

A serene sunset scene over a calm body of water. The sun is partially obscured by dark, dramatic clouds, creating a bright glow and a long, shimmering reflection on the water's surface. The overall color palette is dominated by deep blues, purples, and oranges.

به نام خدا

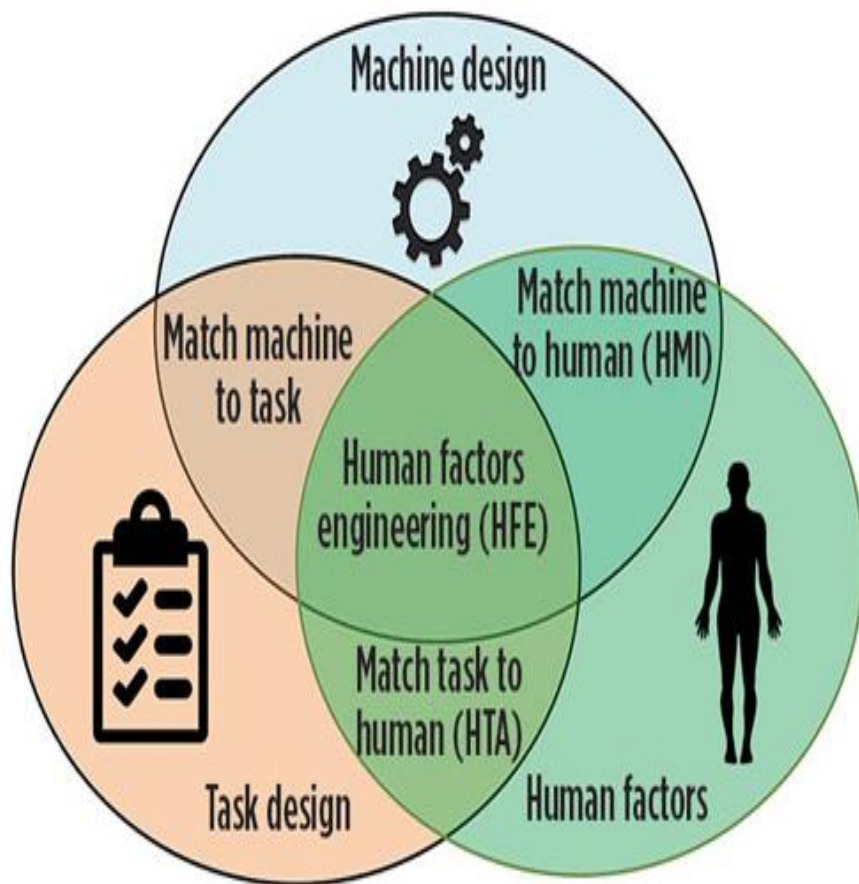


مهندسی فاکتورهای انسانی-2

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

- ❑ 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)



Human Factor Engineering-5 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)**



مقاومت بافت‌ها در برابر بار

❖ بیومکانیک شغلی علاوه بر اینکه باید بارهای وارده بر بافت‌ها را مورد توجه قرار دهد باید به مقاومت بافت‌ها در برابر بارها توجه داشته باشد.

❖ مقاومت بافت‌های بدن با یکدیگر متفاوت بوده و به عوامل زیادی بستگی دارد. برخی از مهم‌ترین این عوامل عبارتند از:

➤ میزان استرین، سن بافت، فرکانس بارگذاری، تأثیرات فیزیولوژیکی، وراثت، سطح آمادگی بدن و بسیاری از فاکتورهای ناشناخته

نکته: اندازه گیری مقاومت بافت‌ها در داخل بدن (*in vivo*) امکان پذیر نبوده و داده های تخمینی موجود از مطالعات حیوانی و منابع تئوریک بدست آمده است.



۱- مقاومت تاندون و عضله در برابر استرین وارده

- ❖ به نظر می‌رسد در سیستم اسکلتی-عضلانی عضلات کمترین مقاومت را داشته باشند.
- ❖ مقاومت نهایی عضله **32 MPa** برآورد شده است.
- ❖ مقاومت تاندون **60 تا 100 MPa** برآورد شده است (تاندون یا زردپی: زردپی از بافت‌های رشته‌ای‌مانند است که ماهیچه را به استخوان متصل می‌کند)
- ❖ اعتقاد بر این است که وقتی تاندون در شرایط سالمی به سر می‌برد عضله پاره خواهد شد.

نتیجه‌گیری مهم

با توجه به این اعداد فاصله ایمن بین نقطه نقص عضله و تاندون ۲ برابر می‌باشد.



مقاومت بافت‌ها در برابر بار

۲- مقاومت لیگمانت‌ها (رباط‌ها) و استخوان‌ها در برابر استرین وارده

□ حد استرس نهایی برای لیگمانت‌ها (رباط‌ها) تقریباً **20 Mpa** می‌باشد

□ رباط یا لیگامان گروهی از بافت‌های فیبرمانند هستند که در محل مفاصل، استخوانی را به استخوان دیگر متصل می‌کنند.

□ حد نهایی استرس استخوان بسته به جهت بار وارده تغییر می‌نماید. مقاومت استخوان از 51 MPa (در کشش عرضی) تا بیشتر از 190 MPa (در فشار طولی) متغیر است.

Tissue Tolerance of the Musculoskeletal System

Structure	Estimated Ultimate Stress (σ_u) (MPa)
Muscle	32–60
Ligament	20
Tendon	60–100
Bone longitudinal loading	
Tension	133
Compression	193
Shear	68
Bone transverse loading	
Tension	51
Compression	133

❖ در جدول روبرو مقاومت بافت‌های

تشکیل‌دهنده سیستم اسکلتی عضلانی

در برابر بارهای وارده نشان داده شده

است.



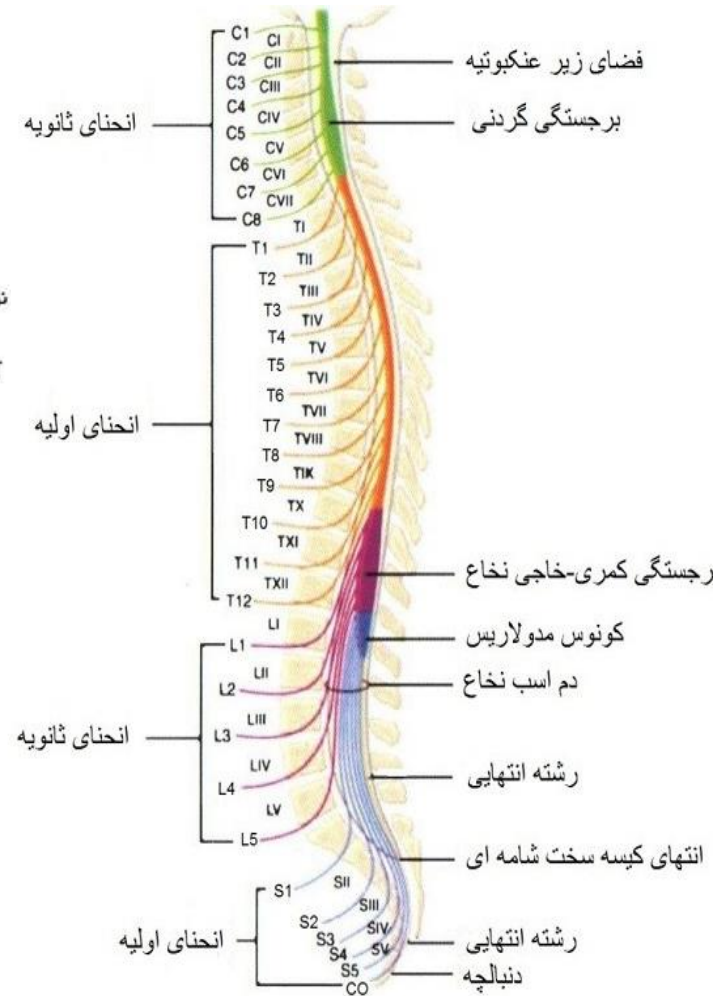
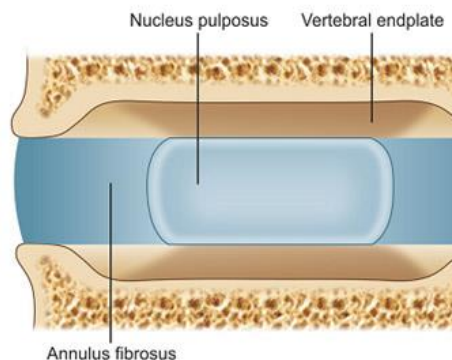
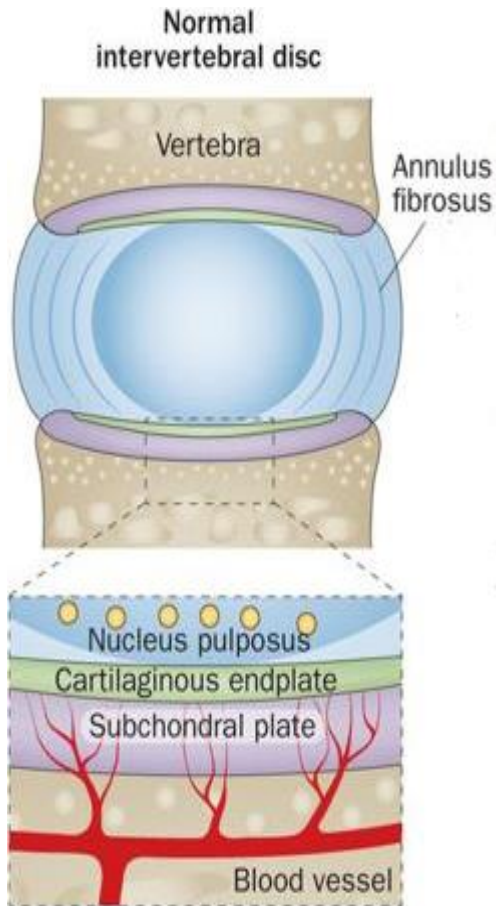
۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها (Disc/Endplate and Vertebrae Tolerance)

- ❖ به نظر می‌رسد مکانیسم ترومای تجمعی در دیسک مربوط به تکرار تروما در صفحه انتهایی مهره (vertebral endplate) باشد.
- ❖ صفحه انتهایی یک قسمت خیلی نازک (در حدود ۱ میلیمتر) است که جریان مواد مغزی را به فیبرهای دیسک (annulus fibrosis) تسهیل می‌کند.
- ❖ ایجاد شکستگی‌های کوچک (micro fracture) مکرر در صفحه انتهایی جریان مواد مغزی را مختل کرده و منجر به آتروفی و دژنراسیون فیبر می‌شود.
- ❖ اگر حدی مشخص شود که در آن شکستگی‌های ریز در صفحه انتهایی ایجاد می‌شوند، می‌توان اثرات ترومای تجمعی را در ستون فقرات به حداقل رساند.



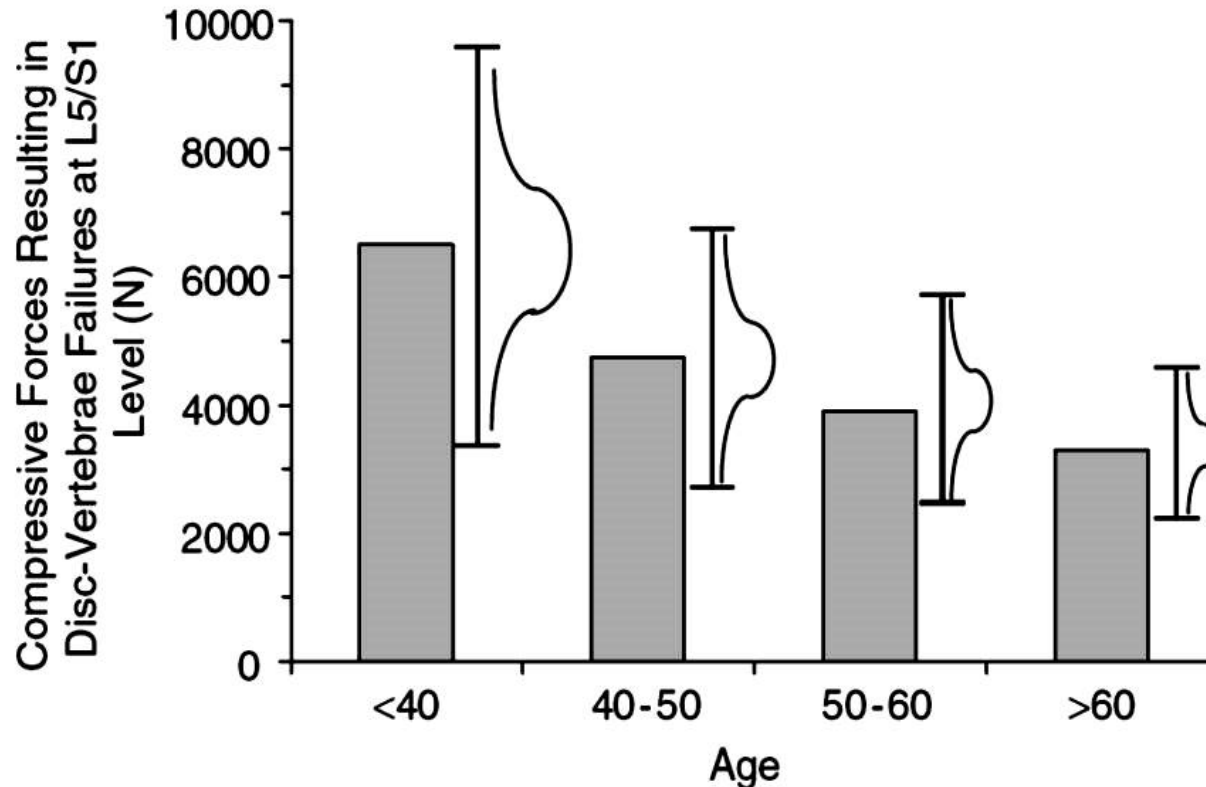
مقاومت بافت‌ها در برابر بار

۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها (Disc/Endplate and Vertebrae Tolerance)





۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها (Disc/Endplate and Vertebrae Tolerance)



در این شکل نیروی فشارنده منجر به نقص دیسک بین مهره ای در سنین مختلف نشان داده شده است



مقاومت بافت‌ها در برابر بار

۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها (Disc/Endplate and Vertebrae Tolerance)

معادله رگرسیون برای محاسبه مقاومت ستون فقرات در برابر بارهای فشاری

$$\text{Compressive Strength (kN)} = (7.26 + 1.88 G) - 0.494 + 0.468 G) \cdot A \\ + (0.042 + 0.106 G) \cdot C - 0.145 \cdot L - 0.749 \cdot S,$$

A : سن فرد (دهه)

G : کد جنس (برای زنان صفر و برای مردان ۱)

C : سطح مقطع مهره (سانتی متر مربع)

L : واحد سطح کمری

■ L5/S1 disc(0)

■ L5 vertebrae(1)

■ T10/L1 disc(10)

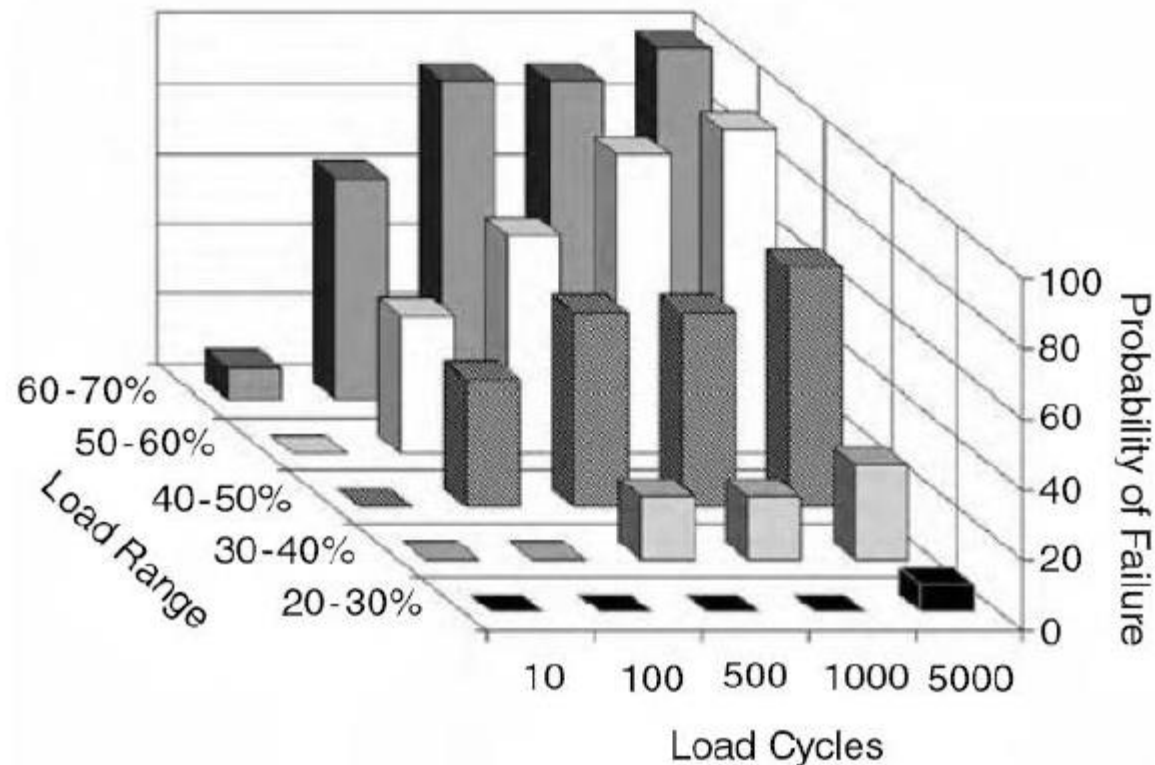
S: ساختار مورد نظر (صفر برای دیسک و ۱ برای مهره)

مثال - مقاومت ستون فقرات یک مرد ۴۵ ساله را در ناحیه مهره پنجم کمری وی محاسبه نمایید (سطح مقطع مهره ۲ سانتی متر مربع لحاظ گردد).



۳- مقاومت مهره‌ها و دیسک‌ها (Disc/Endplate and Vertebrae Tolerance)

در شکل زیر افزایش احتمال نقص در ستون مهره‌ها با افزایش فرکانس بارگذاری و میزان بار نشان داده شده است.





Human Factor Engineering-5 Session

کاربرد بیومکانیک
شغلی در
محیط
کار



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

❖ با درک مفاهیم پایه‌ای بیومکانیک (مرتبط با ارگونومی) این مفاهیم را می‌توان در موقعیت‌های مختلف کاری استفاده کرد.

❖ در این بخش چگونگی کاربرد این اصول در بخش‌هایی از بدن که در وظایف شغلی تحت تأثیر بیشتری هستند، بررسی می‌شود. این نواحی عبارتند از:

- شانه (Shoulder)
- گردن (Neck)
- کمر (Back)
- مچ دست (Wrists)



۱- شانه‌ها (Shoulder)

□ درد شانه یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط کار می‌باشد.

□ بعد از درد کمر و گردن، اختلالات شانه به عنوان مهم‌ترین مشکل محیط کار شناخته می‌شود.

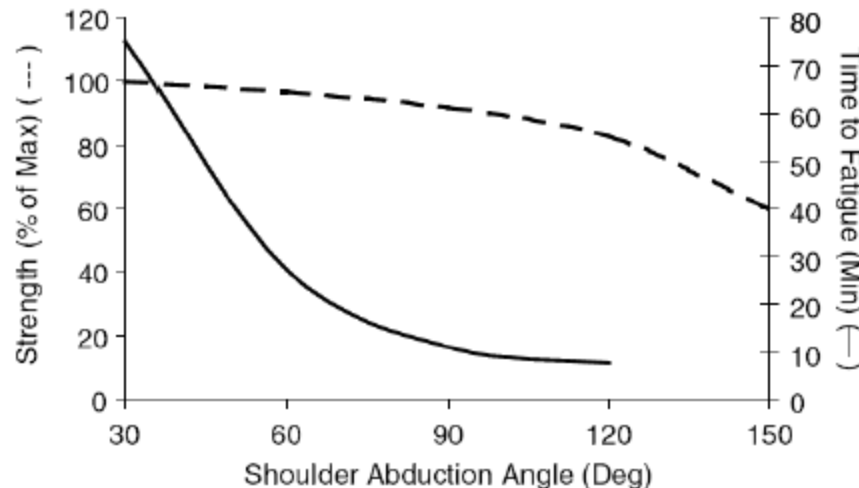
- شانه یکی از پیچیده‌ترین ساختارهای بدن است و عضلات و لیگمان‌های زیادی از کمر بند مفصل شانه عبور می‌نمایند.
- بدلیل پیچیدگی بیومکانیکی، جراحی‌های ترمیمی شانه مشکل می‌باشد.
- در بیشتر جراحی‌های شانه برای رسیدن به بافت‌های آسیب دیده، نیاز است که بیشتر بافت‌های اطراف آسیب ببینند.
- بنابراین بهترین راه این است که ایستگاه‌های کاری را به طور ارگونومیکی طراحی کرده تا اینکه ریسک جراحات اولیه کمتر شود.



۱- شانه‌ها (Shoulder)

۱-۱- دور شدن شانه از بدن (Shoulder abduction)

- ❖ در حالت abduction در گستره ۳۰ تا ۹۰ درجه بیشترین نیرو تولید می‌شود.
- ❖ هنگامیکه زاویه دور شدن شانه از بدن به بیشتر از ۳۰ درجه می‌رسد خستگی زودتر ایجاد می‌شود. پس خستگی عامل محدود کننده دور شدن شانه از بدن می‌باشد.
- ❖ از دیدگاه خستگی و تولید نیرو زاویه ۳۰ درجه بهترین زاویه می‌باشد.



در این شکل ارتباط زاویه دور شدن شانه از بدن، میزان قدرت عضله و زمان رسیدن به خستگی نشان داده شده است.



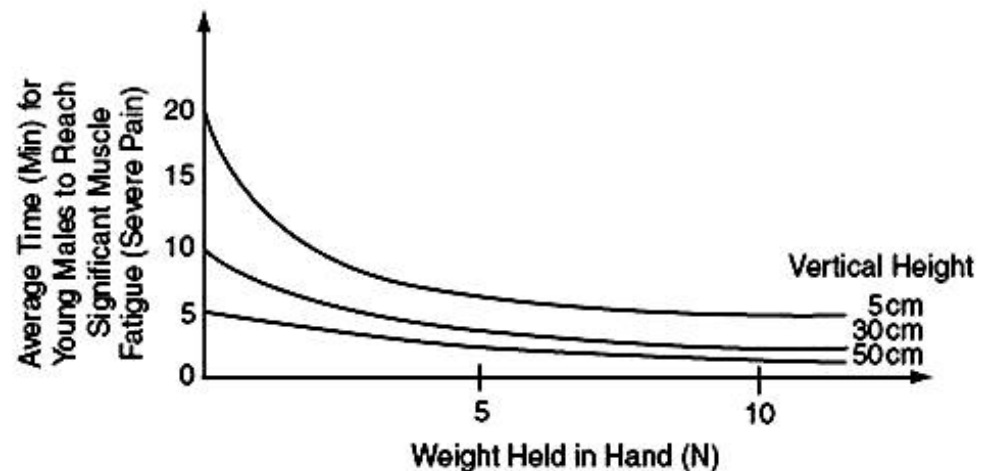
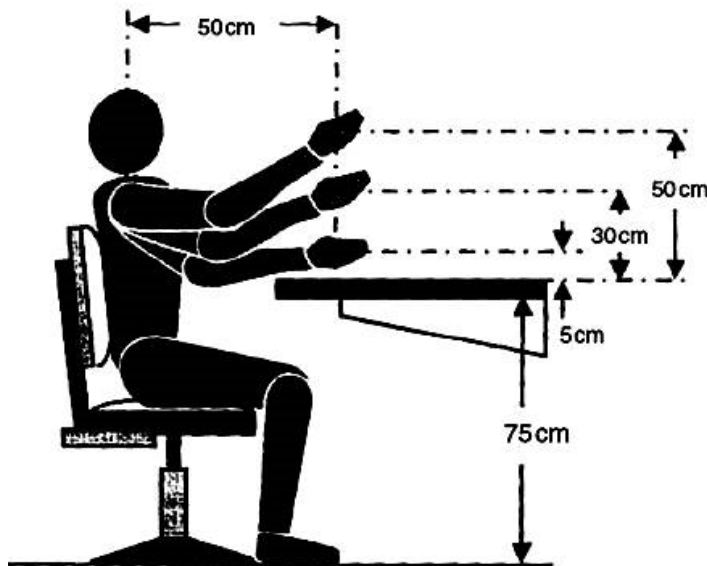
کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۱- شانه‌ها (Shoulder)

۱-۲- خمش شانه (Shoulder Flexion)

- ❖ خمش شانه فقط از دیدگاه ایجاد خستگی ارزیابی شده است.
- ❖ آقای چافین نشان داد که حتی خمش شانه به مقدار کم می تواند باعث خستگی آن شود.

در این شکل ارتباط زاویه خمش شانه از بدن (فاصله عمودی دست از سطح کار) و زمان رسیدن به خستگی نشان داده شده است.





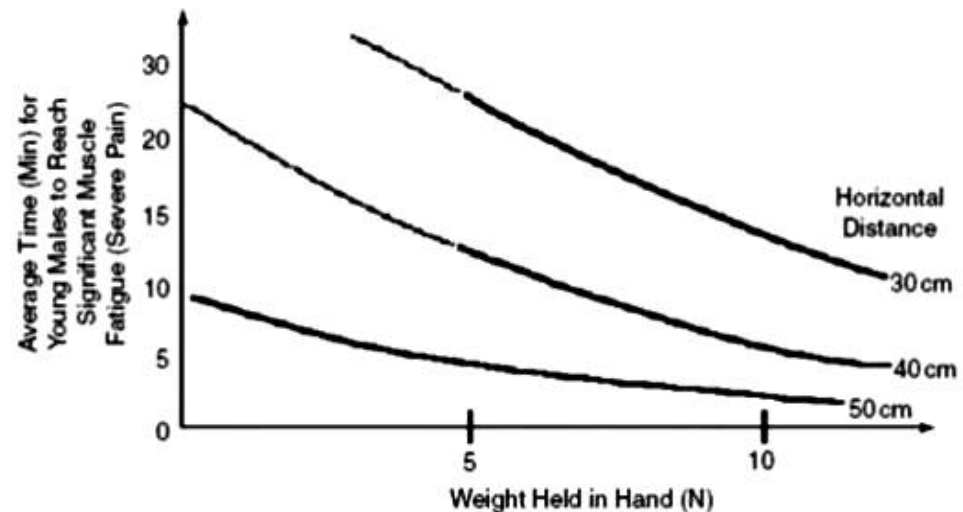
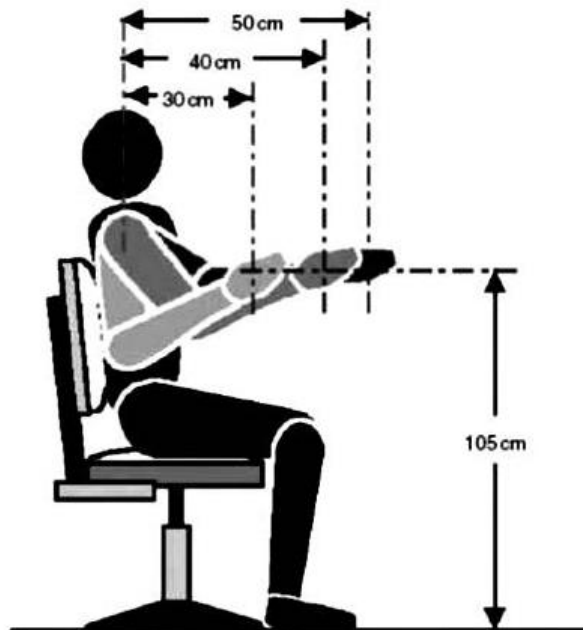
کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۱- شانه‌ها (Shoulder)

۱-۲- خمش شانه (Shoulder Flexion)

❖ با افزایش فاصله بار از مفصل شانه گشتاور زیادی بر روی مفصل شانه ایجاد می‌گردد که باید نیروی بیشتری توسط عضلات شانه ایجاد شود (ایجاد خستگی زودرس)

در این شکل تأثیر فاصله افقی دست از مفصل شانه در ایجاد خستگی نشان داده شده است.

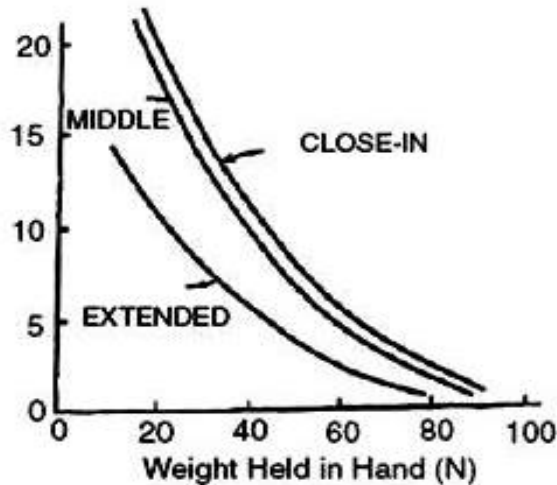




کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۱- شانه‌ها (Shoulder)

Average Time (Min) for Young Males to Reach Significant Muscle Fatigue (Severe Pain)



Arm Positions Studied

Close-in = 55° Elbow Angle
Middle = 90° Elbow Angle
Extended = 140° Elbow Angle
Forearm is held horizontal



❖ استراحتگاه آرنج مدت زمان برقراری این پوسچرها (آبداکشن و فلکشن شانه) را افزایش می‌دهد.

❖ با تغییر در محل تکیه گاه (از شانه به آرنج) نیروی وارده به شانه کاهش می‌یابد.

❖ در شکل روبرو تأثیر استراحتگاه آرنج در افزایش زمان رسیدن به خستگی نشان داده شده است.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

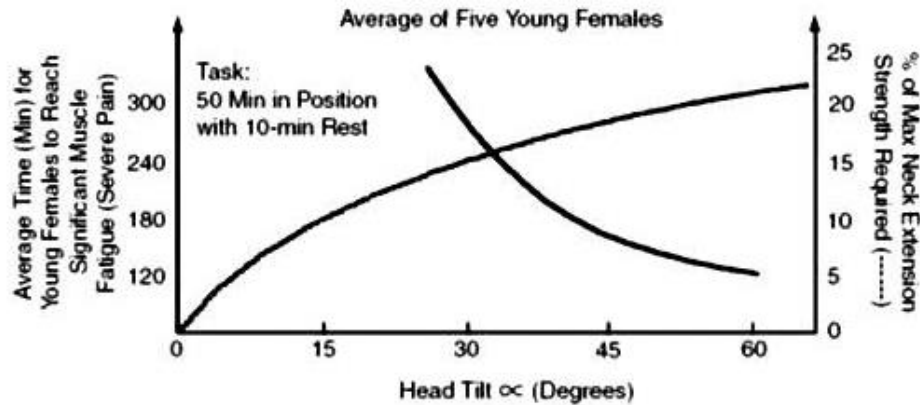
۲- گردن (Neck)

- ☐ اختلالات ناحیه گردن با پوسچرهای کاری ثابت مرتبط می باشد.
- ☐ هر چقدر سر در حالت عمودی نگه داشته شود، به همان میزان فعالیت کمتری برای حفظ پوسچر لازم است.
- ☐ پوسچر عمودی سر باعث کاهش میزان خستگی ناحیه گردن می شود.
- ☐ هنگامیکه سر به میزان 30° درجه و بیشتر به جلو خم می شود:
 - میانگین مدت زمان رسیدن به خستگی عضلانی به طور معنی داری کاهش می یابد.
 - با افزایش زاویه خمش سر، فاصله مرکز جرم سر از ستون فقرات افزایش یافته و گشتاور زیادی بر روی آن ایجاد می شود. در نتیجه عضلات ناحیه گردن باید نیروی بیشتری را تأمین نمایند.



کاربرد بیومکانیک شغلی در محیط کار

۲- گردن (Neck)



در این شکل ارتباط زاویه خمشی گردن، زمان رسیدن به خستگی و نیروی اعمال شده بر عضلات گردن نشان داده شده 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