جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز سلامت محیط و کار

راهنمای ارزیابی
عوامل ارگونومیک محیط کار

OEL – E - 9509

بسم الله الرحمن الرحیم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز سلامت محیط و کار

راهنمای ارزیابی

عوامل ارگونومیک محیط کار

کد

OEL – E - 9509

۱۳۹۵

شماره کتابشناسی ملی : ۴۵۷۹۶۹۲
سرشناسه : چوبینه، علیرضا، ۱۳۴۵
عنوان و نام پدیدآور : راهنمای ارزیابی عوامل ارگونومیک محیط کار/ مجری طرح قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور؛ [برای] وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مرکز سلامت محیط و کار.
مشخصات نشر : تهران: وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت سلامت، مرکز سلامت محیط و کار؛ همدان: انتشارات دانشجو، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری : ۱۹۶ ص.: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک : 978-964-905-349-3 : ۹۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : ارگونومی
موضوع : Ergonomics
موضوع : مهندسی انسانی
موضوع : Human engineering
موضوع : وضعیت بدن -- اختلالات
موضوع : disorders--Posture
موضوع : بهداشت صنعتی
موضوع : Industrial hygiene
شناسه افزوده : ایران. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. مرکز سلامت محیط و کار
رده بندی کنگره : TA۱۶۶/چ۹٫۲ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی : ۶۲۰/۸۲

نام کتاب: راهنمای ارزیابی عوامل ارگونومیک در محیط کار
ناشر: مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی – انتشارات دانشجو
تلفن: ۸۱۴۵۴۱۹۳-۸۱۴۵۴۱۲۰-۰۲۱، نمابر: ۸۱۴۵۴۴۶۴-۰۲۱
http:// markazsalamat.behdasht.gov.ir
مجری طرح: قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور
تلفن: ۳۸۳۸۰۰۲۵-۰۸۱ نمابر: ۳۸۳۸۰۵۰۹-۰۸۱ http://ceoh.umsha.ac.ir
مولف: دکتر علیرضا چوبینه
نوبت چاپ: اول ۱۳۹۵
تیراژ: ۵۰۰ جلد وزیری
فیلم زینک: لیتوگرافی روشن
چاپ و صحافی: روشن
مرکز پخش: همدان، انتشارات دانشجو تلفن: ۳۸۳۷۸۰۱۰-۰۸۱
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۹۰۵-۳۴۹-۳
قیمت: ۹۰۰۰۰ ریال

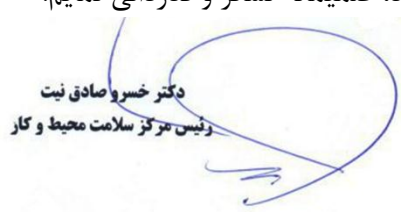
مقدمه

در حال حاضر بیش از نیمی از جمعیت جهان در مشاغل مختلف در معرض طیف وسیعی از عوامل زیان‌آور و آلاینده‌های محیط‌کار قرار دارند که این امر پیامدهای بهداشتی ناگواری را به‌همراه داشته و امکان ابتلا به بیماری‌های شغلی را افزایش خواهد داد.

با توجه به ضرورت برخورداری شاغلین از محیط‌کار سالم و نیاز مبرم کشور به حدود و معیارهایی برای تمایز محیط‌های کاری سالم و ناسالم، ویرایش چهارم کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی در مرکز سلامت محیط و کار تدوین شد و با امضاء وزیر محترم بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ابلاغ گردید.

با عنایت به ماده ۸۵ قانون کار که رعایت حدود مندرج در کتاب مذکور را برای صاحبان صنایع، کارفرمایان الزام آور نموده است و بر اساس بازخوردهای واصله از کاربران مختلف این کتاب از سراسر کشور، اعم از کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و متخصصان طب کار، اعضاء محترم هیأت علمی و کارشناسان صنایع، بر آن شدیم تا با کمک اساتید مجربی که در کمیته تدوین حدود مجاز همکاری نموده‌اند، راهنماهای فنی هر بخش از این کتاب را در ۹ جلد با موضوعات مختلف، به منظور تسهیل استفاده کاربران تدوین نماییم تا کاربران به کمک توضیحات تکمیلی و مثال‌های عنوان شده در این راهنماها، با توان بیشتری نسبت به تفسیر حدود مجاز مندرج در این کتاب و به‌کارگیری نتایج حاصل از آن اهتمام ورزند و از محدودیت-هایی که ممکن است پدید آید آگاهی داشته باشند و بیش از پیش بتوانند تفسیر صحیحی از مقایسه این حدود مجاز با وضعیت مواجهات آسیب‌رسان محیط‌کار به‌دست آورند.

لازم به ذکر است، به‌منظور دسترسی بیشتر کاربران، این راهنماها بر روی تارنماهای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (وبدا)، معاونت بهداشتی و مرکز سلامت محیط و کار قرار خواهد گرفت. در انتها وظیفه خود می‌دانم از زحمات ارزشمند جناب آقای دکتر علیرضا چوبینه که در تألیف و خانم مهندس فاطمه صادقی و خانم مهندس زهره روشنی که در نظارت و تدوین این راهنما همکاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.



فهرست مطالب **صفحه**

مقدمه ۵
چشم‌انداز ارگونومی ۶
هزینه‌ها و دست‌آوردهای ارگونومی ۸
اجزای ارگونومی ۱۰
الف) ارگونومی سخت‌افزار ۱۰
ارگونومی محیطی ۱۱
پ) ارگونومی نرم‌افزار یا ارگونومی شناختی ۱۱
ت) ارگونومی کلان ۱۱
ارزیابی‌های ارگونومیک محیط کار ۱۲
اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار ۱۳
عوامل مؤثر در وقوع اختلالات اسکلتی- عضلانی ۱۶
پوسچر یا وضعیت بدن هنگام کار ۱۹
روشRULA ۲۲
روند ارزیابی در روش RULA: ۲۳
روشREBA ۳۵
روند ارزیابی در روش REBA: ۳۶
غیر قابل قبول ۴۱
روشQEC ۴۷
مراحل ارزیابی سطح مواجهه در روش QEC ۴۹
۲- انجام ارزیابی ۵۰
الف) ارزیابی ناحیه‌ی کمر: ۵۱

پ) ارزیابی ناحیه‌ی مچ دست/دست: ۵۴
۳- امتیازگذاری ۵۸
روش ROSA ۶۸
روند ارزیابی به روش ROSA: ۶۹
حمل دستی بار ۸۹
ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار ۹۲
ارزیابی فعالیت‌های هل دادن، کشیدن و حمل بار ۹۷
الف) ارزیابی هل دادن بار: ۹۷
ب) ارزیابی کشیدن بار: ۱۰۱
پ) ارزیابی حمل بار: ۱۰۴
ارزیابی بار کار جسمانی ۱۰۷
ارزیابی میزان کار نسبت به ظرفیت انجام کار: ۱۰۸
اندازه‌گیری حداکثر توان هوازی: ۱۰۹
اندازه‌گیری میزان کار: ۱۰۹
دسته‌بندی کارهای جسمانی از نظر مصرف انرژی: ۱۱۳
تعیین زمان استراحت ۱۱۸
نوبت‌کاری ۱۲۱
مشکلات ناشی از نوبت‌کاری: ۱۲۴
اثر نوبت‌کاری بر عملکرد و بهره‌وری: ۱۲۶
راهکارها و توصیه‌ها برای بهبود شرایط نوبت‌کاری: ۱۲۶
گزینش افراد برای نوبت‌کاری: ۱۳۰
توصیه‌هایی در مورد برنامه‌ریزی نوبت‌کاری: ۱۳۱
نظام‌های ۱۲ ساعتی: ۱۳۲

برنامه مداخله ارگونومی در محیط کار ۱۳۲
اجزای برنامه‌ی ارگونومی در محیط کار ۱۳۳
الف)آنالیز محیط کار: ۱۳۳
ب) کنترل مخاطرات و پیشگیری از آن‌ها (بهبود شرایط کار): ۱۳۴
پ) مدیریت پزشکی: ۱۳۵
ت)آموزش: ۱۳۵
اصول بهسازی و اصلاح ایستگاه کار در ارگونومی ۱۳۶
ابزار دستی (HAND TOOLS) ۱۴۶
آناتومی دست: ۱۴۸
انواع چنگش (GRIP) ۱۴۹
اصول طراحی ارگونومیک ابزار دستی ۱۵۶
طراحی برای کاربرد ایمن ابزار دستی ۱۵۹
ایستگاه‌های کار اداری ۱۶۰
تنظیم صندلی و سطح کار: ۱۶۶
عوامل محیطی در کار با کامپیوتر: ۱۶۷
ایستگاه‌های کار نشسته، ایستاده و نشسته- ایستاده ۱۶۹
ایستگاه کار ایستاده: ۱۶۹
ایستگاه کار نشسته: ۱۷۱
نقاط قوت و ضعف کار نشسته ۱۷۲
ایستگاه کار نشسته- ایستاده ۱۷۳
انتخاب وضعیت بدن هنگام کار ۱۷۳
توصیه‌هایی برای انتخاب وضعیت بدن هنگام کار: ۱۷۴
نشانگرها و کنترل‌ها ۱۷۶

الف) نشانگرها ۱۷۶
درجه‌بندی در نشانگرها: ۱۷۷
توصیه‌هایی برای طراحی درجه‌ها ۱۷۹
حروف و شکل آن‌ها ۱۸۰
کنترل‌ها ۱۸۱
کلیدهای چکشی ۱۸۵
اهرم‌های دستی ۱۸۵
کلیدهای گردان ۱۸۷
سوئیچ‌های گردان ۱۸۷
کلیدهای گردان برای گردش‌های مداوم ۱۸۷
کلیدهای گردان یا چرخشی- قطاعی نوک تیز ۱۸۸
هندل‌ها ۱۸۸
فرمان‌ها ۱۹۰
پدال‌ها ۱۹۰
کنترل‌های اضطراری ۱۹۲
سازگاری نشانگرها و کنترل‌ها ۱۹۲
منابع: ۱۹۵

مقدمه

در جهان صنعتی امروز، بسیاری از کارگران و کارکنان ناچار هستند، که خود را با شرایطی نامناسب، که محیط و ابزار مورد استفاده بر آن‌ها تحمیل می‌کند، متناسب سازند و با محدودیت‌های ایجاد شده، به‌گونه‌ای کنار آیند. پیامد چنین مصالحه‌ای می‌تواند بسیار وخیم بوده و بر زندگی فرد، تندرستی، ایمنی و بهره‌وری اثری نامطلوب داشته باشد. در چنین وضعیتی، انسان از نظر جسمانی یا روانی با نوع کار یا تجهیزاتی که مورد استفاده قرار می‌دهد و یا در محیطی که در آن زندگی کرده یا به کار می‌پردازد، تناسبی ندارد.

نبود تناسب جسمی، ناراحتی‌های جسمانی را سبب می‌شود، که می‌توان به یکی از آن‌ها یعنی اختلالات اسکلتی- عضلانی[1] اشاره کرد، که از جمله شایع‌ترین عوارض ناشی از کار در جوامع امروزی هستند. بر پایه آمار موجود، نزدیک به ۴۸ درصد از کل بیماری‌های ناشی از کار را آسیب‌های تجمعی تشکیل می‌دهند که در اثر عوامل فیزیکی یا مکانیکی ایجاد می‌شوند[2] و خود نوعی از ناراحتی‌های اسکلتی – ماهیچه‌ای انگاشته می‌شوند.

نبود تناسب روانی، نیز مشکلاتی ویژه را برای فرد ایجاد می‌کند. عوارض جسمانی- روانی نمونه‌ای از این موارد است، که در اثر بار فکری زیاد و فشار روحی فزاینده نمایان می‌شوند، که به هنگام کار بر فرد وارد می‌آید. زمانی که فرد از نظر توان اندیشه در حد و اندازه مسؤولیت واگذاشته نباشد، فشارهای روحی و روانی بر او افزون شده و موجب می‌شود عوارضی مانند تحریک‌پذیری، روان‌پریشی، نبود تعادل روانی، خستگی روحی و ... بروز پیدا کند. ادامه چنین وضعیتی، به بروز عوارض جسمانی، مانند مشکلات دستگاه گردش خون و دستگاه گوارش، اختلال غدد مترشحه درونی و ... می‌انجامد. از سوی دیگر، زمانی که، کار یا مسؤولیت محوله به توانایی روانی، توان اندیشه و ضریب هوش چندانی نیازمند نیست، به‌کارگیری فردی با توانمندی‌های ذهنی و روانی بالا، باز می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. چنین فردی، به هنگام انجام وظیفه، هیچ‌گاه فرصت استفاده از توان و استعداد خود را نمی‌یابد و همواره، از یکنواختی کار شکایت می‌کند و بر خلاف توان بسیار بالای خود، هرگز مایل نیست

1- Musculoskeletal disorders
2- Cumulative Trauma Disorders (CTDs)

برای انجام مطلوب‌تر کار، کوششی بیشتر به خرج دهد. پی‌آیند این وضعیت، فشار روانی و سرانجام کاهش بهره‌وری خواهد بود.

برای پیشگیری از بروز این‌گونه مسائل و تأمین تندرستی نیروی کار، «ارگونومی» به عنوان رهیافتی کارآمد به انسان یاری می‌دهد. «ارگونومی» توانمندی‌های انسان را می‌سنجد و آنگاه، دستگاه‌ها، کار و محیط را متناسب با آن‌ها سازمان‌دهی و تنظیم می‌کند. آن‌گونه که روجر و کاوانگ[1](۱۹۶۲) توصیف می‌کنند: ارگونومی در پی آن است که، کار را متناسب با انسان سازد و نه انسان را متناسب با کار.

تاکنون توصیف‌های گوناگونی از دانش ارگونومی ارائه شده است، اما در یک توصیف فراگیر، می‌توان گفت که ارگونومی عبارت است از کاربرد اطلاعات علمی موجود درباره انسان (و روش‌های علمی تولید چنین اطلاعاتی) در طراحی تمام سخت‌افزارها و نرم‌افزارهایی که انسان در زندگی روزمره یا فعالیت‌های شغلی استفاده می‌کند. به این ترتیب، ارگونومی ظرفیت‌ها و توانمندی‌های انسان را بررسی می‌کند و سپس، اطلاعات به دست آمده را در طراحی مشاغل، محصولات، محیط کار (و حتی محیط زندگی) و تجهیزات به کار می‌بندد. آشکارترین اثر مثبت طراحی درست و مناسب مشاغل، تجهیزات و محیط کار، بالا بردن سطح ایمنی، بهداشت، رضایت شغلی و سرانجام، بهبود بهره‌وری در میان کارکنان و حذف تلاش‌های غیر لازم از شغل یا کاهش نیازمندی‌های شغلی می‌باشد.

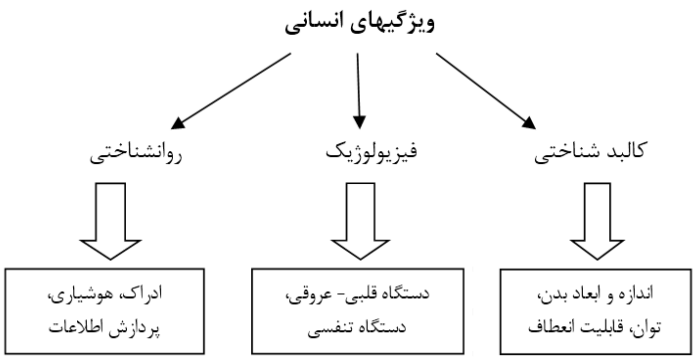
چشم‌انداز ارگونومی

انسان‌ها دارای ابعاد و اندازه‌های بدنی گوناگونی هستند و توانمندی‌ها، محدودیت‌ها، توان درک، سرعت و مهارت‌های متفاوتی دارند. شاید بتوان ویژگی‌های انسانی را به سه دسته ویژگی‌های کالبد شناختی، فیزیولوژیک و روانی تقسیم کرد. بر پایه آنچه که در زیر می‌آید، این ویژگی‌ها خود از اجزای دیگر تشکیل شده‌اند.

به هنگام طراحی شغل و به‌طور کلی، ساختار کار، خواه از دیدگاه سخت‌افزاری و خواه از دیدگاه نرم‌افزاری، باید به همه مشخصه‌های یاد شده توجه شود. ارگونومی ، ابزاری است که

1- Roger and Cavanagh

با استفاده از آن می‌توان این ویژگی‌ها را ارزیابی و اندازه‌گیری کرد و از یافته‌ها برای تناسب و تطابق هرچه بیشتر انسان و محیط بهره گرفت. برای سنجش این ویژگی‌ها، ارگونومی از علوم گوناگونی یاری می‌گیرد. در این باره، فیزیولوژی و روانشناسی می‌باید با علوم مهندسی در هم آمیزند، تا ابزاری کارآمد برای حل مشکلات طراحی گردند. از این روست که ارگونومی دانش چند رشته‌ای[1] یا میان‌رشته‌ای[2] دانسته می‌شود.

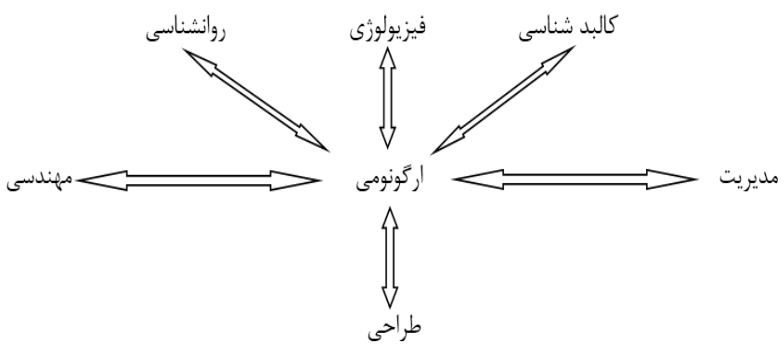


جایگاه ارگونومی در ارتباط چندگانه با دیگر علوم را می‌توان به‌صورت شکل ۱ بیان کرد. بر پایه شکل، ارگونومی برقرار کننده ارتباط لازم میان علوم فیزیولوژی، کالبدشناسی و روانشناسی از یک سو و علوم مهندسی و مدیریت از سوی دیگر، برای حل مشکلات طراحی بوده و تناسب هرچه بیشتر انسان و محیط پیرامون وی را زمینه ساز است. در این مجموعه، علوم زیستی اطلاعات لازم در زمینه ساختار و اندازه‌های بدن، قابلیت‌ها و محدودیت‌های جسمانی انسان، توازن و نیروی ماهیچه‌ای، حد مقاومت و تحمل فشارهای جسمانی و ... را در اختیار می‌گذارد. فیزیولوژی و روانشناسی، چگونگی کارکرد مغز و دستگاه عصبی و شکل‌گیری رفتارها را تشریح می‌کند. علوم مهندسی، اطلاعاتی را درباره ماشین و محیطی به دست می‌دهد که انسان با آن سروکار دارد و سرانجام مدیریت پیرامون کاربرد و هدایت منابع انسانی گفتنی‌هایی دارد.

1- Multidisciplinary
2- Interdisciplinary

با گردآوری اطلاعاتی که از علوم یاد شده به دست آمده، ارگونومیست می‌تواند به‌سوی ایمنی، تندرستی، عملکرد مطلوب و بهره‌وری بیشینه گام بردارد و محیط و تجهیزات را به‌گونه‌ای طراحی و سازمان‌دهی کند که آسیب‌ها به کمترین و بهره‌وری به بیشترین حد خود رسد. بنابراین، به طور خلاصه، وظیفه ارگونومیست، نخست تعیین ویژگی‌های انسان و سپس تلاش در جهت آفرینش نظامی است که متناسب با این ویژگی باشد.

این نکته را نباید فراموش کرد که هرگاه نیازمندی‌های شغلی[1] و شرایط محیطی از ویژگی‌ها و قابلیت‌های انسانی تجاوز کنند، بروز ناراحتی‌های جسمانی و روانی، خطاهای انسانی، کاهش بازده کار، کاهش کیفیت محصول یا خدمتی که ارائه می‌شود امری گریز ناپذیر خواهد بود. سرانجام، در یک جمع بندی کلی، ارگونومی دانشی است برای متناسب کردن محیط با انسان. تنها با پذیرش کامل این نگرش است که می‌توان امیدوار بود محیطی مطلوب و مناسب برای کار فراهم آمده و آسیب‌های شغلی کاهش یابند.



شکل ۱: جایگاه ارگونومی در ارتباط با دیگر علوم و کارکرد آن به‌صورت راه ارتباطی.

هزینه‌ها و دست‌آوردهای ارگونومی

یکی از مسائل اساسی در ارگونومی، محاسبه هزینه‌ها و سود برگشتی حاصل از برنامه‌های ارگونومیک است. چاپانیس (۱۹۷۶)، بر این باور است که برای سامانه‌های تولیدی، تدوین معادله فراگیر و کامل هزینه- سود، بسیار دشوار است، زیرا عوامل بی‌شمار، که برخی از آن‌ها

1- Job requirements

پنهان هستند، در این امر اثر دارند. در این مورد، عواملی که از دیدگاه چاپانیس با اهمیت هستند، به ترتیب زیر است:

۱- از نظر سود برگشتی: ارزش و بهای کالاها و خدماتی که به‌وسیله سامانه تولید یا ارائه می‌شوند.

۲- از نظر هزینه‌ها: هزینه تجهیزات، تعویض یا تعمیر قطعه‌ها، فرایند و وسایل کمک شغلی، هزینه تهیه دستور کارها و کتابچه‌های راهنما، هزینه گزینش افراد و آموزش آن‌ها، دستمزدها، حوادث ناشی از کار، خطاهای انسانی آسیب‌ها و هزینه‌های اجتماعی سامانه (مانند اثر دراز مدت آلودگی بر محیط).

بسیاری از این عوامل را می‌توان با عدد و رقم و به‌طور دقیق بیان کرد، اما برخی از آن‌ها (مانند زیان‌های ناشی از آلودگی، هزینه گزینش، حوادث و ...) کمتر شکل کمّی به خود می‌گیرند و تعیین میزان دقیق آن‌ها بسیار دشوار است، هرچند که این عوامل اثری بسزا بر کاهش کارایی و بهره‌وری سامانه داشته و توجه به آن‌ها بایسته است. ارگونومی از عواملی است که می‌تواند در معادله هزینه – سود یک سامانه اثری شایان توجه داشته باشد. زیرا به‌درستی ارگونومی بر روی تک‌تک عوامل یاد شده اثر کرده و می‌تواند تعادل را به سمت سود و منفعت بیشتر هدایت کند و بسیاری از هزینه‌ها و مخارج را تعدیل نماید.

به‌هرحال، کاربرد اصول ارگونومی در محیط کار می‌تواند هم برای کارفرما و هم برای کارکنان دست‌آوردهایی مثبت در پی داشته باشد. از دیدگاه اجتماعی نیز ارگونومی می‌تواند نقش چشمگیری در حل مشکلات مربوط به ایمنی، بهداشت، آسایش و کارایی جامعه داشته باشد. رخدادهای روزمره مانند حوادث ناشی از کار، حوادث جاده‌ای یا حوادث خانگی و نیز فجایع هوایی و نیروگاه‌های هسته‌ای و ... را می‌توان به خطاهای انسانی نسبت داد. واکاوی چنین رویدادهایی آشکار می‌سازد که علت اصلی در بیشتر موارد عدم تناسب کاروران با وظایف آن‌ها بوده است. با بهره‌گیری از ارگونومی بسیاری از این مشکلات که می‌توانند اثرات ناگوار و جبران ناپذیری بر پیکره اجتماع وارد سازد مهارشدنی و قابل حذف هستند. در شمار زیادی از کشورها به‌ویژه کشورهای پیشرفته بیماری‌های اسکلتی- عضلانی (عمدتاً دردهای ستون فقرات) و بیماری‌های روانی، مهم‌ترین علت غیبت از کار و عوارض شغلی هستند. این موارد

را می‌توان به طراحی نادرست تجهیزات، دستگاه‌ها و وظایف نسبت داد. در اینجا نیز ارگونومی می‌تواند با بهبود شرایط کار مشکلات را کاهش دهد. به همین دلیل است که در بسیاری از کشورها ارگونومی نیز جزئی از برنامه خدمات بهداشت حرفه‌ای بوده و همه سازمان‌ها برای ارائه هرچه بهتر خدمات و دستیابی به اهداف خود ناگزیر از به‌کارگیری کارشناسان ارگونومی هستند.

اجزای ارگونومی

برخی بر این باور هستند که ارگونومی دانش تعامل انسان- سیستم‌ها[1] است. به این ترتیب، این نظام دارای دو بخش نظری و کاربردی است. در بخش نظری به علومی در زمینه توانمندی‌های کارکردی، محدودیت‌ها و دیگر ویژگی‌های انسان پرداخته می‌شود و در بخش کاربردی از اطلاعات نظری برای طراحی تعامل میان انسان و دیگر اجزاء سیستم بهره‌جویی می‌شود. هم‌اکنون ارگونومی از چهار جزء قابل تشخیص تشکیل شده است. این اجزاء به ترتیب پیدایش و مطرح شدن به قرار زیر هستند:

الف) ارگونومی سخت‌افزار[2]

این جزء از ارگونومی در سه دهه نخست پیدایش ارگونومی مطرح شد. این جزء عمدتاً به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و کاربرد اطلاعات به دست آمده در طراحی همه سخت‌افزارهایی مربوط است که در محیط کار، خانه و اوقات فراغت مورد استفاده قرار می‌گیرند (مانند ابزار، وسایل، میز، صندلی، نشانگر، کنترل و ...). امروزه، این جزء بزرگ‌ترین بخش از ارگونومی است و احتمالاً در آینده نیز چنین خواهد ماند.

این جزء از ارگونومی با کوشش‌های روانشناسان مهندسی برای توضیح علل حوادث هوایی آغاز شد که در آغاز جنگ جهانی دوم شیوع زیاد داشت و آن را به خطاهای خلبان نسبت می‌دادند.

1- Human system interface
2- Hardware ergonomics

ب) ارگونومی محیطی[1]

در طی چند دهه گذشته آگاهی و درک ارتباط انسان با محیط طبیعی و محیط‌های مصنوعی اهمیت یافته است و از این رو ارگونومی محیطی همواره رو به گسترش و تکامل بوده است. این جزء از ارگونومی با توانایی‌ها و محدودیت‌های انسان در برابر عوامل گوناگون محیطی مانند روشنایی، گرما، صدا، ارتعاش و ... سروکار دارد. این جزء در طراحی محیط فعالیت انسان استفاده می‌شود و هدف آن به حداقل رساندن فشارهای محیطی بر انسان و دستیابی به راحتی، تندرستی و ایمنی و افزایش بهره‌وری است.

پ) ارگونومی نرم‌افزار[2] یا ارگونومی شناختی[3]

این جزء از ارگونومی با فعالیت‌هایی مانند پردازش اطلاعات، استدلال و حل مسائل در ارتباط است و به چگونگی دریافت و پردازش اطلاعات در انسان می‌پردازد. در این بخش از ارگونومی نگرش از ماهیت فیزیکی به سوی ماهیت شناختی کار جلب شده است. علت اصلی این امر پیدایش رایانه‌ها و سیستم‌های رایانه‌ای است. هنگامی‌که انسان کار بر روی رایانه‌ها و سیستم‌های رایانه‌ای را آغاز کرد شیوه اندیشیدن و درک افراد در طراحی دستگاه اهمیت چشمگیری یافت.

ت) ارگونومی کلان[4]

کانون توجه در سه جزء پیشین ارگونومی کاربر و گروهی از کاربران یا به عبارتی زیر سیستم‌ها بودند و به همین دلیل کاربرد عمده آن‌ها در سطح خرد بود. به سه جزء پیشین ارگونومی یعنی ارگونومی سخت‌افزار، ارگونومی محیطی و ارگونومی نرم‌افزار، ارگونومی خرد[5] گفته می‌شود، زیرا در این اجزاء به زیرسیستم‌ها یعنی انسان، محیط و ماشین به‌طور مجزا توجه می‌شود. در مقابل، ارگونومی کلان با همه ساختار نظام کار (شامل کارکنان و فن‌آوری)

1- Environmental ergonomics
2- Soft ware ergonomics
3- Cognitive ergonomics
4- Macro-ergonomics
5- Micro-ergonomics

سروکار دارد. ارگونومی کلان یک نگرش اجتماعی- فنی[1] به طراحی سازمانی و نظام کار دارد. در این مورد نیز هدف بهینه‌سازی کارکرد تعامل انسان – سامانه است. تقریباً سه دهه است که از مطرح شدن این جزء از ارگونومی می‌گذرد. با نگرش ارگونومی کلان در تعیین طراحی بهینه ساختار سازمانی که شامل پیچیدگی، رسمیت و تمرکزمی‌باشد، می‌توان بسیاری از ویژگی‌های مشاغلی که باید در سامانه طراحی گردد و تعامل‌های انسان- ماشین و کاربر از دیدگاه ارگونومیک را در نظر گرفت.

ارزیابی‌های ارگونومیک محیط کار

در ارزیابی‌های ارگونومیک محیط کار همواره هدف آن است که تطابق و تناسب بین ویژگی‌های محیط کار (شرایط محیطی و روانی- اجتماعی)، شرح وظایف و ابزار و تجهیزات با کارگر بررسی شده و موارد عدم تطابق که احتمالاً می‌توانند به آسیب نیروی کار و کاهش بهره‌وری بیانجامد شناسایی شده و راهکارهایی جهت کنترل عوامل آسیب‌زای ارگونومیک و بهبود شرایط کار ارائه شوند. نوع عامل آسیب‌رسان و استرس‌زا روش ارزیابی را مشخص می‌سازد. ازآنجایی‌که در ارگونومی شغلی آسیب‌های اسکلتی- عضلانی اهمیت بسزایی داشته و در جهان، خواه در کشورهای توسعه یافته و خواه در حال توسعه، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند و کوشش‌های زیادی برای کنترل آن‌ها در محیط کار و پیشگیری از آسیب کارگران به‌عمل می‌آید، بخش بزرگی از روش‌های ارزیابی ارگونومیک به روش‌های ارزیابی ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی اختصاص یافته است. به همین دلیل، در این دستورالعمل نیز شیوه‌های ارزیابی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی در مرکز توجه قرار داشته و ۴ روش متداول شامل RULA، REBA، QEC و ROSA که هر یک برای شرایط خاص و فعالیت‌های معین کاربرد دارند ارائه شده است. افزون بر این روش‌ها، شیوه‌های ارزیابی فعالیت‌های حمل دستی بار شامل بلند کردن/پایین گذاشتن بار (شیوه WISHA)، هل دادن، کشیدن و حمل بار (جداول Snook) که از جمله فعالیت‌های شغلی متداول و رایج در محیط کار به‌ویژه محیط‌های صنعتی می‌باشند، مطرح شده‌اند. در مورد

1- Socio-technical approach

ارزیابی تناسب و تطابق فیزیولوژیک (جسمانی) نیز در این دستورالعمل روشی ساده و کاربردی و در عین حال علمی و دقیق ارائه شده است.

سرانجام، علیرغم آنکه در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی مبحث نوبت‌کاری گنجانده نشده است، اما در این دستورالعمل با توجه به اهمیت موضوع نوبت‌کاری و برنامه‌ریزی صحیح آن در فرآیندهای صنعتی از دیدگاه ارگونومی، مطالبی در زمینه اصول طراحی آن ارائه شده است.

اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار

اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار (WMSDs[1]) عمده‌ترین عامل از دست رفتن زمان کار، افزایش هزینه‌ها و آسیب‌های انسانی نیروی کار به شمار می‌آید و یکی از بزرگ‌ترین معضلات بهداشت حرفه‌ای در کشورهای صنعتی است. تحقیقات نشان داده‌اند که احساس درد و ناراحتی در قسمت‌های گوناگون دستگاه اسکلتی- عضلانی از مشکلات عمده در محیط‌های کار است به‌طوری‌که علت اصلی غیبت‌ها را تشکیل می‌دهند. امروزه در بسیاری از کشورها پیشگیری از WMSDs به‌صورت یک ضرورت و اولویت ملی در آمده است.

NIOSH بیماری‌ها و عوارض ناشی از کار را بر اساس اهمیت ملی آن‌ها (از نظر شیوع، شدت و امکان پیشگیری) طبقه‌بندی نموده است که در آن WMSDs پس از بیماری‌های تنفسی شغلی در رتبه‌ی دوم قرار دارد. مطالعات نشان داده‌اند که اختلالات اسکلتی- عضلانی از نظر اقتصادی بسیار هزینه برند به طوری که از نظر بروز و درد و رنجی که گریبان‌گیر فرد می‌شود، این اختلالات دارای رتبه نخست هستند که از میان آن‌ها کمردردها در جایگاه اول قرار دارد. در کشورهای در حال توسعه صنعتی مسئله آسیب‌های اسکلتی- عضلانی بسیار جدی‌تر است. شاید بتوان در این باره گفت که شیوع و بروز WMSDs در کشورهای در حال توسعه صنعتی از جمله ایران از حدت و شدت بیشتری برخوردار است، زیرا روند مکانیزاسیون و اتوماسیون در کشورهای پیشرفته تا حدی فشار حاصل از فعالیت‌های فیزیکی را بر فرد کاهش داده و ریسک فاکتورهای WMSDs را حذف یا کنترل نموده است. اما در کشورهای

1- Work-related Musculoskeletal Disorders

در حال توسعه صنعتی که هنوز بسیاری از فعالیت‌ها به‌صورت دستی و با استفاده از قوای جسمانی کارگر و به شکل سنتی انجام می‌شوند، کارگران در معرض ریسک فاکتورهای بیومکانیکی و سایر عوامل کمک کننده به وقوع MSDs قرار دارند و طبیعی است که تحت چنین شرایطی MSDs از شیوع، بروز و شدت بیشتری برخوردار باشد.

امروزه در دنیا با توجه به گستردگی بسیار زیاد WMSDs و اینکه بخش بزرگی از پرداخت غرامت به نیروی کار آسیب دیده مربوط به WMSDs است، مسئله پیشگیری و کنترل این اختلالات اهمیت فوق‌العاده‌ای یافته و توجه بسیاری از محققان و مؤسسات تحقیقاتی را به خود جلب نموده است به‌گونه‌ای که OSHA اظهار می‌دارد اصولاً هدف ارگونومی پیشگیری از اختلالات اسکلتی- عضلانی است و WHO دهه‌ی ۲۰۰۰ را دهه‌ی پیشگیری از اختلالات اسکلتی- عضلانی اعلام می‌کند و اداره بهداشت و ایمنی انگلیس (HSE) کنترل و پیشگیری از WMSDs را یکی از اولویت‌های خود در بهبود بهداشت حرفه‌ای شاغلان می‌داند.

مطالب ذکر شده همگی بیانگر اهمیت اختلالات اسکلتی- عضلانی در محیط‌های کار است. این اختلالات در هر شغل و صنعتی رخ می‌دهند. اختلالات اسکلتی- عضلانی در ستون مهره‌ها، اندام‌های فوقانی و تحتانی بروز می‌کنند. این اختلالات ممکن است در اثر مواجهه‌ی دراز مدت با عوامل ایجادکننده‌ی آن‌ها به‌تدریج و در یک فرایند طولانی رخ دهند و یا به‌طور ناگهانی، در اثر وارد شدن ضربه‌ای بزرگ بر بخشی از دستگاه اسکلتی- عضلانی ایجاد شوند. هنگامی‌که اختلالات اسکلتی- عضلانی از گونه نخست باشند، یعنی در اثر مواجهه‌ی درازمدت با عوامل ایجاد کننده و مؤثر در بروز آن‌ها (ریسک فاکتورها) رخ دهند، این اختلالات را می‌توان با CTDs مترادف دانست (یعنی اختلالات تجمعی که در اثر عوامل فیزیکی و مکانیکی در طول زمان ایجاد می‌شوند).

بر اساس تعریف، اختلالات اسکلتی- عضلانی، اختلالات ماهیچه‌ها، زردپی‌ها، غلاف زردپی‌ها، اعصاب محیطی، مفصل‌ها، استخوان‌ها، رباط‌ها و رگ‌های خونی هستند که یا در نتیجه وارد شدن استرس تکراری در طول زمان ایجاد می‌شوند و یا حاصل یک ترومای آنی یا حاد (مانند لغزیدن و سقوط) می‌باشند. هنگامی‌که محیط کار و انجام وظیفه به بروز این اختلالات کمک کند، این اختلالات مرتبط با کار دانسته می‌شوند، اما به طور کلی اختلالات اسکلتی- عضلانی،

اختلالات چند علتی هستند. ریسک فاکتورهای فیزیکی و مکانیکی که باعث بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی (به‌ویژه گونه‌ی نخست) یا پیشرفت آن‌ها می‌گردند عبارت‌اند از: پوسچر نامناسب یا ثابت، اعمال نیروی زیاد، تکرار حرکت، حمل دستی بار، فشار تماسی، ارتعاش تمام بدن یا موضعی، دماهای پایین و سرانجام روشنایی نامطلوب که به پوسچر نامطلوب منجر می‌شود.

این ریسک فاکتورها در اثر برخی ویژگی‌های سازمانی نظیر چرخه‌ی‌کار- استراحت نادرست، سرعت زیاد انجام کار، مدت زمان طولانی انجام کار، کارهای ناآشنا، نبود تنوع در کار، کارهایی که سرعت آن‌ها را ماشین تعیین می‌کند، دریافت دستمزد بر اساس شمار قطعه‌های تولیدی و ... شدت می‌یابند. بنابراین، می‌توان گفت که آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار، آسیب‌هایی هستند که در طول زمان در اثر انجام فعالیت‌های اسکلتی- عضلانی ایجاد می‌شوند، که گاهی ممکن است راحت و عادی به نظر رسند.این آسیب‌ها دارای چندین ویژگی به شرح زیر هستند:

- تجمع‌پذیری در طول زمان
- ناشی بودن از استرس فیزیکی و مکانیکی
- وجود ناراحتی یا اختلال یا خارج شدن از حالت طبیعی

هنگامی‌که فرد حرکت‌های مشابهی را مدت زمان دراز تکرار می‌کند، اجزای بدن وی مانند یک ماشین مکانیکی فرسوده می‌شود. به این ترتیب، علائمی[1] که به‌صورت اختلالات اسکلتی- عضلانی یا CTDs تعریف می‌شوند، آشکار می‌گردند. علائم این اختلالات عبارت هستند از مجموعه‌ای از ناراحتی، درد، مورمور کردن، سوزش، حساس شدن نسبت به لمس، التهاب، محدود شدن دامنه‌ی حرکت، از دست رفتن قدرت و توانایی و اختلالات حسی در بخشی از بدن. اختلالات اسکلتی- عضلانی بر بخش‌هایی از بدن اثر می‌گذارند که درگیر انجام کار هستند. بالا تنه و به‌ویژه ستون فقرات و دست‌ها حساس‌ترین اندام‌ها در برابر ریسک‌فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی هستند. کارهایی مانند مونتاژ قطعه‌ها،

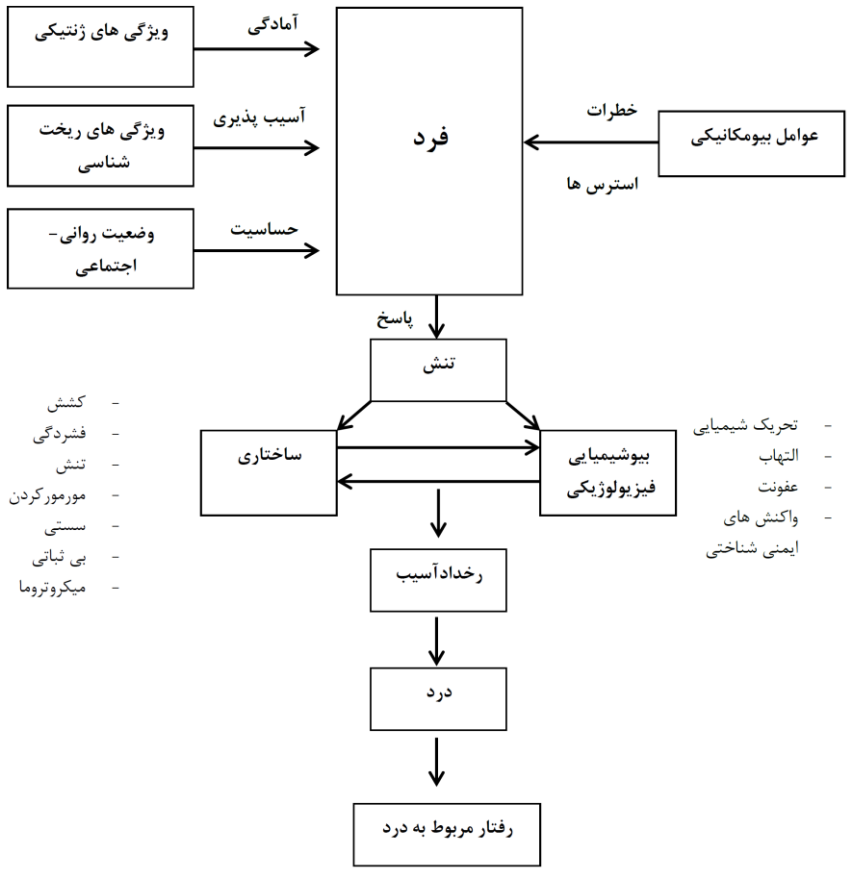
1- Symptoms

واردکردن اطلاعات به‌وسیله‌ی صفحه‌کلید، بسته‌بندی و قالیبافی دارای چرخه‌ی کار کوتاه و بسیـار تـکراری هستند و به وقوع و پیشرفت این اختلالات کمک می‌کنند.

عوامل مؤثر در وقوع اختلالات اسکلتی- عضلانی

بیشتر بررسی‌های همه‌گیر شناختی در زمینه‌ی علل اختلالات اسکلتی- عضلانی از نوع مقطعی بوده و امکان ارزیابی قطعی رابطه‌ی علت و معلولی را فراهم نمی‌آورند. ازاین‌رو، این بررسی‌ها ارزش پیش‌بینی کنندگی ندارند. اختلالات اسکلتی- عضلانی پدیده‌ای چند عاملی هستند و در نتیجه‌ی اثر عوامل گوناگون ایجاد می‌شوند. به طور کلی، تمام عوامل مؤثر و ریسک فاکتورها را می‌توان در چهار گروه شامل عوامل ژنتیکی، عوامل ریخت‌شناسی (مورفولوژیک)، عوامل روانی- اجتماعی و عوامل بیومکانیکی دسته‌بندی کرد.

برای پیشگیری از بروز آسیب‌های اسکلتی- عضلانی و اجرای برنامه‌های مداخله‌ای نمی‌توان کار زیادی بر روی عوامل ژنتیکی و ریخت‌شناسی انجام داد، اما آگاهی از نقش آن‌ها در وقوع آسیب و نیز عوامل روانی- اجتماعی و بیومکانیکی می‌تواند به راهبرد کنترل مؤثر منجر شود. عوامل ژنتیکی و ریخت‌شناسی (به عنوان عوامل غیر قابل تغییر) و عوامل روانی- اجتماعی و بیومکانیکی (به عنوان عوامل قابل تغییر) را می‌توان برای پیشگیری از وقوع آسیب مورد استفاده قرار داد.



مشخص شده است که در برخی آسیب‌های اسکلتی- عضلانی از جمله پارگی دیسک‌های میان مهره‌ای، عوامل ژنتیکی دخیل هستند. برخی عوامل ریخت‌شناسی مؤثر در بروز آسیب عبارت‌اند از سن، جنس، اندازه‌ی مجرای ستون فقرات و نسبت مچ دست. در برخی مطالعات مشخص شده است که افراد بلند قد بیشتر به کمردرد مبتلا می‌شوند و به طور کلی خطر ابتلا به آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در افراد چاق، بسیار بزرگ و بسیار کوچک بیشتر از افراد متوسط است. همچنین، کاهش اندازه‌ی مجرای ستون فقرات به عنوان عامل پیش‌بینی کننده‌ی مهم در کمردردها مطرح است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در

نشانگان تونل کارپال با افزایش نسبت مچ دست (نسبت ضخامت به پهنای مچ دست) احتمال ابتلا به CTS[1] فزونی می‌گیرد.

در زمینه‌ی رابطه‌ی عوامل روانی- اجتماعی با شیوع آسیب‌های اسکلتی- عضلانی، تاکنون پژوهش‌های زیادی انجام شده است. به طور کلی، نارضایتی از کار یکی از عوامل روانی- اجتماعی است که ارتباط شدیدی با آسیب‌های اسکلتی- عضلانی دارد. برخی پژوهشگران نیز بالا بودن اضطراب، روان‌پریشی و افسردگی را در افراد مبتلا به کمردرد گزارش کرده‌اند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که کمبود استراحت، سردردهای پی‌درپی، تنها زندگی کردن، درد معده و خستگی نمونه‌هایی از عوامل استرس روانی- اجتماعی هستند که در افراد مبتلا به آسیب‌های اسکلتی- عضلانی وجود دارد. این که عوامل روانی- اجتماعی علت بروز آسیب‌ها هستند و یا از علائم آن، هنوز به طور علمی و قطعی مشخص نشده است.

در گروه عوامل بیومکانیکی متغیرهای بسیاری مطرح هستند. همان‌گونه که قبلاً نیز به برخی از آن‌ها اشاره شد پوسچر نامطلوب یا ثابت، اعمال نیروی زیاد و تکرار حرکت از مهم‌ترین عوامل بیومکانیکی مؤثر در وقوع آسیب‌های اسکلتی - عضلانی می‌باشند.

همان‌گونه که اشاره شد، تکرار حرکت به عنوان یک ریسک فاکتور مهم در آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مطرح است. در این زمینه سطح تکرار پرخطر بر اساس اندام‌های مختلف بدن به شرح جدول زیر می‌باشد.

ناحیه/ اندام بدن	تکرار در دقیقه
شانه	بیش از ۲/۵ بار
بازو/ آرنج	بیش از ۱۰ بار
ساعد/ مچ دست	بیش از ۱۰ بار
انگشت	بیش از ۲۰۰ بار

لازم به ذکر است که کارها و وظایفی که دارای چرخه‌ای کوتاه‌تر از ۳۰ ثانیه می‌باشند کارها و وظایف تکراری دانسته می‌شوند.

1- Carpal Tunnel Syndrome

پوسچر یا وضعیت بدن هنگام کار[1]

پوسچر به‌صورت وضعیت استقرار اعضا و اندام‌های مختلف بدن در فضا تعریف می‌شود. برای اینکه فرد بتواند حالت خود را در طول زمان حفظ کند، عضلات او باید هرگونه نیروی خارجی وارده بر بدن و در برخی موارد کشش‌های درونی را خنثی کنند. چنین فعالیت عضلانی تحت عنوان "فشار وضعیتی"[2]شناخته می‌شود. تمام محققان در این نکته توافق دارند که بهترین پوسچر، پوسچری است که در آن کمترین فشار وضعیتی بر بدن تحمیل می‌شود و این حالت زمانی محقق می‌شود که اندام‌ها و مفصل‌های بدن در میانه‌ی دامنه‌ی حرکتی خود قرار گیرند.

اگر فشار وضعیتی برای مدتی ادامه یابد (بیش از چند دقیقه) نتایج زیان‌باری به وجود خواهد آمد که از آن‌ها به عنوان "تنش وضعیتی"[3] یاد می‌شود. ماهیچه و دیگر بافت‌های نرم و حتی استخوان‌ها به عنوان یک بافت در برابر فشارهای مکانیکی استاتیک و مداوم واکنش نشان می‌دهند. فعالیت‌های استاتیک جریان خون را محدود کرده و تعادل شیمیایی عضله را بر هم می‌زند و موجب می‌شود فضولات متابولیکی حاصل از فعالیت ماهیچه‌ای در ماهیچه تجمع یابد و خستگی ماهیچه‌ای عارض شود. در این هنگام شخص احساس ناراحتی می‌کند که در ابتدا خفیف و مبهم بوده اما به‌تدریج تبدیل به دردی مزاحم می‌شود و سرانجام زمانی می‌رسد که شخص مجبور می‌شود با تغییر وضعیت بدنی خود از آن رهایی یابد. اگر محیط کار و یا برنامه‌ی کار به‌گونه‌ای باشد که امکان تغییر متناوب پوسچرهای گوناگون بدن را فراهم آورد شرایط مطلوب خواهد بود، زیرا روند فیزیولوژیک خستگی عضلانی، به‌وسیله استراحت و یا تغییر روش کار به سرعت قابل برگشت است.

عدم امکان تغییر پوسچر و کار کردن در حالتی ثابت و محدود پیامدهایی به دنبال دارد که می‌توان آن‌ها را به دو دسته‌ی کوتاه مدت و بلندمدت تقسیم نمود. در کوتاه مدت ممکن است افزایش ناراحتی موجب حواس پرتی و عدم تمرکز شود و در نتیجه افزایش خطا، کاهش

1-Working posture
2- Postural stress
3- Postural strain

بازده کار و حتی وقوع حادثه را به دنبال داشته باشد. در این مرحله عوارض و ناراحتی‌ها هنوز قابل برگشت‌اند و با استراحت یا تغییر فعالیت از بین می‌روند. اگر تنش وضعیتی ادامه یابد درد به وجود می‌آید و احتمال اینکه درد عارض شده با استراحت از بین برود ضعیف است. در این حالت فرد با ناراحتی روبرو نیست بلکه با بیماری مواجه می‌باشد.

انجام کار با پوسچر نامطلوب منجر به تنش وضعیتی، خستگی و درد می‌شود به طوری که ممکن است فرد را مجبور سازد دست از کار کشیده و به استراحت بپردازد. نمونه‌های شاخص از چنین وضعیتی هنگامی ایجاد می‌شوند که برای مثال فرد مجبور است با گردن و کمری خمیده بر روی سطح کار که در ارتفاع پایینی قرار گرفته کار کند و یا برای انجام وظیفه و دسترسی به محل کار بازو و ساعد خود را بالا آورد و یا به‌صورت چمباتمه زده بر روی کار به فعالیت بپردازد. برخی محققان عقیده دارند آنچه که در این حالت عامل کاهش دهنده‌ی عملکرد شغلی و بهره‌وری می‌باشد دردی است که به علت پوسچر نامطلوب در فرد عارض می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان چنین برداشت کرد که در حالی که پوسچر مطلوب عامل مهمی در احساس راحتی در هنگام کار به شمار می‌آید، پوسچر نامطلوب خطری برای سلامتی و ایمنی در محیط کار است. این موضوع هم در کارهای استاتیک که در آن‌ها فرد در وضعیتی ثابت و ایستا برای مدت طولانی به انجام وظیفه می‌پردازد و هم در کارهای دینامیک که همراه با اعمال نیروست صادق است. در کارهای نوع اول (استاتیک) فشار وضعیتی بر ماهیچه‌ها و مفصل‌ها منجر به خستگی ماهیچه‌ای، درد و در دراز مدت سبب تغییرات تجمعی بافتی و آسیب می‌شود. در کارهای نوع دوم (دینامیک همراه با اعمال نیرو) فشارهای بیومکانیکی ناشی از بار خارجی و فعالیت ماهیچه‌ای به همراه فشار وضعیتی سبب بروز آسیب می‌گردد.

اهمیت پوسچر مناسب هنگام کار از زمان‌های دور، حداقل از زمان رامازینی، مورد توجه قرار داشته است. اختلالات اسکلتی- عضلانی با پوسچر کار رابطه‌ای نزدیک دارند. گردن، کمر، شانه، ساعد و زانو از جمله نواحی و اندام‌هایی هستند که در معرض بیشترین اثرات سوء ناشی از پوسچر نامطلوب قرار دارند. در بین عوامل و ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-

عضلانی ناشی از کار، پوسچر نامطلوب از جمله مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود. مطالعات زیادی که در این زمینه انجام شده است ارتباطی مستقیم بین پوسچر نامطلوب و علائم MSDs را اثبات کرده‌اند. افزون بر آن، همان‌گونه که بهبود پوسچر بر ارتقاء سلامت، کاهش استرس و کاهش ناراحتی هنگام کار مؤثر است، از نظر راندمان کار و عملکرد شغلی نیز عاملی پراهمیت دانسته می‌شود.

هم‌اکنون، در بسیاری از شیوه‌های ارزیابی مواجهه‌ی کارگر با ریسک فاکتورهای WMSDs، پوسچر فرد هنگام کار مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد و بر اساس آن میزان خطر وقوع آسیب تعیین می‌شود و شیوه‌های بهبود شرایط کار به منظور حذف پوسچر نامطلوب و در نتیجه کاهش خطر بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی ارائه می‌شود. شیوه‌های مشاهده‌ای نظیر RULA، REBA و QEC همه بر پایه‌ی ارزیابی پوسچر فرد هنگام کار استوارند و توصیه‌هایی جهت بهبود آن ارائه می‌کنند. تا زمانی که اقدام‌های اصلاحی جهت بهبود پوسچر صورت نگیرد، اثرات سوء آن بر بدن ادامه داشته و فشارهای وضعیتی بر فرد وارد شده و احتمال بروز WMSDs بالا خواهد بود. بنابراین، ضروری است که سریعاً علائم WMSDs تشخیص داده شوند و پوسچر کار مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت نیاز اقدام‌هایی جهت اصلاح آن انجام پذیرد.

مطالعات نشان داده‌اند که پوسچر مطلوب و صحیح بر دستگاه اسکلتی- عضلانی فرد اثر مثبت داشته و باعث بهبود عملکرد فرد و کاهش آسیب‌ها و حوادث شغلی در محیط کار می‌شود. در زیر به شرح شیوه‌های RULA، REBA، QEC و ROSA که از جمله پرکاربردترین روش‌های عملیاتی ارزیابی پوسچر و ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی در محیط کار می‌باشد و در کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی مورد استفاده و تأکید قرار گرفته است پرداخته می‌شود.

روش RULA[1]

در طی دو دهه‌ی گذشته آگاهی‌ها نسبت به اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی، مچ دست، آرنج یا شانه افزایش یافته است. مطالعات نشان داده‌اند که اگرچه عوامل روانی-اجتماعی می‌توانند به بروز این اختلالات کمک نمایند، اما این عوامل مکانیکی هستند که نقش اصلی را ایفا می‌کنند. عوامل مکانیکی مطرح شامل تکرار حرکت‌های مفصل‌ها، پوسچر اندام‌ها و نیرویی که هنگام کار اعمال می‌شود، می‌باشند. جایی که این عوامل به خوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و تغییراتی در شرایط انجام کار ایجاد شود، بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی به طور قابل توجهی کاهش یافته و حتی به صفر نزدیک می‌شود.

یکی از روش‌های ارزیابی خطر بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در اندام‌های فوقانی،RULA (ارزیابی سریع اندام فوقانی) می‌باشد. این روش که از دسته روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی است به‌وسیله‌ی مک‌آتامنی و کورلت (۱۹۹۳) ارائه شده است. در این روش، ارزیابی با استفاده از دیاگرام‌هایی از پوسچر اندام‌های گوناگون و جدول‌هایی برای امتیازگذاری مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی - عضلانی اندام فوقانی انجام می‌گیرد. ریسک‌فاکتورهای مورد ارزیابی در روش RULA شامل تعداد حرکت‌ها، کار ماهیچه‌ای استاتیک و اعمال نیرو می‌باشند. اهداف توسعه و ارائه‌ی RULA عبارت‌اند از:

الف) ارائه‌ی روشی برای غربالگری سریع جمعیت کاری که با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام فوقانی مواجهه دارند.

ب) شناسایی فعالیت‌های ماهیچه‌ای مرتبط با پوسچر کار، اعمال نیرو و انجام کارهای استاتیک یا تکراری که به بروز خستگی ماهیچه‌ای کمک می‌کنند.

پ) ارائه‌ی راه‌کارهایی برای پیشگیری از بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی و کاهش شیوع آن‌ها.

1 - Rapid Upper Limb Assessment

همان‌گونه که می‌توان دریافت، روش RULA برای تشخیص وجود یا عدم وجود اختلالات اسکلتی- عضلانی اندام‌های فوقانی در یک جمعیت کاری خاص ارائه نشده بلکه این روش برای تعیین وجود یا عدم وجود بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی اندام‌های فوقانی طراحی و معرفی شده است. بدین‌ترتیب، RULA یک ابزار ارزیابی خطر مبتنی بر نگرش پیشگیری است. RULA به‌گونه‌ای طراحی شده است که از طریق مشاهده‌ی کارگر هنگام کار با حداقل اندازه‌گیری و پرسش، خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی را ارزیابی نماید. نتایج ارزیابی مشخص می‌سازد که مداخله‌های ارگونومیک می‌بایست در کجا و در چه جهتی انجام شوند. پس از انجام مداخله‌های ارگونومیک، به منظور بررسی اثربخشی تغییرات ایجاد شده، مجدداً روند یاد شده تکرار می‌شود. بدین‌ترتیب، بسیار پیش از آنکه، اثر مداخله بر شیوع و بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی آشکار شود، اثر آن به‌وسیله ارزیابی مجدد خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی تعیین می‌گردد.

روند ارزیابی در روش RULA:

RULA برپایه‌ی شیوه‌ی OWAS طراحی و توسعه یافته است به طوری که می‌توان گفت RULA شکل تکامل یافته‌ی OWAS برای ارزیابی خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی در اندام‌های فوقانی بدن است. در RULA پوسچر اندام‌های گوناگون بدن مشاهده شده و بر اساس اصول خاصی امتیازگذاری می‌شود. امتیازهای بالا نشان دهنده فشارهای اسکلتی-عضلانی فزون‌تر است. امتیاز پوسچر اندام‌های گوناگون با یکدیگر ادغام شده و سرانجام با در نظر گرفتن فعالیت ماهیچه‌ای و نیروی اعمال شده امتیاز نهایی که گویای خطر بروز آسیب است مشخص می‌گردد.

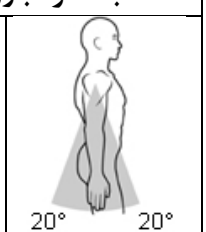
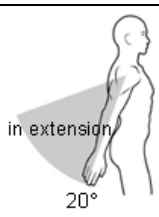
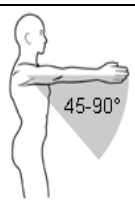
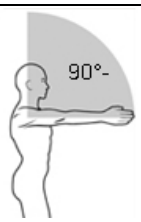
همان‌گونه که پیش‌تر نیز گفته شد، تنها عامل کمک‌کننده به بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در اندام‌های فوقانی پوسچر نمی‌باشد، بلکه عوامل دیگری همچون تکرار حرکت، اعمال نیرو و امکان تغییر در چرخه‌ی کار نیز در این موضوع دخیل‌اند. بنابراین، برای یک ارزیابی فراگیر و منطقی می‌بایست تمام این عوامل در نظر گرفته شوند. افزون بر آن، منظور از پوسچر، تنها پوسچر مچ دست و بازو نمی‌باشد، بلکه پوسچر کل بدن می‌تواند در بروز

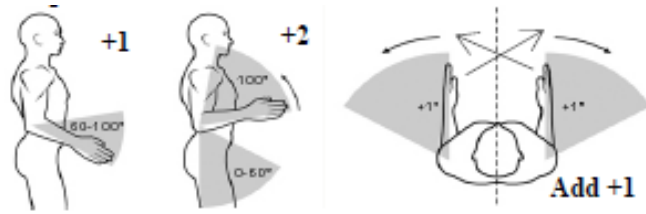
اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام فوقانی تأثیر داشته باشد و تصویری از مناسب یا نامناسب بودن شرایط کار ارائه دهد.

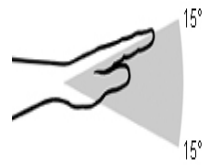
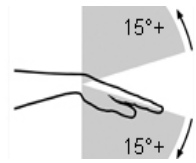
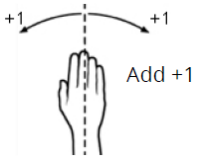
در روش RULA با استفاده از مشاهده، از پوسچر اندام‌ها در بخشی از کار که بیشترین فشار بر دستگاه اسکلتی- عضلانی وارد می‌شود (بیشترین کاربرد مفاصل و یا بیشترین انحراف مفاصل از حالت طبیعی) نمونه‌برداری می‌شود. اغلب این پرسش مطرح می‌شود که در RULA چه پوسچرهایی می‌بایست نمونه‌برداری شده و مورد واکاوی قرار گیرند. همان‌گونه که در بالا نیز توضیح داده شد، پاسخ این است که در روش RULA یا بدترین پوسچرها برای ارزیابی انتخاب شده و نمونه‌گیری می‌شوند و یا پرتعدادترین پوسچرها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

پس از انتخاب پوسچر مورد نظر و مشاهده، وضعیت بازو، ساعد و مچ دست با استفاده از دیاگرام گروه A (در شکل ۲) ارزیابی می‌شوند و امتیاز A با استفاده از جدول A (جدول ۱) تعیین می‌گردد. لازم به توضیح است که امتیاز A برای هر دو دست به طور جداگانه تعیین می‌شود. اگر واکاوگر تشخیص دهد که یکی از دست‌ها در معرض خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی قرار ندارد، ارزیابی آن دست ضرورتی ندارد.

گروه A : نمره بازوها، ساعد، مچ دست

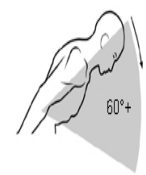
محاسبه نمره بازو				
				
انحراف ۲۰ درجه به جلو یا عقب	انحراف بیش از ۲۰ درجه به عقب	انحراف بین ۴۵-۲۰ درجه به جلو	انحراف بازو بین ۹۰-۴۵ درجه به جلو	انحراف بازو با زاویه ۹۰ یا بیشتر به جلو
۱	۲	۲	۳	۴
اگر شانه‌ها بالا بود یک عدد اضافه کنید				+۱
اگر بازو از تنه دور بود یک عدد اضافه کنید				+۱
اگر بازو به بدن چسبیده بود یا تکیه‌گاه داشت یک عدد کم کنید				-۱

محاسبه نمره ساعد	
	
برای انحراف ساعد بین زاویه ۱۰۰-۶۰ درجه به جلو عدد ۱ در نظر گرفته شود	۱
برای انحراف ساعد بیش از ۱۰۰ درجه به جلو و کمتر از ۶۰ درجه به عقب عدد ۲ در نظر گرفته شود	۲
اگر کار در طرفین بدن یا دورتر از جلوی بدن صورت می‌گیرد یک عدد اضافه کنید	+۱

محاسبه نمره مچ			
			
۱	۲	۳	+۱
مچ دست در پوسچر طبیعی باشد	انحراف مچ با زاویه ۰ تا ۱۵درجه به سمت بالا یا پایین	انحراف بیش از ۱۵ درجه به سمت بالا یا پایین	اگر مچ از خط مرکزی به طرفین منحرف شود یک عدد اضافه کنید
وضعیت پیچش مچ			
۱	اگر مچ عمدتاً در وسط دامنه حرکتی پیچشی است.		
۲	اگر مچ در یا نزدیک انتهای دامنه حرکتی پیچشی است.		

گروه B : نمره گردن، تنه، پاها

محاسبه نمره گردن			
برای انحراف بین ۱۰-۰ درجه گردن به سمت پایین	برای انحراف بین ۲۰- ۱۰ درجه گردن به سمت پایین	برای انحراف بیش از ۲۰ درجه گردن به سمت پایین	برای حالتی که گردن به‌طرف عقب کشیده می‌شود.
۱	۲	۳	۴
اگر گردن به طرفین پیچیده بود یک عدد اضافه کنید			+۱
اگر گردن به طرفین خم شده بود یک عدد اضافه کنید			+۱

محاسبه نمره تنه			
			
برای خمش ۶۰ درجه‌ای یا بیشتر تنه به جلو	برای خمش بین۶۰- ۲۰ درجه تنه به جلو	برای خمش بین ۲۰- ۰ درجه تنه به جلو	اگر تنه در وضعیت نشسته به‌خوبی حمایت شود
۴	۳	۲	۱
اگر تنه به طرفین پیچیده بود یک عدد اضافه کنید			+۱
اگر تنه به طرفین خم شده بود یک عدد اضافه کنید			+۱
محاسبه نمره پاها			
۱	پاها در وضعیت متعادل و دارای تکیه‌گاه هستند.		
۲	پاها در وضعیت اول نیستند.		

شکل ۲: دیاگرام‌های گروه A و گروه B در روش RULA و چگونگی امتیازگذاری پوسچر اندام‌های گوناگون.

وضعیت گردن، تنه و پاها نیز با استفاده از دیاگرام گروه B (شکل ۲) ارزیابی می‌شود و امتیاز B با استفاده از جدول B (جدول ۲) تعیین می‌گردد. جدول‌های تعیین امتیاز A و امتیاز B (جدول‌های ۱ و ۲) اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های مورد نظر (بازو، ساعد و مچ دست از گروه A و گردن، تنه و بازوها از گروه B) را تعیین کرده و برآورد اولیه‌ای از میزان خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی را به دست می‌دهند. تا این‌جا هنوز اثر نیرو و تکرار حرکت در نظر گرفته نشده و تنها اثر پوسچر مدنظر بوده است.

جدول۱: جدول A برای ارزیابی اثر ترکیبی پوسچر بازو، ساعد و مچ دست و تعیین امتیاز A.

امتیاز پوسچر بازو	امتیاز پوسچر ساعد	امتیاز پوسچر مچ							
		۱		۲		۳		۴	
		پیچش		پیچش		پیچش		پیچش	
		۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳
	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳
	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴
۲	۱	۲	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵
۳	۱	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۵	۵
	۲	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵
	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
۴	۱	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
	۲	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
	۳	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۶	۶
۵	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۶	۷
	۲	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۷
	۳	۶	۶	۶	۷	۷	۷	۷	۸
۶	۱	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸	۹
	۲	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۹	۹
	۳	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹

جدول ۲: جدول B برای ارزیابی اثر ترکیبی پوسچر گردن، تنه و بازوها و تعیین امتیاز B.

امتیاز پوسچر گردن	امتیاز پوسچر تنه											
	۱		۲		۳		۴		۵		۶	
	پاها		پاها		پاها		پاها		پاها		پاها	
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
۱	۱	۳	۲	۳	۳	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۷
۲	۲	۳	۲	۳	۴	۵	۵	۵	۶	۷	۷	۷
۳	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۷	۷
۴	۵	۵	۵	۶	۶	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸
۵	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۶	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۹	۹	۹

برای در نظر گرفتن اثر تکرار حرکت و نیرو، به ترتیب از جدول‌های ۳ و ۴ استفاده می‌شود.

جدول ۳: امتیاز مربوط به فعالیت ماهیچه‌ای و تکرار حرکت.

اگر پوسچر:

- عمدتاً استاتیک است (برای بیش از یک دقیقه حفظ شده و ثابت نگه داشته می‌شود)،
- به شدت تکراری است یا بیش از ۴ بار در دقیقه تکرار می‌شود،

آنگاه امتیار ۱ در نظر گرفته شود.

- نه استاتیک است و نه به شدت تکراری است،

آنگاه امتیاز صفر در نظر گرفته شود.

اضافه کردن دو عامل فعالیت ماهیچه‌ای و نیرو به امتیاز A و امتیاز B به ترتیب امتیازهای C و D را مشخص می‌سازد:

امتیاز C = امتیاز نیرو + امتیاز فعالیت‌های ماهیچه‌ای + امتیاز A

امتیاز D = امتیاز نیرو + امتیاز ماهیچه‌ای + امتیاز B

جدول ۴: امتیاز مربوط به نیروی اعمال شده.

۰	۱	۲	۳
- مقاومتی در برابر حرکت وجود ندارد - نیروی اعمال شده کمتر از ۲kg و به‌صورت منقطع	- نیروی اعمال شده در ۲kg تا ۱۰kg به‌صورت منقطع	- ۲kg تا ۱۰kg نیروی استاتیک - ۲kg تا ۱۰kg نیروی تکراری - ۱۰kg یا بیشتر نیروی منقطع	-۱۰ kg یا بیشتر نیروی استاتیک - ۱۰kg یا بیشتر نیروی تکراری - نیروهای ناگهانی که به سرعت تجمع می‌یابند

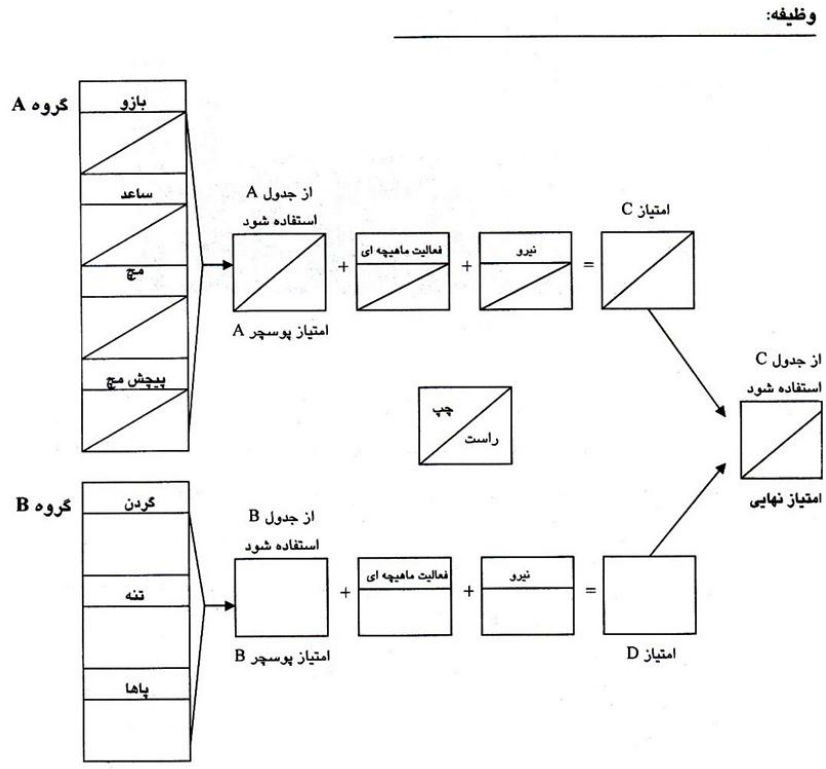
پس از محاسبه‌ی امتیازهای C و D، با استفاده از جدول C (جدول ۵) این دو امتیاز با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا امتیاز نهایی[1] به دست آید (شکل ۳). امتیاز نهایی برآوردی از خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی را به دست می‌دهد. هرچه امتیاز نهایی عدد بزرگ‌تری باشد، خطر بروز این اختلالات فزون‌تر است. لازم به ذکر است که امتیاز نهایی برای دست راست و چپ به طور جداگانه تعیین می‌شود.

جدول ۵: جدول C برای تعیین امتیاز نهایی

(اعداد درون جدول مشخص‌کننده‌ی امتیاز نهایی هستند).

جدول امتیاز نهایی							
امتیاز C	امتیاز D (گردن ، تنه و پاها)						
اندام فوقانی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷+
۱	۱	۲	۳	۳	۴	۵	۵
۲	۲	۲	۳	۴	۴	۵	۵
۳	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۶
۴	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۶
۵	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۷
۶	۴	۴	۵	۶	۶	۷	۷
۷	۵	۵	۶	۶	۷	۷	۷
۸	۵	۵	۶	۷	۷	۷	۷

1. Grand score



شکل ۳: چارت محاسبه‌ی امتیازها در روش RULA.

در جدول ۵ هرچه از بالا سمت چپ به سمت پایین سمت راست حرکت کنیم، اعداد بزرگ‌تر می‌شوند. براساس امتیاز نهایی به دست آمده از جدول ۵، سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی[1] به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

سطح ۱: امتیاز نهایی ۱ یا ۲ مشخص می‌سازد که اگر پوسچر برای مدت زمان طولانی ثابت حفظ نشود یا به‌شدت تکرار نگردد قابل قبول است.

سطح ۲: امتیاز نهایی ۳ یا ۴ مشخص می‌سازد که مطالعه‌ی فزون‌تری در این زمینه لازم است و ایجاد تغییرات و مداخله‌ی ارگونومیک ممکن است ضروری باشد.

1- Action level

سطح ۳: امتیاز نهایی ۵ و ۶ مشخص می‌سازد که مطالعه‌ی فزون‌تر، ایجاد تغییرات و مداخله‌ی ارگونومیک در آینده‌ی نزدیک بایسته است.

سطح ۴: امتیاز نهایی ۷ یا بیشتر مشخص می‌سازد که مطالعه‌ی فزون‌تر، ایجاد تغییرات و مداخله‌ی ارگونومیک فوراً بایسته است.

وقتی سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی تعیین شد، لازم است که برای کاهش خطر در مورد تغییرات و شیوه‌ی مداخله‌ی ارگونومیک تصمیم‌گیری شود. با توجه به اینکه هرچه وضعیت خطرناک‌تر باشد، امتیازها عدد بزرگ‌تری به خود می‌گیرند، بنابراین برای بهبود شرایط و کاهش خطر می‌بایست تغییراتی را مدنظر داشت که مقدار عددی امتیازها را کاهش دهند. برای این کار بایسته است که از امتیازهای بزرگ‌تر آغاز نمود. این امر به بهبود امتیاز نهایی کمک می‌کند. با توجه به اینکه تنها کاهش یکی از امتیازها (مثلاً A یا B و ...) موجب کاهش امتیاز نهایی به اندازه‌ی کافی نمی‌شود، معمولاً انجام چندین تغییر ضرورت می‌یابد.

مثال: ارزیابی پوسچر کارگر در عملیات روفوگری با روش RULA در چارت شکل ۴ ارائه شده است. لازم به توضیح است که در تجزیه و تحلیل پوسچر شکل ۵، امتیاز استفاده از ماهیچه برای هر دو دست برابر با یک در نظر گرفته شده است، زیرا فعالیت ماهیچه‌ای در هر دو دست از نوع استاتیک می‌باشد. در این وضعیت، امتیاز نیرو برای هر دو دست برابر با صفر است، زیرا نیروی اعمالی توسط هر دو دست در این پوسچر کمتر از ۲ کیلوگرم می‌باشد. ارزیابی و امتیازدهی در مثال فوق به شرح زیر می‌باشد.

<u>پوسچر اندام‌های گروه A:</u>

ارزیابی پوسچر برای دست راست:

- ✓ بازو بین صفر تا ۲۰° به سمت جلو انحراف داشته (۱) و از محور بدن دور شده است (+۱).
- ✓ زاویه خمش ساعد حدود ۹۰° است (۱)، اما ساعد به سمت خط میانی بدن انحراف دارد (+۱).

- ✓ خمش/کشش مچ دست بین صفر تا ۱۵° است (۱)، اما انحراف به سمت زند زیرین مشاهده می‌شود (۱+).
- ✓ پیچش مچ دست مشاهده نمی‌شود (۱).

ارزیابی پوسچر برای دست چپ:

- ✓ بازو بین صفر تا ۲۰° به سمت جلو انحراف داشته (۱) و از محور بدن دور شده است (۱+).
- ✓ زاویه خمش ساعد حدود ۹۰° است (۱)، اما ساعد به سمت خط میانی بدن انحراف دارد (۱+).
- ✓ خمش/کشش مچ دست بین صفر تا ۱۵° است (۱) و هیچ‌گونه انحراف به سمت زند زیرین یا زند زبرین مشاهده نمی‌شود.
- ✓ پیچش مچ دست مشاهده نمی‌شود (۱).

با استفاده از جدول ۱، امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A برای هر دو دست برابر با ۳ به دست می‌آید. با استفاده از جدول ۳، امتیاز مربوط به فعالیت ماهیچه‌ای و تکرار حرکت برای هر دو دست برابر با ۱ خواهد بود. از آنجا که نیروی اعمالی توسط هر دو دست در این پوسچر کمتر از ۲ کیلوگرم می‌باشد، لذا امتیاز مربوط به اعمال نیرو بر اساس جدول ۴ برابر با صفر خواهد بود. بدین ترتیب امتیاز C برای هر دو دست ۴ تعیین می‌شود.

پوسچر اندام‌های گروه B:

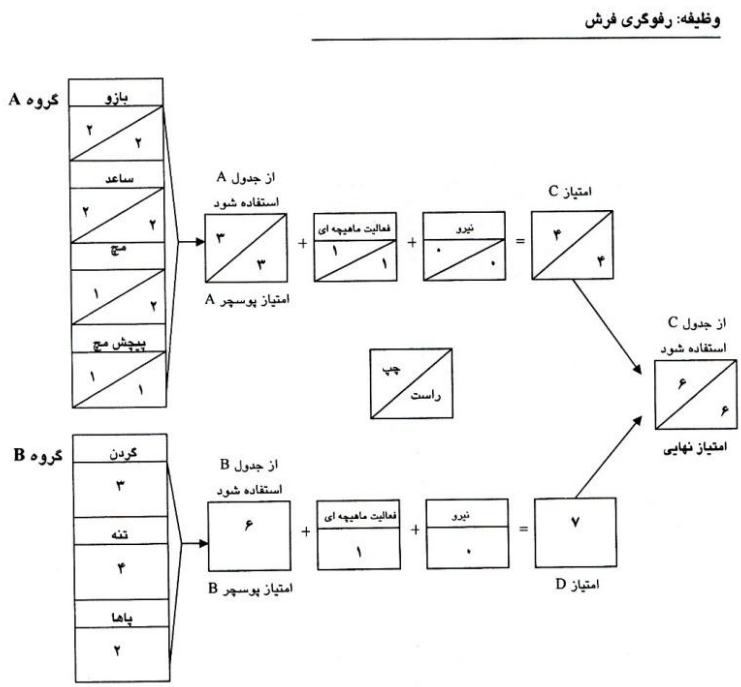
- گردن بیش از ۲۰° به سمت جلو خمش دارد (۳).
- تنه بیش از ۶۰° به سمت جلو خمیده شده است (۴).
- پاها از پوسچر مناسبی برخوردار نیست و بشدت از حالت خنثی و طبیعی انحراف دارد (۲).

با استفاده از جدول ۲، امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه B برابر با ۶ به دست می‌آید. ازآنجا که اندام‌های گروه B همواره از پوسچر استاتیک برخوردارند، لذا براساس جدول ۳ امتیاز مربوط به فعالیت ماهیچه‌ای و تکرار حرکت برابر با یک است. از آنجا که نیروی اعمالی توسط اندام‌های گروه B در این پوسچر کمتر از ۲ کیلوگرم می‌باشد، لذا امتیاز مربوط به

اعمال نیرو بر اساس جدول ۴ برابر با صفر خواهد بود. بدین ترتیب امتیاز D برابر با ۷ تعیین می‌شود.

با انتقال امتیازهای C و D به جدول ۵، امتیاز نهایی برای هر دو دست برابر با ۶ به دست می‌آید. شکل ۴ برگه‌ی محاسبه‌ی امتیاز RULA را برای مثال بالا ارائه می‌کند.

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود امتیاز نهایی ارزیابی پوسچر کارگر شکل ۵ برای هر دو دست راست و چپ برابر با ۶ می‌باشد. بدین‌ترتیب سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی برابر با ۳ تعیین می‌شود. این بدان معناست که ایجاد تغییرات و مداخله‌ی ارگونومیک در آینده‌ی نزدیک بایسته است و برای بهبود شرایط کار، اقدام‌های اصلاحی ضروری است. شکل ۴ نشان می‌دهد امتیاز گروه B (پوسچر گردن، تنه و پاها) بالا می‌باشد (برابر با ۶)، بنابراین اقدام‌های اصلاحی می‌بایست بر روی کاهش این امتیاز متمرکز شود و تدابیری برای بهبود پوسچر گردن، تنه و پاها که به‌شدت از حالت طبیعی انحراف دارند انجام گردد.



شکل ۴: چارت محاسبه‌ی امتیازها در ارزیابی پوسچر کارگر رفوگر شکل ۵.

شکل ۵: پوسچر کار متداول در عملیات رفوگری.

به طور کلی باید اظهار داشت که RULA عمدتاً ابزاری برای بررسی وضعیت موجود است. اگرچه در بسیاری موارد می‌توان اقدام‌های اصلاحی مشخص شده در روش RULA را برای بهبود شرایط کار کافی دانست، اما گاهی نیاز به مطالعه‌ی مفصل‌تر وجود خواهد داشت. یکی از جنبه‌های سودمند RULA این است که افراد غیرمتخصص نیز می‌توانند با یک آموزش فشرده در ارزیابی وضعیت موجود از این روش استفاده کنند. این بدان معناست که کارگران خود می‌توانند شرایط کار خویش را ارزیابی کرده و به بهبود آن کمک کنند. یکی از پیشرفته‌ای حاصل در این مورد، در دسترس بودن نرم‌افزار RULA می‌باشد که برای محاسبه‌ی امتیاز نهایی طراحی شده است. بدین‌ترتیب کارکنان، به ویژه کاروران کامپیوتر، می‌توانند شرایط کار خود را به راحتی ارزیابی نموده و در صورت نیاز به رفع مشکل بپردازند. افزون بر آن، برگه‌های راهنما برای اجرای روش RULA و محاسبه‌ی امتیاز نهایی طراحی شده است که به سهولت انجام کار کمک زیادی می‌نماید.

سرانجام، مطالعات نشان داده‌اند که روش RULA از روایی و اعتباری قابل قبول در ارزیابی ارگونومیک خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام فوقانی برخوردار است و همچنین دارای حساسیتی مطلوب می‌باشد. از این‌رو کاربرد آن در تحقیقات علمی مورد تأیید می‌باشد. ارزیابی برخط این روش از طریق لینک زیر امکان پذیر است:

http://www.rula.co.uk/

روش REBA[1]

واکاوی پوسچر یکی از شیوه‌های ارزیابی فعالیت‌های شغلی در ارگونومی است. تعیین خطر بروز آسیب‌های اسکلتی- عضلانی که در اثر پوسچرهای نامطلوب ایجاد می‌شوند می‌تواند مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری در مورد ایجاد تغییرات در محیط کار و اجرای برنامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک باشد. به همین دلیل، در اختیار داشتن شیوه‌هایی که به‌وسیله‌ی آن‌ها بتوان بزرگی این خطر را تحت شرایط میدانی به راحتی تعیین نمود کمک مؤثری در ارزیابی شرایط کار خواهد بود.

در بیشتر شیوه‌های واکاوی پوسچر معمولاً دو ویژگی مخالف شامل عمومیت و حساسیت وجود دارد. این بدان معناست که مثلاً عمومیت بالا در یک شیوه واکاوی پوسچر حساسیت پایین را سبب می‌شود و برعکس. برای نمونه، روش OWAS برای گستره وسیعی از فعالیت‌ها و مشاغل قابل کاربرد است (عمومیت بالا)، اما این روش جزئیات اندکی از وضعیت پوسچر در اختیار می‌گذارد (حساسیت پایین). در مقابل، معادله بلند کردن بار که از سوی NIOSH (۱۹۹۳) ارائه شده است و به بسیاری پارامترهای مربوط به پوسچر توجه دارد، برای ارزیابی شرایط بلند کردن بار و «تعیین حد بار توصیه شده (RWL)» از حساسیت بالایی برخوردار است، اما این روش قابلیت تعمیم پایینی برای موارد و کاربردهای دیگر دارد.

با توجه به مطالب یاد شده، طراحی و توسعه‌ی روشی که از سویی عمومیت بالایی داشته و بتواند گستره وسیعی از پوسچرها و وضعیت‌های گوناگون را ارزیابی نماید و از سوی دیگر از حساسیتی قابل قبول برخوردار باشد می‌تواند پیشرفتی با اهمیت در این زمینه انگاشته شود. روش REBA در راستای دستیابی به این هدف و برای ارزیابی پوسچر در فعالیت‌هایی با پوسچرهای متنوع طراحی و ارائه شده است. هدف‌های مورد نظر در طراحی REBA عبارت‌اند از:

- ✓ طراحی و توسعه‌ی روشی با حساسیت بالا برای واکاوی پوسچر در مشاغل و وظیفه‌های گوناگون.

1 - Rapid Entire Body Assessment

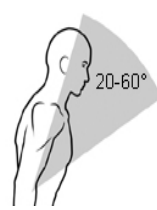
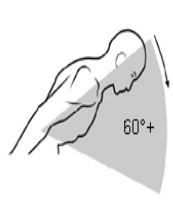
- ✓ تقسیم بدن به ناحیه‌های کدگذاری شده‌ی گوناگون با توجه به صفحه‌های حرکتی.
- ✓ ارائه روشی برای امتیازگذاری فعالیت‌های ماهیچه‌ای ناشی از پوسچرهای استاتیک، دینامیک، بی‌ثبات و تغییرات پی‌درپی .
- ✓ تأکید بر "جفت شدن دست با بار"[1] به عنوان عاملی مهم در جابجایی بار.
- ✓ تعیین سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی.
- ✓ عدم نیاز به وسایل و تجهیزات خاص (شیوه‌های قلم-کاغذ).

روند ارزیابی در روش REBA:

در روش REBA، دسته‌بندی اندام‌ها (گروه A و گروه B) و امتیازگذاری پوسچرها بر اساس روش‌های موجود (معادله‌ی NIOSH، OWAS، ارزیابی ناراحتی بدن) و به ویژه RULA انجام شده است. در REBA، اندام‌های گروه A شامل تنه، گردن و پاها می‌باشند که در مجموع ۶۰ پوسچر ترکیبی را ایجاد می‌کنند. شیوه‌ی امتیازگذاری پوسچر اندام‌های یاد شده در شکل ۶(الف و ب) ارائه شده است. اثر ترکیبی پوسچرهای یاد شده با استفاده از جدول ۶ تعیین می‌شود. امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A با توجه به وضعیت تک‌تک اندام‌ها در گستره‌ی ۱ تا ۹ متغیر است (جدول ۶) و امتیاز مربوط به اعمال نیرو که از جدول ۷ به‌دست می‌آید به امتیاز اندام‌های گروه A اضافه می‌شود تا امتیاز A تعیین گردد.

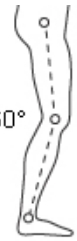
در REBA اندام‌های گروه B شامل بازوها، ساعدها و مچ دست‌ها می‌باشند که در مجموع ۳۶ پوسچر ترکیبی را ایجاد می‌کنند. شیوه‌ی امتیازگذاری پوسچر اندام‌های یاد شده در شکل ۷(الف و ب) ارائه شده است. اثر ترکیبی پوسچرهای یاد شده با استفاده از جدول ۸ تعیین می‌شود. امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه B با توجه به وضعیت تک‌تک اندام‌ها در گستره‌ی ۱ تا ۹ متغیر است (جدول ۸). امتیاز مربوط به جفت شدن دست با بار که از جدول ۹ به‌دست می‌آید به امتیاز اندام‌های گروه B اضافه می‌شود تا امتیاز B حاصل گردد.

1- Coupling

جدول امتیازات تنه				
				
وضعیت تنه مستقیم است	خمش °20-°0	خمش °60-°20 و کشش (انحراف به سمت عقب) بیش از °20	خمش بیش از °60	کشش بیش از °20
۱	۲	۳	۴	۲
در صورت چرخش یا خمش تنه به طرفین یک واحد اضافه می‌گردد				۱+

جدول امتیازات گردن		
خمش °20-°0 گردن رو به جلو	خمش بیش از °20 گردن رو به جلو	کشش بیش از°20 گردن رو به عقب
۱	۲	۲
در صورت چرخش یا خمش گردن به طرفین یک واحد اضافه شود		۱+

شکل ۶ الف: امتیازگذاری پوسچر اندام‌های گروه A (تنه، گردن) در روش REBA.

جدول امتیازات پاها			
			
وزن بدن به‌طور متعادل به هر دو پا منتقل می‌شود، در حال راه رفتن یا نشسته	وزن بر روی یکی از پاها منتقل می‌شود یا وزن بدن بر روی پوسچر نامتعادل وارد می‌شود	در صورتی که یک یا هر دو زانو بین ۳۰ تا ۶۰ درجه خمیده باشد، یک امتیاز اضافه می‌شود	در صورتی که یک یا هر دو زانو بیش ۶۰ درجه خمیده باشد به استثنای نشستن
۱	۲	+۱	+۲

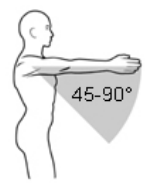
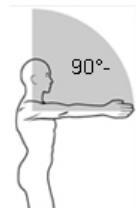
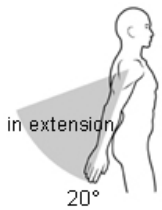
شکل ۶ ب: امتیازگذاری پوسچر اندام‌های گروه A (پاها) در روش REBA.

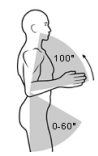
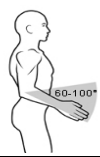
جدول ۶: تعیین امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A (پاها).

جدول گروه A												
امتیاز پوسچر تنه	**امتیاز پوسچر گردن**											
	۱				۲				۳			
	پاها				**پاها**				**پاها**			
	۱	**۲**	**۳**	**۴**	**۱**	**۲**	**۳**	**۴**	**۱**	**۲**	**۳**	**۴**
۱	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۳	۳	۵	۶
۲	۲	۳	۴	۵	۳	۴	۵	۶	۴	۵	۶	۷
۳	۲	۴	۵	۶	۴	۵	۶	۷	۵	۶	۷	۸
۴	۳	۵	۶	۷	۵	۶	۷	۸	۶	۷	۸	۹
۵	۴	۶	۷	۸	۶	۷	۸	۹	۷	۸	۹	۹

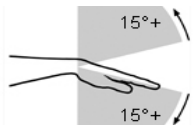
جدول ۷: تعیین امتیاز اعمال نیرو.

جدول امتیاز نیرو		
مقدار اعمال نیرو	**امتیاز**	**تغییر امتیاز**
کمتر از ۵ کیلوگرم	۰	در صورتی‌که نیرو به‌طور ناگهانی اعمال شود یک امتیاز به امتیازهای ذکر شده اضافه شود.
۵ تا ۱۰ کیلوگرم	۱	
بیش از ۱۰ کیلوگرم	۲	

جدول امتیاز بازو				
				
انحراف ۲۰° به سمت جلو یا عقب	انحراف ۲۰-۴۵° به سمت جلو	انحراف ۴۵ -۹۰° به سمت جلو	انحراف بیش از ۹۰° به سمت جلو	کشش بیش از ۲۰° به سمت عقب
۱	۲	۳	۴	۱
در صورتی‌که بازو از محور اصلی بدن دور شود یا بچرخد یک واحد اضافه شود				+۱
در صورتی‌که شانه‌ها بالا نگه داشته شود ، یک واحد اضافه شود				+۱
اگر وزن بازو بر روی تکیه‌گاهی منتقل می‌شود یا وزن بازو به ماهیچه‌های شانه و بازو وارد نمی‌شود، یک واحد کم شود				-۱

جدول امتیاز ساعد	
	
خمش کمتر از ۶۰درجه یا بیشتر از ۱۰۰ درجه	خمش۶۰ تا ۱۰۰درجه ساعد رو به جلو
۲	۱

شکل۷ الف: امتیازگذاری پوسچر اندام‌های گروهB (بازوها، ساعدها) در روش REBA.

	
خمش یا کشش ۰ تا ۱۵درجه مچ دست	خمش یا کشش بیش از ۱۵ درجه مچ دست
۱	۲
در صورت انحراف مچ دست به سمت زند زبرین و یا زند زیرین یا چرخش حول راستای ساعد یک واحد اضافه شود	+۱

شکل۷ ب: امتیازگذاری پوسچر اندام‌های گروه B (مچ دست‌ها) در روش REBA.

جدول ۸: تعیین امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه B (بازوها، ساعدها و مچ دست‌ها).

جدول گروه B						
امتیاز پوسچر بازو	**امتیاز پوسچر ساعد**					
	۱			**۲**		
	مچ دست			**مچ دست**		
	۱	**۲**	**۳**	**۱**	**۲**	**۳**
۱	۱	۲	۲	۱	۲	۳
۲	۱	۲	۳	۲	۳	۴
۳	۳	۴	۵	۴	۵	۵
۴	۴	۵	۵	۵	۶	۷
۵	۶	۷	۸	۷	۸	۸
۶	۷	۸	۸	۸	۹	۹

جدول ۹: تعیین امتیاز مربوط به جفت شدن دست با بار.

وضعیت جفت شدن دست	توصیف	امتیاز
خوب	بار دارای دسته‌ای مناسب است و چنگش قدرتی میانه وجود دارد.	۰
نسبتاً خوب	گرفتن با دست قابل قبول است، اما ایده‌آل نیست. جفت شدن بار با دست با استفاده از دیگر اندام‌های بدن قابل قبول است.	۱
بد	گرفتن با دست گرچه امکان‌پذیر است، اما قابل قبول نیست. (جفت شدن بار به دست بد است)	۲
غیر قابل قبول	چنگش ناایمن با پوسچر نامطلوب، دسته‌ای وجود ندارد. جفت شدن دست با بار حتی با استفاده از اندام‌های دیگر بدن قابل قبول نیست.	۳

با استفاده از جدول ۱۰، امتیازهای A و B با یکدیگر ترکیب شده و امتیاز C مشخص می‌گردد، آن‌گاه امتیاز فعالیت که از جدول ۱۱ به دست می‌آید به امتیاز C اضافه می‌شود تا سرانجام امتیاز نهایی حاصل شود.

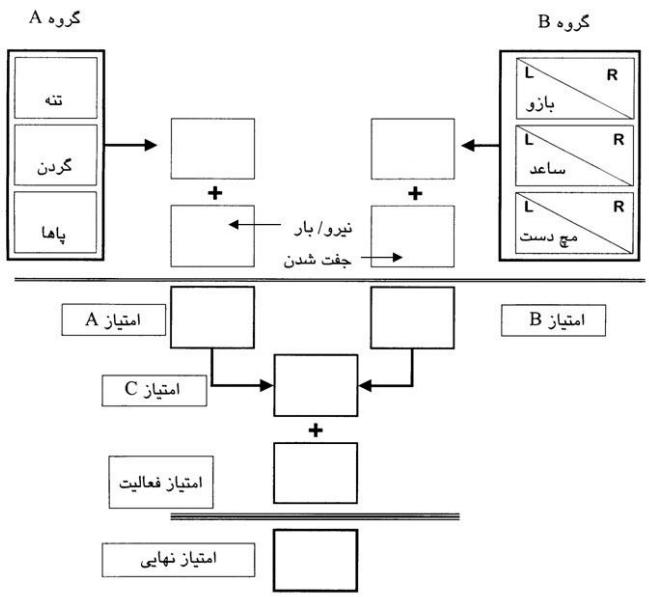
جدول ۱۰: تعیین امتیاز C (ترکیب امتیاز A و امتیاز B).

جدول C												
امتیاز A	امتیاز B											
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۱	۱	۲	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۷	۷
۲	۱	۲	۲	۳	۴	۴	۵	۶	۶	۷	۷	۸
۳	۲	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۸
۴	۳	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۹	۹
۵	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۹	۹	۹
۶	۶	۶	۶	۷	۸	۸	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۷	۷	۷	۷	۸	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
۸	۸	۸	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
۹	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲

جدول ۱۱: تعیین امتیاز نوع فعالیت.

شرایط	امتیاز
یک یا چند اندام بدن دارای فعالیت استاتیک می‌باشد (مثلاً بیش از یک دقیقه حفظ می‌شود).	۱
حرکت‌های تکراری با گستره‌ی کوچک (بیش از ۴ بار تکرار در دقیقه، راه رفتن شامل این حالت نمی‌شود).	۱
حرکتی که سبب تغییر فاحش پوسچر شده و در گستره‌ی وسیعی اتفاق می‌افتد.	۱

در شکل ۸ برگه راهنمای روند امتیازگذاری و محاسبه‌ی امتیاز نهایی در روش REBA ارائه شده است.



شکل ۸: برگه‌ی راهنمای روند امتیازگذاری و محاسبه‌ی امتیاز نهایی در روش REBA.

پس از تعیین امتیاز نهایی، با استفاده از جدول ۱۲، سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی تعیین می‌شود و بدین ترتیب روند ارزیابی پوسچر با روش REBA به پایان می‌رسد.

جدول ۱۲: سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی در روش REBA.

امتیاز نهایی REBA	سطح خطر	سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی	ضرورت اقدام و زمان آن (شامل بررسی مفصل‌تر)
۱	قابل چشم‌پوشی	۰	ضروری نیست
۲-۳	پایین	۱	شاید ضروری باشد
۴-۷	متوسط	۲	ضروری
۸-۱۰	بالا	۳	ضروری (هرچه زودتر)
۱۱-۱۵	بسیار بالا	۴	ضروری (آنی)

مثال: کاربرد REBA در ارزیابی پوسچر یک کارگر واحد تعمیرات

شکل ۹، پوسچر کارگر واحد تعمیرات را نشان می‌دهد که در حال انجام فعالیت‌های صنعتی است. واکاوی پوسچر این کارگر بر اساس روش REBA به شرح زیر است:

پوسچر اندام‌های گروه A:

- تنه بیش از ۶۰° به سمت جلو خمیده شده (۴).
- سر و گردن کمی به سمت عقب انحراف دارد (۲).
- وزن بدن بر روی پوسچر نامتعادل وارد می‌شود و زانوها بیش از ۶۰° خمش دارند (۲+۲).

با استفاده از جدول ۶، امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A برابر با ۸ به‌دست می‌آید. فرض می‌کنیم که در لحظه نمونه‌برداری از پوسچر کارگر اعمال نیرویی ندارد، بنابراین، براساس جدول ۷ امتیاز نیرو برابر با صفر است (مقدار اعمال نیرو کمتر از 5kg). بدین ترتیب امتیاز A برابر با ۸ خواهد بود.

پوسچر اندام‌های گروه B:

ارزیابی پوسچر برای دست چپ کارگر انجام می‌شود، زیرا در تصویر پوسچر اندام فوقانی سمت راست واضح نیستند. بدیهی است برای آنالیز کامل پوسچر، می‌بایست عکس‌برداری به

طریقی انجام شود که بتوان برای هر دو دست ارزیابی را انجام داد. در این مثال از این موضوع چشم‌پوشی شده است.

- ✓ بازو بین ۲۰° تا ۴۵° به سمت جلو انحراف داشته (۲) و از محور بدن دور نشده است.
- ✓ ساعد بیش از ۱۰۰° خمیده شده است (۲).
- ✓ خمش/کشش مچ دست بین صفر تا ۱۵° است و هیچ‌گونه انحراف به سمت زندزیرین یا زندزبرین و همچنین پیچشی مشاهده نمی‌شود (۱).

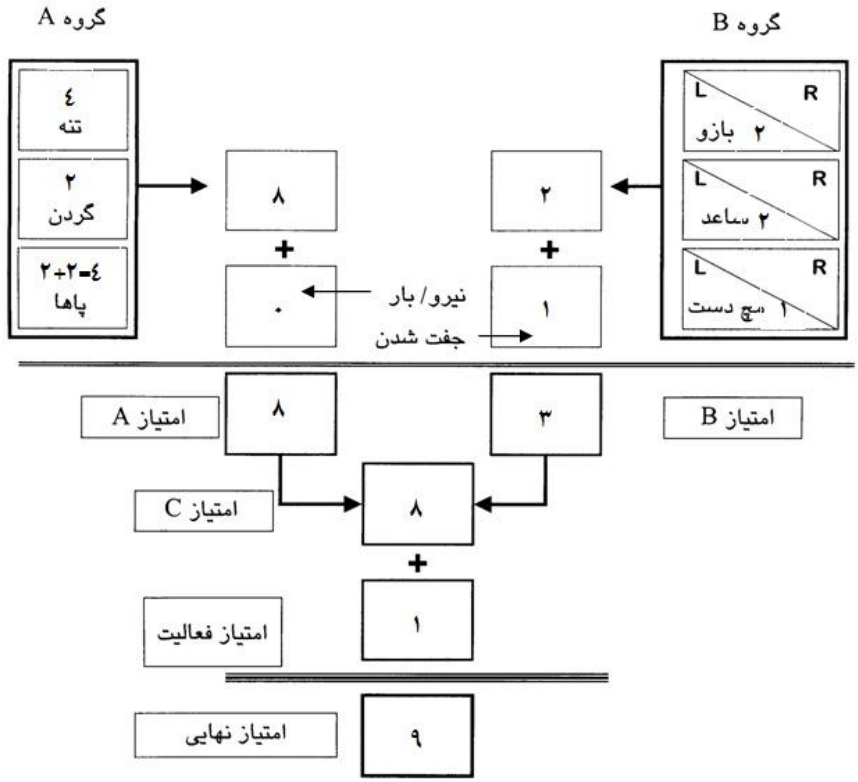
با استفاده از جدول ۸، امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه B برابر با ۲ به‌دست می‌آید. با استفاده از جدول۹، امتیاز جفت شدن دست، ۱ خواهد بود. بدین ترتیب امتیاز B برابر با ۳ تعیین می‌شود. با انتقال امتیازهای A و B به جدول۱۰، امتیاز C برابر با ۸ به‌دست خواهد آمد.

ازآنجا که وقتی کارگر به سمت جلو خم می‌شود تا عملیات مورد نظر را انجام دهد فعالیت از نوع استاتیک می‌باشد، بنابراین بر اساس جدول ۱۱، امتیاز مربوط به فعالیت برابر با یک می‌شود. بدین ترتیب امتیاز نهایی برای مثال یاد شده برابر با ۹ است. شکل ۱۰ برگه‌ی محاسبه‌ی امتیاز REBA را برای مثال بالا ارائه می‌کند.

با توجه به امتیاز نهایی ۹، بر اساس جدول ۱۲، سطح خطر بروز آسیب‌های اسکلتی- عضلانی برای این پوسچر بالا بوده و سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی ۳ خواهد بود. این بدان معناست که ایجاد تغییر در شرایط کار و مداخله‌ی ارگونومیک برای بهبود پوسچر هر چه زودتر ضروری است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که پوسچر اندام‌های گروه A به ویژه تنه و پاها نامناسب بوده و عامل اصلی بالا بودن سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی می‌باشد. لذا اقدامات اصلاحی می‌بایست بر بهبود پوسچر کار در این نواحی مثلاً افزایش ارتفاع میز کار متمرکز شود.

شکل ۹: پوسچر کارگر واحد تعمیرات هنگام انجام فعالیت‌های صنعتی.

REBA بیش از یک ابزار ارزیابی پوسچر است، زیرا REBA به‌گونه‌ای طراحی شده است که ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مرتبط با پوسچر، بار یا نیرویی که اعمال می‌شود، جفت شدن دست با بار و فعالیت‌های کاری مرتبط با پوسچر در نظر گرفته می‌شوند و مورد شناسایی قرار می‌گیرند. REBA بر اساس نیاز متخصصان ارگونومی، ایمنی و بهداشت برای فراهم نمودن روشی سریع و کمّی جهت ارزیابی خطر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی طراحی و ارائه شده است. REBA برای پر کردن شکاف موجود بین ابزارهای بررسی میدانی که خطر بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی را از طریق ترکیب ریسک فاکتورهای گوناگون در وظایف غیر یکنواخت و ناهمگن برآورد می‌کنند طراحی و ارائه شده است. REBA برای ارزیابی مشاغلی که دارای پوسچرهای دینامیک، استاتیک و یا جایی که تغییرات فاحشی در وضعیت قرار گرفتن بدن روی می‌دهد طراحی شده است. REBA برای ارزیابی مشاغل نشسته و ساکن جایی که فشار عمدتاً بر گردن، شانه‌ها و اندام‌های فوقانی وارد می‌شود طراحی نشده است، زیرا برای انجام این چنین ارزیابی، روش RULA پیش از آن ارائه شده است.



شکل ۱۰: برگه‌ی محاسبه‌ی امتیاز REBA برای مثال واکاوی پوسچر کارگر تعمیرات.

در مورد اعتبار و روایی روش REBA گفتنی است که بر اساس مطالعات انجام شده اگرچه اعتبار بین مشاهده‌گر در روش REBA قابل قبول است، اما بر روی روایی این ابزار و توسعه و تکامل آن می‌بایست تحقیقات بیشتری انجام شود. این روش دارای حساسیتی مطلوب می‌باشد. سرانجام، روش REBA امکان ارزیابی سریع خطر آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در کل بدن را فراهم می‌آورد. اجرای این روش به‌وسیله‌یا تجهیزات خاصی نیاز ندارد و در دسته‌ی روش‌های مشاهده‌ای قلم-کاغذی قرار می‌گیرد. روش امتیازگذاری REBA به تعیین سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی منجر می‌شود که منعکس‌کننده‌ی سطح خطر بروز آسیب اسکلتی- عضلانی در وظیفه‌ی مورد مطالعه است. پس از انجام تغییرات در شرایط کار و مداخله‌های ارگونومیک، اجرای مجدد REBA می‌تواند اطلاعات سودمندی را در مورد اثربخشی اقدام‌های

اصلاحی انجام شده به‌دست دهد. در لینک زیر فایل اکسل نرم‌افزار محاسباتی این روش از سایت دانشگاه کورنل در دسترس است:

http://ergo.human.cornell.edu/CUErgoTools/REBA%206.xls

روش QEC[1]

همان‌گونه که پیشتر گفته شد، آسیب‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار از جمله مشکلات بهداشتی محیط کار در کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه‌ی صنعتی می‌باشند. این آسیب‌ها در اثر تخریب تجمعی بافت‌های دستگاه اسکلتی-عضلانی طی ماه‌ها و سال‌ها تماس با عوامل استرس‌زای بیومکانیکی و روانی- اجتماعی در محیط کار رخ می‌دهند. ریسک فاکتورهای اصلی آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار عبارت‌اند از:

- ✓ بلند کردن و جابجایی بارهای سنگین
- ✓ اعمال نیرو
- ✓ انجام حرکت‌های تکراری
- ✓ ارتعاش
- ✓ پوسچرهای نامطلوب استاتیک که ناشی از طراحی نادرست ایستگاه کار، ابزار، تجهیزات و روش انجام کار است.
- ✓ سازماندهی نادرست کار

مواجهه با چنین عواملی اثر سوء بر بدن کارگر گذاشته (برای مثال، کاهش جریان خون، خستگی ماهیچه‌ای موضعی، تنش بافت‌های دستگاه اسکلتی-عضلانی و ...) و سلامتی او را به خطر می‌اندازد. اگر وقفه‌ی استراحت و زمان لازم برای ترمیم آسیب‌های ایجاد شده وجود نداشته باشد، بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی امری گریزناپذیر خواهد بود.

در نگرش ارگونومیک، به منظور کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در محیط کار بایسته است تمام عناصر تشکیل دهنده‌ی سامانه‌ی کار که می‌توانند در وقوع این آسیب‌ها نقش داشته باشند مورد ارزیابی فراگیر قرار گیرند.این نگرش فراگیر می‌تواند زمینه‌ساز دستیابی

1 - Quick Exposure Check

به راه حل بهینه جهت حذف یا کاهش شیوع آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در محیط کار شود.

روش ارزیابی سریع مواجهه (QEC) با یک چنین نگرشی، امکان ارزیابی مواجهه‌ی کارگر با طیفی از ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی را فراهم می‌آورد. در این روش که به‌وسیله‌ی لی و باکل[1] (۱۹۹۸) ارائه شده است، مواجهه‌ی ۴ ناحیه از بدن شامل کمر، شانه/بازو، مچ دست/دست و گردن که در معرض بزرگ‌ترین خطر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی هستند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برخی کارکردهای اصلی روش QECعبارت‌اند از:

- ✓ شناسایی ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی چهار ناحیه‌ی مذکور.
- ✓ ارزیابی سطح خطر مواجهه با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در چهار ناحیه‌ی یاد شده.
- ✓ پیشنهاد اقدام‌های لازم برای کاهش سطح مواجهه با ریسک فاکتورها.
- ✓ ارزیابی اثربخشی برنامه‌ی مداخله‌ی ارگونومیک در محیط کار.
- ✓ افزایش آگاهی مدیریت، مهندسان، طراحان، کارشناسان ایمنی و بهداشت کار و کارگران در زمینه‌ی ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در محیط کار.
- ✓ مقایسه‌ی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی میان کارگرانی که کاری مشابه انجام می‌دهند یا میان گروه‌های شغلی متفاوت.

برخی مزایای روش QEC شامل موارد زیر می‌باشد:

- ✓ در QEC اثر ترکیبی ریسک فاکتورهای گوناگون و تعامل آن‌ها در بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی ارزیابی می‌شود.
- ✓ روشی است که برای گستره‌ی وسیعی از مشاغل و وظایف اعم از فعالیت‌های استاتیک و دینامیک قابل کاربرد است.
- ✓ دارای حساسیتی مطلوب می‌باشد.
- ✓ اعتبار بین مشاهده‌گر در این روش قابل قبول بوده و در حد متوسط است.

1- Li and Buckle

- ✓ اعتبار درون مشاهده‌گر در روش QEC بالاست.
- ✓ کاربرد آن ساده است (در نرخ‌گذاری انجام شده توسط مشاهده‌گران، راحتی کاربرد QEC در یک مقیاس ۷ درجه‌ای که در آن عدد یک بازگو کننده‌ی بسیار دشوار و عدد ۷ به معنی بسیار آسان می‌باشد، به طور متوسط ۵/۵ گزارش شده است).
- ✓ در QEC ارزیابی به سرعت انجام می‌شود (با اندکی آموزش و تمرین می‌توان ارزیابی را برای هر وظیفه در مدت ۱۰ دقیقه به انجام رسانید).

در روش QEC، توجه به ایجاد تغییرات در ایستگاه‌های کار، ابزار، تجهیزات و روش انجام کار برای حذف یا کاهش سطح مواجهه با ریسک فاکتورها مورد تأکید قرار می‌گیرد. ایجاد تغییرات یاد شده از طریق بحث و گفتگو با کارگران انجام می‌شود. مشاوره با کارگران در این مرحله می‌تواند به ارایه‌ی پیشنهادات اصلاحی کمک شایان توجهی نماید.هنگامی که تغییری در محیط کار ایجاد شد، برای ارزیابی اثربخشی اقدام انجام شده، ارزیابی مجدد سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی ضروری است. برای انجام ارزیابی مجدد لازم نیست که ماهها منتظر شد تا تغییرات اثر خود را در کاهش شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی نشان دهند بلکه می‌توان ارزیابی مجدد را با روشی همچون QEC بی‌درنگ پس از ایجاد تغییرات در محیط کار، انجام داد.

مراحل ارزیابی سطح مواجهه در روش QEC

در ارزیابی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در روش QECپنج مرحله وجود دارد که در زیر به شرح آن‌ها پرداخته شده است.

۱- تعیین اولویت‌ها

در ابتدا لازم است مشخص شود کدام شغل یا وظیفه در اولویت ارزیابی قرار می‌گیرند. گزارش کارگران، سرپرست کارگاه یا مدیریت از مشکلات اسکلتی- عضلانی، غیبت از کار و بهره‌وری پایین می‌تواند در این زمینه راه‌گشا باشد. گاهی نیز می‌توان به‌وسیله‌ی بررسی میدانی، شیوع

آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در واحدها، مشاغل و یا کارگران مختلف را مطالعه کرد و سپس براساس نتایج به‌دست آمده اولویت ارزیابی‌ها را تعیین نمود.

۲- انجام ارزیابی

پس از اولویت‌بندی و مشخص شدن شغل‌ها یا وظایفی که می‌بایست مورد ارزیابی قرار گیرند، نوبت به انجام ارزیابی می‌رسد. اگر ماهیت وظیفه تکراری است، پیشنهاد می‌شود پیش از آغاز امتیازگذاری و ثبت، ۲۰ تا ۳۰ چرخه‌ی کامل مورد مشاهده قرار گیرد. هنگامی که الگوی روزانه‌ی کار و نیازمندی‌های شغلی متغیر است، می‌بایست مشاهده را بیش از یک بار انجام داد. در مورد کارهایی که به‌صورت گروهی انجام می‌شود، لازم است تعداد کافی از کارگران که نماینده‌ی آن گروه کاری هستند انتخاب شده و ارزیابی بر روی آن‌ها انجام گیرد.

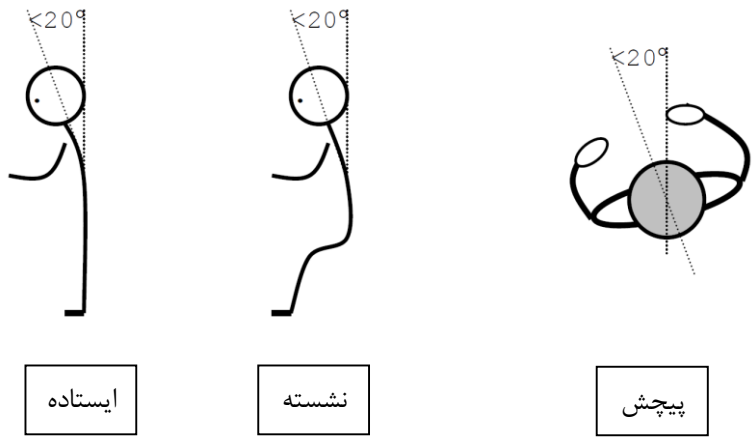
همانند آنچه که در RULA وجود دارد، در روش QEC پارامترهای موردنظر در یکی از لحظاتی که کارگر مشغول انجام وظیفه است، ثبت می‌شوند. این لحظه، زمانی است که کارگر در بدترین وضعیت ممکن قرار دارد. لازم به توضیح است که بدترین وضعیت ممکن برای بسیاری از اندام‌های بدن به طور همزمان اتفاق نمی‌افتند (برای مثال، هنگامی که کمر در بدترین شرایط قرار می‌گیرد، ضرورتاً شانه/بازو در بدترین وضعیت خود نمی‌باشد). این موضوع باعث می‌شود که در روش QEC، به عنوان مثال ارزیابی وضعیت کمر ضرورتاً همزمان با ارزیابی شانه/بازو انجام نشود، زیرا ممکن است هنگام خم شدن و بلند کردن بار از روی زمین که یکی از بدترین وضعیت‌های کمر است، شانه/بازو وضعیت نامناسب و خطرناکی نداشته باشد. معمولاً زمانی که کارگر باری سنگین را در ارتفاعی بالاتر از ارتفاع شانه قرار می‌دهد، بیشترین فشار بیومکانیکی به این ناحیه وارد می‌شود این در حالی است که در چنین وضعیتی کمر راست بوده و فشار بر این ناحیه کاهش یافته است.

در روش QEC ارزیابی سطح مواجهه نواحی گوناگون بدن با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی به‌صورت زیر انجام می‌شود:

الف) ارزیابی ناحیه‌ی کمر:

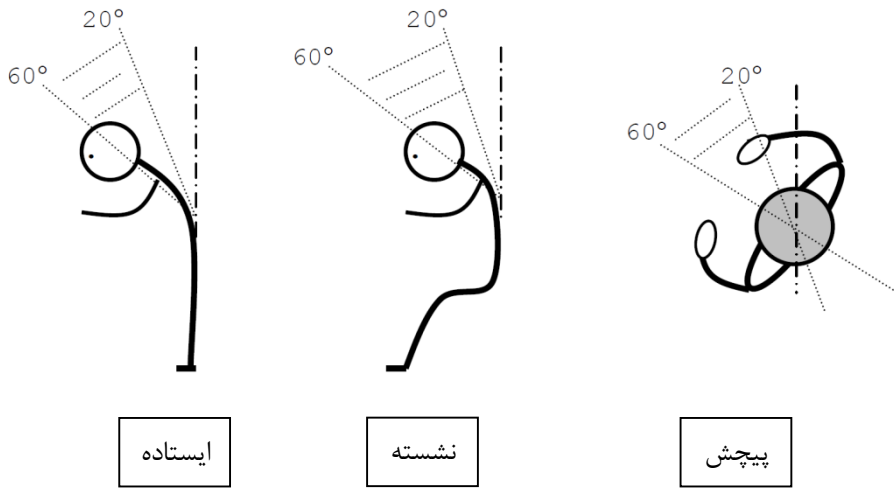
- ارزیابی پوسچر کمر در لحظه‌ای انجام می‌گیرد که کمر بدترین پوسچر را داشته و فشار بیومکانیکی وارد بر این ناحیه بیشترین مقدار خود را دارد (برای نمونه، هنگام بلند کردن بار وقتی که فرد خم شده و دست‌های خود را به جلو آورده و قصد دارد بار را از زمین بلند کند). برای ارزیابی پوسچر کمر سه سطح A_1، A_2 و A_3 تعریف شده است که شرح هریک در زیر آمده است.

A_1: پوسچر کمر طبیعی بوده و انحراف قابل توجهی از حالت خنثی مشاهده نمی‌شود (خمش/کشش، پیچش یا خمش به پهلو کمتر از ۲۰° است). شکل ۱۱ پوسچر کمر در سطح A_1 را نشان می‌دهد.



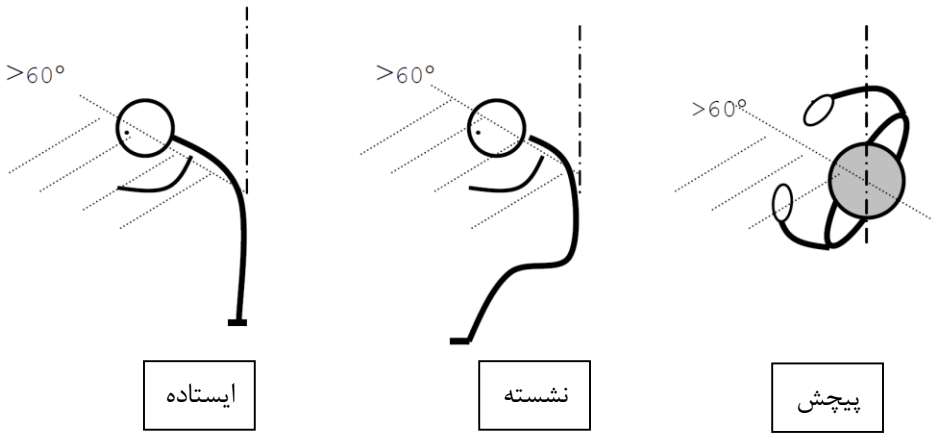
شکل ۱۱: وضعیت کمر که تقریباً طبیعی انگاشته می‌شود (سطح A_1).

A_2: پوسچر کمر از حالت طبیعی خارج شده و خمش و پیچشی متوسط در این ناحیه مشاهده می‌شود (خمش/کشش، پیچش یا خمش به پهلو بیش از ۲۰° و کمتر از ۶۰° می‌باشد). شکل ۱۲ پوسچر کمر را در سطح A_2 نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: وضعیت کمر در سطح A_2 که دچار خمش یا پیچشی متوسط شده است.

A_3: پوسچر کمر به شدت از حالت طبیعی خارج شده و خمش یا پیچشی شدید در این ناحیه مشاهده می‌شود (خمش یا پیچش بیش از ۶۰° و نزدیک به ۹۰° است). شکل ۱۳ پوسچر کمر را در سطح A_3 نشان می‌دهد.



شکل ۱۳: وضعیت کمر در سطح A_3 که به شدت دچار خمش یا پیچش شده است.

- ارزیابی حرکت کمر در کارها یا وظیفه‌های حمل دستی بار در سه سطح B_1، B_2 و B_3 انجام می‌گیرد. این سطوح تعداد دفعاتی را نشان می‌دهند که لازم است شخص هنگام انجام وظیفه خم شود یا بچرخد. گاهی ممکن است در یک چرخه‌ی کار چندین سطح از سطوح یاد شده مشاهده شوند.

B_1: حرکت کمر گهگاهی و به ندرت انجام می‌شود (حدود ۳ بار در ۱ دقیقه).

B_2: حرکت کمر اغلب و به تعداد متوسط انجام می‌شود (حدود ۸ بار در ۱ دقیقه).

B_3: حرکت کمر به تعداد زیاد انجام می‌شود (حدود ۱۲ بار در دقیقه و بیشتر).

برای کار یا وظیفه‌ای غیر از حمل دستی بار نظیر کارهای نشسته و ایستا یا کارهای تکراری که در وضعیت ایستاده یا نشسته انجام می‌شوند سطوح B_1 تا B_3 مطرح نبوده بلکه ارزیابی حرکت کمر در دو سطح B_4 و B_5 انجام می‌شود.

B_4: در بیشتر زمان کار پوسچر کمر ایستا و ثابت (استاتیک) نمی‌باشد.

B_5: در بیشتر زمان کار پوسچر کمر ایستا و ثابت (استاتیک) است.

ب) ارزیابی ناحیه‌ی شانه/بازو:

- ارزیابی پوسچر ناحیه‌ی شانه/بازو در لحظه‌ای انجام می‌گیرد که این ناحیه بدترین پوسچر را داشته باشد و بیشترین فشار را تحمل می‌کند. برای ارزیابی پوسچر ناحیه‌ی شانه/بازو سه سطح C_1، C_2و C_3 تعریف شده است که به شرح زیر هستند:

C_1: هنگامی که کار در ارتفاع کمر یا پایین‌تر از آن انجام می‌شود.

C_2: هنگامی که کار در ارتفاع سینه انجام می‌شود.

C_3: هنگامی که کار در ارتفاع شانه‌ها یا بالاتر انجام می‌شود.

- ارزیابی حرکت شانه/بازو در سه سطح به شرح زیر انجام می‌شود:

D_1: به ندرت (حرکت‌های منقطع بازو).

D_2: اغلب (حرکت‌های منظم بازو که همراه با وقفه‌هایی است).

D_3: زیاد (حرکت‌های مداوم بازو).

پ) ارزیابی ناحیه‌ی مچ دست/دست:

- ارزیابی پوسچر ناحیه‌ی مچ دست/دست در لحظه‌ای انجام می‌گیرد که این ناحیه بدترین پوسچر را داشته و بیشترین فشار را تحمل می‌کند. این وضعیت هنگامی ایجاد می‌شود که در مچ دست خمش/کشش، انحراف به سمت زند زیرین یا زبرین و چرخش مچ دست حول محور ساعد مشاهده می‌شود. برای ارزیابی پوسچر این ناحیه دو سطح E_1 و E_2 به شرح زیر تعریف شده است (شکل۱۴):

E_1: مچ دست هنگام کار تقریباً مستقیم است.

E_2: مچ دست هنگام کار از حالت مستقیم و طبیعی خارج شده و خمش/پیچش یا چرخش یا انحراف به سمت زند زیرین یا زبرین مشاهده می‌شود.

(ب) (الف)

شکل ۱۴: وضعیت پوسچر ناحیه‌ی مچ دست/دست در دو سطح الف) E_1 و ب) E_2.

ارزیابی حرکت مچ دست/ دست در سه سطح به شرح زیر انجام می‌شود:

F_1: حرکت‌های لحظه‌ای ۱۰ بار در دقیقه یا کمتر.

F_2: حرکت‌های تکراری ۱۱ تا ۲۰ بار در دقیقه.

F_3: حرکت‌های تکراری بیش از ۲۰ بار در دقیقه.

لازم به توضیح است که سه سطح یاد شده مربوط به حرکت مچ دست/دست بوده و حرکت انگشتان را شامل نمی‌شود.

ت) ارزیابی ناحیه‌ی گردن:

پوسچر گردن هنگامی به شدت خمیده یا چرخیده در نظر گرفته می‌شود که زاویه‌ی خمش یا پیچش گردن نسبت به تنه بیش از ۲۰° باشد. بدین‌ترتیب، ارزیابی ناحیه‌ی گردن در سه سطح به شرح زیر انجام می‌شود:

G_1: هنگام انجام کار خمش یا چرخش شدید گردن مشاهده نمی‌شود.

G_2: هنگام انجام کار گهگاهی خمش یا چرخش شدید گردن مشاهده می‌شود.

G_3: هنگام انجام کار به طور پیوسته خمش یا چرخش شدید گردن مشاهده می‌شود.

در شکل ۱۵ فرم مورد استفاده در ارزیابی سطح مواجهه‌ی نواحی گوناگون بدن با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در روش QEC ارائه شده است. از آنجا که در روش QEC پاسخ‌های ذهنی و قضاوت کارگر در مورد وظیفه‌ی خود بخشی از فرایند ارزیابی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی-عضلانی را تشکیل می‌دهد، پس از انجام ارزیابی نواحی چهارگانه به‌وسیله‌ی واکاوگر، از کارگر خواسته می‌شود به پرسش‌هایی که در شکل ۱۶ مطرح شده است پاسخ گوید. اگر برخی اصطلاحات و مفاهیم برای کارگر گنگ و مبهم هستند، ارائه‌ی توضیحات کافی به وی ضروری است.

عنوان شغلی: وظیفه : واکاوگر: نام کارگر: تاریخ : / / ساعت:

کمر

- **آیاهنگام انجام کار،پوسچرکمر:**

A1 : پوسچر تقریبا طبیعی است (خمش/کشش و پیچش کمتر از ۲۰ درجه است)؟

A2 : خمش یا پیچش متوسط داشته (۲۰ -۶۰ درجه) یا تا اندازه ای متوسط به پهلو خم شده است؟

A3 : به شدت خمیده ، پیچیده یا به پهلو خم شده است (بیش از ۶۰ درجه)؟

- **فقط برای کارها یا وظایف حمل دستی بار : آیا حرکت کمر :**

B1: بندرت اتفاق می افتد (حدود ۳ بار در دقیقه یا کمتر)؟

B2: اغلب اتفاق می افتد (حدود ۸ بار در دقیقه یا کمتر)؟

B3: بسیار زیاد اتفاق می افتد (حدود ۱۲ بار در دقیقه یا بیشتر)؟

- **برای سایر کارها یا وظایف : آیا انجام وظیفه در بیشتر زمان کار در پوسچر استاتیک انجام می‌شود (خواه نشسته ، خواه ایستاده) ؟**

B4 : خیر

B5 : بلی

شانه /بازو

- **آیا :**

C1 : کار در ارتفاع کمر یا پایین تر از آن انجام می‌شود؟

C2 :کار در ارتفاع سینه انجام می‌شود؟

C3 :کار در ارتفاع شانه یا بالاتراز آن انجام می‌شود؟

- **آیا حرکت بازو :**

D1 : بندرت اتفاق می افتد (حرکتهای منقطع بازو)؟

D2 : اغلب اتفاق می افتد (حرکتهای منقطع بازو که همراه با وقفه هایی است)؟

D3 : بسیار زیاد اتفاق می افتد (حرکتهای مداوم بازو)؟

مچ دست /دست

آیا کار در شرایطی انجام می‌شود که :

E1 : مچ دست تقریبا مستقیم است.

E2 : مچ دست از حالت طبیعی انحراف دارد یا خمیده است.

- **آیا حرکات تکراری هنگام انجم کار :**

F1 : ۱۰ بار در دقیقه یا کمتر روی می‌دهند.

F2 : ۱۱ تا ۲۰ بار در دقیقه روی می‌دهند.

F3 : بیش از ۲۰ بار در دقیقه روی می‌دهند.

گردن

هنگام انجام کار ، آیا سر ،گردن به شدت خمیده یا دچار پیچش می‌شود :

G1 : خیر

G2 : بلی ،گاهی

G3 : بلی ، به‌طور پیوسته

شکل ۱۵: فرم مورد استفاده در ارزیابی سطح مواجهه نواحی گوناگون بدن با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در روش QEC.

نام:	عنوان شغل:	تاریخ:

• حداکثر وزن باری که در این کار حمل یا جابجا می‌شود چقدر است؟
a_1: سبک (۵kg یا کمتر)
a_2: متوسط (۶kg تا۱۰kg)
a_3: سنگین (۱۱kg تا ۲۰ kg)
a_4: بسیار سنگین (بیش از۲۰ kg)
• به طور متوسط مدت زمانی که در روز به کار حمل یا جابجایی بار می‌پردازید چند ساعت است؟
b_1: کمتر از ۲ ساعت
b_2: ۲ تا ۴ ساعت
b_3: بیش از ۴ ساعت
• هنگام انجام کار (یک دستی یا با هر دو دست)، حداکثر نیرویی که به‌وسیله‌ی یک دست اعمال می‌شود چقدر است؟
c_1: کم (کمتر از۱ kg)
c_2: متوسط (۱kg تا۴ kg)
c_3: زیاد (بیش از۴ kg)
• هنگام انجام کار آیا با ارتعاش مواجهه دارید؟
d_1: کم یا خیر
d_2: متوسط
d_3: زیاد
• آیا نیازمندی‌های دیداری کار شما:
e_1: پایین است (به رؤیت اجزاء ریز و قطعات کوچک نیازی نیست)؟
e_2: بالاست (به رؤیت اجزاء ریز و قطعات کوچک نیاز است)؟
• آیا برای شما ادامه‌ی کار با سرعت تعیین شده (سرعتی که از سوی خط مونتاژ، دستگاه و ... تحمیل می‌شود) دشوار است؟
f_1: هرگز
f_2: گاهی اوقات
f_3: اغلب
• کار خود را چقدر استرس‌زا می‌دانید؟
g_1: اصلاً
g_2: کمی
g_3: متوسط
g_4: زیاد

شکل ۱۶: فرم ارزیابی دریافت و قضاوت کارگر از کار خویش

(پرسش‌هایی که در روش QECمی‌بایست بوسیله‌ی کارگر پاسخ داده شوند).

۳- امتیازگذاری

در روش QEC، امتیاز مواجهه برای هریک از نواحی چهارگانه براساس تعامل میان ریسک فاکتورهای گوناگون تعیین می‌شود. جدول۱۳ ریسک فاکتورهای مطرح در تعیین امتیاز مواجهه برای نواحی چهارگانه را ارائه می‌کند.

امتیازگذاری سطح مواجهه براساس ترکیب ریسک فاکتورهای شناسایی شده به‌وسیله‌ی واکاوگر برای نواحی چهارگانه بدن (A تا G)، دریافت و قضاوت کارگر (a تا e) انجام می‌شود. این امتیازها نشان دهنده‌ی ارتباطی فرضیه‌ای میان سطح مواجهه و پیامدهای بهداشتی هستند. در حال حاضر، شواهد اپیدمیولوژیک موجود برای تعیین و تعریف ارتباط واقعی میان سطح مواجهه و پیامدهای بهداشتی در شرایط گوناگون ناکافی هستند.

جدول ۱۳: ریسک فاکتورهای مطرح در محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای نواحی چهارگانه.

ناحیه	ریسک فاکتور
کمر	- وزن بار - مدت زمان مواجهه - تعداد حرکت‌ها - پوسچر
شانه/بازو	- وزن بار - مدت زمان مواجهه - ارتفاع محل انجام کار - تعداد حرکت‌ها
مچ دست/دست	- نیرو - مدت زمان مواجهه - تعداد حرکت‌ها - پوسچر
گردن	- مدت زمان مواجهه - پوسچر - نیازمندی دیداری

امتیازهای ارزیابی در موارد زیر کاربرد دارند:

- مقایسه سطح مواجهه در نواحی چهارگانه‌ی مختلف با یکدیگر.
- شناسایی کارها یا وظایفی که سطح مواجهه در آن‌ها بالا بوده و در نتیجه برای انجام اقدام‌های اصلاحی در اولویت قرار می‌گیرند.

هدف از اجرای برنامه‌ی مداخله‌ای ارگونومیک کاهش امتیاز مواجهه است. وقتی اقدام‌های اصلاحی برنامه‌ریزی می‌شوند، براساس تغییراتی که در محیط کار ایجاد خواهند شد، ارزیابی شرایط کار انجام می‌گیرد. این ارزیابی اثربخشی بالقوه‌ی مداخله را آشکار ساخته و مشخص می‌سازد آیا مواجهه با ریسک فاکتورها کاهش خواهد یافت یا خیر. همیشه، پس از انجام تغییرات و اجرای برنامه‌ی مداخله ارگونومیک در محیط کار، ارزیابی مجدد شرایط کار بایسته است.

برای تعیین امتیاز مواجهه در روش QEC، از برگه‌ی امتیازگذاری که در شکل ۱۷ ارائه شده است استفاده می‌شود. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، برای هریک از نواحی چهارگانه بدن جدول امتیازگذاری جداگانه‌ای وجود دارد. با استفاده از فرم تکمیل شده‌ی ارزیابی سطح مواجهه که به‌وسیله‌ی واکاوگر تهیه شده است (شکل ۱۵) و فرم تکمیل شده‌ی ارزیابی قضاوت کارگر (شکل ۱۶)، امتیازگذاری برای هریک از نواحی چهارگانه به طور مجزا انجام می‌شود. آنگاه امتیاز کل سطح مواجهه محاسبه می‌گردد.

	$b_۳$	$b_۲$	$b_۱$	امتیاز ۲	$B_۳$	$B_۲$	$B_۱$	امتیاز ۱	$A_۳$	$A_۲$	$A_۱$	
امتیاز ۳	۶	۴	۲		۶	۴	۲		۶	۴	۲	$a_۱$
	۸	۶	۴		۸	۶	۴		۸	۶	۴	$a_۲$
	۱۰	۸	۶		۱۰	۸	۶		۱۰	۸	۶	$a_۳$
	۱۲	۱۰	۸		۱۲	۱۰	۸		۱۲	۱۰	۸	$a_۴$
امتیاز کل برای کمر= جمع امتیاز ۱ تا ۵			امتیاز ۵	$B_۵$	$B_۴$			امتیاز ۴				
				۴	۲	۶	۲		۶	۴	۲	$b_۱$
				۶	۴	۸	۴		۸	۶	۴	$b_۲$
				۸	۶	۱۰	۶		۱۰	۸	۶	$b_۳$

شانه / بازو:

	$b_۳$	$b_۲$	$b_۱$	امتیاز ۲	$D_۳$	$D_۲$	$D_۱$	امتیاز ۱	$C_۳$	$C_۲$	$C_۱$	
امتیاز ۳	۶	۴	۲		۶	۴	۲		۶	۴	۲	$a_۱$
	۸	۶	۴		۸	۶	۴		۸	۶	۴	$a_۲$
	۱۰	۸	۶		۱۰	۸	۶		۱۰	۸	۶	$a_۳$
	۱۲	۱۰	۸		۱۲	۱۰	۸		۱۲	۱۰	۸	$a_۴$
امتیاز کل برای شانه/ بازو= جمع امتیاز ۱ تا ۵				امتیاز ۵				امتیاز ۴				
					۶	۴	۲		۶	۴	۲	$b_۱$
					۸	۶	۴		۸	۶	۴	$b_۲$
					۱۰	۸	۶		۱۰	۸	۶	$b_۳$

مچ دست/ دست:

	$b_۳$	$b_۲$	$b_۱$	امتیاز ۲	$E_۲$	$E_۱$	امتیاز ۱	$F_۳$	$F_۲$	$F_۱$	
امتیاز ۳	۶	۴	۲		۴	۲		۶	۴	۲	$C_۱$
	۸	۶	۴		۶	۴		۸	۶	۴	$C_۲$
	۱۰	۸	۶		۸	۶		۱۰	۸	۶	$C_۳$
امتیاز کل برای مچ دست/ دست= جمع امتیاز ۱ تا ۵			امتیاز ۵			امتیاز ۴					
					۴	۲		۶	۴	۲	$b_۱$
					۶	۴		۸	۶	۴	$b_۲$
					۸	۶		۱۰	۸	۶	$b_۳$

گردن:

امتیاز کل برای گردن= جمع امتیاز ۱ و ۲	امتیاز ۲	$e_۲$	$e_۱$	امتیاز ۱	$G_۳$	$G_۲$	$G_۱$	
		۴	۲		۶	۴	۲	$b_۱$
		۶	۴		۸	۶	۴	$b_۲$
		۸	۶		۱۰	۸	۶	$b_۳$

ارزیابی کارگر:

ارزیابی کلی کارگر	g۴	g۳	g۲	g۱	f۳	f۲	f۱	$d_۳$	$d_۲$	$d_۱$
	۱۶	۹	۴	۱	۹	۴	۱	۹	۴	۱

کمر: ..... شانه/ بازو: ..... مچ دست/ دست: ..... گردن: .....

شکل ۱۷: برگه‌ی امتیازگذاری در روش QEC.

با ارائه‌ی یک مثال، نحوه‌ی پر کردن برگه‌ی امتیازگذاری و محاسبه‌ی امتیاز مواجهه در روش QEC توضیح داده شده است. شکل ۱۸ فرم ارزیابی سطح مواجهه نواحی چهارگانه‌ی بدن که به‌وسیله‌ی واکاوگر برای یک شغل خاص تکمیل شده است را نشان می‌دهد. در شکل ۱۹ فرم ارزیابی دریافت و قضاوت کارگر از کار خویش در شغل مورد نظر ارائه شده است. شکل ۲۰ برگه‌ی امتیازگذاری و محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای مثال فوق را نشان می‌دهد.

شکل ۱۸: فرم ارزیابی سطح مواجهه نواحی چهارگانه بدن در مثال مطرح شده که به وسیله واکاوگر تکمیل شده است.

نام: **عنوان شغل:** **تاریخ:**

• حداکثر وزن باری که در این کار حمل یا جابجا می‌شود چقدر است؟

a_1: سبک (۵kg یا کمتر)

a_2: متوسط (۶kg تا ۱۰ kg)

a_3: سنگین (۱۱kg تا ۲۰ kg)

a_4: بسیار سنگین (بیش از ۲۰ kg)

• به طور متوسط مدت زمانی که در روز به کار حمل یا جابجایی بار می‌پردازید چند ساعت است؟

b_1: کمتر از ۲ ساعت

b_2: ۲ تا ۴ ساعت

b_3: بیش از ۴ ساعت

• هنگام انجام کار (یک دستی یا با هر دو دست)، حداکثر نیرویی که به‌وسیله‌ی یک دست اعمال می‌شود چقدر است؟

c_1: کم (کمتر از ۱ kg)

c_2: متوسط (۱kg تا ۲ kg)

c_3: زیاد (بیش از ۴ kg)

• هنگام انجام کار آیا با ارتعاش مواجهه دارید؟

d_1: کم یا خیر

d_2: متوسط

d_3: زیاد

• آیا نیازمندی‌های دیداری کار شما:

e_1: پایین است (به رؤیت اجزاء ریز و قطعات کوچک نیازی نیست)؟

e_2: بالاست (به رؤیت اجزاء ریز و قطعات کوچک نیاز است)؟

• آیا برای شما ادامه‌ی کار با سرعت تعیین شده (سرعتی که از سوی خط مونتاژ، دستگاه و ... تحمیل می‌شود) دشوار است؟

f_1: هرگز

f_2: گاهی اوقات

f_3: اغلب

• کار خود را چقدر استرس‌زا می‌دانید؟

g_1: اصلاً

g_2: کمی

g_3: متوسط

g_4: زیاد

شکل ۱۹: فرم ارزیابی دریافت و قضاوت کارگر از کار خویش در مثال مطرح شده.

کمر:

	A1	A2	A3	امتیاز ۱	B1	B2	B3	امتیاز ۲	b1	b2	b3	امتیاز ۳
a1	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
a2	4	6	8		4	6	8		4	6	8	
a3	6	8	10		6	8	10		6	8	10	
a4	8	10	(12)		8	(10)	12		8	10	(12)	

			امتیاز ۴				B4	B5	امتیاز ۵	امتیاز کل برای کمر= جمع امتیاز ۱ تا ۵
b1	2	4	6		2	4	6	2	4		
b2	4	6	8		4	6	8	4	6		۵۲
b3	6	8	(10)		6	(8)	10	6	8		

شانه/بازو:

	C1	C2	C3	امتیاز ۱	D1	D2	D3	امتیاز ۲	b1	b2	b3	امتیاز ۳
a1	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
a2	4	6	8		4	6	8		4	6	8	
a3	6	8	10		6	8	10		6	8	10	
a4	(8)	10	12		8	(10)	12		8	10	(12)	

			امتیاز ۴				امتیاز ۵	امتیاز کل برای شانه/بازو= جمع امتیاز ۱ تا ۵
b1	2	4	6		2	4	6		
b2	4	6	8		4	6	8		۴۴
b3	(6)	8	10		6	(8)	10		

مچ دست/دست:

	F1	F2	F3	امتیاز ۱	E1	E2	امتیاز ۲	b1	b2	b3	امتیاز ۳
c1	2	4	6		2	4		2	4	6	
c2	4	6	8		4	6		4	6	8	
c3	(6)	8	10		6	(8)		6	8	(10)	

			امتیاز ۴			امتیاز ۵	امتیاز کل برای مچ دست/دست= جمع امتیاز ۱ تا ۵
b1	2	4	6	2	4		
b2	4	6	8	4	6		۳۸
b3	(6)	8	10	6	(8)		

گردن:

	G1	G2	G3	امتیاز ۱	e1	e2	امتیاز ۲	امتیاز کل برای گردن= جمع امتیاز ۱ و ۲
b1	2	4	6		2	4		
b2	4	6	8		4	6		۱۴
b3	6	(8)	10		(6)	8		

ارزیابی کارگر:

d1	d2	d3	f1	f2	f3	g1	g2	g3	g4	ارزیابی کلی کارگر
(1)	4	9	(1)	4	9	1	(4)	9	16	۶

کمر:۵۲ شانه/بازو:۴۴ مچ دست/دست:۳۸ گردن:۱۴

شکل ۲۰: برگه‌ی امتیازگذاری برای مثال مطرح شده.

محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای ناحیه‌ی کمر (شکل ۲۰):

۱۲ = امتیاز ۱

۱۰= امتیاز ۲

۱۲= امتیاز ۳

۱۰= امتیاز ۴

۸= امتیاز ۵

۵۲ = ۸+ ۱۰ +۱۲ +۱۰ +۱۲= امتیاز کل برای کمر

با تقسیم امتیاز به‌دست آمده بر حداکثر امتیاز ممکن برای ناحیه‌ی کمر (۵۶)، می‌توان سطح مواجهه برای این ناحیه را ارزیابی نمود.

$$\frac{52}{56}\times 100 = \%93$$

هرچه درصد به‌دست آمده بزرگتر باشد، مواجهه‌ی کارگر با ریسک فاکتورهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی شدیدتر بوده و احتمال رخداد این آسیب‌ها در ناحیه‌ی موردنظر بیشتر است، در نتیجه انجام اقدام‌های اصلاحی جهت کاهش سطح مواجهه از ضرورت بیشتری برخوردار است.

محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای ناحیه‌ی شانه/بازو (شکل ۲۰):

۴۴= ۸+ ۶+ ۱۲ +۱۰ +۸= امتیاز کل برای شانه/بازو

با تقسیم امتیاز به‌دست آمده بر حداکثر امتیاز ممکن برای ناحیه‌ی شانه/بازو (۵۶)، ارزیابی سطح مواجهه برای این ناحیه عبارت است از:

$$\frac{44}{56}\times 100 = \%79$$

محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای ناحیه‌ی مچ دست/دست (شکل ۲۰):

۳۸ = ۸+ ۶+ ۱۰ +۸+ ۶= امتیاز کل برای مچ دست/دست

با تقسیم امتیاز به‌دست آمده بر حداکثر امتیاز ممکن برای ناحیه‌ی مچ دست/دست (۴۶)، ارزیابی سطح مواجهه برای این ناحیه عبارت است از:

$$\frac{38}{46}\times 100 = \%83$$

محاسبه‌ی امتیاز مواجهه برای ناحیه‌ی گردن (شکل ۲۰):

۱۴= ۶+ ۸= امتیاز کل برای گردن

با تقسیم امتیاز به‌دست آمده بر حداکثر امتیاز ممکن برای ناحیه‌ی گردن (۱۸)، ارزیابی سطح مواجهه برای این ناحیه عبارت است از:

$$\frac{14}{18}\times 100 = \%78$$

برای محاسبه‌ی امتیاز مواجهه در کل بدن، امتیاز مربوط به تک‌تک نواحی چهارگانه با یکدیگر جمع می‌شوند و سپس عدد حاصل بر حداکثر امتیاز ممکن برای کل بدن تقسیم می‌گردد. لازم به ذکر است که حداکثر امتیاز ممکن برای کارها یا وظایف حمل دستی بار برابر با ۱۷۶ و برای سایر کارها یا وظایف برابر با ۱۶۲ می‌باشد. از آنجا که شغل مورد نظر در مثال مطرح شده جزء کارها یا وظایف حمل دستی بار است، بنابراین:

$$\frac{52+44+38+14}{176}\times 100 = \%84$$

۴- تفسیر نتایج و اولویت‌بندی

الف) ارزیابی سطح مواجهه برای هریک از نواحی چهارگانه: امتیازهای تعیین شده برای نواحی چهارگانه‌ی بدن براساس جدول ۱۴ به چهار دسته شامل پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا تقسیم می‌شود و براین پایه ارزیابی انجام می‌گیرد. حتی اگر امتیاز مواجهه پایین باشد، می‌بایست به تعامل و اثرات افزایشی ریسک فاکتورهای گوناگون توجه کرد (امتیاز ۸ و بیشتر). هنگامی که امتیاز مواجهه متوسط، بالا و یا بسیار بالا است، احتمالاً چندین تعامل و اثر افزایشی میان ریسک فاکتورهای گوناگون وجود دارد (امتیاز ۱۰ و ۱۲). اقدام‌های اصلاحی بر حذف یا کاهش اثرات افزایشی ریسک فاکتورها متمرکز می‌شوند.

جدول ۱۴: ارزیابی سطح مواجهه در نواحی چهارگانه براساس امتیاز محاسبه شده.

امتیاز / ناحیه	سطح مواجهه			
	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
کمر (برای وظـایفی که در آن‌ها حمل دستی بار وجود دارد)	۱۰-۲۰	۲۱ -۳۰	۳۱-۴۰	۴۱ -۵۶
کمر (برای وظایفی که در آن‌ها پوسچر کمر عمدتا" استاتیک است)	۸ -۱۵	۱۶-۲۲	۲۳-۲۹	۳۰-۴۰
شانه/بازو	۱۰ -۲۰	۲۱ -۳۰	۳۱ -۴۰	۴۱ -۵۶
مچ دست/دست	۱۰-۲۰	۲۱ -۳۰	۳۱-۴۰	۴۱-۴۶
گردن	۴ -۶	۸-۱۰	۱۲ -۱۴	۱۶ -۱۸

امتیاز مواجهه برای ارتعاش، سرعت انجام کار و استرس براساس جدول ۱۵ ارزیابی می‌شود. هنگامی که امتیاز در گروه متوسـط، بالا یا بسیار بالا قرار می‌گیرد، سطح مواجهه می‌بایست کاهش یابد.

جدول ۱۵: ارزیابی سطح مواجهه برای ارتعاش، سرعت انجام کار و استرس.

امتیاز / ریسک فاکتور	سطح مواجهه			
	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
ارتعاش	۱	۴	۹	-
سرعت انجام کار	۱	۴	۹	-
استرس	۱	۴	۹	۱۶

ب) ارزیابی سـطح مواجهه برای کل بدن: براساس آخرین مطالعات موجود، سطح مواجههی کارگر با ریسـک فاکتورهای اسکلتی-عضلانی برپایهی امتیاز کل بهدست آمده بهصورت زیر ارزیابی می‌شود.

امتیاز کل QEC	ارزیابی
کمتر از ۴۰٪	قابل قبول
۴۱٪ تا ۵۰٪	انجام مطالعه‌ی بیشتر لازم است
۵۱٪ تا ۷۰٪	انجام مطالعه‌ی بیشتر لازم است و اقدام‌های اصلاحی در آینده نزدیک باید انجام شود
بیش از ۷۰٪	انجام مطالعه‌ی بیشتر لازم است و اقدام‌های اصلاحی می‌بایست بی‌درنگ انجام شود.

در مثال مطرح شده، امتیاز مواجهه در کل بدن برابر با ۱۴۸ می‌باشد. بدین ترتیب امتیاز نهایی QEC برابر با ۸۴٪ خواهد بود. این بدان معناست که انجام اقدام‌های اصلاحی و حذف یا کاهش ریسک فاکتورها می‌بایست بی‌درنگ انجام شوند. همچنین مطالعه‌ی فزون‌تر شرایط کار بایسته است. با توجه به نتایج ارزیابی در مثال بالا، اولویت اقدامات اصلاحی می‌بایست بر بهبود پوسچر نواحی کمر و مچ دست/دست که درصدهای بالاتری را داشته اند متمرکز شود.

۵- مداخله‌ی ارگونومیک و ارزیابی مجدد

کاهش شیوع و بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار نیازمند توجه به تمام عوامل و ریسک فاکتورهای مربوطه است. عواملی که می‌بایست مدنظر قرار گیرند و در صورت نیاز اقدام‌های اصلاحی بر روی آن‌ها انجام شود عبارت‌اند از:

- ماهیت کار یا وظیفه
- نیازمندی‌های کار (فیزیکی و روانی)
- ابزار، وسایل، تجهیزات و ایستگاه کار
- سازماندهی کار
- عوامل محیطی

در ایجاد تغییرات در محیط کار و بهبود شرایط، کارگران می‌توانند پیشنهادهای ارزشمندی ارائه کنند. به همین دلیل در برنامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک پیشنهادهای ایشان از ارزش و اعتبار خاصی برخوردار است. در این برنامه اصل بر مشارکت کارگران است. مداخله‌هایی که منحصراً بر روی کارگر متمرکز می‌شوند (نظیر آموزش یا گزینش)، در کاهش شیوع و بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی اثربخشی محدودی دارند. در این مورد، برنامه‌های مداخله‌ای که بر تغییر شرایط و محیط کار تأکید دارند مؤثرتر بوده و در نتیجه ارجح هستند.

پس از انجام هر برنامه‌ی مداخله‌ای، انجام ارزیابی مجدد بایسته است. به طور کلی، می‌توان گفت که ارزیابی مواجهه یک فرایند مستمر در محیط کار است. با مقایسه‌ی نتایج ارزیابی پیش از مداخله و نتایج ارزیابی مجدد پس از مداخله می‌توان اثربخشی اقدام‌های اصلاحی را تعیین نمود و در صورت نیاز نسبت به تجدیدنظر در برنامه‌ی مداخله و بهبود شرایط کار اقدام کرد. برای اطلاعات بیشتر در مورد روش QEC و نرم‌افزار محاسباتی آن به آدرس زیر مراجعه کنید:

http://www.qec.freeiz.com/

روش ROSA[1]

روش ارزیابی ROSA (ارزیابی سریع تنش دفتری)، از جمله روش‌های قلم- کاغذی است که چک لیستی را برای کمی سازی تماس با ریسک فاکتورهای ارگونومیک موجود در محیط های کار دفتری مهیا می‌کند. این روش بر پایه تهیه عکس طراحی شده است. در این روش، مانند روش RULA و REBA بعد از نمونه‌برداری (تهیه عکس) و تکمیل چک لیست، از چارت های امتیاز دهی به منظور تعیین سطح اولویت اقدام اصلاحی استفاده می‌شود. در روش ROSA فرد واکاوگر باید پوسچرهایی را که مورد مشاهده قرار می‌دهد، انتخاب و دوره هایی (طول مدت زمان استفاده از وسایل موجود در محیط کار) را که به وسیله افراد ارزیابی

1 - Rapid Office Strain Assessment

شـــونـده گزارش می‌شـــونـد، ثبـت نماید. در واقع این روش یک ابزار غربالگری به منظور شناسایی و تعیین نواحی دارای اولویت در محیط های کاری دفتری مهیا می سازد.

اعتبار روش ROSA:

تحقیقـات انجـام شـــده در این زمینه ارتباطی بین افزایش ســـطح ناراحتی و افزایش نمره ROSA نشان داده اند. اعتبار درون مشاهده گر و بین مشاهده گر در این روش خوب و بسیار خوب گزارش شـده اسـت. در ادامه دستورالعمل انتخاب پوسچرها و استفاده از چک لیست ROSA تشریح می‌شود.

روند ارزیابی به روش ROSA:

روش کـار در این شـــیوه به این صـــورت می‌باشـــد که واکاوگر، کاربر را حین انجام کار با کامپیوتر مورد مشاهده قرار داده و چک لیست مربوطه را در مورد وی تکمیل می‌کند.

در چک لیســت ROSA ســه بخش کلی (A، B و C) وجود دارد. بخش A، اطلاعاتی در مورد صـندلی ارائه می‌دهد که مواردی از قبیل ارتفاع و عمق نشـسـتنگاه، ارتفاع دسته صندلی و پشـــتی صـــندلی را شـــامل می‌شـــود. بخش B، اطلاعاتی در مورد مانیتور و تلفن و بخش C، اطلاعات مربوط به موس و صفحه‌کلید را به دست می‌دهد. پس از تکمیل بخش‌های مختلف چک لیسـت ROSA (A، B و C) که در ادامه به آن پرداخته می‌شود، با استفاده از چارت‌های مربوطه امتیاز مربوط به هر بخش محاسبه و در نهایت امتیاز نهایی ROSA به دست می‌آید. ســـپس این امتیاز (امتیاز نهایی ROSA) در یکی از دو ســـطح اولویت اقدام اصـــلاحی قرار خواهد گرفت.در زیر به ترتیب به نحوه انتخاب پوسـچر و محاسـبه امتیاز هر بخش و امتیاز نهایی ROSA پرداخته می‌شود.

بخش A: صندلی

در چک لیست ROSA، در بخش مربوط به صندلی (A)، موقعیت ارتفاع و عمق نشستنگاه را انتخاب کنید.

ارتفاع نشستنگاه:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
زاویه زانوها ۹۰ درجه است.		۱	۱- اگر فضای کافی در زیر میز برای مانور پاها وجود ندارد، ۱ واحد اضافه کنید. ۲-اگر ارتفاع نشستنگاه قابل تنظیم نیست، ۱ واحد اضافه کنید.
ارتفاع نشستنگاه کم است و زاویه زانوها کمتر از ۹۰ درجه است.		۲	
ارتفاع نشستنگاه زیاد است و زاویه زانوها بیش از ۹۰ درجه است.		۲	
پاها روی زمین قرار نمی‌گیرند و آویزان هستند.		۳	

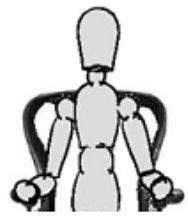
عمق نشستنگاه:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
تقریباً ۷/۵ سانتی‌متر (۳ اینچ) فاصله بین رکبی[1] و لبه نشستنگاه وجود دارد.		۱	۱- اگر عمق نشستنگاه قابل تنظیم نباشد، ۱ واحد اضافه کنید.
عمق نشستنگاه زیاد است (کمتر از ۷/۵ سانتی‌متر بین رکبی و لبه نشستنگاه فاصله وجود دارد).		۲	
عمق نشستنگاه کم است (بیش از ۷/۵ سانتی‌متر بین رکبی و لبه نشستنگاه فاصله وجود دارد).		۲	

امتیاز به دست آمده از ارتفاع صندلی با امتیاز به دست آمده از عمق صندلی جمع می‌شود و امتیاز این قسمت استخراج می‌شود. سپس در چک لیست ROSA، در بخش مربوط به صندلی (A)، موقعیت دسته و پشتی صندلی را انتخاب کنید.

1- Popliteal

دسته صندلی:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
آرنج‌ها به‌خوبی حمایت می‌شوند و با شانه در یک راستا قرار دارند، همچنین شانه‌ها در حالت استراحت‌اند.		۱	۱-اگر سطح دسته صندلی سفت است، ۱ واحد اضافه کنید. ۲-اگر فاصله بین دو دسته صندلی زیاد است، ۱ واحد اضافه کنید. ۳-اگر ارتفاع دسته صندلی غیرقابل تنظیم است، ۱ واحد اضافه کنید.
ارتفاع دسته صندلی خیلی زیاد (شانه‌ها بالا آمده) یا خیلی کم (بازوها حمایت نمی‌شوند) است.		۲	

پشتی صندلی:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
کمر بـه‌خوبی حمـایت می‌شـــود (زاویه پشـتی صندلی بین ۱۱۰- ۹۵ درجه می‌باشد).		۱	۱-اگر ارتفاع سطح کار بلند اسـت (شانه‌ها بالا آمده‌اند)، ۱ واحد اضافه کنید. ۲-اگر پشـــتی صـــنـدلی غیرقـابل تنظیم اســـت، ۱ واحد اضافه کنید.
کمر حمایت نمی‌شـود یا پشـــتی صـندلی بخش کوچکی از پشت و کمر را حمایت می‌کند.		۲	
زاویه پشتی صندلی بیش از ۱۱۰ درجه یا کمتر از ۹۵ درجه است.		۲	
پشـــتی صـــنـدلی وجود نـدارد (اســـتفـاده از چهـارپایه یا اینکه کـاربر از پشـــتی فاصـــله گرفته است).		۲	

امتیاز به دسـت آمده از دسته صندلی با امتیاز به دست آمده از پشتی صندلی جمع می‌شود و امتیاز این قسـمت اسـتخراج می‌شـود.امتیاز اسـتخراج شده از قسمت قبل (ارتفاع و عمق نشـــســـتنگاه)و امتیاز به دســـت آمده از این قســـمت در چارت A قرار گرفته تا امتیاز نهایی صندلی محاسبه شود.

چارت A: برای محاسبه امتیاز نهایی صندلی

		امتیاز به دست آمده از قسمت دسته و پشتی صندلی							
		۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
امتیاز به دست آمده از قسمت ارتفاع و عمق نشستنگاه	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
	۳	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
	۴	۳	۳	۳	۴	۵	۷	۷	۸
	۵	۴	۴	۴	۴	۵	۷	۷	۸
	۶	۵	۵	۵	۵	۵	۸	۸	۹
	۷	۶	۶	۶	۷	۷	۸	۹	۹
	۸	۷	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۹

برای محاسبه مدت زمانی که کاربر در طول روز از صندلی استفاده می‌کند، از جدول ۱۶ استفاده می‌شود.

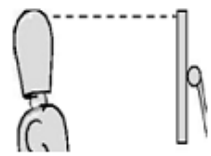
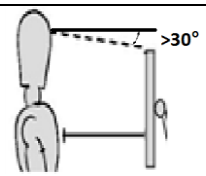
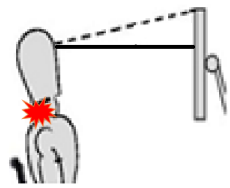
جدول ۱۶: محاسبه امتیاز مدت زمان استفاده از صندلی در روز

مدت زمان استفاده از صندلی در روز	امتیاز
کمتر از ۱ ساعت به‌صورت متناوب یا کمتر از ۳۰ دقیقه به‌صورت مداوم	-۱
۱-۴ ساعت به‌صورت متناوب یا ۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت به‌صورت مداوم	۰
>۴ ساعت به‌صورت متناوب یا >۱ ساعت به‌صورت مداوم	+۱

امتیاز به دست آمده از چارت A با امتیاز طول مدت زمان، جمع می‌شود و امتیاز بخش A به دست می‌آید.

بخش B: مانیتور و تلفن

مانیتور:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
فاصله مانیتور از کاربر به اندازه طول دست فرد است (۷۵-۴۰ سانتی‌متر) و مانیتور در ارتفاع چشم قرار دارد.		۱	۱-اگر مانیتور از کاربر زیاد فاصله داشت، ۱ واحد اضافه کنید. ۲-اگر در گردن پیچش بیش از ۳۰ درجه وجود داشت، ۱ واحد اضافه کنید. ۳- اگر بر روی سطح مانیتور خیرگی وجود داشت، ۱ واحد اضافه کنید. ۴-اگر نگهدارنده اسناد وجود ندارد، ۱ واحد اضافه کنید.
ارتفاع مانیتور پایین است (زاویه بین خط دید افقی و دید کاربر بیش از ۳۰ درجه است).		۲	
ارتفاع مانیتور زیاد است (باعث کشش[1] گردن می‌شود).		۳	

برای محاسبه‌ی مدت زمانی که کاربر در طول روز از مانیتور استفاده می‌کند، از جدول ۱۷ استفاده می‌شود.

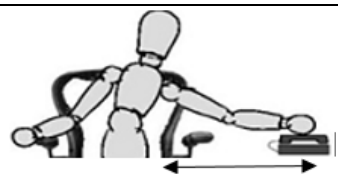
جدول ۱۷: محاسبه امتیاز مدت زمان استفاده از مانیتور در طول روز

مدت زمان استفاده از مانیتور در روز	امتیاز
کمتر از ۱ ساعت به‌صورت متناوب یا کمتر از ۳۰ دقیقه به‌صورت مداوم	-۱
۴-۱ ساعت به‌صورت متناوب یا ۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت به‌صورت مداوم	۰
۴< ساعت به‌صورت متناوب یا ۱< ساعت به‌صورت مداوم	+۱

1- Extension

امتیاز به دست آمده از قسمت مانیتور با امتیاز طول مدت زمان، جمع می‌شود و امتیاز نهایی مانیتور به دست می‌آید.

تلفن:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
اگر در صحبت با تلفن، کاربر با یک دست تلفن را گرفته است یا از هد ست استفاده می‌شود (پوسچر گردن خنثی است).		۱	۱-اگر گوشی بین گردن و شانه نگه داشته می‌شود، ۲واحد اضافه کنید. ۲-اگر هندزفری[1] وجود ندارد، ۱ واحد اضافه کنید.
تلفن دور از دسترس قرار دارد (بیش از ۳۰ سانتی‌متر).		۲	

برای محاسبه‌ی مدت زمانی که کاربر در طول روز از تلفن استفاده می‌کند، از جدول ۱۸ استفاده می‌شود.

جدول ۱۸: محاسبه امتیاز مدت زمان استفاده از تلفن در طول روز

مدت زمان استفاده از تلفن در روز	امتیاز
کمتر از ۱ ساعت به‌صورت متناوب یا کمتر از ۳۰ دقیقه به‌صورت مداوم	-۱
۱-۴ ساعت به‌صورت متناوب یا ۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت به‌صورت مداوم	۰
۴< ساعت به‌صورت متناوب یا ۱< ساعت به‌صورت مداوم	+۱

1- Hands-free

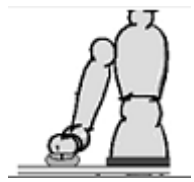
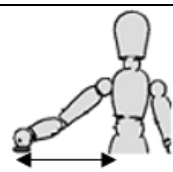
امتیاز به دست آمده از قسمت تلفن با امتیاز طول مدت زمان، جمع می‌شود و امتیاز نهایی تلفن به دست می‌آید. سپس با استفاده از امتیاز نهایی مانیتور و تلفن و با استفاده از چارت B، امتیاز بخش B به دست می‌آید.

چارت B: برای محاسبه امتیاز بخش B

		امتیاز نهایی مانیتور							
		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
امتیاز نهایی تلفن	۰	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶
	۱	۱	۱	۲	۲	۳	۴	۵	۶
	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۵	۶	۷
	۳	۲	۲	۳	۳	۴	۵	۶	۸
	۴	۳	۳	۴	۴	۵	۶	۷	۸
	۵	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۸	۹
	۶	۵	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۹

بخش C: موس و صفحه‌کلید

موس:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
موس با شانه در یک راستا قرار گرفته است.		۱	۱- اگر موس و صفحه‌کلید در دو سطح متفاوت قرار گرفته‌اند، ۲ واحد اضافه کنید. ۲- اگر موس با نوک انگشتان گرفته می‌شود[1]، ۱ واحد اضافه کنید. ۳- اگر تکیه‌گاه کف دست جلوی موس قرار گرفته است، ۱ واحد اضافه کنید.
موس دور از دسترس قرار گرفته است.		۲	

1- Pinch grip

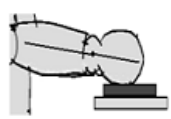
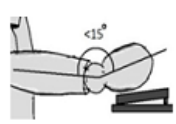
برای محاسبه مدت زمانی که کاربر در طول روز از موس استفاده می‌کند، از جدول ۱۹ استفاده می‌شود.

جدول ۱۹: محاسبه‌ی امتیاز مدت زمان استفاده از موس در طول روز

مدت زمان استفاده از موس در روز	امتیاز
کمتر از ۱ ساعت به‌صورت متناوب یا کمتر از ۳۰ دقیقه به‌صورت مداوم	-۱
۱-۴ ساعت به‌صورت متناوب یا ۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت به‌صورت مداوم	۰
>۴ ساعت به‌صورت متناوب یا >۱ ساعت به‌صورت مداوم	+۱

امتیاز به دست آمده از قسمت موس با امتیاز طول مدت زمان، جمع می‌شود و امتیاز نهایی موس به دست می‌آید.

صفحه‌کلید:

وضعیت	تصویر	امتیاز	افزایش امتیاز
مچ‌ها مستقیم‌اند و شانه‌ها در حالت خنثی قرار دارند.		۱	۱-اگر در حین تایپ کردن، مچ از خط مرکزی به طرفین خم شود، ۱ واحد اضافه کنید. ۲-اگر ارتفاع سینی صفحه‌کلید زیاد است، ۱ امتیاز اضافه کنید.
مچ‌ها دارای کشش شده‌اند (بیش از ۱۵ درجه انحراف).		۲	۳-اگر برای دستیابی به آیتم‌های بالای سر، در ناحیه‌ی دست کشش وجود دارد، ۱ واحد اضافه کنید. ۴-اگر ارتفاع محل قرارگیری صفحه‌کلید غیرقابل تنظیم است، ۱ واحد اضافه کنید.

برای محاسبه‌ی مدت زمانی که کاربر در طول روز از صفحه‌کلید استفاده می‌کند، از جدول ۲۰ استفاده می‌شود.

جدول ۲۰: محاسبه‌ی امتیاز مدت زمان استفاده از صفحه‌کلید در طول روز

مدت زمان استفاده از صفحه‌کلید در روز	امتیاز
کمتر از ۱ ساعت به‌صورت متناوب یا کمتر از ۳۰ دقیقه به‌صورت مداوم	-۱
۴-۱ ساعت به‌صورت متناوب یا ۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت به‌صورت مداوم	۰
۴< ساعت به‌صورت متناوب یا ۱< ساعت به‌صورت مداوم	+۱

امتیاز به دست آمده از قسمت صفحه‌کلید با امتیاز طول مدت زمان، جمع می‌شود و امتیاز نهایی صفحه‌کلید به دست می‌آید. سپس با استفاده از امتیاز نهایی موس و صفحه‌کلید و با استفاده از چارت C، امتیاز بخش C به دست می‌آید.

چارت C: برای محاسبه‌ی امتیاز بخش C

		امتیاز نهایی صفحه‌ی کلید							
		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
امتیاز نهایی موس	۰	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶
	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
	۲	۱	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷
	۳	۲	۳	۳	۳	۵	۶	۷	۸
	۴	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۸
	۵	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۸	۹
	۶	۵	۶	۶	۷	۷	۸	۸	۹
	۷	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۹

در مرحله‌ی بعد با استفاده از امتیاز بخش B و C و با استفاده از چارت D، امتیاز وسایل جانبی و مانیتور به دست می‌آید.

چارت D: برای محاسبه‌ی امتیاز وسایل جانبی و مانیتور

		امتیاز بخش C								
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
امتیاز بخش B	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۲	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۷	۸	۹
	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۸	۹
	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۹
	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹
	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹

هم اکنون با اســتفاده از چارت E، امتیاز بخش صـندلی (A) و امتیاز وسایل جانبی و مانیتور با هم ترکیب شده و امتیاز نهایی ROSA به دست می‌آید.

چارت E: برای محاسبه‌ی امتیاز نهایی ROSA

		امتیاز وسایل جانبی و مانیتور									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
امتیاز بخش A (صندلی)	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۲	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۹	۱۰
	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۱۰
	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۱۰
	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

امتیاز نهایی ROSAدر یکی از دو سطح اولویت اقدامات اصلاحی زیر قرار می‌گیرد:

۱) اگر امتیاز نهایی ۴ یا کمتر به دست آمد، فرد در معرض آسیب‌های اسکلتی- عضلانی قرار ندارد و نیاز به ارزیابی بیشتر ایستگاه کاری وجود ندارد.

۲) اگر امتیاز نهایی ۵ و بالاتر به دست آمد، فرد در معرض آسیب‌های اسکلتی- عضلانی قرار دارد و ایستگاه کاری باید مورد ارزیابی بیشتر قرار گیرد.

چک لیست ارزیابی ROSA و همچنین نحوه محاسبه امتیازات در زیر ارائه شده است.

بخش الف : صندلی

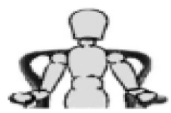
۱-۱ ارتفاع صندلی

غیر قابل تنظیم (+۱)					
	فضای ناکافی در زیر میز جهت راحتی پاها (+۱)	عدم تماس پا با کف (۳)	زاویه زانو بسیار زیاد $90^{\circ}<$ (۲)	زاویه زانو بسیار کم $90^{\circ}>$ (۲)	زانو زاویه 90° (۱)

۱-۲ عمق نشیمنگاه

غیر قابل تنظیم (+۱)			
	فاصله بیشتر از ۷/۵ سانتیمتر (۲)	فاصله کمتر از ۷/۵ سانتیمتر (۲)	فاصله زانو و لبه صندلی حدود ۷/۵ سانتیمتر (۱)

۱-۳ تکیه گاه آرنج

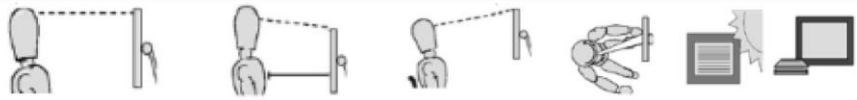
غیر قابل تنظیم (+۱)				
	پهنای بین دو تکیه گاه آرنج زیاد (+۱)	سختی جنس تکیه گاه آرنج (+۱)	ارتفاع تکیه گاه آرنج اگر: خیلی زیاد باشد (شانه ها بالا کشیده شده) یا خیلی کم باشد (عدم حمایت بازوها) (۲)	آرنجها در راستای شانه و شانه ها در حالت طبیعی (۱)

۱-۴ پشتی صندلی

غیر قابل تنظیم (+۱)					
	ارتفاع سطح کار بیش از حد (شانه ها بالا کشیده شده) (+۱)	عدم حمایت ناحیه پشت (متمایل شدن به سمت جلو) (۲)	زاویه نامناسب پشتی صندلی (۲) اگر: (بیشتر از ۱۱۰ درجه یا کمتر از ۹۵ درجه)	پشتی صندلی خیلی کوچک و عدم حمایت ناحیه پشت (۲)	پشتی صندلی مناسب با قابلیت تنظیم بین ۹۵ تا ۱۱۰ درجه (۱)
	مدت زمان:		**امتیاز صندلی:**		

بخش ب : مانیتور و تلفن

۱-۲ مانیتور



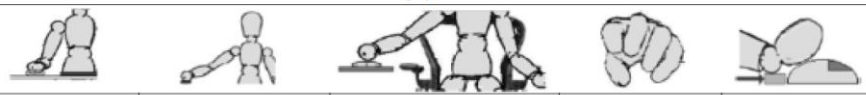
عدم وجود نگهدارنده کاغذ (+۱)	بازتاب های خیره کننده (+۱)	چرخش گردن بیش از ۳۰ درجه (+۱)	ارتفاع مانیتور خیلی زیاد (خمیده شدن گردن بسمت عقب) (۳)	اگر ارتفاع مانیتور کمتر از ۳۰ (۲) اگر فاصله بین مانیتور تا چشم ها بیش از حد (+۱)	فاصله بین مانیتور تا چشمها (۴۰ تا ۷۵ سانتی متر) و صفحه نمایش هم راستای چشم (۱)
مدت زمان :			امتیاز مانیتور :		

۲-۲ تلفن

عدم وجود هندزفری (+۱)				
مدت زمان :				
امتیاز تلفن :	با گردن و شانه تلفن را نگهداشته(+۲)	فاصله دسترسی خیلی زیاد (۲)	استفاده از هدست/ با یک دست تلفن را نگهداشته و حالت گردن طبیعی (۱)	

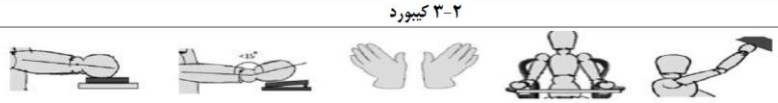
بخش پ : موس و کیبورد

۱-۳ موس



پد مقابل موس قرار دارد(+۱)	گرفتن نیشگونی موس(+۱)	موس و کیبورد در دو سطح مختلف (+۲)	فاصله دسترسی به موس زیاد (۲)	موس هم راستا با شانه (۱)
مدت زمان :			امتیاز موس :	

۲-۳ کیبورد



غیر قابل تنظیم (+۱)					
	بالا بردن دست جهت کار با اجسام بالای سر (+۱)	ارتفاع کیبورد بیش از حد و شانه ها بسمت بالا کشیده شده اند (+۱)	انحراف مچ ها در هنگام تایپ کردن (+۱)	خمش مچ بسمت بالا (با زاویه بیش از ۱۵ درجه) (+۲)	مچ در حالت راست، شانه ها بصورت طبیعی (۱)
	مدت زمان :			امتیاز کیبورد:	

ارزیابی پوسچر به روش ROSA

نام و نام خانوادگی:..... محل اندازه گیری:..... تاریخ:.....

بخش الف : صندلی

۱-۱ ارتفاع صندلی

غیر قابل تنظیم (+۱)	فضای ناکافی در زیر میز جهت راحتی پاها (+۱)	عدم تماس پا با کف (۳)	زاویه زانو بسیار زیاد $90^{\circ}<$ (۲)	زاویه زانو بسیار کم $90^{\circ}>$ (۲)	زانو زاویه 90° (۱)

۱-۲ عمق نشیمنگاه

غیر قابل تنظیم (+۱)	فاصله بیشتر از ۷/۵ سانتیمتر (۲)	فاصله کمتر از ۷/۵ سانتیمتر (۲)	فاصله زانو و لبه صندلی حدود ۷/۵ سانتیمتر (۱)

۱-۳ تکیه گاه آرنج

غیر قابل تنظیم (+۱)	بهنای بین دو تکیه گاه آرنج زیاد (+۱)	سختی جنس تکیه گاه آرنج (+۱)	ارتفاع تکیه گاه آرنج اگر: خیلی زیاد باشد (شانه ها بالا کشیده شده) یا خیلی کم باشد (عدم حمایت بازوها) (۲)	آرنجها در راستای شانه و شانه ها در حالت طبیعی (۱)

۱-۴ پشتی صندلی

غیر قابل تنظیم (+۱)	ارتفاع سطح کار بیش از حد (شانه ها بالا کشیده شده) (+۱)	عدم حمایت ناحیه پشت (متمایل شدن به سمت جلو) (۲)	زاویه نامناسب پشتی صندلی (۲) اگر: (بیشتر از ۱۱۰ درجه یا کمتر از ۹۵ درجه)	پشتی صندلی خیلی کوچک و عدم حمایت ناحیه پشت (۲)	پشتی صندلی مناسب با قابلیت تنظیم بین ۹۵ تا ۱۱۰ درجه (۱)
	مدت زمان:		امتیاز صندلی:		

بخش ب : مانیتور و تلفن

۲-۱ مانیتور

	عدم وجود نگهدارنده کاغذ (+۱)	بازتاب های خیره کننده (+۱)	چرخش گردن بیش از ۳۰ درجه (+۱)	ارتفاع مانیتور خیلی زیاد (خمیده شدن گردن بسمت عقب) (۳)	اگر ارتفاع مانیتور کمتر از ۳۰ (۲) اگر فاصله بین مانیتور تا چشم ها بیش از حد (+۱)	فاصله بین مانیتور تا چشمها (۴۰ تا ۷۵ سانتی متر) و صفحه نمایش هم راستای چشم (۱)
مدت زمان :				امتیاز مانیتور :		

۲-۲ تلفن

عدم وجود هندزفری (+۱)			
مدت زمان :			
امتیاز تلفن :	با گردن و شانه تلفن را نگهداشته(+۲)	فاصله دسترسی خیلی زیاد (۲)	استفاده از هدست/ با یک دست تلفن را نگهداشته و حالت گردن طبیعی (۱)

بخش پ : موس و کیبورد

۳-۱ موس

	پد مقابل موس قرار دارد(+۱)	گرفتن نیشگونی موس(+۱)	موس و کیبورد در دو سطح مختلف (+۲)	فاصله دسترسی به موس زیاد (۲)	موس هم راستا با شانه (۱)
مدت زمان :				امتیاز موس :	

۳-۲ کیبورد

غیر قابل تنظیم (+۱)	بالا بردن دست جهت کار با اجسام بالای سر (+۱)	ارتفاع کیبورد بیش از حد و شانه ها بسمت بالا کشیده شده اند (+۱)	انحراف مچ ها در هنگام تایپ کردن (+۱)	خمش مچ بسمت بالا (با زاویه بیش از ۱۵ درجه) (+۲)	مچ در حالت راست، شانه ها بصورت طبیعی (۱)
	مدت زمان :			امتیاز کیبورد:	

مثال: فرض کنید فردی در محیط کار دفتری خود با استفاده از روش ROSA، مورد ارزیابی قرار گرفته است و امتیازات زیر از نواحی مختلف به دست آمده است. لازم به ذکر است که فرد مورد نظر بیش از ۴ ساعت به‌طور متناوب از صندلی، مانیتور، موس و صفحه‌کلید و کمتر از ۱ ساعت به‌طور متناوب از تلفن در طول روز استفاده می‌کند.

در این مثال محاسبه‌ی امتیازات به‌صورت زیر انجام می‌شود.

از چارت A، امتیاز نهایی صندلی به دست می‌آید.

امتیاز نهایی صندلی با امتیاز مدت زمان جمع شده و امتیاز بخش A را به دست می‌دهد.

۶ (امتیاز بخش A) =۱ (امتیاز مدت زمان)+۵

چارت A: برای محاسبه امتیاز نهایی صندلی

امتیاز به دست آمده از قسمت ارتفاع و عمق نشستگاه	امتیاز به دست آمده از قسمت دسته و پشتی صندلی							
	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۳	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۴	۳	۳	۳	۴	۵	۷	۷	۸
۵	۴	۴	۴	۴	۵	۷	۷	۸
۶	۵	۵	۵	۵	۵	۸	۸	۹
۷	۶	۶	۶	۷	۷	۸	۹	۹
۸	۷	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۹

سپس از چارت B، امتیاز بخش B به دست می‌آید.

۳ (امتیاز مانیتور)=۱ (امتیاز مدت زمان)+۲

۱ (امتیاز تلفن)=۱ (امتیاز مدت زمان)-۲

چارت B: برای محاسبه‌ی امتیاز بخش B

		SCORE							
		Monitor							
		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
Phone	۰	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶
	۱	۱	۱	۲	۲	۳	۴	۵	۶
	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۴	۶	۷
	۳	۲	۲	۳	۳	۴	۵	۶	۸
	۴	۳	۳	۴	۴	۵	۶	۷	۸
	۵	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۸	۹
	۶	۵	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۹

سپس با استفاده از چارت C، امتیاز بخش C به دست می‌آید.

۳ (امتیاز موس)=۱ (امتیاز مدت زمان)+۲

۴ (امتیاز صفحه‌کلید)=۱ (امتیاز مدت زمان)+۳

چارت C: برای محاسبه‌ی امتیاز بخش C

		Keyboard							
		Monitor							
		۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
Mouse	۰	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶
	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
	۲	۱	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷
	۳	۲	۳	۳	۳	۵	۶	۷	۸
	۴	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۸
	۵	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۸	۹
	۶	۵	۶	۶	۷	۷	۸	۸	۹

سپس با استفاده از چارت D، امتیاز بخش B و C با هم ترکیب شده و امتیاز مانیتور و وسایل جانبی کامپیوتر به دست می‌آید.

چارت D: برای محاسبه‌ی امتیاز وسایل جانبی و مانیتور

		Mouse and Keyboard								
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
Monitor and Telephone	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۲	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۷	۸	۹
	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۸	۹
	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۹
	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹
	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹

در نهایت با استفاده از چارت E، امتیاز بخش A (صندلی) و امتیاز مانیتور و وسایل جانبی کامپیوتر با هم ترکیب شده و امتیاز نهایی ROSA به دست می‌آید.

چارت E: برای محاسبه‌ی امتیاز نهایی ROSA

		Peripherals and Monitor									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
Chair	۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۲	۲	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۸	۹	۱۰
	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۹	۱۰
	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۱۰
	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۱۰
	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

امتیاز نهایی ROSA در این مثال برابر با ۶ به دست آمده است که در سطح اولویت اقدام اصلاحی ۲ قرار می‌گیرد. این مطلب بدان معناست که ارزیابی بیشتر ایستگاه کاری باید سریعاً انجام شود. با توجه به نتایج ارزیابی، برای اصلاح شرایط اولویت اقدامات اصلاحی می‌بایست بر صندلی، صفحه‌کلید و ماوس متمرکز باشد. در لینک زیر صفحه اصلی این روش در دسترس است:

http://leadergonomics.com/rosa/

حمل دستی بار

در یک سیستم حمل دستی بار اجزای گوناگونی وجود دارند که باید مورد توجه قرار گیرند. اجزای اصلی این سیستم عبارت‌اند از کارگر، نوع و ماهیت کار و سرانجام سازمان و محیط کار. لازم به توضیح است که در اینجا منظور از فعالیت حمل دستی بار مجموعه‌ای از فعالیت‌ها شامل بلند کردن، پایین گذاشتن، هل دادن، کشیدن، حمل کردن و نگهداشتن بار می‌باشد. در زیر به شرح مختصر هر یک از این اجزا پرداخته شده است.

۱- **کارگر:** فردی که به حمل دستی بار اشتغال دارد از اجزاء مهم این سیستم است. در این زمینه، ویژگی‌های مهم شامل موارد زیر است:

- *جنسیت:* ویژگی‌های فیزیولوژیک، بیومکانیک و آنتروپومتریک در دو جنس تفاوت معنی‌داری دارند. مطالعات نشان داده‌اند که احتمال وقوع آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در فعالیت‌های حمل دستی بار در زنان بیش از مردان می‌باشد.
- *وزن بدن:* با افزایش وزن بدن، مصرف انرژی افزایش می‌یابد. برای یک کار معین افراد سنگین‌تر استرس فیزیولوژیک بیشتری را تحمل می‌کنند و زودتر خسته می‌شوند.
- *ویژگی‌های آنتروپومتریک:* توان حمل دستی بار با اکثر شاخص‌های آنتروپومتریک رابطه مستقیم دارد. در واقع قدرت بلند کردن بار با بزرگ‌تر شدن جثه افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که متغیرهای مختلفی همچون ارتفاع شانه،

ارتفاع زانو، ارتفاع برجستگی انگشت میانی دست در حالت ایستاده و عمق شکم در پیش‌بینی حداکثر وزن مجاز برای بلند کردن بار مفید هستند.

- *آمادگی جسمانی:* هر چه آمادگی جسمانی و قدرت عضلانی فرد بیشتر باشد احتمال وقوع آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در فعالیت‌های حمل دستی بار کاهش می‌یابد.
- *آموزش و تجربه:* برنامه‌های آموزشی در زمینه حمل دستی بار می‌تواند بر نگرش کارگر و انتخاب روش‌های صحیح حمل بار تأثیر داشته و کاهش آسیب‌های ناشی از این فعالیت را به‌دنبال داشته باشد.
- *نوع لباس:* لباس‌های تنگ و چسبان استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد هنگام حمل دستی بار را افزایش می‌دهند، زیرا بخشی از توان جسمانی می‌بایست صرف غلبه بر نیروی کشش حاصل از بافت پارچه شود.

۲- **نوع و ماهیت کار**: نوع و ماهیت کار در ارزیابی فعالیت حمل دستی بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برخی پارامترهای با اهمیت در این زمینه عبارت‌اند از:

- *فرکانس فعالیت:* منظور تکرار فعالیت در واحد زمان می‌باشد. ارزیابی فرکانس یکی از مراحل مهم در بررسی فیزیولوژیک و بیومکانیک حمل دستی بار دانسته می‌شود. میزان وزن مجاز بار با افزایش فرکانس کاهش می‌یابد.
- *ارتفاع بار:* هر چه ارتفاع محل بلند کردن بار به ارتفاع ناحیه کمر نزدیک‌تر باشد، وزن بار مجاز افزایش می‌یابد. بلند کردن یا پایین گذاشتن بار زیر زانو یا بالای ارتفاع شانه باعث افزایش استرس وضعیتی خواهد شد و احتمال آسیب را افزایش می‌دهد.
- *فاصله بار از بدن:* در هنگام فعالیت حمل دستی بار هر چه بار در فاصله دورتری نسبت به بدن گرفته شود استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد بیشتر می‌شود.
- *مسافت جابجایی بار:* بلند کردن یا حمل بار در مسافات طولانی افقی یا عمودی باعث افزایش استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد خواهد شد و احتمال آسیب را افزایش می‌دهد.

- *مدت فعالیت در طول شیفت کار:* هر چه مدت زمان فعالیت حمل دستی بار در طول یک شیفت کار بیشتر باشد استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد بیشتر است و احتمال آسیب افزایش می‌یابد.
- *پوسچر بدن:* پوسچر بدن هنگام بلند کردن بار از جمله پارامترهای مهم در نیروی وارد به بدن به ویژه ستون فقرات است. در بلند کردن بار سه حالت مختلف قابل تشخیص است. حالت استوپ (stoop) که در آن کمر خمیده و پاها راست و مستقیم هستند و نیروی لازم برای بلند کردن بار توسط عضلات کمر تأمین می‌شود. حالت اسکات (squat) که در آن کمر راست و زانوها خمیده هستند و نیروی لازم برای بلند کردن بار توسط عضلات پاها تأمین می‌شود. وضعیت آزاد (free style) حالتی بینابینی یا نیمه اسکات (semi squat) است. از دیدگاه بیومکانیک، استرس وارده بر بدن در حالت اسکات کمتر از حالت استوپ می‌باشد. در وضعیت نیمه اسکات خستگی ایجاد شده در بدن کمتر از دو حالت دیگر است. افزون بر این، بلند کردن بار در حالت نشسته باعث افزایش استرس وضعیتی می‌شود و احتمال آسیب را افزایش می‌دهد. همچنین، چرخش تنه هنگام حمل یا بلند کردن بار باعث افزایش استرس وضعیتی می‌شود. تصاویر زیر حالتهای یاد شده را نمایش می‌دهند.

- *ویژگی‌های بار:* شامل وزن، اندازه، دستگیره داشتن یا نداشتن و سرانجام لیز و بی‌ثبات بودن بار است. با افزایش وزن و اندازه بار استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد هنگام حمل دستی بار افزایش می‌یابد. دستگیره داشتن بار استرس فیزیولوژیک و بیومکانیک وارد بر فرد هنگام حمل دستی بار را کاهش می‌دهد. لیز و بی‌ثبات بودن بار باعث افزایش استرس وضعیتی هنگام بلند کردن یا حمل آن می‌شود.

۳- **سازمان و محیط کار:** طریقی که کار سازمان‌دهی می‌شود (از نظر فیزیکی و زمانی، مثلاً" چند نفر عملیات حمل و جابجایی دستی بار را انجام دهند)، صاف و هموار بودن کف کارگاه، وجود اصطکاک کافی بین کفش و سطح زمین، وجود فضای کافی برای پوسچر مناسب فرد حین انجام فعالیت دستی بار و همچنین ضبط و ربط مناسب از عوامل محیطی تأثیرگذار دانسته می‌شوند. یکی دیگر از عوامل محیطی مطرح در فعالیت حمل دستی بار شرایط جوی محیط کار است که آمیزه‌ای از دما، رطوبت، سرعت جریان هوا و گرمای تابشی است که بر روی عوامل روان‌شناختی و فیزیولوژیک فرد تأثیر می‌گذارند. در شرایط جوی نامناسب توان فرد در فعالیت حمل دستی بار کاهش می‌یابد. وجود روشنایی مناسب در کارگاه از دیگر عوامل محیطی است که باید مد نظر قرار گیرد.

ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار

آسیب‌های کمری ناشی از بلند کردن دستی بار پدیده‌ای رایج در صنعت است. در بسیاری از کشورها دستورالعمل‌هایی وجود دارد که بلند کردن بار در محیط کار را محدود می‌سازند. هدف از این دستورالعمل‌ها کاهش آسیب‌های ناحیه کمر می‌باشد. آسیب‌های ناحیه کمر هنگامی شیوع بیشتری می‌یابد که میزان بار از توان جسمانی فرد بیشتر شود. روش‌های گوناگونی برای ارزیابی فعالیت بلند کردن بار و تعیین حد مجاز وزن باری که کارگر تحت شرایط خاص می‌تواند بلند کند بدون اینکه خطر آسیب ناحیه کمر وجود داشته باشد یا ریسک بالایی داشته باشد، ارائه و توسعه داده شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به دستورالعمل (یا معادله) NIOSH، دستورالعمل هیأت اجرایی ایمنی و بهداشت شغلی انگلستان

(HSE) و روش WISHA[1] اشاره نمود. روش WISHA، روشی محاسباتی برمبنای تلفیقی از دو روش NIOSH و HES می‌باشد. در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی، این روش به دلیل سهولت اجرا، کاربردی بودن و لحاظ نمودن پارامترهای مختلف بلند کردن بار در محاسبه، جهت ارزیابی حد مجاز بلند کردن یا پایین گذاشتن دستی بار توصیه شده است. این روش شامل ۶ مرحله می‌باشد.

۱- در مرحله اول، بر اساس مشاهدات محیطی وزن باری که به‌وسیله کارگر بلند می‌شود مشخص شده و در چهارچوب مربوط به مرحله یک نوشته می‌شود.

۲- در مرحله دوم، ناحیه‌ای را که بلند کردن یا پایین آوردن بار در آن آغاز می‌شود مشخص و دور عدد مربوط به آن ناحیه دایره کشیده می‌شود.

۳- در مرحله سوم، دور عددی که نشان دهنده فرکانس بلند کردن بار و مدت زمانی که در طول شیفت کار فرد به بلند کردن بار می‌پردازد دایره کشیده می‌شود.

۴- در مرحله چهارم، چرخش حین بلند کردن بار مورد توجه قرار می‌گیرد. چنانچه هنگام بلند کردن بار، چرخش حول محور طولی بدن کمتر از 45° باشد، دور عدد یک (در متن) و اگر چرخش حول محور طولی بدن بیشتر از 45° باشد، دور عدد ۰/۸۵ (در متن) دایره کشیده می‌شود.

۵- در مرحله پنجم، اعداد حاصل از مراحل ۲، ۳ و ۵ در چهارچوب مربوطه وارد شده و در هم ضرب می‌شوند. عدد حاصل در این مرحله حد مجاز بلند کردن بار را در شرایط مورد نظر که ارزیابی برای انجام شده است را به‌دست می‌دهد.

۶- در مرحله ششم، عدد حاصل از مرحله ششم با عدد مربوط به مرحله اول با هم مقایسه می‌شوند. چنانچه وزن باری که بلند می‌شود کمتر از حد مجاز محاسبه شده باشد شرایط بی‌خطر و مطلوب ارزیابی می‌شود، اما چنانچه وزن باری که بلند می‌شود بیشتر از حد مجاز محاسبه شده باشد شرایط خطرناک و نامطلوب ارزیابی می‌شود.

1 - Washington Industrial Safety and Health Act

مثال: فرض کنید یک کارگر باری به وزن ۱۵ کیلوگرم را از ناحیه‌ای با فاصله بیش از ۲۵ سانتی‌متر در جلو بدن و در ارتفاع کمر تا شانه بلند می‌کند. بنابراین در مرحله اول ارزیابی در چهارچوب مربوطه عدد ۱۵ نوشته می‌شود و در مرحله دوم ارزیابی دور عدد ۱۸ دایره کشیده می‌شود. بر اساس مشاهدات محیطی که فرد ارزیابی کننده انجام داده است مشخص شده که فرکانس بلند کردن بار برابر با یک بار در دقیقه و این فعالیت در یک شیفت کار بین یک تا دو ساعت استمرار می‌یابد. بنابراین در مرحله سوم ارزیابی دور عدد ۰/۹ دایره کشیده می‌شود. هنگام بلند کردن بار چرخش کمر کارگر بیش از ۴۵ درجه می‌باشد. بنابراین در مرحله چهارم ارزیابی دور عدد ۰/۸۵ دایره کشیده می‌شود. در مرحله پنجم ارزیابی اعداد حاصل از سه مرحله ۲، ۳ و ۴ به چهارچوب مربوطه منتقل شده است. حاصل ضرب سه عدد یاد شده برابر با ۱۳/۷۷ کیلوگرم می‌شود. اگر ۱۵ کیلوگرم بیشترین وزن باری است که توسط فرد در بدترین وضعیت بدنی بلند می‌شود. با توجه به این سناریو، ارزیابی این فعالیت با روش WISHA به شرح شکل ۲۱ است.

بر اساس شکل، حد مجاز بلند کردن بار در این فعالیت ۱۳/۷۷ کیلوگرم می‌باشد. این در حالی است که کارگر باری به وزن ۱۵ کیلوگرم را بلند می‌نماید. با توجه به اینکه وزن بار بلند شده بیش از حد مجاز بار می‌باشد، لذا شرایط از نظر ارگونومیک نامطلوب ارزیابی می‌شود و احتمال آسیب ناحیه کمر تحت شرایط مذکور در این کارگر وجود دارد.

ارزیابی برخط این روش از طریق لینک زیر امکان‌پذیر است:

http://www.drsergio.com.br/ergonomia/curso/Wishas/ergo_worksheetIE.htm

چک لیست ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار (WISHA)

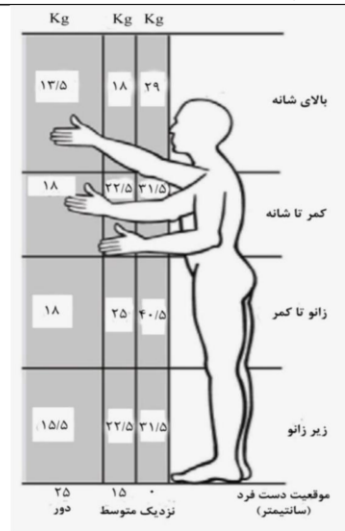
نام کارخانه / کارگاه:
شغل:

نام و نام خانوادگی ارزیاب:
تاریخ ارزیابی:

۱- وزن باری که بلند می شود را در کادر روبرو وارد کنید.

وزن باری که بلند می شود:
Kg

۲- ناحیه ای را که بلند کردن یا پایین آوردن بار در آن آغاز می شود را مشخص کنید و دور عدد مربوطه دایره بکشید.



۳- دور عددی که نشان دهنده فرکانس بلند کردن بار و مدت زمانی که در طول شیفت کار، فرد به بلند کردن بار می پردازد را دایره بکشید.
تذکر: در شرایطی که فرکانس بلند کردن بار کمتر از یک بار در هر دقیقه است عدد یک را انتخاب کنید.

فرکانس بلند کردن بار (تعداد در دقیقه)	مدت زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در یک شیفت		
	یک ساعت و کمتر	یک تا ۲ ساعت	۲ ساعت و بیشتر
یکبار در ۲ تا ۵ دقیقه	۱	۰/۹۵	۰/۸۵
یکبار در دقیقه	۰/۹۵	۰/۹	۰/۷۵
۲ تا ۳ بار در دقیقه	۰/۹	۰/۸۵	۰/۶۵
۴ تا ۵ بار در دقیقه	۰/۸۵	۰/۷	۰/۴۵
۶ تا ۷ بار در دقیقه	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵
۸ تا ۹ بار در دقیقه	۰/۶	۰/۲۵	۰/۱۵
۱۰ و بیشتر از آن در دقیقه	۰/۳	۰/۲	۰/۰

۴- چنانچه هنگام بلند کردن بار فرد بیش از ۴۵ درجه چرخش دارد دور عدد **۰/۸۵** را دایره بکشید. در غیر این صورت دور عدد یک را دایره بکشید.
۵- اعدادی که از مراحل ۲،۳ و ۴ به دست آمده را در کادر زیر وارد کنید.

حد مجاز بار Kg = **عدد مرحله۴** × **عددمرحله ۳** × **عدد مرحله ۲**

۶- آیا وزن باری که بلند می شود (مرحله یک) کمتر از حد مجاز بار می باشد؟ (مرحله ۵)؟

اگر بلی، شرایط مطلوب ارزیابی می شود ☐
اگر خیر، شرایط خطرناک ارزیابی می شود☐

تذکر: اگر فعالیت بلند کردن بار شامل بلند کردن بار با وزن های مختلف بوده و یا از نواحی گوناگونی در جلو بدن بلند می شوند. مراحل ۲ تا ۵ را برای شرایط زیر محاسبه نموده و ملاک ارزیابی قرار دهید.

۱- ارزیابی را برای دو حالت از بدترین شرایط انجام دهید:

الف) سنگین ترین باری که بلند می شود.

ب) حالتی که بار در بدترین پوسچر بلند می شود.

۲- ارزیابی را برای تکراری ترین حالت و متداول ترین شرایط انجام دهید در مرحله ۳ از فرکانس و مدت زمان استمرار تکراری ترین حالت برای ارزیابی کل بلند کردن بار در یک روز کاری استفاده کنید.

چک لیست ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار (WISHA)

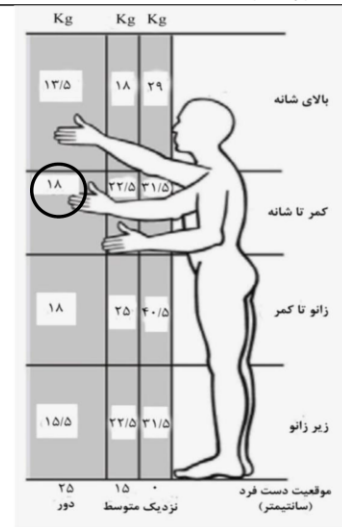
نام کارخانه / کارگاه:
شغل:

نام و نام خانوادگی ارزیاب:
تاریخ ارزیابی:

۱- وزن باری که بلند می شود را در کادر روبرو وارد کنید.

وزن باری که بلند می شود:
۱۵ Kg

۲- ناحیه ای را که بلند کردن یا پایین آوردن بار در آن آغاز می شود را مشخص کنید و دور عدد مربوطه دایره بکشید.



۳- دور عددی که نشان دهنده فرکانس بلند کردن بار و مدت زمانی که در طول شیفت کار، فرد به بلند کردن بار می پردازد را دایره بکشید.
تذکر: در شرایطی که فرکانس بلند کردن بار کمتر از یک بار در هر دقیقه است عدد یک را انتخاب کنید.

فرکانس بلند کردن بار (تعداد در دقیقه)	مدت زمان استمرار فعالیت بلند کردن بار در یک شیفت		
	یک ساعت و کمتر	یک تا ۲ ساعت	۲ ساعت و بیشتر
یکبار در ۲ تا ۵ دقیقه	۱	۰/۹۵	۰/۸۵
یکبار در دقیقه	۰/۹۵	(۰/۹)	۰/۷۵
۲ تا ۳ بار در دقیقه	۰/۹	۰/۸۵	۰/۶۵
۴ تا ۵ بار در دقیقه	۰/۸۵	۰/۷	۰/۴۵
۶ تا ۷ بار در دقیقه	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵
۸ تا ۹ بار در دقیقه	۰/۶	۰/۲۵	۰/۱۵
۱۰ و بیشتر از آن در دقیقه	۰/۳	۰/۲	۰/۰

۴- چنانچه هنگام بلند کردن بار فرد بیش از ۴۵ درجه چرخش دارد دور عدد (۰/۸۵) را دایره بکشید. در غیر این صورت دور عدد یک را دایره بکشید.
۵- اعدادی که از مراحل ۲،۳ و ۴ به دست آمده را در کادر زیر وارد کنید.

حد مجاز بار	= ۰/۸۵ × ۰/۹ × ۱۸
۱۳/۷۷ Kg	مرحله۴ مرحله ۳ مرحله ۲

۶- آیا وزن باری که بلند می شود (مرحله یک) کمتر از حد مجاز بار می باشد؟ (مرحله ۵)؟
اگر بلی، شرایط مطلوب ارزیابی می شود ☐
اگر خیر، شرایط خطرناک ارزیابی می شود ☑

تذکر: اگر فعالیت بلند کردن بار شامل بلند کردن بار با وزن های مختلف بوده و یا از نواحی گوناگونی در جلو بدن بلند می شوند. مراحل ۲ تا ۵ را برای شرایط زیر محاسبه نموده و ملاک ارزیابی قرار دهید.
۱- ارزیابی را برای دو حالت از بدترین شرایط انجام دهید:
الف) سنگین ترین باری که بلند می شود.
ب) حالتی که بار در بدترین پوسچر بلند می شود.
۲- ارزیابی را برای تکراری ترین حالت و متداول ترین شرایط انجام دهید در مرحله ۳ از فرکانس و مدت زمان استمرار تکراری ترین حالت برای ارزیابی کل بلند کردن بار در یک روز کاری استفاده کنید.

شکل ۲۱: ارزیابی حد مجاز بلند کردن دستی بار در مثال مطرح شده.

ارزیابی فعالیت‌های هل دادن، کشیدن و حمل بار

اگر چه بلند و پایین گذاشتن بار متداول‌ترین فعالیت جابجایی دستی بار بوده و دلیل بخش بزرگی از آسیب‌های شغلی در محیط کار است، اما نباید از سایر فعالیت‌هایی جابجایی دستی بار همچون کشیدن، هل دادن و حمل کردن نیز که در محیط کار از شیوع بالایی برخوردارند و می‌توانند باعث آسیب‌های اسکلتی- عضلانی شوند غافل شد. پیش از ارزیابی این فعالیت‌ها باید به وضعیت تماس کفش و زمین و همچنین وضعیت بدنی فرد هنگام اعمال نیرو توجه کرد، زیرا این موارد نقش کلیدی در تعیین میزان نیروی اعمال شده دارند. بنابراین، به عنوان نخستین اقدام کنترلی ارگونومیک می‌بایست به کف، کفش و وجود فضای کافی برای تغییر وضعیت بدنی توجه نمود. ارزیابی کشیدن، هل دادن و حمل کردن به شیوه‌های گوناگون شامل روش‌های روانی- فیزیکی، بیومکانیکی و فیزیولوژیکی انجام می‌شود.

متداول‌ترین شیوه ارزیابی این فعالیت‌ها، روش‌های روانی- فیزیکی (Psychophysics) است که از دسته روش‌های ذهنی می‌باشند. جداول Snook که با بهره‌گیری از ارزیابی‌های روانی- فیزیکی طراحی و تدوین شده‌اند، برای ارزیابی فعالیت‌های مذکور استفاده می‌شوند و در کتاب حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) توصیه شده است.

الف) ارزیابی هل دادن بار:

در ارزیابی فعالیت هل دادن دو نوع نیرو شامل نیروی اولیه (Initial Forces)که به معنی نیروی مورد نیاز جهت حرکت یک شیء ثابت می‌باشد و نیروی پیوسته (sustained forces) که به معنی نیروی مورد نیاز جهت تداوم حرکت در شیء در حال حرکت می‌باشد مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.این نیروها در شرایط عملی و در محیط کار به‌وسیله دستگاهی به‌نام دینامومتر که در شکل ۲۲ نمایش داده شده است اندازه‌گیری می‌شوند. آنگاه مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری با مقادیر حدود مجازی که از جداول اسنوک استخراج می‌شوند مقایسه شده و ارزیابی انجام می‌گردد.

شکل ۲۲: دینامومتر دستی (نیروسنج هل دادن/کشیدن).

برای استخراج مقادیر مجاز از جداول اسنوک نیاز به اطلاعات زیر می‌باشد:

- ارتفاع اعمال نیرو (سطح زمین تا دست‌ها) که مقادیر ۶۴، ۹۵ یا ۱۴۴ سانتی‌متر از سطح زمین دارد.
- فاصله هل دادن بر حسب متر
- جنسیت کارگر
- تکرار فعالیت هل دادن بر حسب دفعه در واحد زمان
- درصد جمعیت مربوطه که می‌توانند این وظیفه را بدون تحمل هیچ فشاری انجام دهند.

در کتاب حدود مجاز شغلی توصیه‌شده که جهت رعایت ملاحظات ارگونومیک از درصدهای ۷۵ یا ۹۰ جداول اسنوک استفاده شود، زیرا درصدهای ۵۰ یا پایین تر تأمین کننده الزامات ارگونومیک نیستند.

- شایان ذکر است که در جداول اسنوک، در بعضی شرایط مقادیر به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند. این موارد مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند. این بدان معناست که در این‌گونه موارد عامل محدود کننده، معیار روانی-فیزیکی نبوده بلکه معیار فیزیولوژیک و میزان مصرف انرژی عامل محدود کننده است که باید مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر، در این قبیل موارد میزان مصرف انرژی

از حدود مجاز و توانایی‌های فیزیکی فرد بیشی گرفته و احتمال خستگی جسمانی وجود دارد.

مثال: فرض کنید که کارگر مردی یک چرخ دستی که ارتفاع دسته آن برابر با ۹۵ سانتی‌متر از سطح زمین است را با فرکانس یک دفعه در هر ۲ دقیقه در مسافت ۷/۶ متر هل می‌دهد. چنانچه منظور این باشد که نیروی اعمالی برای ۹۰ درصد کارگران مناسب بوده و مجاز دانسته شود، مقادیر نیروی اولیه و نیروی پیوسته از جدول ۳- الف کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی به ترتیب برابر با ۲۳ و ۱۳ کیلوگرم به‌دست می‌آید. در شکل زیر نحوه به‌دست آمدن مقادیر یاد شده نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نیروی اولیه مجاز همواره بزرگ‌تر از نیروی پیوسته می‌باشد.

حال برای ارزیابی فعالیت مذکور باید در شرایط عملی نیروهای اولیه و پیوسته به‌وسیله دستگاه دینامومتر سنجش شوند. آنگاه مقادیر به دست آمده با مقادیر استخراج شده از جدول مقایسه می‌شوند. چنانچه مقادیر حاصل از سنجش بیش از مقادیر استخراج شده از جدول باشد، در این صورت گفته می‌شود که شرایط از نظر ارگونومیک مناسب نبوده و احتمال وقوع آسیب اسکلتی- عضلانی در کارگر/کارگران مشغول انجام وظیفه در این سناریو وجود دارد و بایستی برای بهبود شرایط کار اقدامات اصلاحی انجام داد.

نکته حائز اهمیت در این مورد آن است که نیروی اولیه یا پیوسته سنجش شده با وزن چرخ دستی فرق دارد و هیچ‌گاه نباید وزن چرخ دستی را با مقادیر استخراج شده از جداول اسنوک مقایسه نمود، بلکه باید نتایج سنجش با دستگاه دینامومتر را با مقادیر مستخرج از جداول اسنوک مقایسه نمود و ارزیابی را انجام داد.

در مثال فوق فرض کنید که دستگاه دینامومتر برای نیروی اولیه و نیروی پیوسته به ترتیب مقادیر ۲۵ و ۱۵ کیلوگرم را نشان می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان چنین گفت که شرایط برای تمام ۹۰ درصد جمعیت هدف مناسب نبوده و فشار وارده بر فرد/افراد ممکن است منجر به آسیب‌های اسکلتی- عضلانی شوند. البته این نیرو می‌تواند برای درصدهای پایین‌تری از کارگران که توان جسمانی بالاتری دارند مناسب باشد.

جدول ۳- الف- حداکثر نیروی مجاز هل دادن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۲/۱ متر هل دادن یک بار هل دادن در هر							۷/۶ متر هل دادن یک بار هل دادن در هر						
		۶	۱۲	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱۵	۲۲	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	ثانیه		دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***													
۱۴۴	۹۰	۲۰	۲۲	۲۵	۲۵	۲۶	۲۶	۳۱	۱۴	۱۶	۲۱	۲۱	۲۲	۲۲	۲۶
	۷۵	۲۶	۲۹	۳۲	۳۲	۳۴	۳۴	۴۱	۱۸	۲۰	۲۷	۲۷	۲۸	۲۸	۳۴
	۵۰	۳۲	۳۶	۴۰	۴۰	۴۲	۴۲	۵۱	۲۳	۲۵	۳۳	۳۳	۳۵	۳۵	۴۲
	۲۵	۳۸	۴۳	۴۷	۴۷	۵۰	۵۱	۶۱	۲۷	۳۱	۴۰	۴۰	۴۲	۴۲	۵۱
	۱۰	۴۴	۴۹	۵۵	۵۵	۵۸	۵۸	۷۰	۳۱	۳۵	۴۶	۴۶	۴۸	۴۹	۵۸
۹۵	۹۰	۲۱	۲۴	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۴	۱۶	۱۸	۲۳	۲۳	۲۵	۲۵	۳۰
	۷۵	۲۸	۳۱	۳۴	۳۴	۳۶	۳۶	۴۴	۲۱	۲۳	۳۰	۳۰	۳۲	۳۲	۳۹
	۵۰	۳۴	۳۸	۴۳	۴۳	۴۵	۴۵	۵۴	۲۶	۲۹	۳۸	۳۸	۴۰	۴۰	۴۸
	۲۵	۴۱	۴۶	۵۱	۵۱	۵۴	۵۵	۶۵	۳۱	۳۵	۴۵	۴۵	۴۸	۴۸	۵۸
	۱۰	۴۷	۵۳	۵۹	۵۹	۶۲	۶۳	۷۵	۳۵	۴۰	۵۲	۵۲	۵۵	۵۶	۶۶
۶۴	۹۰	۱۹	۲۲	۲۴	۲۴	۲۵	۲۶	۳۱	۱۳	۱۴	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۶
	۷۵	۲۵	۲۸	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰	۱۶	۱۹	۲۶	۲۶	۲۷	۲۸	۳۳
	۵۰	۳۱	۳۵	۳۹	۳۹	۴۱	۴۱	۵۰	۲۰	۲۳	۳۲	۳۲	۳۴	۳۵	۴۱
	۲۵	۳۸	۴۲	۴۶	۴۶	۴۹	۵۰	۵۹	۲۵	۲۸	۳۹	۳۹	۴۱	۴۱	۵۰
	۱۰	۴۳	۴۸	۵۳	۵۳	۵۷	۵۷	۶۸	۲۸	۳۲	۴۵	۴۵	۴۷	۴۸	۵۷
		نیروی پیوسته ****													
۱۴۴	۹۰	۱۰	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۸	۲۲	۸	۹	۱۳	۱۳	۱۵	۱۶	۱۸
	۷۵	۱۳	۱۷	۲۱	۲۲	۲۴	۳۵	۳۰	۱۰	۱۳	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵
	۵۰	۱۷	۲۲	۲۷	۲۸	۳۱	۳۲	۳۸	۱۳	۱۶	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲
	۲۵	۲۱	۲۷	۳۳	۳۴	۳۸	۴۰	۴۷	۱۶	۲۰	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹
	۱۰	۲۵	۳۱	۳۸	۴۰	۴۵	۴۶	۵۴	۱۹	۲۳	۳۲	۳۳	۳۸	۳۹	۴۶
۹۵	۹۰	۱۰	۱۳	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۳	۸	۱۰	۱۳	۱۳	۱۵	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۴	۱۸	۲۲	۲۲	۲۵	۳۶	۳۱	۱۱	۱۳	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۵
	۵۰	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۳	۳۴	۴۰	۱۴	۱۷	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲
	۲۵	۲۲	۲۸	۳۴	۳۵	۴۰	۴۱	۴۹	۱۷	۲۱	۲۷	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹
	۱۰	۲۶	۳۳	۴۰	۴۱	۴۶	۴۸	۵۷	۲۰	۲۴	۳۲	۳۳	۳۷	۳۸	۴۵
۶۴	۹۰	۱۰	۱۳	۱۶	۱۶	۱۸	۱۹	۲۳	۸	۱۰	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۴	۱۸	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱	۱۱	۱۳	۱۷	۱۷	۱۹	۲۰	۲۴
	۵۰	۱۸	۲۳	۲۸	۲۹	۳۲	۳۳	۳۹	۱۴	۱۷	۲۱	۲۲	۲۵	۲۶	۳۱
	۲۵	۲۲	۲۸	۳۴	۳۵	۳۹	۴۱	۴۸	۱۷	۲۱	۲۶	۲۷	۳۱	۳۲	۳۷
	۱۰	۲۶	۳۲	۳۹	۴۱	۴۶	۴۸	۵۶	۲۰	۲۵	۳۰	۳۲	۳۶	۳۷	۴۴

*فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد نیاز برای نگهداشتن در ادامه حرکت

_ اعدادی که به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند.

ب) ارزیابی کشیدن بار:

ارزیابی فعالیت کشیدن بار همانند ارزیابی هل دادن بار انجام می‌شود با این تفاوت که در اینجا از جداول اسنوک مربوط به کشیدن بار استفاده می‌شود. در ارزیابی فعالیت کشیدن بار نیز دو نوع نیرو شامل نیروی اولیه (Initial Forces) که به معنی نیروی مورد نیاز جهت حرکت یک شیء ثابت می‌باشد و نیروی پیوسته (sustained forces) که به معنی نیروی مورد نیاز جهت تداوم حرکت در شیء در حال حرکت می‌باشد مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.این نیروها نیز در شرایط عملی و در محیط کار به‌وسیله دستگاه دینامومتر اندازه‌گیری می‌شوند. آنگاه مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری با مقادیر حدود مجازی که از جداول اسنوک استخراج می‌شوند مقایسه شده و ارزیابی انجام می‌گردد.برای استخراج مقادیر مجاز از جداول اسنوک نیاز به اطلاعات زیر می‌باشد:

- ارتفاع اعمال نیرو (سطح زمین تا دست‌ها) که مقادیر ۶۴، ۹۵ یا ۱۴۴ سانتی‌متر از سطح زمین دارد.
- فاصله کشیدن بار بر حسب متر
- جنسیت کارگر

تکرار فعالیت کشیدن بار بر حسب دفعه در واحد زمان

- درصد جمعیت مربوطه که می‌توانند این وظیفه را بدون تحمل هیچ فشاری انجام دهند. در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی توصیه شده که جهت رعایت ملاحظات ارگونومیک از درصدهای ۷۵ یا ۹۰ جداول اسنوک استفاده شود، زیرا درصدهای ۵۰ یا پایین تر تأمین کننده الزامات ارگونومیک نیستند.
- شایان ذکر است که در این مورد نیز در جداول اسنوک، در بعضی شرایط مقادیر به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند. این موارد مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند. این بدان معناست که در این گونه موارد عامل محدود کننده، معیار روانی- فیزیکی نبوده بلکه معیار فیزیولوژیک و میزان مصرف انرژی عامل محدود کننده است که باید مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر، در این قبیل موارد

میزان مصرف انرژی از حدود مجاز و توانایی‌های فیزیکی فرد بیشی گرفته و احتمال خستگی جسمانی وجود دارد.

مثال: فرض کنید که کارگر مردی یک چرخ دستی که ارتفاع دسته آن برابر با ۱۴۴ سانتی‌متر از سطح زمین است را با فرکانس یک دفعه در هر ۵ دقیقه در مسافت ۱۵/۲ متر می‌کشد. چنانچه منظور این باشد که نیروی اعمالی برای ۹۰ درصد کارگران مناسب بوده و مجاز دانسته شود، مقادیر نیروی اولیه و نیروی پیوسته از جدول ۵- ب کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی به ترتیب برابر با ۱۶ و ۱۰ کیلوگرم به دست می‌آید. در شکل زیر نحوه به دست آمدن مقادیر یاد شده نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نیروی اولیه مجاز همواره بزرگ‌تر از نیروی پیوسته می‌باشد.

حال برای ارزیابی فعالیت مذکور باید در شرایط عملی نیروهای اولیه و پیوسته به‌وسیله دستگاه دینامومتر سنجش شوند. آنگاه مقادیر به دست آمده با مقادیر استخراج شده از جدول مقایسه می‌شوند. چنانچه مقادیر حاصل از سنجش بیش از مقادیر استخراج شده از جدول باشد، در این صورت گفته می‌شود که شرایط از نظر ارگونومیک مناسب نبوده و احتمال وقوع آسیب اسکلتی- عضلانی در کارگر/کارگران مشغول انجام وظیفه در این سناریو وجود دارد و بایستی برای بهبود شرایط کار اقدامات اصلاحی انجام داد.

نکته حائز اهمیت در این مورد آن است که نیروی اولیه یا پیوسته سنجش شده با وزن چرخ دستی فرق دارد و هیچ‌گاه نباید وزن چرخ دستی را با مقادیر استخراج شده از جداول اسنوک مقایسه نمود، بلکه باید نتایج سنجش با دستگاه دینامومتر را با مقادیر مستخرج از جداول اسنوک مقایسه نمود و ارزیابی را انجام داد.

در مثال فوق فرض کنید که دستگاه دینامومتر برای نیروی اولیه و نیروی پیوسته به ترتیب مقادیر ۱۵ و ۹ کیلوگرم را نشان می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان چنین گفت که شرایط برای تمام ۹۰ درصد جمعیت هدف مناسب بوده و فشار وارده بر فرد/افراد احتمالاً منجر به آسیب‌های اسکلتی- عضلانی نمی‌شوند.

جدول ۵- ب- حداکثر نیروی مجاز کشیدن برای مردان (کیلوگرم)

ارتفاع*	درصد**	۱۵/۲ متر کشیدن یک بار کشیدن در هر							۳۰/۵ متر کشیدن یک بار کشیدن در هر				
		۲۵	۳۵	۱	۲	۵	۳۰	۸	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت	دقیقه				ساعت
		نیروی اولیه***											
۱۴۴	۹۰	۱۳	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۷	۲۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۹
	۷۵	۱۶	۱۸	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۴	۱۴	۱۶	۱۹	۱۹	۲۳
	۵۰	۱۹	۲۱	۲۲	۲۲	۲۴	۲۴	۲۹	۱۷	۱۹	۲۲	۲۲	۲۷
	۲۵	۲۲	۲۵	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۳	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۱۰	۲۴	۲۸	۲۹	۲۹	۳۱	۳۱	۳۸	۲۲	۲۵	۲۹	۲۹	۳۷
۹۵	۹۰	۱۸	۲۰	۲۱	۲۱	۲۳	۲۳	۲۸	۱۶	۱۸	۲۱	۲۱	۲۶
	۷۵	۲۲	۲۵	۲۶	۲۶	۲۸	۲۸	۳۳	۲۰	۲۲	۲۶	۲۶	۳۲
	۵۰	۲۶	۲۹	۳۱	۳۱	۳۳	۳۳	۴۰	۲۴	۲۷	۳۱	۳۱	۳۸
	۲۵	۳۰	۳۴	۳۶	۳۶	۳۸	۳۹	۴۶	۲۷	۳۱	۳۶	۳۶	۴۵
	۱۰	۳۳	۳۸	۴۱	۴۱	۴۳	۴۴	۵۲	۳۱	۳۵	۴۰	۴۰	۵۰
۶۴	۹۰	۲۰	۲۳	۲۴	۲۴	۲۶	۲۶	۳۱	۱۸	۲۱	۲۴	۲۴	۳۰
	۷۵	۲۴	۲۸	۲۹	۲۹	۳۱	۳۲	۳۸	۲۲	۲۵	۲۹	۲۹	۳۶
	۵۰	۲۹	۳۳	۳۵	۳۵	۳۷	۳۸	۴۵	۲۷	۳۰	۳۵	۳۵	۴۳
	۲۵	۳۴	۳۹	۴۱	۴۱	۴۳	۴۴	۵۲	۳۱	۳۵	۴۱	۴۱	۵۰
	۱۰	۳۸	۴۳	۴۶	۴۶	۴۹	۴۹	۵۹	۳۵	۳۹	۴۶	۴۶	۵۷
		نیروی پیوسته****											
۱۴۴	۹۰	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۳	۷	۸	۹	۱۱	۱۳
	۷۵	۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶
	۵۰	۱۱	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱۷	۲۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۲۰
	۲۵	۱۳	۱۵	۱۷	۱۸	۲۰	۲۱	۲۴	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰	۲۴
	۱۰	۱۴	۱۷	۱۹	۲۰	۲۳	۲۴	۲۸	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷
۹۵	۹۰	۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۱۴	۱۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷
	۷۵	۱۱	۱۴	۱۵	۱۵	۱۸	۱۸	۲۲	۱۲	۱۳	۱۶	۱۸	۲۱
	۵۰	۱۴	۱۷	۱۹	۱۹	۲۲	۲۳	۲۷	۱۴	۱۷	۱۹	۲۲	۲۶
	۲۵	۱۷	۲۰	۲۲	۲۳	۲۶	۲۷	۳۲	۱۷	۲۰	۲۳	۲۷	۳۲
	۱۰	۱۹	۲۳	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۷	۱۹	۲۳	۲۷	۳۱	۳۶
۶۴	۹۰	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۸	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸
	۷۵	۱۲	۱۴	۱۶	۱۷	۱۹	۱۹	۲۳	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۳
	۵۰	۱۵	۱۸	۲۰	۲۱	۲۳	۲۴	۲۸	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۷
	۲۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۵	۲۸	۲۹	۳۴	۱۸	۲۱	۲۵	۲۸	۳۳
	۱۰	۲۰	۲۴	۲۷	۲۸	۳۲	۳۳	۳۹	۲۱	۲۴	۲۸	۳۲	۳۸

* فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر) ** درصد جمعیت صنعتی

*** نیروی اولیه موردنیاز برای گرفتن بار در شروع حرکت **** نیروی پیوسته مورد نیاز برای نگهداشتن در ادامه حرکت

_ اعدادی که به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند

پ) ارزیابی حمل بار:

ارزیابی فعالیت حمل بار با استفاده از جداول اسنوک مربوط به حمل بار استفاده می‌شود. در ارزیابی فعالیت حمل بار از وزن بار استفاده می‌شود، بدین ترتیب که وزن بار با مقادیر به‌دست آمده از حدود مجازی که از جداول اسنوک استخراج می‌شوند مقایسه شده و ارزیابی انجام می‌گردد.برای استخراج مقادیر مجاز از جداول اسنوک نیاز به اطلاعات زیر می‌باشد:

- جنسیت کارگر
- ارتفاع بار (سطح زمین تا دست‌ها) که مقادیر ۷۹ و ۱۱۱ سانتی‌متر برای مردان و ۷۲ و ۱۰۵ سانتی‌متر برای زنان دارد.
- مسافت حمل بار بر حسب متر
- جنسیت کارگر
- تکرار فعالیت حمل بار بر حسب دفعه در واحد زمان
- درصد جمعیت مربوطه که می‌توانند این وظیفه را بدون تحمل هیچ فشاری انجام دهند. در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی توصیه شده که جهت رعایت ملاحظات ارگونومیک از درصدهای ۷۵ یا ۹۰ جداول اسنوک استفاده شود، زیرا درصدهای۵۰ یا پایین تر تأمین کننده الزامات ارگونومیک نیستند.
- شایان ذکر است که در این مورد نیز در جداول اسنوک، در بعضی شرایط مقادیر به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند. این موارد مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند. این بدان معناست که در این گونه موارد عامل محدود کننده، معیار روانی- فیزیکی نبوده بلکه معیار فیزیولوژیک و میزان مصرف انرژی عامل محدود کننده است که باید مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر، در این قبیل موارد میزان مصرف انرژی از حدود مجاز و توانایی‌های فیزیکی فرد بیشی گرفته و احتمال خستگی جسمانی وجود دارد.

مثال: فرض کنید که کارگر مردی باری به وزن ۲۰ کیلوگرم را در ارتفاع ۱۱۱ سانتی‌متر از سطح زمین با فرکانس یک دفعه در هر ۲ دقیقه در مسافت ۴/۳ متر حمل می‌کند. چنانچه منظور این باشد که وزن بار برای ۹۰ درصد کارگران مناسب بوده و مجاز دانسته شود، وزن

بار مجاز از جدول ۷- ب کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی برابر با ۱۵ کیلوگرم به‌دست می‌آید. در شکل زیر نحوه به‌دست آمدن مقادیر یاد شده نشان داده شده است.

در مثال فوق، چون وزن باری که فرد حمل می‌کند (۲۰ کیلوگرم) بیش از مقدار مجاز استخراج شده از جدول (۱۵ کیلوگرم) می‌باشد، لذا می‌توان چنین گفت که شرایط برای ۹۰ درصد جمعیت هدف مناسب نبوده و فشار وارده بر فرد/افراد ممکن است منجر به آسیب‌های اسکلتی- عضلانی شود.

جدول ۷- ب- حداکثر وزن مجاز برای حمل کردن (کیلوگرم) برای مردان و زنان

ارتفاع*	درصد**	۴/۳ متر کشیدن یک بار حمل کردن در هر						
		۱۰	۱۶	۱	۲	۵	۳۰	۸
		ثانیه		دقیقه				ساعت
		مردان						
۱۱۱	۹۰	۹	۱۱	۱۵	۱۵	۱۷	۱۹	۲۲
	۷۵	۱۳	۱۶	۲۱	۲۱	۲۳	۲۶	۳۰
	۵۰	۱۷	۲۰	۲۷	۲۷	۳۰	۳۴	۳۹
	۲۵	***۲۰***	۲۵	۳۳	۳۳	۳۷	۴۱	۴۸
	۱۰	***۲۴***	۲۹	۳۸	۳۹	۴۳	۴۸	۵۷
۷۹	۹۰	۱۱	۱۴	۱۸	۱۹	۲۱	۲۳	۲۷
	۷۵	۱۶	۱۹	۲۵	۲۵	۲۸	۳۲	۳۷
	۵۰	***۲۰***	۲۵	۳۲	۳۳	۳۶	۴۱	۴۸
	۲۵	***۲۵***	۲۰	۴۰	۴۰	۴۵	۵۰	۵۹
	۱۰	***۲۹***	***۳۵***	۴۷	۴۷	۵۷	۵۹	۶۹
زنان								
۱۰۵	۹۰	۹	۱۰	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۸
	۷۵	***۱۱***	۱۲	۱۵	۱۵	۱۶	۱۶	۲۱
	۵۰	***۱۲***	۱۳	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۲۴
	۲۵	***۱۴***	۱۵	۲۰	۲۰	۲۱	۲۱	۲۸
	۱۰	***۱۶***	۱۷	۲۲	۲۲	۲۳	۲۳	۳۱
۷۲	۹۰	۱۰	۱۱	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۲۰
	۷۵	۱۱	۱۳	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۲۳
	۵۰	***۱۳***	۱۵	۱۹	۱۹	۲۰	۲۰	۲۶
	۲۵	***۱۵***	۱۷	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۳۰
	۱۰	***۱۷***	***۱۹***	۲۴	۲۴	۲۵	۲۵	۳۳

*فاصله عمودی از زمین تا دست‌ها (سانتی‌متر)

** درصد جمعیت صنعتی

_ اعدادی که به‌صورت کج و پر رنگ نشان داده شده‌اند مربوط به مقادیر فراتر از معیارهای فیزیولوژیکی ۸ ساعته می‌باشند.

ارزیابی بار کار جسمانی

به‌کارگیری عملی اصول فیزیولوژی کار به بررسی اعمال و وظایف اندام در پاسخ به فشارهای کار ماهیچه‌ای نیاز دارد. از آنجا که، در هر گونه فعالیتی (حتی در مشاغلی که فعالیت‌های ذهنی زیاد نیاز است)، خواه در محیط کار و خواه در اوقات فراغت و زندگی روزانه، انجام کار ماهیچه‌ای پرهیز ناپذیر است، فیزیولوژی کار، نه تنها در محیط کار، که در مفهومی گسترده‌تر و در همه‌ی فعالیت‌های انسانی، مانند فعالیت‌های اوقات فراغت، ورزش، انجام کارهای خانه، انجام وظیفه در محیط کار و ... اهمیتی شایان توجه دارد.

هدف اصلی فیزیولوژی کار فراهم ساختن شرایطی است که در آن، افراد بتوانند بدون هیچ خستگی غیرضروری، انجام وظیفه کرده و در پایان روز کاری، نیرو و انرژی بسنده برای استفاده از اوقات فراغت خود داشته باشند.

با گسترش مکانیزاسیون و خودکارسازی (اتوماسیون)، فن آوری (تکنولوژی) نوین تا اندازه‌ای زیاد به حذف کارهای جسمانی بسیار سنگین کمک کرده است. اما با این حال، هنوز مشاغلی هستند که در آن‌ها، گهگاهی افراد به انجام کارهای سنگین جسمانی ناچار هستند (برای نمونه، ماهیگیری، کشاورزی، کارهای ساختمانی، حمل و نقل و بسیاری مشاغل خدماتی). در برخی موارد، هنگامی که میزان کار [1]بسیار زیاد باشد، تنها راه انجام آن، در پیش گرفتن نظام منقطع است، به این ترتیب، که کار به‌صورت منقطع انجام پذیرد و زمان استراحت در فاصله‌های زمانی مشخص در نظر گرفته شود. البته، گفتنی است که گر چه کوشش در جهت حذف تنش‌های جسمانی است، اما نیاز به برون ده فزون تر و کارایی بیشتر، سبب شتاب گرفتن فرایند تولید در بسیاری صنایع شده و افزون بر آن، هفته‌ی کاری کوتاه‌تر، موجب فزونی شدت کار گردیده است. نتیجه‌ی موارد یاد شده، افزایش تنش عصبی و فشارهای روانی بوده و پیامد آخر آن، این است که امروز، در بسیاری از فرایندهای صنعتی مشکل اساسی، فشارهای روانی و محیط کار نامطلوب باشد و نه سختی فیزیکی کار.

1- Work load

در فیزیولوژی کار، تنش و فشاری، که از سوی کار و محیط کار به اندام یا اندام‌های عمل کننده وارد می‌شود، سنجش و ارزیابی می‌شود. از آنجا که، تجربه نشان داده است، که فرد نمی‌تواند بیشتر از ۳۰ تا ۴۰ درصد حداکثر توان هوازی[1] خود را در مدت هشت ساعت کار روزانه بدون تظاهر نشانه‌های خستگی ذهنی و جسمی به کار برد، یکی از مشکلات اصلی در فیزیولوژی کار، تعیین نسبت میان میزان کار و ظرفیت انجام کار[2] است. اگر کاری که بر دوش فرد گذاشته می‌شود، بسیار بیشتر از ظرفیت انجام کار وی باشد، تظاهر و گسترش خستگی پرهیز ناپذیر خواهد بود. این امر، هم در کارهایی که در آن‌ها همه‌ی بدن درگیر است (گروه بزرگی از ماهیچه‌ها) و هم در کارهایی، که تنها گروهی کوچک از ماهیچه‌ها فعالیت دارند، صادق است. از این رو، وظیفه‌ی اساسی فیزیولوژی کار، اندازه‌گیری میزان کار و متناسب کردن آن با توانایی کارگر است.

ارزیابی میزان کار نسبت به ظرفیت انجام کار:

از آنجا که، میزان حداکثر جذب اکسیژن در افراد گوناگون بسیار متفاوت است، ممکن است کاری که برای فردی بسیار ساده و آسان می‌نماید، برای دیگری بسیار خسته‌کننده و دشوار باشد. فرض شود، که دو نفر کاری همسان را انجام می‌دهند. برای نمونه، حمل باری سنگین در سربالایی. برای انجام این کار به مصرف دو لیتر اکسیژن در دقیقه نیاز است. حال فرض شود، که میزان حداکثر جذب اکسیژن در یکی از آن‌ها شش و در دیگری دو لیتر در دقیقه باشد. در فرد نخست، میزان مصرف انرژی، نزدیک به ۳۰ درصد توان هوازی است، در نتیجه، او می‌تواند بدون احساس خستگی در همه‌ی طول روز به انجام چنین فعالیتی بپردازد. زیرا، باور بر این است، که هرگاه میزان کار کمتر از ۴۰ درصد حداکثر توان هوازی فرد باشد، او می‌تواند بی هیچ خستگی، مدت زیادی به انجام کار بپردازد. از سوی دیگر، او می‌تواند بیشتر از نیمی از انرژی مورد نیاز خود را از راه اکسیداسیون چربی فراهم کند. اما در فرد دوم، میزان مصرف انرژی برابر با همه‌ی توان هوازی اوست و در نتیجه، تنها برای مدت زمانی

1- Maximal aerobic power
2- Work capacity

کوتاه می‌تواند به انجام چنین کاری پردازد و در طول انجام کار ناچار است از ذخایر هیدروکربنات بدن خویش، به عنوان منبع اصلی سوخت متابولیکی استفاده کند.

با توجه به گفتار بالا، کاربرد و بیان میزان کار به‌صورت مقادیر مطلق (اکسیژن جذب‌شده در دقیقه بر حسب لیتر)، می‌تواند بی مفهوم باشد و می‌بایست آن را به‌صورت درصدی از حداکثر توان هوازی فرد بیان کرد. این امر به معنای آن است، که در آغاز، می‌بایست میزان حداکثر جذب اکسیژن در فرد مورد نظر تعیین شود، آنگاه میزان کار محوله ارزیابی گردد و سپس، نسبت میزان کار به میزان حداکثر جذب اکسیژن محاسبه شود.

اندازه‌گیری حداکثر توان هوازی:

حداکثر توان هوازی فرد را می‌توان با اندازه‌گیری مستقیم حداکثر میزان جذب اکسیژن تعیین و یا برپایه اطلاعات به دست آمده از آزمون‌های غیرمستقیم (ساب ماکزیمال)[1] برآورد کرد.

اندازه‌گیری میزان کار:

میزان کار را می‌توان با اندازه‌گیری میزان جذب اکسیژن به هنگام انجام آن و یا برآورد غیرمستقیم میزان جذب اکسیژن برپایه شمار ضربان قلب به هنگام انجام کار تعیین کرد.

۱- اندازه‌گیری میزان جذب اکسیژن به هنگام کار:

از آنجا که، روایی استفاده از میزان جذب اکسیژن، به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری مقدار مصرف انرژی به اثبات رسیده و تأیید شده است، با کاربرد این روش، که در واقع از دسته روش‌های کالری‌متری غیرمستقیم است، می‌توان مقدار مصرف انرژی را در بسیاری از فعالیت‌های جسمانی اندازه گرفت.

در مطالعات میدانی[2]، روش متداول، گردآوری هوای بازدم در کیسه‌ی دوگلاس[3] است، که بر پشت فرد حمل می‌شود. هم اکنون، روش‌های دیگر نیز، هستند، که در آن‌ها، حجم

1-Submaximal
2- Field studies
3- Douglas bag

هوای بازدم به‌وسیله فلومترها[1] (وسایل اندازه‌گیری حجم هوا) اندازه‌گیری می‌شود و بخشی از هوای بازدم در یک کیسه‌ی پلاستیکی کوچک (اسپیرومتر ماکس پلانک) گردآوری می‌گردد. آنگاه، هوای بازدم تجزیه شده و مقادیر اکسیژن و دی اکسید کربن موجود در آن سنجش می‌شوند. اگر دقت آن‌چنان حیاتی نباشد (±۱۰ درصد)، اندازه‌گیری اکسیژن با تجزیه‌کننده‌ی قابل‌حمل اکسیژن کافی به نظر می‌رسد. روش‌هایی گوناگون برای اندازه‌گیری اکسیژن به‌وسیله پژوهشگران ابداع و مطرح شده است.

برعکس، اندازه‌گیری غیرمستقیم میزان کار بر پایه‌ی ثبت پیوسته ضربان قلب، تصویری کلی از میزان فعالیت همه‌ی بدن در مدت زمان انجام کار را به دست می‌دهد. از سویی دیگر، برپایه اطلاعات موجود در زمینه‌ی زمان- فعالیت[2] هر فرد آزمایش شونده (که به‌وسیله ناظری در همه‌ی مدت زمان انجام کار گردآوری می‌شود)، می‌توان فعالیت‌های گوناگون را با توجه به شمار ضربان قلب در هنگام انجام آن‌ها، از یکدیگر جدا و طبقه بندی کرد. از این رو، اندازه‌گیری غیرمستقیم میزان کار بر پایه ی ثبت پیوسته ضربان قلب در بسیاری موارد بهترین شیوه ارزیابی انگاشته می‌شود.

۲- **اندازه‌گیری غیرمستقیم میزان کار با ثبت ضربان قلب به هنگام کار:** میان میزان مصرف اکسیژن و ضربان قلب ارتباطی خطی وجود دارد. از این رو، به هنگام انجام کار در شرایطی خاص می‌توان از نرخ ضربان قلب برای برآورد میزان کار استفاده کرد. شرایط خاص یاد شده عبارت هستند از:

الف) ارتباط نرخ ضربان قلب و میزان مصرف اکسیژن برای فرد مورد نظر تعیین شده باشد.

ب) شمار ماهیچه‌های درگیر به هنگام آزمایش تعیین ارتباط خطی و هنگام انجام کار تقریباً برابر باشد و شرایط محیطی (رطوبت، دما و...)، استراحت روانی و ... نیز، همسان باشند.

1- Flow meters
2- Time-activity

با استفاده از دوچرخه‌ی ارگومتر، می‌توان تغییرات ضربان قلب و عملکرد دستگاه گردش خون را زمانی که تعداد زیادی از ماهیچه‌های بدن در حال فعالیت هستند، بررسی کرد. برای آغاز، میزان کار پایین نظیر ۵۰ وات انتخاب می‌شود، آنگاه میزان کار را به تدریج هر شش دقیقه یک بار به مقدار ۵۰ وات افزایش می‌دهند تا زمانی که ضربان قلب به حدود ۱۵۰ ضربه در دقیقه برسد. سپس، نمودار تغییرات ضربان قلب بر حسب افزایش میزان کار و با توجه به نتایج به دست آمده رسم می‌شود. با استفاده از نمودار به دست آمده، امکان برآورد میزان کار با اندازه‌گیری ضربان قلب به هنگام کار وجود دارد، به این ترتیب، که ضربان قلب فرد به هنگام انجام وظیفه اندازه‌گیری می‌شود، آنگاه نتیجه‌ی به دست آمده به نمودار مربوط به همان فرد منتقل شده و به‌وسیله‌ی آن، میزان کار سنجیده می‌شود.

ثبت نرخ ضربان قلب در محیط کار هنگام انجام وظیفه، به‌وسیله‌ی دستگاه‌های گوناگون امکان‌پذیر است. برخی از آن‌ها، دستگاه‌های قابل حمل هستند، که با باتری کار می‌کنند و فعالیت قلب را به شکل الکتروکاردیوگرام ساده نمایش می‌دهند. برخی دیگر کامپیوترهای کوچکی هستند (مانند ویتالوگ)[1]. اطلاعات به دست آمده از ثبت ضربان قلب به همراه مطالعه زمان- فعالیت، تغییرات فشار بر روی دستگاه گردش خون در اوقات گوناگون ساعات کار را نشان خواهد داد. با مقایسه‌ی ضربان قلب به هنگام کار و نتیجه‌ی به دست آمده از ارگومتری بر روی دوچرخه‌ی ارگومتر، به سادگی می‌توان میزان اکسیژن مصرفی را به هنگام کار برآورد کرد و از آن راه میزان کار فرد را اندازه‌گیری کرد. البته باید به خاطر داشت، که برآورد اکسیژن مصرفی از راه نرخ ضربان قلب، با خطای حدود ۱۵٪ همراه است.

بنابراین، روشن است، که اگر رابطه‌ی نرخ ضربان قلب با میزان اکسیژن مصرفی و میزان کار به‌وسیله‌ی ارگومتری تعیین شده باشد، با استفاده از نرخ ضربان قلب در محیط کار می‌توان میزان کار را برای فرد مورد نظر تعیین کرد (البته، اگر همانند ارگومتری به‌وسیله‌ی دوچرخه‌ی ارگومتر، از گروهی بزرگ از ماهیچه‌ها برای انجام کار استفاده شود). زمانی که، تنها شمار ناچیزی از ماهیچه‌ها و یا ماهیچه‌های کوچک درگیر انجام کار هستند (برای نمونه،

1- Vitalog

در کارهای دستی)، این مقایسه امکان‌پذیر نیست، زیرا به‌خوبی مشخص شده است، که در میزان کار یکسان، ضربان قلب در کارهایی، مانند کارهای دستی (که در آن‌ها ماهیچه‌های کوچک یا شمار ناچیزی از ماهیچه‌ها به کار گرفته می‌شوند) بالاتر از کارهایی است که در آن‌ها از ماهیچه‌های پا استفاده می‌شود. این امر، در مورد کارهایی که پنج دقیقه یا بیشتر ادامه می‌یابند، صادق است. وکاک و همکاران[1] (۱۹۷۵)، نشان دادند که تفاوت ضربان قلب در کارهای دستی و پایی (کارهایی که گروهی بزرگ از ماهیچه‌ها و یا ماهیچه‌های بزرگ درگیر هستند)، هنگامی که میزان کار یکسان در نظر گرفته شود، در آغاز فعالیت چشمگیر نیست، اما با گذشت زمان و ادامه کار، افزایش می‌یابد. از آنجا که، بیشتر کارهای معمولی از نوع پویا (دینامیک) هستند، که در آن‌ها ماهیچه به‌طور پیوسته منقبض شده و استراحت می‌کند، بنابراین، به نظر می‌رسد که کاربرد ضربان قلب برای برآورد میزان کار حتی در کارهایی که ماهیچه‌های دست‌ها یا دیگر ماهیچه‌های کوچک بدن درگیر هستند، پذیرفتنی باشد.

از آنجا که، برای میزان کار همسان، تغییرات ضربان قلب در افراد گوناگون متفاوت است، بهترین شیوه‌ی ارزیابی فشار دستگاه گردش خون، استفاده از ضربان ذخیره‌ی[2] فرد است. منظور از ضربان ذخیره، عبارت است از، اختلاف میان بیشترین ضربان قلب و ضربان قلب در حالت استراحت.

به طور خلاصه،با ثبت مداوم ضربان قلب، می‌توان اطلاعاتی را در زمینه‌ی میزان کار و فشاری که بر فرد وارد می‌شود، به دست آورد. واکاوی کمّی اطلاعات گردآوری شده امکان ارزیابی کامل فشاری را که کار با میزان‌های متفاوت بر دستگاه گردش خون وارد می‌آورد، فراهم می‌کند. از آنجا که ضربان قلب افراد گوناگون به هنگام کار با میزان یکسان، متفاوت است، فشاری که به سیستم گردش خون وارد می‌شود را می‌توان بر پایه‌ی درصدی از ضربان ذخیره بیان کرد. نتایج به دست آمده را می‌توان، به سادگی به میزان اکسیژن مصرفی تبدیل کرد. آنگاه از میزان اکسیژن مصرفی، که به‌صورت درصدی از بیشترین توان هوازی فرد بیان

1- Vokak et al.
2- Heart rate reserve

می‌شود، برای تعیین میزان کار استفاده می‌شود. در بسیاری موارد کاربردی، تبدیل ضربان قلب به میزان اکسیژن مصرفی و سرانجام، به میزان کار، دارای دقت بسنده است.

دسته‌بندی کارهای جسمانی از نظر مصرف انرژی:

می‌توان از رده‌بندی زیر برای دسته‌بندی کارهای جسمانی مداوم بهره جست. در این رده‌بندی، میزان اکسیژن مصرفی به هنگام کار، شمار ضربان قلب در دقیقه و مصرف انرژی در واحد زمان به عنوان مبنا به کار برده شده‌اند. مقادیر یاد شده، برای افراد متوسط، که در سنین ۲۰ تا۳۰ سالگی به سرمی برند صادق است و تنها باید به عنوان راهبردی کلی مورد استفاده قرار گیرند، زیرا در توانایی جسمی افراد گوناگون تفاوت چشمگیری وجود دارد.

جدول ۲۱: تقسیم‌بندی شدت کار بر اساس میزان مصرف اکسیژن،ضربان قلب و مصرف انرژی

شدت کار	اکسیژن مصرفی (lit/min)	ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	مصرف انرژی (کیلوکالری در دقیقه)
کار سبک	<۰/۵	<۹۰	<۲/۵
کار متوسط	۰/۵ -۱	۹۰ -۱۱۰	۲/۵ -۵
کار سنگین	۱ -۱/۵	۱۱۰ -۱۳۰	۵ -۷/۵
کار خیلی سنگین	۱/۵ -۲	۱۳۰ -۱۵۰	۷/۵ -۱۰
کار فوق‌العاده سنگین	>۲	۱۵۰ -۱۷۰	>۱۰

در بیشتر کارها، مانند کارهای دفتری، کارهای خانه، صنایع سبک، آزمایشگاه، بیمارستان، خرید و فروش و توزیع کالا، میزان مصرف انرژی کمتر از پنج کیلوکالری در دقیقه (کمتر از ۲۰ کیلوژول در دقیقه یا کمتر از یک لیتر اکسیژن در دقیقه) است. در صنعت ساختمان سازی، کشاورزی، صنایع آهن و فولاد و نیروهای مسلح، مشاغلی هست، که گاهی به مصرف انرژی در حدود ۷/۵ کیلوکالری در دقیقه (۳۰ کیلوژول در دقیقه) و حتی بیشتر نیازمندند (به‌ویژه، اگر امکانات مکانیکی ناچیز باشد). در برخی مشاغل، همچون ماهیگیری، جنگلبانی،

معدن کاری و کار بر روی عرشه‌ی کشتی، میزان مصرف انرژی بیشتر از مقادیر یاد شده است و تا بیشتر از ۱۰ کیلوکالری در دقیقه (۴۰ کیلوژول در دقیقه) می‌رسد.

کوشش‌های زیادی برای تعیین حد مجاز فعالیت جسمانی روزانه انجام گرفته است. لهمان[1] (۱۹۵۳)، ۴۸۰۰ کیلوکالری در روز را به عنوان حد مجاز فعالیت جسمانی پیشنهاد می‌کند. با کاستن ۲۳۰۰ کیلوکالری برای سوخت‌وساز پایه، خوردن، انجام کارهای ضروری روزانه، فعالیت‌های اوقات فراغت و رفتن به سرکار و بازگشتن، ۲۵۰۰ کیلوکالری برای هشت ساعت کار روزانه باقی می‌ماند. انیستر و براون[2]، مصرف ۲۰۰۰ کیلوکالری با نرخ ۴/۲kcal/min در روز را مقداری مناسب‌تر برای کارگران سنگین وزن می‌دانند.

تعیین و در نظر گرفتن چنین حدهایی شاید بی‌مفهوم باشد، زیرا از نظر ظرفیت انجام کار و آمادگی جسمانی، تفاوت زیادی میان افراد گوناگون وجود دارد. افزون بر آن، حد فعالیت در بسیاری از مشاغل صنعتی به‌وسیله‌ی خود فرد تعیین می‌شود به این‌گونه، که نرخ انجام کار و وقفه‌های استراحت بر پایه‌ی آمادگی جسمانی فرد تعیین می‌شود. در واقع، در برخی موارد زمانی که میزان کار نزدیک به حد مجاز فیزیولوژیک است، تنها راه ممکن برای تحمل میزان کار، منقطع کار کردن است، به‌گونه‌ای، که وقفه‌های استراحت یا کارهای سبک در میان کارهای سنگین انجام گیرند.

در مورد فشار و تنشی که از سوی کار بر کارگر تحمیل می‌شود، حداکثر میزان کار بسیار مهم‌تر از میانگین مصرف انرژی است. ممکن است یک کارگر صنعت فولاد در طول یک ساعت ۱۰ کیلوکالری در دقیقه مصرف کند، اما در بقیه زمان کار، میزان مصرف انرژی وی کاهش یافته و به ۲ تا ۲/۵ کیلوکالری در دقیقه می‌رسد. به این ترتیب، میزان مصرف انرژی در طول یک نوبت کار هشت ساعته، ۶۰۰ + ۹۰۰ برابر با ۱۵۰۰kcal خواهد شد که به نظر در دامنه‌ی مجاز قرار دارد.

اما در نمونه‌ای دیگر، ممکن است کارگری در شغلی انجام وظیفه کند، که میزان مصرف انرژی در آن ثابت بوده و هیچ تغییر خاصی در مدت هشت ساعت کار نداشته باشد. میزان

1- Lehman
2- Eanister and Brown

مصرف انرژی در این کار، ممکن است از مثال پیش فراتر باشد. برای نمونه، ۲۰۰۰ کیلوکالری در مدت هشت ساعت. بنابراین، اگر بخواهیم این دو نوع کار را با یکدیگر مقایسه کنیم، به نظر می‌رسد، که کار دوم سنگین‌تر از کار نخست باشد، در صورتی که، چنین نبوده و کارگر صنعت فولاد در معرض فشار و تنش فزون‌تری نسبت به کارگر دوم است، زیرا میزان مصرف انرژی در بخشی از زمان کار او بسیار بالاست (۱۰kcal/min) .

روش‌های ارزیابی بار کار جسمانی در محیط کار:

به طور کلی روش‌های ارزیابی بار کار جسمانی در محیط کار و بررسی تناسب فیزیولوژیک فرد با فعالیت شغلی را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱- تعیین ظرفیت انجام کار فیزیکی فرد یعنی PWC[1] که با استفاده از اندازه‌گیری حداکثر ظرفیت هوازی (VO_2-max) محاسبه می‌شود. PWC متناظر با ۳۳٪ حداکثر ظرفیت هوازی می‌باشد. با توجه به اینکه از سوختن هر لیتر اکسیژن در بدن ۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌شود، ۳۳٪ حداکثر ظرفیت هوازی در عدد ۵ ضرب می‌شود تا PWC بر حسب کیلوکالری در دقیقه به‌دست آید. لازم به توضیح است که PWC عبارت است از بیشترین مقدار انرژی که فرد می‌تواند بدون اینکه به سلامت خود آسیب رساند در طول یک شیفت ۸ ساعته مصرف کند. بنابراین، در این روش ابتدا VO_2-max فرد اندازه‌گیری می‌شود، آنگاه از روی آن PWC محاسبه می‌گردد. بعد از آن میزان مصرف اکسیژن فرد (و از روی آن، میزان مصرف انرژی در واحد زمان) هنگام انجام فعالیت شغلی سنجش می‌شود و سپس با PWC وی مقایسه می‌شود. چنانچه میزان مصرف انرژی در فعالیت شغلی بیش از PWC باشد شرایط از دیدگاه ارگونومی و فیزیولوژی کار مناسب نبوده و اقدامات اصلاحی برای کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش آن به زیر PWC می‌بایست انجام گیرد. در نظر گرفتن وقفه‌های استراحت و یا مکانیزه یا

1 - Physical Work Capacity

خودکار کردن فرآیند از جمله شیوه‌های کاهش مصرف انرژی در فعالیت‌های شغلی می‌باشند.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این روش نیاز به تجهیزات و دستگاه برای سنجش حداکثر ظرفیت هوازی، PWC و اکسیژن مصرفی هنگام انجام کار دارد و به همین دلیل استفاده از آن در محیط کار و شرایط عملیاتی با دشواری‌هایی روبروست.

۲- ارزیابی ذهنی تلاش فیزیکی از دیگر روش‌های ارزیابی بار کار جسمانی است. در این روش از مقیاس‌های نرخ‌گذاری برای سنجش بار کار فیزیکی استفاده می‌شود. از جمله پرکاربردترین مقیاس‌ها در این زمینه می‌توان به مقیاس بورگ که به Borg RPE scale[1] شناخته می‌شود و مقیاسی است که از عدد ۶ شروع شده و به عدد ۲۰ ختم می‌شود، اشاره کرد. در این روش از فرد خواسته می‌شود که بر روی مقیاس یاد شده عددی را بین ۶ تا ۲۰ مشخص کند. در این مقیاس عدد ۶ گویای حداقل تلاش فیزیکی (در حال استراحت) و عدد ۲۰ نشان دهنده حداکثر تلاش فیزیکی (فعالیت بسیار شدید و سنگین) می‌باشد. گرچه از این روش در مطالعات گوناگون و ارزیابی‌های محیط کار استفاده شده است، اما چون ارزیابی از نوع ذهنی (subjective) است، اعتبار آن همواره مورد سؤال است. گفته می‌شود که بهتر است این روش به همراه روش‌های عینی (همانند آنچه که در بالا اشاره شد) استفاده شود.

۳- روش دیگر استفاده از ضربان قلب هنگام کار است. لازم به ذکر است که به علت کاربردی و ساده بودن این روش و اینکه نیازی به وسیله خاصی جهت ارزیابی وجود ندارد، در کتابچه حدود مجاز شغلی برای ارزیابی بار کار جسمانی این روش پیشنهاد شده است. اصل و مبنای این روش این است که افزایش ضربان قلب نسبت به حالت استراحت تا یک سوم حداکثر ضربان قلب مجاز دانسته می‌شود.

ارزیابی بار کار جسمانی که بر فرد وارد می‌شود به طریق زیر انجام می‌شود:

1 - Borg Rating Physical Effort scale

الف) ابتدا ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR)[1] اندازه‌گیری می‌شود. این کار می‌تواند از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس متر در حالتی که فرد نشسته و حداقل تا نیم ساعت قبل هیچ‌گونه فعالیت جسمانی نداشته است سنجش شود.

ب) حداکثر ضربان قلب فرد (MHR)[2] با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

MHR = ۲۲۰ - سن

پ) حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR)[3] در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول ریز محاسبه می‌شود:

MWHR = (MHR/3) + RHR

ت) ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه از طریق اندازه‌گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس متر سنجش می‌شود. چنانچه شدت فعالیت جسمانی در زمان‌های مختلف از شیفت کار متفاوت می‌باشد، لازم است میانگین ضربان قلب در طول شیفت کار از طریق اندازه‌گیری مداوم آن محاسبه شود.

ث) میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله (ت) به‌دست آمده است با MWHR حاصل از مرحله (پ) با یکدیگر مقایسه می‌شوند. چنانچه:

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله (ت) به‌دست آمده است کمتر از MWHR حاصل از مرحله (پ) باشد، شرایط مطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نمی‌باشد.
- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله (ت) به‌دست آمده است بیشتر از MWHR حاصل از مرحله (پ) باشد، شرایط نامطلوب ارزیابی می‌گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است.

1 - Resting Heart Rate

2 - Maximum Heart Rate

3 - Maximum Working Heart Rate

مثال: فرض کنید کارگر ۲۵ ساله‌ای در یک کارگاه تولیدی مشغول انجام وظیفه‌ای از نوع دینامیک می‌باشد. اگر متوسط ضربان قلب او هنگام کار در طول شیفت کار برابر با ۱۳۰ و هنگام استراحت برابر با ۷۰ ضربه در دقیقه باشد، قضاوت در مورد کار این کارگر به شرح زیر است.

بر اساس اطلاعات بالا:

ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR) = ۷۰ (Beat/Min)

حداکثر ضربان قلب فرد (MHR) برابر است با:

MHR = ۲۲۰ – ۲۵ = ۱۹۵ (Beat/Min)

حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی برابر است با:

MWHR = (MHR/3) + RHR

MWHR = (195/3) + 70 = 135 (Beat/Min)

با توجه به اینکه میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه (۱۳۰ ضربه در دقیقه) کمتر از حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی (۱۳۵ ضربه در دقیقه) می‌باشد، کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نمی‌باشد و فشار فیزیولوژیک بر وی تحمیل نمی‌شود.

تعیین زمان استراحت

در فعالیت‌های جسمانی، اگر بار فیزیکی کار از حد تحمل فیزیولوژیک فرد بالاتر باشد، در نظر گرفتن وقفه‌های استراحت ضروری می‌شود. روش‌های مختلفی برای محاسبه زمان استراحت وجود دارد که به برخی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود.

Edholm (1967) مصرف روزانه ۲۰۰۰kcal را برای فعالیت شغلی پیشنهاد می‌کند. این میزان معادل ۴/۲ kcal/min در شیفت ۸ ساعته می‌باشد. بر این اساس، معادله زیر برای تعیین زمان استراحت توسط وی پیشنهاد شده است:

$$T_R = (480M - 2000) / (M - 1.5)$$

T_R = زمان استراحت (min)

M = میزان متابولیسم هنگام کار (kcal/min)

مثال: اگر میزان مصرف انرژی هنگام کار برابر با kcal/min ۵/۵ باشد، زمان استراحت در طول یک شیفت کار ۸ ساعته چقدر است؟

$T_R = [(480 \times 5.5) - 2000] / (5.5 - 1.5) = 213$ min

این بدان معناست که در طول شیفت کار ۴۸۰ دقیقه‌ای، باید ۲۱۳ دقیقه زمان استراحت در نظر گرفته شود.

Murrell (1965) فرمول زیر را برای محاسبه زمان استراحت مورد نیاز در طول شیفت کار ارائه نموده است.

$T_R = T_S [(M - S) / (M - 1.5)]$

T_R= زمان استراحت (min)

T_S = طول یک شیفت کار (۴۸۰ دقیقه)

M = متوسط مصرف انرژی هنگام کار (kcal/min)

S = میزان مصرف انرژی (kcal/min) استاندارد برای کار مداوم توسط فرد برای مثال:

[(33% VO_2-max (lit/min) × 5 (kcal/min)]

مثال: اگر متوسط مصرف انرژی هنگام کار برابر با kcal/min ۵/۵ باشد و ظرفیت انجام کار فیزیکی در فرد (PWC) برابر با kcal/min ۳/۵ باشد، زمان استراحت در طول یک شیفت کار ۸ ساعته چقدر است؟

$T_R = 480 [(5.5 - 3.5) / (5.5 - 1.5)] = 320$ min

این بدان معناست که در طول شیفت کار ۴۸۰ دقیقه‌ای، باید ۳۲۰ دقیقه زمان استراحت در نظر گرفته شود.

Muller (1953) اظهار می‌کند که ذخیره انرژی در مرد متوسط kcal ۲۵ است و این ذخیره مادامی که میزان مصرف انرژی هنگام کار کمتر از kcal/min ۵ است، مصرف نمی‌شود. زمان کاهش انرژی ذخیره در فعالیتی که نیازمند M kcal/min است با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$T_{max} = 25 / (M - 5)$

T_{max} = حداکثر زمان کار (دقیقه) در چرخه کار- استراحت که فراتر از آن، کار بایستی متوقف شود تا از ایجاد خستگی پیشگیری شود. بنابراین:

$T_w \leq T_{max}$

T_w = مدت زمان انجام کار

بنابراین:

$T_w \leq 25 / (M - 5)$

میزان کاری که نیازمند مصرف M kcal/min انرژی می‌باشد، ذخیره انرژی را در T_w دقیقه مصرف خواهد نمود. انرژی ذخیره مصرف شده با نرخ معادل 3.5 kcal/min (یعنی 1.5 - 5) احیا می‌شود. بدین ترتیب، زمان استراحت مورد نیاز برای احیای کامل انرژی ذخیره به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$T_R = T_W (M - 5) / (3.5)$

مثال: M در یک فعالیت برابر ۶ kcal/min می‌باشد. T_{max} چقدر است؟

$T_{max} = 25 / (6-5) = 25$ min

اگر طول مدت زمان کار در این فعالیت ۱۴ دقیقه باشد، T_Rچقدر است؟

$T_R = 14 (6 - 5) / 3.5 = 4$ min

اگر T_W به T_{max} افزایش یابد، آنگاه زمان استراحت ۷ min خواهد بود.

در کارهای فکری و پردازشی، فرد خسته می‌شود و یا تمرکز خود را از دست می‌دهد. در این نوع کارها تعیین مرحله‌ای که عملکرد بیشینه وجود دارد (Actile period) و در نظر گرفتن استراحت قبل از آغاز کاهش عملکرد هدف اصلی است. برای کارهای دفتری تکراری مدت زمان عملکرد بیشینه ۱ تا ۱/۵ ساعت است. بنابراین، پس از گذشت این زمان، وقفه‌ای لازم است. مشخص شده است که الگوهایی که در آن‌ها وقفه‌ها هر یک ساعت یک‌بار تکرار می‌شود، بهره‌وری و کیفیت افزایش می‌یابد. پیشنهاداتی که در مورد چرخه کار- استراحت در کارهای فکری و دفتری وجود داشته است به قرار زیر می‌باشد:

- پس از ۱۵ دقیقه کار یک دقیقه استراحت (حرکات کششی و استراحت بینایی)
- پس از ۲ ساعت کار ۱۰ تا ۱۵ دقیقه استراحت (حرکات کششی و استراحت بینایی) (NIOSH)
- پس از یک ساعت کار ۵ تا ۱۰ دقیقه استراحت (حرکات کششی و استراحت بینایی)
- پس از ۷۵ دقیقه کار ۱۵ دقیقه استراحت (حرکات کششی و استراحت بینایی)

بسته به شرایط حاکم در محیط کار، می‌توان از یکی از الگوهای مذکور استفاده کرد.

نوبت‌کاری[1]

نوبت‌کاری پدیده اجتماعی نوینی نیست. شرر[2](۱۹۸۱) در این باره می‌گوید در روم باستان برای کاهش حجم رفت و آمد وسایل ترابری و جلوگیری از بسته شدن گذرگاه‌ها، حمل‌ونقل مواد و کالا الزاماً در شب انجام می‌شده است. با این وجود تنها در سده گذشته پس از اختراع لامپ بود که نوبت‌کاری به‌گونه‌ای گسترده در صنعت رواج یافت. گسترش پدیده نوبت‌کاری در جوامع انسانی ناشی از عوامل بی‌شماری بوده است که عبارت‌اند از:

۱- فرایندهای صنعتی: نمی‌توان بسیاری از صنایع نوین مانند نیروگاه‌های برق و صنایع فولاد را در شب متوقف کرد و بامدادان دوباره به کار انداخت.

۲- فشارهای اقتصادی: شرکت‌ها و کارخانه‌ها اغلب ترجیح می‌دهند که به‌صورت دو یا سه نوبت کار کنند، زیرا ماشین‌های تولید بسیار گران قیمت بوده و نمی‌توان تعداد آن‌ها را برای استفاده در روز به دو برابر رسانید. افزون بر آن، نوبت‌کاری امکان اضافه‌کاری را برای نیروی کار فراهم می‌کند که این مسئله از نظر کارفرما بسیار ارزان‌تر و کم‌خطرتر از به‌کارگیری نیروی کار جدید است.

۳- نیازهای بخش خدماتی: در بخش خدماتی مشاغل گوناگونی وجود دارند که در آن‌ها افراد ناچارند در ۲۴ ساعت به ارائه خدمات مشغول باشند. برای نمونه

1- Shift work
2- Scherrer

پرستاران، پزشکان، نیروهای انتظامی، کارکنان ناوگان ترابری و ... افرادی هستند که مجبورند در سراسر شبانه‌روز به انجام وظیفه بپردازند.

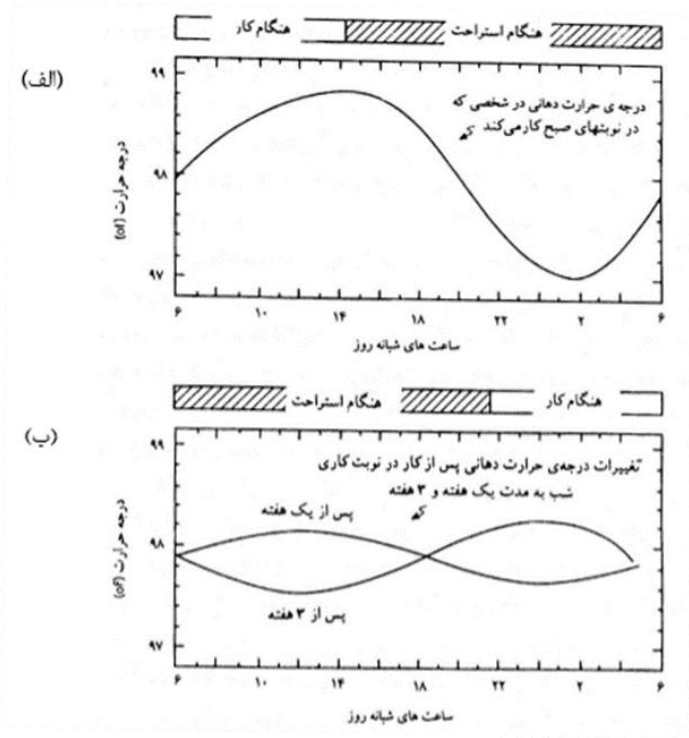
بر اساس تعریف، هرگونه کاری که در خارج از دریچه کار روزانه (به طور قراردادی ۷ بامداد تا ۶ بعدازظهر) انجام پذیرد نوبت‌کاری انگاشته می‌شود (مونک و فولکارد[1]، ۱۹۹۲). برپایه این تعریف فراگیر، نزدیک به ۲۰ تا ۳۰ درصد از نیروی کار در نظام نوبت‌کاری انجام وظیفه می‌کنند. نوبت‌های کار معمولاً به‌صورت نوبت بامداد[2]، نوبت بعدازظهر[3] و نوبت شب[4] مشخص می‌شوند که دارای نام‌های رایج دیگر مانند نوبت یک، دو و سه نیز هستند.

مشکل فیزیولوژیک اصلی در رابطه با نوبت‌کاری الگوی ریتم‌های ۲۴ ساعته بدن است که تغییر آن بسیار دشوار است. شکل ۵-۳ تغییرات سیرکادین دمای دهانی را در ۲۴ ساعت نمایش می‌دهد. دمای دهانی در ساعت ۴ بعدازظهر بیشترین و در ساعت ۴ بامداد کمترین اندازه را دارد. بسیاری دیگر از سازوکارهای بدن مانند تعداد ضربان قلب، میزان تنفس، دمای بدن، ترشح هورمون‌های گوناگون و ... نیز از چنین الگوی سینوسی پیروی می‌کنند. فرض کنید شخص به‌جای کار در نوبت بامداد (۶ بامداد تا ۲ بعدازظهر) در نوبت شب (۱۰شب تا ۶ بامداد) به کار آغاز می‌کند. تقریباً سه هفته طول می‌کشد تا الگوی عکس به دست آورد. البته همان‌گونه که در شکل ۲۳ نشان داده‌شده این الگوی اصلی هرگز به طور کامل وارونه نمی‌شود. دامنه تغییرات سیرکادین در شخصی که در نوبت شب کار می‌کند کمتر از دامنه تغییرات سیرکادین در افرادی است که دارای ساعت‌های کار متعارف هستند. به دیگر سخن، به نظر ناممکن است که بتوان با کار در نوبت شب تطابق کامل به دست آورد.

برای این عدم تطابق دلایل بسیاری وجود دارد که مهم‌ترین آن نور روز است. نور روز راهنمای بسیار نیرومندی در تعیین زمان است. بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که به هنگام نوبت شب، مواجهه با روشنایی شدید، که شدتی برابر با نور روز دارد (بیشتر از ۲۰۰۰ لوکس) موجب افزایش هوشیاری فرد می‌شود. در واقع مواجهه با روشنایی شدید موجب توقف تولید و ترشح

1- Monk and folkard
2- Morning shift
3 -Afternoon shift
4- Night shift

هورمون ملاتونین[1] می‌شود که هورمون القا کننده خواب است. افزون بر نور روز، کلیدهای زمانی محیطی و اجتماعی دیگری نیز وجود دارند. خوابیدن به هنگام شب به دلیل کم بودن صدای مختل کننده محیط و نبود فعالیت اجتماعی ساده‌تر است. از سوی دیگر خواب روز هنگام فرد شب کار در اثر صدای محیطی و فعالیت‌های روزانه و نیز بی‌توجهی افراد خانواده و دوستان مختل می‌شود.



شکل ۲۳: آهنگ سیرکادین (روزانه) دمای دهانی

الف) الگوی طبیعی در فردی که در ساعت‌های متعارف کار می‌کند. ب) پس از یک هفته کار در نوبت شب، الگوی یاد شده مسطح شده و پس از سه هفته تقریباً وارونه می‌شود.

1- Melatonin hormone

مشکلات ناشی از نوبت‌کاری:

شب‌کاری مشکلات بی‌شماری را برای انسان در پی دارد. برخی از این مشکلات کاملاً به اثبات رسیده‌اند در حالی که برخی دیگر هنوز به طور کامل از سوی پژوهشگران تأیید نشده‌اند (جدول ۲۱). گسترش ناراحتی‌های دستگاه گوارش در میان نوبت‌کاران به میزان قابل توجهی بیشتر از کارکنان دیگر است. بخشی از این ناراحتی‌ها به دلیل وابستگی شدید اشتها به چرخه سیرکادین به وجود می‌آیند. کارکنان نوبت کار در زمانی نامناسب احساس گرسنگی کرده یا به اجابت مزاج نیاز دارند. اشتها به هنگام خواب فروکش کرده و هنگام روز شدت می‌یابد. کارکنانی که به تازگی در نوبت شب آغاز به کار کرده‌اند، عادت‌های روزانه خود را تا هنگامی به همراه دارند که با برنامه شب‌کاری تطابق پیدا کنند. افزون بر آن، نوبت‌کاران اغلب بیشتر از کارکنان روزکار تنقلات و غذاهای کم ارزش مصرف می‌کنند. یکی از دلایل این مسئله احتمالاً بسته بودن غذاخوری کارخانه یا محل کار و در دسترس نبودن هرگونه غذای گرم است. همچنین تغییر چرخه سیرکادین سبب مختل شدن هضم و جذب غذا به‌وسیله دستگاه گوارش خواهد شد.

جدول ۲۱: دشواری‌های رایج ناشی از کار به هنگام شب.

- **خستگی:** به طور میانگین فرد شب کار یک ساعت و نیم کمتر می‌خوابد.
- **اختلالات بهداشتی:** ناراحتی‌های معده، اختلالات گوارشی، عوارض مغزی و روانی و احتمالاً افزایش شیوع بیماری‌های قلبی- عروقی.
- **مختل شدن زندگی اجتماعی:** با خانواده، دوستان، گردهم‌آیی‌ها و دیگر تجمع‌ها.
- **کاهش بهره‌وری:** کاهش بهره‌وری در کارهای فکری بیشتر از کارهای دستی- مهارتی است.
- **ایمنی:** ممکن است میزان حوادث افزایش یابد.

یکی از مشکلات اساسی موجود در انجام پژوهش بر روی نوبت‌کاری آن است که در حالی که برخی افراد نوبت‌کاری را دوست دارند نزدیک به ۲۰ درصد از مردم هرگز با آن تطابق نمی‌یابند و در مواجهه با آن دچار مشکلات جدی می‌شوند. شاید ساختمان و وضع طبیعی این افراد برای تطابق با نوبت‌کاری به اندازه کافی نیرومند و مناسب نباشد و شاید افرادی که در نظام نوبت‌کاری دوام آورده و به کار خود ادامه می‌دهند از نظر جسمانی نیرومند بوده و

از سلامت بیشتر برخوردار هستند. بنابراین، بررسی بر روی چنین جمعیتی همراه با تورش بوده و درنتیجه نمی‌تواند زمینه‌ساز مقایسه علمی مطلوب باشد.

درباره عوارض مغزی و روانی ناشی از نوبت‌کاری نیز باید گفت که می‌توان به طور غیرمستقیم چنین نتیجه‌گیری کرد که نوبت‌کاری اثرات منفی بر روی مغز و کارکرد آن به جا می‌گذارد. قرار دادن شخص در وضعیتی که از خواب طبیعی به اندازه بسیار اندک بهره‌مند گردد، همسر ناسازگار و فرزندانی نا آشنا داشته باشد و همیشه از عدم تطابق دستگاه سیرکادین رنج برد بی‌گمان باعث تحریک‌پذیری و روان‌پریشی وی می‌گردد. افسردگی از بیماری‌های روانی است که در میان نوبت‌کاران شیوع بالایی دارد. برپایه بررسی‌ها، غیرعادی کار کردن دستگاه سیرکادین با بروز افسردگی ارتباط دارد، اما به طور کلی هنوز مشخص نیست که آیا نوبت‌کاری می‌تواند به عنوان یک عامل خطر برای بروز افسردگی مطرح شود یا خیر.

گسترش بیماری‌های قلبی- عروقی در میان نوبت‌کاران احتمالاً بیشتر از دیگر کارکنان است، اما اثبات این مسئله تا اندازه‌ای دشوار است. کامل‌ترین پژوهشی که در این زمینه انجام گرفته بررسی ناتسون و همکاران[1] (۱۹۸۶) در کشور سوئد است. یافته‌ها نشان داده‌اند که پس از ۱۰ تا ۱۵ سال نوبت‌کاری، خطر بیماری قلبی در نوبت‌کاران دو برابر خطر آن در روزکاران ثابت است. اما در این بررسی عوامل کنترل نشده بسیاری وجود داشتند. افزون بر نوبت‌کاری، گسترش بیماری‌های قلبی می‌تواند از روش زندگی و عادات غذایی اثر پذیرد. البته برخی از این عوامل در بررسی یاد شده در نظر گرفته شده بودند، اما برای دستیابی به نتیجه قطعی انجام پژوهش‌های بیشتر ضروری است.

مختل شدن زندگی اجتماعی از دیگر پی‌آمدهای بسیار مهم نوبت‌کاری است. شب‌کاری موجب می‌شود که فرد نتواند در مناسبت‌های خانوادگی و دوستانه و دیگر فعالیت‌های اجتماعی شرکت کند. این مسئله یکی از دلایل اصلی پیشنهاد برنامه چرخشی سریع نوبت‌کاری با حداکثر دو تا سه روز در هر نوبت در برخی کشورهای اروپایی است.

1Knutsson et al.

اثر نوبت‌کاری بر عملکرد و بهره‌وری:

آیا بهره‌وری هنگام کار در نوبت شب کاهش می‌یابد؟ پاسخ به این پرسش حتی از راه انجام پژوهش نیز دشوار بوده است. یکی از مشکلاتی که در این زمینه وجود دارد آن است که نوع وظایف در بیشتر موارد متفاوت است به‌گونه‌ای که امکان مقایسه بهره‌وری در نوبت شب و روز وجود ندارد. برای نمونه در برخی کارخانه‌ها کارهای نگهداشت ماشین‌ها در نوبت شب انجام می‌گیرند در حالی که در برخی دیگر این‌گونه کارها در طول روز انجام می‌پذیرند. از سوی دیگر در مدت نوبت شب، نظارت سرپرستان و مدیریت کاهش یافته و یا اصلاً وجود ندارد که این مسئله می‌تواند اثری شایان توجه بر روحیه کار و بهره‌وری داشته باشد. در پژوهش‌ها نشان داده شده است که بهره‌وری در وظایف دستی- مهارتی ساده چندان تحت تأثیر نوبت‌کاری قرار نمی‌گیرد. وظایف فکری که به تفکر عمیق نیازمندند از این عوامل بیشتر اثر می‌پذیرند.

در چندین بررسی اثر آهنگ‌های سیرکادین بر حوادث بررسی شده است. فولکارد و همکاران نشان دادند که حوادث جزئی در ساعت ۵ بامداد بیشترین شمار را داراست. همچنین پژوهش‌ها مشخص کرده‌اند که میزان حوادث جاده‌ای در امریکا در ساعت ۵ بامداد، ۲۰ برابر میزان آن در ساعت ۱۲ ظهر بوده است.

یکی از مهم‌ترین حوادثی که در طول نوبت شب رخ داده فاجعه انفجار نیروگاه هسته‌ای «تری مایل ایلند» است. بررسی‌ها نشان دادند که این حادثه به دلیل خطای انسانی رخ داده است خطایی که احتمال بروز آن در طول نوبت روز ناچیز بوده است.

راهکارها و توصیه‌ها برای بهبود شرایط نوبت‌کاری:

راهکارها بدو دسته شامل راهکارهای مربوط به نوبت‌کاران و راه‌کارهای مربوط به کارفرما تقسیم می‌شوند.

۱) راه‌کارهای مربوط به نوبت‌کاران: نوبت‌کاری یک مشکل چند جانبه است و به همین دلیل رفع آن به راه‌حل چندگانه نیاز دارد و همان‌گونه که اشاره شد مشکلات ذاتی موجود در نوبت‌کاری از سه عامل خواب، ساعت زیستی و شرایط خانوادگی و اجتماعی سرچشمه

می‌گیرند. هرگونه راه‌حل کارآمدی که قرار است به انطباق فرد نوبت کار کمک کند می‌بایست این سه عامل را در نظر گیرد.

الف) راه‌کارهای خواب: این یک امر حیاتی است که نوبت‌کاران دریابند اهمیت خواب در زندگی همانند اهمیت اکسیژن در نفس کشیدن است. آنان نبایستی اجازه دهند که مسؤولیت‌های خانوادگی و اجتماعی موجب مختل شدن خواب و استراحتشان شود. دارا بودن الگوی منظم خواب، مغتنم شمردن فرصت‌هایی که در طول هفته برای خواب به‌دست می‌آید، خوابیدن در محیطی مناسب و رعایت بهداشت خواب (نظیر مسواک زدن و حمام کردن پیش از خواب و منظم بودن عادات خواب) از جمله راه‌های بهبود وضعیت خواب می‌باشد. اغلب مشاهده می‌شود که نوبت‌کاران نوشیدنی‌های حاوی کافئین مصرف می‌کنند. در این مورد گفتنی است که کافئین دست‌کم برای مدت ۵ ساعت در خون باقی می‌ماند. صرف غذای سبک و دوری از نوشیدن مواد حاوی کافئین احتمالاً به عمیق‌تر شدن و مداوم بودن خواب نوبت کار کمک می‌کند.

ب) راه‌کارهای ساعت زیستی: ساعت زیستی بر اساس اطلاعاتی که به آن داده می‌شود فرایندهای فیزیولوژیک بدن را تنظیم می‌کند. اطلاعات از طریق نشانه‌های زمانی به ساعت زیستی انتقال می‌یابد. با استفاده از این اطلاعات ساعت زیستی قادر به تشخیص شب و روز بوده و به نحو صحیحی فعالیت می‌کند.

در راستای دستیابی به یک راه‌حل، فرد نوبت کار بایستی تشخیص دهد کدام نشانه زمانی در جهت بهبود وضعیت تطابق با نوبت‌کاری تأثیر می‌کند و کدام یک برخلاف آن. یکی از نشانه‌های زمانی، روشنایی روز و تاریکی شب است که نقش ویژه‌ای در فیزیولوژی بدن انسان ایفا می‌کند. علاوه بر آن الگوهای خواب و غذا خوردن، فعالیت‌های اجتماعی، صدا و دمای محیط از دیگر نشانه‌های زمانی هستند. به طور کلی هرقدر اطلاعاتی که از طریق نشانه‌های زمانی یاد شده به ساعت زیستی می‌رسد، منظم‌تر باشد، تطابق ساعت زیستی با شرایط نوبت‌کاری ساده‌تر خواهد بود.

پ) راه‌کارهای خانوادگی و اجتماعی: اگر محیط خانه و جامعه مناسب نباشد، راه‌کارهای پیش گفت به‌ندرت اثربخش خواهند بود. بنابراین، یکی از گام‌های مؤثر برای حل مشکلات

ناشی از نوبت‌کاری، درک این مشکلات از سوی خانواده فرد و همکاری و حمایت خانواده از اوست. مهیا نمودن محیطی آرام برای خواب و موکول نمودن کارهای خانه یا خرید مایحتاج به زمانی مناسب، از جمله اقداماتی هستند که خانواده می‌تواند در جهت کمک به بهبود وضعیت خواب فرد نوبت کار انجام دهد.

۲) راه‌کارهای مربوط به کارفرما:

الف) نوع کار: طول نوبت کار باید به نوع کار بستگی داشته باشد. برای کارهای سبک می‌توان نوبت ۱۲ ساعتی را در نظر گرفت. در حقیقت بیشتر کارکنان نوبت ۱۲ ساعتی را می‌پسندند (میلر[1]۱۹۹۲). در این برنامه‌ریزی رضایت شغلی بیشتر، روحیه کار بالاتر و غیبت از کار کمتر خواهد بود. اما در مقابل، ممکن است هوشیاری و درنتیجه ایمنی کاهش یافته و کارکنان با سرعتی کمتر کار کنند. برای کارهای جسمانی سنگین یا کارهای فکری پیچیده طول نوبت‌کاری نباید بیشتر از هشت ساعت باشد و هنگام شب می‌تواند شش تا هفت ساعت در نظر گرفته شود. بازرسی و نظارت دیداری به هنگام شب بسیار دشوار است، زیرا این وظیفه بسیار یکنواخت بوده و حتی به هنگام روز محرک‌های شغلی و محیطی بسیار ضعیف هستند. بنابراین، انجام چنین وظیفه‌ای در نوبت شب به‌راحتی موجب به خواب رفتن کارور می‌شود.

میلر پیشنهاد می‌کند که ساعت‌های کار را می‌توان برای نوبت شب کاهش داد در همین راستا می‌توان برنامه نوبت‌کاری را به شیوه‌های زیر در نظر گرفت:

هشت ساعت نوبت بامداد ، نه ساعت نوبت بعدازظهر و هفت ساعت نوبت شب (۸ص، ۹ب، ۷ ش) و یا به شیوه دیگر هشت ساعت بامداد ، ده ساعت بعدازظهر و شش ساعت شب یا نه ساعت بامداد، نه ساعت بعدازظهر و شش ساعت شب. این کار امکان تطابق بهتر با شرایط شب‌کاری را فراهم می‌آورد.

ب) آموزش مدیریت: نخستین گام در این امر متقاعد ساختن مدیریت نسبت به این موضوع است که نگرشی روشن و درست در مورد نوبت‌کاری باعث جلوگیری از هرز رفتن

1- Miller

سرمایه کارخانه و افزایش بهره‌وری می‌گردد. با افزایش پیوسته هزینه‌های گزینش، استخدام و آموزش داشتن نیروی تطابق یافته و رضامند، از نظر اقتصادی توجیهی کاملاً بخردانه می‌یابد، زیرا نبود تطابق و رضایت در میان نوبت‌کاران سبب افزایش غیبت از کار، حوادث ناشی از کار و تغییر شغل می‌شود.

پ) برنامه‌های نوبت‌کاری: جهت چرخش نوبت کار در سرعت تطابق نوبت‌کاران از اهمیتی زیاد برخوردار است به‌گونه‌ای که چرخش رو به جلو (یعنی نوبت بامداد به نوبت بعدازظهر و سپس نوبت شب) موجب تطابق سریع‌تر دستگاه سیرکادین می‌شود.

در شمار زیادی از برنامه‌های نوبت‌کاری تغییر نوبت کار به‌صورت هفتگی است. کارشناسان بر این باورند که از دیدگاه علم گاه زیست‌شناسی[1] چرخش هفتگی برنامه‌ای است که در آن احتمالاً بروز مشکلات فزونتر است. بیشتر صاحب‌نظران اروپایی و اسکاندیناویایی چرخش سریع با یک دوره کوتاه (یک یا دو روز) را ترجیح می‌دهند. در برابر کارشناسان آمریکای شمالی چرخش‌های بسیار آهسته‌تر را با یک دوره طولانی پیشنهاد می‌کنند که سه هفته یا بیشتر به درازا می‌کشد. در چرخش‌های سریع دستگاه سیرکادین ویژگی روز جهت[2] خود را حفظ می‌کند و نیز از انباشتگی کمبود خواب که در دوره‌های طولانی شب‌کاری ایجاد می‌شود پرهیز می‌گردد. شواهد علمی و تجربی زیاد وجود دارد که نشان می‌دهد کنار گذاشتن نظام چرخشی هفتگی و در پیش گرفتن نظام‌های چرخشی آهسته‌تر یا سریع‌تر می‌تواند در رفع مشکلات نوبت‌کاران و بهبود وضعیت آنان اثری شایان توجه داشته باشد.

ب)روشنایی مطلوب در محیط کار: تقریباً بیشتر پژوهشگران اتفاق نظر دارند که محیط کار روشن و برانگیزاننده برای شب‌کاران بسیار بهتر و مطلوب‌تر از محیط تاریک و دلگیر کننده است. بررسی‌ها نشان داده است که تماس فرد با روشنایی شدید (در حد روشنایی روز، ۱۲۰۰۰- ۷۰۰۰ لوکس) به هنگام شب‌کاری موجب توقف ترشح هورمون ملاتونین شده و از این راه از بروز احساس خواب‌آلودگی، خستگی و کاهش هوشیاری جلوگیری می‌کند. بنابراین

1- Chronobiology
2- Day orientation

پیشنهاد می‌شود که محیط کار شب‌کاران تا آنجا که می‌شود از روشنایی بالایی برخوردار باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که ملاتونین از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدان بسیار نیرومند می‌باشد و لذا کاهش تولید و ترشح آن در بدن خود می‌تواند مشکلات جدی را ایجاد نماید.

گزینش افراد برای نوبت‌کاری:

گرچه برخی انسان‌ها داوطلب انجام وظیفه در نظام نوبت‌کاری هستند، اما باز هم ممکن است در تطابق با نوبت‌کاری به مشکل دچار شوند. بیشتر این افراد از همان آغاز ناتوانی خود را در تطابق با نظام نوبت‌کاری آشکار می‌سازند. عواملی گوناگون وجود دارند که به‌وسیله آن‌ها می‌توان پیش‌بینی کرد که افراد برای کار در نظام نوبت‌کاری مناسب هستند یا خیر. همه مدیران و کارکنان باید از این عوامل آگاه باشند، زیرا این عوامل در رضایت و موفقیت شغلی دارای اهمیتی به سزا هستند (جدول ۲۲).

به نظر می‌رسد که انسان‌ها با افزایش سن به آهنگ‌های سیرکادین بدن خود بیشتر وابسته می‌شوند. همچنین افزایش سن سبب بروز پدیده بامدادگرایی می‌شود که در آن افراد مایل هستند که شب هنگام زودتر خوابیده و بامداد نیز زودتر از خواب برخیرند. بامدادگرایی یکی از بازدارنده‌های مهم در تطابق با نوبت‌کاری به شمار می‌آید. همچنین باید گفت که برخی بیماری‌ها در شرایط نوبت‌کاری تشدید می‌شوند و موجب عدم تطابق فرد با نوبت‌کاری خواهند شد. برای نمونه، نوبت‌کاری، ناراحتی‌های دستگاه گوارش را تشدید می‌کنند. در افراد مبتلا به بیماری صرع، احتمال بروز حمله ناگهانی به هنگام نوبت شب بیشتر از نوبت‌های دیگر است.

جدول ۲۲: عوامل فردی که احتمالاً مشکلاتی را در تطابق با نوبت‌کاری سبب می‌شود.

- سن بیشتر از ۵۰ سال
- داشتن شغل دوم بنا به دلایل اقتصادی
- بامداد گرایی (چکاوک‌ها[۱])
- پیشینه اختلالات خواب
- پیشینه ناراحتی‌های گوارشی
- پیشینه بیماری‌های قلبی
- ابتلا به بیماری صرع
- پیشینه بیماری‌های روانی

توصیه‌هایی در مورد برنامه‌ریزی نوبت‌کاری:

نوبت‌کاری می‌تواند از جنبه‌های مختلف اثرات سویی بر سلامت جسمی و روانی، ایمنی، بهره‌وری، وضعیت خانوادگی و اجتماعی بجا گذارد. فرد نوبت کار باید به طور علمی به مشکلات خود توجه نماید و از ماهیت آن‌ها و همچنین وضعیت خودآگاهی‌های ضروری را به‌دست آورد و درصدد چاره‌جویی برآید. یقیناً این امر تنها از طریق آموزش عملی می‌گردد. کارفرما نیز باید به مشکلات ناشی از نوبت‌کاری در کارکنان خود پی برده، نظام نوبت‌کاری را به نحوی طرح‌ریزی و تدبیر کند که علاوه بر مسائل اقتصادی و مدیریتی، اساس کرونوبیولوژیک مسئله نیز مدنظر قرار گیرد.

در طراحی نظام نوبتی ۸ ساعتی اصول زیر می‌بایست مورد توجه قرار گیرد:

الف) چرخش شیفتها رو به جلو باشد (صبح، عصر، شب).

ب) تغییر شیفتها سریع باشد (مثلاً نظام ۲-۲-۲ یا نظام ۲-۲-۳).

پ) طول دوره تا حد امکان کوتاه باشد (چهار هفته و حداکثر هشت هفته).

۱- باور براین است که جمعیت انسانی رامی توان به دو گروه چکاوکهای بامداد (morning larks) و جغدان شب (night owls) بخش کرد. چکاوکهای بامداد یا افراد بامدادگرا صبح زود به هنگام برآمدن خورشید بیدار شده و شب به هنگام غروب خورشید به خواب می روند. در برابر جغدان شب، شب هنگام بیدار بوده و بیشترین فعالیت خود را در اواخر آن دارند در حالیکه هنگام بامداد خوابیده و استراحت می کنند و چنانچه در روز بیدار شوند دچار مشکل می شوند.

ت) پس از هر نوبت شب، حداقل ۲۴ ساعت استراحت وجود داشته باشد.
ث) از یک الگوی ثابت و منظم تبعیت کند.
ج) وجود تعطیلات آخر هفته در برنامه نوبت کار بسیار مطلوب است.

نظام‌های ۱۲ ساعتی:

مطالعات نشان داده‌اند که خستگی انباشته شده ناشی از ۱۲ ساعت کار روزانه بسیار قابل توجه است، به‌ویژه در روزهای آخر وضعیت نوبت کار بحرانی بوده و خستگی در وی تجمع می‌یابد. به طور کلی باید گفت که در این برنامه نوبت‌کارانی که وظیفه آن‌ها نیازمند تلاش جسمی یا ذهنی زیاد است، نسبت به خستگی و مشکلات بهداشتی متعاقب آن مستعدتر می‌باشند. به عنوان یک توصیه کلی باید گفت که در صنایعی که محیط کار مخاطره‌آمیز است و عوامل گوناگونی سلامتی نوبت‌کاران را تهدید می‌کند، بهتر است از برنامه ۱۲ ساعتی استفاده نشود و یا برنامه کار به طور گردشی به‌گونه‌ای ترتیب داده شود که فرد پس از هشت ساعت انجام وظیفه، بقیه ساعات کار را در محیطی دیگر و به وظیفه‌ای دیگر بپردازد.

برنامه مداخله ارگونومی در محیط کار

ارگونومی راه‌کار مؤثری برای حل مشکلات بهداشتی محیط کار است. امروزه در بیشتر کشورها کارفرمایان موظف‌اند استانداردهای ارگونومی را رعایت کرده و در اجرای برنامه‌های ارگونومی فعالانه شرکت داشته باشد. کارفرمایانی که از استانداردها و قوانین وضع شده در این زمینه تخطی کنند یا آن را نادیده انگارند، مبالغ هنگفتی جریمه می‌شوند. عوامل زیان‌آور ارگونومیک تقریباً در هر صنعت و محیط کاری وجود دارند. برنامه‌های مؤثر برای حفاظت کارگران در برابر چنین عواملی باید یکی از اجزای برنامه‌ی ایمنی و بهداشت باشد که کارفرما تدبیر می‌کند.

موفقیت برنامه‌ی ارگونومی نیازمند حمایت تمام افراد سازمان از کلیه سطوح است. حمایت چنین برنامه‌ای از سوی مدیریت ضرورتی حیاتی دارد. مشارکت و همکاری کارکنان از هر

سطحی نیز باید جلب شود.برای اجرای برنامه‌ی ارگونومی باید کمیته‌ای به نام کمیته اجرایی ارگونومی تشکیل شود.

موارد کلیدی برای موفقیت برنامه‌ی ارگونومی در محیط کار عبارت‌اند از:

- ✓ ایفای نقش توسط مدیریت (حمایت، تأمین منابع، مطلع و به روز بودن، پاسخ به‌موقع)
- ✓ برنامه‌ی ارگونومی مکتوب
- ✓ مشارکت کارکنان
- ✓ برنامه‌ی مستمر و منظم ارزیابی و مرور برنامه
- ✓ ارتباطات برای اطلاع‌رسانی در مورد فعالیت‌ها و پیشرفت برنامه

اجزای برنامه‌ی ارگونومی در محیط کار

الف)آنالیز محیط کار:

تجزیه‌وتحلیل محیط کار یک روند دو مرحله‌ای است. ابتدا تعیین می‌شود که آیا مشکلات ارگونومیک وجود دارد یا خیر. اگر جواب مثبت است این مشکلات در کجا و در چه قسمتی از محل کار هستند (مرحله اول). برای این منظور باید از هر قسمت بازدید به عمل آید و با استفاده از چک‌لیست ارگونومی مشکلات ارگونومیک مشخص شوند. در چک‌لیست ارگونومی مواردی از قبیل پوسچر بدن هنگام کار، نیرو، تکرار حرکت، ارتعاش، شرایط محیطی، نیازمندی‌های جسمانی کار، ایستگاه کار، ابزار و تجهیزات و دیگر عوامل مطرح می‌شوند. در واقع در این جزو از برنامه ارگونومی، ریسک فاکتورهای ارگونومیک در محیط کار شناسایی می‌شوند.

پس از مشخص شدن ریسک فاکتورهای ارگونومیک در محیط کار و تعیین نوع و ماهیت کلی مشکل، نوبت به مرحله دوم می‌رسد که در آن منبع و شدت عوامل زیان‌آور ارگونومیک دقیقاً تعیین می‌شود. این مرحله شامل موارد زیر است:

- ✓ پرسشنامه‌های اختلالات اسکلتی – عضلانی
- ✓ ارزیابی ریسک فاکتورها (مثلاً با استفاده از روش‌های ارزیابی پوسچر)

- ✓ ارزیابی نیازمندی‌های فیزیولوژیک
- ✓ آنالیز شغل
- ✓ اندازه‌گیری عوامل زیان‌بار محیطی

در پایان آنالیز محیط کار، با بررسی پرونده‌ها و مدارک بهداشتی و ایمنی کارخانه، با استفاده از چک‌لیست و پرسشنامه‌های اختلالات اسکلتی– عضلانی، با ارزیابی نیازمندی‌های فیزیولوژیک و تجزیه‌وتحلیل شغل و اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور محیطی می‌توان تعیین نمود که:

- ✓ کدام بخش دارای عوامل زیان‌آور است.
- ✓ کدام ایستگاه کار دارای عوامل زیان‌آور است.
- ✓ کدامیک از اندام‌های بدن دچار آسیب و عارضه شده‌اند.
- ✓ کدام بخش از چرخه کار آسیب‌رسان است.
- ✓ عوامل زیان‌آور ارگونومیک کدامند.

آنگاه با استفاده از نتایج به دست آمده راه‌های حذف آن‌ها مشخص می‌شود.

ب) کنترل مخاطرات و پیشگیری از آن‌ها (بهبود شرایط کار):

دومین بخش مهم برنامه‌ی ارگونومی، کنترل مخاطرات است. در این زمینه روش‌های کنترلی عبارت‌اند از:

۱- کنترل مهندسی: منظور از کنترل مهندسی عبارت است از تغییر ایستگاه کار، تجهیزات و ابزار. این روش‌ها بهترین روش کنترل به شمار می‌آیند زیرا باعث حذف عوامل زیان‌آور در منشأ تولید می‌شوند.برای مثال، تغییر شیوه جابجایی مواد، محصول، بار و ... (استفاده از روش‌های مکانیکی)، تغییر چیدمان ایستگاه کار، تغییر طراحی ابزار و کاهش حجم و وزن ظروف و سبدها در این دسته قرار می‌گیرند.

۲- کنترل‌های اجرایی و مدیریتی: شیوه‌هایی هستند که به‌وسیله‌ی مدیریت اعمال می‌شوند و در آن‌ها مدت زمان، دفعات و شدت مواجهه با عامل زیان‌آور کاهش می‌یابند. برخی از روش‌های مرسوم در این دسته عبارت‌اند از کاهش طول شیفت کار یا محدود کردن

اضافه‌کاری، گردش شغلی، وقفه‌های استراحت بیشتر، غنی کردن شغل، کاهش سرعت انجام کار، آموزش ریسک فاکتورها، ورزش و تمرینات فیزیکی.

۳- استفاده از وسایل حفاظت فردی: سرانجام، در مواردی که با شیوه‌های یاد شده هنوز نتوان عامل زیان‌آور را کنترل نمود، باید از وسایل حفاظت فردی استفاده کرد.برای مثال، ساپورت مچ دست (اسپلینت)، کمربند، دستکش جاذب ارتعاش و زانو بند از انواع وسایل حفاظت فردی در این زمینه دانسته می‌شود. البته شایان ذکر است که هنوز در مورد سودمند بودن کاربرد این‌گونه وسایل توافق نظر وجود ندارد. مثلاً اثربخشی این وسایل در پیشگیری از MSDs هنوز به اثبات نرسیده است و همچنین گاهی استفاده از این وسایل از جمله اسپلینت یا دستکش باعث افزایش اعمال نیرو شده که خود ریسک فاکتور است.

پ) مدیریت پزشکی:

سومین بخش برنامه‌ی ارگونومی مؤثر مدیریت پزشکی است.مدیریت پزشکی می‌تواند با تشخیص زود هنگام آسیب‌ها و درمان آن‌ها به‌گونه‌ای چشمگیر خطر ابتلا به آسیب‌های شغلی را کاهش دهد. در این بخش از برنامه کارفرما، کارکنان و پرسنل درمان نقش دارند. مدیریت پزشکی مؤثر با ثبت موارد مراجعه، میزان شیوع عوارض و بیماری‌ها و شدت آن‌ها را در مشاغل و واحدهای گوناگون مشخص می‌سازد و اطلاعات سودمندی را برای آنالیز محیط کار فراهم می‌آورد. بدین ترتیب، این جزء از برنامه، حلقه‌ی اطلاعاتی برنامه‌ی ارگونومی را کامل می‌کند.

ت) آموزش:

آموزش یکی از اجزاء اصلی برنامه‌ی ارگونومی است. در این جزء، روش‌های درست انجام کار آموزش داده می‌شود و آگاهی نسبت به مسائل ارگونومیک افزایش می‌یابد.مطالبی که می‌بایست آموزش داده شوند عبارت‌اند از:

- انواع اختلالات اسکلتی-عضلانی مربوط به شغل

- ریسک فاکتورهای مؤثر در بروز این اختلالات و علل آن‌ها
- شیوه‌های پیشگیری و کنترل این اختلالات
- تشخیص علائم و نشانه‌های اختلالات اسکلتی-عضلانی و گزارش آن‌ها

با توجه به مطالب فوق، به طور خلاصه می‌توان گفت که فرایند ارگونومی در محیط کار عبارت است از جریانی از فعالیت‌ها که منجر به حصول نتیجه می‌شود و شامل موارد زیر است:

- ✓ بررسی (Survey)
- ✓ تجزیه‌وتحلیل (Analysis)
- ✓ اصلاح محیط کار(Fix)
- ✓ ارزیابی مجدد (Evaluate)

که به اختصار فرایند SAFE نامیده می‌شود.

اصول بهسازی و اصلاح ایستگاه کار در ارگونومی

ده اصل زیر که به اصول ارگونومی فیزیکی معروفند، کمک شایان توجهی به اصلاح ایستگاه کار می‌کنند. این اصول بر اساس کنترل ریسک فاکتورهای ارگونومیک و ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی که پیش‌تر در مورد آن‌ها بحث شد استوار هستند. چنانچه این ده اصل در یک ایستگاه کار مدنظر قرار گیرند و بکار بسته شوند می‌توان تا حد زیادی اطمینان داشت که ریسک فاکتورهای ارگونومیک (ریسک فاکتورهای فیزیکی) کنترل‌شده و شرایط ایستگاه کار مطلوب بوده و سلامت کارگر و بهره‌وری او تأمین شده است. این اصول عبارت‌اند از:

۱- *با پوسچر مناسب و طبیعی کار کنید.*

۲- *از اعمال نیروی زیاد پرهیز کنید.*

۳- *وسایل و ابزارها را در حد دسترسی آسان قرار دهید.*

۴- *ارتفاع سطح کار می‌بایست مناسب باشد.*

۵- *کارها و حرکات تکراری را کاهش دهید.*

۶- *خستگی و بار استاتیک را به حداقل برسانید.*

۷- *فشار وارده به عضو یا بافت را به حداقل برسانید.*

۸- *فضای اضافی کافی فراهم آورید.*

۹- *تغییر پوسچر، ورزش و تمرینات بدنی را در برنامه کار خود لحاظ کنید.*

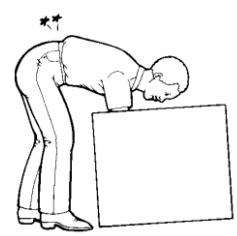
۱۰-*محیط فیزیکی راحتی را فراهم آورید.*

در زیر به شرح مختصر هر یک با ارائه مثال پرداخته شده است.

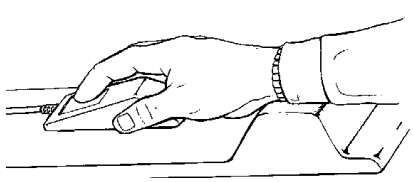
اصل اول: با پوسچر مناسب و طبیعی کار کنید.

کار کردن با پوسچر نادرست باعث افزایش خستگی و استرس وضعیتی شده، توانایی انجام کار را کاهش داده و انجام وظیفه را دشوار می‌سازد. بنابراین، ایستگاه کار باید به‌گونه‌ای طراحی شود تا پوسچر نادرست در نواحی مختلف بدن به‌ویژه نواحی کمر، گردن، شانه و بازو، دست و مچ دست از بین رفته و کارگر بتواند با پوسچری مناسب و درست به انجام وظیفه بپردازد. این اصل یکی از مهم‌ترین اصول ارگونومی فیزیکی است.

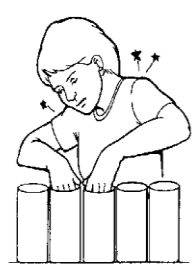
نادرست



درست



درست

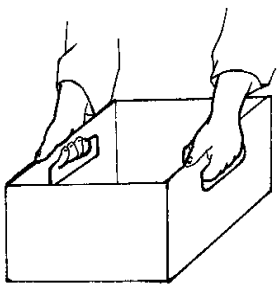


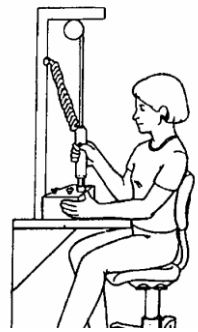
نادرست

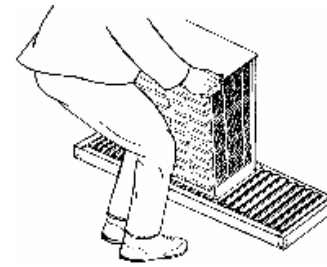
درست

اصل دوم: از اعمال نیروی زیاد پرهیز کنید.

اعمال نیروی زیاد باعث افزایش بار عضلانی شده و خستگی و احتمال آسیب را افزایش می‌دهد. بنابراین همیشه باید به فکر روش‌هایی بود که اعمال نیرو تا حد ممکن کاهش دهد. مثلاً استفاده از غلطک برای جابجایی بار، سیستم تعلیق برای تحمل وزن ابزار دستی و تعبیه دسته بر روی بار همان‌گونه که شکل‌های زیر نشان می‌دهند.

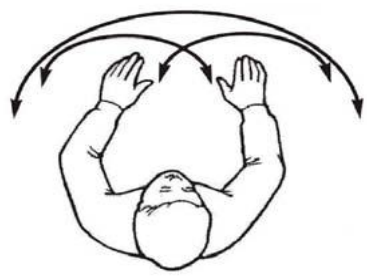




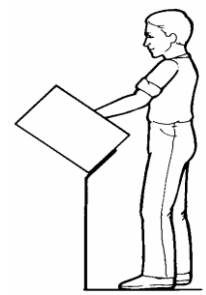


اصل سوم: وسایل و ابزارها را در حد دسترسی آسان قرار دهید.

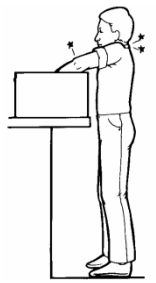
یکی از راه‌های بهبود ایستگاه کار و ایجاد شرایط کاربر پسند آن است که ابزار و قطعاتی که مکرراً مورد استفاده واقع می‌شوند در حد دسترسی آسان باشند. دور از دسترس بودن این آیتم‌ها موجب پوسچر نادرست و افزایش استرس وضعیتی شده و علاوه بر خستگی و افزایش احتمال آسیب، باعث کاهش راندمان کار و افزایش زمان تولید می‌شود. مثالی در این مورد، قرار دادن ابزار و قطعاتی که مکرراً استفاده می‌شوند در ناحیه دسترسی کارگر می‌باشد.



در شکل زیر نیز مشکل حد دسترسی وجود دارد که با کاهش ارتفاع و شیب رو به جلو سطح میز کار مشکل برطرف شده است.



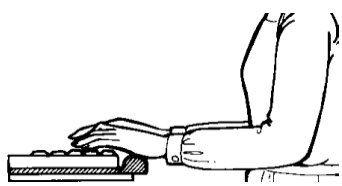
مطلوب



نامطلوب

اصل چهارم: ارتفاع سطح کار می‌بایست مناسب باشد.

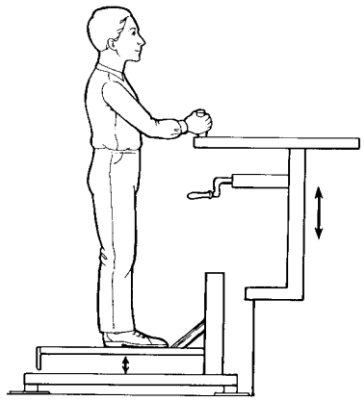
یکی از مشکلات ایستگاه‌های کار نامتناسب بودن ارتفاع سطح کار با ویژگی‌های آنتروپومتریک کارگران می‌باشد. این موضوع باعث پوسچر نامناسب، خستگی، ناراحتی و آسیب‌های اسکلتی- عضلانی می‌شود. معمولاً، توصیه می‌شود که ارتفاع سطح کار در ارتفاع آرنج (خواه نشسته و خواه ایستاده) تنظیم شود. مثلاً در کار با کامپیوتر (شکل زیر) و مونتاژ دستی این نکته مدنظر قرار می‌گیرد.



اما استثناهایی در این زمینه وجود دارد که به دو نمونه از آن‌ها در شکل زیر اشاره شده است. برای کارهای ظریف ارتفاع باید بالاتر و برای کارهای سنگین ارتفاع کار باید پایین‌تر از ارتفاع آرنج در نظر گرفته شود.

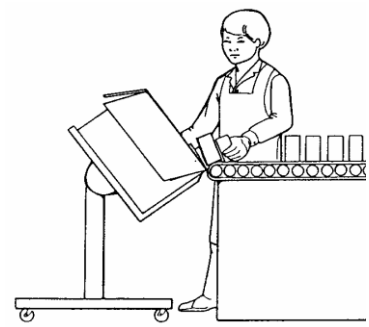
کار ظریف **کار سنگین**

از آنجا که طول قد افراد مختلف متفاوت است، قابل تنظیم کردن ارتفاع سطح میز کار می‌تواند راه‌حل مناسبی برای ایجاد تناسب باشد. استفاده از سکو برای افراد کوتاه‌تر نیز می‌تواند مطلوب باشد.

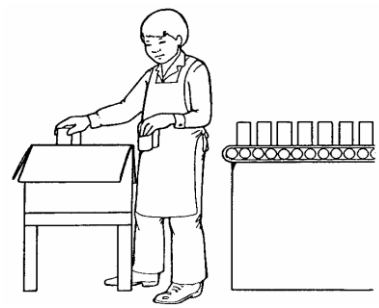


اصل پنجم: کارها و حرکات تکراری را کاهش دهید.

تعداد حرکات مورد نیاز برای انجام کار می‌تواند موجب کاهش راندمان کار، افزایش زمان تولید و آسیب عضو یا اندام درگیر شود. تا حد ممکن باید حرکات غیر لازم را کاهش داد. بهبود چیدمان و سازمان‌دهی کار روشی مناسب برای کاهش حرکات تکراری می‌باشد. مواد و قطعات می‌بایست در ارتفاعی مناسب به نزدیک‌ترین نقطه ممکن به کارگر برسد. در شکل زیر، تصویر سمت راست حالتی را نشان می‌دهد که کارگر مجبور است قطعه را بلند کرده و در جعبه بگذارد. در تصویر سمت چپ کارگر فقط قطعات را به داخل جعبه می‌لغزاند، بنابراین تعداد حرکات تکراری کاهش یافته است.

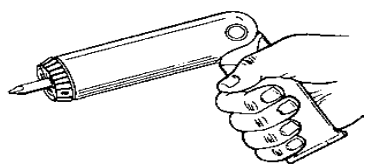


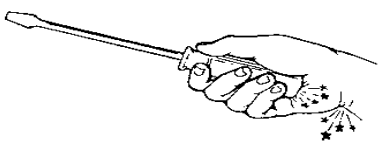
مناسب



نامناسب

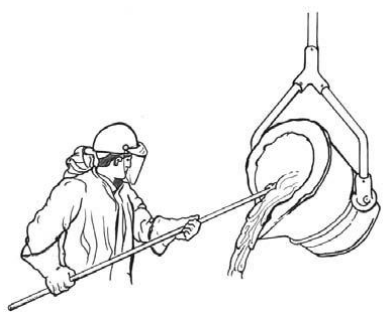
یا مثالی دیگر برای کاهش حرکات تکراری مچ دست، استفاده از پیچ‌گوشتی‌های الکتریکی بجای نوع دستی می‌باشد.



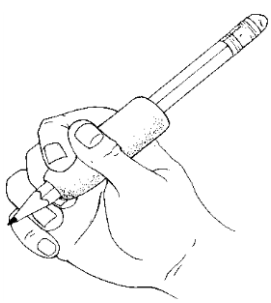


اصل ششم: خستگی و بار استاتیک را به حداقل رسانید.

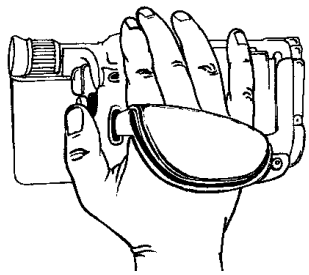
وارد شدن بار کاری فیزیکی و ذهنی به کارگر می‌تواند موجب کاهش بهره‌وری و کیفیت، وقوع حادثه و آسیب‌های اسکلتی- عضلانی شود. عضلات خسته کارگر را کند کرده و استعداد آسیب را بالا می‌برد. در شکل‌های زیر برخی روش‌های کاهش بار کار فیزیکی نشان داده شده است.



کاهش بار متابولیک و مصرف انرژی



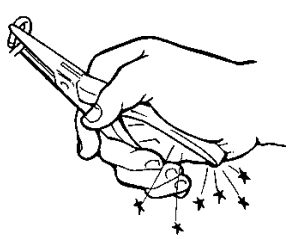
کاهش بار استاتیک



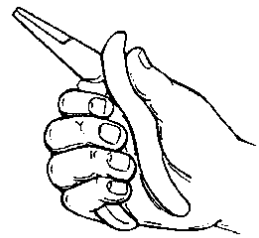
برداشتن بار از روی عضلات

اصل هفتم: فشار وارده به عضو یا بافت را به حداقل رسانید.

فشار مستقیم یا فشار تماسی مشکلی متداول در ایستگاه‌های کار می‌باشد. افزون بر ناراحتی، فشار تماسی می‌تواند باعث فشار بر عصب و عروق خونی شده و عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. مثال‌هایی برای حذف یا کاهش فشار تماسی در شکل‌های زیر ارائه شده‌اند.افزایش سطح تماس با دسته و استفاده از پوشش نرم بر روی دسته ابزار:



نامناسب



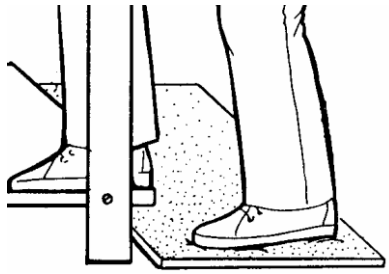
مناسب

فراهم نمودن پوشش نرم برای ساعد:

نامناسب

مناسب

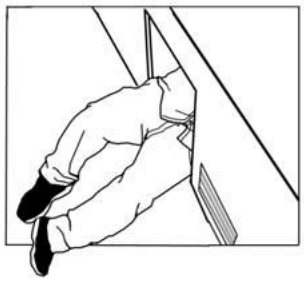
فراهم کردن کف‌پوش نرم:



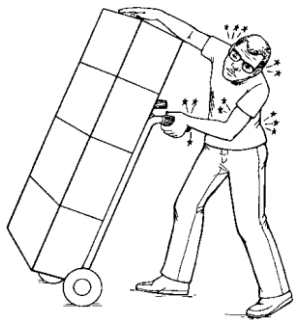
اصل هشتم: فضای اضافی کافی فراهم آورید.

وجود فضای کافی در ایستگاه کار و دسترسی آسان به اجزاء و قسمت‌های مختلف بدون وجود مانع از اهمیت بسزایی برخوردار است. نبود فضای آزاد می‌تواند خطر برخورد به اجزاء صلب ایستگاه کار را سبب شود و یا پوسچر نامناسب حین عملیات (مثلاً تعمیرات و ...) را باعث گردد.

نبود فضای آزاد در بالای سر



پوسچر نامناسب در عملیات نگهداشت



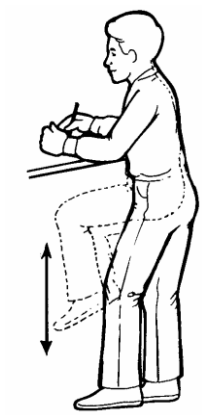
پوسچر نامناسب به علت نداشتن دید کافی

اصل نهم: تغییر پوسچر، ورزش و تمرینات بدنی را در برنامه کار خود لحاظ کنید.

بدن انسان نیازمند ورزش و تمرین است. نباید انتظار داشت که پس از پیاده کردن اصول پیش گفت، شرایط محیط کار بدون ریسک آسیب و کاملاً به دور از عوامل آسیب‌زا باشد. برای سالم بودن، بدن انسان نیاز به فعالیت جسمانی دارد. برای هر یک از اندام‌ها و اعضاء، باید گهگاهی مفاصل را در محدوده دامنه حرکتی خود حرکت داد تا از ریسک فاکتور پوسچر ثابت اجتناب شود. هر از گاهی نیاز است که ضربان قلب افزایش یابد و عضلات تحت فشار قرار گیرند. متأسفانه انجام وظایف در بسیاری از مشاغل نمی‌تواند تأمین کننده موارد فوق باشند و اگر هم در شغلی حرکت یا اعمال نیرو وجود دارد معمولاً زیاد و اشتباه است و از دیدگاه فعالیت فیزیکی و ورزشی نه تنها مفید نیست بلکه می‌تواند مضر هم باشد.

برای بسیاری از کارها گرم کردن می‌تواند مفید باشد. انجام تمرینات بدنی دسته جمعی قبل از آغاز کار فعالیتی رایج در برخی صنایع و محیط‌های کار می‌باشد. برای کارهای ثابت و استاتیک، متوقف کردن کار و انجام حرکات بدنی در فواصل زمانی معین (مثلاً ساعتی یک بار) توصیه می‌شود. از آنجا که هیچ پوسچر ایده آلی برای یک شیفت کار وجود ندارد، استفاده از چندین پوسچر سالم و در عین حال متفاوت می‌تواند مطلوب باشد. در سال‌های اخیر، استفاده از ایستگاه‌های نشسته– ایستاده توصیه شده است.

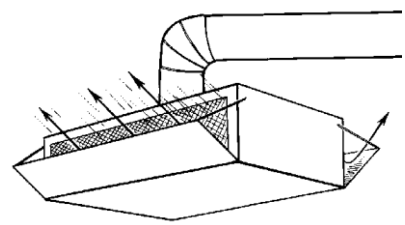
حرکات بدنی برای گرم کردن یا رفع خستگی



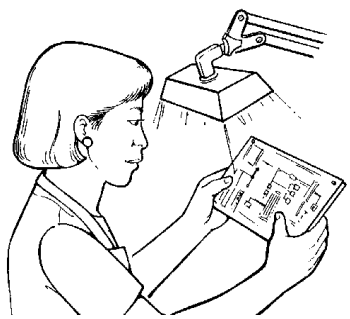
ایستگاه کار نشسته- ایستاده

اصل دهم: محیط فیزیکی راحتی را فراهم آورید.

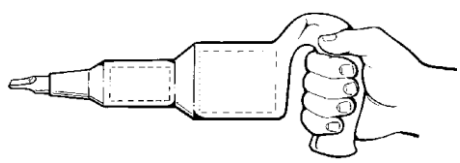
در وضعیتی که شرایط فیزیکی محیط کار مطلوب نمی‌باشد کارایی انسان کامل و بهینه نیست. دما و رطوبت بالا سرعت انجام کار را کند و فرد را زود خسته می‌کند و سرمای زیاد کار مؤثر را متوقف می‌سازد. وجود مواد سمی در هوای محیط کار باعث تهدید سلامتی است و ارتعاش می‌تواند به بافت‌های حساس آسیب برساند. نبود روشنایی کافی در ایستگاه کار علاوه بر اثر نامطلوب بر پوسچر سر، گردن و تنه، کاهش کیفیت محصول، راندمان کار و بهره‌وری کارگر را سبب‌ساز است. بنابراین، تمام موارد یاد شده می‌بایست در ایستگاه کار کنترل شده و در حد بهینه خود تنظیم شوند.



فراهم نمودن شرایط جوی مناسب



تأمین روشنایی کافی



ایزولاسیون ارتعاش

ابزار دستی (Hand Tools)

ابزارهای دستی از آغاز بشریت تاکنون مورد استفاده بوده‌اند و همواره در ارگونومی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. دست‌ها و پاها خود ابزارهایی هستند که به انسان هدیه داده شده‌اند. ابزارها اختراع شده‌اند تا توان و اثربخشی این اندام‌ها را تقویت کنند. تاریخ ابزارها به بیش از یک میلیون سال قبل باز می‌گردد.

ابزار دستی باید:

- برای کار مورد نظر مناسب باشد.
- با استفاده کننده و دست او تناسب داشته باشد.
- هنگام استفاده موجب آسیب استفاده کننده نشود.

لازم به ذکر است که ابزار کار به دو نوع تقسیم می‌شود که شامل Hand tools و Power tools می‌شود.

در بسیاری از مشاغل صنعتی ابزارهای دستی جزء ابزارهای اولیه کار هستند و بسیاری از کارگران در صنعت مجبور به استفاده از آن‌ها در فعالیت‌های روزمره خود می‌باشند. آسیب‌های ناشی از کار با ابزار دستی به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف) آسیب‌های حاد

ب) آسیب‌های مزمن (CTDs)

آسیب‌های حاد جزء موارد ایمنی و در مبحث طراحی ایمن و کاربرد ایمن ابزار دستی مطرح می‌شوند. آسیب‌های مزمن با ملاحظات ارگونومیک و طراحی ابزار بر اساس اصول ارگونومی مرتبط می‌باشند.

CTDs به تدریج و در اثر وارد شدن تروماهای کوچک تکراری بر اندام‌ها ایجاد می‌شود. به دلیل شروع ملایم و خاموش این آسیب‌ها، اغلب تا زمانی که علائم شدت می‌گیرند و مزمن می‌شوند نادیده گرفته می‌شوند. طراحی نامناسب ابزار دستی، اندام‌های فوقانی را در معرض آسیب قرار می‌دهد. CTDs که ممکن است در اثر طراحی غیر ارگونومیک ابزار دستی ایجاد شوند عبارت‌اند از التهاب مفاصل (آرتریت)، فشار بر روی عصب، فشار بر شریان، استرین

عضلانی (کشیدگی ماهیچه‌ای)، اپی کندیلیت، ترومای ارتعاشی، سندروم تونل کارپ، بیماری دکوئروین، التهاب تاندون و التهاب غلاف تاندون، التهاب گانگلیون.

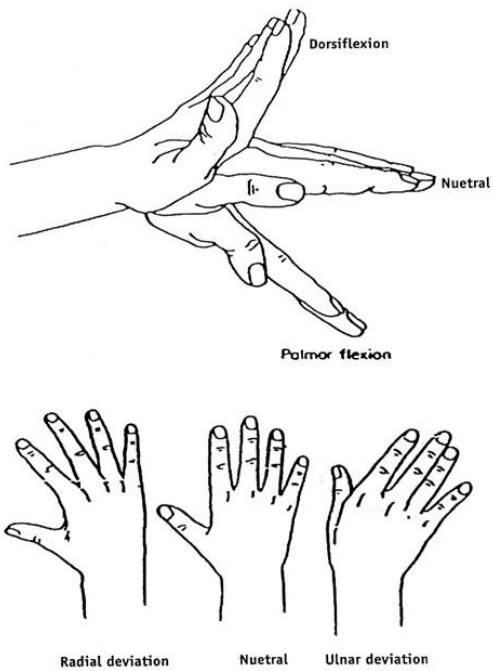
چهار عامل اصلی وقوع و شیوع CTDs شامل اعمال نیروی زیاد، پوسچر نادرست، تکرار زیاد و نبود زمان استراحت می‌باشند. همان‌گونه که قبلاً نیز گفته شد علائم متداول CTDs عبارت‌اند از درد، محدود شدن دامنه حرکت مفصل و ورم بافت‌های نرم. البته در مراحل ابتدایی اگر اعصاب تحت تأثیر قرار گرفته باشند اختلالات حسی و حرکتی نیز ایجاد می‌شوند. در این شرایط اگر درمان نشوند، ناتوانی دائمی به وجود می‌آید.

شواهد نشان می‌دهد که ارتباطی بین استفاده از ابزار دستی و شروع علائم اختلالات اسکلتی- عضلانی وجود دارد. استفاده دائم از ابزارهای دستی باعث ایجاد احساس ناراحتی می‌شود که می‌تواند اثربخشی و رضایت شغلی را کاهش دهد. ادعا می‌شود که صدمات ناشی از ابزار دستی پر هزینه و شدید می‌باشند. ۱۵ تا ۲۰ درصد کارگران در صنایع کلیدی همچون صنایع گوشت، خودرو و پوشاک در معرض خطر ابتلا به CTDs ناشی از طراحی نامناسب ابزار هستند. انتخاب مناسب، ارزیابی و استفاده از ابزار دستی یکی از دغدغه‌های اصلی در ارگونومی شغلی است.

عناصر اصلی در طراحی ابزاردستی شامل وزن ابزار، مرکز ثقل، فرم و ابعاد دسته، طول دسته، جنس دسته، حفاظ‌ها، خمیدگی دسته، ارتباط دسته با قسمت عملکردی ابزار، ارتعاش و گشتاور می‌شوند. طراحی ابزار دستی بر اساس اصول ارگونومی می‌تواند ناراحتی کاربر، تنش بیومکانیکی و ریسک فاکتورهای علائم و آسیب‌های اسکلتی- عضلانی اندام‌های فوقانی را کاهش دهد. هدف اصلی در طراحی ارگونومیک ابزار دستی پیشگیری از CTDs و آسیب اندام‌های فوقانی است. طراحی ابزار دستی در کاهش ریسک فاکتورهای ارگونومیک مرتبط با مشکلات دست/ مچ دست امری ضروری می‌باشد. برای کارآمد بودن طراحی/طراحی مجدد ابزار و تجهیزات، به‌کارگیری دستورالعمل‌ها و اصول ارگونومیک لازم است. طراحی و شکل دسته ابزار دستی عوامل مهمی برای جلوگیری از CTDs ناشی از استفاده از ابزار دستی می‌باشد.

آناتومی دست:

برای درک بهتر اصول طراحی ابزار دستی، توصیف خلاصه‌ای از آناتومی و عملکرد دست لازم است. دست انسان ساختار پیچیده‌ای است که متشکل از استخوان‌ها، عروق، اعصاب، لیگامنت‌ها و تاندون‌ها می‌باشد. انگشتان به‌وسیله عضلات خم کننده و بازکننده کارپی کنترل می‌شوند. عضلات به‌وسیله تاندون‌هایی که از تونل کارپ می‌گذرند به انگشتان متصل می‌شوند. از این تونل اعصاب و عروق نیز عبور می‌کنند. استخوان‌های مچ دست به دو استخوان دراز به نام‌های اولنا و رادیوس مفصل شده‌اند. مفصل مچ دست به‌گونه‌ای است که حرکت در دو صفحه عمود بر هم را امکان‌پذیر می‌سازد. اولی خمش پالمار و خمش دورسی (یا بازشدگی) و دیگری انحراف به سمت اولنار و رادیوس (شکل ۲۴).



شکل ۲۴: انواع حرکت مچ دست.

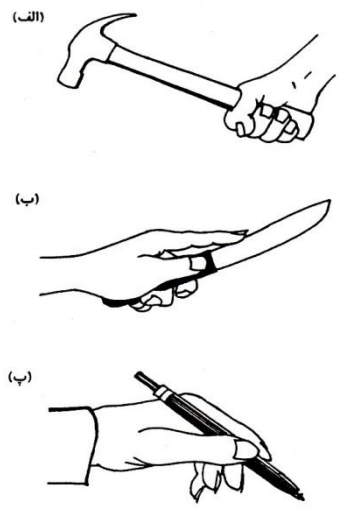
انواع چنگش (Grip)

چالاکی (dexterity) حرکات دست با نوع چنگش بیان می‌شود که دارای انواع زیر است:

چنگش قدرتی(Power Grip)

چنگش ظریف (Precision Grip) که خود شامل دو نوع است:

- درونی (ب)
- بیرونی (پ)



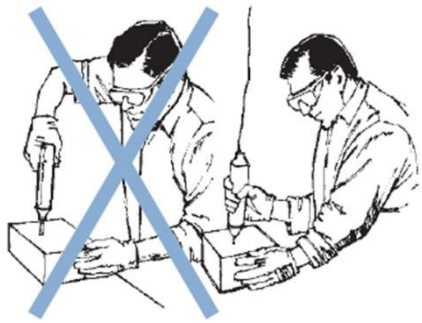
(الف) چنگش قدرتی، (ب) چنگش ظریف درونی، (پ) چنگش ظریف بیرونی.

عواملی که در طراحی ابزار دستی و کار با آن‌ها می‌بایست مورد توجه قرار گیرند به شرح زیر می‌باشند:

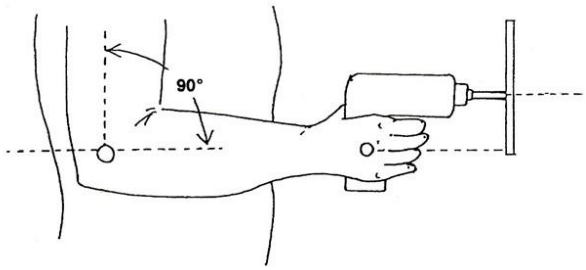
۱- بار ماهیچه‌ای استاتیک

وقتی ابزار می‌بایست برای زمان طولانی در شرایطی استفاده شود که دست‌ها و بازوها بالا آمده، عضلات شانه‌ها، بازوها و دست‌ها در معرض بار استاتیک قرار می‌گیرند و دچار خستگی، کاهش ظرفیت و درد می‌شوند. وقتی از یک ابزار تپانچه‌ای بر روی سطح افقی استفاده می‌شود، دور شدن بازو از محور طولی بدن به همراه بالا آمدن آرنج اتفاق می‌افتد که بار

استاتیک بالایی دارد. در این حالت اگر از ابزاری استفاده شود که دسته مستقیم دارد پوسچر بهبود یافته و از بار استاتیک کاسته می‌شود.

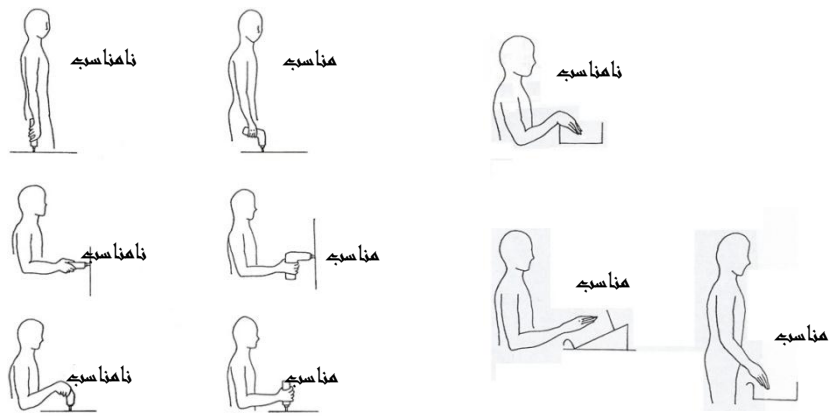


در کارهای مونتاژ، کار طولانی مدت با بازوی باز شده (extended) باعث خستگی و درد در ناحیه ساعد می‌شود. در چنین حالتی اگر آرنج در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرد، بخش بزرگی از مشکلات برطرف می‌شود.



۲- پوسچر نامطلوب مچ دست

وقتی مچ دست از پوسچر طبیعی خود خارج می‌شود، قدرت چنگش کاهش می‌یابد. همچنین، پوسچر نامطلوب مچ باعث درد، کاهش قدرت چنگش و در صورت استمرار به مدت طولانی، سبب ایجاد CTD می‌شود. برای کاهش آن، ایستگاه کار و ابزار باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که پوسچر طبیعی در مچ ایجاد شود، مثلاً کاهش ارتفاع سطح کار یا لبه جعبه، چرخش جعبه به سمت کارگر (شکل الف) و همچنین، استفاده از ابزاری با دسته تپانچه‌ای برای سطوح عمودی یا دسته مستقیم برای سطوح افقی (شکل ب).



(ب) **(الف)**

۳- فشار بر بافت

اغلب در هنگام استفاده از ابزار دستی، نیروی قابل توجهی توسط دست اعمال می‌شود. این عمل فشار زیادی را بر بافت‌های کف دست و انگشتان وارد ساخته و باعث ایسکمی و انسداد جریان خون بافت و سرانجام بی‌حسی و سوزن سوزن شدن انگشتان می‌شود. دسته‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که سطح تماسی زیادی را با دست ایجاد کرده و نیرو به سطح بزرگ‌تری وارد شود تا فشار کاهش یابد. همچنین، دسته‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که نیرو به نواحی کمتر حساس مثل ناحیه بین شست و انگشت سبابه منتقل شود. از ایجاد برجستگی و فرورفتگی بر روی دسته ابزار می‌بایست اجتناب شود، زیرا دست افراد از نظر ابعاد متفاوت بوده و این الگوها تنها برای بخش کوچکی از جمعیت می‌تواند مناسب باشد.

نامناسب **مناسب**

۴- جنسیت

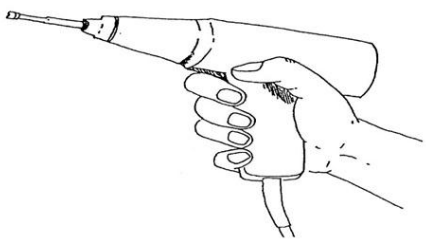
قدرت چنگش در زنان بین ۵۰ تا ۶۷ درصد مردان است. یک مرد متوسط می‌تواند نیرویی معادل ۵۰۰ نیوتن اعمال کند. این مقدار در زن متوسط ۲۵۰ نیوتن است. مطالعات نشان داده‌اند که ابزار نامناسب برای زنان عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد. در کار با ابزار دستی زنان دارای دو مشکل هستند: قدرت چنگش کمتر و فاصله چنگش کوچک‌تر. برای زنان ابزار باید در ابعاد کوچک‌تری طراحی شود.

۵- راست دستی – چپ دستی

تعویض دست‌ها هنگام کار می‌تواند خستگی ماهیچه‌ای را کاهش دهد. البته در بسیاری از موارد این کار امکان پذیر نیست چون ابزار برای دست غالب طراحی شده است یعنی برای راست دستان که ۹۰٪ افراد جامعه را تشکیل می‌دهند. چپ دستان که ۱۰٪ افراد جامعه را تشکیل می‌دهند از طراحی خارج می‌افتند. چپ دستان مجبورند که خود را با دنیای راست دستان تطبیق دهند. نتایج مطالعات نشان داده است که در مردان راست دست هنگام کار با ابزار وقتی از دست چپ خود استفاده می‌شوند قدرت چنگش ۱۲٪ کاهش دارد. این مقدار برای زنان ۷٪ است. همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که زمان انجام کار وقتی فرد از دست غیرغالب خود استفاده می‌کند ۹ تا ۴۸ درصد افزایش می‌یابد.

۶- عمل تکراری انگشتان

در کارهایی که انگشت سبابه فعالیت به شدت تکراری فشردن ماشه دارد علائم عارضه انگشت ماشه (Trigger finger) ظاهر می‌شود. بنابراین، نیروی ماشه همواره باید کوچک و ترجیحاً کمتر از ۱۰ نیوتن باشد. کنترل‌های دو یا سه انگشتی می‌تواند مفید باشد و ارجحیت دارند.



اگرچه سطح تکرار بحرانی و خطرناک مشخص نیست، اما کوشش‌هایی صورت گرفته تا حداکثر تعداد تکرار در ساعت یا یک شیفت کار که می‌تواند تحمل شود و آسیب نرساند مشخص شود. در اغلب موارد، حرکت مچ دست مدنظر بوده، اما می‌توان برای انگشتان نیز این سطوح را بکار برد. نتایج مطالعات نشان داده است که تکرار حرکت بیش از ۲۵۰۰۰ بار در روز با شیوع بالایی از آسیب‌های اسکلتی- عضلانی ناحیه دست و مچ دست در کارگران خط مونتاژ همراه بوده است. NIOSH چنین مشکلی را در کارگرانی که بیش از ۱۰۰۰۰ بار در روز تکرار حرکت دارند گزارش نموده است.

۷- قطر دسته

چنگش قدرتی دور یک شئ استوانه‌ای باید محیط آن را احاطه کند به‌گونه‌ای که انگشتان و شست به‌زحمت باهم تماس داشته باشند. البته قطر واقعی بسته به نوع وظیفه و ابعاد دست کارگر متغیر است. برای دسته پیچ‌گوشتی قطر ۴۰ میلی‌متر توصیه شده است. برای دسته جعبه‌ها قطر ۳۱ تا ۳۸ میلی‌متر پیشنهاد شده است. قطر ۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر (قطر بهینه ۴۰ میلی‌متر) برای چنگش قدرتی توصیه شده است. با توجه به موارد فوق، می‌توان گفت که برای قطر دسته ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر مناسب است به‌گونه‌ای که حد بالا برای اعمال بیشترین نیرو و حد پایین برای چالاکی و سرعت بیشتر مناسب هستند.

۸- طول دسته

برای دسته‌های معمولی باید فضای کافی برای ۴ انگشت وجود داشته باشد. طول ۱۰۰ میلی‌متر حداقل مقدار منطقی است، اما ۱۲۰ میلی‌متر می‌تواند راحت‌تر باشد. اگر از دستکش استفاده می‌شود، طول بیشتری توصیه می‌شود. برای چنگش ظریف خارجی، میله ابزار باید به اندازه کافی بلند باشد تا به‌وسیله قاعده انگشت اول یا شست حمایت شود. برای این حالت، مقدار ۱۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. برای چنگش ظریف داخلی، ابزار باید از ناحیه کف دست عبور کند اما نه این قدر که به مچ دست برخورد کند.

۹- شکل دسته

برای چنگش قدرتی، طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که حداکثر سطح تماس بین دست و دسته ایجاد شود تا فشار بر کف دست کاهش یابد. سطح مقطع دایره‌ای بیشترین اعمال نیرو را امکان‌پذیر می‌سازد. برخی محققان بر این باورند که هیچ شکلی به طور کامل نمی‌تواند شرایط بهینه را با در نظر گرفتن تمامی جوانب فراهم کند. برای پیچ‌گوشتی دسته تی شکل عملکرد بهتری نسبت به دسته مستقیم دارد.

۱۰- سطح چنگش، بافت و جنس

قرن‌ها از چوب برای ساخت دسته ابزار استفاده می‌شد. چوب مقاومت بالایی داشته، عایق حرارت و الکتریسیته است و اصطکاک خوبی دارد. به علت آسیب‌پذیری دسته چوبی و تغییر رنگ آن با روغن و گریس و ... امروزه از دسته‌های پلاستیکی و حتی فلزی استفاده می‌شود. البته فلز باید به‌وسیله لاستیک یا چرم پوشانده شده تا از انتقال ضربه به دست جلوگیری کرده، خاصیت عایق بودن آن را افزایش داده و اصطکاک را بیشتر کند. این مواد جاذب می‌توانند ارتعاش را نیز جذب کنند. البته جنس دسته نبایستی خیلی نرم باشد، زیرا براده و چیزهای تیز دیگر درون آن‌ها فرو رفته و مشکل‌ساز می‌شود. سطح چنگش باید حداکثر باشد تا فشار کاهش یابد. آستانه فشار/درد برای زنان ۵۰۰ کیلو پاسکال و برای مردان ۷۰۰ کیلوپاسکال است. در یک چنگش قدرتی حداکثر، فشار وارده بسیار بیشتر از این مقادیر می‌شود. ضریب اصطکاک دسته نیز اهمیت دارد. الگوها و شیارهای کوچک بر روی سطح دسته می‌تواند کمک‌کننده باشد.

۱۱- فاصله چنگش برای ابزارهای دو دسته‌ای

قدرت چنگش و استرس وارده بر روی تاندون‌های خم کننده به اندازه شیئی که در دست گرفته شده است بستگی دارد. حداکثر قدرت چنگش در یک دینامومتر با دسته‌های موازی وقتی ایجاد می‌شود که فاصله چنگش ۴۵ تا ۵۰ میلی‌متر است. در دینامومتر با دسته‌های زاویه‌دار، این مقدار برابر با ۷۵ تا ۸۰ میلی‌متر است. در فواصل غیر بهینه، قدرت چنگش کاهش می‌یابد. برای مقاصد کاربردی، برای جلوگیری از وارد شدن استرس آسیب‌زا به دست

و ایجاد یک حاشیه ایمنی برای ۹۵٪ کارگران، حداکثر قدرت چنگش مورد نیاز نباید از ۹۰ نیوتن بیشتر باشد.

۱۲- وزن

برای کاربردهای غیر ضربه‌ای، وزن ابزار تعیین می‌کند که چه مدت می‌توان از آن استفاده نمود و چقدر می‌توان با آن با تسلط و دقت کار کرد. برای ابزارهایی که با یک دست گرفته می‌شوند و آرنج با زاویه ۹۰ درجه خم شده است، وزن زیر ۲/۳ کیلوگرم توصیه می‌شود. برای کارهای دقیق، وزن ابزار نبایستی از ۰/۴ کیلوگرم بیشتر باشد (مگر اینکه از یک سیستم تعادلی برای خنثی کردن وزن ابزار استفاده شود). ابزارهای سنگین که ضربه و ارتعاش را جذب می‌کنند، برای کاهش بار وارد شده بر کارگر بایستی بر روی یک چرخ‌دستی نصب شوند. وزن ابزار باید متعادل باشد و مرکز ثقل آن تا حد امکان به مرکز ثقل دست نزدیک باشد (مگر در مواردی که هدف انتقال نیرو باشد مثل چکش). بدین ترتیب، نیازی نیست تا عضلات دست و ساعد نیرویی را برای خنثی کردن گشتاور ابزار نامتعادل اعمال کنند.

۱۳- دستکش

معمولاً از دستکش برای ایمنی و راحتی استفاده می‌شود. دستکش‌های ایمنی معمولاً حجیم و ضخیم نیستند، اما دستکش‌هایی که در دمای زیر صفر استفاده می‌شوند سنگین بوده و توانایی چنگش را کاهش می‌دهند. دستکش چرمی یا پشمی ضخامت دست و پهنای دست در ناحیه شست را به ترتیب ۵ و ۸ میلی‌متر افزایش می‌دهند، در حالی که این مقادیر برای دستکش‌های سنگین ۲۵ و ۴۰ میلی‌متر می‌باشد. نکته مهم این است که دستکش قدرت چنگش را ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد و چالاکی دست‌ها را بسته به جنس دستکش ۱۲ تا ۶۴ درصد کم می‌کند. بنابراین، باید یک نقطه بهینه بین افزایش آسیب ناشی از عدم استفاده از دستکش و کاهش عملکرد ناشی از استفاده از دستکش پیدا نمود. شاید بهتر باشد ابزار به‌گونه‌ای طراحی شود که نیاز به دستکش را مرتفع سازد.

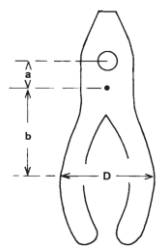
۱۴- ارتعاش

ارتعاش مشکلی پیچیده در ابزار دستی برقی، پنوماتیک و ... است که می‌تواند سندروم سفید انگشت را (در فرکانس ۵۰ تا ۱۰۰ هرتز) ایجاد نماید. حتی می‌تواند به وقوع CTS نیز کمک نماید. به طور کلی توصیه می‌شود که انرژی ارتعاشی با فرکانس‌های ۲ تا ۲۰۰ هرتز کنترل شوند. مواجهه با ارتعاش را می‌توان از طریق طراحی مناسب ابزار (نیروی کمتر موتور)، استفاده از مواد جاذب ارتعاش در قسمت‌های مختلف ابزار و سرانجام پوشیدن دستکش کاهش داد.

اصول طراحی ارگونومیک ابزار دستی

۱- *پوسچر مناسب در ناحیه مچ دست:* مهم‌ترین اصل در طراحی ابزار دستی ایجاد پوسچر مناسب در ناحیه مچ دست است. انحراف از حالت طبیعی فشار زیادی را به بافت‌های ناحیه تونل کارپ وارد می‌سازد و زمینه‌ساز آسیب می‌باشد.

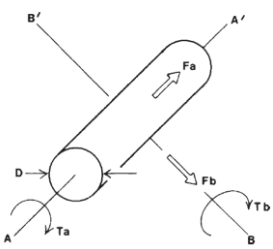
۲- *فراهم بودن چنگش بهینه:* در صورتی که انگشتان به میزان زیادی به دور یک دسته با قطر کم خم شده باشند و یا دارای حداقل خمش به دور یک دسته با قطر زیاد باشند، مزیت مکانیکی در نیروی چنگش کاهش می‌یابد. این عدم مزیت مکانیکی منجر به نیاز به نیروی بیشتر چنگش می‌شود که به نوبه خود فشار بر چینی‌جاها را افزایش می‌دهد. برای مردان و زنان فاصله بهینه D، ۴۵ تا ۵۵ میلی‌متر تعیین شده است (شکل زیر).



۳- *حذف فشار تماسی:* نیرویی که بر روی دسته کوچک و کوتاه وارد می‌شود باعث ایسکمی یا کاهش گردش خون موضعی در بافت کف دست می‌شود. دسته ابزار باید دارای طول و سطح کافی باشند و با مواد قابل انعطاف پوشیده شده باشند تا از ایجاد مشکل در گردش خون و فشار تماسی جلوگیری شود.

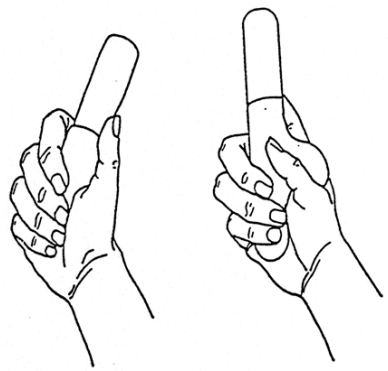
۴- *عایق حرارت و ارتعاش:* گردش خون تحت تأثیر عواملی چون ارتعاش و دمای ابزار دستی یا محیط پیرامون قرار می‌گیرد. دستکش‌ها و مواد عایق به عنوان وسایل حفاظتی به کار می‌روند. جنس و کیفیت سطح دسته نه بایستی آن‌قدر صاف و صیقلی باشد که لیز بخورد و نه آن‌قدر زبر باشد که موجب ساییدگی گردد. دسته‌های چوبی صیقلی و لاک‌خورده مطلوب‌تر از دسته‌های فلزی یا پلاستیکی با همان درجه صیقلی می‌باشند. خصوصیت دسته لاستیکی مشابه دسته چوبی صیقلی است اما هنگام استفاده چسبناک شده و زود فرسوده می‌شود. سطح دسته باید کمی تراکم پذیر و نرم بوده و از جنس عایق باشد.

۵- *جهت اعمال نیرو:* هنگامی اعمال نیرو مؤثرترین حالت خود را دارد که نیرو به‌صورت فشاری وارد شود و نه به‌صورت اصطکاکی. بنابراین، هنگامی که نیرو به طور عمود بر محور دسته استوانه‌ای وارد می‌شود (در جهت Fb در شکل) مؤثرتر از زمانی خواهد بود که در راستای محور دسته (در جهت Fa در شکل) اعمال می‌شود (شکل زیر).



دستگیره استوانه‌ای شکل که دارای محور طولی A′ – A و محور عمودی B′ –B است

اگر اعمال نیرو در جهت محور دستگیره (Fa) ضروری باشد، قرار دادن یک برآمدگی در انتهای دسته می‌تواند کمک قابل توجهی به وارد کردن نیرو نماید (شکل زیر).



۶- *حذف لبه‌های تیز:* لبه‌های تیز یا قسمت‌هایی که در هنگام چنگش ایجاد نقطه فشار می‌کنند باید حذف شوند. مواردی که باید اجتناب شوند عبارت‌اند از:
طراحی دسته به شکل قالب انگشتان، دسته ابزارهایی مثل انبردست که ممکن است به داخل کف دست فرو روند، لبه‌های تیز سطح اجسام، نقاطی که ممکن است عضو بین آن‌ها گیر افتاده و تحت فشار قرار گیرد، دسته ابزار باید به‌گونه‌ای طراحی شود که بتوان با هر دو دست با آن کار کرد

۷- *سطح مقطع دسته:* چنگش دسته‌هایی که دارای مقطع دایره‌ای هستند (با قطر مناسب، مثلاً ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر) راحت‌تر است زیرا امکان ایجاد نقطه فشار وجود ندارد. با این حال بهره کافی ندارند. دسته‌های مستطیلی یا چندوجهی بهره بیشتری دارند، اما راحتی کمتری دارند. در محل تلاقی دو وجه، لبه‌ها باید گرد شده و پخ بخورند. مقدار ۲۵ میلی‌متر به عنوان حداقل شعاع انحنای توصیه شده است.

۸- در نظر گرفتن فضای آزاد: اگر در هنگام گرفتن دسته، قسمتی از دست از درون روزنه‌ای عبور می‌کند (مثلاً دسته چمدان یا فنجان) بایستی فضای کافی برای عبور دست یا اندام مربوطه وجود داشته باشد. برای کف دست تا انگشت شست mm

۴۵ × ۱۱۰mm توصیه می‌شود. برای یک انگشت یا انگشت شست دایره‌ای به قطر ۳۰mm پیشنهاد شده است.

دستور کارهایی برای طراحی ابزار دستی

برای چنگش ظریف:

دسته یا جسم را میان شست و انگشتان بگیرید.
ضخامت جسم یا دسته ۸ تا ۱۳ میلی‌متر.
کمترین بلندی جسم یا دسته ۱۰۰ میلی‌متر.
بیشترین وزن ابزار ۱/۷۵ کیلوگرم.
ماشه ابزار، به‌وسیله بند انگشت انتهایی فعال شده و دارای ساز و کار قفل شونده باشد.

برای چنگش قدرتی:

در این حالت، چنگش باید با همه دست انجام پذیرد.
ضخامت شی یا دسته ۵۰ تا ۶۰ میلی‌متر.
کمترین بلندی شی یا دسته ۱۲۵ میلی‌متر.
بیشترین وزن ابزار ۲/۳ کیلوگرم، ترجیحاً ۱/۲ کیلوگرم.
ماشه ابزار، به‌وسیله شست فعال شده و دارای ساز و کار قفل شونده باشد.

دستور کارهای کلی:

سطح جسم یا دسته، صاف و صیقلی، اندکی قابل تراکم و عایق باشد.
ارتعاش‌ها، به‌ویژه در گستره بسامدی ۵۰ تا ۱۰۰ هرتز، حذف شوند.
دسته‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که برای هر دو دست، مناسب باشند.
مچ دست را در هر حال، مستقیم نگه دارید.
وزن ابزار پیرامون محور چنگش، تعادل داشته باشد.

طراحی برای کاربرد ایمن ابزار دستی

مطالعات نشان داده که ۹ درصد از کل آسیب‌های مرتبط با کار در آمریکا آسیب‌های مربوط به کار با ابزار دستی بوده است. به طور کلی ابزار دستی دلیل اصلی آسیب‌های حاد شغلی نمی‌باشند، اما شدت صدمات ناشی از آن‌ها بالا بوده و می‌تواند به ناتوانی‌های شدید و هزینه‌های سنگین منجر شود. صدمات حاد عبارت‌اند از:

- ساییدگی
- پارگی
- خون‌مردگی
- بریدگی
- سوراخ شدگی
- شکستگی
- دررفتگی
- سوختگی

شایان ذکر است که آسیب‌های حاد ناشی از کار با ابزار دستی به‌ویژه چاقو، چکش و آچار نسبت به آسیب‌های ناشی از کار با ابزارهای برقی از شیوع بالاتری برخوردارند.

اصول مختلفی در طراحی ابزار دستی وجود دارد که می‌تواند باعث کاهش خطر کار با ابزار و در نتیجه کاهش حوادث شود. عواملی که می‌توانند باعث حادثه شوند و می‌بایست در طراحی ابزار مورد توجه قرار گیرند شامل موارد زیر است:

- فقدان چنگش مناسب (نبود دسته مناسب)
- سنگین بودن ابزار
- گیر کردن و له شدن عضو بین اجزا ابزار
- فعال شدن اتفاقی
- نبود سیم اتصال به زمین

ایستگاه‌های کار اداری

ترکیب اصلی وسایل و تجهیزات در ایستگاه‌های کار نشسته در وظایف دفتری شامل صندلی و میز است. این امر بسیار حائز اهمیت است که این وسایل دارای راحتی حداکثر باشند و در هنگام استفاده شرایط زیر فراهم باشد:

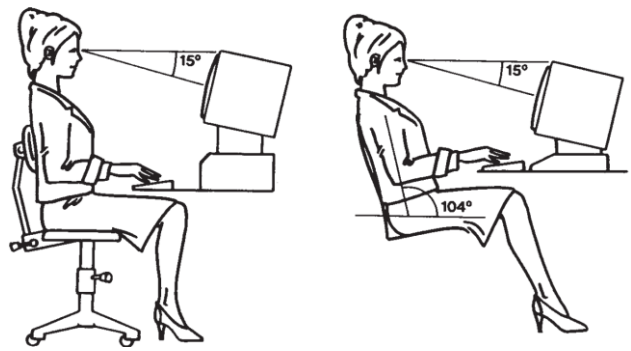
۱ - ران‌ها تقریباً افقی و ساق پاها عمودی باشند. از این رو، ارتفاع سطح صندلی می‌بایست کمتر از ارتفاع رکبی شخص باشد.

۲ - برای ورود اطلاعات به کامپیوتر و تایپ کردن، بازوها باید آزاد بوده و به طور عمود در دو طرف بدن قرار گیرند و ساعدها نیز افقی باشند. از این رو، ردیف وسط صفحه‌کلید می‌بایست در ارتفاع آرنج شخص واقع شود.

شخص استفاده کننده از صندلی و میز خود در سه نقطه با محیط اطراف خود تماس دارد: کف، نشستنگاه، میز یا صفحه‌کلید. برای دستیابی به پوسچر استاندارد و مطلوب، می‌بایست دو مورد از موارد سه‌گانه مذکور قابل تنظیم باشند. امروزه همه‌ی صندلی‌های دفتری دارای ارتفاع قابل تنظیم‌اند. اگرچه میزهای قابل تنظیم نیز به‌تدریج به محیط‌های کار راه یافته‌اند، اما منطقی به نظر می‌رسد که به‌جای استفاده از میزهای قابل تنظیم از کف قابل تنظیم استفاده شود که به‌وسیله‌ی تکیه‌گاه پا عملی می‌شود. در حال حاضر دو نگرش مختلف در مورد چگونگی طراحی ایستگاه کار با کامپیوتر وجود دارد:

الف) نگرش اکثریت که در آن پوسچر مستقیم در حین کار با کامپیوتر توصیه می‌شود. در این نگرش، صفحه‌کلید در ارتفاعی معادل ارتفاع آرنج قرار می‌گیرد و صفحه نمایش کمی پائین تر از ارتفاع چشم واقع می‌شود (شکل الف).

ب) نگرش اقلیت که در آن تنه کمی به طرف عقب متمایل شده و صفحه‌کلید بالاتر از ارتفاع آرنج‌ها قرار می‌گیرد. به طور متوسط، زاویه تنه با خط افق حدود ۱۰۴ درجه، زاویه بازو با خط افق حدود ۱۱۳ درجه و زاویه ساعد با خط افق حدود ۱۴ درجه در جهت بالا می‌باشد. در یک چنین حالتی می‌توان صفحه‌کلید را به صفحه نمایش نزدیک نمود که بسیار مطلوب است. این وضعیت، کاهش فشار در دیسک‌های بین مهره‌ای را باعث می‌شود (شکل ب).

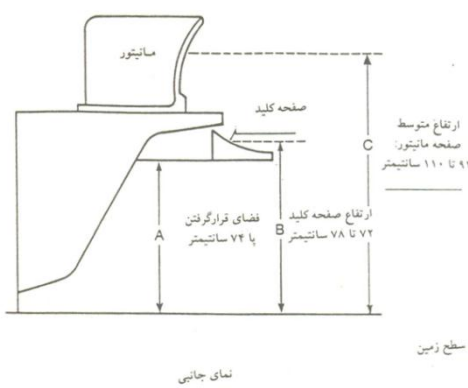


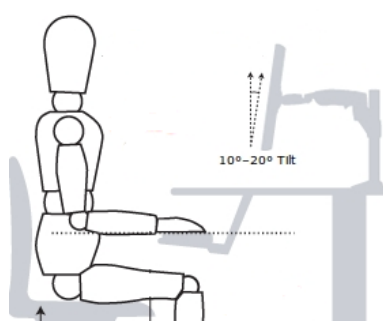
(الف) (ب)

ایستگاه کار اداری که معمولاً مجهز به کامپیوتر می‌باشد از اجزاء گوناگونی تشکیل شده است که توجه به استانداردها و الزامات ارگونومیک آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در زیر به شرح هر یک از این اجزاء پرداخته شده و الزامات مربوط به هر یک ارائه شده است.

مانیتور:

- صفحه مانیتور (صفحه نمایش) باید طوری تنظیم شود تا ستون فقرات و کمر به‌صورت مستقیم قرار گرفته و چشمان با قسمت بالایی صفحه نمایش در یک خط مستقیم قرار گیرند. این وضعیت برای چشمان راحتی بیشتری به همراه خواهد داشت.
- مانیتور بایستی کاملاً روبروی فرد قرار گیرد به‌گونه‌ای که هنگام استفاده از آن هیچ‌گونه چرخشی در گردن و ستون فقرات فرد ایجاد نشود.
- ارتفاع متوسط مانیتور (ارتفاع نقطه‌ای در وسط مانیتور از کف زمین) بین ۹۴ تا ۱۱۰ سانتی‌متر در حالت نشسته و ۱۴۰ تا ۱۶۵ سانتی‌متر در حالت ایستاده و فاصله صفحه مانیتور تا چشمان بین ۶۰-۳۰ سانتی‌متر و زاویه صفحه مانیتور نسبت به خط فرضی عمود بر میز ۱۰ تا ۲۰ درجه در نظر گرفته می‌شود. البته بهترین فاصله چشم تا مانیتور ۴۶ سانتی‌متر ذکر شده است.
- برای کاهش درخشندگی و انعکاسات صفحه مانیتور، می‌توان پس از تنظیم محیط کار با کاهش نور بالای سر و پوشش پنجره‌ها با استفاده از پرده عمل نمود.

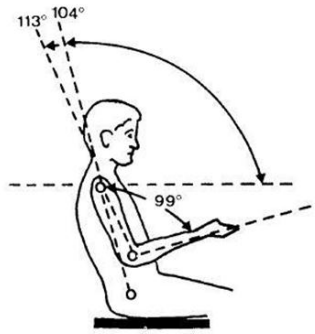




- جهت افزایش قابلیت تنظیم مانیتور نیز می‌توان از پایه متحرک با ارتفاع قابل تنظیم استفاده نمود.

صفحه‌کلید:

- به طور متوسط، زاویه تنه با خط افق حدود ۱۰۴ درجه، زاویه بازو با خط افق حدود ۱۱۳ درجه و زاویه ساعد با خط افق حدود ۱۴ درجه در جهت بالا می‌باشد. در یک چنین حالتی می‌توان صفحه‌کلید را به صفحه نمایش نزدیک نمود که بسیار مطلوب است. این وضعیت، کاهش فشار در دیسک‌های بین مهره‌ای را باعث می‌شود.



- برای ورود اطلاعات به کامپیوتر و تایپ کردن، بازوها باید آزاد بوده و به طور عمود در دو طرف بدن قرار گیرند و ساعدها نیز افقی باشند. از این رو، ردیف وسط صفحه‌کلید می‌بایست در ارتفاع آرنج شخص واقع شود.

- زاویه بین مچ دست و ساعد حدود ۵ تا ۱۰ درجه باشد.
- سطح صفحه‌کلید، تقریباً هم ارتفاع با آرنج باشد و برای جلوگیری از وارد آمدن فشار به ناحیه مچ، از تکیه‌گاه مچ با سطح نرم (پد) استفاده شود.
- صفحه‌کلید باید از بدنه کامپیوتر مجزا باشد که امروزه در تمام کامپیوترها این موضوع رعایت شده است (به‌استثنای لپ‌تاپ‌ها).
- صفحه‌کلید نسبت به خط افق شیب ۵ تا ۱۵ درجه داشته باشد و از موادی که منعکس کننده نور می‌باشند ساخته نشده باشد. ضخامت عمودی آن باید حداقل باشد (کلیدهای ردیف میانی نباید ارتفاعی بیش از ۳۰ میلی‌متر داشته باشد).
- از کلیدهای میانبر به جای استفاده از ماوس کمک گرفته شود: مثلاً ctrl+s برای ذخیره کردن و ctrl+p برای چاپ کردن.

ماوس پد:

- تکیه‌گاه مچ باید نسبتاً نرم و اطراف آن گرد و پخ باشد تا فشار وارده بر مچ را به حداقل برساند. عرض تکیه‌گاه باید حداقل ۳/۸ سانتی‌متر باشد.
- حساسیت اشاره‌گر ماوس باید در حدی باشد که فرد برای کار با آن وضعیت‌های نامناسب بدنی پیدا نکند. به همین جهت ماوس‌های اپتیکال نسبت به ماوس‌های معمولی ارجحیت دارند.
- حتی‌المقدور ماوس و صفحه‌کلید در یک ارتفاع قرار گیرند.

نگهداره کاغذ:

- برای به حداقل رساندن فشار بر روی گردن و کمر هنگام تایپ یک نوشته یا نامه، استفاده از نگهدارنده‌های کاغذ برای قرار دادن نامه روی آن لازم است.

تلفن:

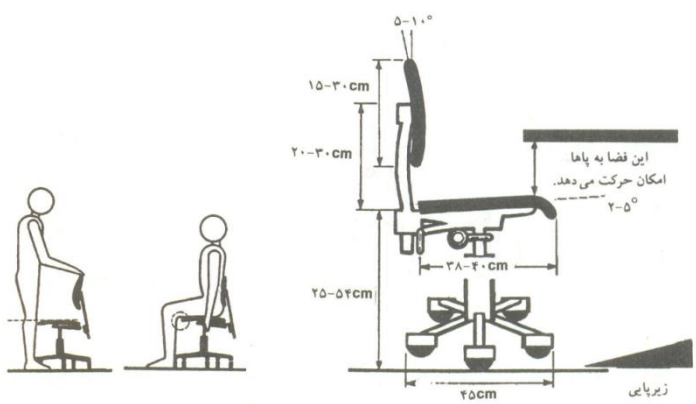
- مکالمه طولانی تلفنی در حالی که گوشی بین شانه‌ها و سر قرار دارد باعث پوسچر نامناسب و درد گردن می‌شود. در گفتگوهای طولانی از بلندگو یا head set استفاده شود.
- - تلفن باید به اندازه کافی نزدیک کاربر قرار داشته باشد.

صندلی:

- رویه تشک صندلی از جنسی باشد که هوا بتواند در آن جریان داشته باشد، لیز نباشد و باعث عرق کردن نشود. لبه جلو صندلی، گرد و لبه بیرونی آن نرم باشد.
- زاویه بین پشتی با سطح نشستنگاه صندلی، بیش از ۹۰ درجه و حدود ۱۰۵ درجه مطلوب است. البته لازم به ذکر است که اگر این زاویه بیش از حد باشد، مانع تکیه فرد به پشتی شده و عملاً پشتی را بلا استفاده می‌سازد.
- بلندی پشتی صندلی، ۵۰ سانتی‌متر و عرض آن حداقل ۳۵ سانتی‌متر باشد (لازم به ذکر است معمولاً پهنای پشتی صندلی در پایین بیشتر است و به طرف بالا کمتر می‌شود) و باید در قسمت قرار گرفتن گودی کمر (ارتفاع ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر از پایین) داری یک قوس محدب (برآمدگی) بین ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر باشد.
- پشتی متوسط و بلند بر پشتی کوتاه ارجحیت دارد.
- صندلی‌های مورد استفاده در کار با کامپیوتر باید دسته‌دار باشد تا تکیه‌گاه مناسبی را برای ساعد فراهم کرده و به کاهش فشارهای وارده بر ناحیه شانه کمک نماید.

ارتفاع دســـته می‌بایســـت با ارتفاع میز کار و به‌ویژه ارتفاع ردیف میانی صـــفحه‌کلید مطابقت داشــته باشــد (بهتر اســت این ارتفاع بین ۱۷/۵ تا ۲۶/۵ ســانتی‌متر از سطح نشستنگاه با قابلیت تنظیم ۵ سانتی‌متر باشد).

- پهنای دسته صندلی باید حداقل ۴/۵ سانتی‌متر باشد.
- طول دسته صندلی باید حداقل ۱۸ سانتی‌متر باشد.
- جنس دسته صندلی باید نرم و لبه‌های آن گرد باشد.
- دسته صندلی می‌بایست نسوج نرم و قسمت عضلانی ساعد را حمایت کرده و نباید با قسمت‌های استخوانی آرنج جایی که عصب بسیار حساس زند زیرین به سطح نزدیک می‌شــود، تماس حاصــل کند (مگر اینکه با مواد نرم پوشــیده شــده باشــد). بنابراین، یک‌فاصله ۱۰ سانتی‌متری بین دسته صندلی و پشتی مطلوب و مناسب است.
- اگر صــندلی همراه با میز اســتفاده می‌شود، دسته نباید هیچ‌گونه محدودیتی را ایجاد کند. در این قبیل موارد دســته صــندلی نبایستی تا بیش از ۳۵ سانتی‌متر جلو پشتی صــندلی امتداد داشــته باشــد. با در نظر گرفتن یک‌فاصله ۱۰ سانتی‌متری بین دسته صندلی و پشتی، بنابراین، طول دسته ۲۵ سانتی‌متر می‌شود.
- صندلی می‌بایست دارای ۵ چرخ بوده تا از ثبات و تعادل کافی برخوردار و ایمن باشد. همچنین صــــندلی می‌بایســــت چرخان باشــــد. برای جلوگیری از لیز خوردن بدن به سمت جلو، شیب سطح نشستنگاه ۴ تا ۶ درجه به سمت عقب، مناسب است.



تنظیم صندلی و سطح کار:

- برای تنظیم ارتفاع صندلی، فرد در جلوی آن می‌ایستد، آنگاه ارتفاع نشستنگاه صندلی را به‌صورتی تنظیم می‌کند که لبه آن در زیر کشککک زانو قرار گیرد. در حالتی که فرد بر روی صندلی راست و مستقیم نشسته و کاملاً به پشتی خود تکیه داده است فضای آزاد بین لبه جلویی صندلی و قسمت پشت زانو باید به اندازه یک مشت گره کرده باشد.
- پشتی صندلی باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که کمر را به‌طور کامل حمایت کرده و گودی کمر را در برگیرد و همچنین به‌طوری محکم باشد که در اثر وزن بدن حرکت نکند.
- ارتفاع سطح کار به اندازه ارتفاع آرنج‌ها در حالتی که دست‌ها از طرفین آویزان است، تنظیم شود. از آنجایی که در کار با صفحه‌کلید، ردیف میانی صفحه‌کلید به عنوان سطح کار محسوب می‌گردد، لذا ارتفاع ردیف میانی صفحه‌کلید از زمین باید برابر با ارتفاع آرنج از زمین باشد. اگر از سطحی استفاده می‌شود که ارتفاع ثابتی دارد (مثل یک میز)، ارتفاع صندلی باید به اندازه‌ای بالا بیاید که وضعیت مناسب برای بازوها و بالا تنه ایجاد شود. جهت انجام این کار به ترتیب زیر عمل می‌شود:
- ارتفاع صندلی طوری تنظیم شود که ارتفاع آرنج‌ها با ارتفاع سطح کار (سطح میز) برابر شود.
- در صورتی که در این وضعیت پاها بر روی زمین قرار نمی‌گیرد و به سطح خلفی ران‌ها فشار وارد می‌شود، از یک زیر پایی استفاده شود. زیر پایی باید قابل تنظیم بوده (دارای درجاتی به سمت بالا و پایین باشد) و تمامی سطح کف پا باید روی آن قرار گیرد. شیب مناسب برای زیرپایی بین ۱۰ تا ۲۵ درجه می‌باشد.

میز کار:

- پس از تعیین مشخصات صندلی، نوبت به میز کار می‌رسد که مشخصات آن با توجه به مشخصات صندلی تعیین می‌شود.
- ارتفاع سطح میز باید مناسب بوده و مساحت آن به گونه‌ای باشد تا فضای کافی برای تمام وسایل کار را فراهم کند. این فضا برای انجام وظایفی مثل نوشتن و یا کار با

کامپیوتر و همچنین برای قرار دادن وسایلی مثل ماوس، صفحه‌کلید، نگهدارنده‌های کاغذ، کتاب، کاغذ و ... در نظر گرفته می‌شود.

- فضای زیر میز باید به گونه‌ای باشد که فرد مجبور به جمع نمودن پاها در زیر میز نشود یعنی در زیر میز فضای کافی برای قرار گرفتن و مانور پاها وجود داشته باشد. حداقل فضای لازم در زیر میز کار با کامپیوتر برای قرار گرفتن آزادانه ران‌ها برابر ۱۷ سانتی‌متر (فاصله سطح نشستنگاه تا لبه زیرین میز) می‌باشد. ارتفاع میز باید به گونه‌ای باشد که کوتاه نبوده و فرد هنگام کار مجبور به خم شدن نباشد.
- حداقل فاصله مناسب در جلو برای زانوها ۳۷/۵ سانتی‌متر و برای پاها ۶۰ سانتی‌متر است.
- فضای جانبی پاها باید حداقل ۵۰ سانتی‌متر باشد.
- لبه سطح کار باید گرد و بدون نقاط تیز و رویه آن نرم باشد.

عوامل محیطی در کار با کامپیوتر:

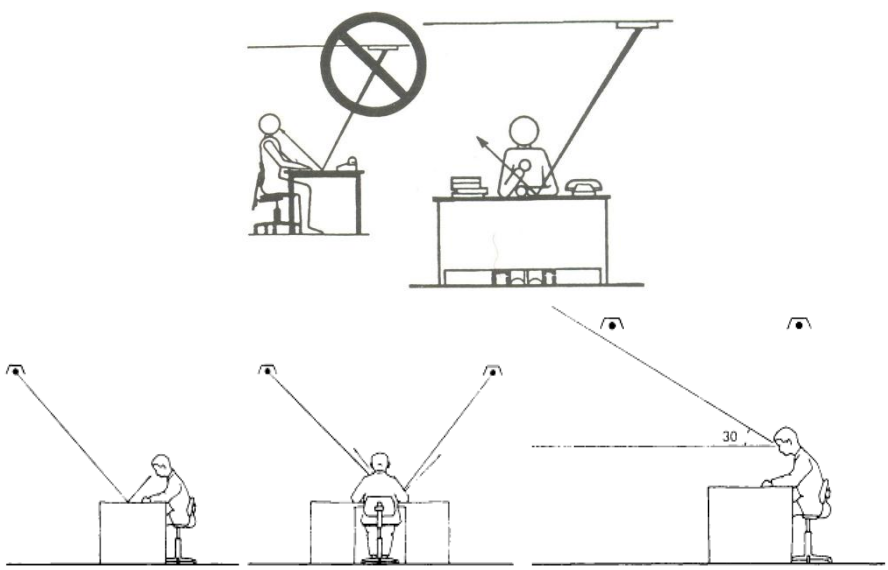
روشنایی مورد نیاز برای کار با کامپیوتر:

خصوصیات یک سیستم روشنایی مطلوب شامل موارد زیر است:

- نور از نظر توزیع فرکانس مطلوب باشد.
- درخشندگی سطوح به نحوی باشد که سبب چشم زدگی و خیرگی نشود.
- میزان نور کافی باشد.
- سایه‌های مزاحم وجود نداشته باشد.
- مقدار روشنایی باید متعادل باشد و روشنایی محیط باید به‌اندازه‌ای باشد که اپراتور بتواند مدارک و نوشته‌های روی کاغذ را بخواند، ضمن اینکه این روشنایی نباید به‌اندازه‌ای باشد که خواندن مطالب از روی صفحه مانیتور را با اشکال مواجه کند. میزان روشنایی توصیه شده بین ۵۰۰ – ۳۰۰ لوکس می‌باشد.
- میز کار باید طوری قرار گیرد که روشنایی چراغ‌های سقف در طرفین واقع شود و از قرار دادن میز در محلی که نور منابع روشنایی مستقیماً روبروی فرد باشد اجتناب گردد. در استفاده از روشنایی طبیعی نیز نباید صفحه مانیتور در برابر پنجره و یا پشت به پنجره قرار گیرد.
- صفحه نمایش، باید نسبت به پنجره، در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرد.

- استفاده از روشنایی غیرمستقیم: استفاده از این روش به دلیل اینکه میزان خیرگی را کاهش می‌دهد، بهتر است.
- بهترین نوع لامپ برای اتاق کامپیوتر لامپ فلورسنت (مهتابی) است که قاب آن در درون سقف نصب شده باشد تا از پراکندگی نور در جهات مختلف و در نهایت ایجاد انعکاس و ... جلوگیری شود. چراغ‌های فلورسنت نباید سو سو کنند و در هنگام خرابی باید سریعاً تعویض شوند.

برای جلوگیری از به وجود آمدن سایه بر روی سطح کار بهتر است از روشنایی موضعی استفاده شود. رنگ اجسام و اشیای موجود در محیط و همچنین دیوارها و سقف و کف نباید ایجاد انعکاس یا درخشندگی کند و باید به رنگ طبیعی باشند، زیرا رنگ و نوع پرداخت سطوح اشیای موجود در محیط بر میزان انعکاس اثر می‌گذارد. سقف‌ها را فقط باید به رنگ سفید و مات درآورد تا درخشندگی محیط کار و در نتیجه خیرگی چشم کاهش یابد.



گرما، رطوبت و صدا:

سه عامل دیگر از عوامل محیطی مزاحم در محیط کار، حرارت، رطوبت و صدا می‌باشد که محیط کار با کامپیوتر از این نظر از سایر محیط‌ها مجزا نیست.

- بهترین درجه حرارت برای محیط کار اداری بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.
- بهترین میزان رطوبت برای محیط کار اداری بین ۳۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد.
- میزان صدای مجاز برای اتاق کامپیوتر بین ۵۵ تا ۸۵ دسی‌بل توصیه شده است. کار باید به‌صورتی برنامه‌ریزی شود که کارهای پر صدا در هنگامی‌که کمترین مزاحمت را ایجاد می‌کنند، انجام شوند.
- هرگز از وسایل گرمازایی که ایجاد گازهای سمی می‌کنند، استفاده نشود.
- وسایل گرمازا در محلی قرار گیرند که هوای گرم را مستقیماً بر روی افراد منتقل نکنند.

ایستگاه‌های کار نشسته، ایستاده و نشسته- ایستاده

توصیه‌ها و مقایسه استانداردهای ارگونومی در خصوص طراحی ایستگاه‌های کار و ابعاد محیط کار مستقیماً به داده‌های آنتروپومتریکی بستگی دارد. در استانداردهای گوناگون، اندازه و ابعاد مختلفی برای ابعاد ایستگاه‌های کار پیشنهاد شده است. با این حال نباید این اعداد را به عنوان ملاک‌های طراحی مورد استفاده قرار داد، اما به‌طورکلی این اعداد ایده‌های مناسبی را برای طراحی ارائه می‌کنند.

ایستگاه کار ایستاده:

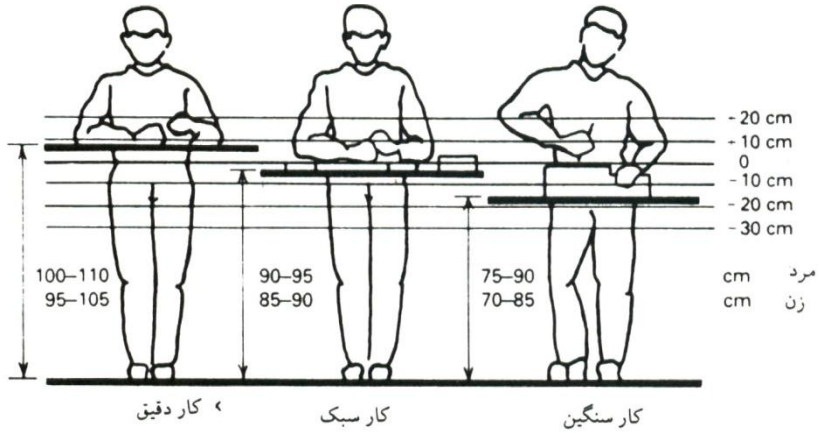
ارتفاع کار در وضعیت ایستاده:

ارتفاع کار اهمیت ویژه‌ای در طراحی ایستگاه کار دارد. چنانچه ارتفاع کار بلند باشد، دست برای جبران این وضعیت، بالا قرار می‌گیرد که این خود باعث درد در ناحیه گردن و شانه‌ها خواهد شد و پایین بودن ارتفاع نیز باعث خم شدن فرد و نهایتاً کمردرد می‌گردد. بنابراین، باید ارتفاع کار به‌گونه‌ای متناسب با ارتفاع بدن شخص طراحی شود. بهترین ارتفاع برای انجام کار در حالت ایستاده در فاصله ۱۰۰-۵۰ میلی‌متر زیر ارتفاع آرنج می‌باشد. علاوه بر ابعاد آنتروپومتریکی باید به ماهیت کار نیز توجه شود:

۱- در کارهای ظریف (مانند طراحی و نقاشی) می‌توان از یک نگهدارنده آرنج (حائل)، برای کاهش بار استاتیک بر روی عضلات کمک گرفت تا درد عضلات پشت به حداقل برسد. در کار سبک، ارتفاع مناسب کار در حدود ۱۰۰-۵۰ میلی‌متر بالای آرنج می‌باشد.

۲- در کارهای دستی فرد نیاز به فضایی برای در دست گرفتن و جابجا کردن ابزار، مواد و کالا در اطراف خود دارد که در این حالت بهتر است ارتفاع کار ۱۵-۱۰ سانتی‌متر پایین‌تر از آرنج باشد.

۳- اگر در کار ایستاده نیاز به نیروی بدنی زیادی باشد (در نجاری یا مونتاژکاری) ارتفاع ۴۰-۱۵ سانتی‌متر پایین‌تر از ارتفاع آرنج پیشنهاد می‌گردد. اعداد پیشنهادی فوق در شکل زیر آمده است. این ابعاد تنها به عنوان راهنما می‌باشند و از آنجایی که برای افراد متوسط طراحی شده‌اند در مورد سایر اندازه‌ها باید بر اساس تجربه طراح اصلاحاتی صورت گیرد.

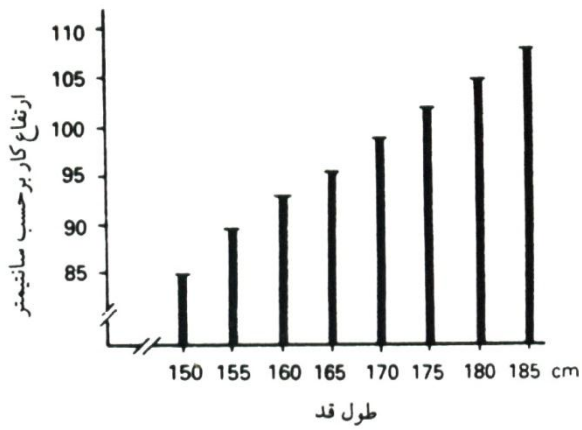


ارتفاع‌های توصیه شده جهت میزهای مخصوص کار ایستاده.

میزهای قابل تنظیم برای وضعیت ایستاده:

تنظیم ارتفاع کار از نظر ارگونومیکی جایگاه و اهمیت خاصی دارد. بنابراین باید ارتفاع کار قابل تنظیم بوده تا برای افراد مختلف با طول قد متفاوت قابل استفاده باشد. علاوه بر آن، باید زیرپایی‌ها و نحوه قرارگیری پا در این ارتفاع نیز مورد توجه قرار بگیرد. شکل زیر ارتفاع کار را برای وضعیت ایستاده و کار سبک بر اساس طول قد افراد پیشنهاد می‌کند. چنانچه به

لحاظ اقتصادی و سایر شرایط مربوط به نوع کار، امکان استفاده از میزهای قابل تنظیم وجود نداشته باشد، باید میز را برای بلندترین فرد طراحی نموده و برای افراد کوتاه‌تر از زیر پایی و صندلی بلند کمک گرفت.



ارتفاع سطح کار برای انجام کار سبک در ارتباط با طول قد.

ایستگاه کار نشسته:

طراحی ایستگاه‌های کار در وضعیت نشسته:

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در کارهای دستی، سرعت حداکثر برای انجام کار هنگامی است که دست‌ها در جلوی بدن و بازوها در طرفین و با زاویه مناسب قرار گیرند. این امر به عنوان یک اصل مهم در طراحی ایستگاه‌های کار نشسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که ممکن است کار به‌صورت دستی و دقیق یا ظریف صورت بگیرد، باید ارتفاع کار به‌گونه‌ای باشد که فاصله مناسب بینایی رعایت شده باشد. یعنی ارتفاع سطح کار آنقدر افزایش یابد که فرد در پوسچر طبیعی قرار گرفته به راحتی شیء مورد نظر خود را ببیند و بر عکس در زمانی که برای انجام کار به نیروی بزرگی نیاز باشد و یا کارهای جنبی زیاد باشد، سطح کار پایین‌تر قرار گیرد. البته کاهش ارتفاع میز، به فضای آزاد مورد نیاز زانو در زیر میز آسیب‌زده و باعث کاهش آن می‌شود. این موضوع خود عاملی محدود کننده خواهد بود.

فاصله نشستنگاه تا سطح زمین:

در حالت نوشتن و خواندن، به علت آنکه خم شدن به طرف جلو در حالتی صورت می‌گیرد که آرنج‌ها روی میز قرار دارند، فرد کمتر خسته می‌شود، اما برای راحت‌تر کردن عضلات پشت، بهتر است فاصله کفی صندلی تا سطح میز بین ۳۰۰-۲۷۰ میلی‌متر باشد. اغلب افرادی که پشت میز می‌نشینند به دنبال راحتی کمر خود هستند و ارتفاع نامناسب نشستنگاه یا باسن را پذیرفته و آن را قربانی پوسچر تنه خود می‌کنند. قبلاً طراحی ارتفاع میز ثابت و غیرقابل تنظیم بر اساس طول قد افراد متوسط صورت می‌گرفت، اما امروزه تمامی ارتفاع‌های پیشنهاد شده برای میزها بر اساس طول قد افراد بلند قد صورت گرفته و افراد کوتاه قد در استفاده از این میزها از زیر پایی استفاده می‌کنند.

فضای عمودی و افقی زیر میز:

بهتر است در زیر میز فضای کافی برای حرکت پاها در نظر گرفته شود. در این حالت نباید کشوی نصب شده در بالای زانو ایجاد مزاحمت کند. ضخامت رویه میز نباید از ۳۰ میلی‌متر بیشتر باشد. برای فضای کافی در زیر میز، بهتر است عرض فضای زیر میز ۶۸ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۶۹ سانتی‌متر باشد. بیشتر کارمندان تمایل دارند پاهای خود را در زیر میز دراز کنند، بنابراین فضای موجود از پشت باسن تا جلو پاها نباید از ۸۰ سانتی‌متر کمتر باشد. موارد یاد شده معمولاً برای وضعیت مستقیم تنه و حالتی که آرنج‌ها در طرفین بدن و با زاویه مناسب خم شده‌اند، پیشنهاد می‌گردد.

نقاط قوت و ضعف کار نشسته

مزایای کار نشسته به شرح زیر می‌باشد:

۱- حذف وزن پاها
۲- اجتناب از پوسچرهای غیرطبیعی بدن
۳- کاهش صرف انرژی
۴- کاهش فشار بر روی سیستم گردش خون

معایب کار نشسته به شرح زیر می‌باشد:

۱- نشستن طولانی باعث شل شدن عضلات شکمی و انحراف ستون مهره‌ها می‌شود که این امر برای اندام‌های تنفسی و گوارشی مناسب نیست.
۲- بیشترین مشکل در کار نشسته مربوط به ستون مهره‌ها و عضلات کمر است که در بسیاری از پوسچرهای نشسته راحت نیستند و به طرق مختلف دچار استرس و فشار می‌گردند. در حدود ۶۰ درصد بزرگسالان در دنیا حداقل یک بار در زندگی خود به کمردرد مبتلا می‌شوند که اصلی‌ترین علت آن مربوط به دیسک‌های بین مهره‌ای می‌باشد.

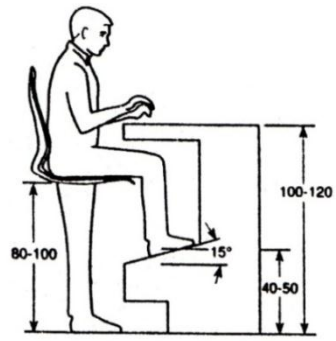
ایستگاه کار نشسته- ایستاده

از نقطه نظر بیومکانیک، ایستگاه کاری که اجازه بلند شدن و نشستن به کارگر دهد بسیار مناسب است. احتمال نگاه‌داشتن ابزار در حالت نشسته نسبت به حالت ایستاده کمتر است. ایستادن و نشستن بر روی عضلات مختلف، استرس‌های گوناگونی را وارد می‌آورد، از این رو کار متنوع و تغییر وضعیت ایستاده به نشسته و بالعکس، باعث رفع خستگی و بهتر رسیدن مواد مغذی به دیسک‌های بین مهره‌ای خواهد شد.

انتخاب وضعیت بدن هنگام کار

یکی از راه‌حل‌های رایج در مورد انتخاب وضعیت نشسته یا ایستاده، پیشنهاد ایستگاه کار با ارتفاع صنعتی است. این ارتفاع هم برای افراد نشسته و هم برای افراد ایستاده مناسب خواهد بود، زیرا از سویی ارتفاع سطح کار برای فرد ایستاده مناسب است و از سوی دیگر فرد نشسته می‌تواند برای انجام کار در چنین ارتفاعی از صندلی بلندتر همراه با زیرپایی استفاده کند. امکان چنین تغییر و انعطافی در ایستگاه کار بسیار مطلوب می‌باشد. شکل زیر نمونه‌ای از ایستگاه کار با ارتفاع صنعتی را نشان می‌دهد.

اغلب پوسچرهایی که فرد هنگام انجام کار به خود می‌گیرد می‌توانند به درد در بخش‌های خاصی از بدن منجر شوند. در جدول زیر وضعیت‌های بدنی گوناگون و شکایت مربوطه ارائه‌شده است.



میز کار برای وضعیت متناوب نشسته- ایستاده در محیط‌های صنعتی.

وضعیت‌های بدنی هنگام انجام کار و شکایت‌های مربوطه

وضعیت بدنی	شکایت
- ایستاده	پاها و ناحیه پایین کمر
- نشسته، بدون وجود حمایت کننده ناحیه پایینی کمر	ناحیه پایینی کمر
- نشسته، بدون وجود حمایت کننده کمر	بخش مرکزی کمر
- نشسته، بدون وجود تکیه‌گاه مناسب پا	زانوها، پاها و ناحیه پایینی کمر
- نشسته با آرنج‌هایی که در ارتفاع زیاد قرار می‌گیرند	ناحیه بالایی کمر و بخش پایینی گردن
- کار کردن در حالتی که بازو و ساعد حمایت نشده و یا کار کردن در حالتی که بازو و ساعد در بالای سر قرار می‌گیرند	شانه‌ها و بازوها
- خمش گردن به سمت عقب	گردن
- کار کردن در فضای محدود و محصور	ماهیچه‌های عمل‌کننده
- مفصل در وضعیت نهایی	مفصل‌های عمل‌کننده

توصیه‌هایی برای انتخاب وضعیت بدن هنگام کار:

- اگر بلند کردن و جابجایی پیاپی بار ضروری است، وضعیت ایستاده برتری دارد. البته وضعیت نشسته- ایستاده نیز می‌تواند به عنوان گزینه دیگر مطرح باشد.
- در بسته‌بندی یا کارهای دیگر که در آن‌ها اشیاء و قطعه‌ها بایستی در زیر ارتفاع آرنج در راستای قائم جابجا شوند، وضعیت ایستاده یا نشسته- ایستاده برتری دارد. در این موارد، وضعیت نشسته امکان‌پذیر نیست، زیرا در این‌گونه فعالیت‌ها، دست‌ها به سمت پایین

حرکت می‌کنند و نمی‌توان سطح میز کار را بدون این‌که با فضای مورد نیاز پاهای فرد تداخل کند در ارتفاعی قرار داد که به اندازه کافی پایین است.

- اگر در انجام کار لازم باشد که کارور دست خود را در جهات مختلف دراز کند، وضعیت ایستاده یا نشسته- ایستاده برتری دارد. در این حالت دسترسی آسان می‌باشد.
- در مونتاژ قطعات سبک وضعیت نشسته پیشنهاد می‌شود.
- در کارهای ظریف دستی فرد به ساعد نیاز دارد، لذا وضعیت نشسته برتری دارد.
- در وضعیت نشسته، بازرسی چشمی و نظارت به بهترین شکل خود انجام می‌شود. در وضعیت نشسته تمرکز فکر بیشتر است.
- اگر وظیفه از چند بخش گوناگون تشکیل شده است و حرکت به اطراف نیز لازم باشد، وضعیت نشسته- ایستاده برتری دارد، زیرا در این حالت فرد مجبور نخواهد بود که پی‌درپی از صندلی خود برخاسته و بنشیند. در جدول زیر وضعیت برتر در کارها و وظایف مختلف ارائه شده است. در این جدول، در بیشتر موارد وضعیت نشسته- ایستاده دومین گزینه است. این وضعیت در دهه‌های اخیر استفاده فزاینده‌ای در صنعت داشته است. وضعیت نشسته ایستاده برای بسیاری از کارها و وظایف مناسب و راحت است و از نظر بیومکانیکی نیز دارای امتیازهایی است، زیرا در این وضعیت (همچنین در وضعیت ایستاده) فشار وارد بر ستون فقرات و ناحیه کمر، ۳۰ درصد کمتر از وضعیت نشسته است.

وضعیت بدنی برتر برای کارها و وظایف گوناگون

نوع وظیفه	وضعیت بدنی برتر	
	نخستین گزینه	دومین گزینه
بلند کردن بارهایی با وزن بیشتر از پنج کیلوگرم	ایستاده	نشسته- ایستاده
کار کردن در زیر ارتفاع آرنج (مانند بسته‌بندی یا مونتاژ)	ایستاده	نشسته- ایستاده
دراز کردن دست در جهت افقی	ایستاده	نشسته- ایستاده
مونتاژ قطعه‌های سبک همراه با حرکت‌های تکراری	نشسته	نشسته- ایستاده
کارهای ظریف دستی	نشسته	نشسته- ایستاده
بازرسی چشمی و بازبینی	نشسته	نشسته- ایستاده
حرکت پیاپی در پیرامون	نشسته - ایستاده	ایستاده

نشانگرها و کنترل‌ها

الف) نشانگرها

نشانگرهای موجود در صنعت به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- نشانگر پنجره‌ای یا دیجیتال که اطلاعات را می‌توان مستقیماً از روی آن قرائت نمود.

۲- نشانگر عقربه‌ای با صفحات ثابت

۳- نشانگرهای با صفحه متحرک و عقربه ثابت

در صورتی‌که در تبادل اطلاعات با ماشین، فقط خواندن یک عدد مهم باشد، نشانگرهای پنجره‌ای بسیار مناسب هستند.

چنانچه باید تغییرات لحظه به لحظه ماشین در معرض دید کاربر قرار گیرد، بهتر است از نشانگرهای با عقربه متحرک استفاده گردد. برای این موارد در صورتی که گاهی نیاز به اندازه‌گیری دقیق نیز باشد از نشانگرهای صفحه متحرک استفاده می‌شود. چنانچه قصد باشد دستگاه بر روی عدد مشخصی تنظیم شده و دقیقاً برای این وضعیت کنترل شود، نشانگرهای عقربه‌ای مناسب هستند. در شکل زیر سه نوع از این نشانگرها نشان داده شده است.

نوع نمایشگر	عقربه متحرک	صفحه متحرک	798 عددی
سادگی قرائت	قابل قبول	قابل قبول	خیلی خوب
تشخیص تغییرات	خیلی خوب	قابل قبول	ضعیف
تنظیم نمایشگر کنترل فرآیند	خیلی خوب	قابل قبول	قابل قبول

انواع نشانگرها و ویژگی آن‌ها.

درجه‌بندی در نشانگرها:

از شـکل نشانگرها مهم‌تر، اندازه درجه‌بندی آن‌ها می‌باشد. از آنجا که در استفاده از نشانگر، همیشـــه نور و تباین کافی وجود ندارد و در یک محیط واقعی عوامل محدود کننده دیگری نیز وجود دارند، درجه‌بندی به‌صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

چنانچه a بزرگ‌ترین فاصـله پیش‌بینی شـده ناظر تا نشـانگر (برحسـب mm) باشـد، ابعاد نشانگر به شرح زیر خواهد بود:

ارتفاع بزرگ‌ترین درجه: $\frac{a}{90}$

ارتفاع درجه‌های متوسط: $\frac{a}{125}$

ضخامت درجه‌ها: $\frac{a}{5000}$

فاصله بین دو درجه کوچک: $\frac{a}{600}$

فاصله بین دو درجه بزرگ: $\frac{a}{50}$

ارتفاع بزرگ‌ترین درجه: $\frac{a}{90}$

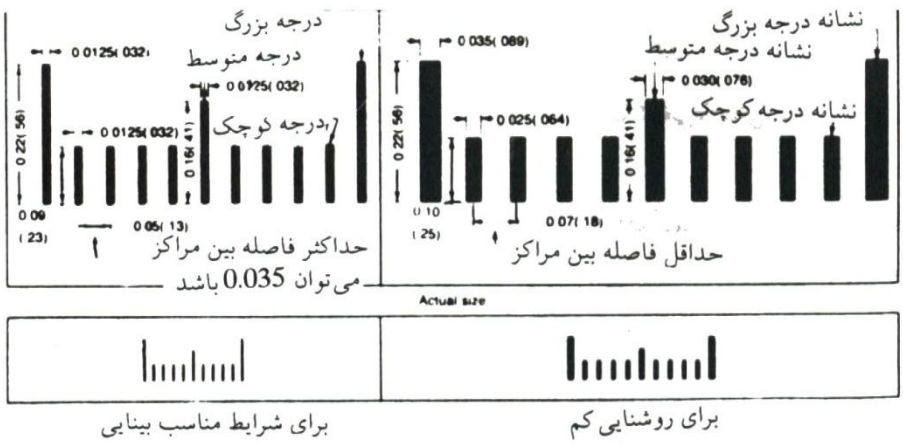
ارتفاع درجه‌های متوسط: $\frac{a}{125}$

ضخامت درجه‌ها: $\frac{a}{5000}$

فاصله بین دو درجه کوچک: $\frac{a}{600}$

فاصله بین دو درجه بزرگ: $\frac{a}{50}$

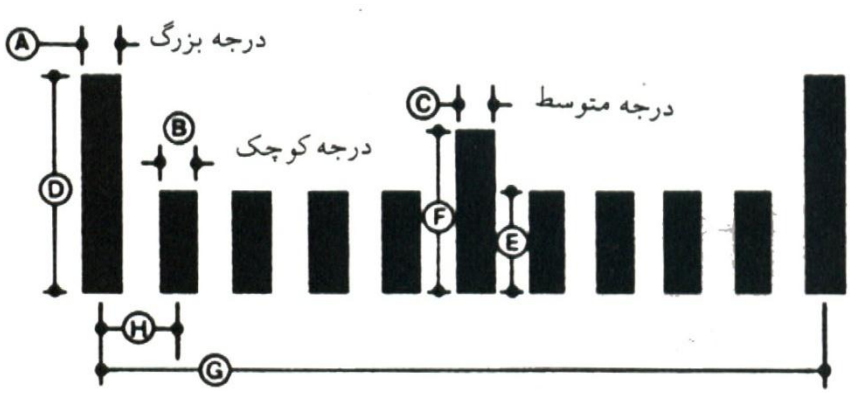
در شکل‌های زیر انواع دیگر روش‌های درجه‌بندی نشان داده شده است.



سمت راست، روشنایی کم است و شکل چپ روشنایی مناسب است.

ابعاد درجه‌ها و فاصله از نشانگرها (mm).

ابعاد (mm)	فاصله نشانگرها (mm)		
	۷۱۰	۹۱۰	۱۵۲۵
عرض درجه بزرگ (A)	۰/۸۹	۱/۱۴	۱/۹۰
عرض درجه کوچک (B)	۰/۶۴	۰/۸۱	۱/۳۷
عرض درجه متوسط(C)	۰/۷۶	۰/۹۹	۱/۶۳
ارتفاع درجه بزرگ (D)	۵/۵۹	۷/۱۹	۱۲/۰۰
ارتفاع درجه کوچک (E)	۲/۵۴	۳/۲۸	۵/۴۴
ارتفاع درجه متوسط (F)	۸/۷۱	۵/۲۳	۴/۰۶
فاصله بین مراکز درجات بزرگ (G)	۱۷/۸۰	۲۲/۹۰	۳۸/۰۰
فاصله بین مراکز درجات کوچک (H)	۱/۷۸	۲/۲۹	۳/۸۱



ابعاد درجه‌بندی برای فواصل مختلف و روشنایی کم

توصیه‌هایی برای طراحی درجه‌ها

بر اساس مبحث ارائه شده در بالا و همچنین با در نظر گرفتن مسائل ارگونومیک در طراحی درجات، می‌بایست نکات زیر در نظر گرفته شود:

۱- ارتفاع، ضخامت و فاصله بین درجات باید به اندازه‌ای باشد که کمترین خطای ممکن را ایجاد نماید.

۲- اطلاعات ارائه شده باید مطابق با مطلب مورد نیاز باشد. نباید تقسیم درجه‌ها از دقت مورد لزوم کمتر باشد. اطلاعات کیفی باید ساده و بدون خطا باشند.

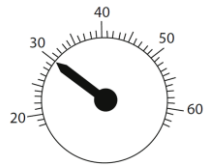
۳- نوع درجه‌بندی به گونه‌ای باشد که برحسب اطلاعات ارائه شده، قابل تفسیر و قابل استفاده باشد. فاصله‌بندی بین درجه‌ها بر اساس یک معیار قابل تشخیص و ساده صورت گیرد (مثلاً فواصل یک تایی یا صدتایی).

۴- فواصل درجات کوچک‌تر، $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{5}$ درجات بزرگ‌تر باشد، در غیر این صورت تفکیک آن‌ها مشکل است.

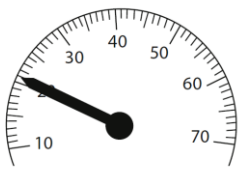
۵- اعداد باید روی درجات بزرگ نوشته شوند.

۶- نباید نوک عقربه، اعداد را بپوشاند. نباید عقربه از خطوط درجات بزرگ‌تر باشد. نوک درجه باید کاملاً به عدد نزدیک شده و اصلاً با آن تماس پیدا نکند. شکل زیر عقربه‌های خوب و بد را نشان می‌دهد.

۷- عقربه تا آنجا که ممکن است هم‌سطح با درجه‌ها قرار گرفته و اختلاف سطح بین آن‌ها وجود نداشته باشد.



صحیح



نادرست

نحوه چیدمان صحیح و نادرست اعداد و عقربه‌ها در یک نشانگر.

حروف و شکل آن‌ها

اندازه‌های حروف و اشـکال، ضـخامت خطوط و فاصـله آن‌ها به فاصله بین نمایشگر و چشم بستگی دارد. در این حالت از فرمول زیر استفاده می‌گردد.

$$\text{ارتفاع حروف یا اشکال بر حسب mm} = \frac{\text{فاصله ناظر بر حسب میلی‌متر}}{200}$$

$$\text{H (in)} = \frac{\text{فاصله تا چشم } (ft) \times 0.3}{10}$$

جدول زیر مثال‌هایی از این مورد را ارائه می‌کند.

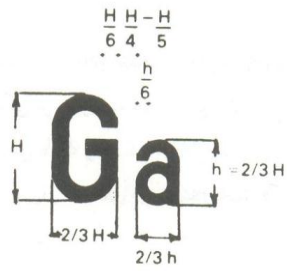
مثال‌هایی از اندازه‌های ارتفاع حروف یا اشکال کوچک در رابطه با فاصله از چشم

فاصله از چشم (میلی‌متر)	ارتفاع حروف یا اشکال کوچک
بالای ۵۰۰	۲/۵
۵۰۱-۹۰۰	۵
۹۰۱-۱۸۰۰	۹
۱۸۰۱-۳۶۰۰	۱۸
۳۶۰۱-۶۰۰۰	۳۰

حروف بزرگ و کوچک در کنار هم از حروف بزرگ به تنهایی و حروف کوچک به تنهایی (با همان اندازه) مشخص‌تر می‌باشند. تناسب بین اندازه حروف باید به شکل زیر باشد:

- عرض $\frac{2}{3}$ ارتفاع
- ضخامت خطوط $\frac{1}{6}$ ارتفاع
- فاصله بین کلمات و اشکال $\frac{2}{3}$ ارتفاع
- فاصله بین حروف $\frac{1}{5}$ ارتفاع

این نسبت‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.



تناسب بین اندازه حروف کوچک و بزرگ در نشانگرها.

کنترل‌ها

نکات مهم در طراحی کنترل‌ها:

۱- کنترل باید با ساختار آناتومیک و عملکرد اندام بدن سازگار بوده و از انگشتان دست برای حرکات سریع و دقیق استفاده گردد. همچنین بازوها و پاها برای کارهایی که نیاز به نیروی بیشتری دارند، به کار گرفته شوند.

۲- کنترل‌های دستی باید به راحتی قابل دسترسی و گرفتن بوده (در فاصله آرنج تا شانه) و کاملاً قابل دیدن باشند.

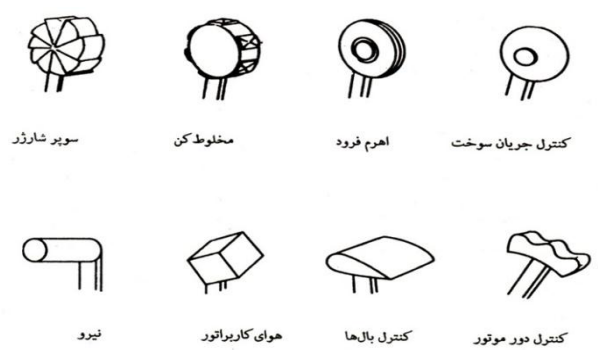
۳- فاصله بین کنترل‌ها باید بر اساس مشخصه‌های آنتروپومتریک انسان تعیین شود. دو کلید یا سوئیچ نباید در فاصله کمتر از ۵۰ میلی‌متر از یکدیگر قرار گیرند. برای کنترل‌هایی که از کل دست استفاده می‌شود، نباید فاصله بیش از ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفت.

۴- کلیدهای فشـــاری، شـــســـتی‌ها و کلیدهای گردان برای کارهایی که نیاز به حرکات یا تلاش عضلانی کمتری داشته و حرکت دست در آن کم بوده و دقت حرکات بالا می‌باشد و به طور کلی عملیاتی که به‌صورت مداوم یا مرحله‌ای صورت می‌گیرد، استفاده شود.

۵- اهرم‌های دســـته بلند، هندل‌ها، فرمان‌های دســـتی و پدال‌ها برای کارهایی که نیاز به تلاش عضلانی زیاد در طول مسافت بیشتر و دقت کمتری دارند، بکار گرفته شوند.

۶- کدگذاری کنترل‌ها - کدگذاری کنترل‌ها موجب می‌شـود که تشـخیص آن‌ها از یکدیگر آسان‌تر شود. روش‌های کدگذاری عبارت‌اند از:

- جای استقرار (بهترین نوع کدگذاری)
- رنگ (نیاز به روشنایی کافی دارد، زمان واکنش را ۲ برابر می‌کند، تفاوت‌های فرهنگی نیز اهمیت دارد)
- اندازه (تنها می‌توان ۳ اندازه را از هم تشخیص داد)
- حالت کارکرد
- اصل ترتیب (برای مثال ترتیب در کار یا تفاوت بین حرکات عمودی و افقی)
- می‌توان کنترل‌هـا را بر اســـاس زبری و نرمی از یکـدیگر متمـایز نمود بـه‌طوری که تشخیص آن‌ها در تاریکی نیز امکان‌پذیر باشد.
- برچسب زدن (زمان واکنش را ۲ برابر می‌سازد)
- شکل (۱۲ شکل قابل تشخیص از هم هستند، زمان واکنش را ۲ برابر می‌کند)



کنترل‌های هواپیما که با استفاده از شکل رمزگذاری شده‌اند.

۷- چنانچه کنترل کننده‌ها به طور مستقل استفاده شده و احتمال بکار افتادن ناگهانی در آن صفر باشد، می‌توان آن‌ها را در کنار یکدیگر چید، ولی به شرط آنکه بر اساس جدول زیر، فواصل مناسبی بین آن‌ها منظور شود.

انواع کنترل کننده‌ها و فواصل قرارگیری آن‌ها در کنار یکدیگر.

کنترل	روش کار	فاصله کلیدها از یکدیگر	
		حداقل	بهینه
کلید فشاری	با یک انگشت	۲۰	۵۰
کلید چکشی	با یک انگشت	۲۵	۵۰
سوئیچ‌های اصلی	با یک دست	۵۰	۱۰۰
سوئیچ‌های اصلی	با دو دست	۷۵	۱۲۵
فرمان دستی	با دو دست	۷۵	۱۲۵
کلیدهای گردان	با یک دست	۲۵	۵۰
پدال‌ها	دو پدال با یک پا	۵۰	۱۰۰

۸- کلیشه‌های حرکت کنترل

انسان‌ها هنگام کار با کنترل‌ها انتظارات خاص و مشخصی دارند مثلاً چرخش در جهت حرکت عقربه‌های ساعت برای افزایش کمیت. این کلیشه‌ها، انتظارات را در افراد شکل می‌دهند و بسیاری از این انتظارات در دوران کودکی شکل می‌گیرند. پیروی از اصول کلیشه‌های حرکت کنترل در طراحی کنترل‌ها برای جلوگیری از بروز خطا هنگام به‌کارگیری آن‌ها اهمیت زیادی دارد. در شرایط بحرانی، احتمال بازگشت فرد به کلیشه‌ها و رفتارهایی که در آغاز فرا گرفته است بسیار زیاد است. پیروی از اصول کلیشه‌های حرکت کنترل در طراحی کنترل‌ها از منظر بهره‌وری نیز اهمیت زیادی دارد و باعث صرفه‌جویی در وقت می‌شود (کاهش زمان واکنش).در جدول زیر برخی کلیشه‌های حرکت کنترل و انتظارات رایج از آن‌ها ارائه شده است.

کلیشه حرکت کنترل و انتظارات رایج برای به کاراندازی کنترل

تغییر وضعیت دستگاه	کلیشه حرکت کنترل
روشن شدن	بالا، راست، جلو، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت
خاموش شدن	پایین، چپ، عقب
حرکت به سمت راست	در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، راست
حرکت به سمت بالا	بالا، عقب
حرکت به سمت پایین	پایین، جلو
جمع شدن	بالا، عقب، کشیدن
بسط یافتن	پایین، جلو، فشار دادن
افزایش	جلو، بالا، راست، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت
کاهش	عقب، پایین، چپ، در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت
باز کردن شیر	در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت
بستن شیر	در جهت حرکت عقربه‌های ساعت

۹- برای کـار با کنترل‌ها باید حداقل مقاومتی را جهت اجتناب از بکار افتادن ناگهانی آن‌ها، منظور نمود. در این صورت عملکرد بهتری داشته و احتمال وقوع حادثه کاهش می‌یابد. مقاومت‌های زیر برای کلیدهای یاد شده پیشنهاد می‌شود:

- گردش با یک دست: ۲-۲/۲ N.m
- فشار با یک دست: ۱۰- ۱۵ N.m
- فشار پدال: ۴۰-۸۰ N.m

مقاومت‌های بیشـتر را می‌توان برای شـرایطی که قصـد جداسـازی کلیدها از یکدیگر وجود دارد، اسـتفاده نمود. از انواع کلیدهای دقیق که نیاز به نیروی کمی دارند، می‌توان سـوئیچ معمولی، اهرم‌ها و کلیدهای دوار دستی را نام برد. کلیدهای فشاری که با فشار انگشت عمل می‌کنند، فضـای کمی را اشغال کرده و به سادگی با رنگ از یکدیگر تفکیک می‌شوند. سطح این کلیدها باید به اندازه‌ای باشـد که به سادگی قابل راه‌اندازی باشند. ابعاد پیشنهادی برای کلیدها به شرح زیر است:

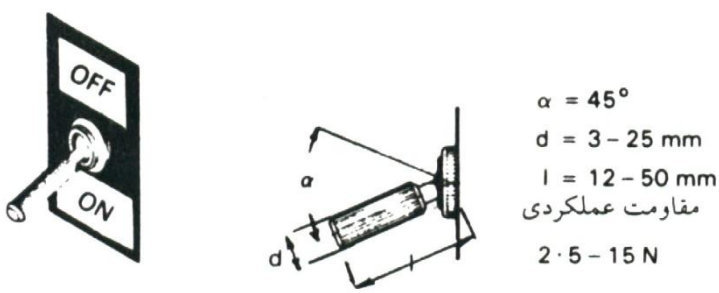
- قطر: ۱۲- ۱۵ mm
- برای توقف ناگهانی و ضروری: ۳۰-۴۰ mm

- مسافت جابجایی: mm ۱۰-۳
- مقاومت لازم: N ۵-۲/۵

کلیدهای چکشی

این کلیدها به سادگی در هنگام کار دیده می‌شوند. در نتیجه کار با آن‌ها ساده‌تر می‌باشد و بهتر است فقط دارای دو وضعیت باشند (مثلاً خاموش و روشن). این کلیدها را می‌توان در کنار هم قرارداد، چرا که به راحتی از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند. جهت حرکت آن‌ها باید عمودی بوده و در کنار آن‌ها برچسب نصب شود. یک برچسب در بالا (مثلاً روشن) و یک برچسب در پائین (مثلاً خاموش).

البته در کشورهای مختلف، بالا و پائین زدن کلیدها، برای روشن و خاموش کردن چراغ متفاوت است. در انگلیس و ایران پائین زدن کلید باعث روشن شدن چراغ و در آمریکا به عکس می‌باشد. چنانچه این کلیدها ۳ حالته بودند بهتر است حداقل زاویه بین هر وضعیت ۴۰ درجه باشد. نمونه‌ای از این کلیدها در شکل زیر نشان داده شده است.



ابعاد کلیدهای چکشی

اهرم‌های دستی

اگر کلیدهای چکشی بلندتر از ۵۰ میلی‌متر باشند، از نوع اهرم‌ها محسوب می‌گردند و برای حرکت به نیروی بیشتری نیاز دارند. جهت حرکت باید همیشه بالا و پایین یا جلو و عقب باشد. درصورتی که غیر از وضعیت روشن و خاموش، وضعیت دیگری مورد نظر باشد، باید

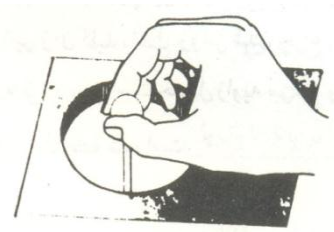
برای هر وضـــعیت یک خانه در نظر گرفت. اهرم‌های دســـتی، بســـته به عملکردی که دارند دارای برآمدگی‌های متفاوتی می‌باشند.

برای گرفتن با انگشت، قطر ۲۰ میلی‌متری

برای گرفتن با کف دست، قطر ۴۰-۳۰ میلی‌متری

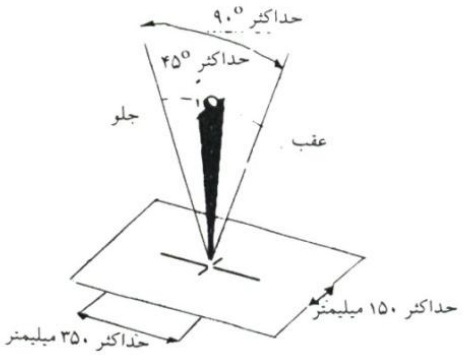
برای کلیدهای قارچی، قطر ۵۰ میلی‌متری

اگر نیاز به تنظیم دقیق باشـد باید برای کار با این کلیدها از زیر دســتی اســتفاده شود. یک نمونه از این اهرم‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.



کلیدهای قارچی برای عملیات دقیق با انگشتان.

همان‌طوری که گفته شد کاربرد این کلید برای کارهای دقیق می‌باشد. برای کارهای سنگین باید از کلیدهایی با مشخصات شکل زیر استفاده نمود.



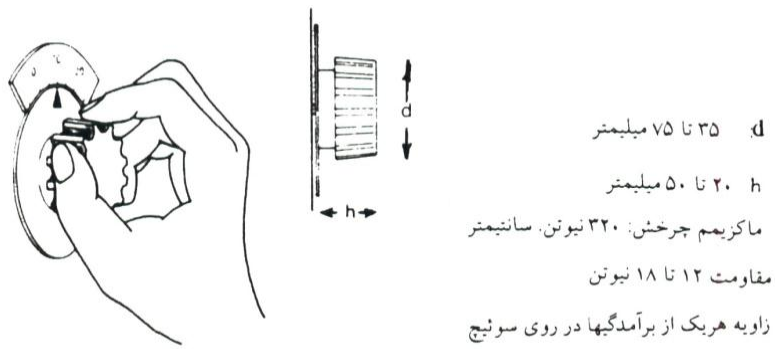
کلیدهای اهرمی بزرگ، متوسط نیروی لازم جهت راه‌اندازی و دامنه حرکت آن‌ها.

کلیدهای گردان

این نوع کلیدها در انواع گرد، کمانی، ترکیبی از نوع چرخان و میله‌ای یا حتی چندین کلید گردان روی یک صفحه وجود دارند. این کلیدها باید به راحتی با دست سازگار بوده و به‌سادگی بچرخند و به هنگام کار دیده شوند.

سوئیچ‌های گردان

شکل زیر داده‌های لازم برای این نوع سوئیچ‌ها را نشان می‌دهد. این نوع سوئیچ‌ها در هر وضعیت گیر ملایم و کوچکی می‌کنند، به طوری‌که این گیر به راحتی رد شده و زیر دست حس می‌شود. در این حالت برای گردش مداوم، باید نسبت به کلیدهای گردان مقاومت بیشتری داشته و اپراتور برای هر وضعیت یک سیگنال حسی دقیق دریافت نماید. این مقاومت باید در حدود ۰/۱۵N باشد. زاویه هر گردش در این سوئیچ‌ها نباید از ۱۵ درجه کمتر بوده و اگر دریافت اطلاعات کاملاً توسط نوک انگشتان صورت می‌گیرد هر زاویه ۳۰ درجه در نظر گرفته می‌شود.



داده‌های لازم برای سوئیچ‌های گردان.

کلیدهای گردان برای گردش‌های مداوم

کلیدهایی که دارای گیرهای ملایم هستند، برای تنظیم دقیق و ریز کاربرد زیادی دارند. یک چرخش ۱۲۰ درجه‌ای می‌تواند بدون آنکه لازم به تغییر محل انگشتان باشد، انجام

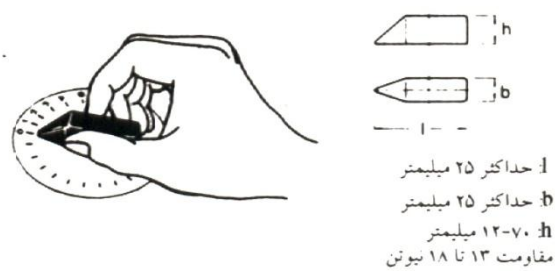
گیرد. برای چرخش بیشتر، می‌توان بدون مشکل، محل دست را تعویض نمود. درصورتی‌که سطح پیچ زبر باشد این کار ساده است. ابعاد زیر برای این کلیدها توصیه می‌شود:

- قطر لازم برای کار با دو یا سه انگشت: ۱۰-۳۰mm
- قطر لازم برای کار با کل انگشتان: ۳۵-۷۵mm
- عمق ضخامت کنترل با انگشت: ۱۵-۲۵mm
- ضخامت برای کنترل با کل دست: ۳۰-۵۰mm
- گشتاور حداکثر برای کلیدهای گردان کوچک: ۰/۸Nm
- گشتاور حداکثر برای کلیدهای گردان بزرگ: ۳/۲Nm

کلیدهای گردان یا چرخشی- قطاعی نوک تیز

از مزایای این کلیدها سرعت و سادگی خواندن آن‌ها می‌باشد. اندازه این کلیدها معمولاً بین ۳۰-۲۵ میلی‌متر می‌باشد.شکل زیر مشخصات نوع گیردار آن را نشان می‌دهد.

برای کنترل‌هایی که برای راه‌اندازی، نیروی زیادی لازم داشته و دقت آن‌ها زیاد نمی‌باشد، می‌توان از هندل‌ها، فرمان‌ها و پدال‌ها استفاده نمود.



کلیدهای چرخشی قطاعی.

هندل‌ها

اهرم‌های دنده‌ای یا هندل‌ها برای تنظیم مداوم و زمانی که گستره تنظیم بزرگ باشد، کاربرد زیادی دارند. برحسب دقت مورد نیاز، فواصل دنده‌ها، درشت یا بسیار ریز در نظر

گرفته می‌شـود. هندل‌ها چنانچه حول محور خود بچرخند می‌توان با سـرعت بیشـتری با آن‌ها کار کرد. اما هندل‌های ثابت دقیق‌تر می‌باشند.

- طول بازوی اهرم‌ها برای گشتاور کوتاه (بالای ۲۰۰ دور بر دقیقه): ۱۲۰mm-۶۰
- طول بازوی اهرم‌ها برای گشتاور بلند (بالای ۱۶۰ دور بر دقیقه): ۲۲۰mm-۱۵۰
- طول بازوی اهرم‌ها برای تنظیم‌های سریع (بالای ۱۶۰ دور بر دقیقه): تا ۱۲۰mm

بسته به قطر هندل، سرعت‌های مختلفی برای آن در نظر گرفته می‌شود (جدول زیر).

ابعاد هندل‌ها و سرعت حرکات آن‌ها.

mm	دور بر دقیقه
۲۰	۲۷۰
۵۰	۲۵۵
۱۲۰	۱۸۵
۲۴۰	۱۴۰

بدیهی اسـت که هرچه سـرعت گردش هندل کمتر باشـد، طول آن بایسـتی بیشـتر شده و برعکس، سـرعت بیشـتر هندل نیاز به طول کمتر آن دارد. رابطه بین طول هندل با نیروی مورد نیاز در جابجایی آن به‌صورت زیر می‌باشد:

- هندل ۲۴۰ میلی‌متری، نیروی ۲/۵-۰/۵ نیوتن متری
- هندل ۱۲ میلی‌متری، نیروی ۴-۳ نیوتن متری

برای کنترل دقیق، هندل‌هایی به طول ۲۴۰-۱۲۰ میلی‌متر بسـیار مناسـب هسـتند. برای چنگش مناسب، ابعاد هندل به شرح ذیل توصیه می‌شود:

- قطر: ۳۰mm-۲۵
- طول هندل در کارهای دستی: ۱۲۰mm-۸۰
- طول هندل در کارهای دستی: ۲۵۰mm- ۱۹۰

فرمان‌ها

معمولاً فرمان‌ها را برای کاربرد نیروهای شدید توصیه می‌کنند، چرا که نیاز به استفاده از هر دو دست دارند. استفاده از برآمدگی بر روی فرمان، کنترل آن را ساده‌تر خواهد کرد.

پدال‌ها

پدال‌ها عمدتاً در خودروها، ماشین‌آلات کشاورزی، ساختمان‌سازی و صنعتی کاربرد دارند. پای انسان، قدرت اعمال نیروی تا ۲۰۰۰ نیوتن را دارد. بنابراین برای کار با پدال‌ها مشکلی نخواهند داشت. چنانچه نیاز به اعمال فشارهای شدید بر روی پدال‌ها باشد، می‌بایستی کار با آن در شرایط ذیل صورت گیرد:

- پشتی بلند باشد
- زاویه زانو در حین اعمال فشار بین ۱۴۰ تا ۱۶۰ درجه باشد.
- زاویه قوزک پا در حین اعمال فشار بین ۹۰ تا ۱۰۰ درجه باشد.
- شیب ساق پا بین ۲۰ تا ۳۰ درجه باشد.

برای پدال‌هایی که نیاز به فشار و نیروی بیشتری داشته باشند، می‌توان از کل پا برای اعمال نیرو استفاده کرد. فشار می‌بایست با گرده کف پا اعمال شود و محور آن می‌بایستی در راستای خطی که از قوزک پا به نقطه فشار در تکیه‌گاه صندلی رسم می‌شود، باشد.

برای پدال‌های مخصوص کارهای سنگین موارد ذیل توصیه می‌شود:

- مسافت جابجایی پدال: ۱۵۰-۵۰ میلی‌متر (هرچه زاویه زانو کمتر باشد، مسافت جابجایی بیشتر است)
- حداقل مقاومت پدال زدن: ۶۰ نیوتن

پدال‌هایی که نیاز به نیروی کمی برای اعمال فشار دارند (نظیر پدال گاز خودروها) نیروی مقاومتی کمی داشته و از کل کف پا برای کار با آن استفاده می‌شود. اگر این پدال‌ها در صورتی‌که پاشنه پا روی زمین قرار گرفته و کف پا در لبه پایینی آن‌ها قرار گیرد، کار با آن‌ها راحت‌تر است. ابعاد توصیه شده برای آن‌ها در ذیل ارائه شده است:

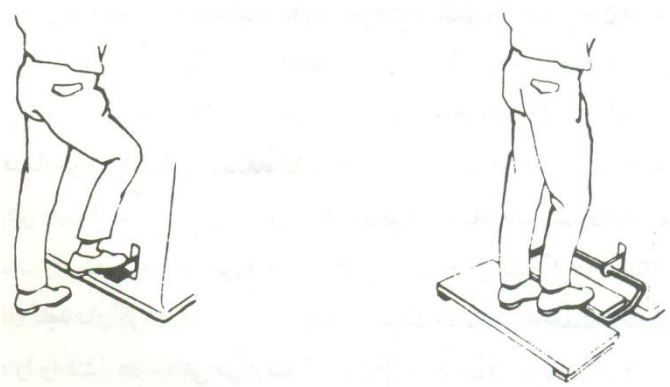
- مسافت جابجایی پدال: ۶۰ میلی‌متر

- زاویه حداکثر پدال (بین دو حد): ۳۰ درجه
- زاویه مناسب پدال: ۱۵ درجه
- مقاومت در برابر نیروی پا: ۵۰-۳۰ نیوتن

تمامی پدال‌ها می‌بایستی سطح زبر داشته باشند. فاصله پدال‌ها از یکدیگر می‌بایستی بین ۱۰۰-۵۰ میلی‌متر باشد. تحت شرایط ویژه نظیر استفاده از کفش‌های ایمنی بزرگ این فاصله‌ها بیشتر در نظر گرفته می‌شود.

پدال‌های مورد استفاده در کار ایستاده:

چنانچه در ماشینی نیاز به انجام امور مختلف باشد، برای آزادسازی دست‌ها، از پدال پایی استفاده می‌شود. اما در صورتی که به‌صورت ایستاده انجام شود، این امر نامطلوب خواهد بود. کاربرد پدال فقط برای شروع و قطع یک عملیات در ماشین توصیه می‌شود. در صورتی که استفاده از پدال اجتناب ناپذیر است، بایستی به‌صورت طرح سمت راست شکل زیر باشد.



از آنجا که استفاده از پدال‌ها نیروی استاتیک زیادی به پاها وارد می‌کنند، برای انجام کار ایستاده مناسب نیستند.

کنترل‌های اضطراری

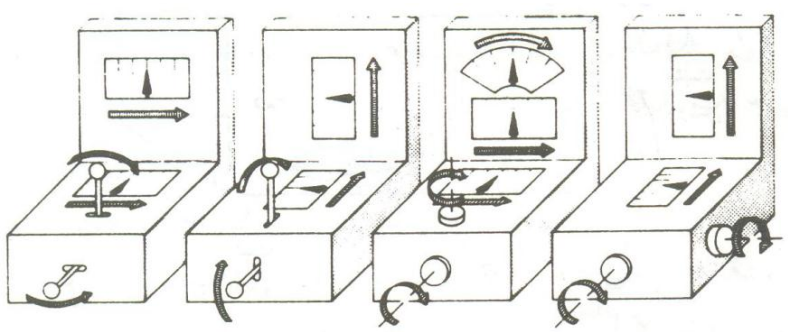
شـرایط اضطراری، شرایطی پراسترس بوده که در آن احتمال بروز خطا از سوی اپراتور زیاد است. بنابراین، کنترل‌های اضطراری باید از طراحی مناسبی برخوردار باشد تا امکان واکنش سریع و بدون خطا فراهم شود.

پیشنهادهایی برای طراحی کنترل‌های اضطراری

- کنترل اضطراری را دور از دیگر کنترل‌های دستگاه قرار دهید، که به طور متناوب مورد استفاده قرار می‌گیرند. به این ترتیب، خطر به کاراندازی سهوی کنترل، کاهش می‌یابد.
- کنترل اضطراری باید در جایی قرار گیرد که کارور به‌راحتی به آن دسترسی داشته باشد.
- کنترل اضطراری باید بزرگ بوده و به کاراندازی آن‌ها آسان باشد. برای نمونه، از دکمه‌هایی استفاده کنید که به‌وسیله کف دست به کار می‌افتند، نه از دکمه‌های شستی.
- کنترل اضطراری باید قرمز رنگ باشد.

سازگاری نشانگرها و کنترل‌ها

در این قسـمت به‌طور خلاصـه، قواعدی که در طراحی کنترل کننده‌ها و نشـانگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد، ارائه می‌شود. شکل زیر سازگاری را نشان می‌دهد.



سازگاری در نشانگرها و کنترل‌ها.

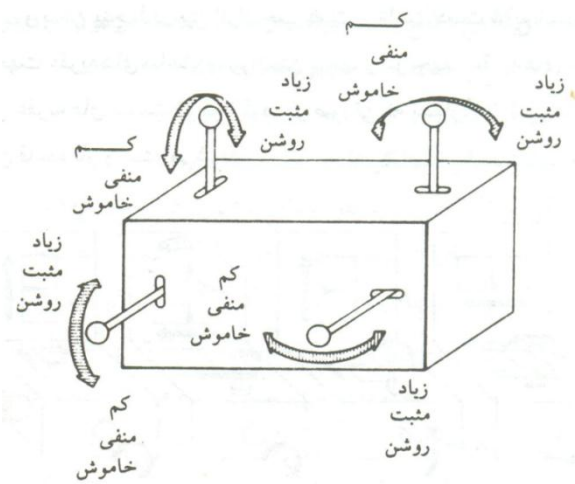
۱- هنگامی‌که یک کنترل به سـمت راسـت حرکت می‌کند، نشـانگر می‌بایستی در صفحه افقی به سمت راست حرکت کرده و در صفحه عمودی به سمت بالا حرکت کند.

۲- هنگامی‌که یک کنترل به سمت بالا یا جلو حرکت می‌کند، نشانگر می‌بایستی به سمت بالا یا راست حرکت کند.

۳- جهت چرخش به سمت عقربه‌های ساعت همیشه می‌بایستی با افزایش همراه باشد.

۴- در نشانگرهای صفحه متحرک، هنگامی‌که کنترل به سمت راست حرکت می‌کند، درجه‌ها نیز به سمت راست حرکت کند، اما اعداد مربوط به درجه‌ها از راست به چپ افزایش یابند تا در این حالت با حرکت کردن درجه به سمت راست، مقدار نیز افزایش یابد.

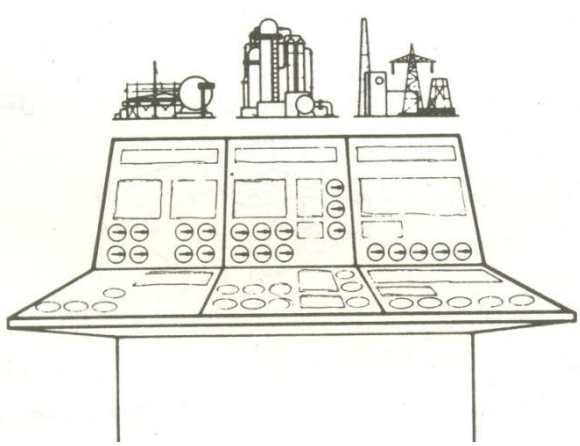
۵- هنگامی‌که کنترل اهرمی به سمت بالا یا جلو و یا راست حرکت می‌کند، نشانگر می‌بایستی افزایش را نشان داده و دستگاه روشن شود. برای خاموش کردن می‌بایستی اهرم به طرف بدن حرکت کرده یا به سمت چپ یا پائین متمایل شود. کلیه این موارد در شکل زیر نشان داده شده است.



انواع حرکات در رابطه با اهرم‌های دستی.

در طراحی پانل‌های بزرگی که انواع نشانگرها و کنترل‌ها بر روی آن نصب می‌شود، سازگاری کمک زیادی کرده و برای استفاده بهتر از آن ۵ اصل زیر می‌بایستی رعایت شود:

- ✓ تا آنجا که ممکن است نشانگر به کنترل نزدیک و در زیر آن یا سمت راست آن قرار گیرد.
- ✓ اگر کنترل‌ها و نشانگرها در دو صفحه جدا باشند، می‌بایستی ترتیب چیدمان آن‌ها یکسان باشد.
- ✓ برحسب شناسه، کنترل‌ها در بالای آن قرار گرفته و برای نشانگرها نیز به همان صورت باشد.
- ✓ اگر کنترل‌ها می‌بایستی به ترتیب به کار بیفتند، نحوه چیدمان آن‌ها نیز به همان صورت بوده و از چپ به راست انجام شود. چیدمان نشانگرها نیز به همان صورت انجام شود.
- ✓ اگر کنترل‌ها در یک پانل از نظم خاصی پیروی نمی‌کنند، باید آن‌ها و نشانگرهایشان را مطابق هم چیده و روی پانل نظمی خاص ایجاد نمود. این کار را می‌توان با هم‌رنگ کردن، برچسب زدن یا تغییر دستگیره‌ها و کلیدها، در شکل‌ها و اندازه‌های مختلف انجام داد. کنترل‌ها و نشانگرهایی که کاربرد بیشتری دارند می‌بایستی در حد دسترسی آسان قرار گیرند. شکل زیر مثالی از این روش را نشان می‌دهد.



چیدمان منطقی نشانگرها و کنترل‌ها در یک پانل بزرگ.

منابع:

۱- پورقاسمی، ع. پیشگیری عوارض بیماری‌های ناشی از کار با کامپیوتر یا ارگونومی کامپیوتر.

۲- چوبینه، ع.ر.، امیرزاده، ف.، ارقامی،ش. کلیات بهداشت حرفه‌ای. چاپ نهم، شیراز: انتشارات دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ۱۳۹۳.

۳- چوبینه، ع. ر. شیوه‌های ارزیابی پوسچر در ارگونومی شغلی. همدان: فن‌آوران، ۱۳۸۳.

۴- صادقی نائینی، ح. اصول ارگونومی در طراحی سیستم‌های حمل دستی کالا. چاپ اول، تهران: نشر آسانا، ۱۳۷۹. صفحات ۱۴۴-۱۲۸.

۵- عبدلی ارمکی، م. مکانیک بدن و اصول طراحی ایستگاه کار (ارگونومی). تهران: انتشارات امید مجد، ۱۳۷۸.

۶- فیزانت، ا. انسان، آنتروپومتری، ارگونومی و طراحی. مترجمین: موعودی، م. ا.، چوبینه، ع.ر.، تهران: نشر مرکز، ۱۳۹۴.

۷- موعودی، م. ا.، چوبینه، ع.ر. ارگونومی در عمل: جستارهای برگزیده در ارگونومی. چاپ چهارم، تهران: نشر مرکز، ۱۳۸۵. صفحات ۹۴-۸۱.

۸- مونک، ت.، فولکارد، س. نوبت‌کاری: مشکلات و رهیافت‌ها. مترجم: چوبینه، ع.ر.، چاپ چهارم، شیراز: انتشارات دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ۱۳۹۲.

۹- هلاندر، م. مهندسی عوامل انسانی در صنعت و تولید. مترجم: چوبینه، ع.ر.، ویرایش سوم، تهران: انتشارات سنای دانش، ۱۳۹۴.

10- Chavalitsakulchai, P. and Shahnavaz, H. (1993). Musculoskeletal disorders of female workers and ergonomics problems in five different industries of a developing country. J. Human Ergol., 22, 29-43.

11- Choobineh, A.R., Lahmi, M.A., Shahnavaz, H., Khani Jazani, R. and Hosseini, M. (2004). Musculoskeletal symptoms as related to ergonomic factors in Iranian hand-woven carpet industry and general guidelines for workstation design. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol.10, No. 2, 157-168.

12- Freivalds, A. (1999). Ergonomics of Hand Tools. In: Karwowski, W. and Marras, W.S. (Eds.), The Occupational Ergonomics Handbook. CRC Press LLC. USA. pp: 461-478.

13- Grandjean Etienne. Ergonomics in Computerized Offices.

14- Hendric, W.H. (1999). Ergonomics: An international perspective. In: Karwowski, W. and Marras, W.S. (Eds.), The Occupational Ergonomics Handbook. CRC Press LLC. USA. pp: 3-15.

15- Hignett, S. and McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). Applied Ergonomics, 31, 201-205.
16- Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Applied Ergonomics, 8, 199-201.
17- Kilbom, A. (1994). Repetitive work of the upper extremity: Part II — The scientific basis (knowledge base) for the guide. International Journal of Industrial Ergonomics, 14(1–2), 59-86.
18- Kumar, S. (1999). Selected theories of musculoskeletal injury causation. In: Kumar, S. (Ed.), Biomechanics in Ergonomics. London: Taylor & Francis.
19- Li, G. and Buckle, P. (1998). A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks – Quick Exposure Check (QEC). In: proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting, October 5-9, Chicago, Human Factors and Ergonomics Society, pp. 1351-1355.
20- Macleod, D. (2006). The Ergonomics Kit. Taylor & Francis, pp. 9-20.
21- Mattila, M. and Vilkki, M. (1999). OWAS Methds. In: Karwowski, W. and Marras, W.S. (Eds.), The Occupational Ergonomics Handbook. CRC Press LLC. USA.
22- McAtamney, L. and Corlett, E.N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2), 91-99.
23- Middlesworth M, A step-by-step guide to the WISHA lifting calculator, Avalaible in:http://ergo-plus.com/wisha-lifting-calculator-guide/
24- Shahnavaz, H. (1987). Workplace injuries in the developing countries. Ergonomics, 30(2), 397-404.
25- Snook, S. H., & Ciriello, V. M., The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. Ergonomics, 34(9), 1197-1213, 1991.
26- Sonne, M., Villalta, D. L., & Andrews, D. M. , Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment. Applied ergonomics, 43(1), 98-108, 2012.
27- Waters, T.R. and Putz-Anderson, V. (1996). Occupational ergonomics. New York: Dekker.
28- Weiser, S. (1997). Psychosocial aspects of occupational musculoskeletal disorders. In: Nordin, M., Andersson, G.B.J. and Pope, M.H. (Eds.). Musculoskeletal disorders in the workplace: Principles and practice. Mosby-Year Book, Inc.

Islamic Republic of IRAN
Ministry of Health and and Medical Education
Environmental and Occupational Health Center
(EOHC)

OEL ASSESSMENT GUIDELINE

for

Ergonomics

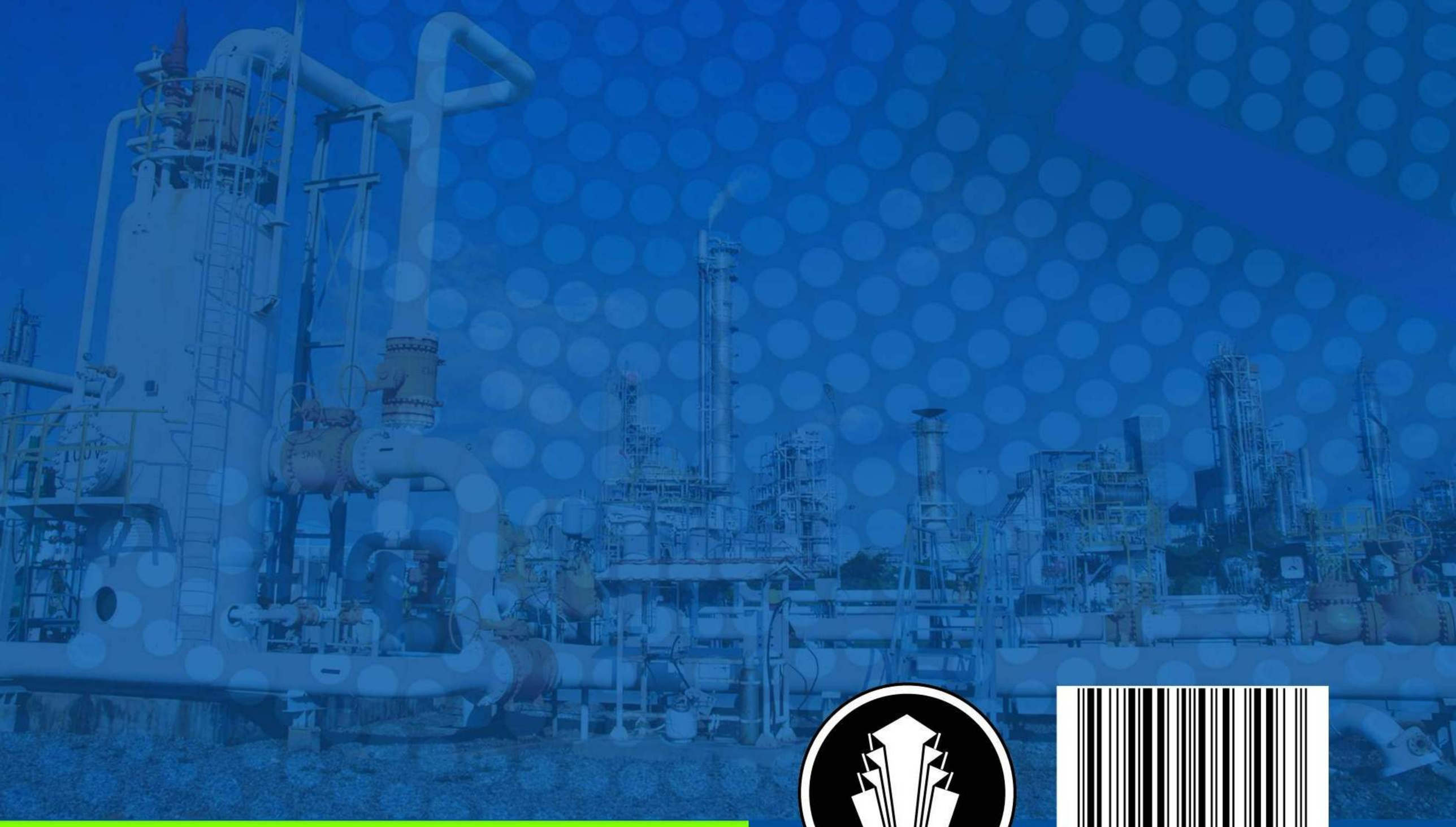
OEL – E - 9509

2017

OEL ASSESSMENT GUIDELINE for

Ergonomics

OEL – E - 9509



9 789649 053493