

کتاب جامع

بهداشت عمومی

فصل ۵ / گفتار ۵ / حسن صادقی نائینی، دکتر علی اصغر فرشاد

اصول مهندسی فاکتورهای انسانی و تطابق شرایط با کاربر

فهرست مطالب

اهداف درس :	۵۹۵
بیان مسئله	۵۹۵
اهداف و دامنه عملکرد ارگونومی	۵۹۶
سیستم انسان - ماشین	۵۹۶
تعیین رژیم‌های کار - استراحت	۵۹۷
ایستگاه‌های کار	۵۹۷
آنتروپومتری (تن سنجی)	۵۹۷
بررسی صدمات اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار	۵۹۸
حمل دستی کالا	۵۹۸
فیزیولوژی کار	۵۹۹
پیشنهادهای	۵۹۹
خلاصه	۶۰۰
منابع	۶۰۱

اصول مهندسی فاکتورهای انسانی و تطابق شرایط با کاربر

حسن صادقی نائینی، دکتر علی اصغر فرشاد

دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

پس از یادگیری این مطالب، فراگیرنده قادر خواهد بود به پرسش‌های زیر پاسخ دهد:

- مهندسی فاکتورهای انسانی یا ارگونومی چیست ؟
- اهداف ارگونومی و دامنه عملکرد آنرا شرح دهد
- سیستم انسان - ماشین دارای چه عواملی است ؟
- آنتروپومتری را شرح داده اهداف آن را بنویسد
- ویژگی‌های ارگونومیک ایستگاه‌های کاری نشسته و ایستاده چه مواردی هستند ؟
- روش صحیح حمل دستی بار (به صورت اتفاقی و غیر تکراری) چه روشی است ؟

واژه‌های کلیدی

ارگونومی، مهندسی فاکتورهای انسانی، آنتروپومتری، بهره‌وری، ایستگاه کار، فیزیولوژی کار

بیان مسئله

کمتر فعالیتی را بتوان یافت که عاری از هر گونه عامل تهدیدکننده‌ای باشد. از اینرو حفظ صیانت نیروی انسانی به عنوان رسالتی مهم مطرح می‌گردد و در این بین بخش عمده از مواردی که سلامت جسمی و روحی کاربران را به خطر می‌اندازد مربوط به شرایط ارگونومی محیط‌های کار می‌باشد. ارگونومی بطور علمی در طول دوران جنگ‌های جهانی مطرح گردید. ارگونومی از نظر لغوی به معنای قوانین کار می‌باشد در حقیقت ارگو (ergo) به معنی کار و Nomos به معنی قوانین و اصول می‌باشد. ارگونومی از تطابق هر چه بیشتر شرایط محیط کار با اپراتور سخن می‌گوید به تعبیری می‌توان ارگونومی را به ترتیب زیر تعریف نمود.

"علم اصلاح و بهینه سازی محیط، مشاغل و تجهیزات به گونه‌ای که متناسب با محدودیت‌ها و قابلیت‌های انسان باشند". (مولف) با توجه به تعریف یاد شده مشخص می‌گردد که دامنه عملکرد این علم می‌تواند بسیار وسیع باشد (۱).

اهداف و دامنه عملکرد ارگونومی

مهمترین اهداف ارگونومی عبارتست از

الف) ایمنی - بهداشت

ب) تولید - بهره‌وری

این علم از یک سو به سلامت افراد می‌اندیشد و از سوی دیگر کارآمد بودن و بهره‌وری سیستم‌ها را در فعالیت‌های متنوع صنعتی یا غیرصنعتی بطور دقیق مد نظر دارد. با عنایت به آنچه تاکنون ذکر شده و با توجه به اهداف مزبور بخشی از حیطه‌های عملکردی ارگونومی را می‌توان به شرح زیر دانست :

- (۱) بررسی میزان توانمندی شاغلین با توجه به نوع کار و انرژی مصرفی
 - (۲) مطالعه ابعاد فیزیکی بدن (آنتروپومتری) و کاربرد این دسته از اطلاعات در طراحی ایستگاه‌های کار
 - (۳) طراحی ارگونومیک ابزارهای دستی
 - (۴) طراحی ایستگاه‌های کار نشسته، ایستاده (یا توام) و آنالیز سیستم انسان - ماشین
 - (۵) بررسی‌های روانشناختی از دیدگاه نحوه ارتباط بین افراد
 - (۶) تعیین رژیم‌های کار و استراحت (زمان‌های استراحت و مدت انجام کار)
 - (۷) بررسی روش‌های حمل دستی کالا و طراحی خطوط بسته بندی و بارگیری دستی
 - (۸) بررسی صدمات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار و آنالیز وضعیت‌های بدنی
 - (۹) بیومکانیک شغلی
 - (۱۰) ارگونومی و کار در منزل
 - (۱۱) کاربرد بهینه رنگ و موسیقی در محیط‌های کار
- آنچه در بالا ذکر شد بخشی از موضوعاتی است که از دیدگاه مهندسی انسانی قابل بررسی و ارزیابی می‌باشد، که نکاتی در مورد برخی از آن‌ها به اختصار ذکر می‌شود.

سیستم انسان - ماشین

سیستم انسان - ماشین یکی از سیستم‌های فراگیر در مبحث ارگونومی است که دارای چهار فاکتور اساسی می‌باشد که عبارتند از انسان - محیط تجهیزات - شغل، بدیهی است چنانچه بتوان در هر سیستم یا محیطی این چهار عامل را آنالیز نمود می‌توان مزایا و معایب آن سیستم یا ساختار را معین ساخت و بدنبال آن به بررسی معایب و رفع آن‌ها پرداخت به بیان دیگر هر سیستم کاری شامل عناصر و المان‌های انسانی و تجهیزاتی

می‌باشد که مستقر در یک محیط تعریف شده‌ای هستند این سیستم‌ها یا به تعبیری ارگوسیستم‌ها می‌توانند به شکل‌های ساده یا پیچیده که تحت نام کلی سیستم انسان - ماشین نیز خوانده می‌شوند، مطرح گردند (۲). در اشکال یاد شده حروف E, H, M به ترتیب گویای محیط، انسان و تجهیزات می‌باشند. بالطبع هر یک از المان‌های تشکیل دهنده یک سیستم انسان - ماشینی می‌تواند بر حسب نوع و شرایط، اثرات قوی یا ضعیفی را بر روی دیگر عوامل سیستم بگذارند.

تعیین رژیم‌های کار - استراحت

از جمله موارد حائز اهمیت در انجام فعالیت‌های شغلی خصوصاً امور صنعتی تنظیم زمان‌های کار و استراحت پرسنل می‌باشد با مطالعات انجام شده بطور متوسط میزان مصرف انرژی برخی از مشاغل در جداولی آورده شده است از طرفی به کمک تجهیزاتی چون ارگوسیکل یا نوار گردان و یا با محاسبه ضربان قلب می‌توان برآورد مناسبی از قابلیت‌های مصرف انرژی در افراد مختلف را تعیین نمود و سپس به کمک معادلاتی می‌توان زمان‌های استراحت و کار را مشخص کرد.

ایستگاه‌های کار

در بررسی‌های ارگونومیک، ایستگاه‌های کار از جمله مواردی هستند که بطور دقیق بررسی می‌شوند. ایستگاه‌های کار را بطور عمده به سه دسته نشسته، ایستاده، نشسته ایستاده تقسیم می‌کنند و در طراحی هر یک از آنها به اصول ابعاد شناسی بدن، حدود دسترسی کاربر، نوع فعالیت، زمان و فاکتورهای مرتبط دیگر توجه می‌شود.

بدیهی است عدم رعایت اصول مهندسی انسانی در فعالیت در ایستگاه‌های کار می‌تواند باعث بروز صدمات جسمانی و کاهش راندمان گردد. بسیاری از مشکلات جسمانی ناحیه ستون فقرات (بویژه کمر)، ناراحتی‌های اندام فوقانی (بویژه مچ دست و شانه‌ها) و حتی عوارض بینایی در اثر کار در شرایط نامناسب ایستگاه‌های کار رخ می‌دهد.

آنتروپومتری (تن سنجی)

یکی از موارد مهمی که در ارگونومی مطرح می‌باشد، آنتروپومتری است. آنتروپومتری، علم سنجش ابعاد بدن می‌باشد در این مبحث از جمله اهداف مهم تعیین دامنه ابعادی اندام‌های مختلف در بین کاربران و به طور کلی افراد بشر می‌باشد بدیهی است در طراحی ایستگاه‌های کار باید اطلاعات اولیه‌ای در خصوص ویژگی‌های ابعادی بدن در اختیار باشد، به کمک سنجش‌های مطرح در آنتروپومتری می‌توان این اطلاعات اولیه را به دست آورد. آنتروپومتری بدو شکل عمده استاتیک و دینامیک تعریف شده است.

در آنتروپومتری استاتیک، اندازه اندام‌های مختلف در شرایط ثابت و بدون حرکت به دست می‌آید در نوع دینامیک، دامنه حرکتی اندام‌ها و چگونگی حرکات نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند.

بررسی صدمات اسکلتی - عضلانی مرتبط با کار

در محیط های کار به علت وجود عوامل مخاطره آمیز گوناگون امکان بروز بیماری های شغلی (Occupational Diseases) امری ثابت شده است. در بین صدمات و عوارضی که سلامت شاغلین را تهدید می کند برخی از بیماری ها جزء بیماری های مرتبط با کار (Work Related Diseases) می باشند که از جمله مهمترین این دسته از بیماری ها عوارض اسکلتی عضلانی (Musculoskeletal Disorders) یا MSD می باشند، که به شکل اختصاصی تر آنرا تحت عنوان (WMSDs) - (Work-related Musculoskeletal Disorders) - بیان می کنند. از بین ریسک فاکتورهای مهم (WMSDs) می توان به موارد زیر اشاره نمود.

الف) وضعیت استقرار بدن حین انجام کار (body Posture)

ب) میزان نیروی اعمال شده از طرف اندام ها

ج) انجام فعالیت های تکراری (Repetitive task)

از بین صدمات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار که باعث کاهش توانمندی افراد و بالطبع افت راندمان شغلی می شود می توان کمر درد (LBP) و عوارض - میچ دست خصوصا (CTS , CTD) را نام برد. به کمک اجرای اصول مهندسی انسانی می توان عوامل مکانیکی و تنش های عضلانی را تا حدود قابل توجهی کنترل نمود، به بیان دیگر با کمک روش های ارگونومیک می توان ضمن طراحی مناسب ایستگاه های کار، وضعیت استقرار بدن (Posture) را تصحیح نمود البته لازم به توضیح است که فاکتورهای موثر در چگونگی وضعیت استقرار بدن در حین کار متنوع هستند که برخی از آنها عبارتند از : ویژگی های فیزیکی کاربر، نیازهای شغلی، شرایط ایستگاه کار.

حمل دستی کالا

یکی از معضلات بهداشتی که از دیدگاه اصول ارگونومی قابل بررسی است حمل دستی بار می باشد. در اکثر صنایع کشور و حتی در امور غیرشغلی به دفعات زیاد جابجایی دستی کالا و بلند کردن بار - (Manual lifting) - اتفاق می افتد و این امر یکی از دلایل مهم برای بروز کمردرد می باشد از این رو عدم توجه به این مهم نه تنها از نظر سلامت و ایمنی شغلی کارگران باعث بروز مشکلات جسمانی می شود بلکه از دیدگاه اقتصادی نیز به بروز خسارت های مالی منجر می گردد. به گزارش سازمان نایوش (NIOSH) در آمریکا (۱۹۸۱) بیشتر از ۶۰٪ مشکلات ستون فقرات مربوط به کمر درد (LBP) می باشد و سالانه حدود نیم میلیون کارگر در آمریکا به درجات مختلف به اینگونه صدمات مبتلا می شوند. این گزارش حاکی از این حقیقت است که در حدود ۶۰٪ غرامت های ناشی از صدمات جسمانی در بلند کردن دستی بار و حدود ۲۰٪ در هل دادن و کشیدن بار اتفاق می افتد. کمیسیون ایمنی و بهداشت انگلستان گزارش کرده است که بیش از ۲۵٪ حوادث مربوط به جابجایی دستی کالا بوده است.

(R.S. Bridger : Introduction to Ergonomics)

بطور کلی دو حالت متمایز برای بلند کردن بار به صورت دستی ممکن است اتفاق افتد.

الف) حالت اسکات (Leg Lift, Squat)

ب) حالت استوپ (Back Lift, Stoop)

حالت اسکات، حالتی است که طی آن ستون فقرات کاملاً به صورت کشیده و مستقیم نگهداشته می‌شود، زانوها خم شده و بار با دست‌ها به صورت محکم گرفته می‌شود و سپس با نیروی عضلات پا، بار به طرف بالا هدایت می‌شود. در این روش نیروهای وارده بر ستون فقرات در حد قابل ملاحظه‌ای کنترل می‌شوند.

حالت استوپ، حالتی است که طی آن ستون فقرات خم شده و پاها مستقیم هستند در واقع بلند کردن بار به این روش باعث می‌شود که نیروهای زیادی بر دیسک‌های بین مهره‌ای اعمال شوند حالت اول حالتی ایمن و حالت دوم، شرایط غیر ایمن دارد. لازم به توضیح است که از دیدگاه اصول مهندسی انسانی روش‌های جدیدی که بر پایه طراحی ایستگاه کار استوار است تعیین شده است که با اجرای آن لازم نیست خم شدن زانوها و نشستن در حین برداشتن دستی بار اتفاق افتد. در حقیقت با عنایت به مطالعات ارگونومیک محیط کار و به کمک جدیدترین معادله حمل دستی بار، ایستگاه کار به گونه‌ای طراحی می‌شود که هیچ یک از حالات ذکر شده اتفاق نمی‌افتد و کارگر قادر خواهد بود با بهره‌وری بالاتر و تحمل تنش‌های عضلانی کمتر، حمل دستی بار را انجام دهد.

فیزیولوژی کار (Work Physiology)

یکی از مباحث عمده و مهم در مهندسی انسانی، فیزیولوژی کار است در فیزیولوژی کار شاخص‌های فیزیولوژیک بدن که بطور مستقیم یا غیرمستقیم از شرایط محیطی و شغلی متاثر می‌شود مورد مطالعه قرار می‌گیرد. به کمک یافته‌های فیزیولوژیک مذکور می‌توان اطلاعات گوناگونی را در مورد سطح توانمندی، میزان قابلیت تطابق افراد، سطح خستگی، تغییرات ضربان قلب و آریتم تنفس میزان انرژی مصرفی و ۰۰۰ رابدست آورد.

بدیهی است با مطالعه شرایط حرفه‌ای و ویژگی‌های فیزیولوژیک کاربران می‌توان از استرس‌ها و تنش‌های مختلفی که افراد را تهدید می‌کنند جلوگیری نمود. در مطالعات فیزیولوژی کار نیازهای شغلی باتوجه به توان هوازی لازم نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد مثلاً دریافته‌اند که انجام فعالیت‌های خیلی سنگین به بیشتر از ۲/۵ لیتر اکسیژن در هر دقیقه نیاز خواهد داشت، این مقدار برای کارهای سبک کمتر از ۰/۵ می‌باشد. در این دسته از مطالعات، ضربان قلب، فشارخون و اسید لاکتیک نیز مورد اندازه گیری و بررسی قرار می‌گیرند (۳).

پیشنهادهای:

با توجه به دامنه عملکرد وسیع علم ارگونومی و نگرش توأم مهندسی انسانی به سلامت افراد و بهره‌وری سیستم‌ها، لازم به نظر می‌رسد که شاغلین در حرف گوناگون با وظایف شغلی متنوع نسبت به الگوهای مطرح در ارگونومی آشنایی لازم را پیدا نموده و در جهت اجرای آن‌ها کوشش نمایند بدیهی است کارشناسان علوم بهداشتی با عنایت به رسالت خطیر حفظ سلامت افراد بشر جایگاه ویژه‌ای را در این راستا به خود اختصاص خواهند داد لذا توصیه می‌شود الگوها و پیشنهادهای ساده و قابل اجرای ارگونومی از سطح ادارات و سازمان‌های دولتی به اجرا

درآید و بخش‌های مختلف ادارات مثل واحدهای تایپ، تکثیر، امور دفتری، دفاتر امور کارشناسی و مدیریتی از این دیدگاه مورد مطالعه و بررسی قرار بگیرند تا الگویی مناسب برای مراکز صنعتی، خصوصی و حتی مراجعین تعریف شود. مفاهیم بنیادی ارگونومی را حتی می‌توان با زبانی ساده از ابتدائی‌ترین سطوح آموزشی یعنی مهدهای کودک و مدارس تعریف نمود تا حداقل بتوان از بروز صدمات عضوی آتی اقبال جامعه جلوگیری کرد، البته کاربرد اصول ارگونومی در واحدهای صنعتی و یا در طراحی محصولات به شکل‌های دیگری قابل دستیابی می‌باشد.

خلاصه

ارگونومی علمی است چند نظامه با دامنه عملکرد وسیع که از اهداف عمده آن ارتقاء سطح سلامت در سایه بهره‌وری هر چه بیشتر سازمان می‌باشد. ارگونومی می‌تواند به سؤالات گوناگونی در زمینه شرایط محیط کار پاسخ دهد.

- شاید یکی از پرسشهای مهمی که مدیران واحدهای مختلف صنعتی به دنبال پاسخگویی به آن می‌باشند، نحوه استخدام بهینه و مناسب نیروی کار می‌باشد، بدیهی است کارگرانی که در یک واحد صنعتی مشغول بکار می‌شوند باید قادر باشند با شرایط حاکم بر محیط کار، به تولید و فعالیت بپردازند و بالطبع عدم کارایی کاربر، حادثه پذیری و عدم مسئولیت پذیری اپراتور از جمله عوامل مهمی هستند که می‌توانند به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر تولید و بهره‌وری اثرات منفی گذارند.
- به کمک الگوهای ارگونومیک می‌توان فعالیت‌های مورد نظر در انجام امور شغلی را از دیدگاه میزان مصرف انرژی به گروه‌های سبک تا خیلی سنگین تقسیم بندی نمود و بطور موازی با ارزیابی‌های افراد در برنامه‌های قبل از استخدام، نحوه بکارگیری کاربران را متناسب با قابلیت‌های آنها تعریف نمود.
- در مباحث مهندسی انسانی، روش‌های ایجاد انگیزش در شاغلین با هدف افزایش سطح رضایت مندی و کاهش خطاهای اپراتوری مطرح می‌شود.
- یکی دیگر از مواردی که بر روی توانمندی جسمانی و دقت‌های ذهنی و ادراکی پرسنل اثر می‌گذارند، خستگی می‌باشد خستگی یک عامل بازدارنده‌ای است که نه تنها باعث کاهش قوای جسمانی افراد می‌شود بلکه به طور غیر مستقیم و در اثر کاهش میزان دقت، حادثه پذیری فرد افزایش یافته و نهایتاً بهره‌وری شغلی تنزل می‌یابد در مباحث مهندسی انسانی به کمک معادلات و اندازه گیری‌های فردی و محیطی، زمان‌های کار و استراحت تنظیم می‌شوند.
- آیا مبتلا به کمر درد هستید ؟ ! در بین افراد بشر، بخش کثیری از مردم به درجات مختلف مبتلا به گونه‌هایی از صدمات استخوانی - عضلانی هستند که یکی از شایع ترین آنها کمر درد (LBP) می‌باشد. عامل کمر درد حتماً نباید فعالیت‌های جسمانی و یدی سنگین و طاقت فرسا باشد بلکه شاید در برداشتن قلم از روی زمین هم این عارضه بروز کند. حتی در زمان استراحت هم ریسک فاکتورهایی وجود دارند که باعث این صدمه می‌شوند به محل نشستن خود در همین لحظه که در حال مطالعه هستید نگاه کنید،

نیم نگاهی هم به طرز نشستن خود بیفکنید، چگونه است ؟ چند ساعت در طول شبانه روز از صندلی برای نشستن استفاده می‌کنید!

آیا نوع صندلی شما مطلوب است ؟ آیا نوع مطلوب صندلی را می‌شناسید؟

آیا نوع و طرز نشستن شما مطلوب است ؟ آیا روش صحیح نشستن را می‌دانید؟

مطالعات مختلف به اثبات رسانده‌اند که ایستگاه کار (نشسته - ایستاده، چه توام) چنانچه مطابق با اصول مهندسی فاکتورهای انسانی نباشد می‌تواند عاملی مهم و موثر در بروز کمر درد تلقی شود. بدیهی است چنانچه فعالیت‌های سخت و سنگین جسمانی هم به آن اضافه شوند، این عوارض تشدید می‌شوند.

در مباحث ارگونومی راهکارهای گوناگونی در خصوص اصلاح شرایط کار و کنترل صدمات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار، توصیف می‌شود.

با عنایت به آنچه ذکر شد دست اندرکاران علوم بهداشتی می‌توانند با مطالعه دقیق‌تر یافته‌های ارگونومیک نسبت به ارائه پیشنهادها و نظرات اصلاحی برای ارتقاء سطح سلامت شاغلین در فعالیت‌های مختلف، موفق‌تر عمل نمایند.

منابع

(۱) صادقی نائینی حسن : اصول ارگونومی در طراحی سیستم‌های حمل دستی کالا - انتشارات آسانا - ۱۳۷۹

2) Bridger R.S. : Introduction to Ergonomics, 1995

3) Galer. I. : Hand book of Ergonomics , McGrawhill, 1985