

به نام خدا

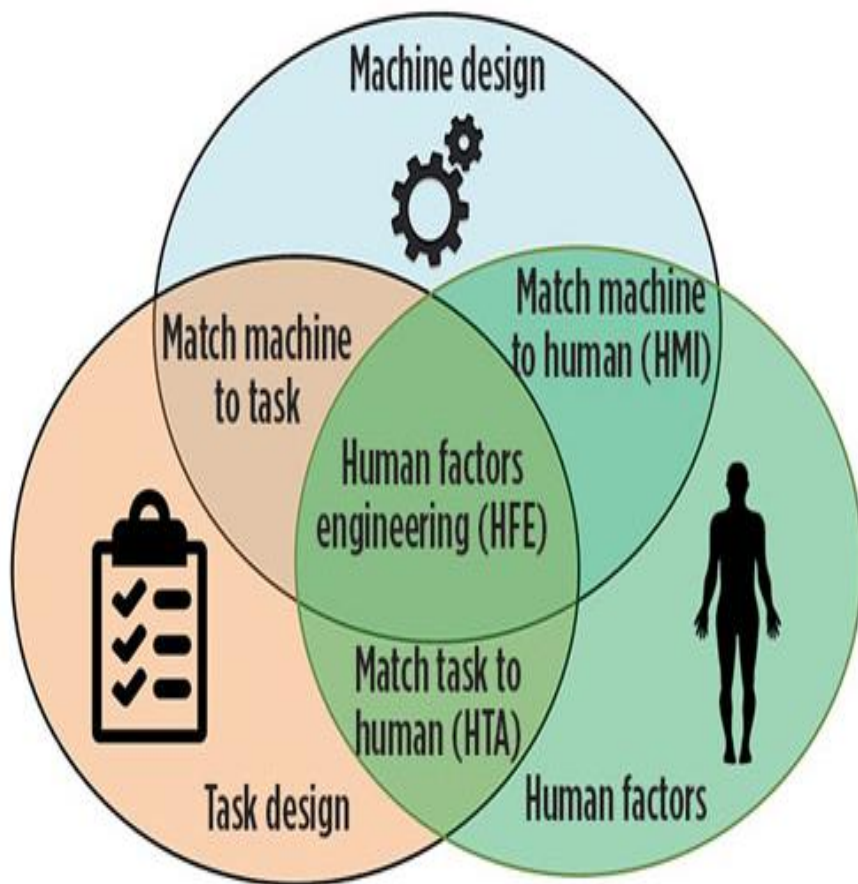


مهندسی فاکتورهای انسانی-2

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



❖ مفاهیم پایه‌ای علم بیومکانیک

□ مقاومت بافت‌ها در برابر بار (تحمل بار)

- ۱- مقاومت تاندون و عضله در برابر استرین وارده
- ۲- مقاومت لیگامانت (رباط‌ها) و استخوان‌ها
- ۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها

□ کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

- طراحی برای کاهش استرین در شانه‌ها
- طراحی برای کاهش استرین در گردن



Human Factor Engineering-5 Session

بیومکانیک شغلی

(Occupational biomechanics)



Human Factor Engineering-5 Session

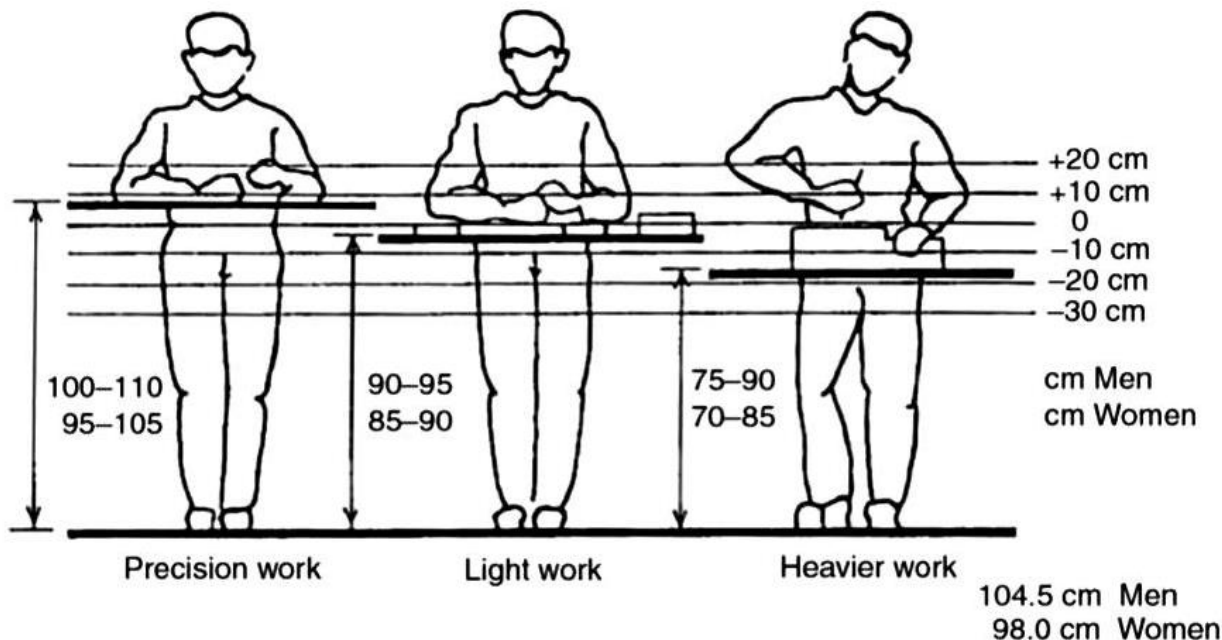
کاربرد بیومکانیک
شغلی در
محیط
کار



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

طراحی جهت ایجاد تعادل در کار – طراحی کار برای تعادل گردن و شانه‌ها

- ❖ یکی از مثال‌های برقراری تعادل در طراحی ارگونومیک، ایجاد تعادل بین قرارگیری شانه و قرارگیری گردن می‌باشد.
- ❖ برای ایجاد این تعادل باید به سلسله نیازهای وظیفه توجه شود.





کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

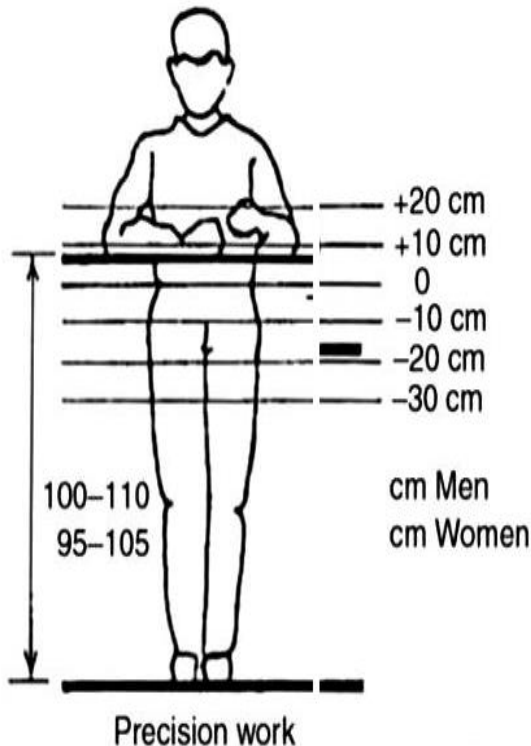
طراحی کار برای تعادل گردن و شانه‌ها

❖ کارهای ظریف به حدت بینایی بیشتری نیاز دارند (visual acuity) بنابراین در کارهای ظریف حدت بینائی در سطح بالای سلسله نیازهای شغلی قرار دارد

❖ در کارهای ظریف اگر سطح میز کار پائین باشد کارگر برای تامین حدت بینائی مورد نیاز مجبور است سرش را به پائین خم بکند. در نتیجه سطح میز کار در ارتفاع ۹۵ تا ۱۱۰ سانتی متر بالای کف زمین تنظیم می شود.

❖ با ایجاد این ارتفاع برای کار ظریف، برای شانه مشکل ایجاد می شود و برای انجام کار، شانه‌ها از بدن دور می‌شوند (Shoulder abduction) (پوسچر شانه فدای پوسچر گردن می‌شود)

❖ از طرف دیگر در کارهای ظریف به حداقل قدرت شانه نیاز می باشد.



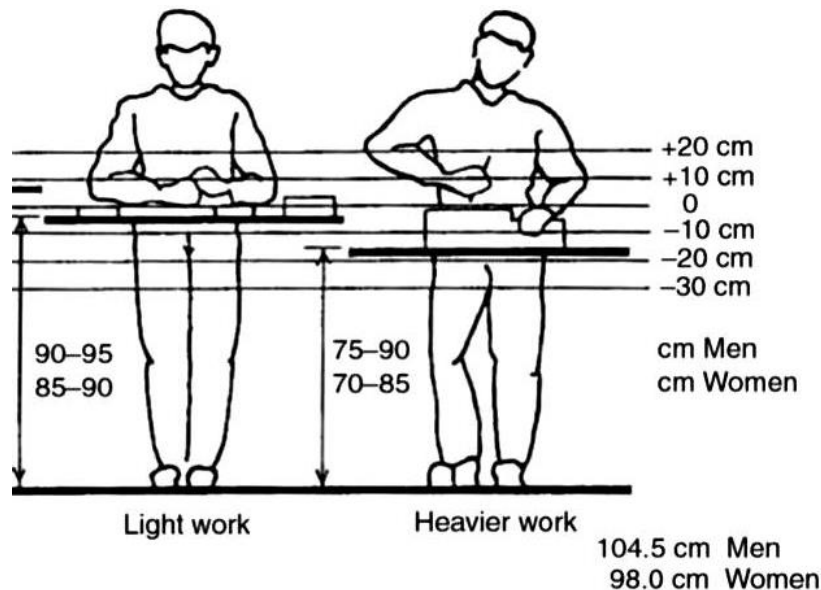


کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

طراحی جهت ایجاد تعادل در کار – طراحی کار برای تعادل گردن و شانه‌ها

❖ در کارهای سنگین موارد گفته شده برعکس کارهای ظریف است (به نیروی بیشتری مورد نیاز است و با پائین آوردن سطح میز کار پوسچر گردن قربانی پوسچر شانه می شود)

❖ در کارهای سبک (Light work) حالت متعادلی از نیرو و حدت بینایی مورد نیاز است بنابراین ارتفاع مناسب میز کار بین ارتفاع کارهای ظریف و سنگین قرار دارد. (85 تا 95 cm)





کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

- ❖ اختلالات ناحیه کمر به عنوان حادثترین مشکلات اسکلتی-عضلانی در ایالات متحده آمریکا به حساب می آید و یکی از معمول ترین دلایل غیبت از کار می باشد.
- ❖ در ایالات متحده ۲۰٪ کل جراحات محیط کار مربوط به صدمات ناحیه کمری (Back) است که ۴۰٪ غرامات را به خود اختصاص می دهند.
- ❖ MMH (Lifting) دو سوم جراحات ناحیه کمری (ناشی از کار) را ایجاد می نماید.
- ❖ از دیدگاه بیومکانیک، ما فرض می کنیم که بیشتر کمر دردهای شدید و هزینه بردار ناشی از دیسک بین مهره ای بوده و منشأ مکانیکی دارند.
- ❖ در مطالعاتی که بر روی اجساد انجام گرفته، مشخص شده است که دژنراسیون ستون فقرات در اجسادی که قبلاً کارهای فیزیکی سنگینی انجام می داده اند، بیشتر است.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

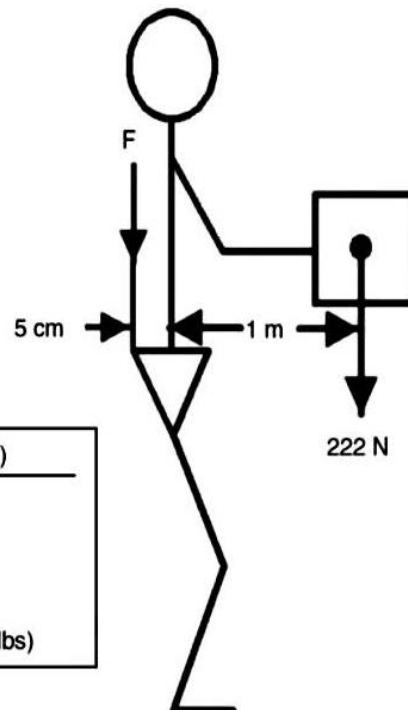
۳- کمر (Back)

۳-۱- اهمیت حرکات

❖ مهم ترین موضوع مرتبط با ریسک کمر درد شغلی گشتاور خارجی وارده به ستون مهره ها است.

❖ بدلیل آرایش هندسی عضلات تنه نسبت به تکیه گاه تنه، هنگام بلند کردن، بارهای خیلی زیادی بوسیله عضلات تولید شده و بر روی ستون فقرات اثر می گذارند.

❖ در شکل روبرو آرایش بیومکانیکی سیستم اهرمی در تنه نشان داده شده است.



Internal Muscle Force (F)
$F \cdot 5 \text{ cm} = 222 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$
$F = \frac{222 \text{ Nm}}{0.05 \text{ m}}$
$F = 4,440 \text{ N (998 lbs)}$



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

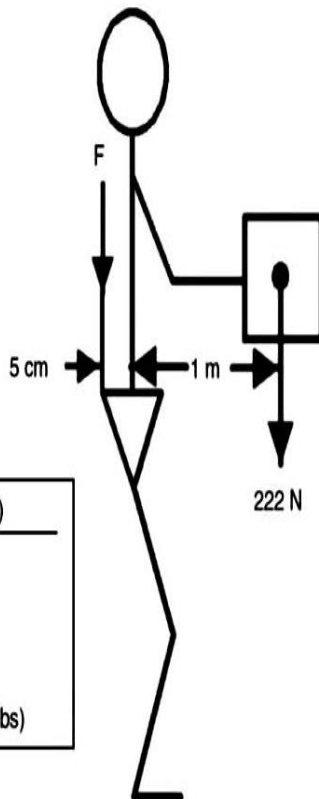
۱-۳ اهمیت حرکات

❖ همانطور که در شکل مشخص است عضلات پشت در اکثر موقعیتهای حمل بار در موضع نامساعد بیومکانیکی قرار دارند.

❖ تحمل بار ۵۰ پوندی (۲۲۲ نیوتونی) در فاصله ۱ متری از ستون مهره ها گشتاور ۲۲۲ نیوتون متری ایجاد می نماید.

❖ از آنجایی که عضلات پشت در فاصله کمی نسبت به ستون مهره ها قرار دارند، این سیستم عضلانی برای حفظ تعادل در برابر بار خارجی، نیروی ۴۴۴۰ نیوتونی را تولید می نمایند.

❖ بنابراین برای حمایت کمر از دیدگاه بیومکانیکی باید بازوی گشتاور (بازوی نیروی مقاوم) را در حداقل ممکن نگهداشت.



Internal Muscle Force (F)
$F \cdot 5\text{ cm} = 222\text{ N} \cdot 1\text{ m}$
$F = \frac{222\text{ Nm}}{0.05\text{ m}}$
$F = 4,440\text{ N (998 lbs)}$



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

۳-۲- روش بلند کردن بار

- ❖ مفهوم گشتاور خارجی می‌تواند در انتخاب بهترین شیوه بلند کردن بار مفید باشد.
- ❖ برخی افراد روش اسکات (استفاده از پاها) را که نقطه مقابل روش استوپ (استفاده از عضلات پشت) است مفید می‌دانند. اگرچه بار وارده بر ستون فقرات تابعی از آنتروپومتری و شیوه بلند کردن است.
- ❖ آنالیزهای بیومکانیکی نشان داده‌اند که یک روش خاص برای تمام انواع بدن‌ها مناسب نمی‌باشد.
- ❖ پیشنهاد برخی افراد به این صورت است که هنگامی که لوردوزیس کمر در طول بلند کردن بار حفظ گردد، گشتاور داخلی تنه مزیت مکانیکی زیادی دارد.
- ❖ بنابراین از دیدگاه بیومکانیک شیوه حمل صحیح روشی است که اجازه دهد کارگر مرکز بار را تا حد امکان به ستون مهره‌ها نزدیک کند.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

۳-۳- کار نشسته و ایستاده

- ❖ محیط‌های کاری نشسته بدلیل افزایش سن کارگران و پیشرفت مشاغل پردازش اطلاعات نسبت به گذشته از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.
- ❖ این موضوع به خوبی مستند شده است که در حالت نشسته بار وارده به ستون مهره‌ها بیشتر از حالت ایستاده است.
- ❖ این موضوع به دلیل دورشدن خط ثقل تنه از ستون مهره‌ها در حالت نشسته می‌باشد.
- ❖ در حالت ایستاده خط ثقل تنه از فاصله ۵ سانتی متری مهره سوم کمری عبور می‌نماید، در حالیکه در حالت نشسته این فاصله به ۱۵ سانتی متر افزایش می‌یابد.
- ❖ بنابراین کارهای نشسته خطر آسیب به دیسک را افزایش می‌دهند و باید در طراحی صندلی کارهای نشسته ملاحظات را در نظر گرفت.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

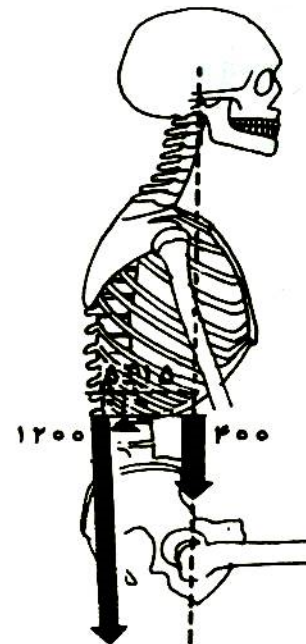
۳- کمر (Back)

۳-۳- کار نشسته و ایستاده

در حالت ایستاده خط ثقل بدن در ۵ سانتیمتری قدام مهره سوم کمری (L۳) می باشد. از طرف دیگر عضلات پشت نیز در ۵ سانتیمتری خلف آن قرار دارد، بدین جهت برای اجتناب از سقوط قسمت فوقانی بدن عضلات باید با نیرویی برابر با ۴۰۰ نیوتن منقبض شوند. در نتیجه نیروی وارده به دیسک عبارتست از: $400 + 400 = 800 \text{ N}$



در حالت نشسته، خط ثقل از ۱۵ سانتیمتری قدام مهره سوم کمری عبور می کند. در این حال بازوی اهرم عضله از ۵ سانتیمتری آن می گذرد. بدین جهت برای حفظ تعادل به نیرویی برابر با 1200 N احتیاج است. در نتیجه نیرویی که در مجموع به دیسک وارد می شود $1200 + 400 = 1600 \text{ N}$ می باشد.





کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

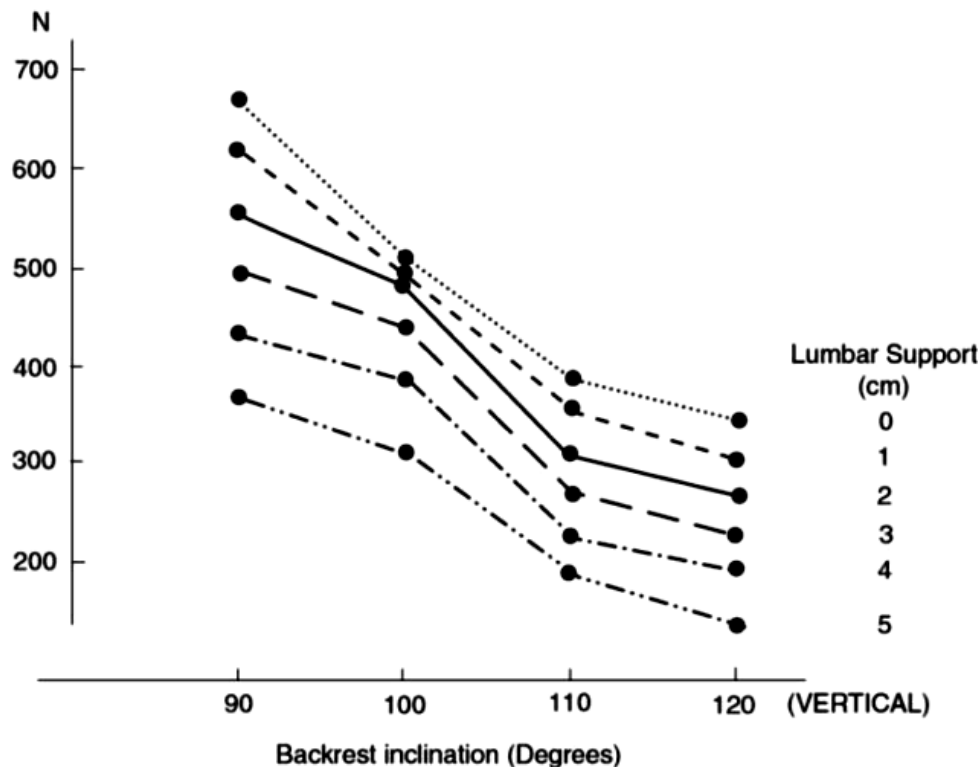
۳- کمر (Back)

۳-۳- کار نشسته و ایستاده

۳-۳-۱- اصول مورد توجه در طراحی صندلی کارهای نشسته

❖ زاویه پشتی صندلی و حمایت از ناحیه لومبار از فاکتورهای مهم در کارهای نشسته می باشد.

❖ در این شکل این اثر نشان داده شده است.





کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

۳-۳- کار نشسته و ایستاده

۳-۳-۲- اصول مورد توجه در طراحی برای موقعیت های ایستاده طولانی مدت

- ❖ ایستادن های طولانی مدت می تواند بار استاتیکی را بر عضلات پشت وارد کرده و همچنین قدرت تولید نیرو را در آنها کاهش دهد.
- ❖ برای بر طرف کردن این مشکل ۲ راه وجود دارد:
 - ۱- **استفاده از foot rail**: هنگامیکه پا بر روی استراحتگاه پا گذاشته می شود عضلات بزرگ پشت در حالت استراحت قرار گرفته و خون رسانی آنها بهبود می یابد.
 - بنابراین تکرار این حرکت توسط هر دو پا باعث کاهش خستگی عضلات پشت خواهد شد.
 - ۲- **استفاده از floor mat**: اگر از کفی های با ویژگی های مناسب استفاده شود، خستگی عضلات پشت کاهش می یابد.
 - عقیده بر این است که کفی ها باعث تحریک نوسان بدن شده و پمپ کردن خون به سهولت انجام می گیرد.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۳- کمر (Back)

۳-۳- کار نشسته و ایستاده

۳-۳-۲- اصول مورد توجه در طراحی برای موقعیت های ایستاده طولانی مدت

□ **حالت های ایستاده در موقعیت های زیر ترجیح داده می شود:**

- ۱- **وظیفه نیازمند تحرک بیشتری باشد** مانند پایش نواحی مختلف کار، نیاز به دسترسی به فاصله های دور و انجام کار در ارتفاع های مختلف
 - ۲- **کنترل های ظریف دستی مورد نیاز نباشد.**
 - ۳- **فضای کافی برای پا (ران) در زیر میز وجود نداشته باشد.** (اگر این فضا وجود نداشته باشد فاصله بار خارجی از پشت بیشتر شده و نیروی زیادی بر ستون فقرات وارد می شود)
 - ۴- **بارهای سنگین جابجا شود** یا نیروهای بیشتری اعمال شود.
- هنگامیکه کار در دو حالت ایستاده و نشسته انجام می شود باید به موقعیت اندام های فوقانی (مانند شانه) توجه شود و در هر دو موقعیت (ایستاده و نشسته) این اندام ها در وضعیت مشابهی قرار بگیرند.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۴- مچ دست (Wrists)

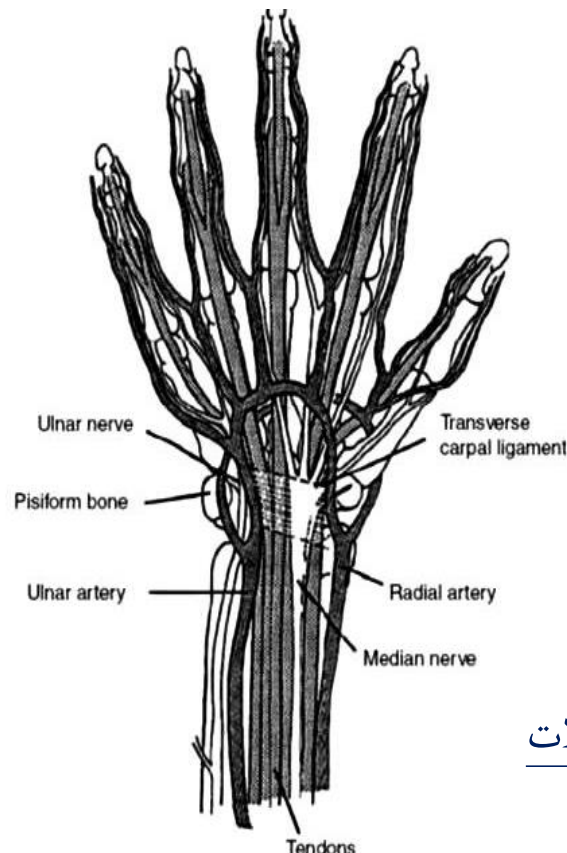
□ اداره آمار کار افزایش ترومای تکراری را از ۱۸٪ (۱۹۸۱) به ۶۳٪ (۱۹۹۳) گزارش کرده است. بنابراین ترومای تکراری یک مشکل شغلی در حال گسترش سریع است.

□ توجه به آناتومی مچ دست اهمیت زیادی دارد زیرا:

➤ زیرا دست (به خصوص مچ) یک محیط فشرده است.

➤ بدلیل وجود تونل کارپال مچ اهمیت زیادی دارد.

➤ در حرکت های تکراری اصطکاک تاندونهای مچ می تواند شروع کننده CTD باشد.



برای کنترل ترومای تجمعی در این ناحیه باید ریسک فاکتورهای موثر بر عضلات
تأمین کننده نیرو و تاندونها این ناحیه شناخته شوند.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

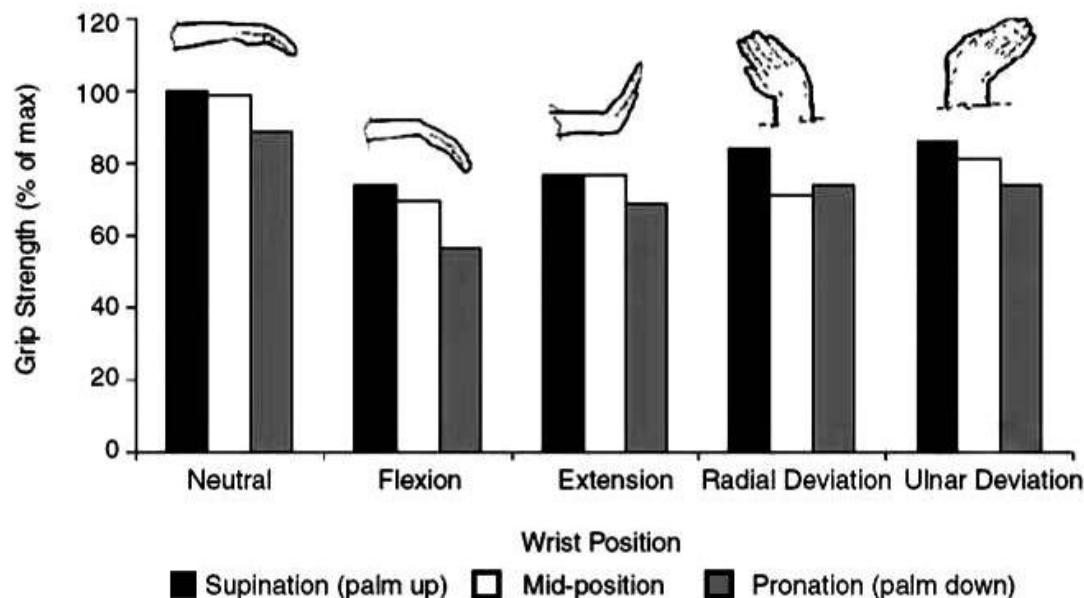
۴- مچ دست (Wrists)

۴-۱- ریسک فاکتورهای بیومکانیکی برای مچ دست

ریسک فاکتورهای زیادی برای ترومای تجمعی مچ دست شناخته شده است.

۱- انحراف از پوسچر طبیعی مچ دست

- کاهش فضای تونل کارپال و افزایش اصطکاک (منجر به ترومای تجمعی)
- کاهش قدرت چنگش و نیاز به تولید نیروی بیشتر از طرف عضلات (منجر به ترومای تجمعی)





کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۴- مچ دست (Wrists)

۴-۱- ریسک فاکتورهای بیومکانیکی برای مچ دست

۲- حرکات تکراری

- مطالعات نشان داده اند که افزایش فرکانس حرکات مچ ریسک ابتلا به CTD را افزایش می دهد.
- حرکات تکراری با چرخه های زمانی کمتر از ۳۰ ثانیه عامل ایجاد CTD شناخته شده اند.

۳- نیروی اعمال شده بوسیله دستها و انگشتان

- نیروی زیاد دست منجر به ایجاد تنش در تاندون ها و افزایش اصطکاک بین تاندونها می شود.

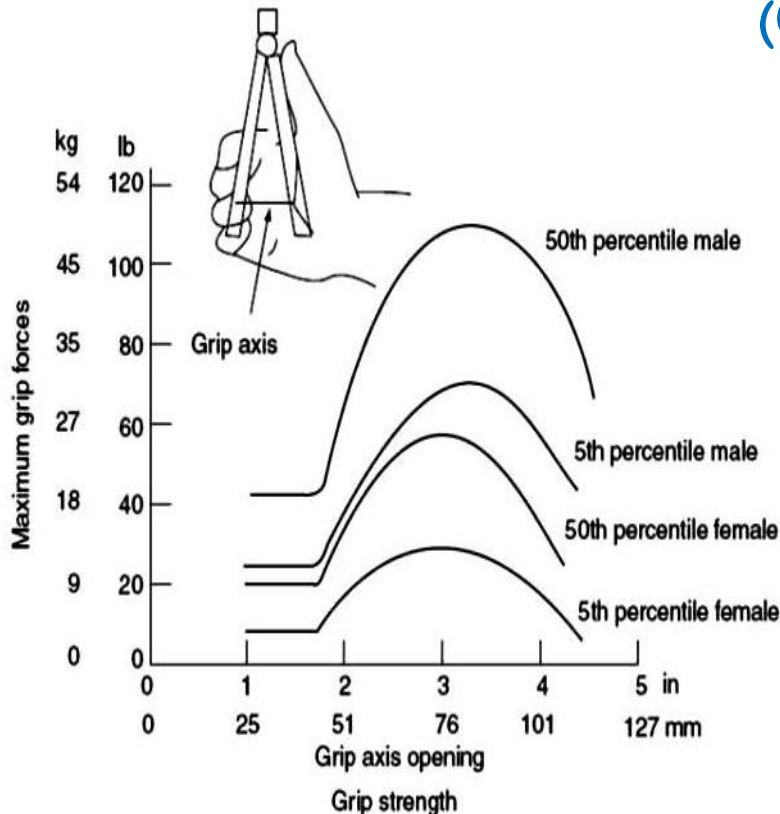
۴- آناتومی دست

- عصب مدین در ناحیه کف دست به صورت سطحی قرار گرفته است. ضربه به کف دست (کارهای مونتاژ) منجر به تحریک این عصب شده و آغازگر CTD می باشد.



۴- مچ دست (Wrists)

۴-۲- طراحی مناسب چنگش (Grip Design)



➤ طراحی سطح چنگش ابزار به میزان زیادی بر فعالیت سیستم انتقال نیروی داخلی (حرکت تاندون و تنش) تاثیر می گذارد.

➤ قطر چنگش و شکل آن تاثیر زیادی بر روی نیروی چنگش دارد.

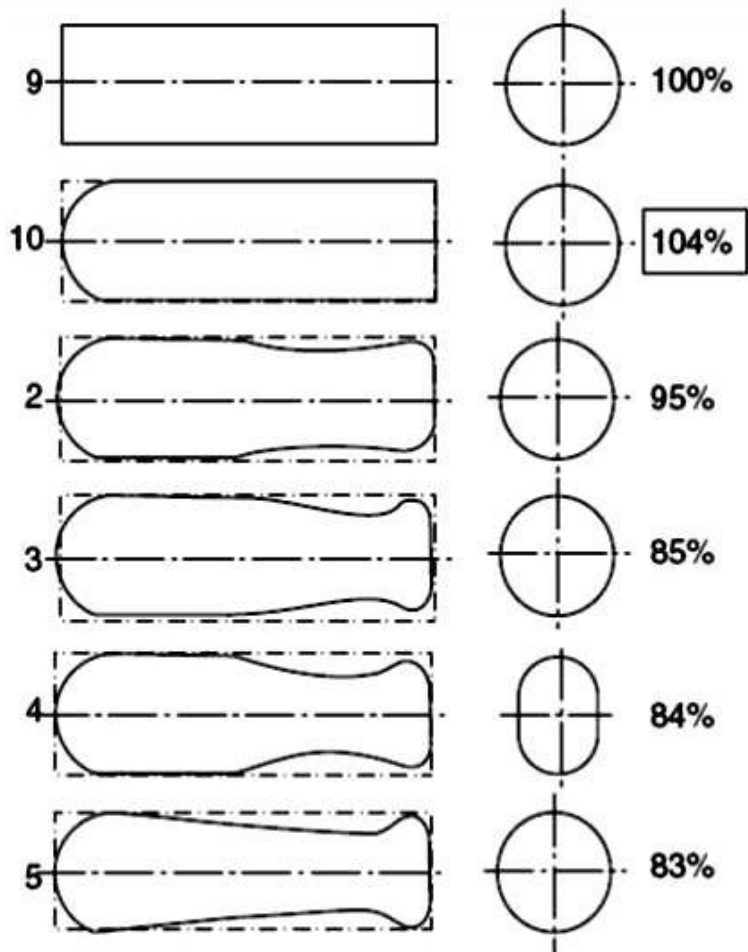
➤ همانطور که در شکل زیر مشخص است انحراف از مقدار ایده آل قطر چنگش به میزان یک اینچ تاثیر فوق العاده ای در کاهش قدرت چنگش دارد.



۴- مچ دست (Wrists)

۴-۳- شکل دسته (Handle Shape)

- شکل دسته ابزار می تواند بر روی قدرت مچ تاثیر بگذارد.
- در این زمینه هم رابطه طول - قدرت عضلات ساعد و ناحیه تماس با ابزار از عوامل تاثیر گذار است.





❖ مفاهیم پایه‌ای علم بیومکانیک

□ مقاومت بافت‌ها در برابر بار (تحمل بار)

- ۱- مقاومت تاندون و عضله در برابر استرین وارده
- ۲- مقاومت لیگامانت (رباط‌ها) و استخوان‌ها
- ۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها

□ کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

- طراحی برای کاهش استرین در شانه‌ها
- طراحی برای کاهش استرین در گردن





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