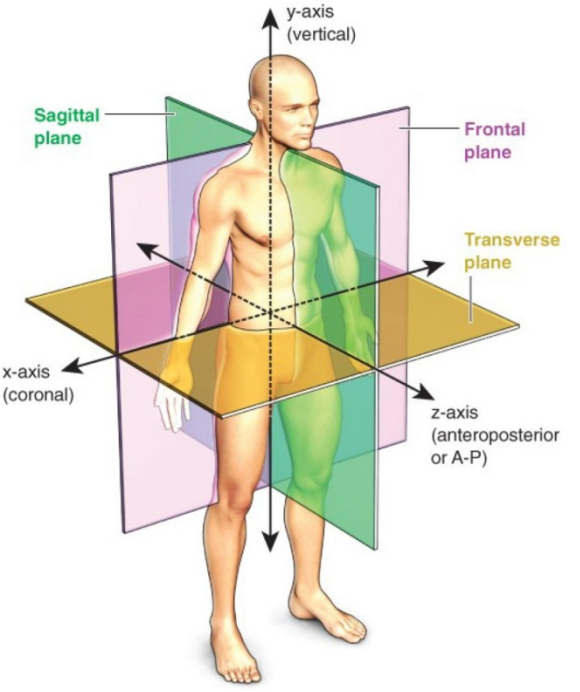



شکل ۲- ۱: بدن در وضعیت آناتومیک و محور های X، Y و Z دستگاه مختصات کارتزین (به ترتیب صفحات کرونال، ساژیتال، عرضی) نشان داده شده اند.

یک سگمان کاملا بدون محدودیت می تواند همواره ۶ درجه آزادی داشته باشد زیرا می تواند حول سه محور بچرخد (۳ درجه آزادی) و نیز در طول سه محور جابجا شود (۳ درجه آزادی دیگر). اما باید توجه داشت که سگمان های بدن بدون قید و محدودیت نیستند؛ فلذا اغلب کمتر از ۶ درجه آزادی دارند. توصیف چرخش یک سگمان بدن با در نظر گرفتن دو مشخصه انجام می شود: الف- چرخش سگمان حول یکی از سه محور اتفاق می افتد و ب- یک سگمان در یکی از سه صفحه اصلی[1] (یا موازی با آن) اتفاق می افتد (شکل ۲ – ۱). زمانی که یک سگمان حول یک محور خاص می چرخد، آن سگمان در صفحه ای حرکت می کند که بر محور چرخش آن عمود است.

• چرخش یک سگمان بدن حول محور X یا محور کرونال، در **صفحه ساژیتال** اتفاق می افتد که می توان آن را به صورت حرکات سگمان در بعد جلو – عقب تجسم نمود (مثل فلکسیون / اکستانسیون اندام فوقانی در مفصل گلنوهومرال).

• چرخش یک سگمان بدن حول محور Y یا محور عمودی، در **صفحه عرضی**[2] اتفاق می افتد که می توان آن را به صورت حرکات سگمان موازی با زمین تجسم نمود (مثل چرخش داخلی / خارجی اندام تحتانی در مفصل هیپ). حرکات یک مفصل در صفحه عرضی، اغلب حول محوری اتفاق می افتند که از طول استخوان بلند در حال چرخش عبور می کند و محوری را می سازد که واقعا جهت گیری عمودی ندارد. به همین دلیل اغلب از واژه **محور طولی (یا بلند)**[3] به جای محور عمودی استفاده می شود.

• چرخش یک سگمان بدن حول محور Z یا محور قدامی – خلفی (A-P)، در صفحه فرونتال اتفاق می افتد. حرکات در صفحه فرونتال (همچنین صفحه کرونال خوانده می شود) را می توان به صورت حرکات سگمان در بعد طرفی (side-toside) تجسم نمود (مثل ابداکسیون / اداکسیون اندام فوقانی در مفصل گلنوهومرال).

چرخش و جابجایی خطی (ترنسلیشن) سگمان های بدن به حرکت در طول یا حول محور های اصلی یا در داخل صفحات اصلی محدود نمی شوند. صفحات و محور های اصلی برای ساده سازی حرکت انسانی هستند. آنچه که بیشتر در مورد سگمان بدن رایج است این نکته می باشد که یک سگمان در سه بعد با دو یا سه درجه آزادی حرکت می کند.

[1] . Cardinal planes

[2] . Transverse plan

[3] . Longitudinal (or Long) axis

**چند نکته از Neumann 2025**

• ترنسلیشن یک حرکت خطی را توصیف می کند که در آن تمامی بخش های یک جسم سخت به طور موازی و در جهت یکسان با هر یک از بخش های دیگر جسم حرکت می کند. ترنسلیشن می تواند یا در یک مسیر مستقیم (Rectilinear) و یا در یک مسیر منحنی (Curvilinear) اتفاق افتد. برای مثال حین راه رفتن، نقطه ای روی سر در یک مسیر منحنی الخط عمومی[1] حرکت می کند.

• حرکت کلی بدن انسان، اغلب به عنوان ترنسلیشن مرکز ثقل بدن (عموما قدام به ساکروم واقع است) توصیف می شود. گرچه مرکز ثقل فرد در فضا جابجا می شود، نیروی این کار به وسیله عضلات تامین می شود که اندام ها را می چرخانند.

• متغیر های اصلی مرتبط با کینماتیک عبارتند از: وضعیت، سرعت و شتاب.

• به عنوان یک تخمین خام و کلی، می توان فرض کرد که محور (یا نقطه محوری) از میان جزء محدب مفصل عبور می کند. برای مثال مفصل شانه به حرکت در سه صفحه اجازه می دهد؛ بنابراین ۳ محور چرخش دارد. گرچه سه محور عمود بر هم، به صورت ثابت و بی حرکت ترسیم شده اند؛ اما در واقعیت، همانند تمامی مفاصل، هر محور در طول دامنه حرکتی، کمی جابجا (شیفت) می شود .

• محور چرخش فقط در صورتی ثابت باقی می ماند که جزء محدب مفصل یک کره ی کامل باشد و با یک جزء کاملا مقعر متناظر مفصل شود. جزء محدب اغلب مفاصل، همانند سر هومروس در شانه، به شکل کره ی ناقص[2] هستند که انحناء سطح شان تغییر می کند.

• به تعداد صفحات حرکتی که در یک مفصل تحت کنترل ارادی قرار دارند **درجات آزادی**[3] گفته می شود. یک مفصل می تواند، مطابق با سه صفحه اصلی، تا سه درجه آزادی آزادی حرکت زاویه ای داشته باشد. برای مثال شانه دارای سه درجه آزادی حرکت زاویه ای، مچ دست دارای دو درجه آزادی، و آرنج فقط یک درجه آزادی است. توجه دشته باشید که از نقطه نظر مهندسی، درجات آزادی به حرکات زاویه ای و نیز انتقالی (خطی) اشاره دارد.

• تمامی مفاصل سینوویال در بدن انسان حداقل مقداری ترنسلیشن دارند، که به شکل فعال توسط عضلات یا به شکل غیر فعال به دلیل شلی طبیعی در ساختار های مفصل، اتفاق می افتد. به این حرکات ترنسلیشن غیر فعال اندک، که در اغلب مفاصل اتفاق می افتند، **حرکات فرعی**[4] **(یا یازی مفصلی**[5]**)** گفته می شود. ترنسلیشن بیش از حد یک استخوان نسبت به مفصل ممکن است بیانگر آسیب لیگامانی یا شلی غیر طبیعی باشد. در مقابل، کاهش قابل توجه ترنسلیشن (حرکات فرعی) ممکن است نشان دهنده ی سفتی پاتولوژیک در بافت های همبند اطراف مفصلی باشد. به طور مشخص، ترنسلیشن غیر طبیعی در یک مفصل بر کیفیت حرکات فعال اثر می گذارد و احتمالا باعث افزایش میکروتروما در داخل مفصل می گردد.

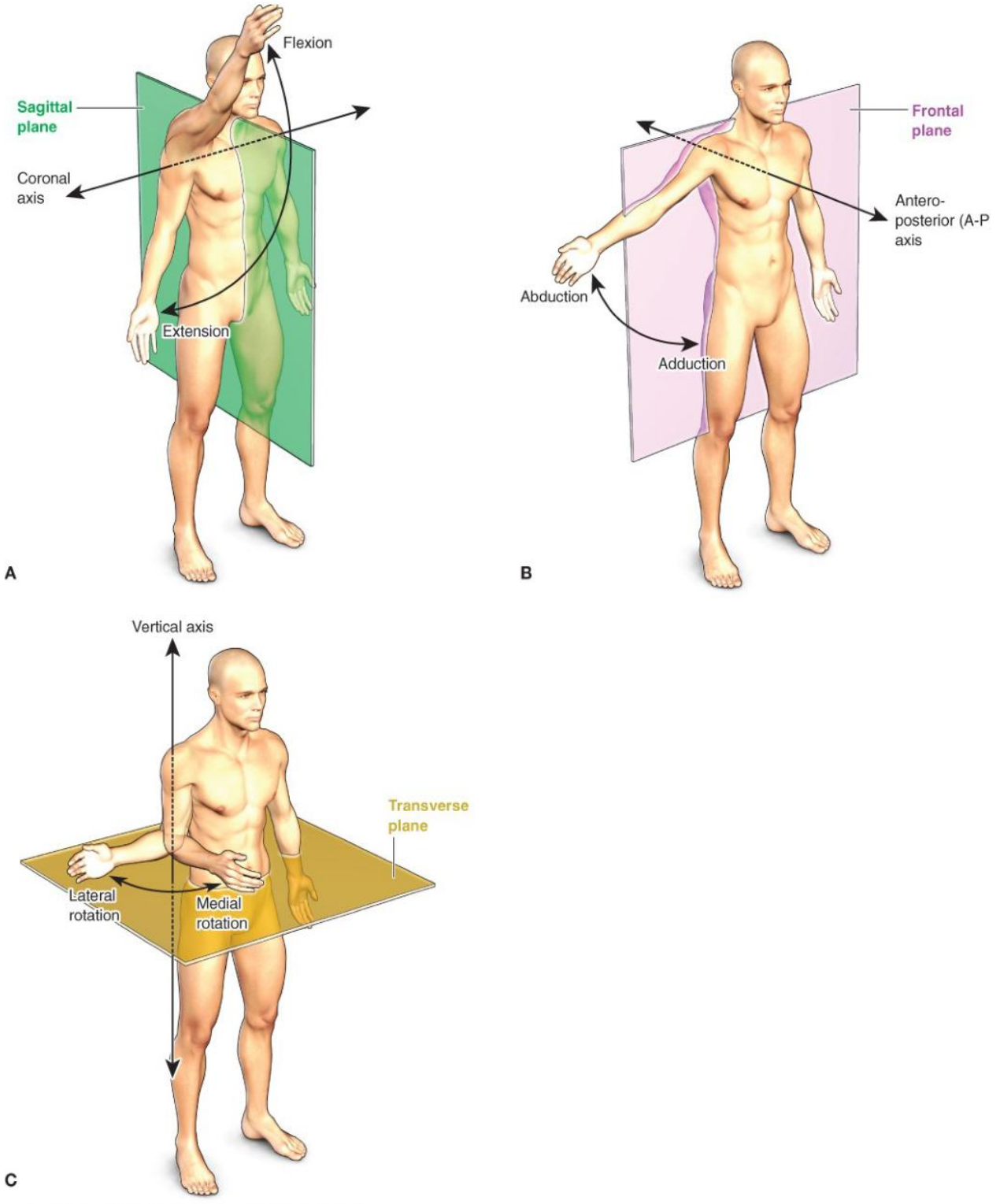
**جهت جابجائی**

حتی اگر جابجائی یک سگمان به یک محور منفرد محدود باشد، حرکت چرخشی یا جابجائی خطی (ترنسلیتوری) یک سگمان می تواند حول یا در طول آن محور در دو جهت متفاوت انجام شود (شکل ۳ -۱). در مورد حرکات چرخشی، جهت حرکت یک سگمان حول یک محور می تواند در جهت عقربه ساعت و یا در جهت خلاف عقربه ساعت تعریف شود. فلکسیون و اکستانسیون، حرکات یک سگمان هستند که حول محور یکسان و در صفحه یکسان (تک محوری یا تک صفحه ای) اما در جهات مخالف هم اتفاق می افتند (شکل A ۳ – ۱). عموما فلکسیون و اکستانسیون در صفحه ساژیتال و حول یک محور کرونال اتفاق می افتند؛ گرچه موارد مستثنی نیز وجود دارد مثل فلکسیون و اکستانسیون مفصل کارپومتاکارپ شست دست.

ابداکسیون و اداکسیون یک سگمان حول محور قدامی خلفی و در صفحه فرونتال، اما در جهات مخالف، اتفاق می افتند؛ هر چند که ابداکسیون و اداکسیون مفصل کارپومتاکارپ شست دست مستثنی است (شکل B ۳- ۱). به لحاظ آناتومیک، با ابداکسیون، سگمان از خط میانی بدن دور می شود در حالیکه با اداکسیون، سگمان به سمت خط میانی بدن آورده می شود. زمانی که سگمان متحرک، بخشی از خط میانی بدن باشد (مثلا تنه یا سر)، عموما حرکت چرخشی به عنوان فلکسیون جانبی[6] (به راست یا چپ) نام گذاری می شود.

---

1 . General curvilinear
2 . Imperfect sphere
3 . Degres of freedom
4 . Accessory movements
5 . Joint play
6 . Lateral flexion




شکل ۳ – ۱: تعاریف آناتومیکی حرکت. A: فلکسیون و اکستانسیون، به ترتیب، حرکات به جلو (قدام) و عقب (خلف) هستند که به طور معمول حول محور کرونال و در صفحه ساژیتال انجام می شوند. B: حرکات ابداکسیون و اداکسیون، به ترتیب، در جهت دور شدن از خط میانی بدن و به سمت خط میانی بدن هستند که به طور معمول حول یک محور قدامی خلفی و در صفحه فرونتال انجام می شوند. C: چرخش داخلی و خارجی، به ترتیب، حرکات غلتشی به طرف خط میانی بدن و در جهت مخالف خط میانی بدن هستند که حول محور عمودی (یا طولی) و در صفحه عرضی انجام می شوند.

حرکت چرخش به داخل یا چرخش به خارج، حرکات مخالفی هستند که عموما حول یک محور عمودی (یا طولی) در صفحه عرضی اتفاق می افتند (شکل C ۳ – ۱). به لحاظ آناتومیکی، چرخش داخلی وقتی اتفاق می افتد که سگمان موازی با زمین و به طرف خطی میانی حرکت می کند؛ درحالیکه چرخش خارجی در جهت مخالف با آن اتفاق می افتد. زمانی که سگمان، بخشی از خط میانی باشد (مانند سر یا تنه)، چرخش در صفحه عرضی، به سادگی تحت عنوان چرخش به راست یا چرخش به چپ تعریف می شوند.

**اندازه جابجائی**

اندازه ی حرکت چرخشی (یا جابجایی زاویه ای)، که یک سگمان بدن می تواند در آن حرکت نماید، **دامنه حرکتی (ROM)**[1] نامیده می شود. مرسوم ترین روش کلینیکی مورد استفاده برای اندازه گیری دامنه حرکتی موجود مفصل، گونیامتر است و واحد آن، درجه می باشد. اگر یک شی در طول یک دایره کامل بچرخد، یعنی ۳۶۰ درجه حرکت داشته است. حرکت ترنسلیتوری یک سگمان با اندازه جابجائی خطی آن بیان می شود. واحد های توصیف حرکت ترنسلیتوری، همان واحد های طول می باشند.

جابجایی های خطی کل بدن، اغلب به صورت کلینیکی اندازه گیری می شود. مثلا تست راه رفتن به مدت ۶ دقیقه (یک تست از وضعیت عملکردی در افراد مبتلا به مشکلات قلبی عروقی)، فاصله ی پیموده شده بر حسب فوت یا متر در مدت ۶ دقیقه را اندازه گیری می کند.

**سرعت جابجائی**

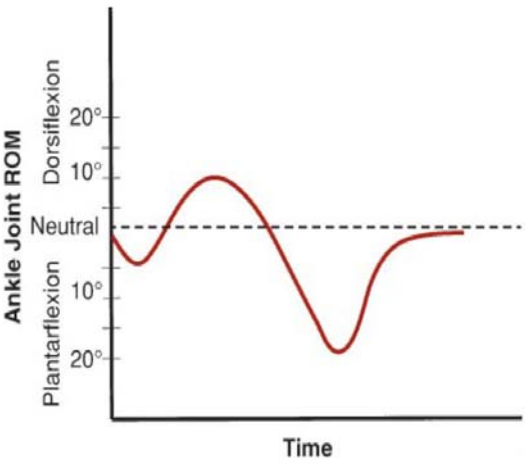
گرچه بزرگی یا اندازه ی جابجایی اهمیت دارد، سرعت تغییر در وضعیت سگمان (جابجایی در واحد زمان) به همان اندازه اهمیت دارد. جابجایی در واحد زمان، صرف نظر از جهت، **تندی**[2] نام دارد؛ در حالیکه جابجایی در واحد زمان در یک جهت معین، **سرعت**[3] نامیده می شود. اگر سرعت در طول زمان تغییر کند، به تغییر سرعت در واحد زمانی، **شتاب**[4] گویند.

در سیستم SI، سرعت خطی[5] (سرعت سگمان در حال ترنسلیشن) بر حسب متر بر ثانیه و در سیستم آمریکایی بر حسب فیت بر ثانیه بیان می شود. واحد های متناظر برای شتاب عبارتند از: متر بر مجذور ثانیه و فیت بر مجذور ثانیه.

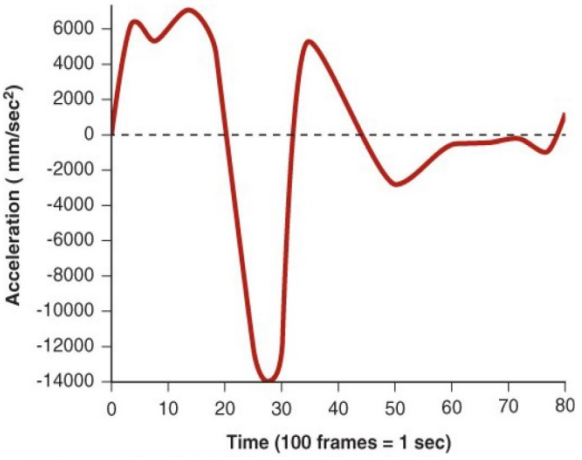
سرعت زاویه ای[6] (سرعت سگمان در حال چرخش) بر حسب درجه بر ثانیه بیان می شود؛ در حالیکه شتاب زاویه ای بر حسب درجه بر مجذور ثانیه بیان می شود. برای تعیین تغییرات در جابجایی با گذشت زمان از یک الکتروگونیامتر یا سیستم آنالیز حرکت سه بعدی استفاده می شود. نمودار تغییرات بر حسب زمان، که به وسیله کامپیوتر تولید می شود، به شکل گرافیکی زایه بین دو سگمان استخوانی (یا چرخش یک سگمان در فضا) در هر نقطه از زمان و نیز جهت حرکت را ترسیم می کند (شکل ۴ – ۱). اندازه ی شیب منحنی بیانگر سرعت زایه ای است. در شکل ۵- ۱، تغییر در شتاب خطی یک سگمان بدنی (یا نقطه ای روی بدن) در طی زمان، بدون توجه به تغییرات در زاویه مفصل، نشان داده شده است.

[1] . ROM

[2] . Speed
[3] . Velocity
4. Acceleration
[5] . Linear velocity
[6] . Angular velocity




شکل ۴ – ۱: زمانی که دامنه حرکتی مفصل روی محور Y (محور عمودی) و زمان روی محور X (محور افقی) نشان داده شود، نمودار ترسیم شده بیانگر تغییر در وضعیت مفصل در طی زمان می باشد. شیب نمودار ترسیم شده بیانگر آن است که سرعت مفصل تغییر می کند




شکل ۵ – ۱: حرکت نقطه ای روی یک سگمان را می توان با ترسیم شتاب سگمان (محور Y) در طی زمان (محور X) نشان داد. شیب و ترند خط نشان دهنده ی افزایش یا کاهش اندازه شتاب، در زمانی که حرکت ادامه می یابد، است.

## نیرو

• توصیف های کینماتیک از حرکت انسانی به ما اجازه می دهد که حرکت را تجسم کنیم اما درکی از این که چرا حرکت در حال وقوع است، به ما نمی دهد. این مطلب به مطالعه ی نیرو نیاز دارد.

این که آیا یک جسم یا قطعه ای از جسم (یا بدن) در حرکت است یا در استراحت، به نیرو های خارجی وارده بر آن جسم بستگی دارد. در یک بیان ساده، می توان یک نیرو را چنین تعریف کرد: **هل دادن یا کشیدن**[1] که یک جسم (یا ماده) روی جسم دیگر اعمال می کند. هر گاه دو شی با یکدیگر تماس یابند، آنها بر روی یکدیگر مقداری نیرو (به شکل هل دادن یا کشیدن) اعمال می کنند.

واحد نیرو (هل دادن یا کشیدن) در سیستم SI، نیوتن (N) و در سیستم US، پوند(Ib) است. ایده ی یک نیرو به شکل هل دادن یا کشیدن را می توان به راحتی برای توصیف نیرو های مواجه شده در ارزیابی حرکت انسانی استفاده نمود.

گرچه در ساده ترین حالت، یک نیرو به عنوان هل دادن یا کشیدن توصیف می شود؛ همچنین به عنوان یک مفهوم تئوریک توصیف می شود زیرا فقط اثرات آن (شتاب) را می توان اندازه گرفت. نیروی وارده بر یک جسم را می توان توصیف نمود اگر به این درک برسیم که: نیرو (F) به طور مستقیم با شتاب (a) و جرم (m) آن جسم رابطه دارد. واحد نیرو، کیلوگرم- متر بر مجذور ثانیه یا همان نیوتن است.

جرم جسم × شتاب= نیرو (F= m.a)

یک نیوتن عبارتست از: مقدار نیروی لازم برای شتاب دادن جسم یک کیلو گرمی به اندازه ی یک متر بر مجذور ثانیه

($1N = 1\ Kg \times 1\ m/sec^2$)

**نیرو های خارجی**[2]، نیرو هایی هستند (هل دادن یا کشیدن) که از منابع خارج از بدن منشاء می گیرند. جاذبه (گراویتی)، جاذبه ی جرم زمین برای جرم دیگر، یک نیروی خارجی است که در شرایط طبیعی مداوما بر همه ی اشیاء اثر می گذارد.

[1] . a push or a pull
[2] . External forces

وزن (W) یک شی عبارتست از کشش جاذبه روی جرم جسم با شتاب ۹ / ۸ متر بر مجذور ثانیه (یا ۳۲ فوت بر مجذور ثانیه) در شرایط نبود هر گونه مقاومت.

(جاذبه ) (جرم) = وزن؛ $w = (m)\ (g)$

چون وزن، یک نیرو محسوب می شود واحد مناسب آن، نیوتن یا پوند می باشد. با این وجود به طور رایج می بینیم که عده ای وزن را با واحد کیلوگرم بیان می کنند؛ گرچه به طور صحیح، کیلوگرم (kg)، واحد جرم جسم است.

• اغلب در گویش محاوره ای، از واحد های نیرو و جرم به نادرستی استفاده می کنند. عده ای از افرادی که از سیستم متریک استفاده می کنند بر این تصورند که ترازو وزن را به کیلوگرم نشان می دهد ( تا این که به نیوتن).

چون عموما مردم، جرم را بر مبنای وزن تصور می کنند (نیرویی که زمین روی جرم یک شی وارد می سازد)، اغلب در آمریکا از پوند برای اشاره به جرم یک شی استفاده می شود. کیلوگرم واحد جرم جسم بوده و تحت تاثیر جاذبه، یک جرم یک کیلوگرمی حدود ۹,۸ نیوتن (۲,۲ پوند) وزن دارد. تمایز بین مقیاس جرم و مقیاس نیرو اهمیت دارد زیرا جرم یک کمیت نرده ای یا اسکالر (فاقد خط عمل یا جهت) است در حالیکه نیوتن یا پوند، مقیاس نیرو بوده و خصوصات برداری دارد. دائمی ترین نیرویی که یک جسم با آن مواجه می شود جاذبه است، بنابراین هنگام تعیین نیرو های احتمالی وارده بر یک جسم، اولین نیرویی که باید در نظر گرفته شود جاذبه است. البته جاذبه فقط یکی از نیرو هایی خارجی است که می تواند روی بدن یا سگمان های آن تاثیر گذارد. از جمله نیرو های خارجی دیگر که ممکن است روی بدن انسان نیرو (هل دادن یا کشیدن) اعمال کنند عبارتند از: آب (فشار آب روی بدن)، باد (فشار هوا روی بدن انسان)، فرد دیگر (هل دادن یا کشیدن آزمونگر روی بدن) و اشیاء دیگر (فشار دادن زمین روی پا، و کشش وزن مچ پا روی سگمان ساق).

یک نکته مهم آن است که نیرو های وارده بر بدن یا سگمانی از بدن، باید از چیزی منشاء گیرند که با بدن یا سگمان تماس دارد. یک استثناء بزرگ برای این قاعده، نیروی جاذبه است. از طرف دیگر، هر چیزی که با یک سگمان در تماس باشد می بایست روی آن سگمان، نیرو وارد کند؛ هر چند ممکن است به قدری کوچک باشد که از آن صرف نظر کنیم.

**نیرو های داخلی**[1]، نیرو هایی هستند که روی ساختار های بدن عمل می کنند و از خود ساختار های بدن منشاء می گیرند (یعنی از تماس دو ساختار در بدن). چند مثال در این زمینه عبارتند از: نیروی حاصل از عضلات (کشش عضله دو سر بازویی روی رادیوس)، لیگامان ها (کشش یک لیگامان بر روی استخوانی که به آن وصل است) و استخوان ها (هل دادن یا فشار دادن استخوان روی استخوان دیگر در یک مفصل). نیرو های خارجی می توانند حرکت را تسهیل نموده یا در برابر آن مقاومت اعمال کنند. اغلب نیرو های درونی را به عنوان نیرو هایی می شناسیم که برای شروع حرکت ضروری هستند. البته، واضح است که نیرو های درونی می توانند حرکت تولید شده به وسیله ی نیرو های خارجی را کنترل یا با آن مخالفت کنند، و همچنین می توانند با نیرو های درونی دیگر مقابله کنند.

---

**قواعد اولیه نیرو**

۱- تمامی نیروهای وارده بر یک سگمان باید از چیزی نشات گیرند که با آن سگمان در تماس باشد.

۲- هر چیزی که با یک سگمان تماس داشته باشد می بایست نیروئی بر آن سگمان اعمال نماید. (هر چند ممکن است این نیرو به قدری کوچک باشد که از آن صرف نظر شود)

۳- جاذبه را باید چیزی در نظر گیریم که با تمامی اجسام تماس دارد

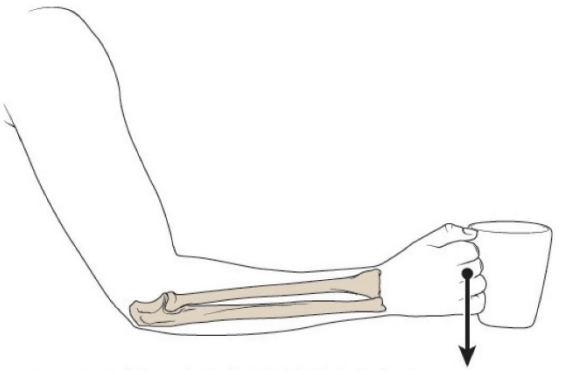
---

[1] . Internal forces

**بردار نیرو**

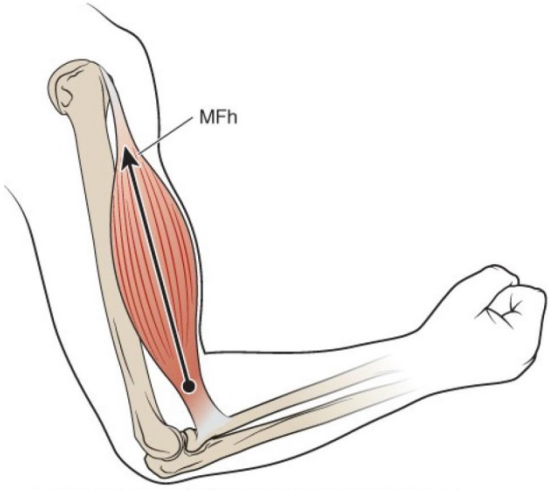
تمامی نیروها، کمیت های برداری[1] هستند. برای توصیف کامل یک بردار در یک آنالیز بیومکانیکی باید اندازه[2]، جهت گیری فضائی[3]، جهت[4] و نقطه اثر یا اعمال نیرو[5] مشخص گردد. اندازه بردار نیرو به وسیله طول فلش مشخص می شود. جهت گیری فضائی بردار نیرو به وسیله وضعیت بدنه فلش معلوم می شود. همچنین جهت گیری فضائی یک نیرو را می توان به وسیله زاویه تشکیل شده بین بدنه فلش و یک سیستم مختصات مرجع نشان داد. جهت بردار نیرو به وسیله سر فلش مشخص می شود. مثلا ممکن است نیروی عضله به سمت بالا (مثبت روی محور ۷) و نیروی جاذبه به سمت پائین (منفی روی محور ۷) باشد.

نقطه اثر یک بردار عبارتست از قاعده فلش که با بخشی از بدن تماس دارد. نقطه اثر نیروی عضله، جائی است که عضله به استخوان می چسبد. **زاویه چسبندگی**[6] عبارتست از زاویه بین تاندون یک عضله و محور بلند استخوانی که تاندون به آن چسبیده است. در نامگذاری نیرو، بخش اول همیشه منبع نیرو را مشخص می سازد و بخش دوم نیرو همیشه شی یا سگمانی را مشخص می سازد که نیرو روی آن عمل می کند. تماس یک لیوان قهوه روی ساعد – دست و کشش یک عضله روی ساعد – دست، به ترتیب مثال هایی از نیرو های خارجی و درونی هستند.



شکل ۵- ۱: نمایش بردار کشش وزن لیوان روی سگمان ساعد – دست (MFh)، با اندازه ی متناسب با جرم و برابر با وزن فنجان.

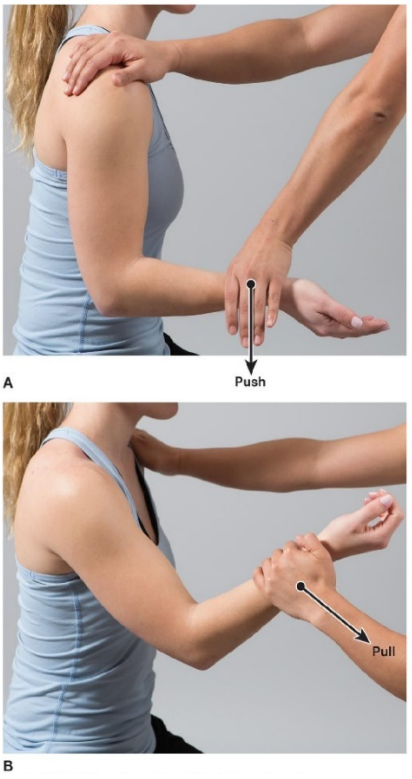
در شکل ۶- ۱، نیروی کشش یک عضله فلکسور (یک نیروی داخلی) روی سگمان ساعد – دست نشان داده شده است. نقطه ی اثر، اتصال عضله روی ساعد است و جهت گیری و جهت آن به سمت مرکز عضله می باشد (نیروی کشش همیشه به سمت منبع نیرو است). این نیرو، نیروی عضله روی ساعد – دست نامیده می شود (که با بردار MFh نشان داده شده است). گرچه مشخص کردن یک نیرو به عنوان نیروی داخلی یا خارجی، ممکن است در برخی زمینه ها مفید باشد؛ اما قوانین ترسیم (یا تجسم) نیرو ها برای نیرو های خارجی، مثل یک لیوان، یا نیرو های داخلی، مثل عضله، یکسان است.




شکل ۶ – ۱: بردار نیروی عضله روی ساعد – دست که بیانگر کشش عضله روی سگمان ساعد – دست می باشد.

1. Vector
2. Magnitude
3. Spatial Orientation
4. Direction
5. Point of Application
6. Angle -of- insertion

بسته به نقطه اعمال (یا اثر) و منبع نیرو، بردار را می توان به صورت هل دادن (فشار وارد کردن) یا کشیدن روی سگمان نشان داد. در شکل ۷ – ۱، بردار نیروی هل دادن و نیز کشدن حاصل از مقاوم خارجی روی ساعد نشان داده شده است. بردار هل دادن[1] در جهت دور شدن از منبع مقاوم خارجی است (شکل ۷ A – ۱) و بردار کشیدن[2] به سمت منبع مقاوم خارجی است (شکل ۷ B – ۱). هر دو بردار یکسان به نظر می رسند و اگر اندازه نیرو یکسان باشد، هر دو بردار، اثر یکسانی روی سگمان ساعد – دست خواهند داشت.




شکل ۷ –۱: نیروی Push (هل دادن یا فشار وارد کردن) در مقابل Pull (کشیدن). در شکل A، نیروی مقاوم دستی درمانگر به عنوان یک نیروی هل دادن اعمال می شود، در حالیکه در شکل B، نیروی مقاوم دستی درمانگر به عنوان یک نیروی کشیدن به ساعد اعمال می شود. هر دو بردار شبیه به هم به نظر می رسند و در صورتی که دست درمانگر از هر تصویر حذف شود، این دو نیرو به عنوان هل دادن در برابر کشیدن، قابل تمایز نخواهند بود.

[1] . Push vector
[2] . Pull vector

**نیروی جاذبه**

همان طور که پیشتر بیان شد، نیروی جاذبه، یکی از دائمی ترین و موثر ترین نیرو هایی است که بدن انسان در پاسچر و حرکت با آن مواجه می شود. به همین دلیل، هنگام بررسی نیرو ها، مفید است که ابتدا نیروی جاذبه را در نظر بگیریم. به عنوان یک کمیت برداری، می توان نیروی جاذبه را با نقطه ی اثر، خط عمل / جهت / جهت گیری و اندازه توصیف نمود.

نقطه ی اثر نیروی جاذبه روی یک جسم، در **مرکز ثقل (توده ی)**[3] آن جسم یا سگمان اتفاق می افتد. مرکز ثقل یک جسم، نقطه فرضی است که به نظر می رسد تمام جرم آن جسم یا سگمان در آنجا متمرکز باشد. در یک جسم قرینه، مرکز ثقل در مرکز هندسی شی قرار می گیرد و در یک جسم غیر قرینه، مرکز ثقل به سمت انتهای سنگین تر آن واقع می شود، زیرا جرم باید به طور یکنواخت در اطراف مرکز ثقل توزیع شود. توجه داشته باشید که مرکز ثقل فقط یک نقطه تئوریک است و نیازی نیست در داخل جسمی که روی آن عمل می کند قرار گیرد (شکل ۸ –۱). اگر مرکز ثقل در بیرون جسم قرار گیرد، باز هم نقطه ای است که از آن نقطه نیرو ی جاذبه عمل می کند. مرکز ثقل یک جسم را می توان به عنوان نقطه ی توازن آن شی در نظر گرفت .

گرچه جهت و جهت گیری[4] اغلب نیرو ها بسته به منبع نیرو تغییر می کند، نیروی جاذبه عمل کننده روی یک شی همیشه عمود رو به پائین و به طرف منبع آن (یعنی به طرف مرکز زمین) است. بردار جاذبه ای معمولا به عنوان خط جاذبه[5](LoG) بیان می شود. خط جاذبه به این صورت بهتر تجسم می شود: یک ریسمان با وزنه ای در انتها (خط شاقول)، به طوری که ریسمان به مرکز ثقل جسم وصل می شود.

[3].Center of Mass; CoM
[4] . direction and Orientation
[5] . Line of Gravity (LoG)