مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی
دوره ۴ شماره ۳ پاییز ۱۳۸۵ ، صفحات : ۷۲- ۶۱

شناسایی عوامل تعیین کننده وضعیت بدن و طراحی ایستگاه کار با استفاده از روش طراحی فاکتوریال

دکتر علیرضا چوبینه : استادیار گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
نویسنده رابط : alrchoobin@sums.ac.ir
دکتر مصطفی حسینی: دانشیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی،دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی،دانشگاه علوم پزشکی تهران
دریافت : ۸۴/۳/۱۰ **پذیرش** : ۸۴/۸/۸

چکیده:

زمینه و هدف : رابطه نزدیکی میان وضعیت بدن (پوسچر) وطراحی ایستگاه کار وجود دارد؛ به گونه ای که مشکلات وضعیت بدن و انحراف آن ازحالت طبیعی، ناشی از طراحی نادرست ایستگاه کار می باشد. طراحی ایستگاه کاریکی از بنیادی ترین مباحث ارگونومی شغلی است. به طوری که تندرستی، ایمنی و بهره وری کارگر، به موفقیت یا عدم موفقیت این طرح بستگی دارد. طراحی ارگونومیک ایستگاه کار مستلزم در نظر گرفتن عوامل گوناگون، به ویژه عوامل تعیین کننده ی وضعیت بدن است. برای شناسایی عوامل تعیین کننده ی وضعیت بدن، استفاده ازطراحی فاکتوریال سودمند است. با این متدولوژی، متغیرهایی از ایستگاه کار که بر وضعیت بدن تأثیر می گذارند شناسایی شده، آنگاه مشخص می شودکه این متغیرها درچه حد وحدودی باشند تا بهترین وضعیت بدن ایجاد شود، بدین ترتیب، استانداردهای طراحی ایستگاه کار ارایه می شوند.

دراین مقاله که با هدف معرفی طراحی فاکتوریال در شناسایی عوامل تعیین کننده وضعیت بدون و طراحی ایستگاه کار نگارش شده است، نمونه ای از کاربرد این متدولوژی در ایجاد دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار در عملیات قالیبافی ارایه شده است.

روش کار : ماتریس طراحی دراین مطالعه، از ۹ سلول (طراحی فاکتوریال ۳×۳) تشکیل شده که درآن ۹ حالت از نظر "نوع نشستنگاه" و "ارتفاع بافت" وجود دارد و نیازمند انجام ۹ آزمایش گوناگون است. ۳۰ بافندۀ حرفه ای، در هریک ازحالات ۹ گانه به بافت پرداختند، آنگاه اثر سطوح مختلف متغیرهای یاد شده بر وضعیت بدن مطالعه شدند. نتایج بدست آمده درحالات ۹ گانه با یکدیگر مقایسه و شرایطی که درآن فرد بهترین وراحت ترین وضعیت بدنی را دارد مشخص گردید.

نتایج : براساس نتایج بدست آمده، در ایستگاه کار قالیبافی اگر از نشستنگاهی استفاده شود که دارای شیب مثبت بوده و ۱۵ سانتی متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافنده تنظیم شود و همچنین ارتفاع محل بافت، ۲۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرنج در حالت نشسته قرار گیرد، وضعیت بدن بافنده هنگام کار بهبود یافته، از فشار بیومکانیکی وارد بر ساختارهای اسکلتی- عضلانی بدن وی کاسته شده و بدین ترتیب خطر بروز آسیبهای اسکلتی- عضلانی در این فعالیت شغلی کاهش می یابد.

نتیجه گیری : برای تعیین عوامل تعیین کننده وضعیت بدون و ارایه دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار، طراحی فاکتوریال روش کاربردی است.

واژگان کلیدی: طراحی فاکتوریال، طراحی ایستگاه کار، ایستگاه کارقالیبافی

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه:

مطالعات، رابطه‌ی نزدیکی را میان وضعیت بدن و طراحی ایستگاه کار نشان داده‌اند، به طوری که مشکلات وضعیت بدن، ناشی از طراحی نادرست ایستگاه کار و وسایل مورد استفاده در ایستگاه کار می باشد (Ayoub M.M. 1973; Kroemer K.H.E. 1988, 1997). اگر تطابق ابعادی بین ویژگی های آنتروپومتریک فرد و طراحی ایستگاه کار وجود نداشته باشد، وضعیت بدن حالت طبیعی و خنثی نداشته و فشار وضعیتی بر فرد وارد خواهد شد. چنین حالتی می‌تواند پیامدهای کوتاه مدت یا بلند مدت نامطلوب بر سلامت فرد داشته باشد. وان ولی بر اساس مطالعات خود بر این باور است که وضعیت بدن کارگر هنگام کار، به شدت تحت تأثیر طراحی ایستگاه کار بوده و براساس آن تعیین می‌شود؛ به طوری که با مطالعه‌ی وضعیت بدن کارگر هنگام کار، می‌توان ایستگاه کار او را نیز ارزیابی نمود. وان ولی در مطالعات خود دریافت که از طرفی کار کردن با وضعیت بدنی نامطلوب پس از مدتی منجر به وقوع علایم اختلالات اسکلتی- عضلانی می‌شود و از طرف دیگر وقوع این اختلالات با طراحی نادرست ابزار، ماشین آلات، صندلی و به طور کلی ایستگاه کار ارتباط دارد (Van Wely P. 1970).

در ارگونومی شغلی، هیچ مبحثی اساسی‌تر و بنیادی‌تر از طراحی ایستگاه کار نمی‌باشد، به طوری که تندرستی، ایمنی و بهره‌وری کارگر به موفقیت یا عدم موفقیت این طراحی بستگی دارد (Helander M.G. 1995; Clark D.R. 1996). کادفورس اعتقاد دارد در ارگونومی، طراحی ایستگاه کار خواه برای کارگران صنعتی و خواه برای کارکنان اداری یک امر حیاتی و پر اهمیت است، زیرا طراحی صحیح و اصولی ایستگاه کار از سویی تأمین کننده‌ی سلامت فرد و از سوی دیگر تضمین کننده‌ی کیفیت محصول و بهره‌وری نیروی کار است(Kadefors R. 1998).

طراحی ارگونومیک موفق ایستگاه کار مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعامل گوناگون به ویژه عوامل تعیین کننده وضعیت، بدن است. برای شناسایی عوامل تعیین کننده ی وضعیت استفاده ازطراحی فاکتوریال سودمند است. با این طراحی، رفتار هریک از متغیرها درسطوح گوناگونی از دیگر متغیرها مطالعه می شود و بدین ترتیب می توان مدل مناسبی را از رفتار متغیرها و تعامل میان آنها، ارایه نمود (Box G.E.P. et al. 1978). کاربرد طراحی فاکتوریال در مطالعات ارگونومیک که برروی وضعیت بدن هنگام کار انجام می شوند، با عنوان «متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن» (Posture Evaluation Methodology) شناخته می شود (Hsiao H. and Keiserling W.M. 1991). با این متدولوژی، متغیرهایی از ایستگاه کار که بر وضعیت بدن تأثیر می گذارند شناسایی شده، آنگاه با انجام مطالعات وسیع تر تعیین می شود که این متغیرها باید درچه حد وحدودی باشند تا بهترین وضعیت بدن ایجاد شود. بدین ترتیب، استانداردها و دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار، خلق و ارایه می گردند.

با روش طراحی فاکتوریال می توان مشخص نمود که الف) کدامیک ازمتغیرهای مستقل (عوامل تعیین کننده ی وضعیت بدن) تأثیر بیشتری برمتغیر وابسته (وضعیت بدن) داشته و مهم ترند، ب) مطالعه در چه محدوده ای ازمتغیرهای مستقل باید انجام گیرد و سرانجام، پ) چه رابطه ای بین متغیرها وجود دارد (خطی، لگاریتمی و...). هم اکنون، طراحی فاکتوریال درمطالعات ارگونومیک به ویژه طراحی ایستگاه کار کاربرد فراوانی یافته است و یکی از شیوه های تحقیق معتبر در این زمینه می باشد. برخی مطالعات ارگونومیک که در زمینه ی ارایه وتوسعهٔ دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار براساس طراحی فاکتوریال انجام یافته اند، در جدول شماره ۱ ارایه شده اند. همان طور که در جدول شماره ۱ ملاحظه می شود، از این

Archive of SID

www.SID.ir

متدولوژی در طراحی ایستگاه های کار VDT، صنعتی، خیاطی و فعالیتهای تحریری استفاده شده است.

در این مقاله که با هدف معرفی طراحی فاکتوریال در شناسایی عوامل تعیین کننده وضعیت بدون و طراحی ایستگاه کار نگارش شده، نمونه ای از کاربرد این متدولوژی در ایجاد دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار ارایه شده است. در این نمونه، مطالعه ای معرفی می شودکه حاصل تجربیات نویسندگان مقاله بوده وبر اساس طراحی فاکتوریال، دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار قالیبافی را ارایه می دهد.

روش کار:

الف) طراحی فاکتوریال در طراحی ایستگاه کار قالیبافی:

در این مطالعه ی آزمایشگاهی، ازطریق کارآزمایی تطبیقی (Fitting trial) و براساس "متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن" پارامتر های ایستگاه کار (متغیر های مستقل) در سطوح گوناگون تغییر داده شدند و آنگاه اثر این تغییرات بر متغیرهای وابسته (متغیر های مربوط به وضعیت بدن) مورد مطالعه قرار گرفتند(Choobineh A.R. et al. 2004a). در این تحقیق،۳۰ بافنده حرفه ای (۱۵ مرد و ۱۵ زن) بر اساس معیارهای خاص ورود نمونه به مطالعه، شامل : سن، سابقه کار، سلامت بینایی، عدم وجود عارضه یا ناراحتی های اسکلتی-عضلانی، قد و وزن، انتخاب شدند و در مطالعه شرکت کردند. از آنجا که این نوع مطالعات دارای ماهیت اکتشافی(Explorative) هستند، این تعداد نمونه کاملاً مناسب و کافی به نظر می رسد(Freudenthal A. et al. 1991).

عوامل فرضی تعیین کننده ی وضعیت بدن درعملیات قالیبافی، "نوع نشستنگاه" و"ارتفاع محل بافت"می باشند (چوبینه، ۱۳۸۲). بنابراین، برای مشخص شدن اثر این دو عامل بر وضعیت بدن هنگام کار، سطوح گوناگونی از آنها انتخاب و در ماتریس طراحی گنجانده شدند (جدول۲).

بدین ترتیب، با این طراحی می توان مشخص نمود که: الف) تأثیر این دو متغیر بر وضعیت بدن به چه میزان است و ب) این دو متغیر در چه حد و حدودی باشند تا بهترین وضعیت بدن ایجاد شود.آنگاه می توان با استفاده از نتایج بدست آمده، دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار را به منظور دستیابی به بهترین وضعیت بدن و راحت ترین شرایط برای بافنده ارایه نمود.

همان گونه که در جدول شماره ۲ مشخص است، ماتریس طراحی در این مطالعه از ۹ سلول تشکیل شده است.این طراحی به طراحی فاکتوریال ۳×۳ شناخته می شود و در آن، ۹ حالت از نظر "نوع نشستنگاه" و"ارتفاع بافت" وجود دارد و نیازمند انجام ۹ آزمایش گوناگون است.

در این مطالعه، تنظیم پذیری ایستگاه کار قالیبافی آزمایشی، امکان ایجاد ۹ حالت موجود در ماتریس طراحی را فراهم می‌نمود. بدین ترتیب، هر بافنده (در مجموع ۳۰ بافنده) در تمام حالات ذکر شده، تحت شرایط آزمایشگاهی یکسان به کار بافت می‌پرداخت و اثر "نوع نشستنگاه" و "ارتفاع محل بافت" بر متغیرهای مربوط به وضعیت بدن، شامل: زاویه انحراف سر در صفحه ساجیتال، زاویه انحراف گردن درصفحه ی ساجیتال، زاویه ی انحراف تنه در صفحهٔ ساجیتال، زاویه بازو در صفحه ی ساجیتال و زاویهٔ آرنج مطالعه می‌شد. هریک از متغیر های یاد شده، دارای تعریف مشخصی بوده که در مطالعه چوبینه(۱۳۸۲) تشریح شده اند. متغیر های مربوط به وضعیت بدن با استفاده از سیستم WEPAS که بر اساس تکنولوژی پردازش تصویر و با روش فیلم برداری و آنالیز وضعیت بدن به کمک کامپیوتر زوایای بدن را سنجش می کند (Choobineh A.R. et al. 2004b) ، اندازه گیری شدند. بدین ترتیب، با این روش می‌توان حالات ۹ گانه را با یکدیگر مقایسه نمود و شرایطی را که در آن فرد بهترین وضعیت بدن و راحت‌ترین حالت را دارد مشخص ساخت.

Archive of SID

www.SID.ir

از آنجا که در این طراحی فاکتوریال، مطالعه از نوع "درون موردی"(Within subject) است که درآن یک فرد در تمام حالت های تشکیل دهنده ی ماتریس طراحی شرکت می کند، به منظور حذف "اثـــر انتقـــالی" (Carry- over effect) و"اثر توالی"(Order effect) که می توانند به عنوان متغیر های خارجی مخدوش کننده عمل کنند و تفسیر نتایج آزمایش های درون موردی را با مشکل روبرو سازند، از روند "خنثی سازی" (Counter balancing) استفاده شد (کینیر و گری ۱۳۸۰). در این روند، ترتیب و توالی ارایه حالات گوناگون به افراد شرکت کننده در مطالعه تغییر می کند. بدین ترتیب، اثرات انتقالی و توالی بر روی هریک از شرکت کنندگان به وسیله ی اثرات انتقالی و توالی بر سایر شرکت کنندگان خنثی می شود. بنابراین، انتخاب هریک از حالات ۹ گانه براساس قرعه کشی و به طور تصادفی انجام می گرفت.

ب) تجزیه و تحلیل داده ها:

از آنجا که هر یک از ۳۰ نفر شرکت کننده در این مطالعه، در تمام حالات ۹ گانه از ماتریس طراحی شرکت داشتند و متغیرهای مورد نظر برای آنها اندازه‌گیری شدند، از این رو، اندازه‌گیری ها برای حالات ۹ گانه از یکدیگر مستقل نبوده و در گروه "آزمایش های تکراری" (Repeated measurement) قرار می‌گیرند. بر این اساس، استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه معمولی که نمی‌تواند وابستگی اندازه‌گیری ها را تعدیل نماید، برای تحلیل داده‌های این مطالعه مناسب نمی باشد و می‌باید از روش "آنالیز واریانس درون موردی" (Within Subject ANOVA) استفاده شود. بنابراین، در مطالعه‌ی حاضر اثر "نوع نشستنگاه" و نیز اثر "ارتفاع محل بافت" و همچنین اثر متقابل(Interaction) این دو عامل برروی وضعیت بدن با استفاده از آزمون آنالیز واریانس درون موردی بررسی شد. معنی‌داری اختلاف میان حالات ۹ گانه ماتریس طراحی، با استفاده از آزمونهای t زوج و روش بن فرونی (Bonnferonni) تعیین گشت. سطح قابل قبول بودن اختلاف ها در تمام آزمونها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ($p\leq ۰/۰۵$). کلیه آزمونهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (Ver. 10) انجام شدند.

نتایج :

میانگین (انحراف استاندارد) سن و سابقه‌ی کار افراد مورد مطالعه، به ترتیب برابر با ۲۹/۵(۷/۶) و۱۲/۵ (۹) سال می باشد. شکل شماره ۱، نتایج مربوط به اندازه گیری زوایای ۵ گانه (متغیر های مربوط به وضعیت بدن) را در حالت های گوناگون ماتریس طراحی نشان می دهد. این شکل بر اساس میانگین مقادیر حاصل از اندازه گیری متغیرها در ۳۰ بافندهٔ شرکت کننده در مطالعه تنظیم شده است. لازم به ذکر است که در طراحی فاکتوریال به منظور ارایه ی ساده تر نتایج و نمایش اثر متغیر های مستقل بر متغیرهای وابسته و همچنین اثرات متقابل، استفاده از این نوع شکل متداول است. در این شکل، هر چه مقادیر به صفر نزدیک تر باشند، وضعیت بدن فرد به وضعیت استاندارد نزدیک تر بوده و فشار وضعیتی، کمتر است و از این رو وضعیت بدن مطلوب تر تلقی می شود. بدین ترتیب، امکان تعیین انحراف زوایا از مقادیر مرجع و مقایسه ی حالتهای ۹ گانه ی ماتریس طراحی با یکدیگر فراهم خواهد شد.

به طور کلی، از دیدگاه متغیرهای مربوط به وضعیت بدن که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند، برای وضعیت سر، گردن و تنه، هر چه ارتفاع محل بافت بیشتر باشد، انحراف از حالت طبیعی کمتر است و شرایط بهتری ایجاد می‌شود (شکل ۱: الف، ب، پ). عکس این موضوع در مورد وضعیت شانه‌ها و بازوها صادق می باشد (شکل شماره ۱، ت)؛ بدین معنا که هر چه ارتفاع محل بافت پائین‌تر باشد، وضعیت این ناحیه به حالت طبیعی نزدیک‌تر می‌شود. به علت اینکه بدن، تشکیل دهنده ی یک زنجیره‌ی حرکتی(Kinematic Liknage) است، محل استقرار

Archive of SID

www.SID.ir

دستها، وضعیت سر، گردن، تنه، بازوها و آرنجها را تعیین می‌کند. اگر محل قرار گرفتن دستها پائین باشد خمش سر، گردن و تنه ایجاد می‌شود و اگر محل قرار گرفتن دستها بالا باشد، بالا آمدن بازوها و در نتیجه وضعیت نامطلوب شانه‌ها را سبب می‌گردد. با توجه به اینکه علایم اختلالات اسکلتی- عضلانی در ناحیه‌ی شانه‌ها و کمر، بالاترین شیوع را در قالیبافان دارد (Choobineh A.R. et al. 2004c)، توجه به وضعیت هر دو ناحیه، در عملیات قالیبافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. بنابراین، در اینجا باید به دنبال یک نقطه‌ی توازن گشت. نقطه‌ای که در آن، وضعیت هر دو ناحیه‌ی ذکر شده در نظر گرفته شوند و از وارد شدن فشار وضعیتی بر اندامهای مربوطه جلوگیری شود. نقطه‌ی موازنه در این مطالعه می‌تواند ارتفاع ۲۰+ باشد؛ به طوری که اگر ارتفاع محل بافت در ۲۰+ تنظیم شود شرایط کلی وضعیت سر، گردن و تنه از یک سو و وضعیت شانه‌ها و بازوها از سوی دیگر نامطلوب نبوده و قابل قبول خواهد شد. افزون برآن، این ارتفاع، تأثیر مثبت بر زاویه‌ی آرنج ها داشته و شرایط مطلوبی را برای وضعیت آرنج ها ایجاد می‌نماید (شکل شماره ۱،ث).

در مورد نوع نشستنگاه نیز شایان ذکر است که اصولاً استفاده از نیمکت تأثیر قابل توجهی بر بهبود وضعیت نواحی مختلف بدن بر جای نگذاشت. از آنجا که هنگام نشستن بر روی نیمکت پاها وضعیت نامطلوبی دارد و باعث وارد شدن فشار وضعیتی بر اندامهای انتهایی می‌شود و افزون بر آن افزایش انحراف تنه از حالت طبیعی را به دنبال دارد، بنابراین استفاده از آن را در ایستگاه کار قالیبافی نمی‌توان توصیه نمود. براساس نتایج بدست آمده، در ایستگاه کار قالیبافی می‌توان ازهر دو نشستنگاه معمولی و نشستنگاه بلند با شیب مثبت استفاده کرد؛ زیرا با اینکه این دو نشستنگاه تأثیرکلی مثبت بر وضعیت اندامهای گوناگون بدن داشته‌اند، اما به لحاظ اینکه نشستنگاه بلند با شیب مثبت، بهبود وضعیت تنه را سبب شده، انحراف آن را از حالت طبیعی کاهش می‌دهد (شکل ۱،پ) و علاوه بر آن، باعث افزایش زاویه‌ی تنه- ران می‌شود و آن را به زاویه‌ی 135° نزدیک می سازد این زاویه بهترین زاویه از نظر خمش مهره‌های کمر و وضعیت این ناحیه از ستون فقرات است (Mandal A.C. 1982, 1991; Yu C.Y. et al. 1988; Bridger R.S. 1988) و لذا می‌توان آن را به عنوان نشستنگاه مطلوب در ایستگاه کار قالیبافی معرفی و پیشنهاد نمود.

براساس یافته‌های این مطالعه، دستورالعمل های زیر جهت طراحی و تنظیم ایستگاه کار قالیبافی ارایه شده اند:

الف) بهترین نشستنگاه در عملیات قالیبافی، نشستنگاهی است که ارتفاع آن ۱۵ سانتی‌متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافنده قرار داشته و دارای شیب مثبت 10° باشد؛ بنابراین، استفاده از آن در ایستگاه کار قالیبافی توصیه می‌شود. با توجه به تأثیر مثبت نشستنگاه معمولی (نشستنگاهی که ارتفاع آن برابر با ارتفاع رکبی بافنده است)، این نوع نشستنگاه را نیز می‌توان جهت استفاده در ایستگاه کار قالیبافی توصیه نمود.

ب) بهترین ارتفاع برای تنظیم محل بافت، در حالت نشسته، ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از ارتفاع آرنج است و از این رو توصیه می‌شود محل بافت در این ارتفاع تنظیم شود.

بر اساس نتایج بدست آمده، باور بر این است که ایستگاه کار قالیبافی، که بر پایه ی دستورالعمل های یاد شده طراحی و تنظیم شده است، بهبود وضعیت بدن را سبب شود و از این طریق می تواند کاهش شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی را در قالیبافان، زمینه ساز باشد.

بحث :

هم اکنون، روش تحقیق بر اساس طراحی فاکتوریال در مطالعات ارگونومیک و به ویژه طراحی ایستگاه کار کاربرد فراوانی یافته است و یکی از شیوه های تحقیق معتبر در این زمینه دانسته می شود. ازجمله ویژگی های این روش تحقیق آنست که مطالعهٔ اثر دو یا چند عامل بر متغیر

Archive of SID

www.SID.ir

وابستهٔ مورد نظر نیازمند انجام آزمایشات کمتری است. این روش درمقابل روشی به نام « هر عامل در یک زمان» (one-Factor-at-a-time) قرار می گیردکه در آن، در هر مطالعه تنها یک متغیر بررسی می شود (یعنی تحت شرایطی که سایر متغیرها ثابت هستند یک متغیر تغییر داده می شود و سپس اثر آن برروی متغیر وابسته مطالعه می شود). این روش از سویی نیازمند انجام آزمایشات زیاد است و از سوی دیگر، تعامل میان متغیر ها را نیز آشکار نمی سازد (Box .(G.E.P. et al. 1978

بر خلاف مزایای قابل توجه طراحی فاکتوریال در مطالعات، ایراداتی نیز بر این روش تحقیق وارد است که از آن جمله می توان به اثر انتقالی و اثر توالی اشاره کرد که می توانند به عنوان متغیرهای خارجی مخدوش کننده عمل کرده و تفسیر نتایج آزمایش های درون موردی را با مشکل روبرو سازند. بنابراین، در این نوع مطالعات همواره می بایست روند خنثی سازی و انتخاب تصادفی ترتیب ارایه آزمایش ها به نمونه ها رعایت شود. انتخاب تصادفی آزمایش ها باعث حصول اطمینان از اصیل بودن تکرارهاست.

در مطالعات ارگونومیک مرتبط با طراحی ایستگاه کار، طراحی فاکتوریال با کارآزمایی تطبیقی همراه است، بدین معنی که ابعاد اجزاء گوناگون ایستگاه کار به طور سیستماتیک تغییر داده می شوند (متغیر های مستقل) و اثر فیزیکی یا روانی آن (مثلاً وضعیت بدن یا احساس راحتی به عنوان متغیر های وابسته) بر روی آزمایش شوندگان ثبت می گردد. این شیوه یکی از شیوه های اصیل و پر کاربرد در توسعه و ارایه ی استانداردهای طراحی ایستگاه کار در فعالیت های شغلی گوناگون است که به برخی از آنها در جدول ۱ اشاره شده است.

در مثالی که از کاربرد طراحی فاکتوریال در طراحی ایستگاه کار قالیبافی ارایه شد، آزمایش ها از نوع درون موردی بودند که درآن از هر فرد به عنوان شاهد خویش استفاده می شد. این موضوع باعث خنثی شدن اثر مخدوش کنندگی ناشی از تفاوت های فردی می گردد. افزون بر آن، در این طراحی از شرکت کنندگان، بسیار بیشتر استفاده می شود که سبب استفاده ی بهتر از وقت و امکانات و کاهش هزینه تحقیق می گردد.

در تحقیقی که به عنوان مثالی از کاربرد طراحی فاکتوریال ارایه شد، نتایج نشان دادند که ارتفاع محل بافت، بر وضعیت ناحیه سر، گردن، تنه، بازوها و آرنج ها مؤثر است($p<$ ۰/۰۰۰۱). اگر این ارتفاع در ۲۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرنج در حالت نشسته تنظیم شود، وضعیت نواحی یاد شده قابل قبول خواهد بود. همچنین نتایج نشان دادند که نوع نشستنگاه، بر وضعیت تنه، بازوها و آرنج ها دارای اثر معنی دار است($p \leq$ ۰/۰۱۳). بهترین وضعیت در این نواحی، هنگامی ایجاد می شود که در ایستگاه قالیبافی از نشستنگاه معمولی یا نشستنگاه بلند با شیب مثبت استفاده شود. طراحی و تنظیم ایستگاه کار قالیبافی بر اساس نتایج یاد شده، به بهبود وضعیت بدن بافنده هنگام کار می انجامد و از آن طریق به کاهش شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی دراین فعالیت شغلی کمک می کند. نتایج یاد شده که حاصل مطالعه ای مبتنی بر طراحی فاکتوریال است، می تواند در استاندارد سازی ایستگاه کار قالیبافی استفاده شود.

نتیجه گیری:

برای تعیین عوامل تعیین کننده وضعیت بدن، استفاده از طراحی فاکتوریال سودمند است. با این طراحی، تأثیر سطوح گوناگون از متغیر های مربوط به ایستگاه کار بر وضعیت بدن فرد در هنگام کار، مطالعه می شود. بدین ترتیب، می توان الگوی مناسبی از تأثیر متغیر های مستقل بر وضعیت بدن هنگام کار را ارایه کرد و تعامل بین آنها را توصیف نمود. در ارگونومی کاربرد طراحی فاکتوریال در مطالعهٔ عوامل تعیین کننده وضعیت بدن، تحت عنوان "متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن" شناخته می شودکه امروزه

Archive of SID

www.SID.ir

در ارایه ی دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار و وضع استانداردها کاربرد بسیاری یافته است. در مثالی که در این زمینه مطرح شد، با استفاده از طراحی فاکتوریال، دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار قالیبافی ارایه گردید. براین اساس، در ایستگاه کار قالیبافی اگر از نشستنگاهی استفاده شود که دارای شیب مثبت بوده و ۱۵ سانتی متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافنده تنظیم شود و همچنین ارتفاع محل بافت، ۲۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرنج در حالت نشسته قرار گیرد، وضعیت بدن بافنده هنگام کار بهبود یافته، از فشار بیومکانیکی وارد بر ساختارهای اسکلتی- عضلانی بدن وی کاسته شده و بدین ترتیب خطر بروز آسیب های اسکلتی- عضلانی در این فعالیت شغلی کاهش می یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱ - برخی مطالعات ارگونومیک که براساس طراحی فاکتوریال به ارایه وتوسعهٔ دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار پرداخته اند.

مرجع	ایستگاه کار	تعداد حالتهای آزمون شده در ماتریس طراحی	نتیجه
Delleman 1992, 1999 Delleman and Brendsen 1992	VDT*	۸	صفحه نمایش در ارتفاعی قرار گیرد که خط بینایی در محدوده ۶ تا ۹ درجه زیر خط افق واقع شود.
Delleman 1991, 1992, 2000	تعمیر و نگهداری (برش استیلن و سمباده زنی)	۵	دربرش استیلن ارتفاع سطح کار از۱۰- تا ۱۰+ سانتی متر نسبت به ارتفاع آرنج تنظیم شود.در عملیات سمباده زنی ارتفاع سطح کار ۳۵ سانتی متر زیر ارتفاع آرنج قرار گیرد.
Delleman 1992, 1999	خیاطی	۱۰	ارتفاع سطح میز کار۵ تا ۱۵سانتیمتر بالاتر از ارتفاع آرنج تنظیم شود و سطح آن ۱۰ درجه به سمت کارور شیب داشته باشد.
Yu et al. 1988	صندلی خیاطی	۸	صندلی مناسب ارتفاعی قابل تنظیم در گستره ی ۵۱ تا ۶۱ سانتی متر داشته و به راحتی به سمت جلو و عقب حرکت کند.
Li et al. 1995	خیاطی	۹	میز خیاطی ۱۰ درجه به سمت کارور شیب داشته وسوزن دستگاه خیاطی ۲۰ درجه به سمت عقب متمایل باشد.
Delleman 1999	پرسکاری	۶	ارتفاع قطعه کار وقتی بر روی سطح پرس قرار می گیرد ۵ تا ۱۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرنج واقع شود.
Bridger 1988 Bridger et al. 1989	مطالعه (فعالیت های تحریری)	۴	سطح نشستنگاه به سمت جلو شیب داشته (شیب مثبت) وسطح میز کار به سمت کارور شیب داشته باشد.
Bendix 1984	مطالعه (فعالیت های تحریری)	۶	سطح نشستگاه دارای شیب مثبت بوده و ارتفاع آن بلند باشد.

* Video Display Terminal

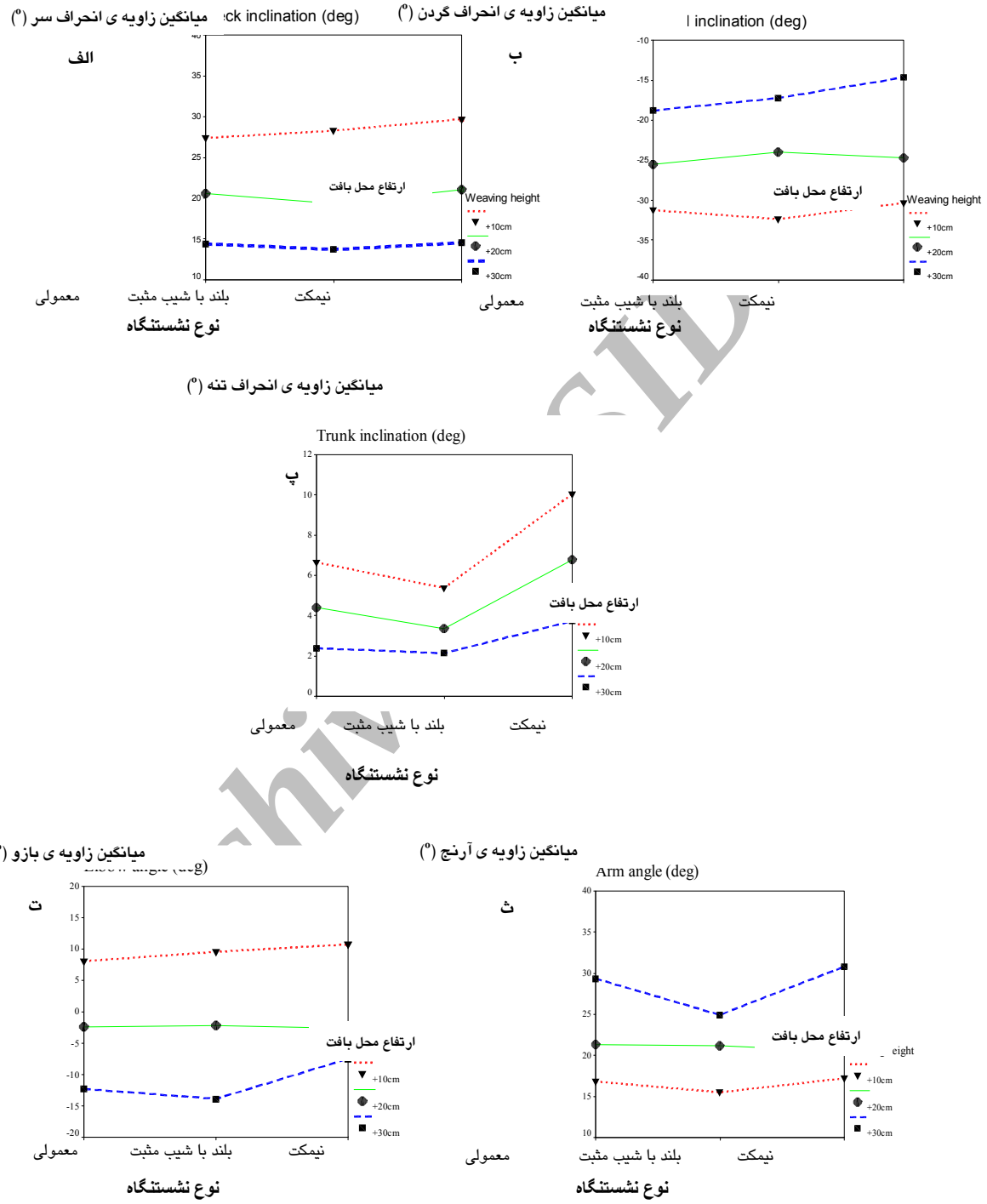
جدول۲ - سطوح گوناگون متغیرهای مربوط به ایستگاه کار (متغیرهای مستقل) در ماتریس طراحی همراه با کدگذاری حالات ۹ گانه آن.

ارتفاع محل بافت (cm)*	نشستنگاه معمولی	نشستنگاه بلند با شیب مثبت ۱۰°	نشستنگاه‌سنتی (نیمکت)
۱۰	A	B	C
۲۰	D	E	F
۳۰	G	H	I

* بالای ارتفاع آرنج در حالت نشسته.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمودار اثر نوع نشستنگاه و ارتفاع محل بافت بر الف) زاویه انحراف سر، ب) زاویه انحراف گردن، پ) زاویه انحراف تنه، ت) زاویه بازو، ث) زاویه آرنج در حالات ۹ گانه از ماتریس طراحی.

www.SID.ir

منابع:

چوبینه، علیرضا.(۱۳۸۲) پایان نامه برای دریافت درجه دکترای تخصصی در رشته بهداشت حرفه ای. ارایه ی مدل ارگونومیک ایستگاه کار قالیبافی با تأکید بر وضعیت بدنی مناسب، برپایه ی بررسی میدانی و مداخله های آزمایشگاهی. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران (سال تحصیلی ۸۳-۱۳۸۲).

کینیر، پاول .گری، کارل. (۱۳۸۰) کتاب آموزشی SPSS 10 . مترجم: فتوحی اردکانی، ا، تهران، انتشارات چرتکه.

Ayoub M.M. (1973) Workplace design and posture, *Human Factors*. **15**(3): 265-268.

Bendix T. (1984) Seated trunk posture at various seat inclinations, seat heights, and table heights, *Human Factors*. **26**(6): 695-703.

Box G.E.P., Hunter W.G. and Hunter J.S. (1978) Statistics for experimenters: An introduction to design, data analysis, and model building. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Bridger R. (1988) Postural adaptations to a sloping chair and work surface, *Human Factors*. **30**(2): 237-247.

Bridger R.S., Eisenhart-rothe C.V. and Henneberg M. (1989) Effects of seat slope and hip flexion on spinal angles in sitting, *Human Factors*. **31**(6): 679-688.

Choobineh A.R., Lahmi M.A., Hosseini M., Shahnavaz H. and Khani Jazani R. (2004a) Workstation design in carpet hand-weaving operation: guidelines for prevention of musculoskeletal disorders, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. **10**(4): 411-424.

Choobineh A.R., Hosseini H., Lahmi M.A., Sharifian S. and Hashemi Hosaini A. (2004b) Weaving Posture Analyzing System (WEPAS): Introduction and Validation, *International Journal of Industrial Ergonomics*. **32**(2): 139-147.

Choobineh A.R., Lahmi M.A., Shahnavaz H., Khani Jazani R. and Hosseini M. (2004c) 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*. **10**(2):157-168.

Clark D.R. (1996) Workstation evaluation and design. **In:** Bhattacharya, A. and McGlothlin J.D. (Eds.), Occupational Ergonomics: Theory and practice. New York: Marcel Dekker.

Delleman N.J. (1991) A method to formulate ergonomic guidelines for preventive of musculoskeletal disorders based on objective and subjective measurements. **In:** Proceedings of the eleventh congress of the International Ergonomics Association: 266-268. Paris.

Delleman N.J. (1992) Visual determinants of working posture. **In:** Mattila, M. and Karwowski W. (Eds.), Computer applications in ergonomics, occupational safety and health. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland.

Delleman N.J. (1999) PhD thesis: Working postures, prediction and evaluation. TNO Human Factors Research Institute, the Netherlands.

Delleman N.J. (2000) Maintenance operations: Workstation adjustment, working posture, and workers' perceptions, *International Journal of Occupational safety and Ergonomics*. **6**(1):3-46.

Delleman N.J. and Berndsen M.B. (1992) Computer-aided postural analysis on optimum workstation adjustment for VDU operations. **In:** Mattila, M. and Helander M.G. (1995). A guide to the ergonomics of manufacturing. London: Taylor & Francis.

Freudenthal A., Van Riel M.P.J.M., Molenbroek J.F.M. and Snijders C.J. (1991) The effect on sitting posture of a

Archive of SID

www.SID.ir

Landauer T.K. and Prabhu P. (Eds.), Handbook of human-computer interaction (2nd edition). Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland.

Li G., Haslegrave C.M. and Corlett E.N. (1995) Factors affecting posture for machine sewing tasks, *Applied Ergonomics*. **26**(1): 35-46.

Mandal A.C. (1982) The correct height of school furniture, *Human Factors*. **24**(3): 257-269.

Mandal A.C. (1991) Investigation of the lumber flexion of a seated man, *International Journal of Industrial Ergonomics*. **8:** 75-87.

Van Wely P. (1970) Design and disease, *Applied Ergonomics*. 262-269.

Yu C.Y., Keyserling W.M. and Chaffin D.B. (1988) Development of a work seat for industrial sewing operations: Results of a laboratory study, *Ergonomics*. desk with a ten-degree inclination using an adjustable chair and table, *Applied Ergonomics*. **22**(5): 329-336.

Helander M.G. (1995) A guide to the ergonomics of manufacturing. London: Taylor & Francis.

Hsiao H. and Keyserling W.M. (1991) Evaluating posture behavior during seated tasks, *International Journal of Industrial Ergonomics*. **8:**313-334.

Kadefors R. (1998) An integrated approach in the design of workstations. **In:** Stellman J.M. (Ed.), Encyclopaedia of occupational health and safety (4th edition). **I:** 29.56-29.60. ILO, Geneva.

Kroemer K.H.E. (1988) VDT workstation design. In: Helander, M. (Ed.), Handbook of human-computer interaction. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland.

Kroemer K.H.E. (1997) Design of the computer workstation. **In**: Helander, M., **31**(12): 1765-1786.

Archive of SID

www.SID.ir