



Review Article

Examining Ergonomic Features in Military Rifle Design: A Scoping Review Study

Mahdi Roknian¹ , Jafar Salehian² , Payam Khanlaribanyarani^{1*} 

¹ Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Article History:

Received: 09 February 2025

Revised: 06 May 2025

Accepted: 09 May 2025

ePublished: 21 June 2025

***Corresponding author:** Payam Khanlaribanyarani, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Email: payamba19@gmail.com

Abstract

Objectives: Firearms, including pistols and rifles, are complex tools with military, sporting, and personal applications that require attention to ergonomics to optimize their design and functionality. The present study aimed to review existing research on the ergonomic features of firearms, with a particular focus on assault rifles.

Methods: The present work employed a scoping review method to examine the ergonomics of firearms. Searches were conducted in the PubMed, Web of Science, and Scopus databases using keywords related to the ergonomic design of firearms. Relevant articles were selected from the collected studies, and data were extracted and reviewed by two authors, with results categorized based on common areas.

Results: A total of 3,121 studies were found through searches in databases, and after removing duplicates and reviewing titles and abstracts, 121 studies were downloaded and assessed based on inclusion criteria. Ultimately, nine studies were included in the final stage. The topics examined in the articles that impact the ergonomics of firearms included anthropometric considerations and human digital modeling, rifle configurations and design features, postural stability, safety, and training.

Conclusion: The ergonomic design of firearms significantly impacts user performance, safety, and overall experience. Future design efforts should emphasize human-centered approaches, taking into account anthropometric data, firearm configuration, user stability, and safety mechanisms for the production of firearms.

Keywords: Assault rifle, Battle rifle, Design, Ergonomics



Extended Abstract

Background and Objective

Firearms, including pistols and rifles, are complex tools with a wide range of applications in military operations, law enforcement, competitive sports, and personal use. Each of these weapons requires specific ergonomic considerations. Their effectiveness depends not only on their mechanical accuracy and performance but also on how they are designed to fit the human body. Various preliminary studies have been conducted to investigate the ergonomic status of rifles, but the synthesis and conclusion of these studies have not yet been conducted. Therefore, the purpose of the present scoping review was to review the existing research on the ergonomic characteristics of rifles, especially assault rifles. Using a variety of sources, this review aimed to provide a comprehensive picture of rifle ergonomics and highlight both significant advances and gaps.

Materials and Methods

The present study was conducted using the domain-based review method and the five-step framework of Arksey and O'Malley. The steps of the study included the following:

Identification of research questions: Three main questions were raised about the characteristics of existing studies, ergonomic design indicators, and gaps and challenges in this field.

Identification of relevant studies: A search was conducted in the PubMed, Web of Science, and Scopus databases until February 2024.

Study selection: Duplicate articles were removed and screened based on specific criteria. Only articles that examined at least one ergonomic indicator of a weapon were included in the final analysis.

Data extraction: Key information (e.g., author, year, study objective, method, and findings) was recorded independently by two people and reviewed in group sessions.

Summary of results: Data was categorized, key areas were identified, and results were presented in tabular format.

Results

After screening and removing duplicates, nine studies were selected for the final stage, and the necessary information was extracted from them. These studies were conducted in the United States, China, and the Czech Republic (two studies each) and Austria, Taiwan, and Finland (one study each). Most of the participants in these studies were professional soldiers, and most of the studies were conducted in a laboratory setting. Key areas of the results of these studies include the impact of anthropometric dimensions, rifle configurations, and design features on shooting accuracy, stability, and user experience.

Anthropometric Considerations and Human Digital Modeling

Human digital models are useful for evaluating firearm designs across different populations. These models allow researchers to assess the suitability of controls and grips for different anthropometric dimensions. For instance, studies using human digital models have analyzed reach distances to controls,

including triggers, slide locks, and magazine catches for American, European, and Asian populations. Hand dimensions, wrist position, and reach distances were also important for weapon design.

Impact of Weapon Configuration and Design on Performance

The weight and length of a rifle significantly affect the shooter's stability and accuracy. In general, lighter rifles improve shooting accuracy, but too light rifles will negatively affect accuracy. Optimal stock length also improves aiming stability and shooting performance. The bullpup configuration, in which the magazine and trigger are located behind the trigger, can result in greater biomechanical stability and accuracy compared to conventional designs. The curved stock shape and special designs of the handguard and trigger grip can also improve user comfort and performance.

Postural Stability, Muscle Activity and Aiming

Postural balance and rifle stability are key factors in shooting accuracy. Studies have indicated that more experienced shooters exhibit less body and rifle swing, which leads to better shooting performance. Rifle parameters, such as stock length, stock axis height, and foregrip position, affect muscle fatigue. Different configurations can lead to different levels of muscle fatigue in the arms and shoulders, affecting aiming stability.

Safety and Training

The ability to determine the safety status of a weapon is related to the user's familiarity with the weapon. New designs can be confusing even to experienced users. Clear markings and color coding on safety mechanisms significantly improve the user's ability to determine the safety status. Simulated shooting exercises are useful for predicting actual shooting performance and improving the effectiveness of training.

Discussion

The present work is the first review to examine the ergonomic characteristics of firearms with a focus on assault rifles, and as such, it can provide comprehensive insight to experts and researchers in this field. The findings indicated that various factors, including anthropometric dimensions, weapon configuration, design features, postural balance, as well as training and safety, can significantly affect shooter performance, accuracy, stability, and overall user experience. The limited number of studies included in this review could be due to security and information issues that prevent experts in this field from publishing the results of research work, which could indicate a direction for further research in this area to researchers. Comparing new weapons in terms of ergonomic indicators, using new technologies, such as digital human modeling in the design of future weapons, using virtual reality technology for weapon training, and conducting surveys and qualitative studies of weapon end-users are topics that need to be addressed in future studies.

Conclusion

The design of rifles significantly impacts user performance, safety, and overall user experience. Future

design efforts should emphasize human-centered approaches, considering anthropometric data, weapon configuration, user stability, and safety mechanisms to produce effective and safe rifles. Furthermore,

comparing bullpup configurations versus the more common and traditional rifle shapes requires further research to understand their impact on shooting accuracy and user stability in different conditions.

Please cite this article as follows: Roknian M, Salehian J, Khanlaribanyarani P. Examining Ergonomic Features in Military Rifle Design: A Scoping Review Study. *Iran J Ergon.* 2025; 13(1): 58-69. DOI: 10.53208/IJE.13.1.58

بررسی مشخصات ارگونومیک در طراحی تفنگ‌های نظامی: یک مطالعه‌ی مرور دامنه‌ای

مهدی رکنیان^۱ , جعفر صالحیان^۲ , پیام خانلری بانیارانی^۳ 

^۱ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۲ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

اهداف: سلاح‌های گرم، از جمله تپانچه‌ها و تفنگ‌ها، ابزارهای پیچیده‌ای با کاربردهای نظامی، ورزشی و شخصی هستند که توجه به ارگونومی برای بهینه‌سازی طراحی و کارایی آن‌ها نیاز است. این مطالعه با هدف بررسی تحقیقات موجود درباره‌ی ویژگی‌های ارگونومیک تفنگ‌ها، با تمرکز ویژه بر تفنگ‌های تهاجمی طراحی و اجرا شده است.

روش کار: این مطالعه با استفاده از روش مرور دامنه‌ای به بررسی ارگونومی تفنگ‌ها پرداخته است. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science و Scopus با استفاده از کلمات کلیدی مرتبط با طراحی ارگونومی سلاح‌های گرم انجام شد. مقالات مرتبط از میان مطالعات جمع‌آوری شده انتخاب شدند. داده‌ها را دو نویسنده استخراج و بررسی کرده‌اند و نتایج براساس حوزه‌های مشترک دسته‌بندی شدند.

یافته‌ها: ۳۱۲۱ مطالعه از طریق جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پیدا شدند که پس از حذف موارد تکراری و بررسی عنوان و چکیده، فایل ۱۲۱ مطالعه دابلود شد و براساس معیارهای ورود، بررسی شدند. در نهایت ۹ مطالعه وارد مرحله‌ی نهایی شدند. موضوعات مورد بررسی مقالات و تأثیرگذار بر ارگونومی سلاح‌ها شامل ملاحظات آنتروپومتریک و مدل‌سازی دیجیتال انسانی، پیکربندی تفنگ‌ها و ویژگی‌های طراحی، پایداری وضعیتی، ایمنی و آموزش بودند.

نتیجه‌گیری: طراحی ارگونومیک سلاح، تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد کاربر، ایمنی و تجربه‌ی کلی دارد. تلاش‌های طراحی آینده باید بر رویکردهای انسان‌محور، با در نظر گرفتن داده‌های آنتروپومتریک، پیکربندی سلاح، پایداری کاربر و مکانیسم‌های ایمنی برای تولید تفنگ‌ها تأکید کند.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: پیام خانلری بانیارانی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

کلید واژه‌ها: ارگونومی، طراحی، تفنگ تهاجمی، تفنگ جنگی

ایمیل: payamba19@gmail.com

استناد: رکنیان، مهدی، صالحیان، جعفر؛ خانلری بانیارانی، پیام. بررسی مشخصات ارگونومیک در طراحی تفنگ‌های نظامی: یک مطالعه‌ی مرور دامنه‌ای. مجله ارگونومی، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۳(۱): ۶۹-۵۸

مقدمه

برای همه‌ی کاربران ایمن، قابل‌استفاده و کارآمد هستند [۳]. یک رویکرد انسان‌محور که نیازها و محدودیت‌های کاربر را در اولویت قرار می‌دهد، باید در تمامی مراحل توسعه‌ی سلاح‌های گرم، از طراحی مفهومی اولیه تا تولید نهایی، در اولویت قرار گیرد. دو نوع رایج از سلاح‌های گرم تفنگ‌های تهاجمی و تفنگ‌های جنگی هستند. تفاوت اصلی این تفنگ‌ها استفاده از فشنگ متوسط در تفنگ تهاجمی به جای فشنگ پر قدرت و در نتیجه اندازه و وزن کمتر آن و مناسب‌تر بودن آن برای آتش رگبار نسبت به تفنگ جنگی است [۴]. تفنگ‌های تهاجمی، تفنگ‌های نظامی تعریف می‌شوند که قادر به شلیک

سلاح‌های گرم، شامل انواع تپانچه‌ها و تفنگ‌ها، ابزارهای پیچیده‌ای هستند و کاربردهای آن‌ها در عملیات نظامی و انتظامی، ورزش‌های رقابتی و استفاده‌ی شخصی گسترده است و هرکدام نیازمند ملاحظات ارگونومیک خاصی هستند. کارایی این ابزارها نه تنها به دقت مکانیکی یا توانایی عملکردی آن‌ها بستگی دارد، بلکه به این نیز بستگی دارد که تا چه اندازه به‌خوبی طراحی شده‌اند تا با بدن انسان هماهنگ شوند [۱، ۲]. ارگونومی، علم طراحی ابزارها و محیط‌ها برای انطباق با کاربر، نقشی اساسی در بهینه‌سازی طراحی سلاح‌های گرم ایفا می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که این ابزارها

پس از آن، تفنگ T86 توسعه یافت و سپس تفنگ تهاجمی-T-91 (کالیبر ۵/۵۶ میلی متر) براساس تفنگ T86 توسعه یافت که ویژگی های تفنگ های M16 و AR-18 را با ویژگی های مدرن تر در خود جای داده است. T-91 نسبت به T65K2 که جایگزین آن می شود، سبک تر و کوتاه تر است و دارای یک استوک تلسکوپی ۶ موقیعی است که تنظیمات را براساس نیازهای فردی امکان پذیر می کند. آخرین سلاح در این حوزه، T-91 است که یک نوع از T86 است و دسته ی حمل آن با یک ریل جانبی جایگزین شده است [۴].

۵. در سال های اخیر سلاح های تهاجمی جدیدی مانند Haenel MK 556 و G36 توسعه داده شده اند.

افزون بر تلاش های مختلف جهت بهبود عملکرد تیراندازی، دو مورد از مهم ترین تلاش ها در طراحی مجدد یک تفنگ، کوتاه کردن طول و کاهش وزن و بهبود ویژگی های حمل و جابه جایی آن است. برای مثال قنداق ها تغییراتی داشته اند. قنداق به تیرانداز کمک می کند تا بتواند تفنگ را محکم نگه دارد و به راحتی با کمک آن نشانه بگیرد. قنداق همچنین پس زدن را به بدن تیرانداز منتقل می کند [۳، ۶].

یک موضوع محوری در طراحی ارگونومیک تفنگ های تهاجمی، نیاز به تطبیق با دامنه ی گسترده ای از تغییرات انسانی از نظر اندازه، شکل و قدرت است. این امر مستلزم استفاده از داده های آنتروپومتریک است که اندازه گیری های آماری از ابعاد بدن انسان را ارائه می دهد تا اطمینان حاصل شود که تفنگ ها به گونه ای طراحی شده اند که متناسب با اکثریت کاربران در یک جمعیت مشخص باشند [۷، ۸].

تجزیه و تحلیل ارگونومیک تفنگ ها چیزی فراتر از اطمینان از یک دستگیری راحت است. این تجزیه و تحلیل، کل تجربه ی کاربر از هدف گیری و شلیک تا نگهداری و ذخیره سازی را در بر می گیرد. به چندین جزء کلیدی در طراحی تفنگ ها به مثابه ی حوزه های مهم مورد توجه ارگونومیک مانند طراحی ماشه، دستگیره ها، قنداق، هدف گیری و توزیع وزن باید توجه شود [۸، ۹]. تأثیر این عوامل ارگونومیک بر عملکرد کاربر با استفاده از طیف وسیعی از تکنیک های تجربی و تحلیلی قابل بررسی است.

یک موضوع تکرار شونده در سراسر منابع، نبود استاندارد سازی در طراحی تفنگ ها و مکانیسم های ایمنی است. این فقدان استاندارد سازی می تواند منجر به سردرگمی و افزایش خطر حوادث شود، به ویژه هنگامی که کاربران از تفنگ های مختلفی استفاده می کنند [۱]. منابع نشان می دهند که بسیاری از تفنگ ها، حتی آن هایی که در یک دسته قرار دارند، از نظر ابعاد، طرح بندی کنترل ها و مکانیسم های ایمنی تفاوت های قابل توجهی دارند. این تغییر پذیری باعث می شود تا کاربران عادات هندلینگ ثابت و قابل اعتمادی را ایجاد کنند و احتمال خطاها، به ویژه در شرایط استرس زا، افزایش یابد [۱۰].

با توجه به مطالب مطرح شده، هدف این مرور دامنه ای، بررسی تحقیقات موجود درباره ی ویژگی های ارگونومیک تفنگ ها، با تأکید ویژه بر تفنگ های تهاجمی است. این بررسی با استفاده از طیف وسیعی از منابع، قصد دارد یک نمای کلی جامع از زمینه ی ارگونومی تفنگ ها ارائه دهد و همچنین پیشرفت های حاصل شده و شکاف هایی

کنترل شده و خودکار با برد مؤثر حداقل ۳۰۰ متر هستند. مثال هایی از تفنگ های تهاجمی شامل AK-47، تفنگ M16 و Steyr AUG هستند. تفنگ AK-47 یک تفنگ تهاجمی با کالیبر ۷/۶۲ میلی متر است که میخائیل کلاشینکف در اتحاد جماهیر شوروی آن را طراحی کرد. این یکی از اولین تفنگ های تهاجمی واقعی است و به دلیل مقاومت، هزینه ی تولید پایین و سهولت استفاده، هنوز هم کاربرد بیشتری دارد و در سراسر جهان استفاده می شود. وزن AK-47 با یک خشاب خالی ۴/۳ کیلوگرم است. طول آن با یک دسته ی چوبی ثابت ۸۷۰ میلی متر و با یک دسته ی تاشو ۸۷۵ میلی متر و طول ۶۴۵ میلی متر با دسته ی تاشو بسته شده است. طول لوله ۴۱۵ میلی متر است. M16 نام نظامی آمریکایی برای خانواده ی تفنگ هاست که کولت در میانه ی قرن بیستم آن را بهبود داده است. M16 یک تفنگ تهاجمی با گلوله های کالیبر ۵/۵۶ میلی متر است و وزن خالی آن ۳/۹ کیلوگرم و با گلوله ها ۴/۰ کیلوگرم وزن دارد. طول کلی آن ۱۰۰۰ میلی متر و طول لوله ۵۰۸ میلی متر است. یکی دیگر از سلاح های معروف Steyr AUG است که از موفق ترین تفنگ های بولپاپ (Bullpup) به شمار می رود. اسلحه ی بولپاپ سلاحی است که دستگیری شلیک آن جلوی خشاب اسلحه به جای پشت آن قرار دارد (شکل ۱)؛ این امکان را فراهم می کند که طول کوتاه تری برای تفنگ با همان طول لوله داشته باشد که منجر به نقطه ی ثقل نزدیک تر به بدن و کاهش وزن می شود. تیرهای این تفنگ اتریشی گلوله های کالیبر ۵/۵۶ میلی متر است. این سلاح به مثابه ی خانواده ای از تفنگ ها طراحی شده که می تواند با تغییر لوله به طول و نوع دلخواه به سرعت با انواع مختلف نقش ها تطبیق یابد [۴-۶].



شکل ۱. تفنگ معمولی (بالا) و تفنگ بولپاپ (پایین)

تفنگ T65 با کالیبر ۵/۵۶ میلی متری یکی دیگر از سلاح های تهاجمی است که در تایوان ساخته شد تا جایگزین تفنگ منسوخ شده ی M14 کالیبر ۷/۶۲ میلی متری شود. ساخت تفنگ T65 شباهت زیادی به تفنگ M16-A1 ساخت ایالات متحده دارد و براساس مکانیسم عرضه شده توسط ایالات متحده ساخته شده است. گزارش های مربوط به تفنگ اصلی T65 حاکی از آن است که عملکرد آن، رضایت بخش نبود؛ بنابراین، بهبود یافت و به T65K2 تبدیل شد که گاهی اوقات به مثابه ی T68 نیز شناخته می شود. تفنگ T65K2 دارای دسته ی حمل متفاوتی نسبت به M16 است که از یک بلوک دید عقب تشکیل شده است. در غیر این صورت شبیه M16-A1 است.

را که هنوز باید به آن توجه شود، برجسته کند.

روش کار

در این مطالعه از یک روش مرور دامنه‌ای برای شناسایی مطالعاتی که جنبه‌های ارگونومی سلاح‌های گرم را بررسی کرده بودند، استفاده شد. مرورهای دامنه‌ای، روشی سیستماتیک برای مرور متون، به دلیل توانایی‌شان در ترسیم پایه‌های دانش در موضوعات خاص، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. جهت نظم و ساختار علمی مشخص به روش اجرای مطالعه، چارچوب ۵ مرحله‌ای Arksey و O'Malley [۱۱] به‌مثابه‌ی مبنا برای روش کار استفاده شد. این مراحل شامل موارد زیر است:

(۱) **شناسایی سؤالات پژوهش:** براساس هدف مطالعه و به‌مثابه‌ی راهنما برای ادامه‌ی مطالعه، سؤالات زیر توسعه یافتند:

(ABS ("Personal defense weapon") OR TITLE-ABS-KEY ("personal weapon") OR TITLE-ABS-KEY (firearm) OR TITLE-ABS-KEY (handgun) OR TITLE-ABS-KEY ("assault weapon") OR TITLE-ABS-KEY ("assault rifle") OR TITLE-ABS-KEY ("Long gun") OR TITLE-ABS-KEY ("nonlethal weapon") OR TITLE-ABS-KEY ("Service pistol") OR TITLE-ABS-KEY ("light weapon") AND TITLE-ABS-KEY (ergonomics) OR TITLE-ABS-KEY ("human factors") OR TITLE-ABS-KEY (design))

شکل ۲: کلیدواژه‌ها و استراتژی جستجو در یکی از پایگاه‌های اطلاعاتی

کلیدی استخراج شده عبارت‌اند از:

- نام نویسنده‌ی اول و سال انتشار؛
- مشخصات مطالعه (مشخصات شرکت‌کنندگان، نوع مطالعه و کشوری که مطالعه در آن انجام شده بود)؛
- هدف یا هدف‌های مطالعه؛
- روش اجرای مطالعه؛
- مهم‌ترین یافته‌های مطالعات.

هرکدام از نویسندگان داده‌های کلیدی هر مقاله را در نرم‌افزار اکسل نسخه‌ی ۲۰۱۳ ثبت کردند. سپس داده‌ها طی یک جلسه‌ی گروهی بررسی شدند و هرگونه ناهماهنگی را نویسنده‌ی سوم حل کرد. در اکتبر ۲۰۲۴ نیز آخرین جستجوها جهت یافتن مطالعات تازه‌منتشرشده انجام شد، که هیچ مطالعه‌ی جدیدی اضافه نشد.

(۵) **جمع‌بندی و گزارش نتایج:** روند شناسایی، غربالگری و انتخاب مطالعات نهایی در یک فلوجارت قرار گرفت. به‌منظور ارائه‌ی یک جمع‌بندی دقیق، داده‌های استخراج شده از مطالعات را چندین بار، یکی از نویسندگان خواند و با توجه به ویژگی‌های مشترک مطالعات انجام‌شده، چندین حوزه‌ی کلیدی مشخص شد و توضیحات هر حوزه قرار داده شد. همچنین به‌منظور مقایسه‌ی بهتر، یک جدول طراحی شد و نتایج در آن قرار گرفت. برای فهم روند انتشار مقالات این حوزه، یک نمودار زمانی نیز ترسیم شد.

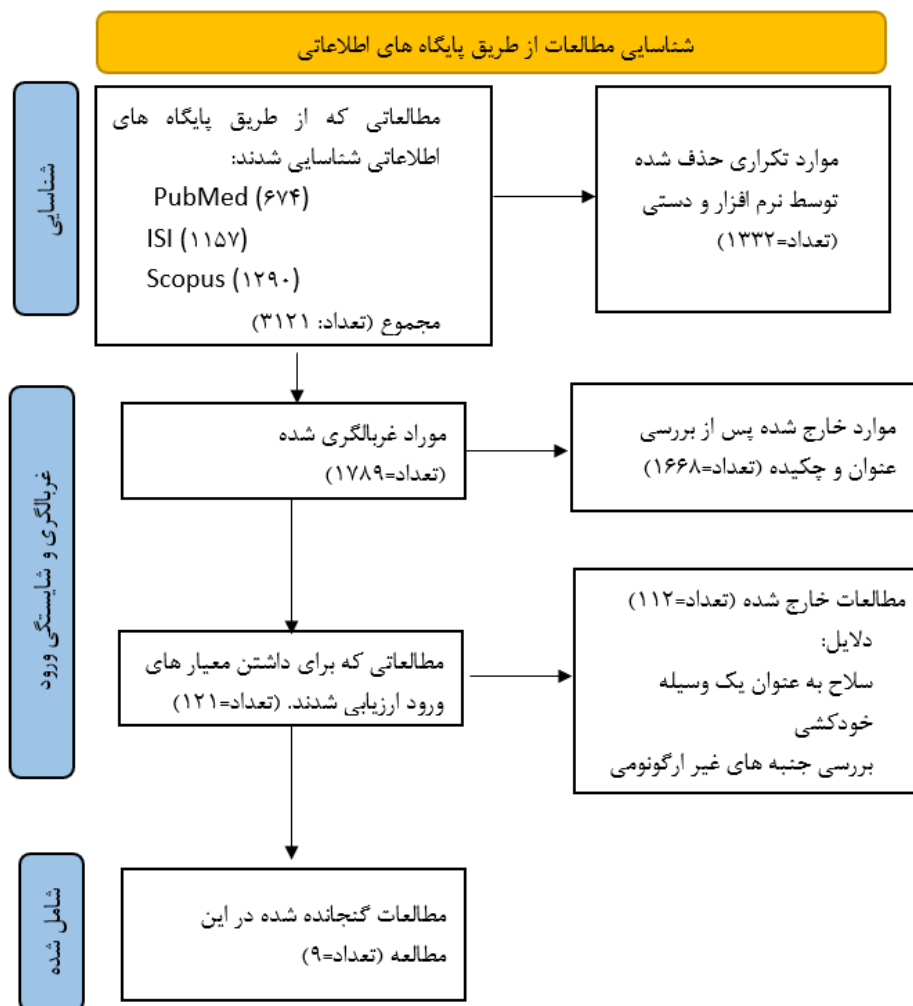
جستجو محدود به مطالعات منتشرشده تا ماه فوریه ۲۰۲۴ است. موتور جستجوی Google Scholar به‌منظور یافتن مقالات خاکستری و همچنین رفرنس تعدادی از مقالات انتخاب‌شده بررسی شدند. محدودیت زبانی در جستجوها در نظر گرفته نشد و مقالات با تمام زبان‌ها جستجو شد.

(۳) **انتخاب مطالعات مرتبط:** مطالعات یافته‌شده در پایگاه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار اندنوت نسخه‌ی ۲۰ ثبت شدند. ابتدا مطالعات تکراری با استفاده از امکانات نرم‌افزار و سپس به‌صورت دستی حذف شدند. سپس عنوان و چکیده‌ی مطالعات بررسی شدند و مواردی که با هدف این مطالعه ارتباط نداشتند، حذف شدند. سپس فایل مطالعات باقی‌مانده دانلود شد و براساس معیارهایی که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود، مطالعات نهایی انتخاب شدند. این فرایندها را دو نفر از نویسندگان (پ - خ) و (ج - ص) انجام دادند. مطالعات نهایی شامل مطالعاتی بودند که به‌طور خاص حداقل یک شاخص ارگونومیک را در سلاح‌های گرم بررسی کرده بودند. نوع شاخص براساس نظر نویسندگان که سابقه‌ی فعالیت در این رشته را دارند، مشخص شد. مطالعات پایان‌نامه‌ای، استانداردها و سایر اسناد که کار پژوهشی اصیل نبودند، مانند مطالعات مروری از مطالعه حذف شدند.

(۴) **استخراج داده‌ها:** استخراج داده‌ها را به‌طور مستقل دو نفر از نویسندگان با استفاده از یک فرم استاندارد انجام دادند. داده‌های

یافته‌ها

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، ۳۱۲۱ سند از طریق جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پیدا شدند که پس از حذف موارد تکراری، ۱۷۸۹ مورد براساس عنوان و چکیده بازبینی شدند. پس از خارج کردن ۱۶۶۸ مطالعه که ارتباطی با موضوع نداشتند، فایل ۱۲۱ مطالعه دانلود شد و براساس معیارهای ورود، بررسی شدند. در نهایت ۹ مطالعه وارد مرحله‌ی نهایی شدند و اطلاعات لازم از آنها استخراج شد.



شکل ۳: فلوچارت شناسایی، غربالگری و انتخاب مطالعات نهایی گنجانده شده در این مرور

جدول ۱: خلاصه و قسمت‌های مهم مطالعات وارد شده در این مرور

نویسندگان (سال چاپ)	مشخصات مطالعه	هدف	روش بررسی	یافته‌های مهم
Wang و همکاران [۱۲] (۲۰۲۰)	شرکت کنندگان: ۳ تیرانداز ماهر راست‌دست؛ نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: چین	تعیین تأثیرات عملکرد هدف‌گیری برای سه معیار انسان تفنگ، شامل طول قنداق، ارتفاع محور قنداق و موقعیت دستگیره جلو	یک آزمون با سه عامل و سه سطح طراحی شد. داده‌های الکترومایوگرافی عضلات منتخب و نوسانات لوله‌ی تفنگ با استفاده از دستگاه ثبت الکترومیوگرافی سطحی و سیستم ضبط حرکت سه‌بعدی به دست آمد.	طول و ارتفاع قنداق باعث سطوح مختلف خستگی عضلانی در بازوی راست شد و عضلات بازوی چپ به تغییرات موقعیت دستگیره‌ی جلو و طول قنداق حساس بودند. طول قنداق و ارتفاع محور قنداق بر پایداری هدف‌گیری افقی تأثیر گذاشت و پایداری هدف‌گیری عمودی به تمامی سه معیار انسان تفنگ پاسخ داد. به‌طور کلی، ارتفاع محور قنداق بیشترین تأثیر را بر پایداری هدف‌گیری داشت.
Bures و همکاران	شرکت کنندگان: ۱۸ عضو مرد نیروهای مسلح؛	ارائه‌ی روشی با استفاده از طراحی	نمونه‌ی اولیه در نرم‌افزار جک و با استفاده از داده‌های سه جمعیت	برای ارزیابی فاصله‌های دسترسی به کنترل‌های سلاح کمری (ماشه، ضامن، قفل خشاب) از مدل‌های انسانی دیجیتال و

[۱۳] (۲۰۱۷)	نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: جمهوری چک	انسان محور در طول مراحل توسعه‌ی مدل جدید تفنگ دستی	آمریکایی، اروپایی و آسیایی توسعه داده شد. نمونه‌ی کاربردی با استفاده از پرینت سه‌بعدی ساخته شد و گروهی از نیروهای مسلح با آن تیراندازی کرده و پرسش‌نامه‌ی رضایت کاربر را هم پر کردند.	نرم‌افزارهای ارگونومیک استفاده شده است. با این مدل‌های انسانی دیجیتال، مجموعه‌ای از حداقل، حداکثر و میانگین فاصله‌های دست‌رسی برای آمریکایی‌ها، اروپایی‌ها و آسیایی‌ها پیشنهاد شد. پاسخ‌ها برای تست شلیک با نمونه‌ی ساخته‌شده، مناسب بودن نمونه‌ی عملکردی را ارزیابی کرده و معیارهای خاصی را برای بهبودهای آینده شناسایی کرد.
Sekulova و همکاران [۷] (۲۰۱۵)	شرکت‌کنندگان: مجازی در نرم‌افزار شبیه‌ساز انسانی؛ نوع مطالعه: شبیه‌سازی؛ کشور: جمهوری چک	تعیین وضعیت ارگونومیک سلاح‌های گرم با توجه به ابعاد آنتروپومتریک جمعیت‌های منتخب با استفاده از مدل‌های دیجیتال انسانی	برای تحلیل و توسعه‌ی سلاح از نرم‌افزار ارگونومیک جک استفاده شد. دامنه‌هایی برای ماشه، سطح انتخابگر (تک‌تیر، رگبار، ضامن) و قفل خشاب ارزیابی شد. سپس تحلیل برخورد بین انگشتان و سطح انتخابگر انجام شد.	بیشترین مشکلات دست‌رسی مربوط به صدک ۵ کل جمعیت‌های ارزیابی‌شده بود. بدترین وضعیت در جمعیت آمریکا بود، ابعاد دست آن از همه‌ی جمعیت‌های مقایسه‌شده بزرگ‌تر بود. هنگام گرفتن تفنگ ممکن است دو حالت مج ایجاد شود که عبارت‌اند از: کشش و انحراف اولنار. اندازه‌گیری تعدادی ابعاد آنتروپومتری دست برای طراحی سلاح پیشنهاد شد.
Stone و همکاران [۱۴] (۲۰۱۴)	شرکت‌کنندگان: ۴۸ فرد تازه‌کار و باتجربه شامل زن و مرد؛ نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: آمریکا	تعیین دقت و ثبات تیرانداز حین شلیک با تفنگ بولپاپ و دو تفنگ با پیکربندی سنی از همان کالیبر	ارزیابی شلیک از هر دو سبک سلاح انجام شد. دقت شلیک و نوسانات در ثبات بیومکانیکی (مرکز فشار)، حین استفاده از سلاح‌ها بررسی شد.	طراحی‌های سلاح بولپاپ مزیت قابل توجهی در دقت و ثبات تیرانداز ارائه دادند؛ درحالی‌که شرکت‌کنندگان تمایل قابل توجهی به سلاح‌های سنتی نشان دادند. اگرچه مسائل مکانیکی و نگهداری زیادی باید قبل از انتخاب یک سیستم سلاح بولپاپ یا سنتی در نظر گرفته شود، اما از نظر تعادل انسانی، واضح است که بولپاپ پیکربندی مزیت‌دارتری است.
Sattlecker و همکاران [۱۵] (۲۰۱۴)	شرکت‌کنندگان: ۳۶ نفر (۲۷ مرد؛ ۹ زن)؛ نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: اتریش	تعیین تعادل وضعیتی، پایداری تفنگ و عملکرد شلیک در ورزشکاران دوگانه	ورزشکاران بایاتلون (دوگانه) به سه دسته‌ی جام جهانی، جام اروپا و ورزشکاران جوان تقسیم شدند و با تفنگ ۱۰ خشاب شلیک کردند. اندازه‌گیری‌های مرکز جرم، مرکز فشار و نوسان تفنگ با استفاده از سیستم‌های سینماتیکی و جنبشی انجام شد.	گروه‌های جام جهانی و اروپا نسبت به ورزشکاران جوان‌تر نوسان بدنی و تفنگی کمتری نشان دادند (به‌ویژه در جهت شلیک متقاطع). تعادل وضعیتی و پایداری تفنگ به‌ویژه در جهت شلیک متقاطع با عملکرد شلیک همبستگی منفی داشتند. داده‌های حاضر نشان‌دهنده‌ی اهمیت نوسان کمتر بدن و تفنگ به‌ویژه در جهت شلیک متقاطع برای موفقیت در شلیک ایستاده است. اشکال خاص تمرینات تعادل و پایداری تفنگ، توصیه شد.
Kuo و همکاران [۶] (۲۰۱۲)	شرکت‌کنندگان: مصاحبه: ۱۰ متخصص اسلحه؛ پرسش‌نامه: ۱۱۳ نفر؛ نوع مطالعه: دوبرحله‌ای، کیفی و پرسش‌نامه، آزمایشگاهی؛ کشور: تایوان	تعیین ترجیحات سربازان نظامی درباره‌ی ویژگی‌های طراحی تفنگ و بررسی تأثیر قنداق بر عملکرد تیراندازی	مصاحبه با کارشناسان اسلحه، نظرسنجی و پرسش‌نامه از سربازان و آزمایش تیراندازی با طول‌های مختلف قنداق انجام شد.	هفت عامل باید در طراحی مجدد تفنگ در نظر گرفته شود: تاکتیک‌های ضروری، طراحی رابط، صرفه‌جویی در وزن، پیکربندی بولپاپ، طراحی دید و نشانه‌روی، سایر متعلقات و سرنیزه. قنداق ۳۲ میلی‌متری نسبت به ۳۴ و ۳۰ رتبه‌ی بهتری کسب کرد. پیکربندی بولپاپ در مقایسه با پیکربندی‌های دیگر از دقت تیراندازی بالاتری برخوردار بود.
Cornell و Khasawneh [۱۰] (۲۰۰۸)	شرکت‌کنندگان: ۳۰ در ۳ گروه بدون تجربه تا باتجربه؛ ۶ زن ۲۴ مرد؛ نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: آمریکا	مقایسه‌ی مکانیسم‌های ایمنی مختلف اسلحه براساس ارگونومی، سهولت استفاده و تأثیر بر هدف‌گیری	افراد مکانیسم‌های ایمنی مختلف اسلحه‌ی گرم و تأثیر آن‌ها را بر نقطه‌ی هدف تیرانداز ارزیابی کردند.	آشنایی با سلاح‌های گرم، توانایی تعیین دقیق وضعیت ایمنی را افزایش می‌دهد. مکانیسم‌های ایمنی با علامت‌گذاری واضح یا کد رنگی یا آن‌هایی که داخل گارد ماشه قرار دارند، به‌طور قابل توجهی توانایی تعیین وضعیت ایمنی را بهبود می‌بخشند. مکانیسم‌های ایمنی نصب‌شده روی گارد ماشه، بهترین عملکرد را داشتند.
Mononen و همکاران [۱۶] (۲۰۰۷)	شرکت‌کنندگان: ۵۸ سرباز مرد نیروی هوایی؛ نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ کشور: فنلاند	بررسی روابط بین تعادل وضعیتی، پایداری تفنگ و امتیاز تیراندازی بین تیراندازان مبتدی	تعادل وضعیتی با استفاده از یک صفحه‌ی نیرو اندازه‌گیری شد. پایداری تفنگ با انحراف استاندارد حرکات لوله‌ی تفنگ نشان داده شد.	ضرایب همبستگی بین نمره تیراندازی و متغیرهای عملکرد رفتاری از منفی ۰/۲۹ تا ۰/۴۵ متغیر بود. سرعت نوسان میانی جانبی و انحراف افقی متغیرهای مستقل ۲۶ درصد از واریانس در امتیاز تیراندازی را تشکیل می‌دهند. نتایج همچنین نشان داد که تعادل وضعیتی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق پایداری تفنگ با دقت تیراندازی مرتبط است. تیرانداز باید با استفاده از برنامه‌های تمرین تعادل اضافی برای بهبود مهارت‌های وضعیتی تشویق شود.
Lee و Yuan [۱۷] (۱۹۷۷)	شرکت‌کنندگان: ۱۲ مرد ارتشی راست‌دست؛ نوع مطالعه: شبیه‌سازی و آزمایشگاهی؛ کشور: چین	بررسی معیارهای طراحی مانند تأثیرات وزن تفنگ و طول قنداق بر عملکرد تیراندازی، از جمله پایداری هدف‌گیری و دقت تیراندازی	تأثیر وزن تفنگ و طول قنداق بر ثبات هدف‌گیری در یک تمرین شبیه‌سازی‌شده بررسی شد. زوایای مفاصل اندام‌های فوقانی، داده‌های الکترومیوگرافی از عضلات منتخب، نوسانات مرکز فشار، نوسانات نقطه‌ی هدف و ترجیحات	طرح‌های مختلف تفنگ، وضعیت بدن و سطوح فشار عضلانی افراد را تغییر می‌دهد. طول دستگیره کوتاه‌تر و وزن سبک‌تر ترجیح داده شد. پایداری هدف‌گیری و دقت تیراندازی همبستگی بالایی داشتند. پاسخ‌های متعدد نشان داد که طراحی‌های مختلف تفنگ منجر به تغییر در وضعیت‌های نگهداری تفنگ و سطوح فعال‌سازی عضلات به‌منظور حفظ تعادل سیستم می‌شود و در نتیجه بر ثبات هدف‌گیری تأثیر می‌گذارد. داده‌های نوسانات هدف‌گیری از همان

ذهنی تحلیل شد. در بخش دوم آزمایش، رابطه‌ی بین ثبات هدف‌گیری و دقت تیراندازی در یک مطالعه‌ی تیراندازی زنده بررسی شد.

شرکت‌کننده در دو آزمایش به‌شدت همبستگی داشتند. ثبات هدف‌گیری و عملکرد موفق تیراندازی به هم مرتبط بودند.

وضعیتی و پایداری تفنگ عوامل کلیدی در دقت تیراندازی هستند. مطالعات نشان داده‌اند که تیراندازان باتجربه‌تر، نوسان بدن و تفنگ کمتری از خود نشان می‌دهند که منجر به عملکرد بهتر تیراندازی می‌شود. خستگی عضلانی تحت‌تأثیر معیارهای تفنگ مانند طول قنداق، ارتفاع محور قنداق و موقعیت دستگیره‌ی جلو قرار می‌گیرد. پیکربندی‌های مختلف می‌تواند منجر به سطوح مختلف خستگی عضلانی در بازوها و شانه‌ها شود که به‌نوبه‌ی خود بر پایداری هدف‌گیری تأثیر می‌گذارد.

۴. ایمنی و آموزش: توانایی تعیین وضعیت ایمنی سلاح با آشنایی کاربر با سلاح مرتبط است. طرح‌های جدید می‌توانند حتی برای کاربران باتجربه نیز گیج‌کننده باشند. علائم واضح و کدگذاری رنگی روی مکانیزم‌های ایمنی به‌طور قابل‌توجهی توانایی کاربر را برای تعیین وضعیت ایمنی بهبود می‌بخشد. تمرینات شبیه‌سازی‌شده‌ی تیراندازی برای پیش‌بینی عملکرد واقعی تیراندازی و بهبود اثربخشی آموزش مفید هستند.

روند انتشار مقالات در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، تعداد کمی مقالات در این حوزه منتشر شده و تنها در سال ۲۰۱۴، ۲ مقاله منتشر شده است و در بسیاری از سال‌ها هیچ انتشاری وجود ندارد. دو مقاله در مجله‌ی اپلاید ارگونومی، یک مقاله در مجله‌ی ارگونومی، یک مقاله در مجله‌ی عوامل انسانی و بقیه‌ی مقالات در مجلات غیر تخصصی یا کتابچه‌ی کنفرانس‌های نمایه‌شده، منتشر شده‌اند.

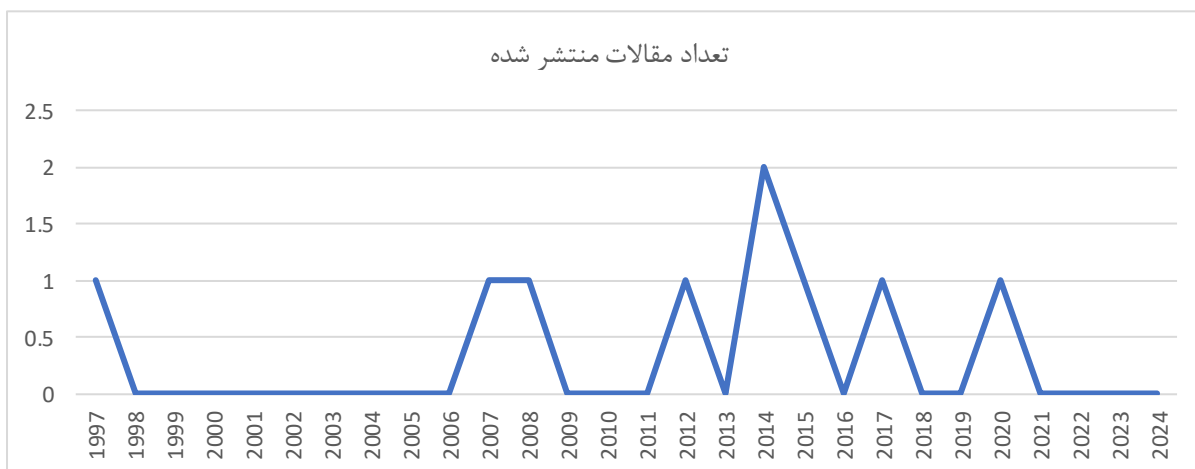
۱. ملاحظات آنترپومتریک و مدل‌سازی دیجیتال انسانی:

مدل‌های دیجیتال انسانی برای ارزیابی طرح‌های سلاح گرم میان جمعیت‌های مختلف مؤثر هستند. این مدل‌ها به محققان اجازه می‌دهند تا مناسب بودن کنترل‌ها و دسته‌ها را برای ابعاد آنترپومتریک گوناگون ارزیابی کنند. برای مثال مطالعات با استفاده از مدل‌های دیجیتال انسانی، فواصل دسترسی به کنترل‌هایی مانند ماشه‌ها، ضامن‌های اسلاید و ضامن‌های خشاب را برای جمعیت‌های آمریکایی، اروپایی و آسیایی تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند. همچنین ابعاد دست، موقعیت مچ و فواصل دسترسی برای طراحی سلاح اهمیت داشت.

۲. تأثیر پیکربندی و طراحی سلاح بر عملکرد: وزن و طول

تفنگ به‌طور قابل‌توجهی بر پایداری و دقت تیرانداز تأثیر می‌گذارد. به‌طور کلی تفنگ‌های سبک‌تر، دقت تیراندازی را بهبود می‌بخشند، اما تفنگ‌های بیش از حد سبک بر دقت، تأثیر منفی خواهند داشت. طول قنداق بهینه نیز پایداری هدف‌گیری و عملکرد تیراندازی را بهبود می‌بخشد. پیکربندی بولپاپ که در آن خشاب و عملگر در پشت ماشه قرار می‌گیرند، در مقایسه با طرح‌های معمولی می‌تواند منجر به پایداری و دقت بیومکانیکی بیشتری شود. شکل قنداق منحنی و طراحی‌های خاص محافظ دست و دسته‌ی ماشه نیز می‌تواند راحتی و عملکرد کاربر را بهبود بخشد.

۳. پایداری وضعیتی، فعالیت عضلانی و هدف‌گیری: تعادل



شکل ۴: روند انتشار مقالات برحسب سال انتشار

در نظر گرفته بودند، انجام شد. مطالعات بررسی‌شده در این مرور به‌طور کلی بر اهمیت ملاحظات ارگونومیک در طراحی تفنگ‌ها تأکید داشتند. یافته‌ها نشان می‌دهند که عوامل مختلفی ازجمله ابعاد آنترپومتریک، پیکربندی سلاح، ویژگی‌های طراحی، تعادل وضعیتی،

بحث

این مطالعه با هدف مرور مطالعاتی که مشخصات ارگونومی سلاح‌های گرم را بررسی کرده بودند و جنبه‌های طراحی سلاح‌ها را

و خستگی نیز تحت تأثیر معیارهای تفنگ مانند طول و ارتفاع قنداق و موقعیت دستگیره‌ی جلو قرار می‌گیرند. طراحی‌های مختلف می‌توانند منجر به سطوح مختلف خستگی عضلانی در بازوها و شانه‌ها شوند که این موضوع به‌نوبه‌ی خود پایداری هدف‌گیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۸، ۱۶].

اگرچه بر ایمن بودن استفاده از سلاح‌ها در مطالعات مختلف تأکید شده است؛ اما مطالعات کمی جنبه‌های ایمنی را از منظر ارگونومی و طراحی مدنظر قرار داده‌اند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که آشنایی کاربر با سلاح در تعیین وضعیت ایمنی آن نقش بسزایی دارد. نبود استانداردسازی در طراحی مکانیسم‌های ایمنی می‌تواند منجر به سردرگمی، حتی میان کاربران باتجربه شود. استفاده از علائم واضح و کدگذاری رنگی بر مکانیسم‌های ایمنی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی توانایی کاربر را در تشخیص و تعیین وضعیت ایمنی سلاح بهبود بخشد [۳، ۱۰]. افزون‌براین، تمرینات شبیه‌سازی‌شده‌ی تیراندازی به‌ویژه در فضای واقعیت مجازی، ابزاری مفید برای پیش‌بینی عملکرد واقعی تیراندازی و بهبود اثربخشی آموزش‌های مرتبط با تفنگ‌ها هستند. همچنین باید مراقب سوگیری برداشت اول کارکنان نظامی بود. این سوگیری هنگام اولین برخورد با یک فرد، ابزار یا کسب تجربه شکل می‌گیرد و بر احساسات و ادراکات فرد در آینده تأثیر می‌گذارد [۲۵، ۲۶]. برای مثال سربازهایی که در ابتدا با یک نوع خاص از سلاح‌ها آموزش دیده‌اند یا سال‌ها با همان نوع سلاح تیراندازی کرده‌اند، درمقابل تیراندازی با یک سلاح جدید حتی با ارگونومی بهتر مقاومت خواهند کرد.

این مطالعه اولین مطالعه‌ی مروری است که مشخصات ارگونومیکی سلاح‌های گرم با تمرکز بر تفنگ‌های تهاجمی را بررسی کرده است و از این نظر می‌تواند یک بینش جامع به متخصصان و محققان این حیطه ارائه دهد. باوجوداین، محدودیت‌هایی نیز دارد؛ برای مثال یکی از ضعف‌های اصلی این مطالعه، تعداد محدود مطالعات اولیه است که مرور شده‌اند که می‌تواند جهت‌گیری به‌سمت تحقیقات بیشتر را در این حوزه به محققان گوشزد کند. مقایسه‌ی سلاح‌های جدید از نظر شاخص‌های ارگونومی، استفاده از فناوری‌های جدید مانند مدل‌سازی دیجیتال انسانی در طراحی سلاح‌های آینده، استفاده از فناوری واقعیت مجازی برای آموزش کار با سلاح‌ها و اجرای مطالعات نظرسنجی و کیفی از کاربران نهایی سلاح‌ها، موضوعاتی هستند که نیاز است در تحقیقات آینده به آن توجه شود.

نتیجه‌گیری

این بررسی جامع نشان می‌دهد که طراحی سلاح گرم، تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد کاربر، ایمنی و تجربه‌ی کلی دارد. تلاش‌های طراحی آینده باید بر رویکردهای انسان‌محور، با در نظر گرفتن داده‌های آنتروپومتریک، پیکربندی سلاح، پایداری کاربر و مکانیسم‌های ایمنی برای تولید تفنگ‌هایی که هم مؤثر و هم ایمن برای استفاده هستند، تأکید کند. ادغام مدل‌سازی دیجیتالی انسان، تجزیه و تحلیل بیومکانیکی و بازخورد کاربر برای بهبود مستمر در

حتی نحوه‌ی آموزش و ایمنی می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد تیرانداز، دقت، پایداری و تجربه‌ی کلی کاربر تأثیر بگذارند. تعداد مطالعات محدودی در این مرور قرار گرفتند که علت آن می‌تواند مسائل امنیتی و اطلاعاتی باشد که اجازه‌ی انتشار نتایج کارهای تحقیقاتی را به متخصصان این حوزه نمی‌دهد. مطالعات مروری و حتی اصیل در حوزه‌ی ارگونومی نظامی، با تعداد کم در مجلات یافته می‌شود؛ باوجوداین، تلاش‌هایی در جهت ارگونومی لباس‌های حفاظت فردی کارکنان نظامی شده است [۱۸].

مطالعات زیادی در این مرور به جنبه‌های ارگونومی فیزیکی و آنتروپومتری سلاح‌ها توجه کرده بودند. اهمیت در نظر گرفتن داده‌های آنتروپومتری در طراحی لباس و تجهیزات نظامی را بارها محققان مختلف مطرح کرده‌اند [۱۸، ۱۹]. در طراحی تفنگ‌ها باید تنوعات آنتروپومتریک خاص جمعیت‌ها در نظر گرفته شود. همچنین به اهمیت ابعاد دست به‌طور ویژه تأکید شده و نیاز به پایگاه‌های داده‌ی جامع برای جمعیت‌هایی مختلف برجسته شده است [۲۰، ۲۱]. استفاده از مدل‌سازی دیجیتال انسانی در طراحی سلاح، رویکردی مؤثر برای ارزیابی و بهینه‌سازی کنترل‌ها و دسته‌ها برای طیف وسیعی از کاربران با ابعاد جسمی متفاوت است. این امر به‌ویژه در طراحی تفنگ‌های نظامی که افراد با ویژگی‌های آنتروپومتریک گوناگون از آن استفاده می‌کنند، اهمیت زیادی دارد [۷، ۲۲]. مدل‌سازی دیجیتال انسانی، یک تکنیک برای شبیه‌سازی تعامل انسان با محصول یا محیط کار در یک محیط مجازی است. این فرایند ارزیابی مجازی برای توسعه‌ی محصولات مبتنی بر کاربر با گنجاندن اصول عوامل انسانی در مراحل اولیه‌ی طراحی مفید است. چراکه زمان طراحی را کاهش می‌دهد و کیفیت را بهبود می‌بخشد [۲۲، ۲۳]. استفاده از مدل‌های دیجیتالی انسانی، امکان فرایند طراحی تکراری‌تری را فراهم می‌کند، جایی که مدل‌ها قبل از تولید هر نمونه‌ی اولیه‌ی فیزیکی آزمایش و اصلاح می‌شوند.

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که پیکربندی و طراحی سلاح، نقش مهمی در عملکرد تیرانداز ایفا می‌کند. وزن و طول سلاح ازجمله عواملی هستند که می‌توانند بر تیراندازی تأثیر بگذارند. به‌طورکلی، تفنگ‌های سبک‌تر می‌توانند دقت تیراندازی را بهبود بخشند، اما باید توجه داشت که وزن بیش از حد سبک نیز می‌تواند تأثیر منفی بر دقت داشته باشد. طول قنداق بهینه نیز بر پایداری هدف‌گیری و عملکرد تیراندازی مؤثر است. افزون‌براین، پیکربندی بولپاپ به دلیل قرارگیری خشاب و عملگر در پشت ماشه، می‌تواند منجر به پایداری و دقت بیومکانیکی بیشتری در مقایسه با طرح‌های سنتی شود. بحث بین پیکربندی‌های رایج و بولپاپ یک موضوع چالش‌برانگیز است. درحالی‌که ترجیحات ذهنی برای تفنگ‌های رایج وجود دارد، مطالعات مزایای عملکرد بالقوه‌ی طرح‌های بولپاپ را نشان داده‌اند [۱۴، ۲۴]. حفظ تعادل وضعیتی و پایداری از عوامل حیاتی در دستیابی به دقت بالا در تیراندازی هستند. مطالعات نشان داده‌اند که تیراندازان حرفه‌ای در مقایسه با افراد مبتدی، نوسان بدن و تفنگ کمتری دارند که این امر به عملکرد بهتر آن‌ها در تیراندازی کمک می‌کند. فعالیت عضلانی

طراحی سلاح گرم ضروری خواهد بود. افزون بر آن، بحث مداوم درباره‌ی پیکربندی‌های بولپاپ در مقابل شکل رایج، تحقیقات بیشتری را برای تحکیم درک تأثیر آن‌ها بر دقت و پایداری کاربر در شرایط مختلف می‌طلبد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی افرادی که در انجام این مطالعه راهنمایی کردند و مشاوره دادند تا این مقاله به صورت علمی و کاربردی درآید، تشکر می‌کنند.

تضاد منافع

هیچ تعارض منافع وجود ندارد

مشارکت‌های نویسندگان

مفهوم‌سازی: مهدی رکنیان، پیام خانلری
مدیریت داده‌ها: پیام خانلری

تحلیل: غیر کاربردی

جذب سرمایه: غیر کاربردی

تحقیق: پیام خانلری، جعفر صالحیان

روش‌شناسی: پیام خانلری

مدیریت پروژه: مهدی رکنیان، جعفر صالحیان

منابع: پیام خانلری

نرم‌افزار: پیام خانلری

نظارت: مهدی رکنیان، جعفر صالحیان

اعتبارسنجی: غیر کاربردی

تجسم: غیر کاربردی

نوشتن پیش‌نویس اصلی: پیام خانلری

نگارش، بررسی و ویرایش: مهدی رکنیان، جعفر صالحیان، پیام خانلری

حمایت مالی

ندارد.

REFERENCES

- Cornell MA. A systems engineering and ergonomic evaluation of safety and operational effectiveness in traditional firearms design. State University of New York at Binghamton; 2007. [Link]
- Hancock PA, Hendrick HW, Hornick R, Paradis P. Human factors issues in firearms design and training. Ergonomics in Design. 2006;14(1):5-11. [DOI: [10.1177/106480460601400103](https://doi.org/10.1177/106480460601400103)]
- Hendrick HW, Paradis P, Hornick RJ. Human factors issues in handgun safety and forensics. CRC Press; 2007. [DOI: [10.1201/9781420062977](https://doi.org/10.1201/9781420062977)]
- Johnston GP, Nelson TB. The World's Assault Rifles. Ironside International Publishers, Inc; 2016. [Link]
- Tilstra RC. The Battle Rifle: Development and Use Since World War II. McFarland; 2014. [Link]
- Kuo C-L, Yuan C-K, Liu BS. Using human-centered design to improve the assault rifle. Applied ergonomics. 2012;43(6):1002-7. [DOI: [10.1016/j.apergo.2012.02.002](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.02.002)] [PMID]
- Sekulova K, Bures M, Kurkin O, Simon M. Ergonomic analysis of a firearm according to the anthropometric dimension. Procedia Engineering. 2015;100:609-16. [DOI: [10.1016/j.proeng.2015.01.411](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.411)]
- Selinger JC. The effect of weight and weight distribution on upper extremity muscular fatigue during static rifle aiming. Queen's University; 2009. [Link]
- Herrera-Ramirez J, Zuñiga-Aviles L. Designing Small Weapons. CRC Press; 2022. [DOI: [10.1201/9781003196808](https://doi.org/10.1201/9781003196808)]
- Cornell MA, Khasawneh MT. An ergonomic comparison of firearm safety mechanisms. Ergonomics. 2008;51(9):1394-406. [DOI: [10.1080/00140130802216917](https://doi.org/10.1080/00140130802216917)] [PMID]
- Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. International journal of social research methodology. 2005;8(1):19-32. [DOI: [10.1080/1364557032000119616](https://doi.org/10.1080/1364557032000119616)]
- Wang Y, Wang YP, Xu C. Experimental study: effects of typical man-rifle parameters on aiming performance. In Journal of Physics: Conference Series 2020 (Vol. 1507, No. 10, p. 102012). IOP Publishing; 2020. [Link]
- Bures M, Görner T, Miller A, Kaba M. Methodology of Digital Firearm Ergonomic Design. In Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA 2017 (pp. 221-230). Springer International Publishing; 2017. [Link]
- Stone RT, Moeller BF, Mayer RR, Rosenquist B, Van Ryswyk D, Eichorn D. Biomechanical and performance implications of weapon design: comparison of bullpup and conventional configurations. Human factors. 2014;56(4):684-95. [DOI: [10.1177/0018720813509107](https://doi.org/10.1177/0018720813509107)] [PMID]
- Sattlecker G, Buchecker M, Müller E, Lindinger SJ. Postural balance and rifle stability during standing shooting on an indoor gun range without physical stress in different groups of biathletes. International journal of sports science & coaching. 2014;9(1):171-84. [DOI: [10.1260/1747-9541.9.1.17](https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.17)]
- Mononen K, Kontinen N, Viitasalo J, Era P. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2007;17(2):180-5. [DOI: [10.1111/j.1600-0838.2006.00549.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00549.x)] [PMID]
- Yuan C-K, Lee Y-H. Effects of rifle weight and handling length on shooting performance. Applied Ergonomics. 1997;28(2):121-7. [PMID]
- Bishop P, Ray P, Reneau P. A review of the ergonomics of work in the US military chemical protective clothing. International Journal of Industrial Ergonomics. 1995;15(4):271-83. [DOI: [10.1016/0169-8141\(94\)00041-Z](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00041-Z)]
- Walsh GS, Low DC. Military load carriage effects on the gait of military personnel: A systematic review. Applied ergonomics. 2021;93:103376. [DOI: [10.1016/j.apergo.2021.103376](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103376)] [PMID]
- Carr DJ, Wilson CA, Laing RM. Anthropometric methods for the successful design of military clothing and equipment. Advances in military textiles and personal equipment: Elsevier. 2012;pp. 49-63. [DOI: [10.1533/9780857095572.1.49](https://doi.org/10.1533/9780857095572.1.49)]
- Yokota M. Head and facial anthropometry of mixed-race US Army male soldiers for military design and sizing: A pilot study. Applied Ergonomics. 2005;36(3):379-83. [DOI: [10.1016/j.apergo.2005.01.009](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.01.009)] [PMID]
- Chaffin DB. Improving digital human modelling for proactive ergonomics in design. Ergonomics. 2005;48(5):478-91. [DOI: [10.1080/001401304000029191](https://doi.org/10.1080/001401304000029191)] [PMID]
- Green RF, Hagale TJ, George T, Hancock GA, Rice SM. Digital human modeling in aerospace. DHM and Posturography: Elsevier. 2019; pp. 549-58. [DOI: [10.1016/B978-0-12-816713-7.00040-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816713-7.00040-4)]
- Rooney K. Godsall Bullpup 11005: The Story of an English Test Rifle in Montreal. Arms & Armour. 2018;15(2):172-90. [DOI: [10.1080/17416124.2018.1522060](https://doi.org/10.1080/17416124.2018.1522060)]
- Cook R, Eggleston A, Over H. The cultural learning account of first impressions. Trends in Cognitive Sciences.

- 2022;26(8):656-68. [DOI: [10.1016/j.tics.2022.05.007](https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.05.007)]
[PMID]
26. Fang X, Rajkumar TM, Sena M, Holsapple C. National culture, online medium type, and first impression bias.

Journal of Organizational Computing and Electronic
Commerce. 2020;30(1):51-66. [DOI:
[10.1080/10919392.2020.1713686](https://doi.org/10.1080/10919392.2020.1713686)].