاومت آب بسیار بیشتر از مقاومت هواست. مثال: شناگر در آب با مقاومت بسیار بیشتری نسبت به یک دهنده در هوا مواجه است.

۲. **سطح مقطع جسم (Frontal Area)**: هرچه سطح تماس جسم با سیال بیشتر باشد، مقاومت بیشتر است.

مثال: یک دوچرخه‌سوار که حالت قائم دارد، سطح مقطع بیشتری دارد و مقاومت هوای بیشتری را تجربه می‌کند. با خم شدن (حالت آیرودینامیک)، سطح مقطع کاهش یافته و مقاومت هوا کم می‌شود.

۳. **شکل جسم (آیرودینامیک بودن):** اجسام با شکل‌های ساده‌تر و کشیده، مقاومت کمتری دارند. مثال: کلاه‌های آیرودینامیک در دوچرخه‌سواری و شنا، برای کاهش مقاومت طراحی شده‌اند.

۴. **سرعت جسم:** مقاومت سیال با مجذور سرعت افزایش می‌یابد. یعنی اگر سرعت دو برابر شود، مقاومت چهار برابر می‌شود.

مثال: یک دهنده در سرعت‌های بالا (بیش از ۸ متر بر ثانیه)، مقاومت هوای قابل‌توجهی را تجربه می‌کند.

۷-۲-۳. مثال‌های کاربردی

مثال ۱ (دوچرخه‌سواری تایم‌تریل):

در مسابقات دوچرخه‌سواری تایم‌تریل، ورزشکاران از کلاه‌های آیرودینامیک، لباس‌های چسبان و حالت خمیده استفاده می‌کنند تا سطح مقطع خود را کاهش دهند و مقاومت هوا را به حداقل برسانند. در سرعت‌های بالای ۵۰ کیلومتر بر ساعت، بیش از ۸۰ درصد از توان ورزشکار صرف غلبه بر مقاومت هوا می‌شود.

مثال ۲ (شنا):

شناگران برای کاهش مقاومت آب:

- سر خود را در راستای بدن نگه می‌دارند (کاهش سطح مقطع).
- از کلاه‌های سیلیکونی استفاده می‌کنند (کاهش اصطکاک).
- تکنیک دست و پا را به گونه‌ای اصلاح می‌کنند که کمترین مقاومت را ایجاد کنند.

مثال ۳ (پرتاب نیزه):

نیزه به گونه‌ای طراحی شده که نوک تیز و بدنه‌ی کشیده دارد تا مقاومت هوا را کاهش دهد و مسافت بیشتری را طی کند.

۳-۷. نیروی برآر (Lift)

۱-۳-۷. تعریف

نیروی برآر، نیرویی است که عمود بر جهت حرکت جسم در یک سیال وارد می‌شود و می‌تواند جسم را بالا ببرد یا مسیر آن را تغییر دهد. این نیرو بر اساس اصل برنولی (افزایش سرعت سیال = کاهش فشار) ایجاد می‌شود.

۲-۳-۷. کاربرد در ورزش

مثال ۱ (شوت با اثر در فوتبال):

هنگامی که یک بازیکن فوتبال توپ را با قوس (Spin) شوت می‌زند، توپ در هوا می‌چرخد. در یک طرف توپ، هوا با سرعت بیشتری حرکت می‌کند و فشار کاهش می‌یابد. در طرف دیگر، هوا با سرعت کمتری حرکت می‌کند و فشار افزایش می‌یابد. این اختلاف فشار، نیروی برآر ایجاد می‌کند که مسیر توپ را منحنی می‌کند. (این پدیده در بخش اثر مگنوس توضیح داده می‌شود.)

مثال ۲ (ضربه‌ی تاپ اسپین در تنیس):

در تنیس، ضربه‌ی تاپ اسپین (Topspin) با چرخش رو به جلوی توپ همراه است. این چرخش باعث می‌شود نیروی برآر، توپ را به سمت پایین بکشد و پس از عبور از تور، سریع‌تر به زمین فرود آید. این تکنیک به بازیکن اجازه می‌دهد ضربات قدرتمندی بزند که همچنان در زمین فرود می‌آیند.

مثال ۳ (پرتاب دیسک):

دیسک به گونه‌ای طراحی شده که در هوا نیروی برآر ایجاد کند. زاویه‌ی حمله (Angle of Attack) دیسک در هنگام پرتاب، تعیین می‌کند که نیروی برآر تا چه حد می‌تواند دیسک را در هوا نگه دارد و مسافت را افزایش دهد.

مثال ۴ (اسکی روی آب):

در اسکی روی آب، اسکی‌باز با استفاده از نیروی برآر (نیروی عمودی که آب به تخته اسکی وارد می‌کند)، روی سطح آب می‌ماند و غرق نمی‌شود.

۴-۷. اثر مگنوس (Magnus Effect)

۱-۴-۷. تعریف

اثر مگنوس، پدیده‌ای است که در آن یک جسم در حال چرخش در یک سیال، دچار یک نیروی عمود بر جهت حرکت خود می‌شود. این نیرو به دلیل اختلاف فشار در دو طرف جسم در حال چرخش ایجاد می‌شود.

توضیح ساده:

هنگامی که یک توپ در حال چرخش است، یک طرف توپ در جهت حرکت هوا می‌چرخد و طرف دیگر برخلاف جهت حرکت هوا. در طرفی که توپ در جهت حرکت هوا می‌چرخد، سرعت هوا افزایش می‌یابد و فشار کاهش می‌یابد. در طرف دیگر، سرعت هوا کاهش یافته و فشار افزایش می‌یابد. این اختلاف فشار، یک نیروی عمودی (یا جانبی) ایجاد می‌کند که مسیر توپ را منحنی می‌کند.

۲-۴-۷. مثال‌های کاربردی در ورزش

مثال ۱ (شوت منحنی در فوتبال):

معروف‌ترین مثال اثر مگنوس، شوت‌های منحنی در فوتبال است. یک بازیکن با ضربه‌ی بیرون پا (یا داخل پا) به توپ، چرخش جانبی می‌دهد. این چرخش باعث می‌شود توپ در هوا به یک سمت خم شود و از دیوار دفاعی عبور کند یا دروازه‌بان را گول بزند.

مثال ۲ (ضربه‌ی کات شده در تنیس):

در تنیس، ضربه‌ی کات شده (Slice) با چرخش معکوس توپ همراه است. این چرخش باعث می‌شود توپ در هوا به یک سمت خم شود و پس از برخورد به زمین، به صورت غیرمنتظره‌ای تغییر مسیر دهد.

مثال ۳ (پرتاب منحنی در بیسبال):

در بیسبال، پرتاب‌کننده (پیچر) با چرخش دادن توپ در جهت خاص، باعث می‌شود توپ در هوا به یک سمت خم شود و ضربه‌زن را گول بزند.

مثال ۴ (سرویس منحنی در تنیس روی میز):

در تنیس روی میز (بینگ‌پنگ)، بازیکنان با چرخش دادن توپ، ضربات منحنی و غیرمنتظره‌ای ایجاد می‌کنند که حریف را به اشتباه می‌اندازد.

۵-۷. کاربرد عملی برای مربیان و ورزشکاران

۱. کاهش مقاومت هوا:

- در دوچرخه سواری و اسکی، با اتخاذ حالت آیرودینامیک، مقاومت هوا را کاهش دهید.
- در شنا، با اصلاح تکنیک دست و پا، مقاومت آب را کم کنید.

۲. استفاده از نیروی برآر:

- در پرتاب دیسک، زاویه‌ی حمله را تنظیم کنید تا دیسک بیشترین زمان را در هوا بماند.
- در ورزش‌های توپی، با ایجاد چرخش مناسب، مسیر توپ را کنترل کنید.

۳. استفاده از اثر مگنوس:

- در فوتبال، با تمرین ضربات با اثر، شوت‌های منحنی و غیرقابل پیش‌بینی بزنید.
- در تنیس، با ترکیب تاپ اسپین و کات، ضربات متنوعی ایجاد کنید.

۶-۷. جمع‌بندی فصل هفتم

- مقاومت سیال (Drag) نیرویی است که در خلاف جهت حرکت در آب یا هوا وارد می‌شود و به سطح مقطع، شکل، سرعت و چگالی سیال بستگی دارد.
- نیروی برآر (Lift) نیرویی عمود بر جهت حرکت است که می‌تواند جسم را بالا ببرد یا مسیر آن را تغییر دهد.
- اثر مگنوس پدیده‌ای است که در آن چرخش یک جسم در سیال، باعث ایجاد نیروی عمودی و تغییر مسیر آن می‌شود.
- درک این مفاهیم به ورزشکاران کمک می‌کند تا تکنیک خود را بهبود دهند و از تجهیزات مناسب استفاده کنند.

۷-۷. تمرین برای خودآزمایی

۱. چرا شناگران از کلاه‌های سیلیکونی استفاده می‌کنند و این کلاه‌ها چگونه به کاهش مقاومت آب کمک می‌کنند؟
۲. یک دوچرخه‌سوار در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت، بیش از ۸۰ درصد توان خود را صرف غلبه بر مقاومت هوا می‌کند. چه تغییراتی در وضعیت بدن و تجهیزات می‌تواند این مقاومت را کاهش دهد؟
۳. تفاوت بین نیروی برآر و نیروی پسرانی را با یک مثال از پرتاب دیسک توضیح دهید.
۴. یک بازیکن فوتبال چگونه با استفاده از اثر مگنوس، یک شوت منحنی به سمت دروازه می‌زند؟ توضیح دهید که چرخش توپ چگونه مسیر آن را تغییر می‌دهد.
۵. در ضربه‌ی تاپ اسپین در تنیس، چرا توپ پس از عبور از تور، سریع‌تر به زمین فرود می‌آید؟

فصل هشتم - تحلیل حرکت و تکنولوژی‌های نوین

۱-۸. مقدمه

در هفت فصل قبل، با مفاهیم پایه‌ای بیومکانیک، قوانین فیزیک، آناتومی، سینماتیک، سینتیک، تعادل و مکانیک سیالات آشنا شدیم. اما سوال اینجاست: **چگونه می‌توانیم این مفاهیم را در عمل اندازه‌گیری و تحلیل کنیم؟**

پاسخ در **تکنولوژی‌های تحلیل حرکت** نهفته است. بیومکانیک‌های ورزشی از ابزارها و روش‌های متنوعی برای ثبت، اندازه‌گیری و تحلیل حرکت ورزشکاران استفاده می‌کنند. در این فصل با روش‌های تحلیل (کیفی و کمی) و مهم‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری آشنا می‌شویم.

۸-۲. روش‌های تحلیل حرکت

۸-۲-۱. تحلیل کیفی (Qualitative Analysis)

تحلیل کیفی یعنی **مشاهده‌ی بصری** حرکت توسط مربی یا بیومکانیست بدون استفاده از ابزار دقیق. این روش، پایه‌ی اولیه‌ی مربیگری است و برای شناسایی خطاهای فاحش در تکنیک ورزشکاران استفاده می‌شود.

مراحل تحلیل کیفی:

۱. **مشاهده:** مربی حرکت ورزشکار را با چشم غیرمسلح یا با استفاده از فیلم‌برداری ساده مشاهده می‌کند.

۲. **تشخیص خطا:** مربی خطاهای تکنیکی را شناسایی می‌کند. مثلاً خم شدن بیش از حد کمر در وزنه‌برداری یا زاویه‌ی نامناسب آرنج در پرتاب.

۳. **ارائه‌ی بازخورد:** مربی به ورزشکار توضیح می‌دهد که چگونه حرکت را اصلاح کند.

مزایا:

- ارزان و در دسترس است.
- نیازی به تجهیزات پیشرفته ندارد.
- در محیط تمرین و مسابقه قابل اجراست.

معایب:

- وابسته به تجربه و مهارت مربی است.
- خطاهای کوچک و سریع قابل تشخیص نیستند.
- امکان اندازه‌گیری دقیق پارامترها (مانند سرعت و نیرو) وجود ندارد.

مثال:

یک مربی دویدن، مشاهده می‌کند که دوندۀ او در هنگام خستگی، شانه‌های خود را به جلو خم می‌کند. او به دوندۀ می‌گوید که شانه‌ها را به عقب بکشد تا تنفس راحت‌تر شود و کارایی افزایش یابد.

۲-۲-۸. تحلیل کمی (Quantitative Analysis)

تحلیل کمی یعنی استفاده از ابزارهای دقیق برای اندازه‌گیری پارامترهای بیومکانیکی مانند سرعت، نیرو، شتاب، زاویه‌ی مفاصل و فعالیت عضلانی. این روش، اطلاعات عینی و قابل‌اندازه‌گیری ارائه می‌دهد.

مزایا:

- اطلاعات دقیق و عددی ارائه می‌دهد.
- امکان مقایسه‌ی ورزشکاران و تشخیص نقاط قوت و ضعف وجود دارد.
- برای تحقیقات علمی و طراحی برنامه‌های تمرینی بسیار مفید است.

معایب:

- نیاز به تجهیزات گران‌قیمت و تخصص دارد.
- معمولاً در محیط آزمایشگاه قابل اجراست (اگرچه ابزارهای قابل‌حمل نیز وجود دارند).
- زمان‌بر است و نیاز به تحلیل داده‌های پیچیده دارد.

مثال:

یک بیومکانیست با استفاده از صفحه‌ی نیرو، میزان نیروی عکس‌العمل زمین (GRF) یک والیبالیست را در لحظه‌ی پرش اندازه‌گیری می‌کند و عدد دقیق آن را (مثلاً ۱۵۰۰ نیوتن) به مربی ارائه می‌دهد تا برنامه‌ی تمرینی قدرتی طراحی کند.

۳-۸. ابزارهای اندازه‌گیری در بیومکانیک ورزشی

۱-۳-۸. دوربین‌های یا دوربین‌های پر سرعت (High-Speed Cameras)

کاربرد: ثبت حرکات سریع با نرخ ۱۰۰۰ فریم در ثانیه یا بیشتر. حرکت انسان بسیار سریع است و با چشم غیرمسلح نمی‌توان جزئیات آن را دید. دوربین‌ها به ما امکان می‌دهند حرکت را فریم‌به‌فریم تحلیل کنیم.

مثال:

در پرتاب وزنه، حرکت وزنه در کمتر از یک ثانیه انجام می‌شود. با استفاده از دوربین ۱۰۰۰ فریم در ثانیه، می‌توان هر میلی‌ثانیه از حرکت را بررسی کرد و زاویه‌ی خروج وزنه را دقیقاً اندازه‌گیری کرد.

۸-۳-۲. سیستم‌های آنالیز حرکت سه‌بعدی (D Motion Capture)

کاربرد: با استفاده از چندین دوربین (معمولاً ۸ تا ۱۲ دوربین) که در اطراف ورزشکار قرار می‌گیرند، حرکت نقاط مشخص‌شده روی بدن (با استفاده از نشانگرهای بازتابنده) به صورت سه‌بعدی بازسازی می‌شود. این سیستم اطلاعات کاملی از سینماتیک حرکت (مکان، سرعت، شتاب و زوایای مفاصل) ارائه می‌دهد.

مثال:

در تحلیل تکنیک دویدن، نشانگرهای بازتابنده روی مفاصل مچ پا، زانو، لگن، شانه و آرنج قرار می‌گیرند. سیستم آنالیز حرکت، زاویه‌ی هر مفصل را در هر لحظه اندازه‌گیری می‌کند و به مربی نشان می‌دهد که آیا زاویه‌ی زانو در لحظه‌ی تماس با زمین، استاندارد است یا خیر.

۸-۳-۳. صفحه‌ی نیرو (Force Plate)

کاربرد: سکویی که برای اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین (GRF) در حرکاتی مانند پرش، دویدن و راه رفتن استفاده می‌شود. صفحه‌ی نیرو، نیروهای عمودی، افقی و گشتاورهای وارد بر آن را اندازه‌گیری می‌کند.

پارامترهای قابل اندازه‌گیری با صفحه‌ی نیرو:

- **نیروی عمودی (Vertical Force):** میزان نیرویی که ورزشکار به سمت بالا به زمین وارد می‌کند (کلید پرش).
- **نیروی افقی (Horizontal Force):** نیروی پیش‌ران در دویدن و تغییر مسیر.
- **زمان تماس با زمین (Ground Contact Time):** مدت زمانی که پا با زمین در تماس است (هرچه کمتر، سرعت بیشتر).
- **تقارن نیروی دو پا:** آیا هر دو پا به یک اندازه نیرو تولید می‌کنند یا خیر (عدم تقارن نشانه‌ی آسیب یا ضعف است).

مثال:

یک بسکتبالیست که دچار آسیب مچ پا شده است، روی صفحه‌ی نیرو می‌ایستد و یک پرش عمودی انجام می‌دهد. صفحه‌ی نیرو نشان می‌دهد که پای آسیب‌دیده، ۲۰ درصد نیروی کمتری تولید می‌کند. مربی با این اطلاعات، برنامه‌ی تمرینی برای تقویت پای آسیب‌دیده طراحی می‌کند.

۸-۳-۴. الکترومایوگرافی (EMG)

کاربرد: اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات در حین حرکت. الکترودهای کوچکی روی پوست (یا داخل عضله) قرار می‌گیرند و سیگنال‌های الکتریکی ناشی از انقباض عضلات را ثبت می‌کنند.

پارامترهای قابل اندازه‌گیری با: EMG

- **زمان بندی فعال سازی عضلات:** کدام عضله زودتر و کدام دیرتر منقبض می‌شود؟
- **میزان فعالیت عضلات:** آیا عضله با حداکثر توان خود کار می‌کند یا خیر؟
- **خستگی عضلانی:** کاهش فعالیت عضله در طول زمان نشانه‌ی خستگی است.

مثال:

در تحلیل ضربه‌ی گلف، EMG نشان می‌دهد که عضلات مرکزی بدن (Core) قبل از حرکت بازوها منقبض می‌شوند. اگر این توالی به هم بخورد، ضربه قدرت خود را از دست می‌دهد. مربی با دیدن این اطلاعات، تمرینات هماهنگی (Coordination) را به برنامه اضافه می‌کند.

۸-۳-۵. سنسورهای اینرسی (IMU - Inertial Measurement Units)

کاربرد: شتاب‌سنج‌ها و ژيروسکوپ‌های قابل‌حملی که روی بدن ورزشکار قرار می‌گیرند و شتاب و سرعت زاویه‌ای را در محیط‌های میدانی (خارج از آزمایشگاه) اندازه‌گیری می‌کنند.

مزایا:

- قابل حمل و سبک هستند.
- در محیط تمرین و مسابقه قابل استفاده‌اند.
- اطلاعات بی‌درنگ (Real-Time) ارائه می‌دهند.

مثال:

در مسابقات فوتبال، سنسورهای IMU روی کمر یا ساق بازیکنان قرار می‌گیرند و سرعت، شتاب، تعداد ضربات و مسافت طی‌شده را در طول مسابقه ثبت می‌کنند. مربیان از این داده‌ها برای مدیریت بار تمرینی و جلوگیری از خستگی و آسیب استفاده می‌کنند.

۴-۸. کاربرد عملی تکنولوژی در مربیگری

مثال جامع (بهبود تکنیک پرش عمودی در والیبال):

۱. فیلم برداری با دوربین :حرکت پرش با دوربین ۵۰۰ فریم در ثانیه ثبت می شود.
۲. تحلیل سه بعدی :نشانگرهای روی مفاصل، زاویه ی زانو، لگن و مچ پا را در هر لحظه اندازه گیری می کنند.
۳. صفحه ی نیرو :نیروی عمودی تولیدی در لحظه ی پرش را اندازه گیری می کند.
۴. EMG: توالی فعال سازی عضلات چهارسر ران، سرینی و ساق پا را بررسی می کند.
۵. تحلیل داده ها: اگر داده ها نشان دهد که عضلات سرینی (باسن) به موقع فعال نمی شوند، مربی تمرینات تقویتی برای این عضلات طراحی می کند.
۶. بازخورد بی درنگ :با استفاده از IMU ، ورزشکار در هر جلسه تمرین، ارتفاع پرش خود را می بیند و می تواند تکنیک خود را اصلاح کند.

۵-۸. جمع بندی فصل هشتم

- تحلیل حرکت به دو روش کیفی (مشاهده ای) و کمی (ابزاری) انجام می شود.
- تحلیل کیفی برای شناسایی خطاهای فاحش در محیط تمرین مناسب است.
- تحلیل کمی اطلاعات دقیق و عددی ارائه می دهد و برای تحقیقات علمی و طراحی برنامه های تمرینی ضروری است.
- ابزارهای اصلی تحلیل حرکت عبارتند از: دوربین ها ، سیستم های سه بعدی، صفحه ی نیرو، EMG و سنسورهای اینرسی.
- ترکیب این ابزارها به مربیان و ورزشکاران کمک می کند تا تکنیک را بهینه سازی کنند، از آسیب پیشگیری کنند و عملکرد را افزایش دهند.
-

۸-۶. تمرین برای خودآزمایی

۱. تفاوت تحلیل کیفی و کمی حرکت را با یک مثال از تکنیک شنا توضیح دهید.
۲. یک مربی دویدن چگونه می‌تواند از صفحه‌ی نیرو برای بهبود سرعت یک دوندۀ استفاده کند؟
۳. در حرکت پرش عمودی، EMG چه اطلاعاتی در اختیار مربی قرار می‌دهد که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیست؟
۴. مزیت سنسورهای اینرسی (IMU) نسبت به سیستم‌های سه‌بعدی آزمایشگاهی چیست؟
۵. اگر یک ورزشکار دچار عدم تقارن نیروی دو پا باشد، چه خطراتی او را تهدید می‌کند و چگونه می‌توان این مشکل را برطرف کرد؟

فصل نهم – کاربردهای عملی بیومکانیک در ورزش

۹-۱. مقدمه

در هشت فصل قبل، با مفاهیم پایه‌ای، قوانین فیزیک، آناتومی، سینماتیک، سینتیک، تعادل، مکانیک سیالات و ابزارهای تحلیل حرکت آشنا شدیم. حال نوبت به **کاربرد عملی** این دانش در دنیای واقعی ورزش می‌رسد.

بیومکانیک، پل ارتباطی بین **علم و مربیگری** است. در این فصل با سه کاربرد اصلی بیومکانیک در ورزش آشنا می‌شویم:

- تحلیل و اصلاح تکنیک دویدن
- بهینه‌سازی تکنیک پرتاب و پرش
- طراحی و ارزیابی تجهیزات ورزشی

۲-۹. تحلیل تکنیک دویدن و اصلاح الگوی حرکت

۱-۲-۹. اهمیت تحلیل دویدن

دویدن پایه‌ی بسیاری از ورزش‌هاست. از دوهای سرعت و استقامت گرفته تا ورزش‌های تویی که در آن‌ها دویدن مکرر انجام می‌شود. یک الگوی دویدن نادرست، نه تنها سرعت را کاهش می‌دهد، بلکه خطر آسیب‌های مزمن مانند درد زانو، التهاب تاندون آشیل و استرس فرکتور را افزایش می‌دهد.

۲-۲-۹. پارامترهای کلیدی در تحلیل دویدن

۱. طول گام: (Stride Length)

فاصله‌ی بین دو تماس متوالی یک پا با زمین.

- طول گام بیش از حد باعث کاهش فرکانس گام و افزایش نیروی ضربه می‌شود.
- طول گام کم باعث افزایش هزینه‌ی انرژی می‌شود.
- طول گام مطلوب، تعادلی بین این دو است.

۲. فرکانس گام: (Cadence)

تعداد گام‌ها در واحد زمان (معمولاً در دقیقه).

- فرکانس مطلوب برای دوندۀ‌های استقامت حدود ۱۸۰ گام در دقیقه است.
- افزایش فرکانس گام (بدون افزایش سرعت) باعث کاهش نیروی ضربه به مفاصل می‌شود.

۳. الگوی تماس پا با زمین: (Foot Strike Pattern)

نحوه‌ی برخورد پا با زمین به سه دسته تقسیم می‌شود:

- **فرود با پاشنه: (Heel Strike)** رایج‌ترین الگو، اما ضربه‌ی بیشتری به زانو وارد می‌کند.
- **فرود با پنجه: (Forefoot Strike)** ضربه‌ی کمتری به زانو وارد می‌کند، اما فشار بیشتری به تاندون آشیل وارد می‌شود.
- **فرود با میانه‌ی پا: (Midfoot Strike)** تعادل بین دو حالت قبلی و معمولاً مطلوب‌ترین الگو است.

۴. **زاویه‌ی تنه:** خم شدن بیش از حد تنه به جلو، تنفس را دشوار می‌کند و به کمر فشار وارد می‌کند. حالت مطلوب، تنه‌ی صاف با خمیدگی بسیار جزئی به جلو (حدود ۵ درجه) است.

۵. **حرکت بازوها:** بازوها باید به صورت جلو و عقب (نه مورب) حرکت کنند و زاویه‌ی آرنج حدود ۹۰ درجه باشد. حرکت بازوها، تعادل بدن را حفظ کرده و به پیش‌رانی کمک می‌کند.

۳-۲-۹. مطالعه‌ی موردی: اصلاح الگوی دویدن یک دهنده‌ی آماتور

وضعیت:

یک دهنده‌ی آماتور با شکایت از درد زانو به بیومکانیکست مراجعه می‌کند.

تحلیل:

۱. فیلم‌برداری با دوربین نشان می‌دهد که دهنده با پاشنه فرود می‌آید و زانوی او در لحظه‌ی تماس با زمین، صاف است (کمتر از ۱۵ درجه خمیدگی).

۲. صفحه‌ی نیرو نشان می‌دهد که نیروی عمودی وارد بر زانو در هر گام، ۲٫۵ برابر وزن بدن است.

۳. فرکانس گام او ۱۶۰ گام در دقیقه است (کمتر از حد مطلوب).

راهکارهای اصلاحی:

۱. افزایش فرکانس گام به ۱۸۰ گام در دقیقه (با استفاده از مترونوم یا موسیقی با ضرباهنگ مناسب).

۲. تغییر الگوی فرود از پاشنه به میانه‌ی پا (با تمرین دویدن روی پنجه در مسافت‌های کوتاه).

۳. افزایش خمیدگی زانو در لحظه‌ی تماس با زمین (تمرین اسکات و پلایومتریک).

۴. اصلاح وضعیت تنه و حرکت بازوها.

نتیجه پس از ۶ هفته:

- درد زانو کاهش چشمگیری یافت.
- سرعت دهنده در مسافت ۵ کیلومتر، ۴۰ ثانیه بهبود یافت.
- فرکانس گام به ۱۷۸ گام در دقیقه رسید.

۳-۹. بهینه‌سازی تکنیک پرتاب و پرش

۱-۳-۹. پرتاب: در ورزش‌های پرتابی (مانند نیزه، دیسک، وزنه و پرتاب توپ)، سه پارامتر اصلی بر

مسافت تأثیر می‌گذارند که در فصل چهارم (سینماتیک) با آن‌ها آشنا شدیم:

۱. سرعت اولیه‌ی پرتاب

۲. زاویه‌ی پرتاب

۳. ارتفاع نقطه‌ی پرتاب

بیومکانیک به ما کمک می‌کند تا هر سه پارامتر را بهینه‌سازی کنیم.

۹-۳-۲. مطالعه‌ی موردی: بهبود تکنیک پرتاب وزنه

وضعیت:

یک پرتاب‌کننده‌ی وزنه با رکورد فعلی ۱۸ متر، می‌خواهد به ۲۰ متر برسد.

تحلیل بیومکانیکی:

۱. سینماتیک: سرعت خروج وزنه ۱۲ متر بر ثانیه، زاویه‌ی خروج ۴۲ درجه و ارتفاع خروج ۱٫۸ متر است.

۲. سینتیک: نیروی تولیدی در لحظه‌ی پرتاب ۱۵۰۰ نیوتن است.

۳. زنجیره‌ی حرکتی: تحلیل EMG نشان می‌دهد که عضلات سرینی (باسن) ۳۰ میلی‌ثانیه دیرتر از عضلات چهارسر ران فعال می‌شوند که باعث کاهش انتقال انرژی از پا به دست می‌شود.

راهکارهای اصلاحی:

۱. افزایش سرعت خروج: تمرینات قدرتی و پلايومتریک برای افزایش نیروی عضلانی.

۲. بهبود زاویه‌ی پرتاب: تنظیم زاویه به ۴۰ درجه (با توجه به شرایط آب و هوایی و ارتفاع پرتاب).

۳. اصلاح زنجیره‌ی حرکتی: تمرینات هماهنگی برای فعال‌سازی همزمان عضلات سرینی و چهارسر ران.

۴. افزایش ارتفاع خروج: اصلاح تکنیک در مرحله‌ی نهایی پرتاب (کشیدن دست‌ها به بالا).

نتیجه پس از ۸ هفته:

- سرعت خروج به ۱۳٫۲ متر بر ثانیه افزایش یافت.
- زاویه‌ی پرتاب به ۴۰ درجه تنظیم شد.
- رکورد پرتاب‌کننده به ۱۹٫۷ متر رسید (نزدیک به هدف ۲۰ متر).

۹-۳-۳. پرش

در پرش‌ها (مانند پرش ارتفاع، پرش طول و پرش عمودی در والیبال)، اصول مشابهی حاکم است:

- هرچه نیروی عمودی بیشتری به زمین وارد شود (قانون سوم نیوتن)، پرش بالاتر می‌رود.
- زاویه‌ی پرتاب مرکز ثقل در پرش طول باید حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه باشد.

- در پرش ارتفاع، تکنیک "فوسبری فلاپ" با خم کردن بدن از روی مانع، مرکز ثقل را پایین‌تر از مانع نگه می‌دارد و به ورزشکار اجازه می‌دهد از ارتفاع بیشتری عبور کند.

۴-۹. طراحی و ارزیابی تجهیزات ورزشی

بیومکانیک نقش اساسی در طراحی و ارزیابی تجهیزات ورزشی دارد. هدف، طراحی تجهیزاتی است که ضمن افزایش عملکرد، خطر آسیب را نیز کاهش دهند.

۴-۹-۱. کفش‌های ورزشی

الف) کفش دویدن:

- **کوسن‌گذاری (Cushioning):** جذب ضربه‌های ناشی از تماس پا با زمین.
- **کنترل حرکت (Motion Control):** جلوگیری از چرخش بیش از حد پا به داخل (پرونیشن) یا خارج (سوپرینیشن).
- **انعطاف‌پذیری (Flexibility):** امکان خم شدن طبیعی پا در هنگام دویدن.
- **وزن:** هرچه کفش سبک‌تر باشد، هزینه انرژی کمتری دارد.

مثال:

کفش‌های "مربع شکل (Rockerd Shoes)" که در سال‌های اخیر رایج شده‌اند، با طراحی منحنی در قسمت جلویی، خم شدن مفصل انگشتان پا را کاهش می‌دهند و انرژی کمتری از دهنده می‌گیرند. تحقیقات بیومکانیکی نشان داده که این کفش‌ها می‌توانند سرعت دویدن را تا ۲ تا ۳ درصد افزایش دهند.

ب) کفش‌های بسکتبال:

- **قوزک‌پوش (High-Top):** حمایت از مفصل مچ پا و جلوگیری از پیچ‌خوردگی.
- **کفیوش چسبنده:** افزایش اصطکاک برای تغییر مسیرهای ناگهانی

۲-۴-۹. راکت‌های تنیس

- **توزیع وزن:** راکت‌های با وزن بیشتر در سر (Head-Heavy) قدرت ضربه را افزایش می‌دهند، اما کنترل را کاهش می‌دهند.
 - **سفتی: (Stiffness)** راکت‌های سفت‌تر، قدرت بیشتری دارند اما ضربه‌ی بیشتری به بازو وارد می‌کنند.
 - **اندازه‌ی سر: (Head Size)** سر بزرگ‌تر، نقطه‌ی شیرین (Sweet Spot) بزرگ‌تری دارد و ضربات خارج از مرکز را بهتر تحمل می‌کند.
-

۳-۴-۹. کلاه‌های ایمنی

در ورزش‌های برخوردی مانند فوتبال آمریکایی، هاکی روی یخ و دوچرخه‌سواری، کلاه‌های ایمنی بر اساس اصول بیومکانیکی طراحی می‌شوند تا ضربه‌های وارده به سر را جذب و مستهلک کنند و از آسیب‌های مغزی جلوگیری کنند.

مثال:

کلاه‌های مدرن دوچرخه‌سواری از فوم‌های مخصوص (EPS) ساخته شده‌اند که در هنگام ضربه، با تغییر شکل خود، انرژی ضربه را جذب می‌کنند و فشار وارد بر جمجمه را کاهش می‌دهند.

۴-۴-۹. تجهیزات کمک‌کننده (مانند دستکش، محافظ ساق و زانوبند)

- **دستکش‌های وزنه‌برداری:** از مچ دست حمایت می‌کنند و از آسیب‌های ناشی از فشار زیاد جلوگیری می‌کنند.
 - **محافظ ساق در فوتبال:** ضربه‌های وارده به ساق پا را جذب می‌کنند.
 - **زانوبندهای طبی:** از مفصل زانو حمایت کرده و از حرکات غیرطبیعی جلوگیری می‌کنند.
-

۵-۹. جمع‌بندی فصل نهم

- بیومکانیک در عمل، به مربیان و ورزشکاران کمک می‌کند تا تکنیک را اصلاح کنند، از آسیب پیشگیری کنند و عملکرد را بهبود بخشند.
- تحلیل دویدن شامل بررسی طول گام، فرکانس گام، الگوی تماس پا، زاویه تته و حرکت بازوهاست.
- در پرتاب‌ها، سه پارامتر سرعت اولیه، زاویه و ارتفاع خروج، کلید موفقیت هستند.
- در پرش‌ها، نیروی عمودی و زاویه پرتاب مرکز ثقل، مهم‌ترین عوامل هستند.
- طراحی تجهیزات ورزشی (کفش، راکت، کلاه، محافظ‌ها) بر اساس اصول بیومکانیکی، ضمن افزایش عملکرد، ایمنی ورزشکاران را تأمین می‌کند.

۶-۹. تمرین برای خودآزمایی

۱. یک دوندۀ استقامت با فرکانس گام ۱۶۰ در دقیقه، چه تغییراتی باید در الگوی دویدن خود ایجاد کند تا سرعت را افزایش دهد و خطر آسیب را کاهش دهد؟
۲. یک پرتاب‌کنندۀ وزنه با رکورد ۱۷ متر، سرعت خروج ۱۱٫۵ متر بر ثانیه دارد. اگر بخواهد رکورد خود را به ۱۹ متر برساند، کدام پارامتر (سرعت، زاویه یا ارتفاع خروج) را باید بیشتر مورد توجه قرار دهد؟ چرا؟
۳. چرا کفش‌های "مربع شکل" در سال‌های اخیر در دویدن سرعت محبوب شده‌اند؟ مکانیزم بیومکانیکی آن را توضیح دهید.
۴. یک والیبالیست برای افزایش ارتفاع پرش خود، باید کدام پارامترهای بیومکانیکی را بهبود بخشد و چگونه می‌توان آن‌ها را اندازه‌گیری کرد؟
۵. در طراحی کلاه‌های ایمنی دوچرخه‌سواری، چگونه از اصول بیومکانیکی برای کاهش خطر آسیب‌های مغزی استفاده می‌شود؟

فصل دهم - پیوست‌ها و واژه‌نامه‌ی کامل بیومکانیک ورزشی

پیوست ۱: واژه‌نامه‌ی تخصصی بیومکانیک ورزشی (الفبایی)

الف - آ

آسیب‌شناسی ورزشی (Sports Injury Pathology): مطالعه‌ی مکانیزم‌های ایجاد آسیب در فعالیت‌های ورزشی.

آیرودینامیک (Aerodynamics): مطالعه‌ی حرکت اجسام در هوا و نیروهای وارد بر آنها.

آهنگ گام (Cadence): تعداد گام‌های یک دوندۀ در دقیقه. معمولاً ۱۸۰ گام در دقیقه برای دوندۀ‌های استقامت مطلوب است.

ب - پ

بردار (Vector): کمیتی که هم اندازه و هم جهت دارد؛ مانند نیرو، سرعت و شتاب.

برآر (Lift): نیرویی عمود بر جهت حرکت یک جسم در سیال که می‌تواند آن را بالا ببرد یا مسیرش را تغییر دهد.

پایداری (Stability): مقاومت در برابر تغییر وضعیت تعادل. با جرم بیشتر، مرکز ثقل پایین‌تر و سطح اتکا بزرگ‌تر افزایش می‌یابد.

پرتابی (Projectile): حرکتی که در آن جسم در هوا رها شده و تنها تحت تأثیر گرانش (و مقاومت هوا) قرار می‌گیرد.

پرش عمودی (Vertical Jump): حرکت رو به بالای بدن که با تولید نیروی عمودی علیه گرانش انجام می‌شود.

ت - ث

تکانه (Momentum): مقدار حرکت یک جسم که از حاصلضرب جرم در سرعت به دست می‌آید ($P = m.v$).

تکانه‌ی زاویه‌ای (Angular Momentum): مقدار حرکت دورانی یک جسم که از حاصلضرب گشتاور لختی در سرعت زاویه‌ای به دست می‌آید. ($L = I.\omega$)

توان (Power): آهنگ انجام کار یا سرعت مصرف انرژی که از حاصلضرب نیرو در سرعت به دست می‌آید. ($P = F.v$)

ج - چ

جرم (Mass): مقدار ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی یک جسم که در هر مکان ثابت است. واحد: کیلوگرم.

جابه‌جایی زاویه‌ای (Angular Displacement): تغییر در زاویه‌ی یک بخش از بدن نسبت به یک خط مرجع.

چرخش (Spin/Rotation): حرکت دورانی یک جسم حول محور خود.

ح - خ

حرکت خطی (Linear Motion): حرکتی که در آن تمام نقاط جسم مسیر موازی و یکسانی را طی می‌کنند.

حرکت زاویه‌ای (Angular Motion): حرکت دورانی جسم حول یک محور.

حرکت عمومی (General Motion): ترکیبی از حرکت خطی و زاویه‌ای که رایج‌ترین نوع حرکت در ورزش است.

د - د

دامنه‌ی حرکتی: (**Range of Motion - ROM**) میزان زاویه‌ای که یک مفصل می‌تواند حرکت کند.
دوربین: (**High-Speed Camera**) 高速 دوربینی با نرخ ثبت بیش از ۱۰۰۰ فریم در ثانیه برای ثبت حرکات سریع.

ر - ز

راستای نیرو: (**Line of Action**) خط فرضی که جهت اعمال نیرو را نشان می‌دهد.
زانوبند: (**Knee Brace**) تجهیزات حمایتی برای مفصل زانو که از حرکات غیرطبیعی جلوگیری می‌کند.
زنجیره‌ی حرکتی: (**Kinetic Chain**) توالی هماهنگ فعال‌سازی مفاصل و عضلات برای تولید یک حرکت کارآمد.

س - ش

سرعت: (**Velocity**) آهنگ تغییرات مکان نسبت به زمان که هم اندازه و هم جهت دارد.
سرعت زاویه‌ای: (**Angular Velocity**) آهنگ تغییرات جابه‌جایی زاویه‌ای نسبت به زمان.
سطح اتکا: (**Base of Support - BOS**) ناحیه‌ای از بدن که با سطح تماس دارد (مانند کف پاها).
سینتیک: (**Kinetics**) شاخه‌ای از بیومکانیک که به تحلیل نیروهای عامل حرکت می‌پردازد.
سینماتیک: (**Kinematics**) شاخه‌ای از بیومکانیک که به توصیف حرکت (مکان، سرعت، شتاب) می‌پردازد.
شتاب: (**Acceleration**) آهنگ تغییرات سرعت نسبت به زمان.
شتاب زاویه‌ای: (**Angular Acceleration**) آهنگ تغییرات سرعت زاویه‌ای نسبت به زمان.

ص - ض

صفحه‌ی نیرو: (Force Plate) ابزاری برای اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین و گشتاورها.
ضربه: (Impact) برخورد دو جسم در مدت زمان کوتاه که با انتقال نیرو و تکانه همراه است.

ط - ظ

طول گام: (Stride Length) فاصله‌ی بین دو تماس متوالی یک پا با زمین در دویدن.

ع - غ

عکس‌العمل زمین: (Ground Reaction Force - GRF) نیروی واکنشی که زمین در پاسخ به نیروی کنشی ورزشکار وارد می‌کند.
عملکرد: (Performance) کیفیت اجرای یک حرکت یا مسابقه که با پارامترهایی مانند سرعت، قدرت و دقت سنجیده می‌شود.

ف - ق

فرکانس گام: (Step Frequency/Cadence) تعداد گام‌ها در واحد زمان (معمولاً در دقیقه).
قانون اول نیوتن: (Newton's First Law) قانون اینرسی؛ جسم ساکن، ساکن و جسم متحرک با سرعت ثابت در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مگر اینکه نیروی خارجی بر آن اثر کند.
قانون دوم نیوتن: (Newton's Second Law): $F = m.a$ ؛ شتاب با نیرو رابطه‌ی مستقیم و با جرم رابطه‌ی معکوس دارد.
قانون سوم نیوتن: (Newton's Third Law) قانون کنش و واکنش؛ در برابر هر کنشی، واکنشی مساوی و در خلاف جهت وجود دارد.

ک - گ

کار (Work): حاصلضرب نیرو در جابه‌جایی در راستای نیرو. واحد: ژول.

کینزیولوژی (Kinesiology): علم مطالعه‌ی حرکت انسان که بیومکانیک یکی از ابزارهای اصلی آن است.

گشتاور (Torque): توانایی یک نیرو برای چرخاندن جسم حول یک محور که از حاصلضرب نیرو در اهرم به دست می‌آید. ($\tau = F.d$)

گشتاور لختی (Moment of Inertia): مقاومت یک جسم در برابر تغییر حالت چرخشی که به توزیع جرم حول محور چرخش بستگی دارد.

ل - م

مرکز ثقل (Center of Gravity - COG): نقطه‌ای فرضی در بدن که وزن بدن به طور مساوی در اطراف آن توزیع شده است.

مقاومت هوا (Air Resistance): نیروی پسرانی که هوا در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌کند.

مقاومت سیال (Drag): نیروی اصطکاکی که یک سیال (آب یا هوا) در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌کند.

مفصل (Joint): نقطه‌ی اتصال بین دو یا چند استخوان که حرکت را ممکن می‌سازد.

مکانیک (Mechanics): شاخه‌ای از فیزیک که به مطالعه‌ی حرکت و نیروها می‌پردازد.

ن - و

نیرو (Force): عاملی که باعث تغییر حالت سکون یا حرکت جسم می‌شود. واحد: نیوتن.

نیروهای درونی (Internal Forces): نیروهایی که درون بدن تولید می‌شوند و عمدتاً ناشی از انقباض عضلات هستند.

نیروهای بیرونی (External Forces): نیروهایی که از محیط خارج بر بدن وارد می‌شوند (گرنش، اصطکاک، عکس‌العمل زمین، مقاومت هوا).

نیروی برآر (Lift Force): همان برآر؛ نیروی عمودی که سیال به جسم وارد می‌کند.

نیروی پس‌رانی (Drag Force): همان مقاومت سیال.

وزن (Weight): نیروی جاذبه‌ای که زمین به جسم وارد می‌کند. $(W = m.g)$ واحد: نیوتن.

ه - ی

اهرم (Lever): میله‌ای که حول یک تکیه‌گاه می‌چرخد و برای افزایش نیرو یا سرعت استفاده می‌شود.

اهرم کلاس یک (First-Class Lever): تکیه‌گاه بین نیروی محرکه و نیروی مقاوم.

اهرم کلاس دو (Second-Class Lever): نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرکه.

اهرم کلاس سه (Third-Class Lever): نیروی محرکه بین تکیه‌گاه و نیروی مقاوم (رایج‌ترین نوع اهرم در بدن).

الکترومایوگرافی (Electromyography - EMG): اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات در حین انقباض.

اثر مگنوس (Magnus Effect): پدیده‌ای که در آن چرخش یک جسم در سیال، باعث ایجاد نیروی عمود بر جهت حرکت و تغییر مسیر آن می‌شود.

انرژی (Energy): توانایی انجام کار. به دو شکل جنبشی (حرکت) و پتانسیل (ذخیره‌ای) وجود دارد.

انرژی جنبشی (Kinetic Energy): انرژی حرکت که از رابطه‌ی $KE = \frac{1}{2} m.v^2$ به دست می‌آید.

انرژی پتانسیل (Potential Energy): انرژی ذخیره‌شده که در ورزش، معمولاً به صورت گرانشی است. $(PE = m.g.h)$

اینرسی: (Inertia) مقاومت جسم در برابر تغییر حالت سکون یا حرکت.

پیوست ۲: فرمول‌های کلیدی بیومکانیک ورزشی

عنوان	فرمول	توضیح
وزن	$W = m.g$	نیروی گرانش وارد بر جسم
نیرو	$F = m.a$	قانون دوم نیوتن
گشتاور	$\tau = F.d$	نیروی چرخاننده (d = اهرم)
تکانه‌ی خطی	$P = m.v$	مقدار حرکت خطی
تکانه‌ی زاویه‌ای	$L = I.\omega$	مقدار حرکت دورانی
کار	$W = F.d.\cos\theta$	کار در راستای نیرو
انرژی جنبشی	$KE = \frac{1}{2}.m.v^2$	انرژی حرکت
انرژی پتانسیل	$PE = m.g.h$	انرژی ذخیره شده (گرانشی)
توان	$P = W/t = F.v$	آهنگ انجام کار
سرعت خطی در حرکت دورانی	$v = r.\omega$	رابطه‌ی سرعت خطی و زاویه‌ای
نیروی برآر	$L = \frac{1}{2}.p.v^2$ A.CL	نیروی عمود بر حرکت در سیال
نیروی پس‌رانی	$D = \frac{1}{2}.p.v^2$ A.CD	مقاومت سیال در برابر حرکت

پیوست ۳: جداول مرجع سریع

جدول ۱: انواع اهرم در بدن

مثال در بدن	ویژگی	ترتیب (از تکیه‌گاه)	نوع اهرم
مفصل گردن	افزایش نیرو یا سرعت	تکیه‌گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم	کلاس یک
حرکت روی پنجه‌پا	افزایش نیرو (مزیت مکانیکی)	تکیه‌گاه - نیروی مقاوم - نیروی محرکه	کلاس دو
فلکسیون آرنج (جلو بازو)	افزایش سرعت	تکیه‌گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم	کلاس سه

جدول ۲: دسته‌بندی مفاصل بر اساس حرکت

حرکت مجاز	مثال	درجه‌ی آزادی	نوع مفصل
خم و راست شدن	آرنج، زانو	۱	لولایی
چرخش	گردن (اطلس-محور)	۱	محوری
خم/راست + دور/نزدیک	مچ دست	۲	بیضوی
دو جهت عمود بر هم	شست دست	۲	زانویی
حرکت در تمام جهات + چرخش	شانه، لگن	۳	گلوله‌ای-کاسه‌ای

جدول ۳: عوامل مؤثر بر پایداری

مثال ورزشی	تأثیر بر پایداری	عامل
کشتی‌گیر سنگین‌وزن	افزایش پایداری	جرم بیشتر
اسکات در وزنه‌برداری	افزایش پایداری	مرکز ثقل پایین‌تر
دریافت توپ با پاهاى باز	افزایش پایداری	سطح اتکا بزرگ‌تر
تعادل روی چوب موازنه	افزایش پایداری	خط ثقل نزدیک‌تر به مرکز سطح اتکا

پیوست ۴: تمرین‌های تکمیلی خودآزمایی (پاسخ‌نامه)

فصل ۱:

۱. بیومکانیک ورزشی یعنی کاربرد قوانین فیزیک برای تحلیل حرکت انسان در ورزش با هدف بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب.
۲. سه هدف اصلی: بهبود عملکرد، پیشگیری از آسیب و طراحی تجهیزات.

فصل ۲:

۱. جرم مقدار ماده است و در ماه همان ۷۰ کیلوگرم است، اما وزن نیروی گرانش است و در ماه به یک‌ششم وزن روی زمین می‌رسد. یک دوچرخه‌سوار با تجهیزات سبک‌تر، جرم کمتری دارد و شتاب بیشتری می‌گیرد.
۲. باید نیروی عضلانی را افزایش دهد (تمرینات قدرتی) تا شتاب بیشتری به هالتر بدهد.
۳. در شنای قورباغه، پاها آب را به عقب می‌راند (کنش) و آب، شناگر را به جلو می‌راند (واکنش).
۴. با کاهش اهرم (فاصله‌ی هالتر تا زانو)، گشتاور وارد بر زانو کاهش می‌یابد.

فصل ۳:

۱. اهرم کلاس دو: حرکت روی پنجه پا. تکیه گاه = مچ پا، نیروی مقاوم = وزن بدن، نیروی محرکه = عضلات ساق پا.

۲. مرکز ثقل به جلو حرکت می کند و برای حفظ تعادل، باید تنه را به عقب متمایل کند.

۳. در پرتاب، دست باید از پشت سر به جلو حرکت کند. دامنه ی حرکتی بالا در شانه، امکان حرکت کامل و تولید سرعت بیشتر را فراهم می کند.

۴. با افزایش سطح اتکا (پاها را بازتر) و پایین آوردن مرکز ثقل (خم کردن زانوها) قبل از پرش، می توان نیروی عمودی بیشتری تولید کرد.

فصل ۴:

۱. سرعت متوسط = کل مسافت تقسیم بر کل زمان (مثلاً ۱۰ متر بر ثانیه)، اما سرعت لحظه ای در ۵۰ متری مسابقه ممکن است ۱۱ متر بر ثانیه باشد.

۲. سرعت اولیه را افزایش دهد یا زاویه را به ۴۰ درجه تنظیم کند.

۳. سرعت افقی تعیین کننده ی مسافت پرش است، زیرا زمان پرواز محدود است و سرعت عمودی فقط ارتفاع را افزایش می دهد.

۴. با افزایش سرعت زاویه ای چرخش شانه و بازو، یا افزایش طول راکت (فاصله از محور چرخش).

فصل ۵:

۱. نیروی درونی = انقباض عضلات پا برای راندن آب. نیروی بیرونی = واکنش آب که شناگر را به جلو می راند.

۲. نیروی خالص = $۷۸۰ - ۱۵۰۰ = ۷۲۰$ نیوتن. جرم = $۷۸۰ \div ۹,۸۱ \approx ۷۹,۵$ کیلوگرم. شتاب = $۷۲۰ \div ۷۹,۵ \approx ۹,۰۵$ متر بر مجذور ثانیه.

۳. با کاهش اهرم، گشتاور ($F \times d$) کاهش می‌یابد و فشار کمتری به مفصل زانو وارد می‌شود.
۴. با جمع کردن دست‌ها، گشتاور لختی کاهش یافته و سرعت زاویه‌ای افزایش می‌یابد (پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای).

فصل ۶:

۱. تعادل ایستا = در حالت سکون روی اسکی. تعادل پویا = در حین حرکت در سرانشی.
۲. زانوها را خم می‌کند (پایین آوردن مرکز ثقل) و پاها را بازتر می‌گذارد (افزایش سطح اتکا).
- ۳ $F = 150 \times 9.81 = 1471.5 \text{ N}$. $W = F \times d = 1471.5 \times 1.5 \approx 2207$ ژول.
۴. در لحظه‌ی پرش، انرژی جنبشی (ناشی از سرعت) به انرژی پتانسیل (در اوج پرش) تبدیل می‌شود.
۵. در ورزش‌های انفجاری، زمان بسیار محدود است و باید در کوتاه‌ترین زمان، بیشترین کار انجام شود.

فصل ۷:

۱. کلاه‌های سیلیکونی سطح اصطکاک با آب را کاهش داده و مقاومت را کم می‌کنند.
۲. خم شدن روی دسته (حالت آیرودینامیک)، استفاده از کلاه و لباس چسبان.
۳. نیروی پس‌رانی در خلاف جهت حرکت است و سرعت را کاهش می‌دهد، اما نیروی برآر عمود بر حرکت است و دیسک را در هوا نگه می‌دارد.
۴. با چرخش جانبی توپ، اختلاف فشار ایجاد شده و توپ به یک سمت خم می‌شود.
۵. چرخش رو به جلو (تاپ اسپین) باعث می‌شود نیروی برآر، توپ را به سمت پایین بکشد.

فصل ۸:

۱. تحلیل کیفی = مربی با چشم، حرکت شناگر را مشاهده می‌کند. تحلیل کمی = اندازه‌گیری زاویه‌ی دست و سرعت کشش با دوربین.
۲. با اندازه‌گیری نیروی افقی تولیدی در هر گام و زمان تماس با زمین، می‌توان تکنیک را اصلاح کرد.
۳. EMG. نشان می‌دهد که کدام عضلات و در چه زمانی فعال می‌شوند، که با چشم قابل مشاهده نیست.
۴. IMU. قابل‌حمل است و در محیط مسابقه قابل استفاده است، در حالی که سیستم‌های سه‌بعدی معمولاً در آزمایشگاه استفاده می‌شوند.
۵. عدم تقارن خطر آسیب، کاهش عملکرد و افزایش فشار به یک سمت بدن را به همراه دارد. با تمرینات اصلاحی و تقویتی می‌توان آن را برطرف کرد.

فصل ۹:

۱. افزایش فرکانس گام به ۱۸۰، تغییر الگوی فرود به میانه‌ی پا و اصلاح وضعیت تنه.
۲. سرعت خروج را افزایش دهد (چون سرعت در فرمول مسافت، توان دوم دارد و تأثیر بیشتری دارد).
۳. با کاهش خم‌شدن انگشتان پا، انرژی کمتری از دهنده گرفته می‌شود و کارایی افزایش می‌یابد.
۴. افزایش نیروی عمودی (تمرینات قدرتی) و بهبود زاویه‌ی بند کردن زانو (بهبود تکنیک). با صفحه‌ی نیرو قابل اندازه‌گیری است.
۵. با جذب انرژی ضربه توسط فوم‌های مخصوص و افزایش زمان تماس (کاهش شتاب)، فشار وارد بر جمجمه کاهش می‌یابد.

پیوست ۵: پیشنهاد منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

منابع فارسی:

۱. بیومکانیک ورزشی (ترجمه‌ی دکتر حمید رجبی) – انتشارات سمت
۲. بیومکانیک پایه (ترجمه‌ی دکتر فرهاد رحمانی) – انتشارات دانشگاه تهران
۳. کینزیولوژی (دکتر منصور صاحب‌زمانی) – انتشارات سمت

منابع انگلیسی:

- . Biomechanics of Sport and Exercise (Peter McGinnis) – Human Kinetics
- . Basic Biomechanics (Susan J. Hall) – McGraw-Hill
- . Sports Biomechanics: The Basics (Anthony Blazeovich) – A&C Black

وبسایت‌های معتبر:

- www.humankinetics.com
- www.asbweb.org (American Society of Biomechanics)
- www.isbweb.org (International Society of Biomechanics)

پاسخنامه تمرین‌های خودآزمایی به تفکیک فصل (فصل‌های ۱ تا ۹)

فصل اول: آشنایی با بیومکانیک ورزشی

سوال ۱: بیومکانیک ورزشی یعنی کاربرد قوانین فیزیک برای تحلیل حرکت انسان در ورزش با هدف بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب.

سوال ۲: سه هدف اصلی بیومکانیک ورزشی عبارتند از:
 ۱. بهبود عملکرد (بهینه‌سازی تکنیک و افزایش کارایی)
 ۲. پیشگیری از آسیب (شناسایی الگوهای حرکتی پرخطر)
 ۳. طراحی و بهبود تجهیزات ورزشی

فصل دوم: مفاهیم پایه‌ای فیزیک و مکانیک

سوال ۱: تفاوت جرم و وزن در دوچرخه‌سواری:

جرم مقدار ماده تشکیل‌دهنده ورزشکار و دوچرخه است و در هر مکان (زمین، ماه، فضا) ثابت می‌ماند. اما وزن نیروی گرانش است که به شتاب گرانش بستگی دارد. یک دوچرخه‌سوار با جرم ۷۰ کیلوگرم روی زمین وزنی برابر با $70 \times 9.81 \approx 687$ نیوتن دارد، اما در ماه وزن او به حدود ۱۱۴ نیوتن کاهش می‌یابد. در دوچرخه‌سواری، کاهش جرم (با استفاده از دوچرخه‌ی سبک‌تر) باعث کاهش وزن و افزایش شتاب می‌شود.

سوال ۲: برای افزایش شتاب هالتر، وزنه‌بردار باید نیروی عضلانی (F) را افزایش دهد (طبق قانون دوم نیوتن، $F = m.a$). با افزایش نیرو، شتاب هالتر افزایش می‌یابد. کاهش جرم هالتر نیز شتاب را افزایش می‌دهد، اما در مسابقات جرم هالتر ثابت است، بنابراین تنها راه افزایش نیروی عضلانی است.

سوال ۳: در شنای قورباغه، قانون سوم نیوتن به این صورت دیده می‌شود:

- کنش: پاهای شناگر آب را به سمت عقب و پایین می‌رانند.
- واکنش: آب با نیرویی مساوی و در خلاف جهت، شناگر را به سمت جلو و بالا می‌راند (نیروی پیش‌ران).

سوال ۴: در حرکت اسکات، نگه داشتن هالتر نزدیک تر به محور زانو باعث کاهش اهرم (d) می شود. از آنجا که گشتاور = نیرو $\times$ اهرم ($\tau = F.d$)، با کاهش اهرم، گشتاور وارد بر مفصل زانو کاهش می یابد و فشار کمتری به رباطها و غضروف زانو وارد می شود.

فصل سوم: آناتومی کاربردی برای بیومکانیک

سوال ۱: یک حرکت ورزشی با اهرم کلاس دو: حرکت روی پنجه پا (پلانتار فلکسیون) در هنگام پرش یا راه رفتن.

- تکیه گاه (محور چرخش) = مفصل مچ پا
- نیروی محرکه = انقباض عضلات ساق پا (گاستروکنمیوس و سولئوس) که به پاشنه متصل هستند.
- نیروی مقاوم = وزن بدن که از طریق استخوان های پا به مفصل مچ پا وارد می شود و بین انگشتان پا و مچ پا قرار دارد.

سوال ۲: اگر وزنه بردار هالتر را بیش از حد به جلو خم کند، مرکز ثقل سیستم (بدن + هالتر) به سمت جلو و پایین حرکت می کند. برای حفظ تعادل، او باید تنه ی خود را به عقب متمایل کند تا خط ثقل دوباره از داخل سطح اتکا (محور بین دو پا) عبور کند.

سوال ۳: در ورزش های پرتابی مانند نیزه و دیسک، دامنه ی حرکتی بالای مفصل شانه ضروری است زیرا:

- به ورزشکار اجازه می دهد دست را به عقب ترین نقطه ببرد (افزایش طول اهرم).
- با افزایش دامنه، مسافت طی شده توسط دست در مرحله ی پرتاب بیشتر می شود که باعث افزایش سرعت خطی و در نتیجه افزایش سرعت خروج جسم می شود.
- دامنه ی حرکتی کامل شانه به انتقال بهینه ی انرژی از تنه به بازو کمک می کند.

سوال ۴: برای افزایش ارتفاع پرش عمودی:

- با افزایش سطح اتکا (بازتر قرار دادن پاها)، پایداری در لحظه ی پرش افزایش می یابد.
- با پایین آوردن مرکز ثقل (خم کردن زانوها) قبل از پرش، زمان تماس با زمین افزایش یافته و می توان نیروی بیشتری به زمین وارد کرد که طبق قانون سوم نیوتن باعث افزایش نیروی واکنش و ارتفاع پرش می شود.

فصل چهارم: سینماتیک (توصیف حرکت)

سوال ۱: تفاوت سرعت متوسط و سرعت لحظه‌ای در دوی ۱۰۰ متر:

- سرعت متوسط = کل مسافت (۱۰۰ متر) تقسیم بر کل زمان (مثلاً ۱۰ ثانیه) = ۱۰ متر بر ثانیه.
- سرعت لحظه‌ای = سرعت دهنده در یک لحظه‌ی خاص، مثلاً در ۵۰ متری مسابقه که ممکن است ۱۱ متر بر ثانیه باشد. سرعت لحظه‌ای با استفاده از دستگاه‌های سرعت سنج یا تحلیل فیلم قابل اندازه‌گیری است.

سوال ۲: یک پرتاب‌کننده وزنه برای افزایش مسافت، باید **سرعت اولیه** را افزایش دهد. زیرا مسافت با مجذور سرعت اولیه رابطه‌ی مستقیم دارد. ($R \propto v^2$) افزایش سرعت اولیه از ۱۲ به ۱۳ متر بر ثانیه می‌تواند مسافت را تا چند متر افزایش دهد، در حالی که تغییر زاویه فقط تأثیر محدودی دارد.

سوال ۳: در پرش طول، سرعت افقی در لحظه‌ی پرش مهم‌تر از سرعت عمودی است، زیرا:

- زمان پرواز در هوا توسط سرعت عمودی تعیین می‌شود (که محدود است).
- مسافت پرش = سرعت افقی $\times$ زمان پرواز. با افزایش سرعت افقی، مسافت به طور مستقیم افزایش می‌یابد. به همین دلیل، دهنده‌های سرعتی در پرش طول موفق‌تر هستند.

سوال ۴: یک بازیکن تنیس برای افزایش سرعت خطی راکت در لحظه‌ی برخورد با توپ، می‌تواند:

- سرعت زاویه‌ای چرخش شانه و آرنج را افزایش دهد (با تمرینات قدرتی و سرعتی).
- فاصله راکت از محور چرخش (مفصل شانه) را افزایش دهد (با انتخاب راکت بلندتر یا قرارگیری مناسب‌تر دست).

طبق رابطه $v = r\omega$ ، با افزایش هر کدام از r (فاصله از محور) یا ω (سرعت زاویه‌ای)، سرعت خطی افزایش می‌یابد.

فصل پنجم: سینتیک (تحلیل علل حرکت)

سوال ۱: تفاوت نیروی درونی و بیرونی در شنای قورباغه:

- نیروی درونی = انقباض عضلات پاها و دست‌ها که درون بدن تولید می‌شود و باعث راندن آب می‌شود.
- نیروی بیرونی = نیروی واکنش آب که در خلاف جهت نیروی کنشی به بدن وارد می‌شود و شناگر را به جلو می‌راند.

سوال ۲: محاسبه شتاب عمودی والیبالیست :

وزن ورزشکار برابر با ۷۸۰ نیوتن است. بنابراین جرم او از تقسیم وزن بر شتاب گرانش به دست می‌آید که برابر با ۷۹٫۵ کیلوگرم می‌شود. (۷۸۰ تقسیم بر ۹٫۸۱)

نیروی عکس‌العمل زمین (GRF) برابر با ۱۵۰۰ نیوتن است که این نیرو به سمت بالا وارد می‌شود.

نیروی خالص وارد بر ورزشکار برابر است با تفاضل نیروی عکس‌العمل زمین و وزن بدن که می‌شود ۷۲۰ نیوتن به سمت بالا. (۱۵۰۰ منهای ۷۸۰)

شتاب عمودی ورزشکار از تقسیم نیروی خالص بر جرم به دست می‌آید که برابر با ۹٫۰۵ متر بر مجذور ثانیه خواهد بود. (۷۲۰ تقسیم بر ۷۹٫۵)

سوال ۳: در حرکت اسکات، نگه داشتن هالتر نزدیک‌تر به مفصل زانو باعث کاهش اهرم (d) می‌شود. از آنجا که $\tau = F \times d$ ، با کاهش d ، گشتاور وارد بر زانو کاهش می‌یابد و فشار کمتری به مفصل وارد می‌شود.

سوال ۴: یک اسکیت‌باز با جمع کردن دست‌ها، گشتاور لختی (l) خود را کاهش می‌دهد. طبق اصل پایستگی تکانه‌ی زاویه‌ای ($L = I \cdot \omega$) ثابت، با کاهش l ، سرعت زاویه‌ای (ω) افزایش می‌یابد. بنابراین سرعت چرخش او افزایش می‌یابد.

فصل ششم: تعادل، پایداری و کار در حرکت

سوال ۱: تفاوت تعادل ایستا و پویا در اسکی:

- تعادل ایستا = زمانی که اسکی‌باز بدون حرکت روی سطح ایستاده است و خط ثقل او از داخل سطح اتکا عبور می‌کند.
- تعادل پویا = زمانی که اسکی‌باز در حال حرکت در سراشیبی است و با تغییر وضعیت بدن و چوب‌های اسکی، تعادل خود را در حین حرکت حفظ می‌کند.

سوال ۲: یک فوتبالیست در هنگام دریافت توپ، برای افزایش پایداری:

- زانوها را خم می‌کند (پایین آوردن مرکز ثقل).
 - پاها را بازتر از هم می‌گذارد (افزایش سطح اتکا).
 - تنه را کمی به جلو متمایل می‌کند (نزدیک‌تر کردن خط ثقل به مرکز سطح اتکا).
- این تغییرات باعث افزایش پایداری و مقاومت در برابر ضربه یا هل دادن حریف می‌شود.

سوال ۳: محاسبه کار انجام شده توسط وزنه بردار:

نیروی لازم برای بلند کردن هالتر برابر با وزن هالتر است که از ضرب جرم در شتاب گرانش به دست می آید. (۱۵۰ ضربدر ۹٫۸۱) که می شود ۱۴۷۱٫۵ نیوتن.

کار انجام شده برابر است با حاصلضرب نیرو در جابه جایی. (۱۴۷۱٫۵ ضربدر ۱٫۵) که می شود ۲۲۰۷٫۲۵ ژول.

سوال ۴: تفاوت انرژی جنبشی و پتانسیل در پرش طول:

- در لحظه ی پرش، ورزشکار دارای انرژی جنبشی بالایی است (ناشی از سرعت افقی و عمودی).
- در بالاترین نقطه ی مسیر، انرژی جنبشی عمودی به صفر رسیده و به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل می شود (انرژی ذخیره شده در ارتفاع).
- در لحظه ی فرود، انرژی پتانسیل دوباره به انرژی جنبشی تبدیل می شود.

سوال ۵: در ورزش های انفجاری (پرش، پرتاب)، توان مهم تر از کار است زیرا:

- توان = کار ÷ زمان. در این ورزش ها، زمان انجام حرکت بسیار کوتاه است (کمتر از یک ثانیه).
- یک ورزشکار با توان بالا می تواند در زمان بسیار کوتاه، نیروی زیادی تولید کند و به نتیجه ی مطلوب برسد.
- مثال: یک پرش کننده باید در ۰٫۲ ثانیه حداکثر نیرو را تولید کند؛ این یعنی توان بسیار بالا، حتی اگر کل کار انجام شده زیاد نباشد.

فصل هفتم: مکانیک شاره ها (سیالات) در ورزش

سوال ۱: شناگران از کلاه های سیلیکونی استفاده می کنند تا سطح اصطکاک بین موها و آب را کاهش دهند. این کلاه ها با صاف کردن سطح سر، مقاومت آب (Drag) را کاهش داده و به شناگر اجازه می دهند با سرعت بیشتری حرکت کنند.

سوال ۲: یک دوچرخه سوار در سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت برای کاهش مقاومت هوا:

- بدن را خم می کند و روی دسته می خوابد (حالت آیرودینامیک، کاهش سطح مقطع).
- از کلاه آیرودینامیک و لباس چسبان استفاده می کند.
- از چرخ های کم مقاومت (چرخ های دیسکی یا پره های کم تعداد) استفاده می کند.

سوال ۳: تفاوت نیروی برآر و پس‌رانی در پرتاب دیسک:

- نیروی پس‌رانی (Drag) در خلاف جهت حرکت دیسک است و سرعت را کاهش می‌دهد.
 - نیروی برآر (Lift) عمود بر جهت حرکت است و دیسک را در هوا نگه می‌دارد و مسافت را افزایش می‌دهد.
- طراحی آیرودینامیک دیسک، نیروی برآر را افزایش و نیروی پس‌رانی را کاهش می‌دهد.

سوال ۴: یک بازیکن فوتبال با استفاده از اثر مگنوس، شوت منحنی می‌زند:

در این پدیده، پا به توپ چرخش (Spin) می‌دهد که معمولاً با ضربه‌ی بیرون پا انجام می‌شود. در یک طرف توپ، هوا در جهت چرخش حرکت می‌کند و سرعت هوا افزایش می‌یابد که باعث کاهش فشار می‌شود. در طرف دیگر، هوا در خلاف جهت چرخش حرکت می‌کند و سرعت هوا کاهش می‌یابد که باعث افزایش فشار می‌شود. این اختلاف فشار، یک نیروی جانبی ایجاد می‌کند که مسیر توپ را منحنی می‌کند.

سوال ۵: در ضربه تاپ اسپین در تنیس، چرخش رو به جلوی توپ باعث می‌شود که:

در بالای توپ، سرعت هوا بیشتر و فشار کمتر شود و در پایین توپ، سرعت هوا کمتر و فشار بیشتر شود. این اختلاف فشار، نیروی برآری به سمت پایین ایجاد می‌کند که توپ را زودتر به زمین می‌رساند و پس از برخورد به زمین، توپ با سرعت بیشتری به جلو می‌پرد.

فصل هشتم: تکنولوژی‌های تحلیل حرکت

سوال ۱: تفاوت تحلیل کیفی و کمی در شنا:

- تحلیل کیفی: مربی با چشم غیرمسلح یا فیلم ساده، وضعیت سر، زاویه‌ی دست و هماهنگی پاها را مشاهده کرده و خطاهای فاحش را تشخیص می‌دهد.
- تحلیل کمی: با استفاده از دوربین‌های 高速 و سنسورها، زاویه‌ی دقیق مفاصل، سرعت دست و پا، و نیروی پیش‌ران را اندازه‌گیری و به صورت عددی گزارش می‌کند.

سوال ۲: یک مربی دویدن با صفحه‌ی نیرو می‌تواند:

یک مربی دویدن با استفاده از صفحه‌ی نیرو می‌تواند پارامترهای زیر را اندازه‌گیری کند و تکنیک دوندۀ را بهبود بخشد:

اول، زمان تماس پا با زمین را اندازه‌گیری می‌کند. هرچه این زمان کمتر باشد، سرعت دونده بیشتر است.

دوم، نیروی افقی تولیدی در هر گام را اندازه‌گیری می‌کند و عدم تقارن بین دو پا را تشخیص می‌دهد.

سوم، الگوی فرود (پاشنه، میانه یا پنجه) را تحلیل می‌کند.

با استفاده از این اطلاعات، مربی می‌تواند تکنیک را اصلاح کرده و سرعت دوندۀ را افزایش دهد.

سوال ۳ EMG: در پرش عمودی اطلاعاتی را نشان می‌دهد که با چشم قابل مشاهده نیست:

- زمان‌بندی فعال‌سازی عضلات (کدام عضله زودتر منقبض می‌شود).
- میزان فعالیت عضلات مختلف (آیا عضلات سرینی و چهارسر به درستی درگیر می‌شوند).
- تشخیص خستگی عضلانی در طول تمرین.
- شناسایی عدم تعادل عضلانی بین پای راست و چپ.

سوال ۴: مزیت سنسورهای IMU نسبت به سیستم‌های سه‌بعدی:

- قابل‌حمل و سبک هستند و روی بدن ورزشکار نصب می‌شوند.
- در محیط واقعی مسابقه (میدانی) قابل استفاده هستند، نه فقط در آزمایشگاه.
- اطلاعات بی‌درنگ (Real-Time) ارائه می‌دهند.
- هزینه‌ی کمتری نسبت به سیستم‌های سه‌بعدی دارند.

سوال ۵: عدم تقارن نیروی دو پا خطرات زیر را به همراه دارد:

- افزایش فشار به مفاصل و عضلات سمت غالب.
- کاهش عملکرد کلی ورزشکار.
- افزایش خطر آسیب (مانند پارگی رباط، تاندونیت، استرس فرکتور).
- برای برطرف کردن این مشکل:
- تمرینات یک‌طرفه (مثل اسکات یک‌پا) برای تقویت پای ضعیف‌تر.
- تمرینات تعادلی و اصلاحی.
- استفاده از بازخورد بیومکانیکی (صفحه نیرو یا IMU) برای پایش پیشرفت.

فصل نهم: کاربردهای عملی بیومکانیک در ورزش

سوال ۱: یک دوندۀ استقامت با فرکانس گام ۱۶۰ در دقیقه:

- باید فرکانس گام را به ۱۸۰ گام در دقیقه افزایش دهد (با استفاده از مترونوم).
- الگوی فرود را از پاشنه به میانه‌ی پا تغییر دهد.
- زاویه‌ی تنه را اصلاح کند (کمتر به جلو خم شود).
- حرکت بازوها را به صورت جلو-عقب (نه مورب) تنظیم کند.
- این تغییرات باعث کاهش نیروی ضربه به مفاصل و افزایش سرعت می‌شود.

سوال ۲: یک پرتاب‌کننده وزنه با رکورد ۱۷ متر باید **سرعت اولیه** را افزایش دهد.

زیرا مسافت با مجذور سرعت رابطه‌ی مستقیم دارد و تغییر در سرعت بیشترین تأثیر را بر مسافت دارد. با افزایش سرعت از ۱۱٫۵ به ۱۲٫۵ متر بر ثانیه، می‌تواند به رکورد ۱۹ متر نزدیک شود.

سوال ۳: کفش‌های "مربع شکل (Rockered Shoes)" با طراحی منحنی در قسمت جلویی، خم شدن مفصل متاتارسوفالانژیال (انگشتان پا) را کاهش می‌دهند. این کاهش خم شدن باعث می‌شود انرژی کمتری از دونده گرفته شود (ذخیره‌ی انرژی در کفش) و در نتیجه کارایی افزایش یافته و سرعت بهبود پیدا می‌کند.

سوال ۴: یک والیبالیست برای افزایش ارتفاع پرش:

- باید نیروی عمودی خود را افزایش دهد (تمرینات قدرتی و پلایومتریک).
- زاویه‌ی بند کردن زانو را بهینه کند (حدود ۹۰ درجه).
- زمان تماس با زمین را به حداقل برساند (پرش سریع).
- این پارامترها با صفحه‌ی نیرو (اندازه‌گیری نیروی عمودی و زمان تماس) و دوربین 高速 (زاویه‌ی مفاصل) قابل اندازه‌گیری هستند.

سوال ۵: کلاه‌های ایمنی دوچرخه‌سواری از اصول بیومکانیکی زیر استفاده می‌کنند:

- فوم‌های مخصوص (EPS) با تغییر شکل خود، انرژی ضربه را جذب می‌کنند.
- با افزایش زمان تماس بین سر و سطح ضربه‌گیر، شتاب وارده به جمجمه کاهش می‌یابد.
- طراحی پوسته‌ی بیرونی سخت، ضربه را در سطح وسیع‌تری پخش می‌کند.
- این مکانیزم‌ها باعث کاهش نیروی وارد بر مغز و جلوگیری از آسیب‌های مغزی می‌شوند.

سوال تستی چهارگزینه‌ای بیومکانیک ورزشی (سطح متوسط)

دستورالعمل پاسخگویی

- هر سوال دارای ۴ گزینه (الف، ب، ج، د) است. فقط یک گزینه صحیح است.
- به سوالات منفی (با خط تیره) دقت ویژه‌ای داشته باشید.
- زمان پیشنهادی: ۱۲۰ دقیقه (۲ ساعت) برای ۲۰۰ سوال.
- کلید پاسخ‌نامه در انتهای مجموعه ارائه شده است.

۱. بیومکانیک ورزشی چیست؟

الف) مطالعه ساختار استخوان‌ها و مفاصل
 انسان در ورزش (ج) بررسی تأثیر تمرینات بر سیستم قلبی-عروقی (د) مطالعه تغذیه ورزشکاران
 (ب) کاربرد قوانین مکانیک برای تحلیل حرکت

۲. کدام یک از موارد زیر از اهداف اصلی بیومکانیک ورزشی نیست؟

الف) بهینه‌سازی عملکرد ورزشی (ب) پیشگیری از آسیب‌های ورزشی (ج) افزایش حجم عضلات
 (د) طراحی تجهیزات ورزشی

۳. بیومکانیک ورزشی در چه حوزه‌ای به مربیان کمک نمی‌کند؟

الف) اصلاح تکنیک حرکت (ب) تشخیص بیماری‌های قلبی (ج) کاهش خطر آسیب
 (د) افزایش کارایی حرکت

۴. کدام رشته بیشترین ارتباط را با بیومکانیک ورزشی دارد؟

الف) روانشناسی ورزشی (ب) مدیریت ورزشی (ج) آناتومی و کینزیولوژی (د) تاریخ ورزش

۵. پیشگیری از آسیب در بیومکانیک به چه معناست؟

الف) شناسایی الگوهای حرکتی پرخطر و اصلاح آن‌ها (ب) استفاده از تجهیزات گران‌قیمت
 (ج) افزایش بار تمرینی (د) کاهش زمان استراحت

۶. کدام یک از موارد زیر در طراحی تجهیزات ورزشی نقش دارد؟

الف) تحلیل نیروهای وارد بر بدن (ب) بررسی روانشناسی ورزشکار (ج) مطالعه تاریخچه ورزش
 (د) تحلیل اقتصادی مسابقات

۷. بیومکانیک ورزشی در تعامل با کدام علم، به بررسی تأمین انرژی حرکت می‌پردازد؟

الف) آناتومی (ب) فیزیولوژی ورزشی (ج) روانشناسی (د) جامعه‌شناسی

۸. کدام گزینه به درستی جایگاه بیومکانیک را در علوم ورزشی نشان می‌دهد؟

الف) علم مستقل بدون ارتباط با سایر علوم (ب) فقط به آناتومی مرتبط است (ج) در تعامل با آناتومی، فیزیولوژی و کینزیولوژی
 (د) زیرشاخه روانشناسی

۹. هدف از "بهینه‌سازی عملکرد" در بیومکانیک چیست؟

الف) افزایش وزن ورزشکار (ب) دستیابی به حداکثر نتیجه با حداقل اتلاف انرژی (ج) کاهش زمان تمرین
 (د) افزایش تعداد مسابقات

۱۰. کدام یک از موارد زیر مثال خوبی از کاربرد بیومکانیک در پیشگیری از آسیب است؟

الف) تحلیل زاویه فرود در بسکتبال برای جلوگیری از آسیب ACL (ب) طراحی لباس‌های ورزشی
 زیبا (ج) افزایش وزن ورزشکار (د) کاهش زمان گرم‌کردن

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

۱۱. کدام یک از موارد زیر، یک هدف کاربردی بیومکانیک ورزشی محسوب نمی شود؟

الف) بهبود رکورد یک پرتاب کننده (ب) کاهش درد زانو در دوندگان (ج) افزایش انگیزه ورزشکاران (د) طراحی کفش های مخصوص دویدن

۱۲. بیومکانیک به عنوان پل ارتباطی بین چه دو حوزه ای عمل می کند؟

الف) علوم پایه و علوم ورزشی (ب) روانشناسی و جامعه شناسی (ج) اقتصاد و مدیریت (د) تاریخ و جغرافیا

۱۳. کدام یک از موارد زیر در حیطه تحلیل بیومکانیکی قرار نمی گیرد؟

الف) سرعت پرتاب توپ (ب) نیروی عکس العمل زمین (ج) انگیزه ورزشکار برای برنده شدن (د) زاویه مفصل زانو در دویدن

۱۴. کدام گزینه بیانگر نقش بیومکانیک در طراحی تجهیزات ورزشی است؟

الف) افزایش فروش تجهیزات (ب) بهبود عملکرد و افزایش ایمنی (ج) کاهش هزینه های تولید (د) افزایش وزن تجهیزات

۱۵. کدام یک از رشته های زیر به مطالعه ساختار استخوان ها و مفاصل می پردازد؟

الف) فیزیولوژی (ب) آناتومی (ج) روانشناسی (د) جامعه شناسی

۱۶. بیومکانیک ورزشی با کدام یک از موارد زیر سروکار ندارد؟

الف) تحلیل حرکت (ب) بررسی نیروها (ج) مطالعه رفتار تماشاگران (د) پیشگیری از آسیب

۱۷. کدام گزینه به درستی تفاوت بیومکانیک و کینزیولوژی را بیان می کند؟

الف) بیومکانیک فقط به عضلات می پردازد (ب) کینزیولوژی رویکردی کلی تر دارد و بیومکانیک بر قوانین فیزیکی تأکید دارد (ج) بیومکانیک شاخه ای از روانشناسی است (د) کینزیولوژی فقط به استخوان ها می پردازد

۱۸. کدام یک از موارد زیر یک مثال از کاربرد بیومکانیک در بهبود عملکرد است؟

الف) اصلاح زاویه پرتاب نیزه برای افزایش مسافت (ب) استفاده از زانوبند برای جلوگیری از آسیب (ج) طراحی کلاه ایمنی (د) افزایش زمان استراحت

۱۹. کدام یک از موارد زیر یک مثال از کاربرد بیومکانیک در پیشگیری از آسیب است؟

الف) افزایش سرعت دوندگان (ب) اصلاح الگوی فرود در پرش (ج) طراحی راکت تنیس (د) افزایش ارتفاع پرش

۲۰. بیومکانیک ورزشی بیشترین کاربرد را در کدام یک از موارد زیر دارد؟

الف) تحلیل اقتصادی باشگاه ها (ب) تحلیل حرکت ورزشکاران و طراحی تمرینات (ج) بررسی روابط عمومی تیم ها (د) مطالعه تاریخچه المپیک

۲۱. کدام یک از موارد زیر یک کمیت نرده ای است؟

الف) نیرو (ب) سرعت (ج) جرم (د) شتاب

۲۲. کدام یک از موارد زیر یک کمیت برداری است؟

الف) زمان (ب) دما (ج) جرم (د) نیرو

۲۳. واحد اندازه‌گیری نیرو در سیستم SI چیست؟

الف) کیلوگرم (ب) نیوتن (ج) ژول (د) وات

۲۴. وزن یک جسم ۷۰ کیلوگرمی روی زمین تقریباً چقدر است؟ ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)

الف) ۷۰ نیوتن (ب) ۶۸۷ نیوتن (ج) ۹۸۰ نیوتن (د) ۷۰۰ نیوتن

۲۵. تفاوت اصلی جرم و وزن در چیست؟

الف) جرم کمیت برداری است، وزن کمیت نردهای است (ب) جرم در همه مکان‌ها ثابت است، وزن به شتاب گرانش بستگی دارد (ج) وزن در همه مکان‌ها ثابت است (د) جرم و وزن یک مفهوم هستند

۲۶. کدام یک از موارد زیر یک نیروی درونی محسوب می‌شود؟

الف) نیروی گرانش (ب) نیروی عکس‌العمل زمین (ج) انقباض عضلات (د) مقاومت هوا

۲۷. گشتاور از حاصلضرب کدام دو پارامتر به دست می‌آید؟

الف) جرم و سرعت (ب) نیرو و اهرم (ج) نیرو و شتاب (د) جرم و شتاب

۲۸. واحد اندازه‌گیری گشتاور چیست؟

الف) نیوتن (ب) کیلوگرم‌متر بر ثانیه (ج) نیوتن‌متر (د) ژول

۲۹. تکانه خطی از حاصلضرب کدام دو پارامتر به دست می‌آید؟

الف) نیرو و زمان (ب) جرم و سرعت (ج) نیرو و اهرم (د) جرم و شتاب

۳۰. کدام یک از موارد زیر یک نیروی بیرونی است؟

الف) انقباض عضلات چهارسر ران (ب) نیروی عکس‌العمل زمین (ج) کشش تاندون‌ها (د) انقباض عضلات ساق پا

۳۱. قانون اول نیوتن به چه نامی شناخته می‌شود؟

الف) قانون شتاب (ب) قانون کنش و واکنش (ج) قانون اینرسی (د) قانون گرانش

۳۲. فرمول قانون دوم نیوتن کدام است؟

الف) $F = m/v$ (ب) $F = m.a$ (ج) $F = m.g$ (د) $F = v/a$

۳۳. قانون سوم نیوتن بیانگر چیست؟

الف) هر جسمی در حال سکون، ساکن می‌ماند (ب) شتاب با نیرو رابطه مستقیم دارد (ج) در برابر هر کنشی، واکنشی مساوی و در خلاف جهت وجود دارد (د) نیروی گرانش بین دو جسم به جرم آن‌ها بستگی دارد

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

۳۴. کدام یک از موارد زیر بهترین مثال برای قانون سوم نیوتن در ورزش است؟
الف) افزایش سرعت دهنده با افزایش نیروی عضلانی (ب) پرش والیبالیست به دلیل نیروی عکس‌العمل زمین (ج) کاهش سرعت دوچرخه‌سوار در سربالایی (د) شتاب گرفتن شناگر از حالت سکون

۳۵. حرکت خطی در ورزش به چه معناست؟
الف) تمام نقاط جسم مسیر موازی و یکسانی را طی می‌کنند (ب) جسم حول یک محور می‌چرخد (ج) ترکیبی از حرکت خطی و زاویه‌ای است (د) جسم در آب حرکت می‌کند

۳۶. کدام یک از موارد زیر یک حرکت زاویه‌ای است؟
الف) دویدن در مسیر مستقیم (ب) چرخش بازوی پرتاب‌کننده دیسک (ج) حرکت سورتیه در مسیر مستقیم (د) شنا در مسیر مستقیم

۳۷. حرکت عمومی چیست؟
الف) حرکت در یک خط مستقیم (ب) حرکت حول یک محور (ج) ترکیبی از حرکت خطی و زاویه‌ای (د) حرکت در خلأ

۳۸. کدام یک از موارد زیر بهترین مثال برای حرکت عمومی است؟
الف) چرخش ژیمناست حول میله (ب) دویدن (ج) حرکت پرتابی توپ (د) چرخش دیسک در هوا

۳۹. یک دهنده ۱۰۰ متری با جرم ۷۰ کیلوگرم، در لحظه شروع دویدن، چه نوع حرکتی را تجربه می‌کند؟
الف) حرکت زاویه‌ای محض (ب) حرکت خطی محض (ج) حرکت عمومی (د) حرکت ساده

۴۰. یک وزنه‌بردار در حال بلند کردن هالتر، برای افزایش شتاب هالتر باید چه کاری انجام دهد؟
الف) کاهش نیروی عضلانی (ب) افزایش نیروی عضلانی (ج) افزایش جرم هالتر (د) کاهش سرعت حرکت

۴۱. یک شناگر با فشار به دیواره استخر، از کدام قانون نیوتن استفاده می‌کند؟
الف) قانون اول (ب) قانون دوم (ج) قانون سوم (د) هیچ‌کدام

۴۲. کدام یک از موارد زیر بر مقاومت یک جسم در برابر تغییر حالت حرکت (اینرسی) تأثیر دارد؟
الف) وزن (ب) جرم (ج) حجم (د) چگالی

۴۳. یک هاکی‌باز روی یخ، برای تغییر مسیر ناگهانی، بر کدام یک از قوانین نیوتن غلبه می‌کند؟
الف) قانون اول (ب) قانون دوم (ج) قانون سوم (د) قانون گرانش

۴۴. یک پرتاب‌کننده وزنه، وزنه را با نیروی ۱۵۰۰ نیوتن پرتاب می‌کند. اگر جرم وزنه ۷ کیلوگرم باشد، شتاب وزنه چقدر است؟

الف) 10500 m/s^2 (ب) 214 m/s^2 (ج) 9.81 m/s^2 (د) 1500 m/s^2

۴۵. یک توپ فوتبال با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه شوت می‌شود. اگر جرم توپ ۰٫۴ کیلوگرم باشد، تکانه آن چقدر است؟

الف) ۸ kg.m/s (ب) ۵۰ kg.m/s (ج) ۰٫۲ kg.m/s (د) ۲۰ kg.m/s

۴۶. در سیستم اهرمی بدن، استخوان‌ها چه نقشی ایفا می‌کنند؟
الف) تکیه‌گاه (ب) نیروی محرکه (ج) اهرم (د) نیروی مقاوم

۴۷. در سیستم اهرمی بدن، مفاصل چه نقشی ایفا می‌کنند؟
الف) اهرم (ب) تکیه‌گاه (محور چرخش) (ج) نیروی محرکه (د) نیروی مقاوم

۴۸. در سیستم اهرمی بدن، عضلات چه نقشی ایفا می‌کنند؟
الف) اهرم (ب) تکیه‌گاه (ج) نیروی محرکه (د) نیروی مقاوم

۴۹. رایج‌ترین نوع اهرم در بدن انسان کدام است؟
الف) اهرم کلاس یک (ب) اهرم کلاس دو (ج) اهرم کلاس سه (د) اهرم کلاس چهار

۵۰. در اهرم کلاس سه، ترتیب قرارگیری اجزا چگونه است؟
الف) تکیه‌گاه - نیروی مقاوم - نیروی محرکه (ب) تکیه‌گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم
(ج) نیروی مقاوم - تکیه‌گاه - نیروی محرکه (د) نیروی محرکه - تکیه‌گاه - نیروی مقاوم

۵۱. کدام یک از موارد زیر یک اهرم کلاس دو در بدن است؟
الف) فلکسیون آرنج (جلو بازو) (ب) حرکت روی پنجه پا (ج) مفصل گردن (د) چرخش شانه

۵۲. در حرکت روی پنجه پا، تکیه‌گاه کدام است؟
الف) مفصل زانو (ب) مفصل مچ پا (ج) عضلات ساق پا (د) وزن بدن

۵۳. در حرکت جلو بازو (فلکسیون آرنج)، نیروی مقاوم چیست؟
الف) انقباض عضله دوسر بازویی (ب) مفصل آرنج (ج) وزنه‌ای که در دست است (د) استخوان بازو

۵۴. زنجیره حرکتی (Kinetic Chain) به چه معناست؟
الف) توالی هماهنگ فعال‌سازی مفاصل و عضلات برای تولید حرکت (ب) مجموعه‌ای از استخوان‌های به هم متصل (ج) زنجیره‌ای از رباط‌های اطراف مفصل (د) دنباله‌ای از انقباضات غیرارادی عضلات

۵۵. کدام یک از موارد زیر یک زنجیره حرکتی بسته است؟
الف) پرتاب توپ (ب) اسکات با هالتر (ج) شوت فوتبال (د) مشت زدن در بوکس

۵۶. در یک زنجیره حرکتی سالم، انرژی باید چگونه منتقل شود؟
الف) به صورت ناگهانی و انفجاری (ب) به صورت روان از یک مفصل به مفصل بعدی (ج) فقط از طریق عضلات (د) فقط از طریق استخوان‌ها

۵۷. مرکز ثقل بدن در حالت ایستاده معمولی تقریباً در کجا قرار دارد؟
الف) سطح قفسه سینه (ب) سطح مهره دوم خاجی (ناحیه لگن (ج) سطح زانو (د) سطح سر

۵۸. اگر یک ژیمناست دست‌های خود را بالای سر ببرد، مرکز ثقل او به کدام سمت حرکت می‌کند؟
الف) پایین (ب) بالا (ج) چپ (د) راست

۵۹. خط ثقل چیست؟
الف) خط افقی از مرکز ثقل به سمت چپ (ب) خط عمودی از مرکز ثقل به سمت مرکز زمین (ج) خط مورب از مرکز ثقل به سطح اتکا (د) خط افقی از سطح اتکا به مرکز ثقل

۶۰. سطح اتکا در حالت ایستاده چیست؟
الف) ناحیه زیر نشیمن‌گاه (ب) ناحیه محصور بین دو کف پا (ج) ناحیه محصور بین دو دست (د) ناحیه زیر سر

۶۱. یک جسم در چه حالتی در تعادل است؟
الف) خط ثقل از خارج سطح اتکا عبور کند (ب) خط ثقل از داخل سطح اتکا عبور کند (ج) مرکز ثقل بالاتر از سطح اتکا باشد (د) سطح اتکا کوچک باشد

۶۲. کدام یک از موارد زیر باعث افزایش پایداری می‌شود؟
الف) افزایش ارتفاع مرکز ثقل (ب) کاهش جرم (ج) افزایش سطح اتکا (د) کاهش سطح اتکا

۶۳. کدام یک از عوامل زیر بر پایداری تأثیر ندارد؟
الف) جرم (ب) ارتفاع مرکز ثقل (ج) رنگ لباس ورزشکار (د) سطح اتکا

۶۴. یک کشتی‌گیر برای افزایش پایداری خود چه کاری انجام می‌دهد؟
الف) دست‌های خود را بالا می‌برد (ب) زانوها را خم می‌کند و پاها را بازتر می‌گذارد (ج) روی یک پا می‌ایستد (د) سر خود را به عقب می‌برد

۶۵. کدام نوع مفصل دارای ۳ درجه آزادی است؟
الف) مفصل لولایی (آرنج) (ب) مفصل محوری (گردن (ج) مفصل گلوله‌ای-کاسه‌ای (د) مفصل بیضوی (مچ دست)

۶۶. مفصل زانو از چه نوع مفصلی است؟
الف) گلوله‌ای-کاسه‌ای (ب) لولایی (ج) محوری (د) بیضوی

۶۷. دامنه حرکتی (ROM) به چه معناست؟
الف) میزان نیروی تولیدی یک مفصل (ب) میزان زاویه‌ای که یک مفصل می‌تواند حرکت کند (ج) سرعت حرکت یک مفصل (د) تعداد دفعات حرکت یک مفصل در دقیقه

۶۸. کدام یک از موارد زیر به کاهش دامنه حرکتی مفصل کمک نمی کند؟
 الف) ساختار استخوانی (ب) کشش عضلات و تاندون ها (ج) افزایش انعطاف پذیری (د) سفتی کپسول مفصلی

۶۹. در ورزش شنا، دامنه حرکتی بالای کدام مفصل برای کشش زیر آب ضروری است؟
 الف) زانو (ب) شانه (ج) مچ پا (د) گردن

۷۰. در اهرم کلاس یک، ترتیب قرارگیری اجزا چگونه است؟
 الف) تکیه گاه - نیروی محرکه - نیروی مقاوم (ب) تکیه گاه - نیروی مقاوم - نیروی محرکه
 (ج) نیروی محرکه - تکیه گاه - نیروی مقاوم (د) نیروی مقاوم - تکیه گاه - نیروی محرکه

۷۱. سینماتیک به چه موضوعی می پردازد؟
 الف) تحلیل نیروهای عامل حرکت (ب) توصیف حرکت (ج) بررسی علل حرکت (د) مطالعه ساختار عضلات

۷۲. کدام یک از موارد زیر یک کمیت سینماتیکی است؟
 الف) نیرو (ب) گشتاور (ج) سرعت (د) تکانه

۷۳. سرعت به چه معناست؟
 الف) آهنگ تغییرات مکان نسبت به زمان (ب) آهنگ تغییرات سرعت نسبت به زمان
 (ج) حاصلضرب جرم در سرعت (د) حاصلضرب نیرو در اهرم

۷۴. واحد اندازه گیری سرعت در سیستم SI چیست؟
 الف) متر بر ثانیه (ب) متر بر مجذور ثانیه (ج) کیلوگرم (د) نیوتن

۷۵. شتاب به چه معناست؟
 الف) آهنگ تغییرات مکان نسبت به زمان (ب) آهنگ تغییرات سرعت نسبت به زمان
 (ج) حاصلضرب جرم در سرعت (د) حاصلضرب نیرو در اهرم

۷۶. واحد اندازه گیری شتاب در سیستم SI چیست؟
 الف) متر بر ثانیه (ب) متر بر مجذور ثانیه (ج) نیوتن (د) ژول

۷۷. یک دونه در ۲ ثانیه اول مسابقه، سرعت خود را از صفر به ۸ متر بر ثانیه می رساند. شتاب او چقدر است؟

الف) 2 m/s^2 (ب) 4 m/s^2 (ج) 8 m/s^2 (د) 16 m/s^2

۷۸. در حرکت پرتابی، کدام یک از موارد زیر بر مسافت تأثیر نمی گذارد؟
 الف) سرعت اولیه (ب) زاویه پرتاب (ج) ارتفاع نقطه پرتاب (د) رنگ توپ

۷۹. زاویه مطلوب برای دستیابی به بیشترین مسافت در خلأ چند درجه است؟
 الف) ۳۰ درجه (ب) ۴۵ درجه (ج) ۶۰ درجه (د) ۹۰ درجه

۸۰. در پرتاب وزنه، زاویه مطلوب پرتاب تقریباً چند درجه است؟
الف) ۲۰-۲۵ درجه (ب) ۴۰-۴۳ درجه (ج) ۵۰-۵۵ درجه (د) ۶۰-۶۵ درجه

۸۱. کدام یک از پارامترهای زیر بیشترین تأثیر را بر مسافت پرتاب دارد؟
الف) زاویه پرتاب (ب) سرعت اولیه پرتاب (ج) ارتفاع نقطه پرتاب (د) جرم جسم

۸۲. در پرتاب طول، زاویه پرتاب مرکز ثقل معمولاً چند درجه است؟
الف) ۴۵ درجه (ب) ۳۰-۳۵ درجه (ج) ۲۰-۲۵ درجه (د) ۱۰-۱۵ درجه

۸۳. جابه‌جایی زاویه‌ای به چه معناست؟
الف) تغییر در سرعت زاویه‌ای (ب) تغییر در زاویه یک بخش از بدن نسبت به یک خط مرجع
(ج) تغییر در شتاب زاویه‌ای (د) تغییر در نیروی چرخاننده

۸۴. واحد اندازه‌گیری سرعت زاویه‌ای چیست؟
الف) متر بر ثانیه (ب) رادیان بر ثانیه (ج) متر بر مجذور ثانیه (د) نیوتن

۸۵. در حرکت دورانی، سرعت خطی یک نقطه با چه پارامتری رابطه مستقیم دارد؟
الف) سرعت زاویه‌ای و فاصله از محور چرخش (ب) جرم و شتاب (ج) نیرو و اهرم (د) تکانه و زمان

۸۶. فرمول رابطه سرعت خطی و زاویه‌ای کدام است؟
الف $v = m/a$ (ب) $v = r.\omega$ (ج) $v = F.t$ (د) $v = a.t$

۸۷. در تنیس، برای افزایش سرعت خطی راکت در لحظه برخورد با توپ، چه کاری می‌توان انجام داد؟
الف) کاهش سرعت زاویه‌ای چرخش شانه (ب) افزایش فاصله راکت از مفصل شانه (ج) کاهش طول راکت (د) کاهش سرعت چرخش

۸۸. شتاب زاویه‌ای به چه معناست؟
الف) آهنگ تغییرات جابه‌جایی زاویه‌ای (ب) آهنگ تغییرات سرعت زاویه‌ای (ج) تغییر در زاویه
(د) تغییر در مکان

۸۹. کدام یک از موارد زیر یک حرکت پرتابی در ورزش است؟
الف) دویدن در مسیر مستقیم (ب) پرتاب وزنه (ج) شنا در آب (د) اسکات با هالتر

۹۰. یک پرتاب‌کننده نیزه، نیزه را با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه و زاویه ۴۰ درجه پرتاب می‌کند. اگر زاویه را به ۴۵ درجه افزایش دهد، مسافت پرتاب چه تغییری می‌کند؟
الف) افزایش می‌یابد (ب) کاهش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد

۹۱. در حرکت پرش ارتفاع به روش فوسبری فلاپ، ورزشکار چگونه از مانع عبور می‌کند؟
الف) با پاهای جمع شده (ب) با خم کردن بدن و پایین آوردن مرکز ثقل نسبت به مانع (ج) با دست‌های باز (د) با چرخش کامل بدن

۹۲. کدام یک از موارد زیر در حرکت پرتابی، یک کمیت برداری است؟
الف) سرعت اولیه (ب) زمان پرواز (ج) مسافت طی‌شده (د) ارتفاع

۹۳. شتاب یک جسم در بالاترین نقطه مسیر پرتابی چقدر است؟
الف) صفر (ب) 9.81 m/s^2 به سمت پایین (ج) 9.81 m/s^2 به سمت بالا (د) متغیر

۹۴. در حرکت پرتابی، سرعت افقی جسم در طول مسیر چگونه تغییر می‌کند؟ (با نادیده گرفتن مقاومت هوا)
الف) افزایش می‌یابد (ب) کاهش می‌یابد (ج) ثابت می‌ماند (د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد

۹۵. در حرکت پرتابی، سرعت عمودی جسم در بالاترین نقطه مسیر چقدر است؟
الف) حداکثر (ب) صفر (ج) برابر با سرعت افقی (د) برابر با سرعت اولیه

۹۶. سینتیک به چه موضوعی می‌پردازد؟
الف) توصیف حرکت (ب) تحلیل نیروهای عامل حرکت (ج) مطالعه ساختار مفاصل (د) بررسی دامنه حرکتی

۹۷. کدام یک از موارد زیر یک نیروی درونی است؟
الف) نیروی گرانش (ب) انقباض عضلات (ج) مقاومت هوا (د) نیروی عکس‌العمل زمین

۹۸. کدام یک از موارد زیر یک نیروی بیرونی است؟
الف) انقباض عضلات چهارسر ران (ب) کشش تاندون آشیل (ج) نیروی عکس‌العمل زمین (د) انقباض عضلات سینه

۹۹. نیروی عکس‌العمل زمین از کدام قانون نیوتن ناشی می‌شود؟
الف) قانون اول (ب) قانون دوم (ج) قانون سوم (د) قانون گرانش

۱۰۰. واحد اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین چیست؟
الف) کیلوگرم (ب) نیوتن (ج) ژول (د) وات

۱۰۱. در پرش عمودی، برای افزایش ارتفاع پرش، ورزشکار باید چه کاری انجام دهد؟
الف) کاهش نیروی کنشی به زمین (ب) افزایش نیروی کنشی به زمین (ج) کاهش وزن بدن (د) افزایش زمان تماس با زمین

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

۱۰۲. صفحه نیرو (Force Plate) چه پارامتری را اندازه‌گیری می‌کند؟
الف) سرعت حرکت (ب) نیروهای عکس‌العمل زمین (ج) زاویه مفاصل (د) فعالیت الکتریکی عضلات

۱۰۳. کدام یک از موارد زیر با استفاده از صفحه نیرو قابل اندازه‌گیری است؟
الف) تقارن نیروی دو پا (ب) دامنه حرکتی مفصل (ج) سرعت زاویه‌ای (د) فعالیت عضلانی

۱۰۴. گشتاور (Torque) چیست؟
الف) نیروی خطی (ب) نیروی چرخاننده (ج) مقدار حرکت (د) شتاب زاویه‌ای

۱۰۵. فرمول گشتاور کدام است؟
الف) $\tau = m.a$ (ب) $\tau = F.d$ (ج) $\tau = m.v$ (د) $\tau = F.v$

۱۰۶. در حرکت اسکات، اگر وزنه‌بردار تنه‌اش را بیش از حد به جلو خم کند، چه اتفاقی می‌افتد؟
الف) گشتاور وارد بر زانو کاهش می‌یابد (ب) گشتاور وارد بر زانو افزایش می‌یابد (ج) گشتاور وارد بر زانو بدون تغییر می‌ماند (د) گشتاور صفر می‌شود

۱۰۷. تکانه خطی از حاصلضرب چه دو پارامتری به دست می‌آید؟
الف) نیرو و زمان (ب) جرم و سرعت (ج) نیرو و اهرم (د) جرم و شتاب

۱۰۸. تکانه زاویه‌ای از حاصلضرب چه دو پارامتری به دست می‌آید؟
الف) جرم و سرعت زاویه‌ای (ب) گشتاور لختی و سرعت زاویه‌ای (ج) نیرو و اهرم (د) جرم و شتاب زاویه‌ای

۱۰۹. اصل پایستگی تکانه زاویه‌ای در کدام یک از موارد زیر کاربرد دارد؟
الف) پرش طول (ب) چرخش ژیمناست در پشتک (ج) دویدن (د) شنا

۱۱۰. یک ژیمناست در هنگام پرش، دست‌های خود را به سمت بدن جمع می‌کند. چه اتفاقی برای سرعت چرخش او می‌افتد؟
الف) کاهش می‌یابد (ب) افزایش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) به صفر می‌رسد

۱۱۱. در اصل پایستگی تکانه زاویه‌ای، اگر گشتاور لختی (I) کاهش یابد، سرعت زاویه‌ای (ω) چگونه تغییر می‌کند؟
الف) کاهش می‌یابد (ب) افزایش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) به صفر می‌رسد

۱۱۲. در برخورد دو بازیکن فوتبال، کدام یک از موارد زیر تکانه بیشتری دارد؟
الف) بازیکن با جرم بیشتر و سرعت کمتر (ب) بازیکن با جرم کمتر و سرعت بیشتر (ج) بازیکن با جرم بیشتر و سرعت بیشتر (د) همه موارد تکانه یکسانی دارند

۱۱۳. یک والیبالیست برای پرش عمودی، به زمین نیروی کنشی وارد می‌کند. اگر صفحه نیرو نشان دهد $GRF = 1500\text{ N}$ و وزن ورزشکار 780 N باشد، نیروی خالص وارد بر او در لحظه پرش چقدر

است؟

الف) ۷۸۰ نیوتن (ب) ۱۵۰۰ نیوتن (ج) ۷۲۰ نیوتن (د) ۲۲۸۰ نیوتن

۱۱۴. در حرکت شنا، نیروی پیش‌ران شناگر از کجا تأمین می‌شود؟

الف) انقباض عضلات شانه (ب) نیروی عکس‌العمل آب به دست و پا (ج) نیروی گرانش (د) مقاومت هوا

۱۱۵. کدام یک از موارد زیر گشتاور کمتری ایجاد می‌کند؟

الف) نیروی بیشتر و اهرم بیشتر (ب) نیروی کمتر و اهرم کمتر (ج) نیروی بیشتر و اهرم کمتر (د) نیروی کمتر و اهرم بیشتر

۱۱۶. در یک ضربه گلف، اگر طول چوب گلف افزایش یابد، سرعت خطی سر چوب در لحظه برخورد چگونه تغییر می‌کند؟ (با فرض ثابت بودن سرعت زاویه‌ای)

الف) کاهش می‌یابد (ب) افزایش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد

۱۱۷. کدام یک از موارد زیر در اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین کاربرد دارد؟

الف) EMG (ب) صفحه نیرو (ج) دوربین (د) سنسور اینرسی

۱۱۸. کدام یک از موارد زیر یک کاربرد عملی تحلیل سینتیک در ورزش است؟

الف) اندازه‌گیری زاویه مفصل زانو (ب) اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین در پرش (ج) اندازه‌گیری سرعت دهنده (د) اندازه‌گیری دامنه حرکتی شانه

۱۱۹. در حرکت پرتاب دیسک، گشتاور تولیدی در مفصل شانه به چه عواملی بستگی دارد؟

الف) نیروی عضلانی و طول بازو (ب) جرم دیسک و سرعت آن (ج) زاویه پرتاب و ارتفاع (د) سرعت باد و رطوبت

۱۲۰. کدام یک از موارد زیر در مورد تکانه زاویه‌ای صحیح است؟

الف) تکانه زاویه‌ای = جرم × سرعت خطی (ب) تکانه زاویه‌ای = گشتاور لختی × سرعت زاویه‌ای (ج) تکانه زاویه‌ای = نیرو × زمان (د) تکانه زاویه‌ای = جرم × شتاب زاویه‌ای

۱۲۱. تعادل به چه معناست؟

الف) حالتی که در آن خط ثقل از داخل سطح اتکا عبور کند (ب) حالتی که در آن خط ثقل از خارج سطح اتکا عبور کند (ج) حالتی که در آن مرکز ثقل بالاتر از سطح اتکا باشد (د) حالتی که در آن سطح اتکا کوچک باشد

۱۲۲. تعادل ایستا چیست؟

الف) توانایی حفظ تعادل در حین حرکت (ب) توانایی حفظ تعادل در حالت سکون (ج) توانایی تغییر مسیر ناگهانی (د) توانایی پرش از روی مانع

۱۲۳. کدام یک از موارد زیر یک مثال از تعادل پویا است؟

الف) ایستادن روی یک پا در یوگا (ب) حفظ تعادل روی چوب موازنه در حالت سکون (ج) دویدن روی سطح ناهموار (د) ایستادن در حالت آمادگی تیراندازی

۱۲۴. کدام یک از عوامل زیر باعث افزایش پایداری نمی شود؟

الف) افزایش جرم (ب) کاهش ارتفاع مرکز ثقل (ج) کاهش سطح اتکا (د) نزدیک تر بودن خط ثقل به مرکز سطح اتکا

۱۲۵. یک فوتبالیست در هنگام دریافت توپ، برای افزایش پایداری خود چه کاری انجام می دهد؟

الف) دست های خود را بالا می برد (ب) زانوها را خم می کند و پاها را بازتر می گذارد (ج) روی یک پا می ایستد (د) سر خود را به عقب می برد

۱۲۶. کار در فیزیک به چه معناست؟

الف) حاصلضرب نیرو در زمان (ب) حاصلضرب نیرو در جابه جایی در راستای نیرو (ج) حاصلضرب جرم در سرعت (د) حاصلضرب نیرو در اهرم

۱۲۷. واحد اندازه گیری کار چیست؟

الف) نیوتن (ب) ژول (ج) وات (د) کیلوگرم

۱۲۸. یک وزنه بردار هالتر ۱۰۰ کیلوگرمی را به ارتفاع ۲ متر بلند می کند. کار انجام شده چقدر است؟
($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

الف) ۱۹۶۲ ژول (ب) ۲۰۰ ژول (ج) ۹۸۱ ژول (د) ۱۰۰۰ ژول

۱۲۹. انرژی جنبشی به چه معناست؟

الف) انرژی ذخیره شده (ب) انرژی حرکت (ج) انرژی شیمیایی (د) انرژی گرمایی

۱۳۰. انرژی پتانسیل گرانشی به چه عواملی بستگی دارد؟

الف) سرعت و جرم (ب) جرم، شتاب گرانش و ارتفاع (ج) نیرو و اهرم (د) زمان و سرعت

۱۳۱. یک ورزشکار در بالاترین نقطه پرش، بیشترین مقدار کدام نوع انرژی را دارد؟

الف) انرژی جنبشی (ب) انرژی پتانسیل (ج) انرژی شیمیایی (د) انرژی گرمایی

۱۳۲. توان در فیزیک به چه معناست؟

الف) آهنگ انجام کار (ب) مقدار کل انرژی (ج) نیروی وارد بر جسم (د) جابه جایی جسم

۱۳۳. واحد اندازه گیری توان چیست؟

الف) ژول (ب) نیوتن (ج) وات (د) کیلوگرم

۱۳۴. فرمول توان کدام است؟

الف) $P = F.d$ (ب) $P = W/t$ (ج) $P = m.a$ (د) $P = m.v$

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

۱۳۵. در ورزش‌های انفجاری مانند پرش و پرتاب، کدام پارامتر اهمیت بیشتری دارد؟
الف) کار کل (ب) توان (ج) انرژی پتانسیل (د) زمان کل حرکت
۱۳۶. یک دهنده ۱۰۰ متر، مسافت ۱۰۰ متر را در ۱۰ ثانیه می‌دود. اگر نیروی متوسط او ۵۰۰ نیوتن باشد، توان او چقدر است؟ ($P = F.v$)
الف) ۵۰۰۰ وات (ب) ۵۰ وات (ج) ۵۰۰ وات (د) ۵۰ کیلووات
۱۳۷. یک اسکیت‌باز در حال چرخش، با جمع کردن دست‌های خود، چه تغییری در سرعت چرخش او ایجاد می‌شود؟
الف) کاهش می‌یابد (ب) افزایش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد
۱۳۸. در پرش طول، انرژی جنبشی در لحظه پرش به چه نوع انرژی تبدیل می‌شود؟
الف) انرژی شیمیایی (ب) انرژی پتانسیل (ج) انرژی گرمایی (د) انرژی الکتریکی
۱۳۹. کدام یک از موارد زیر باعث کاهش پایداری می‌شود؟
الف) افزایش سطح اتکا (ب) پایین آوردن مرکز ثقل (ج) افزایش ارتفاع مرکز ثقل (د) افزایش جرم
۱۴۰. کدام یک از موارد زیر در مورد تعادل پویا صحیح است؟
الف) تعادل پویا فقط در حالت سکون معنا دارد (ب) تعادل پویا توانایی حفظ تعادل در حین حرکت است (ج) تعادل پویا به جرم ورزشکار بستگی ندارد (د) تعادل پویا فقط در ورزش‌های آبی کاربرد دارد
۱۴۱. نیروی پس‌رانی (Drag) چیست؟
الف) نیرویی عمود بر جهت حرکت در سیال (ب) نیرویی در خلاف جهت حرکت در سیال (ج) نیرویی که جسم را بالا می‌برد (د) نیروی گرانش در آب
۱۴۲. کدام یک از موارد زیر بر نیروی پس‌رانی تأثیر ندارد؟
الف) سرعت جسم (ب) سطح مقطع جسم (ج) رنگ جسم (د) شکل جسم
۱۴۳. در آب، مقاومت سیال نسبت به هوا چگونه است؟
الف) کمتر است (ب) بیشتر است (ج) برابر است (د) قابل مقایسه نیست
۱۴۴. یک دوچرخه‌سوار برای کاهش مقاومت هوا، چه تغییراتی در وضعیت بدن خود ایجاد می‌کند؟
الف) حالت قائم می‌ایستد (ب) بدن را خم می‌کند و سطح مقطع را کاهش می‌دهد (ج) دست‌ها را باز می‌کند (د) سر را بالا می‌گیرد
۱۴۵. نیروی برآر (Lift) چیست؟
الف) نیرویی در خلاف جهت حرکت در سیال (ب) نیرویی عمود بر جهت حرکت در سیال (ج) نیروی گرانش (د) نیروی اصطکاک

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

۱۴۶. اصل برنولی بیان می‌کند که با افزایش سرعت سیال، فشار چگونه تغییر می‌کند؟
الف) افزایش می‌یابد (ب) کاهش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد
۱۴۷. اثر مگنوس (Magnus Effect) در ورزش به چه معناست؟
الف) افزایش سرعت توپ در هوا (ب) تغییر مسیر توپ در اثر چرخش (ج) کاهش وزن توپ (د) افزایش اصطکاک توپ با هوا
۱۴۸. کدام یک از موارد زیر بهترین مثال برای اثر مگنوس است؟
الف) شوت منحنی در فوتبال (ب) پرتاب وزنه در مسیر مستقیم (ج) دویدن در مسیر مستقیم (د) شنا در آب
۱۴۹. در ضربه تاپ اسپین در تنیس، چرخش توپ باعث می‌شود نیروی برآر به کدام سمت وارد شود؟
الف) به سمت بالا (ب) به سمت پایین (ج) به سمت چپ (د) به سمت راست
۱۵۰. کدام یک از موارد زیر در طراحی دیسک برای افزایش مسافت پرتاب نقش دارد؟
الف) افزایش وزن دیسک (ب) طراحی آیرودینامیک برای ایجاد نیروی برآر (ج) کاهش قطر دیسک (د) افزایش ضخامت دیسک
۱۵۱. در شنا، شناگر برای کاهش مقاومت آب چه کاری انجام می‌دهد؟
الف) سر خود را بالا می‌گیرد (ب) بدن را در یک خط صاف نگه می‌دارد (ج) دست‌ها را بازتر می‌کند (د) پاها را از هم جدا می‌کند
۱۵۲. کلاه‌های آیرودینامیک در دوچرخه‌سواری چه هدفی را دنبال می‌کنند؟
الف) افزایش وزن سر (ب) کاهش مقاومت هوا (ج) افزایش دما (د) کاهش وزن کل
۱۵۳. نیروی پس‌رانی با مجذور کدام پارامتر رابطه مستقیم دارد؟
الف) جرم (ب) سرعت (ج) زمان (د) چگالی
۱۵۴. در پرتاب نیزه، طراحی نیزه به گونه‌ای است که...
الف) مقاومت هوا را افزایش دهد (ب) مقاومت هوا را کاهش دهد (ج) وزن را افزایش دهد (د) اصطکاک را افزایش دهد
۱۵۵. کدام یک از موارد زیر یک کاربرد اثر مگنوس در ورزش است؟
الف) سرویس منحنی در تنیس روی میز (ب) پرتاب وزنه (ج) دویدن در مسیر مستقیم (د) شنا در آب
۱۵۶. در ضربه کات شده (Slice) در تنیس، توپ چگونه می‌چرخد؟
الف) به سمت جلو (ب) به سمت عقب (معکوس) (ج) به سمت چپ (د) بدون چرخش

۱۵۷. چگالی آب نسبت به هوا چگونه است؟

الف) کمتر (ب) بیشتر (ج) برابر (د) قابل مقایسه نیست

۱۵۸. یک اسکی باز روی آب، با استفاده از کدام نیرو روی سطح آب می ماند؟

الف) نیروی پس رانی (ب) نیروی برآر (ج) نیروی گرانش (د) نیروی اصطکاک

۱۵۹. در یک شوت منحنی در فوتبال، اختلاف فشار در دو طرف توپ چگونه ایجاد می شود؟

الف) به دلیل چرخش توپ و اختلاف سرعت هوا (ب) به دلیل وزن توپ (ج) به دلیل جنس توپ (د) به دلیل رنگ توپ

۱۶۰. کدام یک از موارد زیر مقاومت سیال را افزایش می دهد؟

الف) افزایش سطح مقطع (ب) کاهش سرعت (ج) استفاده از شکل آیرودینامیک (د) کاهش چگالی سیال

۱۶۱. تحلیل کیفی حرکت چیست؟

الف) اندازه گیری دقیق پارامترهای حرکت با ابزار (ب) مشاهده بصری حرکت بدون ابزار دقیق (ج) تحلیل حرکت با استفاده از رایانه (د) اندازه گیری نیروهای عکس العمل زمین

۱۶۲. تحلیل کمی حرکت چیست؟

الف) مشاهده بصری حرکت (ب) استفاده از ابزارهای دقیق برای اندازه گیری پارامترهای حرکت (ج) تحلیل حرکت توسط مربی (د) تشخیص خطاهای فاحش در حرکت

۱۶۳. دوربین های (High-Speed Cameras) چه کاربردی دارند؟

الف) ثبت حرکات آهسته (ب) ثبت حرکات سریع با نرخ بالای فریم (ج) اندازه گیری نیرو (د) ثبت فعالیت عضلانی

۱۶۴. سیستم های آنالیز حرکت سه بعدی با استفاده از چه ابزاری حرکت را بازسازی می کنند؟

الف) صفحه نیرو (ب) چندین دوربین و نشانگرهای بازتابنده (ج) الکترومایوگرافی (د) سنسورهای اینرسی

۱۶۵. صفحه نیرو (Force Plate) چه پارامتری را اندازه گیری می کند؟

الف) سرعت حرکت (ب) نیروهای عکس العمل زمین (ج) زاویه مفاصل (د) فعالیت الکتریکی عضلات

۱۶۶. الکترومایوگرافی (EMG) چه چیزی را اندازه گیری می کند؟

الف) نیروی عکس العمل زمین (ب) فعالیت الکتریکی عضلات (ج) سرعت حرکت (د) زاویه مفاصل

۱۶۷. سنسورهای اینرسی (IMU) چه کاربردی دارند؟

الف) اندازه گیری نیرو در آزمایشگاه (ب) اندازه گیری شتاب و سرعت زاویه ای در محیط میدانی (ج) اندازه گیری فعالیت عضلانی (د) ثبت حرکات با دوربین

۱۶۸. کدام یک از موارد زیر یک مزیت سنسورهای IMU نسبت به سیستم‌های سه‌بعدی است؟
الف) دقت بیشتر (ب) قابل حمل بودن و استفاده در محیط مسابقه (ج) هزینه کمتر (د) نیاز به تخصص کمتر

۱۶۹. در تحلیل تکنیک دویدن، کدام یک از پارامترهای زیر با صفحه نیرو قابل اندازه‌گیری است؟
الف) زاویه مفصل زانو (ب) نیروی عکس‌العمل زمین و زمان تماس با زمین (ج) سرعت زاویه‌ای بازوها (د) فعالیت عضلات ساق پا

۱۷۰. EMG در تحلیل حرکت پرتاب چه اطلاعاتی را در اختیار مربی قرار می‌دهد؟
الف) سرعت خروج جسم (ب) زمان بندی فعال سازی عضلات (ج) زاویه پرتاب (د) ارتفاع خروج

۱۷۱. کدام یک از موارد زیر یک کاربرد عملی تحلیل کمی در ورزش است؟
الف) مربی با چشم حرکت ورزشکار را مشاهده می‌کند (ب) بیومکانیست با صفحه نیرو، نیروی پرش را اندازه‌گیری می‌کند (ج) مربی به ورزشکار می‌گوید که زانوها را خم کند (د) مربی فیلم حرکت را با سرعت معمولی تماشا می‌کند

۱۷۲. در تحلیل حرکت با سیستم سه‌بعدی، نشانگرهای بازتابنده معمولاً روی کدام نقاط قرار می‌گیرند؟

الف) روی لباس ورزشکار (ب) روی مفاصل اصلی بدن (ج) روی کفش (د) روی سر

۱۷۳. کدام یک از موارد زیر در اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات کاربرد دارد؟
الف) صفحه نیرو (ب) الکترومایوگرافی (ج) دوربین 高速 (د) سنسور اینرسی

۱۷۴. پارامتر "زمان تماس با زمین" در دویدن با کدام ابزار اندازه‌گیری می‌شود؟
الف) دوربین 高速 (ب) صفحه نیرو (ج) EMG (د) هر دو گزینه الف و ب

۱۷۵. کدام یک از موارد زیر یک مزیت تحلیل کیفی است؟
الف) دقت بسیار بالا (ب) نیاز به تجهیزات گران قیمت <u>ندارد</u> (ج) اطلاعات عددی دقیق ارائه می‌دهد (د) نیاز به تخصص <u>ندارد</u>

۱۷۶. کدام یک از موارد زیر یک معیب تحلیل کمی است؟
الف) نیاز به تجهیزات گران قیمت و تخصص دارد (ب) وابسته به تجربه مربی است (ج) خطاهای کوچک قابل تشخیص <u>نیستند</u> (د) در محیط مسابقه قابل اجرا <u>نیست</u>

۱۷۷. در یک مطالعه بیومکانیکی پرش عمودی، ترکیب کدام ابزارها اطلاعات کامل‌تری ارائه می‌دهد؟
الف) صفحه نیرو + دوربین 高速 + EMG (صفحه نیرو (ج) دوربین 高速 + EMG (د) همه موارد فوق

۱۷۸. کدام یک از موارد زیر با استفاده از سیستم سه‌بعدی قابل اندازه‌گیری نیست؟
الف) سرعت خطی مفصل زانو (ب) زاویه مفصل لگن (ج) نیروی عکس‌العمل زمین (د) مسیر حرکت دست

۱۷۹. IMU مخفف چیست؟

الف Internal Measurement Unit ب Inertial Measurement Unit
ج Interactive Motion Unit د Integral Movement Unit

۱۸۰. کدام یک از موارد زیر در محیط مسابقه (میدانی) برای اندازه‌گیری بار تمرینی استفاده می‌شود؟

الف صفحه نیرو ب سیستم سه بعدی ج سنسورهای اینرسی (IMU) د دوربین های پر سرعت

۱۸۱. کدام یک از موارد زیر در تحلیل تکنیک دویدن بررسی می‌شود؟

الف طول گام و فرکانس گام ب رنگ لباس دهنده ج نوع کفش د سن دهنده

۱۸۲. فرکانس گام مطلوب برای دهنده‌های استقامت تقریباً چند گام در دقیقه است؟

الف (۱۵۰ ب ۱۸۰ ج ۲۱۰ د ۲۴۰)

۱۸۳. کدام یک از الگوهای تماس پا با زمین، کمترین ضربه را به زانو وارد می‌کند؟

الف فرود با پاشنه ب فرود با پنجه ج فرود با میانه پا د فرود با پاشنه و پنجه هم‌زمان

۱۸۴. در پرتاب وزنه، کدام یک از پارامترهای زیر بیشترین تأثیر را بر مسافت دارد؟

الف زاویه پرتاب ب سرعت اولیه پرتاب ج ارتفاع نقطه پرتاب د جرم وزنه

۱۸۵. در پرتاب طول، زاویه پرتاب مرکز ثقل معمولاً چند درجه است؟

الف ۴۵ درجه ب ۳۰-۳۵ درجه ج ۲۰-۲۵ درجه د ۱۰-۱۵ درجه

۱۸۶. کفش‌های "مربع شکل (Rockered Shoes)" چگونه به بهبود سرعت دویدن کمک می‌کنند؟

الف با افزایش وزن کفش ب با کاهش خم شدن انگشتان پا و ذخیره انرژی ج با افزایش اصطکاک د با افزایش ارتفاع پاشنه

۱۸۷. در طراحی راکت تنیس، راکت‌های با سر سنگین‌تر (Head-Heavy) چه مزیتی دارند؟

الف کنترل بیشتر ب قدرت ضربه بیشتر ج وزن کمتر د انعطاف‌پذیری بیشتر

۱۸۸. کلاه‌های ایمنی دوچرخه‌سواری با چه مکانیزمی از آسیب‌های مغزی جلوگیری می‌کنند؟

الف با افزایش وزن سر ب با جذب انرژی ضربه و افزایش زمان تماس ج با کاهش اصطکاک د با افزایش دما

۱۸۹. در تحلیل دویدن، کدام یک از موارد زیر باعث افزایش خطر آسیب می‌شود؟

الف فرکانس گام بالا ب فرود با پاشنه و زانوی صاف ج خمیدگی زانو در لحظه تماس د فرود با میانه پا

۱۹۰. در پرتاب دیسک، زاویه حمله (**Angle of Attack**) چه تأثیری بر مسافت دارد؟
 الف) تعیین کننده میزان نیروی برآر (ب) تعیین کننده وزن دیسک (ج) تعیین کننده سرعت اولیه
 د) تعیین کننده اصطکاک
۱۹۱. کدام یک از موارد زیر در طراحی کفش‌های بسکتبال برای پیشگیری از آسیب مچ پا اهمیت دارد؟
 الف) کفی پوش نازک (ب) قوزک پوش (High-Top) (ج) وزن سبک (د) رنگ روشن
۱۹۲. در پرش ارتفاع به روش فوسبری فلاپ، ورزشکار با کدام تکنیک از مانع عبور می‌کند؟
 الف) با پاهای جمع شده (ب) با خم کردن بدن و پایین آوردن مرکز ثقل نسبت به مانع (ج) با پرش عمودی مستقیم (د) با چرخش کامل بدن
۱۹۳. کدام یک از موارد زیر در بهینه‌سازی تکنیک پرتاب نقش دارد؟
 الف) افزایش نیروی عضلانی و بهبود هماهنگی زنجیره حرکتی (ب) کاهش سرعت چرخش
 ج) افزایش وزن جسم (د) کاهش ارتفاع خروج
۱۹۴. در دویدن، افزایش فرکانس گام (بدون افزایش سرعت) چه تأثیری بر نیروی ضربه دارد؟
 الف) افزایش می‌یابد (ب) کاهش می‌یابد (ج) بدون تغییر می‌ماند (د) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد
۱۹۵. کدام یک از موارد زیر در طراحی تجهیزات ورزشی با استفاده از بیومکانیک هدف اصلی است؟
 الف) کاهش هزینه تولید (ب) افزایش عملکرد و ایمنی (ج) افزایش وزن تجهیزات (د) تغییر رنگ تجهیزات
۱۹۶. در یک مطالعه بیومکانیکی برای بهبود تکنیک پرتاب، کدام ترکیب ابزارها اطلاعات کامل‌تری ارائه می‌دهد؟
 الف) صفحه نیرو + EMG (ب) دوربین + 高速 صفحه نیرو + EMG + ج) (سنسور
 اینرسی + دوربین + 高速 سنسور اینرسی)
۱۹۷. کدام یک از موارد زیر در تحلیل تکنیک دویدن با استفاده از سیستم سه بعدی قابل اندازه‌گیری است؟
 الف) نیروی عکس‌العمل زمین (ب) زاویه مفاصل در هر لحظه (ج) فعالیت الکتریکی عضلات
 د) رنگ لباس
۱۹۸. در ورزش‌های پرتابی، "زنجیره حرکتی" به چه معناست؟
 الف) توالی هماهنگ انتقال نیرو از پا به دست (ب) مجموعه‌ای از عضلات هم‌نام (ج) زنجیره‌ای از
 رباط‌ها (د) دنباله‌ای از حرکات غیرارادی
۱۹۹. کدام یک از موارد زیر یک کاربرد عملی بیومکانیک در پیشگیری از آسیب است؟
 الف) افزایش سرعت دوندگی (ب) اصلاح الگوی فرود در پرش (ج) طراحی راکت تنیس (د) افزایش
 ارتفاع پرش

۲۰۰. کدام یک از موارد زیر نشان دهنده کاربرد موفق بیومکانیک در ورزش است؟
 الف) افزایش ۲ متری مسافت پرتاب نیزه با اصلاح ۲ درجه‌ای زاویه (ب) کاهش تعداد تماشاگران
 ج) افزایش هزینه‌های باشگاه (د) کاهش زمان تمرین

کلید پاسخ نامه ۲۰۰ سوال تستی بیومکانیک ورزشی

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ب	۵۱	ب	۱
ب	۵۲	ج	۲
ج	۵۳	ب	۳
الف	۵۴	ج	۴
ب	۵۵	الف	۵
ب	۵۶	الف	۶
ب	۵۷	ب	۷
ب	۵۸	ج	۸
ب	۵۹	ب	۹
ب	۶۰	الف	۱۰
ب	۶۱	ج	۱۱

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ج	۶۲	الف	۱۲
ج	۶۳	ج	۱۳
ب	۶۴	ب	۱۴
ج	۶۵	ب	۱۵
ب	۶۶	ج	۱۶
ب	۶۷	ب	۱۷
ج	۶۸	الف	۱۸
ب	۶۹	ب	۱۹
الف	۷۰	ب	۲۰
ب	۷۱	ج	۲۱
ج	۷۲	د	۲۲
الف	۷۳	ب	۲۳
الف	۷۴	ب	۲۴
ب	۷۵	ب	۲۵
ب	۷۶	ج	۲۶
ب	۷۷	ب	۲۷
د	۷۸	ج	۲۸

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ب	۷۹	ب	۲۹
ب	۸۰	ب	۳۰
ب	۸۱	ج	۳۱
ج	۸۲	ب	۳۲
ب	۸۳	ج	۳۳
ب	۸۴	ب	۳۴
الف	۸۵	الف	۳۵
ب	۸۶	ب	۳۶
ب	۸۷	ج	۳۷
ب	۸۸	ب	۳۸
ب	۸۹	ج	۳۹
الف	۹۰	ب	۴۰
ب	۹۱	ج	۴۱
الف	۹۲	ب	۴۲
ب	۹۳	الف	۴۳
ج	۹۴	ب	۴۴
ب	۹۵	الف	۴۵

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ب	۹۶	ج	۴۶
ب	۹۷	ب	۴۷
ج	۹۸	ج	۴۸
ج	۹۹	ج	۴۹
ب	۱۰۰	ب	۵۰

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ب	۱۵۱	ب	۱۰۱
ب	۱۵۲	ب	۱۰۲
ب	۱۵۳	الف	۱۰۳
ب	۱۵۴	ب	۱۰۴
الف	۱۵۵	ب	۱۰۵
ب	۱۵۶	ب	۱۰۶
ب	۱۵۷	ب	۱۰۷
ب	۱۵۸	ب	۱۰۸
الف	۱۵۹	ب	۱۰۹

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
الف	۱۶۰	ب	۱۱۰
ب	۱۶۱	ب	۱۱۱
ب	۱۶۲	ج	۱۱۲
ب	۱۶۳	ج	۱۱۳
ب	۱۶۴	ب	۱۱۴
ب	۱۶۵	ب	۱۱۵
ب	۱۶۶	ب	۱۱۶
ب	۱۶۷	ب	۱۱۷
ب	۱۶۸	ب	۱۱۸
ب	۱۶۹	الف	۱۱۹
ب	۱۷۰	ب	۱۲۰
ب	۱۷۱	الف	۱۲۱
ب	۱۷۲	ب	۱۲۲
ب	۱۷۳	ج	۱۲۳
د	۱۷۴	ج	۱۲۴
ب	۱۷۵	ب	۱۲۵
الف	۱۷۶	ب	۱۲۶

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
د	۱۷۷	ب	۱۲۷
ج	۱۷۸	الف	۱۲۸
ب	۱۷۹	ب	۱۲۹
ج	۱۸۰	ب	۱۳۰
الف	۱۸۱	ب	۱۳۱
ب	۱۸۲	الف	۱۳۲
ج	۱۸۳	ج	۱۳۳
ب	۱۸۴	ب	۱۳۴
ج	۱۸۵	ب	۱۳۵
ب	۱۸۶	الف	۱۳۶
ب	۱۸۷	ب	۱۳۷
ب	۱۸۸	ب	۱۳۸
ب	۱۸۹	ج	۱۳۹
الف	۱۹۰	ب	۱۴۰
ب	۱۹۱	ب	۱۴۱
ب	۱۹۲	ج	۱۴۲
الف	۱۹۳	ب	۱۴۳

بیومکانیک ورزشی به زبان ساده

دکتر محمد عسکری

پاسخ صحیح	شماره سوال	پاسخ صحیح	شماره سوال
ب	۱۹۴	ب	۱۴۴
ب	۱۹۵	ب	۱۴۵
ب	۱۹۶	ب	۱۴۶
ب	۱۹۷	ب	۱۴۷
الف	۱۹۸	الف	۱۴۸
ب	۱۹۹	ب	۱۴۹
الف	۲۰۰	ب	۱۵۰

پیام نهایی دکتر عسکری:

بیومکانیک فقط یک درس تئوری نیست؛ بلکه ابزاری قدرتمند برای درک عمیق‌تر حرکت انسان و بهبود عملکرد در ورزش است. هر مربی و ورزشکاری که این علم را به کار گیرد، می‌تواند گام‌های مؤثرتری در مسیر موفقیت بردارد و از آسیب‌های ورزشی پیشگیری کند.

گردآوری و تنظیم:

دکتر محمد عسکری

مرداد ۱۴۰۵