

ارگونومی شغلی

نویسندگان:

دکتر رستم گل محمدی، دکتر مجید معتمدی، د. م. مهدوی

زمستان ۱۳۹۶

مقدمه

عوامل و شرایط مخاطره‌زای محیط کار تهدید اساسی برای سلامت شاغلین می‌باشد. عوامل ارگونومیک همواره به عنوان یک مولفه مهم در موضوعات بهداشت حرفه‌ای شناخته شده است. شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی، افت کارایی ذهنی، خطای انسانی، استرس شغلی و عوارض عصبی-روانی از جمله چالش‌های سلامت شغلی می‌باشد. آمار شاخص‌های بهداشت حرفه‌ای کشور در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که ۲۸٪ شاغلین از وضعیت نامناسب بدن در حین کار رنج می‌برند، ۷٪ آنان حمل بار نامناسب و ۷٪ نیز ابزارهای کار نامناسب دارند. طبق همین آمار بیش از ۴۰٪ از کارگاه‌های تحت پوشش خدمات بهداشت حرفه‌ای دارای شرایط ارگونومیک زیان‌آور هستند.

در تعاریف علمی، ارگونومی، علم تطبیق شرایط کاری و نیازهای شغلی با توانایی‌های کارگران بیان شده است. ارگونومی با ارزیابی قابلیت‌ها و محدودیت‌های انسان، استرس‌های شغلی، بیومکانیک، خستگی، طراحی محیط کار و طراحی ابزار سر و کار دارد. رشته ارگونومی وسیع است و طیفی از عوامل شامل: عوامل شناختی و بیومکانیکی، ارزیابی ریسک ارگونومیک در ایجاد تطابق بین انسان، محیط کار، ابزارها و ماشین‌آلات در بر می‌گیرد. سازمان بین‌المللی کار، ارگونومی را "اندام‌مند انسان در کار با هدف بهبود وضعیت کار، شرایط کار و فعالیتهای انجام یافته تعریف نمود". با این توضیحات هرچند علم ارگونومی بسیار وسیع می‌باشد و فقط به حوزه شغلی محدود نمی‌شود، لیکن در این کتاب جنبه‌های مختلف ارگونومی با هدف پیشگیری از عوارض شغلی مدنظر بوده و گروه مخاطب دانشجویان و کارشناسان مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ارگونومی، مهندسی ایمنی می‌باشد. مطالعه این کتاب همچنین به همه رده‌های مهندسی که در بخش‌های صنعت، معدن و خدمات مشغول به کار می‌باشند توصیه می‌شود. در خاتمه از مدیریت، ترم انتشارات دانشجو بخاطر چاپ کتاب و زحمات آقای دکتر محمد بابامیری و خانم دکتر مهناز حسینی بابت ویرایش مطالب روان‌شناسی و آناتومی قدردانی می‌نماییم.

با احترام گروه نویسندگان

فهرست

فصل یکم: اهمیت ارگونومی شغلی..... ۱

- تعریف ارگونومی ۱
- تاریخچه ارگونومی ۲
- علوم مختلف کاربردی در ارگونومی ۳
- مدیریت علمی و کارسنجی ۴
- طب کار ۵
- روان‌شناسی صنعتی ۶
- روان‌شناسی عملکرد انسان ۶
- تحقیق در عملیات ۸
- ارگونومی نوین ۱۰
- پیدایش و تکمیل مفاهیم جدید ارگونومی ۱۱
- جهت‌گیری‌های آینده ارگونومی ۱۱

فصل دوم: کاربرد فیزیولوژی کار در ارگونومی ۱۵

- فیزیولوژی کار ۱۵
- متابولیسم انرژی و سامانه‌های بازسازی انرژی ۱۷
- کار عضلانی ایستا و پویا ۲۲
- قدرت عضلانی ۲۲
- استقامت یا تحمل عضلانی (endurance) ۲۳
- ظرفیت کار فیزیکی (Physical Work Capacity: PWC) ۲۳
- سامانه قلبی-تنفسی ۲۴
- خستگی (Fatigue) ۲۵
- سوخت‌وساز (Metabolism) ۲۷
- تقسیم‌بندی فعالیت‌ها برحسب میزان سوخت‌وساز و مصرف انرژی ۳۲
- برنامه‌های کار-استراحت ۳۵
- ریتم بدنی و برنامه‌های کاری ۳۶
- نوبت‌کاری و سامانه‌های نوبت‌کاری ۳۹
- ارزیابی‌های فیزیولوژیک ۴۰
- آزمون‌های الگو (standard test) برای بررسی ظرفیت کاری ۴۲
- ارزیابی ظرفیت سوخت‌وساز درونی بدن ۴۳
- الف- ارزیابی ظرفیت سوخت‌وساز با بررسی رژیم غذایی و وزن فرد ۴۳

- ب- ارزیابی ظرفیت سوخت‌وساز با کالری‌متری مستقیم ۴۴
- ج- ارزیابی ظرفیت سوخت‌وساز با کالری‌متری غیرمستقیم ۴۴
- کالری‌متری غیرمستقیم با ارزیابی میزان اکسیژن مصرفی ۴۴
- کالری‌متری غیرمستقیم با ارزیابی بر اساس ضربان قلب ۴۷
- برون‌ده قلبی ۴۸
- خستگی ۴۸
- روش‌های محاسباتی و خود گزارشی ۴۹
- سوخت‌وساز پایه (BMR) ۴۹
- تعیین میزان اکسیژن مصرفی با استفاده از ضربان قلب ۵۲
- رانندگی ذهنی به میزان سوخت‌وساز احساس شده ۵۲
- پیش‌بینی نرخ متابولیک ۵۲
- تعیین ظرفیت کار (Physical Work Capacity: PWC) ۵۵

فصل سوم: بیومکانیک شغلی ۵۹

- بیومکانیک ۵۹
- مروری بر مفاهیم آناتومیک ۵۹
 - آناتومی کاربردی استخوان‌ها ۶۱
 - آناتومی کاربردی مفاصل ۶۴
 - آناتومی کاربردی اعصاب و عضلات ۶۶
- آنتروپومتری یا تن‌سنجی ۷۲
 - موقعیت‌ها و حرکات بدن در کار ۷۷
 - ناحیه دسترسی آسان (Zone of Convenient Reach: ZCR) ۸۰
 - تأثیر دامنه حرکات مفاصل بر طراحی ۸۵
 - ترکیب داده‌های آنتروپومتری ۸۵
 - آنتروپومتری فناوری یا آنتروپوتکنولوژی (anthropotechnology) ۸۶
 - روش‌های اندازه‌گیری در آنتروپومتری ۸۷
- بیومکانیک چیست؟ ۹۴
 - کینماتیک و کینتیک ۹۵
 - اعمال نیروی ایستا و پویا (static and dynamic exertion) ۹۶
 - کار ایستا (static) و پویا (dynamic) ۹۶
 - اندازه‌گیری قدرت عضلانی ایستا و زمان تحمل ۹۷
 - اصول محاسبات بیومکانیکی ۹۹
 - مزیت مکانیکی ۱۰۱

- محاسبه بارهای وارده بر بدن ۱۰۲
- بیومکانیک وضعیت بدنی ۱۰۳
- نیرو و گشتاور در کمر ۱۰۴
- نیرو و گشتاور در گردن ۱۰۷
- نیرو و گشتاور در شانه-بازو ۱۰۸
- بیومکانیک چنگش ۱۱۰
- اندازه‌گیری‌های بیومکانیکی و کاربرد آن در ارگونومی ۱۱۵
- اندازه‌گیری متغیرهای بیومکانیکی به روش مستقیم ۱۱۵
- گونی‌تر ۱۱۵
- سامان: اندازه‌گیری زاویه مفاصل خاص ۱۱۶
- شتاب، سنج ۱۱۷
- الکترومایو رافی ۱۱۷
- پایشگر حرکت کمر (Lumbar Motion Monitor: LMM) ۱۱۸
- اندازه‌گیری‌های بیومکانیک و کاربرد آن در ارگونومی ۱۱۹
- فصل چهارم: روان‌شناسی در کار و ارگونومی شناختی ۱۲۷**
- عوامل روانی-اجتماعی محیط کار ۱۲۷
- فرسودگی شغلی (burn out) ۱۲۷
- اعتیاد به کار (workaholism) ۱۲۸
- رضایت شغلی (job satisfaction) ۱۲۹
- تعهد کاری (work commitment) ۱۲۹
- کیفیت زندگی کاری (quality of working life) ۱۳۰
- استرس (stress) ۱۳۰
- علائم استرس در محیط کار ۱۳۱
- اندازه‌گیری استرس ۱۳۵
- دسته‌بندی عوامل استرس‌زای شغلی ۱۳۶
- کاهش استرس‌ها در سطح سازمان ۱۴۲
- توجه به عوامل انسانی در مدیریت استرس ۱۴۴
- ارگونومی شناختی ۱۴۵
- ادراک و شناخت ۱۴۶
- حافظه ۱۴۷
- تصمیم‌گیری ۱۴۷
- تئوری کشف علائم (signal detection theory) ۱۵۰

- روش‌های تحلیل وظایف شناختی ۱۵۲
- خطای انسانی ۱۵۴
- روش‌های شناسایی خطاهای انسانی ۱۵۶
- تعریف و اندازه‌گیری بار کاری ذهنی (mental workload: MWL) ۱۵۸
- دسته‌بندی روش‌های اندازه‌گیری بار کاری ذهنی ۱۶۰
- روش‌های شناسایی خطاهای انسانی ۱۶۰
- روش‌های روانی-فیزیولوژیکی (تجربی) ۱۶۱
- روش‌های ذهنی یا نظر افراد (subjective/operator opinion techniques) ۱۶۳

فصل پنجم: ارگونومی محیط فیزیکی ۱۶۵

- خصوصیات ارگونومیک محل کار ۱۶۵
- خصوصیات ارگونومیک ساختمان محل کار ۱۶۶
- راهروها ۱۶۶
- رمپ‌ها ۱۶۸
- کف محل کار ۱۶۸
- پله‌ها و نرده‌ها ۱۶۹
- نردبان‌ها ۱۷۲
- نوارهای حامل یا انتقال‌دهنده‌ها (conveyors) ۱۷۲
- خصوصیات ارگونومیک ایستگاه‌های کاری ۱۷۳
- ایستگاه کاری نشسته ۱۷۵
- ایستگاه کاری ایستاده ۱۷۷
- ابعاد در کارهای دیداری ۱۸۰
- خصوصیات ارگونومیک تجهیزات کاری ۱۸۲
- ملاحظات عمومی ۱۸۲
- نیازهای جسمانی ۱۸۲
- ایمنی و محیط ۱۸۳
- قابلیت نگهداشت ۱۸۳
- طراحی نمایشگرها ۱۸۴
- طراحی کنترل‌گرها ۱۸۵
- طراحی محل کار برای افراد دارای محدودیت حرکتی ۱۸۶
- صدا و ارتعاش ۱۸۹
- اندازه‌گیری و ارزیابی صدا و ارتعاش ۱۹۱
- حدود مجاز مواجهه شغلی صدا و ارتعاش ۱۹۴

۱۹۸	شرایط دما و رطوبت	•
۱۹۸	تبادل دمایی بدن و محیط	○
۲۰۰	محدوده آسایش دما و رطوبت	○
۲۰۲	منابع تولید گرما و سرما در محیط کار	○
۲۰۳	شاخص‌های استرس دمایی	○
۲۰۳	شاخص‌های استری گرما	○
۲۰۶	شاخص میانگین رأی پیش‌بینی‌شده	○
۲۰۶	شاخص استرس سرمایی	○
۲۰۷	روشنایی در محیط کار	•
۲۱۰	سامانه‌های تأمین روشنایی	○
۲۱۰	روشنایی طبیعی	○
۲۱۲	کمیات سبزش روی	○
۲۱۶	ویژگی‌های منابع روشنی	○
۲۱۹	اثر نور آبی	○
۲۱۹	حدود الزامی در روشنایی	○
۲۲۳	فصل ششم: سامانه‌های انسان-ماشین	
۲۲۳	سامانه‌های انسان-ماشین	•
۲۲۵	نشانگرها و نمایشگرها (display)	•
۲۲۵	نمایشگرهای دیداری (Visual displays)	○
۲۲۶	نمایشگرهای شنیداری (Auditory displays)	○
۲۲۷	نمایشگرهای لمسی (Tactile/Haptic)	○
۲۲۷	انواع نشانگرها	•
۲۲۹	ویژگی‌های مهم در نشانگرها	•
۲۳۱	کنترل‌گرها (controls)	•
۲۳۲	ویژگی‌های مهم در کنترل‌گرها از نظر چیدمان	○
۲۳۳	ویژگی‌های مهم در کنترل‌گرها از نظر اندازه و ظاهر	○
۲۳۴	ویژگی‌های مهم کنترل‌گرها از نظر حرکت و تلاش موردنیاز	○
۲۳۴	ویژگی‌های مهم در کنترل‌گرها از نظر شناسایی و برجسب‌گذاری	○
۲۳۵	ترکیب نمایشگرها و کنترل‌ها	○
۲۳۷	طراحی ابزارها	•

فصل هفتم: اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار (WRMSDS) ۲۴۷

- آشنایی با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی عضلانی ۲۴۷

فصل هشتم: روش‌های ارزیابی ارگونومی ۲۵۱

- مقدمه ۲۵۱
- آنالیز شغلی ۲۵۱
- تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه ۲۵۲
- غربالگری ریسک فاکتورهای ارگونومیک ۲۵۳
- آشنایی با تکنیک‌های کمی و کیفی ارزیابی ریسک‌های ارگونومی ۲۵۸
- روش‌های کیفی ۲۵۹
- تجزیه و تحلیل ایمنی و خطرات شغلی ۲۵۹
- چک‌لیست‌ها ۲۶۰
- روش‌های کمی ۲۶۱
- روش راهنمای تجزیه و تحلیل اختلالات اسکلتی-عضلانی (MAG) ۲۶۲
- ارزیابی خستگی عضلات - روش ۲۶۲
- جداول اسنوک ۲۶۳
- مدل نیروی فشارنده‌ی کمر دانش‌آموزان ۲۶۳
- روش گشتاور شانه ۲۶۴
- تجزیه و تحلیل ارتعاش دست-بازو ۲۶۴
- روش‌های OWAS, RULA, REBA, ROSA, CRA, CEL ۲۶۴
- روش‌های کمی ۲۶۷
- کار استاتیک: زمان تحمل و چرخه‌های کار-استراحت ۲۶۸
- معادله تجدیدنظر شده‌ی ناپوش ۲۶۹
- شاخص تنش مور-گارگ ۲۷۰
- معادله تجدیدنظر شده‌ی ناپوش ۲۶۹

فصل نهم: کنترل‌های ارگونومیک ۲۷۱

- کنترل‌های مدیریتی ۲۷۱
- آموزش ۲۷۳
- انتخاب کارکنان ۲۷۴
- چرخش کارکنان ۲۷۴
- مدیریت اضافه‌کاری ۲۷۵
- ارزیابی ظرفیت عملکردی ۲۷۵

۲۷۶	○ آزمون توانایی جسمانی
۲۷۸	○ ایمنی مبتنی بر رفتار
۲۷۸	○ مدیریت منابع انسانی
۲۷۹	○ تنظیم طول روز کاری و نوبت کاری
۲۸۲	○ تأمین تسهیلات رفاهی
۲۸۳	○ استقرار برنامه‌های ورزشی برای کارکنان
۲۸۳	○ پایش مستمر سلامت کارکنان
۲۸۴	○ سازمان‌دهی کار
۲۸۷	● کنترل ان‌مهندسی در ارگونومی
۲۹۹	● تجزیهات حفاظت فردی
۳۰۱	○ تجهیزات فردی - حفاظت از دست
۳۰۳	○ محافظ‌های اندام فوقانی
۳۰۵	○ محافظ‌های اندام تحتانی
۳۰۵	- محافظ‌های زانو
۳۰۹	- محافظ‌های قوزک پا
۳۰۹	- محافظ‌های پا
۳۱۰	○ محافظ‌های کمری
۳۱۳	فصل دهم: استاندارد و حدود مجاز مواجهه شغلی
۳۱۳	● استاندارد در ارگونومی
۳۱۴	● استانداردهای ارگونومیک
۳۱۷	● استانداردهای اروپایی
۳۱۸	● حدود مجاز مواجهه شغلی (TLVs)
۳۱۹	● نشانی اینترنتی برخی از مراجع استانداردسازی
۳۲۳	فصل یازدهم: برنامه‌های مداخله ارگونومی در محیط کار
۳۲۳	● برنامه‌های ارگونومی
۳۳۷	● اندازه‌گیری تأثیر اقدامات ارگونومیک
۳۳۷	○ نشانگر عملکردهای مثبت (Positive Performance Indicators: PPIs)
۳۳۸	○ نشانگر عملکردهای منفی (Positive Performance Indicators: PPIs)
۳۳۹	- نرخ‌های آسیب‌پذیری (Injury/illness Rates)
۳۴۰	● ارزشیابی برنامه‌های ارگونومیک (program Evaluation)
۳۴۰	● طرح‌ریزی راهبردی (strategic planning)

- نشانگرهای عملکرد کلیدی (Key Performance Indicators) ۳۴۰
- ممیزی برنامه (program audits) ۳۴۱
- مدل‌های سود-هزینه (cost-benefit models) ۳۴۳
- اطلاعات موردنیاز برای یک مطالعه سود-هزینه ۳۴۳
- مطالعه موردی ۳۴۵
- زمان‌های مواجهه و کاری ۳۴۷

فصل دوازدهم: ارگونومی کلان و مدیریت طراحی سازمانی ۳۴۹

- مقدمه ۳۴۹
- ارگونومی در مدیریت و طراحی سازمانی ۳۵۱
- مفهوم ماکروارگونومی ۳۵۶
- ارگونومی مشارکتی ۳۶۱
- نشانی این نتایج: مراجع استانداردسازی ۳۱۹
- اهمیت و نقش مشارکت در فرآیند بهبود سازمانی ۳۶۳
- برخی از کاربردهای مشارکت در ارگونومی ۳۶۳