

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

دکتر علیرضا چوبینه: استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
نویسنده رابط: alrchoobin@sums.ac.ir

دکتر مصطفی حسینی: دانشیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت و انسیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
دریافت: ۸۴/۳/۱۰ پذیرش: ۸۴/۸/۸

چکیده:

زمینه و هدف: رابطه نزدیکی میان وضعیت بدن (پوسچر) و طراحی ایستگاه کار وجود دارد؛ به گونه‌ای که مشکلات وضعیت بدن و انحراف آن از حالت طبیعی، ناشی از طراحی نادرست ایستگاه کار می‌باشد. 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 از طراحی فاکتوریال سودمند است. با این متداولوژی، متغیرهایی از ایستگاه کار که بر وضعیت بدن تأثیر می‌گذارند شناسایی شده، آنگاه شخص می‌شود که این متغیرها در چه حد وحدودی باشند تا بهترین وضعیت بدن ایجاد شود، بدین ترتیب، استانداردهای طراحی ایستگاه کار ارایه می‌شوند.

در این مقاله که با هدف معرفی طراحی فاکتوریال در شناسایی عوامل تعیین کننده وضعیت بدون و طراحی ایستگاه کار نگارش شده است، نمونه‌ای از کاربرد این متداولوژی در ایجاد دستورالعمل‌های طراحی ایستگاه کار در عملیات قالب‌گذاری ارایه شده است.

روش کار: ماتریس طراحی در این مطالعه، از ۹ سلول (طراحی فاکتوریال 3×3) تشکیل شده که در آن ۹ حالت از نظر "نوع نشستنگاه" و "ارتفاع بافت" وجود دارد و نیازمند انجام ۹ آزمایش گوناگون است. ۳۰ بافت‌های حرفه‌ای، در هریک از حالات ۹ گانه به بافت پرداختند، آنگاه اثر سطوح مختلف متغیرهای یاد شده بر وضعیت بدن مطالعه شدند. نتایج بدست آمده در حالات ۹ گانه با یکدیگر مقایسه و شرایطی که در آن فرد بهترین و راحت ترین وضعیت بدنی را دارد مشخص گردید.

نتایج: براساس نتایج بدست آمده، در ایستگاه کار قالب‌گذاری اگر از نشستنگاهی استفاده شود که دارای شب مثبت بوده و ۱۵ سانتی متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافت‌های تنظیم شود و همچنین ارتفاع محل بافت، ۲۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرچ در حالت نشسته قرار گیرد، وضعیت بدن بافت‌های 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 می‌یابد.

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

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

مقدمه:**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 وضعیت استفاده از طراحی فاکتوریال سودمند است. با این طراحی، رفتار هریک از متغیرها در سطوح 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 بر روی وضعیت بدن هنگام کار انجام می شوند، با عنوان «متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن» (Posture Evaluation Methodology) شناخته (Hsiao H. and Keiserling W.M. 1991) می شود. 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 درجه حد وحدوی 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 از متغیرهای مستقل (عوامل تعیین کننده وضعیت بدن) تأثیر بیشتری بر متغیر وابسته (وضعیت بدن) داشته و مهم ترند، ب) مطالعه در چه محدوده ای از متغیرهای مستقل باید انجام گیرد و سرانجام، پ) چه رابطه ای بین متغیرها وجود دارد (خطی، لگاریتمی و...). هم اکنون، طراحی فاکتوریال در مطالعات 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 ای ارایه و توسعه 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

مطالعات، رابطه نزدیکی را میان وضعیت بدن و طراحی ایستگاه کار نشان داده اند، 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 تطابق ابعادی بین ویژگی های آنتروپومتریک فرد و طراحی ایستگاه کار وجود نداشته باشد، وضعیت بدن حالت طبیعی و خشی نداشته و فشار وضعیتی بر فرد وارد خواهد شد. چنین حالتی می تواند 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 می شود؛ به طوری که با مطالعه وضعیت بدن کارگر هنگام کار، می توان 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 می شود 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 اساسی تر و بنیادی تر از طراحی ایستگاه کار نمی باشد، به طوری که تدرستی، ایمنی و بهره وری 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 کننده سلامت فرد و از سوی دیگر تضمین کننده کیفیت محصول و بهره وری نیروی کار است (Kadefors R. 1998).

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 بافندۀ 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 3×3 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 قالبیافی آزمایشی، امکان ایجاد ۹ حالت موجود در ماتریس طراحی را فراهم می نمود. بدین ترتیب، هر بافندۀ (در مجموع ۳۰ بافندۀ) در تمام حالات ذکر شده، تحت شرایط آزمایشگاهی یکسان به کار بافت می پرداخت و اثر "نوع نشستنگاه" و "ارتفاع محل بافت" بر متغیرهای مربوط به وضعیت بدن، شامل: زاویه انحراف سر در صفحه ساجیتال، زاویه انحراف گردن در صفحه ی ساجیتال، زاویه ی انحراف تنۀ در صفحه ساجیتال، زاویه بازو در صفحه ی ساجیتال و زاویه آرنج مطالعه می شد. هریک از متغیرهای یاد شده، دارای تعریف مشخصی بوده که در مطالعه چوبینه (۱۳۸۲) تشریح شده اند. متغیرهای 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 et al. 2004b)، اندازه گیری شدند. بدین ترتیب، با این روش می توان حالات ۹ گانه را با یکدیگر مقایسه نمود و شرایطی را که در آن فرد بهترین وضعیت بدن و راحت ترین حالت را دارد مشخص ساخت.

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 شود که حاصل تجربیات نویسندها مقاله بوده و بر اساس طراحی فاکتوریال، دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار قالبیافی را ارایه می دهد.

روش کار:

الف) طراحی فاکتوریال در طراحی ایستگاه کار قالبیافی:
 در این مطالعه می آزمایشگاهی، از طریق کارآزمایی تطبیقی (Fitting trial) و براساس "متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن" پارامتر های ایستگاه کار (متغیرهای مستقل) در سطوح گوناگون تغییر داده شدند و آنگاه اثر این تغییرات بر متغیرهای وابسته (متغیرهای مربوط به وضعیت بدن) مورد مطالعه قرار گرفتند (Choobineh A.R. et al. 2004a). در این تحقیق، ۳۰ بافندۀ 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 در عملیات قالبیافی، "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 (جدول ۲).

(Bonnferonni) تعیین گشت. سطح قابل قبول بودن اختلاف ها در تمام آزمونها، $0.05 \leq p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد (p). کلیه آزمونهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (Ver. 10) انجام شدند.

نتایج :

میانگین (انحراف استاندارد) سن و سابقه کار افراد مورد مطالعه، به ترتیب برابر با $29/5$ و $7/6$ (۹/۵ و ۱۲/۵) 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 بافتندۀ 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 حالت های 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 تنہ، هر چه ارتفاع محل بافت بیشتر باشد، انحراف از حالت طبیعی کمتر است و شرایط بهتری ایجاد می شود (شکل ۱: الف، ب، پ). عکس این موضوع در مورد وضعیت شانه ها و بازو ها صادق می باشد (شکل شماره ۱، ت)؛ بدین معنا که هر چه ارتفاع محل بافت پائین تر باشد، وضعیت این ناحیه به حالت طبیعی نزدیک تر می شود. به علت اینکه بدن، تشکیل دهنده ی یک زنجیره ای حرکتی (Kinematic Liknage) است، محل استقرار

از آنجا که در این طراحی فاکتوریال، مطالعه از نوع "درون موردی" (Within subject) است که در آن یک فرد در تمام حالت های تشکیل دهنده ی ماتریس طراحی شرکت می کند، به منظور حذف "اثر انتقالی" (Order effect) و "اثر توالی" (Carry-over effect) که می توانند به عنوان متغیر های خارجی مخلوش کننده عمل کنند و تفسیر نتایج آزمایش های درون موردی را با مشکل 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 خشی 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 اندازه گیری شدند، از این رو، اندازه گیری ها برای حالات ۹ گانه از یکدیگر مستقل نبوده و در گروه "آزمایش های تکراری" (Repeated measurement) قرار می گیرند. بر این اساس، استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه معمولی که نمی تواند وابستگی اندازه گیری ها را تعدیل نماید، برای تحلیل داده های این مطالعه مناسب نمی باشد و می باید از روش "آنالیز واریانس درون موردی" (Within Subject ANOVA) استفاده شود. بنابراین، در مطالعه حاضر اثر "نوع نشستنگاه" و نیز اثر "ارتفاع محل بافت" و همچنین اثر متقابل (Interaction) این دو عامل بروی وضعیت بدن با استفاده از آزمون آنالیز واریانس درون موردی بررسی شد. معنی داری اختلاف میان حالات ۹ گانه ماتریس طراحی، با استفاده از آزمونهای t زوج و روش بن فرونی

حالات طبیعی کاهش می‌دهد (شکل ۱، پ) و علاوه بر آن، باعث افزایش زاویه‌ی تنه-ران می‌شود و آن را به زاویه‌ی 135° نزدیک می‌سازد این زاویه بهترین زاویه از نظر خمس 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) ولذا می‌توان آن را به عنوان نشستنگاه مطلوب در ایستگاه کار قالبیافی معرفی و پیشنهاد نمود.

براساس یافته‌های این مطالعه، دستورالعمل‌های زیر جهت طراحی و تنظیم ایستگاه کار قالبیافی ارایه شده اند:

- (الف) بهترین نشستنگاه در عملیات قالبیافی، نشستنگاهی است که ارتفاع آن 15 سانتی‌متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافندۀ قرار داشته و دارای شبیث مثبت 10° باشد؛ بنابراین، استفاده از آن در ایستگاه کار قالبیافی توصیه می‌شود. با توجه به تأثیر مثبت نشستنگاه معمولی (نشستنگاهی که ارتفاع آن برابر با ارتفاع رکبی بافندۀ است)، این نوع نشستنگاه را نیز می‌توان جهت استفاده در ایستگاه کار قالبیافی توصیه نمود.
- (ب) بهترین ارتفاع برای تنظیم محل بافت، در حالت نشسته، 20 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 قالبیافی، که بر پایه‌ی دستورالعمل‌های یاد شده طراحی و تنظیم شده است، بهبود وضعیت بدن را سبب شود و از این طریق می‌تواند کاهش شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی را در قالبیافان، 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 شیوه‌های تحقیق معتبر در این زمینه دانسته می‌شود. از جمله ویژگی‌های این روش تحقیق آنست که مطالعه اثر دو یا چند عامل بر متغیر

دستها، وضعیت سر، گردن، تنہ، بازوها و آرنجها را تعیین می‌کند. اگر محل قرار گرفتن دستها پائین باشد خمین سر، گردن و تنہ 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 قالبیافان دارد (Choobineh A.R. et al. 2004c)، توجه به وضعیت هر دو ناحیه، در عملیات قالبیافی 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 موازن در این مطالعه می‌تواند ارتفاع $+20$ باشد؛ به طوری که اگر ارتفاع محل بافت در $+20$ تنظیم شود شرایط کلی وضعیت سر، گردن و تنہ 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 آرنج‌ها داشته و شرایط مطلوبی را برای وضعیت آرنج‌ها 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 تنہ از حالت طبیعی را به دنبال دارد، بنابراین استفاده از آن را در ایستگاه کار قالبیافی نمی‌توان توصیه نمود. براساس نتایج بدست آمده، در ایستگاه کار قالبیافی می‌توان از هر دو نشستنگاه معمولی و نشستنگاه بلند با شبیث مثبت استفاده کرد؛ زیرا با اینکه این دو نشستنگاه تأثیرکلی مثبت بر وضعیت اندامهای گوناگون بدن داشته‌اند، اما به لحاظ اینکه نشستنگاه بلند با شبیث مثبت، بهبود وضعیت تنہ را سبب شده، انحراف آن را از

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 ای 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، تن، بازوها و آرنج ها مؤثر است($p < 0.0001$). 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 تن، بازوها و آرنج ها دارای اثر معنی دار است($p \leq 0.013$). بهترین وضعیت در این نواحی، هنگامی ایجاد می شود که در ایستگاه قالبافی از نشستنگاه معمولی یا نشستنگاه بلند با شبیب مثبت استفاده شود. طراحی و تنظیم ایستگاه کار قالبافی بر اساس نتایج یاد شده، به بهبود وضعیت بدن بافتنه هنگام کار می انجامد و از آن طریق به کاهش شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی در این فعالیت شغلی کمک می کند. نتایج یاد شده که حاصل مطالعه ای مبتنی بر طراحی فاکتوریال است، می تواند در استاندارد سازی ایستگاه کار قالبافی 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 مطالعه عوامل تعیین کننده وضعیت بدن، تحت عنوان "متدولوژی ارزیابی وضعیت بدن" شناخته می شود که امروزه

وابسته مورد نظر نیازمند انجام آزمایشات کمتری است. این روش در مقابل روشنی به نام «هر عامل در یک زمان» (one-factor-at-a-time) قرار می گیرد که 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 بر روی متغیر وابسته مطالعه می شود). این روش از سویی نیازمند انجام آزمایشات زیاد است و از سوی دیگر، تعامل میان متغیرها را نیز آشکار نمی سازد (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 موردي را با مشکل روپرور 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 بعد از اجزاء گوناگون ایستگاه کار به طور سیستماتیک تغییر داده می شوند (متغیر های مستقل) و اثر فیزیکی یا روانی آن (مثالاً 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 ای 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 قالبافی ارایه شد، آزمایش ها از نوع درون موردي بودند که در آن از هر فرد به عنوان شاهد

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.

در ارایه‌ی 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 قالبیافی ارایه گردید. براین اساس، در ایستگاه کار قالبیافی اگر از نشستنگاهی استفاده شود که دارای شب مثبت بوده و ۱۵ سانتی متر بالاتر از ارتفاع رکبی بافنده تنظیم شود و همچنین ارتفاع

جدول ۱ - برخی مطالعات ارگونومیک که براساس طراحی فاکتوریال به ارایه و توسعه دستورالعمل های طراحی ایستگاه کار پرداخته اند.

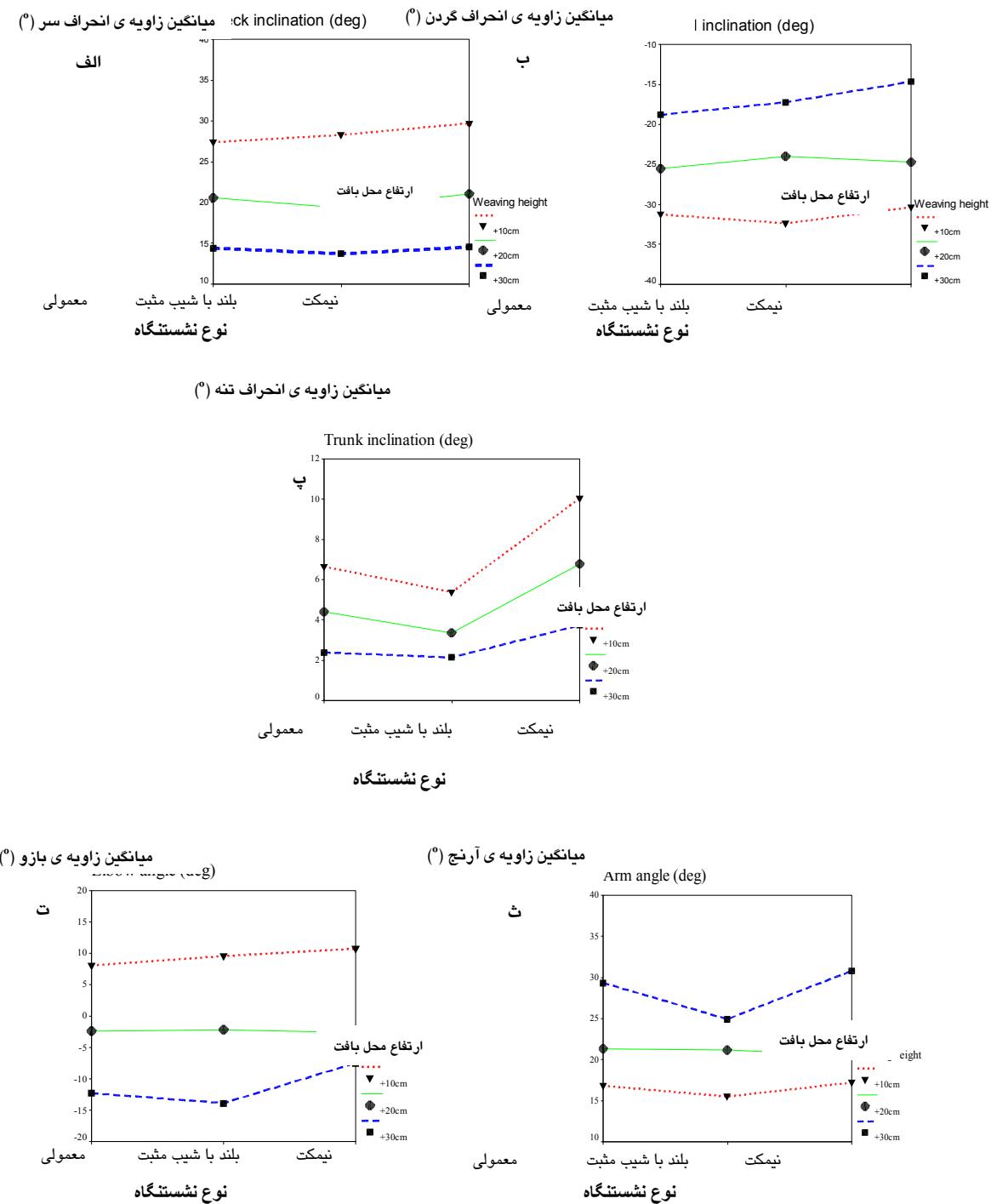
نتیجه	تعداد حالت های آزمون شده در ماتریس طراحی	ایستگاه کار	مرجع
صفحه نمایش در ارتفاعی قرار گیرد که خط بینایی در محدوده ۶ تا ۹ درجه زیر خط افق واقع شود.	۸	VDT*	Delleman 1992, 1999 Delleman and Brendsen 1992
دربریش استیلن ارتفاع سطح کار از ۱۰- تا +۱۰ سانتی متر نسبت به ارتفاع آرنج تنظیم شود. در عملیات سمباده زنی ارتفاع سطح کار ۲۵ سانتی متر زیر ارتفاع آرنج قرار گیرد.	۵	تعمیر و نگهداری (برش استیلن و سمباده زنی)	Delleman 1991, 1992, 2000
ارتفاع سطح میز کاره ۵ تا ۱۵ سانتیمتر بالاتر از ارتفاع آرنج تنظیم شود و سطح آن درجه به سمت کارور شیب داشته باشد.	۱۰	خیاطی	Delleman 1992, 1999
صندلی مناسب ارتفاعی قبل تنظیم در گستره ۵۱ تا ۶۱ سانتی متر داشته و به راحتی به سمت جلو و عقب حرکت کند.	۸	صندلی خیاطی	Yu et al. 1988
میز خیاطی ۱۰ درجه به سمت کارور شیب داشته و سوزن دستگاه خیاطی ۲۰ درجه به سمت عقب تمایل باشد.	۹	خیاطی	Li et al. 1995
ارتفاع قطعه کار وقیعی بر روی سطح پرس قرار می گیرد ۵ تا ۱۰ سانتی متر بالاتر از ارتفاع آرنج واقع شود.	۶	پرسکاری	Delleman 1999
سطح نشستنگاه به سمت جلو شیب داشته (شیب مثبت) و سطح میز کار به سمت کارور شیب داشته باشد.	۴	مطالعه (فعالیت های تحریری)	Bridger 1988 Bridger et al. 1989
سطح نشستنگاه دارای شیب مثبت بوده و ارتفاع آن بلند باشد.	۶	مطالعه (فعالیت های تحریری)	Bendix 1984

* Video Display Terminal

جدول ۲ - سطوح گوناگون متغیرهای مربوط به ایستگاه کار (متغیرهای مستقل) در ماتریس طراحی همراه با کدگذاری حالات گانه آن.

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

* بالای ارتفاع آرنج در حالت نشسته.



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

- 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

منابع:

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

- 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.