

به نام خدا

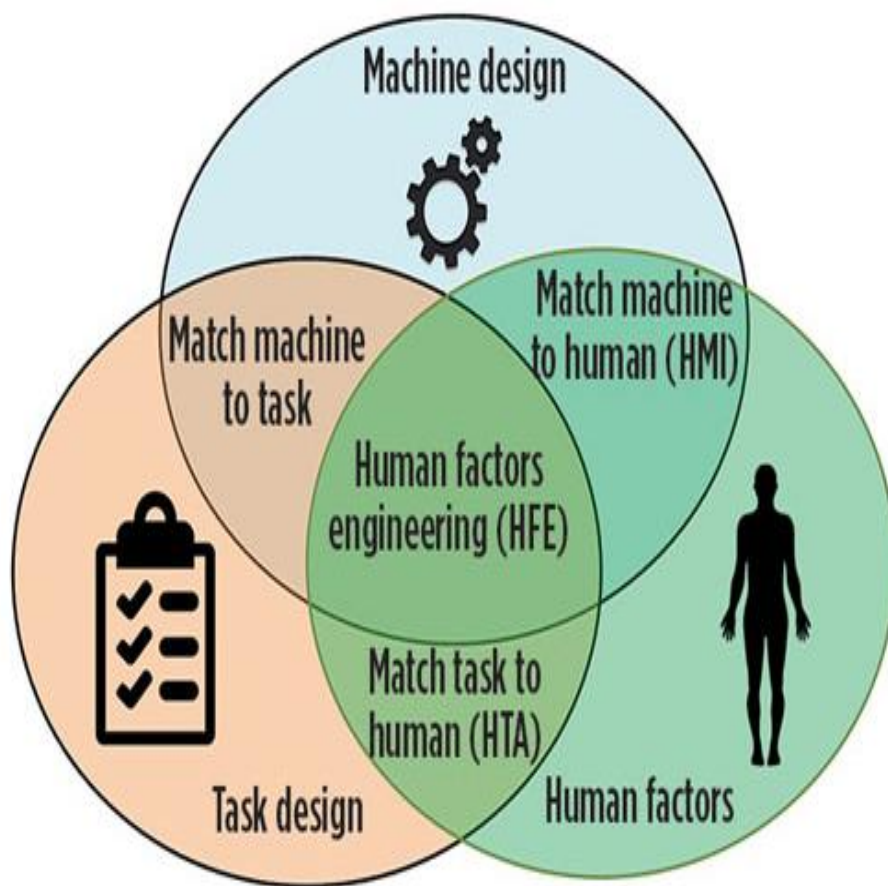


مهندسی فاکتورهای انسانی-2

کارشناسی پیوسته مهندسی بهداشت حرفه‌ای - ترم ۵

دانشگاه علوم پزشکی نیشابور

دانشکده بهداشت



مهدی جلالی

کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی
نیشابور



❖ حرکات بدن در صفحات و محورهای بدن

□ **حرکات معمولی بدن** (خم شدن، باز شدن، دور شدن، نزدیک شدن،

دوران، گردش)

□ **حرکات تخصصی بدن** (حرکات تخصصی پا، حرکات تخصصی

ساعد، حرکات تخصصی شانه ها، حرکات تخصصی مچ دست و

دست، حرکات تخصصی انگشتان دست)



Human Factor Engineering-4 Session

بیومکانیک شغلی

(Occupational biomechanics)



□ حرکات و اهرم‌ها (Moments and Levers)

□ تحمل ساختار بدن در برابر بار وارده (The Load — Tolerance Construct)

□ بار وارده داخلی و خارجی (External and Internal Loading)

□ فاکتورهای مؤثر بر بار وارده داخلی (Factors Affecting Internal Loading)

□ تحمل بار (Load Tolerance)



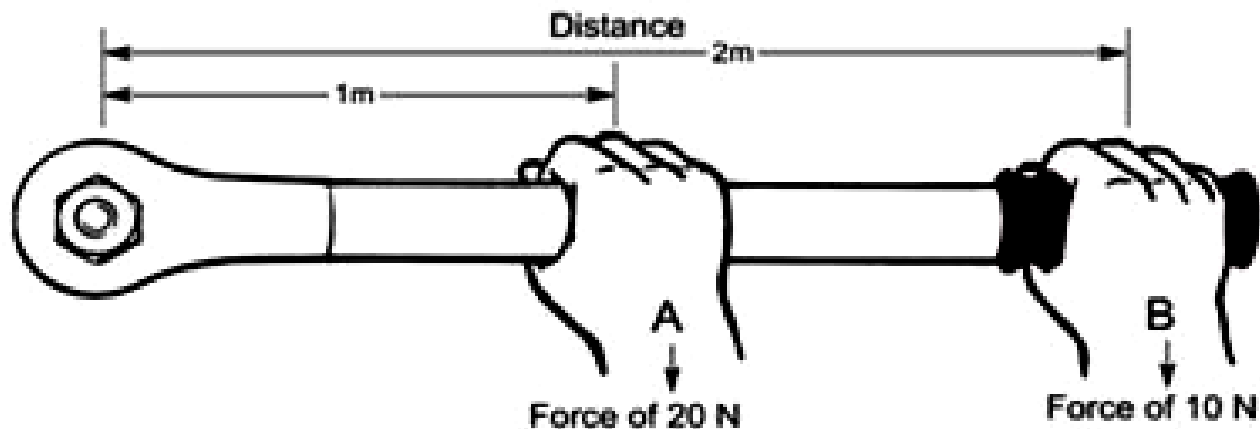
گشتاورها و اهرمها در بیومکانیک شغلی



□ بارهای بیومکانیکی وارده بر بدن تنها از طریق بزرگی بار وارده تعیین نمی‌شوند بلکه محل قرارگیری بار نسبت به محور چرخش مفصل مورد نظر نیز مهم است.

گشتاور (moment):

- ✓ گشتاور نیرو یا گشتاور چرخشی یعنی عاملی که باعث حرکت دورانی در جسم می‌شود.
- ✓ این شاخص با استفاده از برآیند فاصله در نیرو قابل محاسبه است.
- ✓ **مثال:** اگر جرم ۵۰ نیوتونی در فاصله افقی ۷۵ سانتی‌متری از مفصل شانه نگه‌داشته شود گشتاور $37/5$ نیوتون متری ($50 \times 75/100$) را بر روی مفصل شانه اعمال می‌نماید.
- ✓ در حالیکه همان وزن در فاصله ۲۵ سانتی متری گشتاوری برابر با $12/5$ نیوتون متر را بر روی شانه اعمال می‌نماید.
- ✓ بنابراین بار وارده بر یک مفصل تابعی از وزن و فاصله وزن تا مفصل می‌باشد.
- ✓ گشتاورهای وارده بر بدن تابعی از سیستم‌های اهرمی بدن هستند.



Let: T = Torque
 F = Force
 L = Length of Lever or Wrench

Then: $T = F \times L$

Example A
 20 Newtons $\times$ 1 metre = 20 N.m (Newton metres)

Example B
 10 Newtons $\times$ 2 metres = 20 N.m

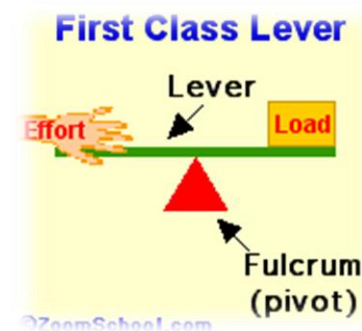
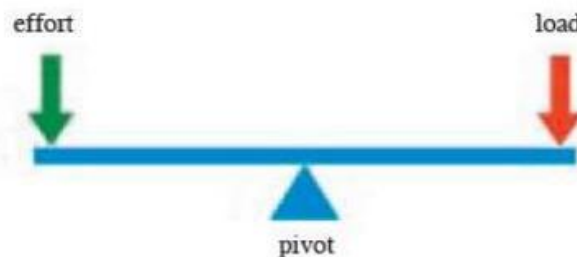
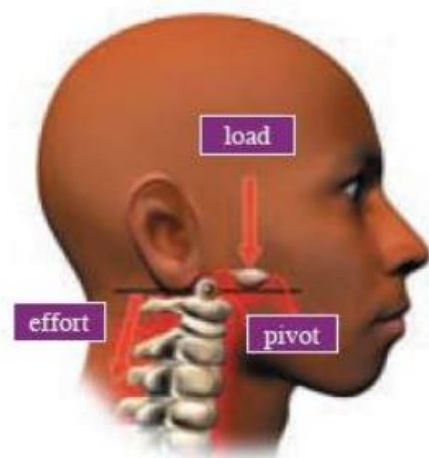
اثر فاصله بر میزان نیروی اعمالی

❖ در سیستم اسکلتی – عضلانی اهرم‌های مختلفی وجود دارد.

۱- اهرم نوع اول (First-class levers)

❖ در این نوع اهرم تکیه‌گاه (fulcrum) در وسط سیستم قرار دارد. بار وارده در یک انتهای سیستم (بار خارجی) و بار مخالف آن (بار داخلی) در طرف دیگر اعمال می‌شوند.

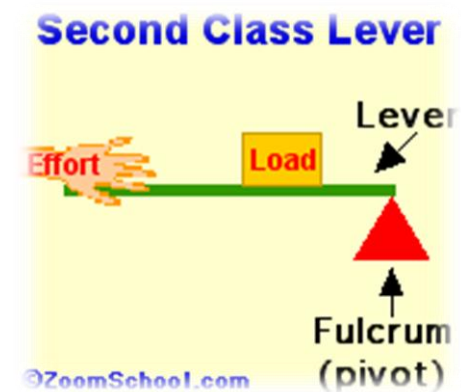
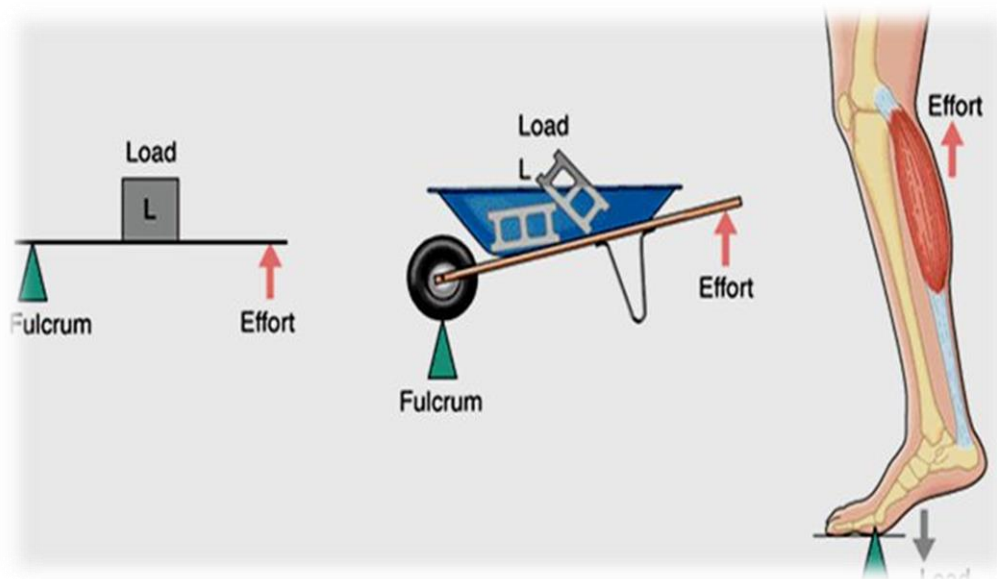
تنه مثالی از **اهرم نوع اول** می‌باشد که **ستون فقرات (L5/S1)** تکیه‌گاه می‌باشد.





۲- اهرم نوع دوم (Second-class lever system)

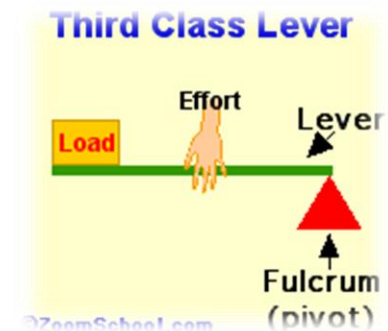
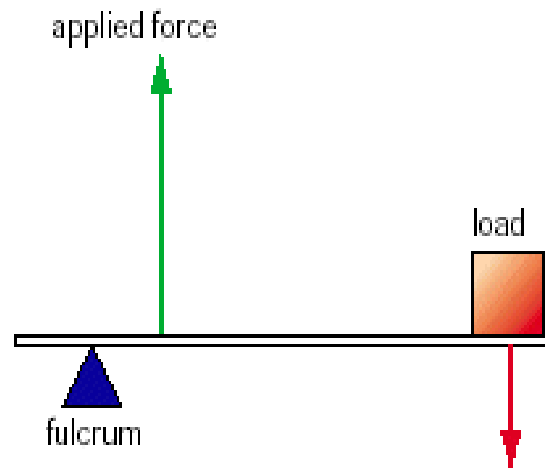
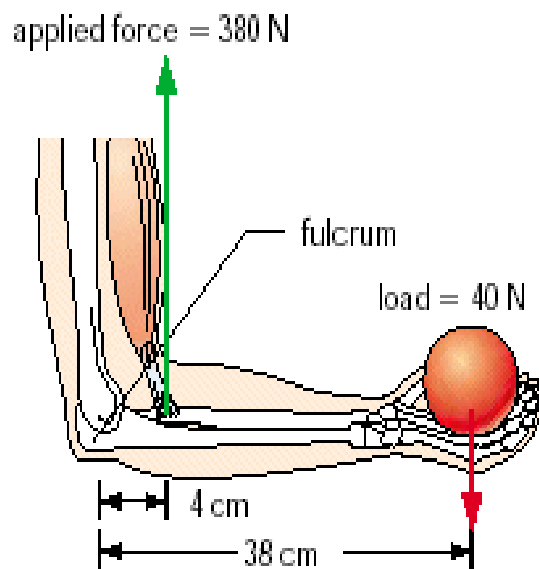
- ✓ تکیه‌گاه در انتهای سیستم قرار دارد و جسم جابجا شونده بین تکیه‌گاه و نیروی محرکه قرار دارد.
- ✓ این نوع اهرم در اندام‌های تحتانی دیده می‌شود.
- ✓ در بدن پا مثال خوبی برای اهرم نوع دوم می‌باشد.

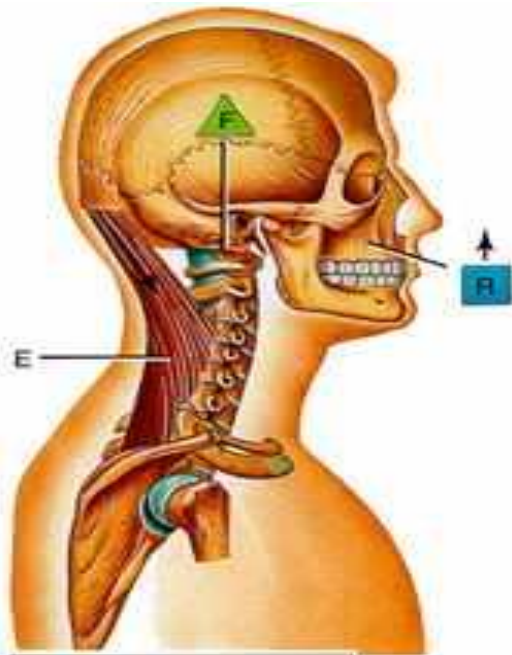




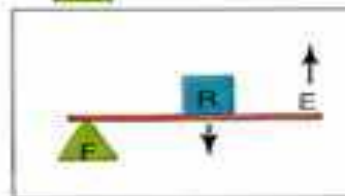
۳- اهرم نوع سوم (Third-class lever system)

- ✓ تکیه‌گاه در انتهای سیستم قرار دارد و نیروی محرک بین جسم جابجا شونده و تکیه‌گاه قرار دارد.
- ✓ مفصل بازو مثالی برای این اهرم در بدن انسان است.

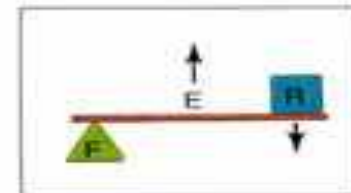
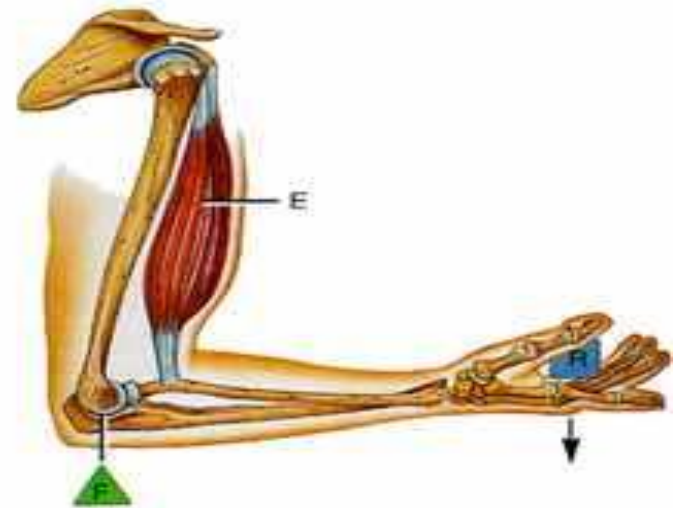




(a) First-class lever



(b) Second-class lever



(c) Third-class lever



□ حرکات و اهرم‌ها (Moments and Levers)

□ تحمل ساختار بدن در برابر بار وارده (The Load — Tolerance Construct)

□ بار وارده داخلی و خارجی (External and Internal Loading)

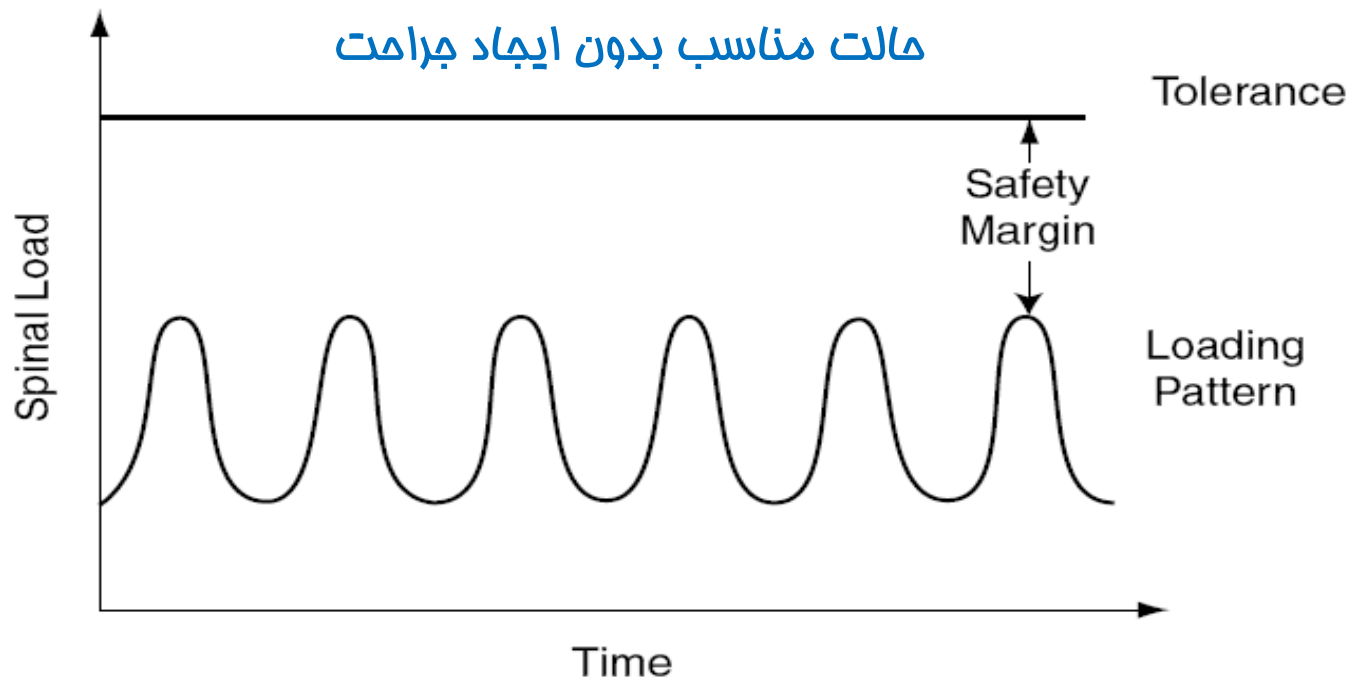
□ فاکتورهای مؤثر بر بار وارده داخلی (Factors Affecting Internal Loading)

□ تحمل بار بافتهای بدن (Load Tolerance)



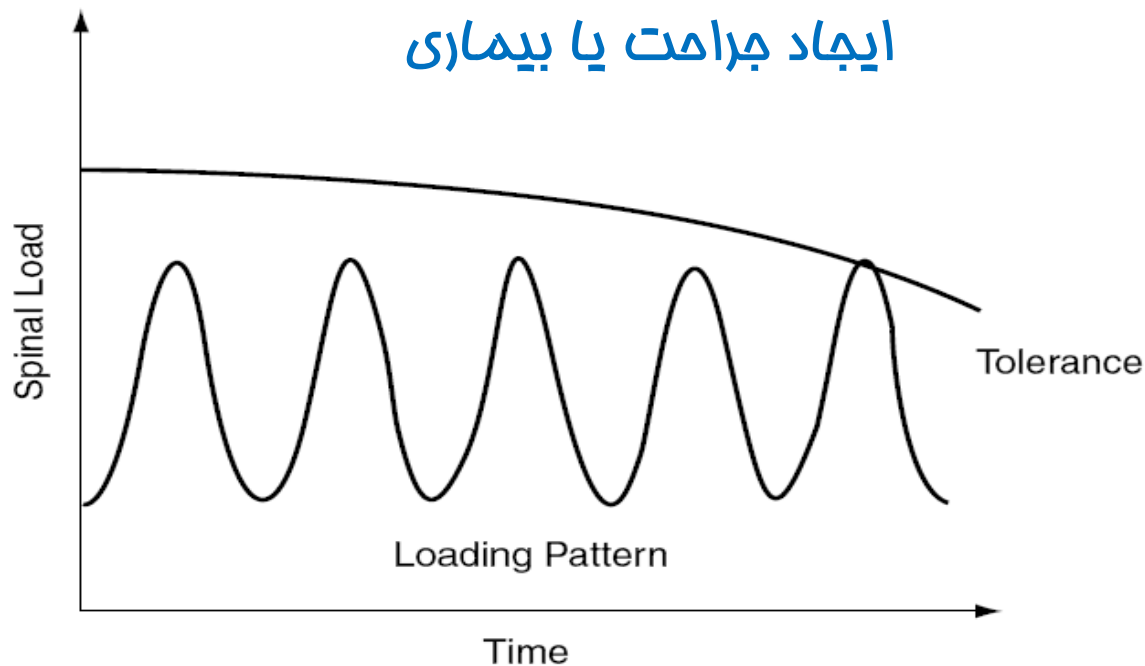
مدل تحمل-بار

✓ راه کار اساسی کاربرد بیومکانیک شغلی در ارگونومی این است که طراحی محیط کار بگونه ای باشد که بار وارد شده به ساختار بدن از حد تحمل آن بالاتر نرود و بین بار وارده و تحمل بدن یک حاشیه ایمن وجود داشته باشد.





As shown in Figure, occupational biomechanics logic is beginning to appreciate the fact that, with repetitive loading, the tolerance of the structure of interest may decrease over time to the point where it is more likely that the structure loading will exceed the structure tolerance and result in injury or illness. Thus, occupational biomechanical models and logic are beginning to build systems that consider observations in the workplace, such as cumulative trauma disorders.

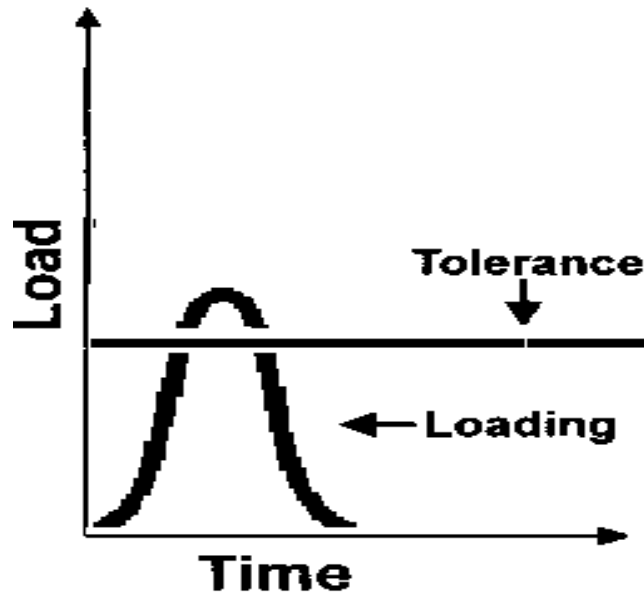




❖ در محیط‌های کار ۲ نوع تروما می‌تواند بدن انسان را تحت تأثیر قرار داده و منجر به اختلالات اسکلتی - عضلانی شود.

□ **Acute Trauma**: اگر در حین انجام وظایف شغلی نیروی اعمال شده خیلی بیشتر از تحمل بدن باشد.

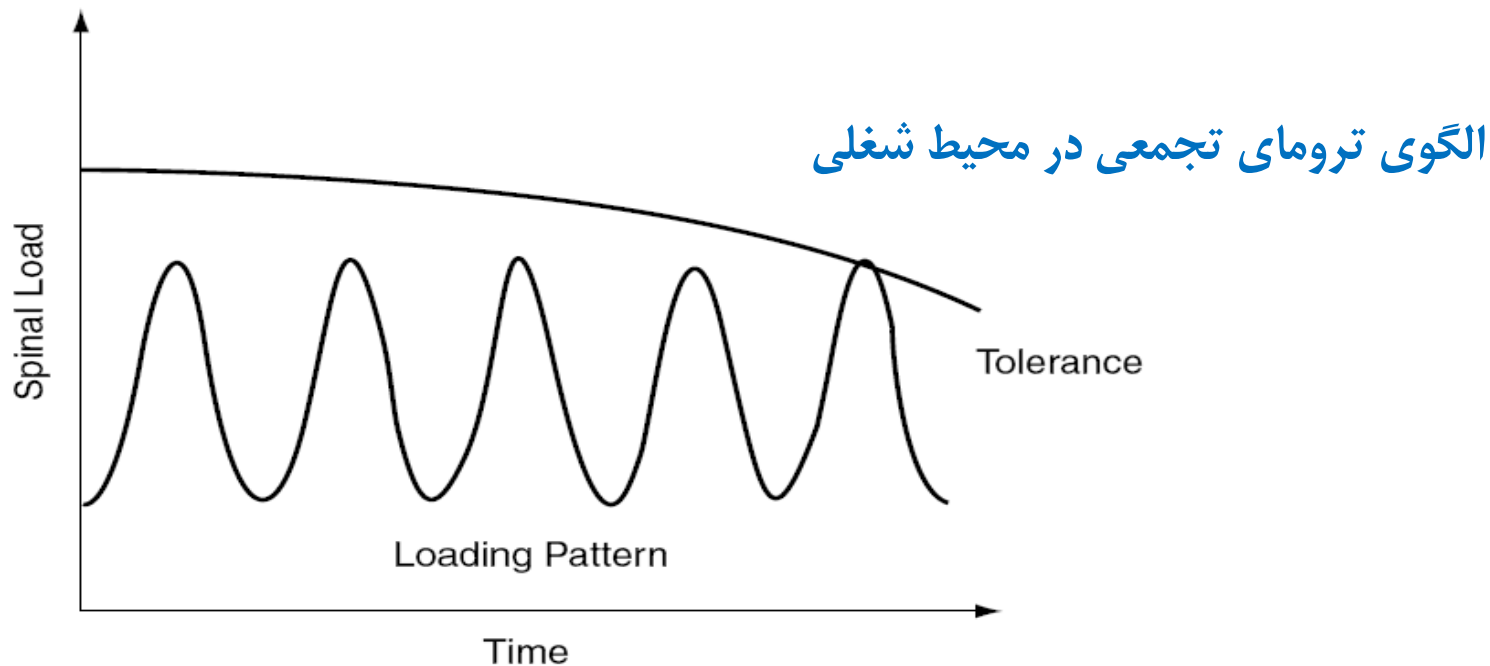
➤ معمولاً ترومای حاد با اعمال نیروی بیش از حد به صورت غیر تکراری مرتبط می‌باشد.





❖ **Cumulative Trauma:** به بکارگیری تکراری نیرو بر روی ساختار اشاره دارد که باعث خستگی و فرسودگی بافت می‌شود.

➤ این تروما مقاومت ساختار را تا نقطه‌ای پائین می‌آورد که حاشیه ایمن از بین می‌رود.





□ حرکات و اهرم‌ها (Moments and Levers)

□ تحمل ساختار بدن در برابر بار وارده (The Load — Tolerance Construct)

□ بار وارده داخلی و خارجی (External and Internal Loading)

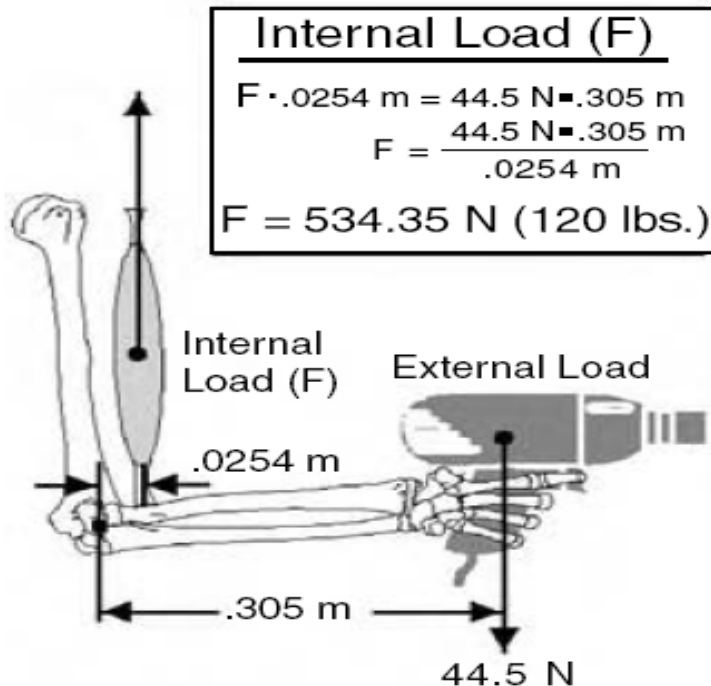
□ فاکتورهای مؤثر بر بار وارده داخلی (Factors Affecting Internal Loading)

□ تحمل بار (Load Tolerance)



بارهای داخلی و خارجی

- ❖ در حین کار ۲ نوع بار می‌تواند بر روی بافت‌های بدن وارد شود. (بار داخلی و خارجی)
- ❖ بار خارجی (f_2) به بارهایی اشاره دارد که در اثر اشیاء حمل شونده توسط کارگر بر بدن اعمال می‌شود. و باعث ایجاد بارهای داخلی (f_1) در بدن می‌شوند.



مثال: در شکل روبرو ابزار دستی ۱۰

پوندی که در فاصله ۳۰/۵ سانتی

متری از مفصل آرنج قرار دارد، بار

داخلی به میزان ۵۳۴ نیوتون ایجاد

می‌نماید. طبق رابطه زیر: $f_1 \times d_1 = f_2 \times d_2$



بارهای داخلی و خارجی

✓ این بار داخلی در مقایسه با بار خارجی (۴۴/۵ نیوتونی) بسیار زیاد می باشد. و یک عیب

بیومکانیکی به حساب می آید.

✓ بار داخلی بیش از حد می تواند عامل ترومای حاد در سیستم اسکلتی – عضلانی باشد.

✓ مجموع بار داخلی و خارجی، باری است که مفصل آن را تحمل می نماید.

✓ در حین ارزیابی ایستگاه کار ارگونومیست نه تنها باید به **بارهای خارجی** توجه نماید بلکه باید به

میزان **بارهای داخلی** نیز توجه کافی داشته باشد.



- ☐ حرکات و اهرم‌ها (Moments and Levers)
- ☐ تحمل ساختار بدن در برابر بار وارده (The Load — Tolerance Construct)
- ☐ بار وارده داخلی و خارجی (External and Internal Loading)
- ☐ فاکتورهای مؤثر بر بار وارده داخلی (Factors Affecting Internal Loading)
- ☐ تحمل بار (Load Tolerance)



❖ طرح‌های مناسب ارگونومیک طرح‌هایی هستند که در آنها میزان بارهای داخلی به حداقل برسد.

❖ در واقع میزان نیروی عضله نمایانگر تحمل آن است و اگر مقدار نیروی خارجی اعمال شده بیشتر از نیروی تولیدی عضله باشد تروما ایجاد می‌شود.

❖ با دستکاری ۳ جزء فیزیکی محیط کار می‌توان بارهای خارجی را کمتر و نیروی تولیدی عضله را افزایش داد (اساسی برای توصیه‌های ارگونومیکی هستند):

۱- آرایش بیومکانیکی اهرم‌های سیستم اسکلتی – عضلانی (Posture)

۲- روابط طول – قدرت عضله (length–strength relationships)

۳- روابط زمانی (Temporal relationships)



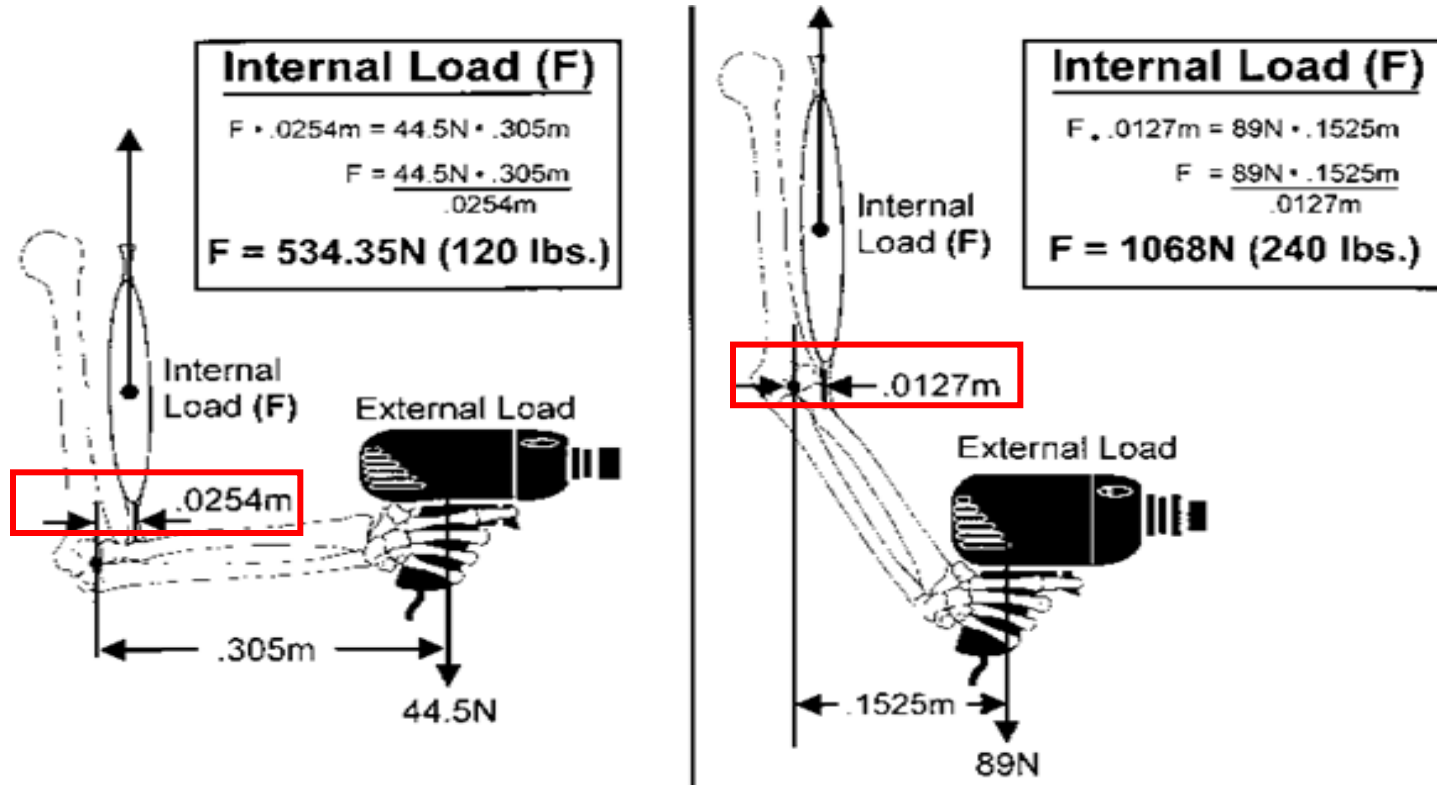
۱- آرایش بیومکانیکی اهرم‌های سیستم اسکلتی-عضلانی

- ✓ **تعریف پوسچر:** رابطه مکانیکی بخش‌های بدن با یکدیگر است.
- ✓ پوسچر با موقعیت و حرکات بدن تغییر می‌کند و به وسیله عوامل زیادی مثل سلامت عمومی، جنسیت، ساختار بدن، قدرت، عادات شخصی محیط تحت تأثیر قرار می‌گیرد
- ✓ **پوسچر فرد** در حین انجام کار می‌تواند بر آرایش سیستم اهرم بدن تأثیر بگذارد.
- ✓ در نتیجه می‌تواند بر روی میزان بار داخلی تأثیر گذار باشد.
- ✓ یک وظیفه می‌تواند به روش‌های مختلفی انجام شود. باید روشی انتخاب شود که بار داخلی کمتری ایجاد نماید.



۱- آرایش بیومکانیکی اهرم‌های سیستم اسکلتی-عضلانی

✓ **مثال:** در شکل روبرو با تغییر پوسچر ساعد، فاصله نیروی محرک و تکیه گاه تغییر کرده و بار وارده داخلی ۲ برابر شده است.

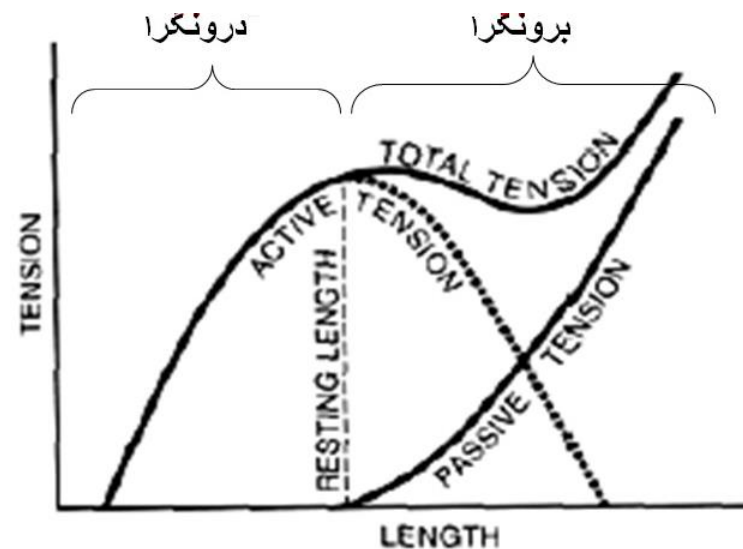
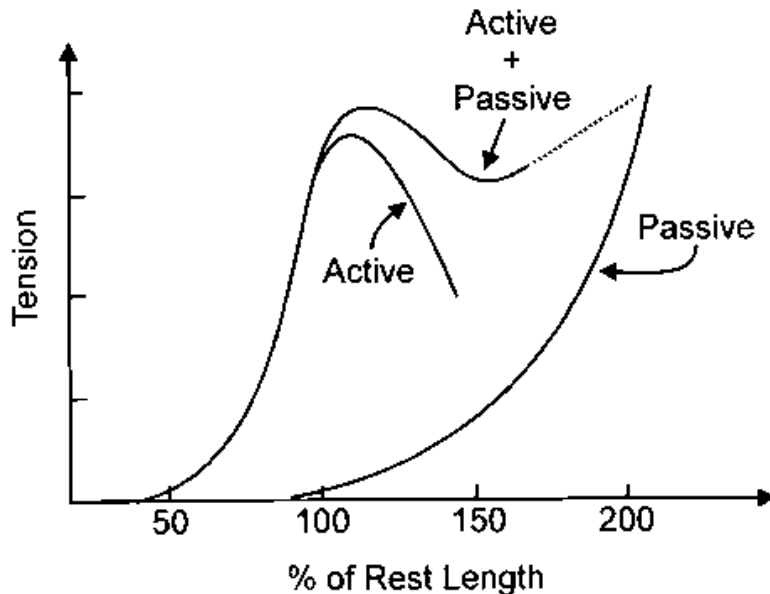




فاکتورهای مؤثر بر بار داخلی

۲- رابطه طول - قدرت عضله

- ❖ رابطه طول - قدرت عضلات می تواند بر بار وارده بر سیستم اسکلتی - عضلانی تأثیر گذار باشد.
- ❖ **بخش اکتیو منحنی** : نشان دهنده ساختارهایی که به صورت اکتیو نیرو تولید می نمایند (مانند ماهیچه ها)
- ❖ طبق شکل اگر طول ماهیچه ها **نزدیک به طول استراحت** آنها باشد بیشترین نیرو را تولید می نمایند.
- ❖ با انحراف از این موقعیت تولید نیرو به میزان زیادی کاهش می یابد (زیرا پلهای عرضی بین اجزاء پروتئین های عضله ناکارآمد می شوند)
- ❖ **بخش پسیو منحنی**: بخش های پسیو عضله (و نیز لیگمان ها) نیرو را در حالتی که عضله کشیده (stretched) است تولید می نمایند.





۳- روابط زمانی

۳-۱- ارتباط سرعت-نیرو

- ✓ سرعت انقباض و انبساط عضله بر توانایی تولید نیرو در عضله تأثیر می گذارد.
- ✓ به طور معمول هر چقدر ماهیچه با سرعت بیشتری حرکت نماید، به مقدار بیشتری قدرت تولید نیروی آن کاهش خواهد یافت.
- ✓ با کاهش قدرت عضله، عضله در مقابل بخش کمی از نیروی خارجی اعمال شده دچار استرین خواهد شد، در نتیجه ریسک ایجاد ترومای تجمعی افزایش می یابد.
- ✓ بطور کلی نیرو و توان عضله در سرعت های بالاتر به میزان زیادی کاهش می یابد و معمولاً در کارهایی که با سرعت کمتری انجام می شود، فرد می تواند نیروی بیشتری اعمال کرده و توان عضله نیز بیشتر است.



فاکتورهای مؤثر بر بار داخلی

۳- روابط زمانی

۳-۲- تداوم فعالیت- نیرو

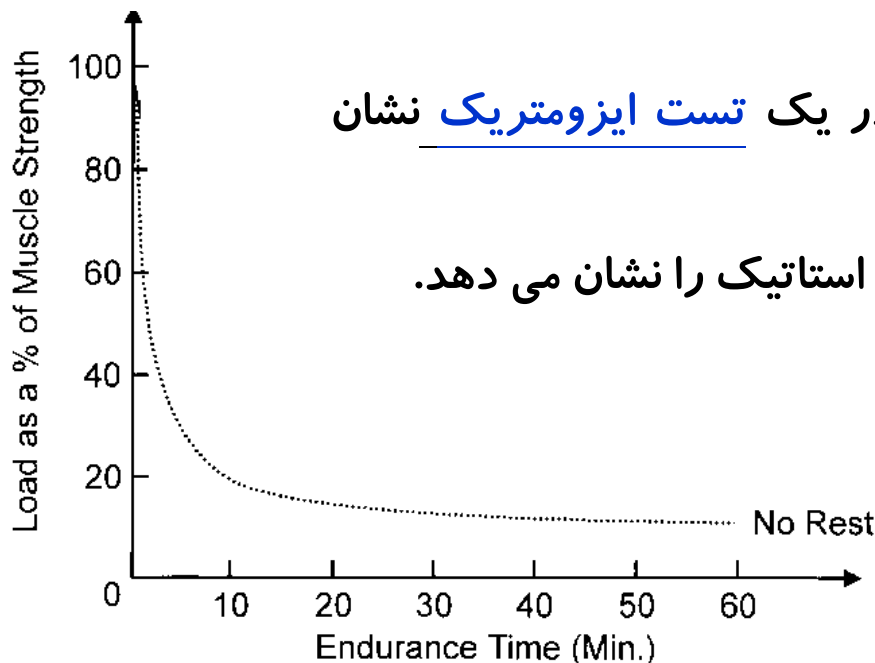
✓ قدرت تولید شده در عضله ناپایدار است.

✓ یک کارگر می تواند برای مدت زمان کوتاهی نیروی بیشتری را تولید نماید.

✓ با این وجود اگر کارگر مجبور باشد به صورت تکراری یا طولانی مدت نیرو اعمال نماید مقدار نیروی تولیدی کاهش می یابد.

✓ در شکل زیر ارتباط زمان و نیروی تولیدی در یک تست ایزومتریک نشان داده شده است.

✓ خط نقطه چین نیروی حداکثر تولیدی در حالت استاتیک را نشان می دهد.





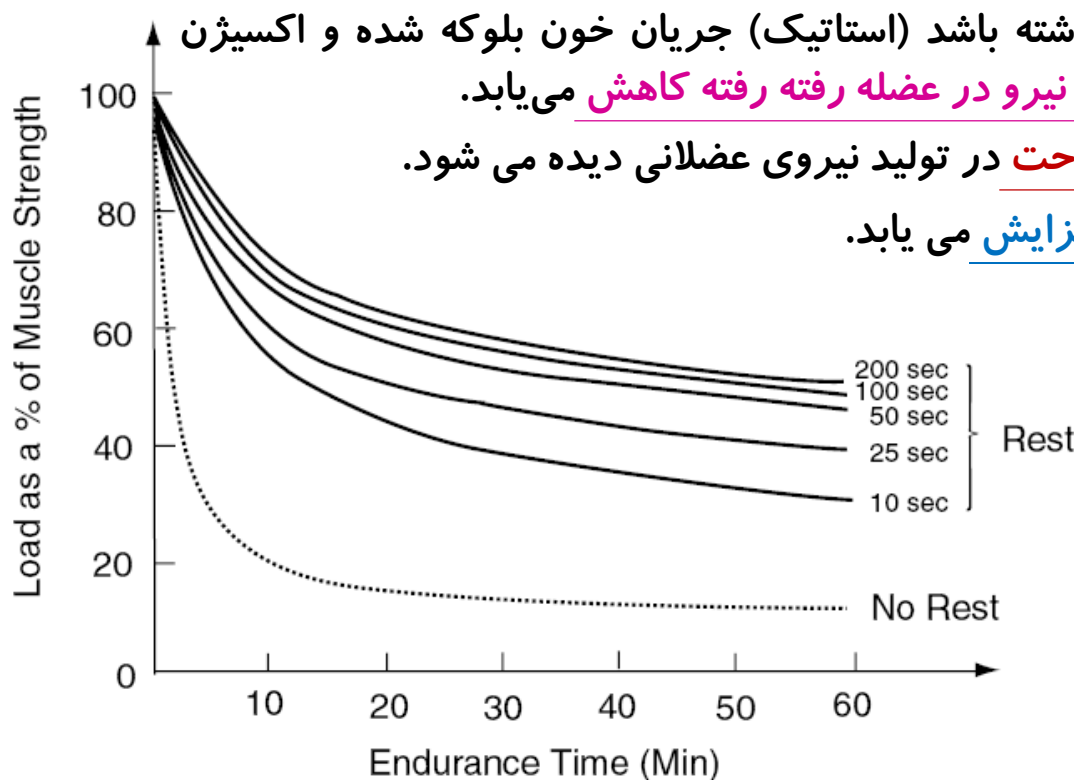
فاکتورهای مؤثر بر بار داخلی

۳- روابط زمانی

۳-۳- زمان استراحت-نیرو

- ❖ مدت زمان استراحت عضله در ایجاد نیرو عاملی مؤثر است.
- ❖ برای انقباض عضله باید مرتباً در عضله ATP به ADP تبدیل شود. در این واکنش اکسیژن نقش اساسی دارد.

- ❖ اگر در خلال کار، استراحت وجود نداشته باشد (استاتیک) جریان خون بلوکه شده و اکسیژن کافی به عضله نمی‌رسد. در نتیجه تولید نیرو در عضله رفته رفته کاهش می‌یابد.
- ❖ در شکل زیر نقش مثبت زمانهای استراحت در تولید نیروی عضلانی دیده می‌شود.
- ❖ با افزایش مدت استراحت تولید نیرو افزایش می‌یابد.



- ❖ اگر در انجام کار به نیروی بیشتری نیاز باشد، باید مدت زمانی در نظر گرفته شود که در اثر کاهش قدرت عضله، به سیستم اسکلتی-عضلانی بار اضافی وارد نشود.



❖ مفاهیم پایه‌ای علم بیومکانیک

- اهرم‌ها (اهرم نوع اول، دوم و سوم)
- تحمل ساختار بدن در برابر بار وارده (مدل شیب ایمن و مدل ایجاد جراحات)
- بار وارده داخلی و خارجی (کاهش بارهای داخلی مهم‌ترین وظیفه ارگونومیست‌ها)
- فاکتورهای مؤثر بر بار وارده داخلی

۱- آرایش بیومکانیکی اهرم‌های سیستم اسکلتی – عضلانی (Posture)

۲- روابط طول – قدرت عضله (length–strength relationships)

۳- روابط زمانی (Temporal relationships)





دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی نیشابور



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی نیشابور



خسته نباشید

با آرزوی موفقیت

jalalim1@nums.ac.ir