Archive of SID

# تأثیر قطر ابزار دستی غیر قدرتی در میزان راحتی و حداکثر گشتاور تولید شده دست

محمدصادق سهرابی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۶/۱

**چکیده**

**مقدمه:** ضعف طراحی ابزار دستی و عدم تناسب آن با کاربر یکی از اصلی‌ترین ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام فوقانی شناخته شده است. آسیب‌های ناشی از ابزارهای دستی تقریباً ۹٪ از کل آسیب‌های ناشی از کار را شامل می‌شود. هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر قطر ابزار در میزان راحتی و حداکثر گشتاور تولید شده دست و برآورد قطر بهینه ابزار دستی بوده است.

**مواد و روش‌ها:** شرکت‌کنندگان شامل ۱۲ نفر (۶ مرد و ۶ زن) با میانگین سنی ۲۴/۷ و انحراف معیار ۵/۸۴ سال می‌باشد. روش پژوهش بدین صورت بوده که هریک از شرکت‌کنندگان با ۷ دسته ابزار با قطرهای متنوع به‌وسیله ابزار محقق ساخته سنجش گشتاور دست شروع به اعمال نیرو و چرخاندن دسته ابزار با تمام نیرو می‌کردند. سپس مدت زمان آزمون، حداکثر گشتاور و میزان راحتی دسته ابزار سنجیده و در نهایت آنالیز واریانس و آزمون تی صورت گرفته است.

**یافته ها:** میانگین حداکثر گشتاور ۱/۸۸ و انحراف معیار ۰/۹۵ نیوتن متر، مدت زمان رسیدن به حداکثر گشتاور ۱۳/۹۶ و انحراف معیار ۹/۰۳ ثانیه، میانگین راحتی ۳/۲۷ و انحراف معیار ۱/۴۸ در بازه ۱-۷ نمره‌ای به دست آمده است. تفاوت معنی‌دار بین حداکثر گشتاور تولید شده بین دو گروه مردان و زنان مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$). میانگین حداکثر گشتاور ۳/۰۳۴ نیوتن متر و حداکثر سطح راحتی با میانگین ۴/۶۷ در قطر چنگش ۳۸ میلی‌متر به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** قطر بهینه برای بیشینه شدن راحتی کاربر و حداکثر گشتاور دست ۳۸ میلی‌متری توصیه می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** چنگش، گشتاور دست، ابزار دستی غیر قدرتی

۱. * **(نویسنده مسئول)** مربی گروه طراحی صنعتی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان. پست الکترونیکی: ms.sohrabi@aui.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

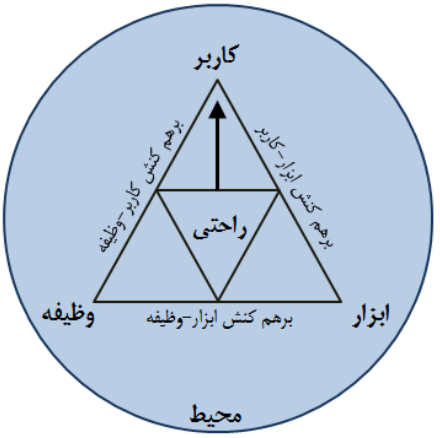
## مقدمه

انسان‌ها روزانه از ابزارهای دستی متنوعی مانند قیچی‌ها، چنگال‌ها، کاردها و ابزارآلات گوناگونی استفاده می‌کنند. تعداد زیادی از همین افراد نیز از ابزارهای دستی مانند چکش‌ها، انبردست‌ها، پیچ‌گوشتی‌ها و هزاران ابزار دیگر در طول کار خود استفاده می‌کنند، به‌طوری‌که ابزارهای دستی غیر قدرتی نقش مهمی در کار و زندگی انسان‌ها دارند. ضعف طراحی ابزار دستی و عدم تناسب آن با کاربر را یکی از ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام فوقانی و بروز صدمات شناخته شده است (۱, ۲). همچنین مطالعات بسیاری نشانگر افزایش راحتی کاربر در استفاده از ابزارهای دستی با طراحی مناسب می‌باشد که خصوصیات و ویژگی‌های بدنی کاربران در طراحی آن لحاظ شده است (۳-۵).

بررسی آسیب‌های ناشی از کار در آمریکا نشان می‌دهد که آسیب‌های ناشی از ابزارهای دستی در حدود ۹٪ کل آسیب‌های ناشی از کار را که مشمول دریافت غرامت می‌شوند، تشکیل می‌داد (۱, ۶). آسیب دست، انگشتان، مچ و شانه شایع‌ترین صدمات فوقانی مرتبط با ابزارهای دستی در حین کار می‌باشند (۷).

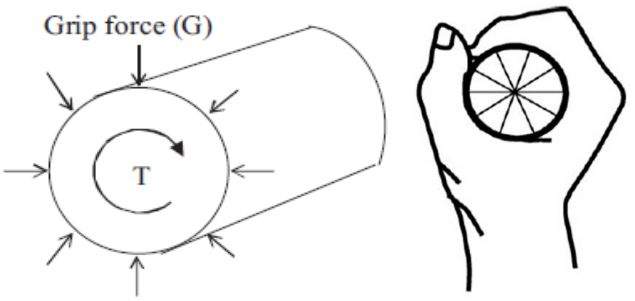
همواره باید در طراحی ابزارهای دستی زنان و افراد چپ‌دست باید مد نظر قرار گیرند چراکه بخشی از جامعه را تشکیل داده و دارای خصوصیات ابعادی و توانایی‌های متفاوتی هستند (۱). خصوصیات ابعاد ابزارآلات نیز باید متناسب با خصوصیات آنتروپومتری کاربران و توانایی‌های آنان باشد (۸). یکی از مهم‌ترین پارامترهای ابزارهای دستی که در بهبود عملکرد و کاهش استرس‌های ماهیچه‌های ساعد و تاندون‌های انگشتان مؤثر است قطر چنگش می‌باشد. محققین بسیاری از جمله فیزنت (۱۹۷۵) شین و وانگ (۱۹۹۶) قطر بهینه برای حداکثر گشتاور را ۵۰ میلی‌متر پیشنهاد کرده‌اند (۷, ۹, ۱۰).

راحتی نتیجه تجربه کاربر است. ادراک او تحت تأثیر وظیفه‌ای که انجام می‌دهد، ابزاری که استفاده می‌کند و محیطی که در آن کار می‌کند، قرار خواهد گرفت. همچنین ویژگی‌های پیشینه کاربر بر تجربه او اثر می‌گذارد (۱, ۱۱). برهمکنش بین کاربر-ابزار دستی-وظیفه در شکل ۱ نمایش داده شده است. بنا بر این مدل می‌توان سیستم کاربر-ابزار-وظیفه را با بررسی سه برهمکنش؛ ابزار-کاربر، کاربر-وظیفه و ابزار-وظیفه در محیط شناخت. راحتی نیز مقوله‌ای معطوف به کاربر تعریف می‌شود که نتیجه درک و پاسخ او به این سیستم است. راحتی یک حالت خوشایند فیزیولوژی، روان‌شناسی و هماهنگی فیزیکی بین انسان – ابزار و محیط است (۳, ۱۱).




**شکل ۱- مدل کاربر- ابزار-وظیفه**

در سال‌های اخیر رویکردهای طراحی ابزارهای دستی تغییر کرده‌اند و تفکر جدید پیرامون افزایش راحتی و نیز کاهش بارهای بیومکانیکی با توجه به ظرفیت‌های عملکردی کاربران وارد طراحی ابزارهای دستی شده است (۱۲-۱۶). یکی از اولین و مطرح‌ترین مدل‌های گشتاور دست انسان در حالت چنگش استوانه‌ای (۱۷)(چهار انگشت در یک سمت شیء و شست در سمت دیگر که شیء را به‌صورت استوانه‌ای در دست می‌گیریم) که توسط فیزنت (۱۹۷۵) معرفی‌شده در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین بنا بر معادله ۱ گشتاور دست در این مدل با ضریب اصطکاک دست با شیء ضرب‌در نیروی چنگش ضرب‌در قطر چنگش برابر خواهد بود. البته در حال حاضر مدل‌های بیومکانیکی پیشرفته‌تری برای بیان رفتار چنگش و گشتاور ایجاد شده دست در چنگش‌های مختلف وجود دارد (۹).




**شکل ۲- مدل گشتاور دست فیزنت**


www.SID.ir

Archive of SID

$T = \mu \times G \times D$

$T$ = گشتاور (نیوتن بر متر)

$\mu$ = اصطکاک بین دست و شیء

$G$ = نیروی چنگش (نیوتن)

$D$ = قطر چنگش (متر)

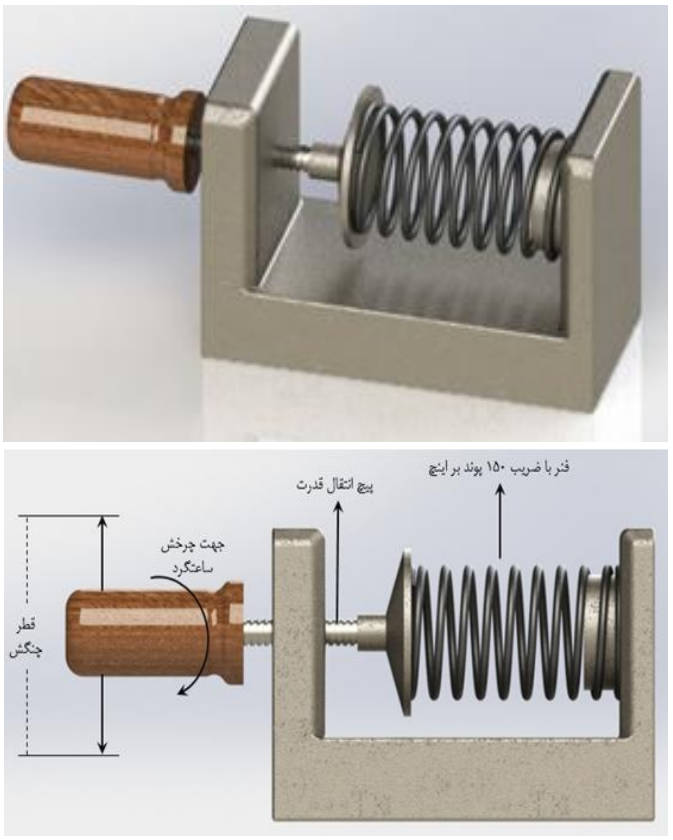
**معادله ۱. محاسبه گشتاور بنا بر مدل فیزنت**

طراحان همواره نیاز به اطلاعاتی در مورد توانایی‌ها و محدودیت‌های کاربران داشته و دارند که بتواند ابزارآلات و تجهیزاتی طراحی کنند که تطابق و هماهنگی بیشتری با کاربران داشته و سلامتی و رضایت آنان را ایجاد کنند. هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر قطر ابزار در میزان راحتی و حداکثر گشتاور تولید شده دست در حالت چنگش قدرتی استوانه‌ای و برآورد قطر بهینه ابزار دستی بنا بر خصوصیات شرکت‌کنندگان بوده است. ویژگی این پژوهش استفاده از یک ابزار محقق ساخته ساده مکانیکی برای سنجش و مقایسه گشتاور و تحقیق در خصوص توانایی دست کاربران ایرانی می‌باشد. از اطلاعات به دست آمده می‌توان برای طراحی ابزار های دستی برای کاربران ایرانی با توجه به توانایی‌های بدنی آن‌ها استفاده نمود.

## روش بررسی

**شرکت‌کنندگان:** بنا بر مطالعه سئو (۲۰۰۷) (۱۸) و محدودیت‌های این پژوهش شرکت‌کنندگان این پژوهش شامل ۱۲ نفر (۶ مرد و ۶ زن) با میانگین سنی ۲۴/۷ و انحراف معیار ۵/۸۴ سال بودند که به‌صورت تصادفی انتخاب شده و هیچ‌گونه بیماری و مشکل عضلانی-اسکلتی در اندام فوقانی نداشته‌اند. شرکت‌کنندگان استفاده‌کننده غیر حرفه ابزارهای دستی غیر قدرتی بوده‌اند.

**ابزار تحقیق:** برای اندازه‌گیری حداکثر گشتاور، ابزاری محقق ساخته طراحی و ساخته‌شده که نیروی گشتاور ساعت‌گرد ایجادشده توسط دست شرکت‌کنندگان را توسط یک پیچ مارپیچی به یک فنر با ضریب ثابت ۱۵۰ پوند بر اینچ (در محدوده حرکتی ۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر دارای نمودار خطی نیرو نسبت به تغییرات طول خطی) منتقل کرده و با اندازه‌گیری تغییرات طول فنر میزان نیروی واردشده به آن و همچنین میزان گشتاور ایجاد شده مشخص شده است. جنس قطر چنگش از چوب خشک خام تراشکاری شده بوده و همچنین قطر چنگش در ۷ اندازه متغیر بوده است. روایی و پایایی آن در پیش‌آزمون انجام شده مورد تائید قرار گرفته است. نمای ابزار اندازه‌گیری گشتاور در شکل ۳ نشان داده شده است.




**شکل ۳- نمای جانبی و کلی ابزار سنجش گشتاور دست شرکت‌کنندگان**

مطابق با پیچ انتقال قدرت استفاده شده و محاسبات فنی گشتاور نیرو بنا بر معادله شماره ۱ محاسبه شده است (۱۹).

$$T_R = \frac{F d_m}{2}\left(\frac{\pi \mu_t d_m + L\beta}{\pi d_m \beta - \mu_t L}\right)$$

**معادله شماره ۱- محاسبه گشتاور در پیچ‌های انتقال قدرت**

که در این معادله:

$T_R$ = گشتاور (نیوتن بر متر)

$F$ = نیرو (کیلو نیوتن)

$d_m$ = قطر گام پیچ = ۱۳ میلی‌متر

$\pi$ = ۳/۱۴


www.SID.ir

Archive of SID

$\mu_t$ = ضریب اصطکاک = ۰/۰۸

$$d_m = d - \frac{p}{2}$$

d = قطر پیچ = ۱۵ میلی‌متر

p= گام پیچ = ۴

$\beta$ = ۱ (برای پیچ دندانه مربعی)

L = گام ظاهری = ۴

و با جای گذاری در معادله ۱ معادلات ۲ را خواهیم داشت:

$$T_R = \frac{F \times 13}{2}\left(\frac{3.14 \times 0.08 \times 13 + 4}{3.14 \times 13 - 0.08 \times 4}\right) \Rightarrow T_R(N.m) = 1.166 \times F(KN)$$

$F = -X \times k$

معادله شماره ۲- جایگذاری معادله ۱ با اطلاعات ابزار اندازه‌گیری

-X = جابجایی فنر (متر)

k = ضریب ثابت فنر = ۱۵۰ پوند بر اینچ = ۲۶۲۶۸/۹ نیوتن بر مت

و معادله نهایی محاسبه گشتاور ایجاد شده توسط دست در معادله ۳ محاسبه می‌گردد.

$T_R = 1.166 \times -X \times 26268.9$

معادله شماره ۳- محاسبه نهایی گشتاور برحسب تغییرات طول فنر

**روش پژوهش:** ابتدا هریک از شرکت‌کنندگان با انتخاب جدول تصادفی اعداد با ۷ دسته ابزار با قطرهای ۲۰، ۳۵، ۳۸، ۴۰، ۴۲، ۴۶ و ۵۴ میلی‌متری به‌صورت تصادفی شروع به اعمال نیرو و چرخاندن دسته ابزار با تمام نیرو در حالت ایستاده می‌کردند. سپس با نظر شرکت‌کننده مبتنی بر اعمال حداکثر نیرو، تغییرات طول فنر با کولیس و مدت‌زمان اعمال نیروی با کرنومتر توسط محققین ثبت و میزان راحتی ابراز شده توسط فرد نسبت به هر دسته ابزار با مقیاس لیکرتی ۷ نمره‌ای از ۱ (کمترین رضایت) تا ۷ (بیشترین رضایت) طبق مطالعه موعودی (۲۰۱۲) تعیین می‌شد (۵). لازم به ذکر است بنا بر مطالعه انجام شده پیشین بین هر بار آزمایش متوالی هر فرد دو دقیقه استراحت در نظر گرفته شده بود (۱۰). در نهایت نتایج به دست آمده ثبت و با استفاده از نرم‌افزار آماری Spss v.16 تحلیل آماری آنالیز واریانس و آزمون تی در سطح معنی‌داری ۰/۹۵ صورت گرفت.

## یافته‌ها

اطلاعات اولیه شرکت‌کنندگان در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۱- اطلاعات شرکت‌کنندگان**

| متغیر | مرد (۶ نفر) | زن (۶ نفر) | مجموع (۱۲ نفر) |
|---|---|---|---|
| سن | میانگین = ۲۲ | میانگین = ۲۷/۳ | میانگین = ۲۴/۷ |
| (سال) | انحراف معیار = ۱/۲۶ | انحراف معیار = ۷/۵ | انحراف معیار = ۵/۸۴ |
| دست غالب | راست‌دست = ۸۳/۳ | راست‌دست = ۶۶/۷ | چپ‌دست = ۷۵ |
| (درصد) | چپ‌دست = ۱۶/۷ | چپ‌دست = ۳۳/۳ | راست‌دست = ۲۵ |
| پهنای دست | میانگین = ۸۲ | میانگین = ۷۰/۳ | میانگین = ۷۶/۲ |
| (میلی‌متر) | انحراف معیار = ۵/۹ | انحراف معیار = ۴/۲۲ | انحراف معیار = ۷/۸۶ |

حداکثر گشتاور اعمال شده دست شرکت‌کنندگان با میانگین ۱/۸۸ و انحراف معیار ۰/۹۵ نیوتن متر، مدت زمان رسیدن به حداکثر گشتاور ۱۳/۹۶ و انحراف معیار ۹/۰۳ ثانیه، میانگین راحتی ۳/۲۷ و انحراف معیار ۱/۴۸ در بازه ۱-۷ نمره‌ای به دست آمده است. اطلاعات تکمیلی از متغیرها به تفکیک جنسیت در جدول شماره ۲ آمده است.

نتایج آزمون آماری T در سطح خطای ۰/۰۵ بیانگر تفاوت معنی‌دار بین حداکثر گشتاور تولید شده بین دو گروه مردان و زنان می‌باشد (P_value < ۰/۰۰۱). لیکن تفاوت معنی‌داری در متغیرهای زمان رسیدن به حداکثر گشتاور و راحتی بین مردان و زنان مشاهده نشد. همچنین راست یا چپ‌دست بودن شرکت‌کنندگان تأثیری بر میزان حداکثر گشتاور، زمان و سطح راحتی ابزار نمی‌گذاشت.

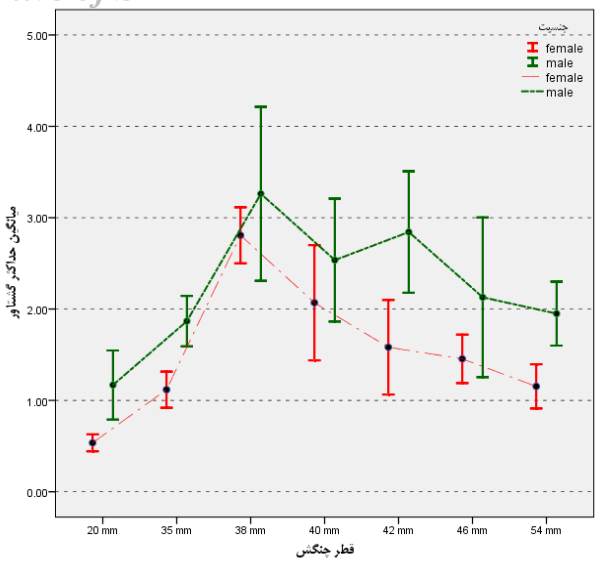

www.SID.ir

Archive of SID

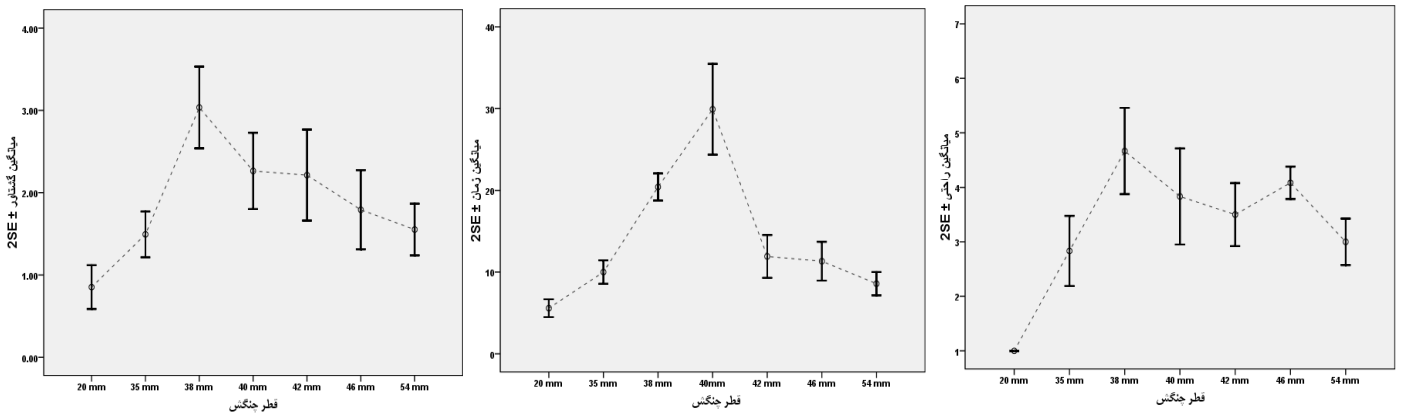
**جدول ۲- نتایج اصلی به دست آمده به تفکیک جنسیت**

| متغیر | مرد (۶ نفر) | زن (۶ نفر) |
|---|---|---|
| حداکثر گشتاور | میانگین = ۲/۲۴ | میانگین = ۱/۵۴ |
| (نیوتن متر) | انحراف معیار = ۰/۹۷ | انحراف معیار = ۰/۸۱ |
| زمان | میانگین = ۱۴/۳۹ | میانگین = ۱۳/۵۶ |
| (ثانیه) | انحراف معیار = ۸/۷۲ | انحراف معیار = ۹/۳۹ |
| راحتی | میانگین = ۳/۲۹ | میانگین = ۳/۲۶ |
| (بدون بعد ۱-۷) | انحراف معیار = ۱/۵۵ | انحراف معیار = ۱/۴۲ |

مجموعاً ۸۴ آزمون (۱۲ شرکت‌کننده × ۷ قطر دسته ابزار) با ابزار سنجش حداکثر گشتاور دست صورت گرفته که تأثیر قطر چنگش بر گشتاور دست مردان و زنان به‌صورت مجزا در نمودار ۱ نشان داده شده است.




**نمودار ۱- تأثیر قطر چنگش بر حداکثر گشتاور دست مردان و زنان**




**نمودار ۲- تأثیر قطر چنگش بر حداکثر گشتاور، زمان و میزان راحتی شرکت‌کنندگان**

همان‌گونه که در نمودار ۲ تأثیر قطر چنگش بر حداکثر گشتاور، زمان و میزان راحتی شرکت‌کنندگان نشان داده شده است، اختلاف معنی‌داری با آزمون آنالیز واریانس در سطح ۰/۰۵ درصد بین ۷ قطر چنگش مشاهده شد (گشتاور؛ F= ۱۰/۹۲۱ و P_value < ۰/۰۰۱)، (زمان رسیدن به حداکثر گشتاور؛ F= ۳۸/۳۰۳ و P_value < ۰/۰۰۱) و (میزان راحتی؛ F= ۱۶/۱۸۵ و P_value < ۰/۰۰۱). میانگین حداکثر گشتاور ۳/۰۳۴ نیوتن متر در قطر چنگش ۳۸ میلی‌متر، میانگین حداکثر زمان رسیدن به حداکثر گشتاور ۲۹/۹۲ ثانیه در قطر ۴۰ میلی‌متر و حداکثر سطح راحتی با میانگین ۴/۶۷ در قطر چنگش ۳۸ میلی‌متری به دست آمد. البته میانگین حداکثر گشتاور دست مردان و زنان با قطر چنگش ۳۸ میلی‌متر نسبت به سایر قطرهای چنگش بیشترین بوده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به بیان روشی ساده برای سنجش گشتاور تولیدی دست در حالت چنگش استوانه‌ای پرداخته و نتایج آن با توجه به یکسان بودن تعداد شرکت‌کننده مرد و زن، نشانگر تفاوت معنی‌دار تأثیر جنسیت بر حداکثر گشتاور می‌باشد که از این‌سو هم‌راستا با نتایج مقالات کونگ و همکاران (۲۰۰۵)(۲۰)، سئو و همکاران (۲۰۰۷) (۱۸)، مورس و همکاران (۲۰۰۶) (۲۱) می‌باشد. هاشمی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) همچنین نیکلای و والکر (۲۰۰۵) در نتایج مطالعه


www.SID.ir

Archive of SID

خود تفاوت نیروی چنگش مردان و زنان را در بزرگ‌سالان به‌صورت معنی‌داری بیان کردند (۲۲, ۲۳).

نتایج این مطالعه نیز همانند مطالعات پیشین (۱۸, ۲۰) بیانگر تأثیر معنی‌دار قطر چنگش بر حداکثر گشتاور تولید شده دست می‌باشد. یکی از نیروهایی که در ایجاد گشتاور دست بسیار مؤثر می‌باشد نیروی چنگش بین دست و ابزار می‌باشد. ادگرین و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه خود حداکثر نیروی چنگش را با قطر ۳۸ میلی‌متری ۳۰۵/۶ نیوتن بیان کرده‌اند (۲۴).

در این مطالعه قطر بهینه چنگش ۳۸ میلی‌متری دارای حداکثر گشتاور ۳/۰۳۴ نیوتن متر و راحتی ۴/۶۷ از ۷ به دست آمده، در مطالعه کونگ و همکاران (۲۰۰۵) (۲۰) نیز قطر چنگش در بازه ۳۵ تا ۴۵ میلی‌متری ایجادکننده حداکثر راحتی و گشتاور دست بیان شده است. البته در مطالعه کونگ حداکثر گشتاور با دستکش سنجش گشتاور در حالت استوانه‌ای ۴/۱ نیوتن متر منتشر شده است. در پژوهش سئو و همکاران (۲۰۰۷) (۱۸) حداکثر گشتاور با قطر ۴۵/۱ میلی‌متر حاصل شده که با توجه به جمعیت مورد مطالعه مشابه با پژوهش حاضر دارای اختلاف ۷/۱ میلی‌متری می‌باشد.

بین متغیرهای حداکثر گشتاور و میزان راحتی با آزمون آماری رگرسیون پیرسون رابطه معنی‌دار مستقیم (r= ۰/۶۸۵ و ۰/۰۰۱ > P_value) وجود داشته که بیانگر تأثیر سطح راحتی ابزار بر ایجاد حداکثر گشتاور دست می‌باشد. همچنین با افزایش یا کاهش قطر چنگش از ۳۸ میلی‌متر هم‌زمان حداکثر گشتاور و راحتی کاهش می‌یابد. حداکثر گشتاور با قطر ۳۸ میلی‌متر حاصل شده و بیشترین زمان صرف شده برای رسیدن به حداکثر گشتاور با قطر ۴۰ میلی‌متر به دست آمده، لیکن بنا بر آزمون توکی بین حداکثر گشتاور با قطر ۳۸ و ۴۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری آماری مشاهده نشد (۰/۰۵ < P_value). در مطالعه کونت و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر جنس و شکل دسته ابزار پرداخته که در مقاله خود بیان می‌کند که با قطر یکسان شکل دایره‌ای و شش‌گوش نسبت به شکل مثلثی گشتاور بیشتری ایجاد می‌کند (۷). یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم آزمایش شکل‌های متنوع با قطرهای مختلف و تأثیر جنس‌های مختلف (چوب، پلاستیک، لاستیک و ...) بر حداکثر گشتاور دست و راحتی شرکت‌کنندگان می‌باشد.

در نهایت نتیجه اصلی حاصل از این پژوهش بیانگر تأثیر قطر چنگش بر حداکثر گشتاور دست می‌باشد. قطر بهینه ابزارهای دستی غیر قدرتی تک‌دسته برای بیشینه شدن راحتی کاربر و حداکثر گشتاور دست ۳۸ میلی‌متری توصیه می‌گردد که قابل‌تعمیم به کاربران مرد و زن در بازه سنی ۲۱ – ۴۱ سال می‌باشد. طراحی چنگش استوانه‌ای در اکثر ابزارهای دستی برای انتقال حداکثری نیرو مورد استفاده قرار می‌گیرد، قطر ۲±۳۸ میلی‌متری برای ابزارآلاتی مانند پیچ‌گوشتی‌های قدرتی، اهرم‌های استوانه‌ای در ماشین‌آلات و سایر ابزارهایی که نیاز به اعمال نیروی زیاد و گشتاور بیش از ۱/۵ نیوتن متر توصیه می‌گردد.

## منابع

1. Kuijt-Evers LFM. Comfort in using hand tools: theory, design and evaluation. 2007.
2. Kumar S. Biomechanics in Ergonomics. CRC Press; 2001. p. 111-150.
3. Kuijt-Evers L, Groenesteijn L, De Looze M, Vink P. Identifying factors of comfort in using hand tools. Applied Ergonomics. 2004;35(5):453-458.
4. Mououdi MA, Taher SMH. Comfort evaluation of three types of screwdrivers in the Iranian market. Iran Occupational Health. 2012;9(2):83-88.
5. Mououdi m. Comfort evaluation of penagain ergonomic pen with traditional pen (non-ergonomic). Journal Of Ilam University Of Medical Sciences. 2012;20(3):46-54.
6. McGorry RW. A system for the measurement of grip forces and applied moments during hand tool use. Applied Ergonomics. 2001;32(3):271-279.
7. Kong Y-K, Lowe B, Lee S-J, Krieg E. Evaluation of handle design characteristics in a maximum screwdriving torque task. Ergonomics. 2007;50(9):1404-1418.
8. Koleini Mamaghani N, Bakhtiary AH, Sevan E, Sadeghi Naiini H. Ergonomics evaluation of new home stripper using electromyography. Iran Occupational Health. 2012;9(2):59-67.
9. Pheasant S, O'Neill D. Performance in gripping and turning - a study in hand/handle effectiveness. Applied Ergonomics. 1975;6(4):205–208.
10. Kong Y-K, Lowe BD. Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. International Journal of Industrial Ergonomics. 2005;35(6):495-507.
11. Seraji JN. (In Translation) Ergonomics and Safety in Hand Tool Design. Hamadan: Fanavaran; 1999.


www.SID.ir

Archive of SID

12. Eksioglu M. Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry. International Journal of Industrial Ergonomics. 2004;34(1):1-12.
13. Bisht DS, Khan MR. Ergonomic assessment methods for the evaluation of hand held industrial products: a review. Proceedings of the World Congress on Engineering; London, UK 2013.
14. Lin J-H, Radwin RG, Richard TG. Dynamic biomechanical model of the hand and arm in pistol grip power handtool usage. Ergonomics. 2001;44(3):295-312.
15. Wimer B, Dong RG, Welcome DE, Warren C, McDowell TW. Development of a new dynamometer for measuring grip strength applied on a cylindrical handle. Medical Engineering & Physics. 2009;31(6):695-704.
16. Wu JZ, Dong RG, McDowell TW, Welcome DE. Modeling the finger joint moments in a hand at the maximal isometric grip: the effects of friction. Medical engineering & physics. 2009;31(10):1214-8.
17. Replogle JO, editor Hand torque strength with cylindrical handles. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting; 1983: SAGE Publications.
18. Seo NJ, Armstrong TJ, Ashton-Miller JA, Chaffin DB. The effect of torque direction and cylindrical handle diameter on the coupling between the hand and a cylindrical handle. Journal of Biomechanics. 2007;40(14):3236-3243.
19. Shigley JE, Budynas RG, Mischke CR. Mechanical engineering design. 9th ed: McGraw-Hill; 2011.
20. Kong Y-K, Lowe BD. Evaluation of handle diameters and orientations in a maximum torque task. International Journal of Industrial Ergonomics. 2005;35(12):1073-1084.
21. Morse JL ,Jung M-C, Bashford GR, Hallbeck MS. Maximal dynamic grip force and wrist torque: The effects of gender, exertion direction, angular velocity, and wrist angle. Applied Ergonomics. 2006;37(6):737-742.
22. Hashemi nezhad N, Choobineh A, Haghdoust Aa, Mohammadian M. Comparison of grip and pinch strengths of adults among five cities of Iran. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2014;11(3):65-81.
23. Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. International Journal of Industrial Ergonomics. 2005;35(7):605-618.
24. Edgren CS, Radwin RG, Irwin CB. Grip force vectors for varying handle diameters and hand sizes. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2004;46(2):244-251.


www.SID.ir

Archive of SID

# The effect of non-powered hand tools' diameter on comfort and maximum hand torque

Mohammad Sadegh Sohrabi*

Received: 22/2/2015 Accepted: 23/8/2015

**Abstract**

**Introduction:** The weak design of hand tools and their disharmony with the user's physical features comprise a major risk factor for upper limb musculoskeletal disorders. Hand-tool related injuries comprise almost 9% of all work-related injuries. The present study was conducted to examine the effect of hand tools' diameter on comfort and maximum hand torque and to estimate the optimal diameter for hand tools.
**Methods:** Participants included 6 men and 6 women with a mean age of 24.7 and a standard deviation of age of 5.84 years. Participants started to load and rotate the grip of 7 hand tools with different diameters with all their power and using a self-made tool for measuring the torque. The test duration, maximum torque and comfort level of the tool grip was then measured and the data obtained were analyzed using the ANOVA and the t-test.
**Findings:** The mean maximum torque value obtained was 1.88 (SD=0.95) newton meter, the time taken to reach the maximum torque was 13.96 (SD=9.03) seconds and the mean comfort level was 3.27 (SD=1.48) at a scale from 1 to 7. There was a significant difference between the maximum torque generated in the group of men and the group of women ($p<0.001$). The mean maximum torque obtained was 3.034 newton meter and the mean maximum comfort level was 4.67, achieved with a grip diameter of 38 mm.
**Conclusion:** The optimal hand tool diameter recommended for maximum user comfort and torque is 38 mm.

**Keywords:** Grip, Hand torque, Non-powered hand tools

1. ***(Corresponding Author)** Lecturer of Ergonomics Department of Industrial Design, School of Architecture and Urban Design, Isfahan University of Art, Isfahan, Iran. Email:ms.sohrabi@aui.ac.ir



www.SID.ir