


Relationship Between Usability Scale Score and Dimensional Properties and Weight of Socket Wrench in a Simulated Task

Mahnaz Ahmadlu¹, Mostafa Pouyakian^{2*}, Mohammad Ranjbarian³, Soheila Khodakarim⁴

1. MSc of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Lecturer, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Epidemiology, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

| Article Info | Abstract |
|--|---|
| <p>Original Article</p> <p>Received: 2018/09/09 Accepted: 2019/09/07 Published Online: 2019/09/07 DOI:</p> <p>Use your device to scan and read the article online</p>  | <p>Background and Objectives: There are various models of socket wrench in the market varying in the length and diameter of handle and weight. Each of these features alone can modify the force applied by the hand and affect how comfortable the user is. The purpose of this study was to investigate the relationship between dimensional properties and weight of several models of socket wrench with their usability index score.</p> <p>Methods: 58 male technicians from maintenance units of Shahid Beheshti University of Medical Sciences performed the task of opening 12 bolts with 8 N/m of torque using 6 models of socket wrench with different physical properties. The sample size was selected based on proposed figures for usability studies. The System Usability Index (SUS) validated questionnaire was used to determine the usability score of each model after the experiment. The study was conducted in 2017. SPSS 21 was used for data analysis.</p> <p>Results: The results showed that there was a significant relationship between usability index score and dimensional properties and weight of wrenches ($P < 0.001$). Wrench models with longer handle and diameter size close to optimum range of diameter of hand tools for male users had a higher usability score, and participants reported a better test experience with these models.</p> <p>Conclusion: Using the System Usability Index (SUS Questionnaire) to measure the quality of human-centered design of hand tools is a good way to evaluate and select the hand tools that are widely used by technical staff. The results of this study are valid for short-term applications of wrenches. However, for long time activities, epidemiological and physiological evidences such as EMG should also be used.</p> <p>Keywords: Hand tools, Socket wrench, Weight, Handle length and diameter, Usability, SUS questionnaire</p> |

Corresponding Information

Mostafa Pouyakian

Assistant professor, School of public health and safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Email:

pouyakian@sbmu.ac.ir

How to Cite This Article:

Ahmadlu M, Pouyakian M, Rnjbarian M, Khodakarim S. Relationship Between Usability Scale Score and Dimensional Properties and Weight of Socket Wrench in a Simulated Task. Iran J Ergon. 2019; 7 (2) :30-38

ارتباط نمره مقیاس کاربردپذیری با ویژگی‌های ابعادی و وزن ابزار آچاربکس در وظیفه شبیه‌سازی شده

مهناز احمدلو^۱، مصطفی پویاکیان^{۲*}، محمد رنجبریان^۳، سهیلا خداکریم^۴

۱. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران
۳. مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|--|---|
| تاریخ وصول: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸ | زمینه و هدف: مدل‌های متنوعی از ابزار آچاربکس در بازار مصرف وجود دارند که دارای وزن، طول دسته و قطر دسته متفاوتی هستند. هریک از این ویژگی‌ها می‌تواند به‌تنهایی نیروی اعمال‌شده دست را تغییر دهد و بر احساس راحتی کاربر تأثیرگذار باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط ویژگی‌های ابعادی و وزن چند مدل مختلف از ابزار آچاربکس با نمره شاخص کاربردپذیری آنها انجام شد. |
| تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶ | روش کار: ۵۸ تکنسین مرد از کارکنان واحدهای تأسیسات و نگهداری وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، ۱۲ مهره با میزان سفتی ۸ N/m گشتاور را به کمک شش مدل آچاربکس با ویژگی‌های فیزیکی متفاوت باز کردند. حجم نمونه براساس تعداد پیشنهاد شده در مطالعات کاربردپذیری انتخاب شد. برای تعیین نمره کاربردپذیری هریک از مدل‌ها، از پرسشنامه اعتبارسنجی‌شده شاخص کاربردپذیری سیستم (SUS) پس از آزمایش استفاده شد. مطالعه در سال ۱۳۹۶ صورت گرفت و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. |
| انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶ | یافته‌ها: میان شاخص کاربردپذیری با پارامترهای فیزیکی آچاربکس‌ها ارتباط معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد ($P < 0.001$). آچاربکس‌هایی با طول دسته بلندتر و قطر دسته در محدوده قطر بهینه دسته ابزارهای دستی برای مردان نمره کاربردپذیری بیشتری به دست آورده است و شرکت‌کنندگان تجربه بهتری از اجرای آزمون با این مدل‌ها داشته‌اند. |
| نویسنده مسئول: مصطفی پویاکیان | نتیجه‌گیری: استفاده از شاخص کاربردپذیری سیستم (پرسشنامه SUS) به‌منظور سنجش کیفیت طراحی انسان‌محور ابزارهای دستی، روشی مناسب برای ارزیابی و انتخاب ابزارهای دستی پرمصرف کارکنان مشاغل فنی است. نتایج این ارزیابی برای کاربردهای کوتاه‌مدت بسیار معتبر است، اما برای فعالیت‌های طولانی باید از شاخص‌های غیرذهنی و فیزیولوژیک مانند الکترومیوگرافی (EMG) استفاده کرد. |
| استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران | واژه‌های کلیدی: ابزار دستی، آچاربکس، وزن، طول و قطر دسته، کاربردپذیری، پرسشنامه SUS |
| پست الکترونیک: pouyakian@sbmu.ac.ir | |

مقدمه

ابزارهای دستی طیف زیادی از تجهیزات هستند که در بسیاری از فعالیت‌های صنعتی، خدماتی و حتی خانگی کاربرد دارند و با استفاده از نیروی دست به کار گرفته می‌شوند [۱]. انواع آچار، پیچ‌گوشی و انبر تنها بخشی از ابزارهای دستی متنوعی هستند که در این فعالیت‌ها کاربرد دارند. این ابزارها از نظر قدرت چنگش به دستی قدرتی و غیرقدرتی تقسیم می‌شوند. استفاده از ابزارهای دستی با حرکات تکراری همراه است که یکی از عوامل آسیب‌های مزمن اسکلتی-عضلانی هستند. براساس گزارش دفتر آمار کار آمریکا در سال ۲۰۰۵، حدود ۱۴ درصد آسیب‌های اسکلتی-عضلانی

کارکنان مشاغل فنی و مکانیکی به‌دلیل کار با ابزارهای دستی است [۲]. این آسیب‌ها به‌صورت تنش‌های موضعی عضله و فشارهای بیومکانیکی و دردهای ناشی از آن ظاهر می‌شوند و ضمن کاهش سلامت جسمی و ایجاد بیماری، بر ایمنی، بازده و بهره‌وری کار و درنهایت کیفیت محصول تأثیر نامطلوب دارند [۳، ۴]. بنابراین رعایت اصول ارگونومی در طراحی و ساخت این ابزارها سهم زیادی در کاهش آسیب‌های اسکلتی-عضلانی و رسیدن به سطح مناسبی از رضایت و ایمنی خواهد داشت [۵]. همچنین احساس راحتی در کار با ابزارهای دستی نقش بسزایی در تصمیم‌گیران به ادامه استفاده از آن ابزار دارد. در این میان، عوامل مهمی بر احساس راحتی یا ناراحتی کاربران از ابزار مؤثر است. طراحی

آچاربکس نوعی آچار تک‌دسته است که بیشتر برای باز و بسته کردن پیچ و مهره‌هایی که نیازمند نیروی زیاد و سرعت عمل بالا هستند استفاده می‌شود. این ابزار به‌طور گسترده در مشاغل تأسیساتی، مکانیکی و مونتاژ کاربرد دارد و از نظر مکانیکی اهرم نوع دوم محسوب می‌شود که در آن، بار میان تکیه‌گاه و نیروی اعمال‌شده قرار می‌گیرد. آچاربکس برای باز و بستن پیچ‌های داخل شیارها و نقاط دور از دسترس و نیز پیچ‌هایی که با آچار تخت باز نمی‌شوند استفاده می‌شود. نوعی از آچاربکس که در آن لغزش آچار از روی مهره به کمک تعدادی شیار کنترل می‌شود، به آچار جغجغه معروف است که مدل‌های متنوعی از آن در بازار مصرف وجود دارد. شرکت‌های سازنده نیز هریک با تبلیغ کیفیت محصول خود، مشتریان را به خرید آن ترغیب می‌کنند. این مدل‌ها وزن، طول دسته و قطر دسته متفاوتی دارند. هریک از این ویژگی‌ها به‌تنهایی می‌توانند نیروی اعمال‌شده دست را تغییر دهند؛ برای مثال با تغییر طول دسته، طول بازوی نیرو در اهرم تغییر می‌کند. همچنین تغییر قطر دسته با تغییر در قدرت چنگش دست، میزان حداکثر نیروی اعمال‌شده را تغییر می‌دهد. در نهایت وزن آچار نیز با تغییر در نیروی مورد نیاز برای نگه‌داشتن آچار در دست، بر میزان نیروی مورد نیاز برای کار با آچار تأثیر می‌گذارد [۱۱]. حاصل همه این تغییرات در نظر نهایی کاربر از تجربه کار با آن ابزار نمایان می‌شود؛ بنابراین بررسی نمره کاربردپذیری و مطلوبیت ارگونومیک این ابزار و ارتباط آن با ویژگی‌های ظاهری محصول می‌تواند حقایق را در مورد طراحی‌های گوناگون این ابزار آشکار کند. مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط پارامترهای فیزیکی طول، قطر و وزن چند مدل گوناگون از ابزار آچاربکس با نمره شاخص کاربردپذیری آنها انجام شد. نتایج این مطالعه تفاوت نمره کاربردپذیری آچارهای مختلف با ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی متفاوت را نشان می‌دهد و استفاده از مقیاس کاربردپذیری در ارزیابی ارگونومیک ابزارهای دستی را رایج می‌کند.

مواد و روش‌ها

شرکت‌کنندگان

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و به روش هم‌بستگی است. در این مطالعه، ۵۸ مرد شاغل در مراکز تأسیسات و تعمیرات واحدهای مختلف یک دانشگاه در محدوده سنی ۲۵-۴۵، پس از کسب رضایت آگاهانه در آزمایش‌های این مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن حداقل یک سال سابقه کار تعمیراتی (شامل کار با آچاربکس و ابزارهای مختلف) و نبود آسیب یا جراحی در اندام‌های فوقانی بود. در این مطالعه، اطلاعات مربوط به سن، قد و وزن شرکت‌کنندگان ثبت و حجم نمونه نیز براساس تعداد مرسوم شرکت‌کنندگان در این‌گونه مطالعات انتخاب شد. در مطالعات تجربی، تعداد جایگشت‌ها و آزمون‌های ممکن براساس متغیرهای مطالعه محاسبه می‌شود؛ برای نمونه Sahrabi در مطالعه خود حداکثر گشتاور نیرو در ۷ قطر مختلف از یک ابزاردستی را در میان ۱۲ شرکت‌کننده در

زیبا، عملکرد، تعامل فیزیکی با ابزار و آسیب‌های بدنی ناشی از کار با ابزار مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کننده احساس راحتی و ناراحتی است که Kuijt-Evers و همکاران گزارش داده‌اند [۶]؛ به همین دلایل، صاحبان مشاغل مربوط و کارفرمایان به انتخاب ابزارهای دستی ارگونومیک و متناسب با نیاز کاربران علاقه‌مند هستند [۸، ۷]. گاهی این علاقه‌مندی و تمایل به انتخاب ابزارهای مناسب در زبان عامیانه کاربران با اصطلاح کلی و تاحدودی مبهم «خوش‌دست بودن» بیان می‌شود.

به‌منظور دستیابی به کارایی و اثربخشی بیشتر و در نتیجه افزایش رضایت کاربر از محصول، باید توانایی‌ها و محدودیت‌های بدنی کاربر در طراحی یک محصول در نظر گرفته شود [۹]. این نکته اثبات شده است که طراحی محصول مطابق با ابعاد آنترپومتریک کاربران اهمیت بسیاری در تجارت محصول دارد [۱۰، ۶] و بی‌توجهی به آنها ریسک بروز آسیب‌های اسکلتی عضلانی اندام فوقانی را افزایش می‌دهد [۱۱]. این مسئله با افزایش شدت و قدرت چنگش دست برای اعمال نیرو، تحمیل زوایای حرکتی آسیب‌رسان هنگام استفاده از ابزار و ایجاد نقاط فشاری روی دست یا ساعد رخ می‌دهد [۱۲]. از سوی دیگر، استفاده از ابزارهای دستی از نظر مکانیکی از اصول اهرم‌ها تبعیت می‌کند؛ یعنی میزان اعمال نیرو و گشتاور به طول دسته ابزار و بازوهای مکانیکی آن بستگی دارد؛ بنابراین در طراحی ابزارهای دستی علاوه بر ابعاد بدنی، باید به مبانی مکانیکی مربوط نیز توجه کرد تا کاربر سرعت و راحتی بیشتری را هنگام استفاده از آنها داشته باشد [۱].

دو فاکتور مهم در طراحی ابزار ارگونومیک، عملکرد و راحتی هنگام استفاده است. عملکرد یک ابزار به جنبه‌های ایمنی و بهداشتی آن مربوط است و وابسته به کاربرد نیست، اما فاکتور دوم یعنی احساس راحتی کاربر هنگام استفاده در قالب میزان کاربردپذیری، مطلوبیت و خوشایند بودن آن تعریف می‌شود؛ بنابراین سنجش کاربردپذیری ابزار یا محصول می‌تواند شاخص خوبی از میزان راحتی تجربه‌شده باشد. کاربردپذیری معیاری است که نشان می‌دهد استفاده از یک محصول تا چه اندازه آسان و راحت است و آن محصول به چه میزان برای کاربران خود کاربردی محسوب می‌شود [۱۳]. براساس تعریف استاندارد ایزو ۹۲۴۱-۱۱ کاربردپذیری عبارت است از برآورده کردن اهداف اثربخشی، کارایی و رضایت کاربر هنگام استفاده از محصول برای رسیدن به هدفی معین. در بیشتر موارد، ابزارهای سنجش کاربردپذیری به‌صورت پرسشنامه است؛ از این‌رو محصول مورد نظر تحلیل می‌شود [۱۴]. به کمک بررسی‌های ارگونومی و کاربردپذیری می‌توان پارامترهای مؤثر بر رضایت کاربر از محصول را شناسایی کرد. از سوی دیگر می‌توان تعامل نظام‌مند کاربران با محصول یا سیستم را تحت شرایط کنترل‌شده و با انجام کاری براساس یک سناریوی کاربردی بررسی کرد و با ارتقای کاربردپذیری ابزار دستی، کارایی، کیفیت، بهره‌وری شغلی و نیز ایمنی و راحتی کاربر را بهبود بخشید [۱۵]؛ برای نمونه نتایج بررسی هفت پیچ‌گوشتی رایج و پرفروش در کارهای صنعتی نشان داد ابعاد ابزار، پارامتری مهم در طراحی آن است [۱۶].

آچاربکس با کدهای A، B، C، D، E و F، ارزیابی شد. آچارهای مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های ظاهری، اندازه درایو، سوئیچ تنظیم برای باز و بسته کردن و موارد دیگر، مطابق با استاندارد انجمن مکانیک مهندسان آمریکا^۱ بودند، اما از نظر طول کلی آچار، قطر و وزن با یکدیگر تفاوت داشتند. آچارها دوبه‌دو از نظر طول و قطر دسته متفاوت بودند؛ آچارهای A و B از نظر طول دسته، آچارهای C و D از نظر قطر دسته و آچارهای E و F نیز از نظر وزن با هم متفاوت بودند. این بخش‌ها از نظر سایر ویژگی‌ها تقریباً با یکدیگر برابر بودند. مدل‌های آچارها از بازار فروش براساس نظر سرپرست واحد تأسیسات و معیارهایی مانند فراوانی استفاده از آچار و فروش آن انتخاب شدند. در شکل ۱، تصویر آچارهای استفاده شده در مطالعه و در جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکی آنها آمده است.

مطالعه اندازه‌گیری کرد. در این مطالعه داده‌ها در ۸۴ حالت آزمون (۱۲*۷) گردآوری شد. براساس مطالعه Kazemi و همکاران، در مطالعات مقایسه‌ای برای تعیین کاربردپذیری، در صورتی که تعداد شرکت‌کنندگان در مطالعه ۲۵-۸ نفر باشند، نتایج مطالعه معتبر خواهد بود [۱۷]. در هر حال هر اندازه تعداد شرکت‌کنندگان در چنین مطالعاتی افزایش یابد، دقت نتایج بیشتر خواهد شد. در مطالعه حاضر، ۵۸ شرکت‌کننده وظیفه شبیه‌سازی کار با شش مدل آچاربکس (بازکردن ۱۲ مهره در هر بار آزمایش) را بر عهده داشتند؛ بنابراین آزمایش‌های انجام شده ۳۸۴ حالت بود.

وظیفه شبیه‌سازی شده آچاربکس

در این مطالعه، ویژگی کاربردپذیری شش مدل مختلف



شکل ۱. آچاربکس‌های استفاده شده در مطالعه

جدول ۱. مشخصات فیزیکی آچاربکس‌های مورد مطالعه

| کد آچاربکس | طول دسته (میلی‌متر) | قطر دسته (میلی‌متر) | وزن (گرم) | ویژگی فیزیکی |
|------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------------------------|
| A | ۲۲۵/۵۲ | ۲۵/۷۶ | ۴۳۹/۷۷ | -- |
| B | ۱۵۸/۳۰ | ۱۸/۱۴ | ۲۴۰/۲۱ | کوتاه‌ترین و نازک‌ترین دسته |
| C | ۲۳۵/۱۶ | ۳۷/۸۲ | ۵۷۰/۵۸ | قطورترین و بلندترین دسته |
| D | ۲۲۸/۷۸ | ۱۸/۳۶ | ۵۹۲/۰۸ | سنگین‌ترین آچاربکس |
| E | ۱۸۶/۶۸ | ۲۹/۲۰ | ۳۴۸/۹۰ | -- |
| F | ۱۸۵/۷۰ | ۳۳/۵۶ | ۲۳۵/۲۱ | سبک‌ترین آچاربکس |

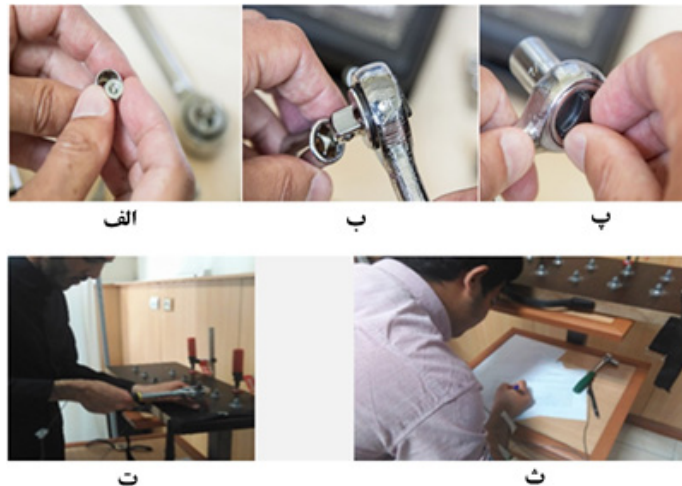
شد. بر این اساس ارتفاع میز کار ۱۰۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. این میز یک پایه قابل تنظیم به ارتفاع ۶ سانتی‌متر داشت. این پایه برای افرادی که قد آنها در محدوده صدک ۵۰ بود از میز کار جدا می‌شد، اما برای افرادی که قدشان در صدک ۹۵ بود این پایه متصل می‌شد. وظیفه شبیه‌سازی شده شامل بازکردن پیچ و مهره‌ها بود؛ برای این منظور صفحه‌ای از جنس MDF مجهز به ۱۲ پیچ و مهره با سایز ۱۰ روی

برای انجام این آزمایش، وظیفه شبیه‌سازی شده مشابه با وظایف کاربران آچاربکس در آزمایشگاه طراحی شد. شرکت‌کنندگان این وظیفه را با هر یک از شش مدل آچاربکس بر عهده گرفتند. با توجه به ماهیت کار ایستاده در فرایند شبیه‌سازی، صدک ۹۵ ارتفاع آرنج (معادل فاصله عمودی از سطح زمین تا زائده اعلائی مربوط به زند زبرین) افراد شرکت‌کننده، به‌عنوان ارتفاع سطح کار در نظر گرفته

1. American Society of Mechanical Engineers

دسته بکس، تنظیم سوئیچ باز و بسته کردن، باز کردن پیچ و مهره‌ها از صفحه کار و تکمیل پرسشنامه (شکل ۲). فواصل زمانی بین فعالیت با آچاربکس‌های متفاوت، حدود ۵ دقیقه در نظر گرفته و داده‌های مربوط به کاربردپذیری شش مدل آچاربکس با پرسشنامه جمع‌آوری شد. توالی ارائه آچاربکس‌ها به شرکت‌کنندگان برای انجام وظیفه شبیه‌سازی شده به صورت تصادفی بود.

میز کار به کار گرفته شد که به کمک دو گیره روی میز به حالت ثابت تثبیت شده بود. همه پیچ و مهره‌ها با استفاده از گشتاورسنج به میزان 8 N/m روی صفحه محکم شده بودند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد پشت میز کار به حالت ایستاده قرار بگیرند و فعالیت درخواستی را برای باز کردن پیچ و مهره‌ها انجام دهند. مراحل اجرای وظیفه شبیه‌سازی شده عبارت بود از: انتخاب بکس مناسب، وصل کردن بکس به



شکل ۲. مراحل اجرای وظیفه شبیه‌سازی شده باز کردن مهره با آچاربکس

آزمودنی پس از انجام آزمون با هریک از مدل‌های آچاربکس، پرسشنامه کاربردپذیری را برای آن مدل تکمیل کرد. داده‌های گردآوری شده نیز با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها

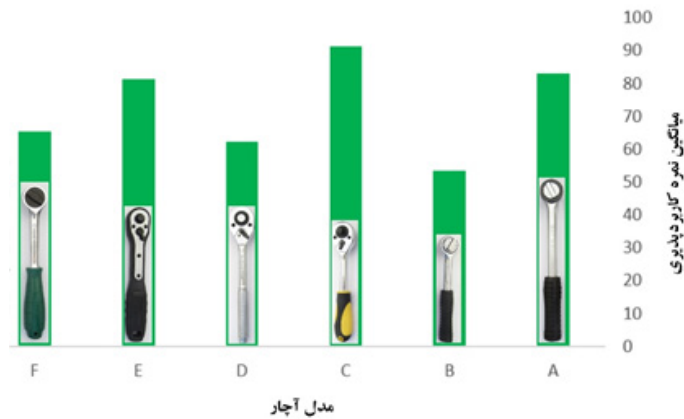
میانگین و (انحراف معیار) سن، قد و وزن ۵۸ مرد شرکت‌کننده در مطالعه به ترتیب (۵/۵۴) (۳۵/۹۵) سال، (۶/۱۲) (۱۷۵/۷) سانتی‌متر و (۱۳/۶۶) (۷۲/۹۵) کیلوگرم بود. در جدول ۲، نمره شاخص کاربردپذیری شش مدل آچاربکس مورد مطالعه گزارش شده است. همچنین در شکل ۳ به منظور مقایسه راحت‌تر، نمودار میله‌ای نمرات کاربردپذیری ارائه شده است.

روش ارزیابی کاربردپذیری

به منظور ارزیابی کاربردپذیری آچاربکس‌ها از پرسشنامه مقیاس کاربردپذیری سیستم (SUS) استفاده شد. این پرسشنامه ۱۰ پرسش با مقیاس لیکرت پنج‌حالتی (از کاملاً مخالف تا کاملاً موافق) است. روایی و پایایی این پرسشنامه در مطالعه Dianat و همکاران بررسی شد و مقدار آلفای کرونباخ آن حدود ۰/۷۹ به دست آمد. برای دستیابی به نمره کلی از پرسشنامه، عدد ۱ از نمره پرسش‌های فرد (۹، ۷، ۵، ۳، ۱) و برای پرسش‌های زوج (۱۰، ۸، ۶، ۴، ۲) عدد پنج از نمره هر پرسش کم شد. سپس برای به دست آوردن نمره نهایی مجموع نمرات ۱۰ پرسش در عدد ۲/۵ ضرب شد. نمره نهایی پرسشنامه بین صفر تا ۱۰۰ است [۱۸].

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار نمره شاخص کاربردپذیری آچاربکس‌های بررسی شده

| مدل آچاربکس | کمینه | میانگین (انحراف معیار) | بیشینه |
|-------------|-------|------------------------|--------|
| A | ۷۰ | ۸۳/۲۴ (۶/۸۳) | ۱۰۰ |
| B | ۷/۵ | ۵۳/۵۳ (۱۲/۰۶) | ۷۷/۵ |
| C | ۸۰ | ۹۱/۵۳ (۷/۰۶) | ۱۰۰ |
| D | ۲۷/۵ | ۶۲/۴۲ (۱۲/۰۸) | ۸۵ |
| E | ۵۰ | ۸۱/۵۷ (۱۲/۵۵) | ۱۰۰ |
| F | ۵ | ۶۵/۶۲ (۱۵/۳۶) | ۹۲/۵ |



شکل ۳. نمودار مقایسه‌ای نمره مقیاس کاربردپذیری آچاربکس‌های بررسی شده

نمره شاخص کاربردپذیری وجود دارد ($P < 0.001$). ضریب همبستگی قوی و مثبتی میان شاخص کاربردپذیری با طول و قطر آچاربکس به دست آمد، اما ضریب همبستگی میان نمره این شاخص با متغیر وزن منفی شد. به بیان دیگر، با افزایش طول و قطر دسته آچاربکس نمره کاربردپذیری آن بهبود می‌یابد. براساس نتایج، به‌ازای یک میلی‌متر افزایش در طول و قطر آچاربکس، شاخص کاربردپذیری به ترتیب ۰/۶۱۱ و ۰/۹۵۹ واحد افزایش می‌یابد. همچنین با یک گرم افزایش در وزن آچاربکس از شاخص کاربردپذیری آن به میزان ۰/۰۸۳ واحد کاسته می‌شود. در جدول ۳، نتایج آزمون رگرسیون ساده و چندگانه ارائه شد.

در جدول ۴، رتبه‌بندی آچارها براساس متغیرهای فیزیکی و نمره کاربردپذیری ارائه شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رتبه‌بندی نهایی آچاربکس‌ها براساس نمره کاربردپذیری به‌تنهایی مشابه هیچ‌کدام از رتبه‌بندی‌های مربوط به متغیرهای فیزیکی ابزارها نیستند.

براساس مقایسه شش مدل آچاربکس بررسی شده، بالاترین نمره شاخص کاربردپذیری متعلق به آچاربکس C است که بیشترین طول و بزرگ‌ترین قطر را دارد؛ درحالی‌که پایین‌ترین نمره شاخص کاربردپذیری به آچاربکس B با کمترین طول و کوچک‌ترین قطر تعلق دارد. میانگین نمره کاربردپذیری آچاربکس‌های A، E، F و D در رده‌های بعدی (از بیشترین به کمترین) به دست آمد.

در این مطالعه، به‌منظور مشخص کردن تفاوت میان شش مدل آچاربکس بررسی شده از نظر شاخص کاربردپذیری، از آزمون رگرسیون خطی استفاده شد. بر این اساس، تفاوت میان شش مدل آچاربکس بررسی شده از نظر نمره شاخص کاربردپذیری از لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < 0.001$). به‌منظور بررسی اثر تک‌تک پارامترهای فیزیکی بر شاخص کاربردپذیری، ابتدا از رگرسیون ساده استفاده شد. سپس متغیرها به‌صورت هم‌زمان وارد مدل رگرسیون چندگانه شدند. براساس نتایج آزمون رگرسیون چندگانه، ارتباط معنی‌داری میان پارامترهای فیزیکی (طول، قطر، وزن) با

جدول ۳. بررسی ارتباط شاخص کاربردپذیری با مشخصات آچاربکس‌ها (طول، قطر، وزن)

| شماره | نام متغیر | رگرسیون ساده | | | رگرسیون چندگانه | | |
|-------|-----------|--------------|-------|---------|-----------------|-------|---------|
| | | ضریب | SE | P-value | ضریب | SE | P-value |
| ۱ | طول | ۰/۲۹۵ | ۰/۰۲۹ | <۰/۰۰۱ | ۰/۶۱۱ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۰۱ |
| ۲ | قطر | ۱/۵۲ | ۰/۱۰ | <۰/۰۰۱ | ۰/۹۵۹ | ۰/۱۰۵ | ۰/۰۰۱ |
| ۳ | وزن | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۶ | <۰/۰۰۱ | -۰/۰۸۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۱ |

جدول ۴. رتبه‌بندی مدل‌های آچاربکس مطالعه‌شده از نظر ویژگی‌های فیزیکی و نمره کاربردپذیری

| رتبه آچار | طول دسته (از بلند به کوتاه) | وزن آچار (از سبک به سنگین) | قطر دسته (از قطر به نازک) | نمره کاربردپذیری (از زیاد به کم) |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| ۱ | C | F | C | C |
| ۲ | D | B | F | A |

| رتبه آچار | طول دسته (از بلند به کوتاه) | وزن آچار (از سبک به سنگین) | قطر دسته (از قطرور به نازک) | نمره کاربردپذیری (از زیاد به کم) |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| ۳ | A | E | E | E |
| ۴ | F | A | A | F |
| ۵ | E | C | D | D |
| ۶ | B | D | B | B |

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط ویژگی‌های ابعادی و وزن ابزاردستی آچاربکس با نمره شاخص کاربردپذیری انجام شد. براساس نتایج این پژوهش، میان پارامترهای فیزیکی (طول، قطر، وزن) آچاربکس با شاخص کاربردپذیری ارتباط معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه Dianat که با هدف بررسی اثر ابعاد دسته و شکل دسته آچار بر نمره شاخص کاربردپذیری انجام شد، مطابقت دارد. بالاترین نمره شاخص کاربردپذیری متعلق به آچاربکس C بود که در مقایسه با پنج مدل دیگر، بیشترین طول و بزرگ‌ترین قطر را داشت. طول بیشتر دسته سبب کاهش نیروی اعمال‌شده لازم برای بازکردن پیچ می‌شود و از این نظر نمره بیشتر کاربردپذیری توجیه‌پذیر است. درمورد قطر دسته باید به این نکته اشاره داشت که زیادبودن قطر دسته ابزار به معنی افزایش قدرت مورد نیاز برای چنگش دست نیست؛ زیرا در قطرهای بیش از اندازه نازک نیز کاربر باید برای تسلط بر ابزار آن را با قدرت بیشتری در دست بگیرد؛ بنابراین قطر بهینه مهم خواهد بود.

قطر بهینه برای هر کاربر تابعی از ابعاد دست وی خواهد بود. در این مطالعه، قطورترین دسته (۳۷/۸۲ میلی‌متر) از نظر ذهنی بیشتری راحتی را به آزمودنی‌ها القا کرده است. این قطر دسته، با نتیجه مطالعه Sohrabi مطابقت دارد. وی برای بررسی تأثیر قطر دسته ابزار بر میزان راحتی و حداکثر گشتاور تولیدشده در هفت دسته ابزار مختلف دریافت که بیشینه راحتی کاربر و حداکثر گشتاور دست در قطر بهینه ۳۸ میلی‌متر است [۱۱]. براساس مطالعه Kong و Lowe نیز دسته‌هایی با قطر متوسط (۳۰، ۳۵ و ۴۰ میلی‌متر) راحت‌ترین ابعاد برای چنگش قدرتی شرکت‌کنندگان است [۱۹]؛ البته Cai و Wang گزارش دادند که مناسب‌ترین قطر دسته برای مردان بین ۳۵/۶ تا ۴۴/۵ میلی‌متر است [۲۰].

به نظر می‌رسد در طراحی آچاربکس C علاوه بر قطر بهینه، بیضوی بودن سطح مقطع دسته، فرورفتگی‌های دسته ابزار برای جاگیری و خوابیدن انگشتان روی دسته نیز در کسب نمره بیشتر کاربردپذیری مؤثر است. از دیدگاه Wang و Cai بهترین سطح مقطع برای چنگش قدرتی سطح مقطع بیضوی است [۲۰]. با توجه به مطالعه Harih و Dolšak، شکل دسته بر احساس راحتی کاربر بسیار تأثیرگذار است. در این میان، دسته‌هایی با طراحی آناتومیک دست، احساس راحتی بیشتری را از دسته‌های استوانه‌ای شکل ایجاد می‌کنند

[۲۱]. علاوه بر این، عواملی مانند جنس مناسب دسته (دسته لاستیکی نرم) و وجود سوئیچ تنظیم برای باز و بسته‌کردن درایو نیز سبب برتری نمره کاربردپذیری این آچاربکس در مقایسه با دیگر مدل‌ها شده‌اند. این ویژگی‌ها سبب ارزیابی ذهنی بهتر کاربران درمورد آچاربکس C از دیگر مدل‌ها شده است. درمجموع، نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه Dianat و همکاران که هدف آن تأثیر ابعاد دسته بر نمره شاخص کاربردپذیری است، مطابقت دارد. براساس نتایج مطالعه آنها، میان ابعاد دسته آچار با نمره شاخص کاربردپذیری ارتباط معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد ($P=0/001$) [۲۲]. براساس پژوهش‌های پیشین، پژوهشگران به کمک پرسشنامه شاخص کاربردپذیری SUS انواع ابزارهای دستی را مقایسه کردند. Safarian و همکاران به کمک پرسشنامه کاربردپذیری، به بررسی انواع پیپت‌های آزمایشگاهی پرداختند و نتیجه گرفتند کاربردپذیری پیپت‌های کوتاه‌تر و سبک‌تر در مقایسه با دیگر مدل‌ها بالاتر است [۱۵]. Dianat و همکاران نیز در مطالعه‌ای دیگر به بررسی کاربردپذیری در مدل‌های مختلف ماله‌های بنایی پرداختند و نتیجه گرفتند که میان قدرت چنگش و شکل دسته ابزار با نمره شاخص کاربردپذیری ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($P<0/001$) [۲۳].

براساس جدول ۴، تکیه بر عاملی فیزیکی برای انتخاب آچاربکس مناسب، به‌تنهایی تضمین‌کننده احساس راحتی کاربر در کار با آن مدل نیست؛ برای نمونه از نظر محاسبات بیومکانیکی و فیزیکی، بلندترین طول دسته می‌تواند بیشترین مزیت مکانیکی را ایجاد کند و سبب کار عضلانی‌تری برای کاربر شود. سبک‌ترین آچار نیز سبب مصرف انرژی کمتر در مقایسه با ابزار سنگین‌تر می‌شود. احساس راحتی درمورد قطر دسته به ابعاد دست کاربر (تابعی از جنسیت) بستگی دارد. براساس نتایج این مطالعه، قطر دسته نازک برای مردان میان‌سال مطلوبیت کمی دارد. همچنین آچارهایی با نزدیک‌ترین ابعاد به قطر دسته بهینه برای مردان (۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر) بالاترین رتبه‌های کاربردپذیری را دارد.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، آچاربکس‌هایی با طول دسته بلندتر و قطر بهینه دسته، که مطابق با اصول ارگونومیک طراحی شده است، کاربردپذیری بیشتری از نظر کاربران دارند و سبب ارزیابی ذهنی بهتر آنها از دیگر مدل‌ها می‌شوند. انتظار می‌رود کاربرد ابزارهایی با نمره کاربردپذیری بالا سبب کاهش استرس در اندام‌های فوقانی شود؛ البته

مطالعات آزمایشگاهی جلوگیری کند؛ بنابراین با استفاده از این شاخص می‌توان از میان مدل‌های مختلف از یک نوع ابزاردستی، بهترین و مناسب‌ترین مدل را که بالاترین راحتی و رضایت را برای کاربران به همراه دارد، انتخاب کرد. توصیه می‌شود کارشناسان و متخصصان ارگونومی از این شاخص به منظور سنجش و ارزیابی مدل‌های مختلف ابزارهای دستی برای انتخاب و خرید برای کاربران استفاده کنند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همه تکنسین‌های شرکت‌کننده در این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار در دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی بوده و طرح مربوطه با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS. REC.1395.99 به ثبت رسیده است.

تعارض در منافع

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی در انتشار نتایج این مطالعه ندارند.

در تعمیم یافته‌های این مطالعه باید توجه داشت نتایج این مطالعه حاصل آزمون‌های کوتاه و کاربرد کوتاه‌مدت مدل‌های مختلف آچاربکس‌هاست؛ بنابراین ممکن است نتایج ارزیابی کاربردپذیری برای استفاده‌های بیشتر از این ابزار متفاوت باشد. برای ارزیابی‌های بلندمدت کاربردپذیری ابزارها می‌توان نتایج را با شواهد فیزیولوژیک، مانند تست EMG و شواهد اپیدمیولوژیک از شیوع ناراحتی‌های مفاصل میچ و آرنج و عضلات ساعد مقایسه کرد.

نتیجه‌گیری

از نتایج این مطالعه می‌توان برای انتخاب بهترین آچاربکس با کاربردپذیری بالا برای کاربران مشاغل مانند تعمیرگاه‌های خودرو، تأسیسات و مکانیک‌ها استفاده کرد. همچنین یافته‌های مطالعه کارکرد مناسب پرسشنامه شاخص کاربردپذیری را برای سنجش کیفیت طراحی ابزارهای دستی تأیید می‌کند. استفاده از این روش کم‌هزینه می‌تواند سبب تسریع ارزیابی‌های ارگونومیک ابزارهای دستی برای مسئولان خرید شرکت‌ها شود و از صرف هزینه‌های زیاد برای

References

1. Cacha CA. Ergonomics and safety in hand tool design. CRC Press; 1999 Feb 26.
2. Akyeamong J, Wiyor H, Jiang Z. Upper Extremity Kinematics during Wrench Turning Tasks. In IIE Annual Conference. Proceedings 2013 (p. 1977). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
3. Aptel M, Claudon L, Marsot J. Integration of ergonomics into hand tool design: principle and presentation of an example. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2002 Jan 1;8(1):107-15.
4. Päivinen M, Heinimaa T. The effects of different hand tool blade coatings on force demands when cutting wood. International journal of industrial ergonomics. 2003 Sep 1;32(3):139-46.
5. Shimomura Y, Shirakawa H, Sekine M, Katsuura T, Igarashi T. Ergonomic design and evaluation of new surgical scissors. Ergonomics. 2015 Nov 2;58(11):1878-84.
6. Kuijt-Evers LF, Groenesteijn L, de Looze MP, Vink P. Identifying factors of comfort in using hand tools. Applied ergonomics. 2004 Sep 1;35(5):453-8.
7. Kuijt-Evers LF, Vink P, de Looze MP. Comfort predictors for different kinds of hand tools: Differences and similarities. International journal of industrial ergonomics. 2007 Jan 1;37(1):73-84.
8. Mououdi M, Taher MH. Comfort evaluation of three types of screwdrivers in the Iranian market. Iran Occupational Health. 2012 Apr 1;9(1).
9. Sharifi Z, Osqueizadeh R, Tabatabai Ghomshe SF. Ergonomic Redesign of Industrial Chair. Iranian Journal of Ergonomics. 2015 Jun 15;3(1):1-9.
10. Arunesh C, Pankaj C. Ergonomic design of hand tool (screwdriver) for Indian worker using comfort predictors a case study. International Journal of Advanced Engineering Technology. 2011;2(4):231-8.
11. Sohrabi MS. The effect of non-powered hand tools' diameter on comfort and maximum hand torque. Iranian Journal of Ergonomics. 2015 Sep 15;3(2):68-75.
12. Saremi M, Khani Jr, Kavousi A, Rezapour T. Ergonomic Evaluation Of Non-Powered Hand Tools: Introduction And Validation In Dentistry.
13. Faradmal J, Keshvari Kamran J. The validity and reliability of an usability assessment tool for a web-based software. Iranian Journal of Ergonomics. 2014 Dec 15;2(3):57-69.
14. ISO 9241-11: Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Part 11: Guidance on Usability 1998. Accessed in : <https://www.sis.se/api/document/preview/611299/>
15. Safarian MH, Zakerian SA, Nasleseraji J, Azam K. Assessing the usability of different models of

- hand-held mechanical pipette to determine the best type. *Health and Safety at Work*. 2015 Sep 15;5(3):39-50.
16. An KN, Askew LJ, Chao EY. Biomechanics and functional assessment of upper extremities. In: *Trends in ergonomics/human factors III 1986 Jun* (pp. 573-580). Elsevier Amsterdam.
 17. Kazemi Z, Mokhtarinia H. Efficacy Assessment of the Ergo-Feedback Software in Hospital Office Staff. *Iranian Journal of Ergonomics*. 2016 Oct 15;4(2):37-43.
 18. Dianat I, Ghanbari Z, AsghariJafarabadi M. Psychometric properties of the persian language version of the system usability scale. *Health promotion perspectives*. 2014;4(1):82.
 19. Kong YK, Lowe BD. Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2005 Jun 1;35(6):495-507.
 20. Wang CY, Cai DC. Hand tool handle design based on hand measurements. In: *MATEC Web of Conferences 2017 (Vol. 119, p. 01044)*. EDP Sciences.
 21. Harih G, Dolšak B. Comparison of subjective comfort ratings between anatomically shaped and cylindrical handles. *Applied ergonomics*. 2014 Jul 1;45(4):943-54.
 22. Dianat I, Rahimi S, Nedaei M, Jafarabadi MA, Oskouei AE. Effects of tool handle dimension and workpiece orientation and size on wrist ulnar/radial torque strength, usability and discomfort in a wrench task. *Applied ergonomics*. 2017 Mar 1;59:422-30.
 23. Dianat I, Nedaei M, Nezami MA. The effects of tool handle shape on hand performance, usability and discomfort using masons' trowels. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2015 Feb 1;45:13-20.