



## Review Article

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

Mahdi Roknian<sup>1</sup> , Jafar Salehian<sup>2</sup> , Payam Khanlari<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Department of Research & Development of Iran Khodro Expert of Ergonomics & Packaging Unit, Tehran, Iran

### Article History:

Received: ----

Revised: ----

Accepted: ----

ePublished: ----

**\*Corresponding author:** Payam Khanlari, Department of Research & Development of Iran Khodro Expert of Ergonomics & Packaging Unit, 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, Khanlari P. Examining Ergonomic Features in Military Rifle Design: A Scoping Review Study. *Iran J Ergon.* 2024; 12(4): ---

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

مهدی رکنیان<sup>۱</sup> , جعفر صالحیان<sup>۲</sup>، پیام خانلری<sup>۱\*</sup> 

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> 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 دانلود 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 آنترپومتریک 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 آنترپومتریک، پیکربندی سلاح، پایداری کاربر و مکانیسم‌های ایمنی برای تولید تفنگ‌ها تأکید کند.

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

تاریخ دریافت مقاله: -----

تاریخ داوری مقاله: -----

تاریخ پذیرش مقاله: -----

تاریخ انتشار مقاله: -----

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

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

ایمیل: payamba19@gmail.com

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

### مقدمه

برای همه‌ی کاربران ایمن، قابل‌استفاده و کارآمد هستند [۱]. 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 [۲]. 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

منسوخ‌شده‌ی M14 کالیبر ۷/۶۲ میلی‌متری شود. ساخت تفنگ T65 شباهت زیادی به تفنگ M16-A1 ساخت ایالات متحده دارد و براساس مکانیسم عرضه‌شده توسط ایالات متحده ساخته شده است. گزارش‌های مربوط به تفنگ اصلی T65 حاکی از آن است که عملکرد آن، رضایت‌بخش نبود؛ بنابراین، بهبود یافت و به T65K2 تبدیل شد که گاهی اوقات به‌مثابه‌ی T68 نیز شناخته می‌شود. تفنگ T65K2 دارای دسته‌ی حمل متفاوتی نسبت به M16 است که از یک بلوک دید عقب تشکیل شده است. در غیر این صورت شبیه M16-A1 است.

پس از آن، تفنگ T86 توسعه یافت و سپس تفنگ تهاجمی-T-91 (کالیبر ۵/۵۶ میلی‌متر) براساس تفنگ T86 توسعه یافت که ویژگی‌های تفنگ‌های M16 و AR-18 را با ویژگی‌های مدرن‌تر در خود جای داده است. T-91 نسبت به T65K2 که جایگزین آن می‌شود، سبک‌تر و کوتاه‌تر است و دارای یک استوک تلسکوپی ۶ موقعیتی است که تنظیمات را براساس نیازهای فردی امکان‌پذیر می‌کند. آخرین سلاح در این حوزه، T-91 است که یک نوع از T86 است و دسته‌ی حمل آن با یک ریل جانبی جایگزین شده است [۴].

۵. در سال‌های اخیر سلاح‌های تهاجمی جدیدی مانند Haenel MK 556 و G36 توسعه داده شده‌اند. افزون بر تلاش‌های مختلف جهت بهبود عملکرد تیراندازی، دو مورد از مهم‌ترین تلاش‌ها در طراحی مجدد یک تفنگ، کوتاه کردن طول و کاهش وزن و بهبود ویژگی‌های حمل و جابه‌جایی آن است. برای مثال قنداق‌ها تغییراتی داشته‌اند. قنداق به تیرانداز کمک می‌کند تا بتواند تفنگ را محکم نگه دارد و به راحتی با کمک آن نشانه بگیرد. قنداق همچنین پس زدن را به بدن تیرانداز منتقل می‌کند [۳، ۶]. یک موضوع محوری در طراحی ارگونومیک تفنگ‌های تهاجمی، نیاز به تطبیق با دامنه‌ی گسترده‌ای از تغییرات انسانی از نظر اندازه، شکل و قدرت است. این امر مستلزم استفاده از داده‌های آنتروپومتریک است که اندازه‌گیری‌های آماری از ابعاد بدن انسان را ارائه می‌دهد تا اطمینان حاصل شود که تفنگ‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که متناسب با اکثریت کاربران در یک جمعیت مشخص باشند [۷، ۸]. تجزیه و تحلیل ارگونومیک تفنگ‌ها چیزی فراتر از اطمینان از یک دستگیره راحت است. این تجزیه و تحلیل، کل تجربه‌ی کاربر از هدف‌گیری و شلیک تا نگهداری و ذخیره‌سازی را در بر می‌گیرد. به چندین جزء کلیدی در طراحی تفنگ‌ها به‌مثابه‌ی حوزه‌های مهم مورد توجه ارگونومیک مانند طراحی ماشه، دستگیره‌ها، قنداق، هدف‌گیری و توزیع وزن باید توجه شود [۸، ۹]. تأثیر این عوامل ارگونومیک بر عملکرد کاربر با استفاده از طیف وسیعی از تکنیک‌های تجربی و تحلیلی قابل بررسی است.

یک موضوع تکرار شونده در سراسر منابع، نبود استانداردسازی در طراحی تفنگ‌ها و مکانیسم‌های ایمنی است. این فقدان استانداردسازی می‌تواند منجر به سردرگمی و افزایش خطر حوادث شود، به‌ویژه هنگامی که کاربران از تفنگ‌های مختلفی استفاده می‌کنند [۱]. منابع نشان می‌دهند که بسیاری از تفنگ‌ها، حتی

کنترل‌شده و خودکار با برد مؤثر حداقل ۳۰۰ متر هستند. مثال‌هایی از تفنگ‌های تهاجمی شامل AK-47، تفنگ M16 و Steyr AUG هستند. تفنگ AK-47 یک تفنگ تهاجمی با کالیبر ۷/۶۲ میلی‌متر است که میخائیل کلاشنیکف در اتحاد جماهیر شوروی آن را طراحی کرد. این یکی از اولین تفنگ‌های تهاجمی واقعی است و به دلیل مقاومت، هزینه‌ی تولید پایین و سهولت استفاده، هنوز هم کاربرد بیشتری دارد و در سراسر جهان استفاده می‌شود. وزن AK-47 با یک خشاب خالی ۴/۳ کیلوگرم است. طول آن با یک دسته‌ی چوبی ثابت ۸۷۰ میلی‌متر و با یک دسته‌ی تاشو ۸۷۵ میلی‌متر و طول ۶۴۵ میلی‌متر با دسته‌ی تاشو بسته شده است. طول لوله ۴۱۵ میلی‌متر است. M16 نام نظامی آمریکایی برای خانواده‌ی تفنگ‌هاست که کولت در میانه‌ی قرن بیستم آن را بهبود داده است. M16 یک تفنگ تهاجمی با گلوله‌های کالیبر ۵/۵۶ میلی‌متر است و وزن خالی آن ۳/۹ کیلوگرم و با گلوله‌ها ۴/۰ کیلوگرم وزن دارد. طول کلی آن ۱۰۰۰ میلی‌متر و طول لوله ۵۰۸ میلی‌متر است. یکی دیگر از سلاح‌های معروف Steyr AUG است که از موفق‌ترین تفنگ‌های بولپاپ (Bullpup) به شمار می‌رود. اسلحه‌ی بولپاپ سلاحی است که دستگیره‌ی شلیک آن جلوی خشاب اسلحه به جای پشت آن قرار دارد (شکل ۱)؛ این امکان را فراهم می‌کند که طول کوتاه‌تری برای تفنگ با همان طول لوله داشته باشد که منجر به نقطه‌ی ثقل نزدیک‌تر به بدن و کاهش وزن می‌شود. تیرهای این تفنگ اتریشی گلوله‌های کالیبر ۵/۵۶ میلی‌متر است. این سلاح به‌مثابه‌ی خانواده‌ای از تفنگ‌ها طراحی شده که می‌تواند با تغییر لوله به طول و نوع دلخواه به سرعت با انواع مختلف نقش‌ها تطبیق یابد [۴-۶].



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

تفنگ T65 با کالیبر ۵/۵۶ میلی‌متری یکی دیگر از سلاح‌های تهاجمی است که در تایوان ساخته شد تا جایگزین تفنگ

آنهایی که در یک دسته قرار دارند، از نظر ابعاد، طرحبندی کنترلها و مکانیسمهای ایمنی تفاوت‌های قابل توجهی دارند. این تغییرپذیری باعث می‌شود تا کاربران عادات هندلینگ ثابت و قابل اعتمادی را ایجاد کنند و احتمال خطاها، به‌ویژه در شرایط استرس‌زا، افزایش یابد [۱۰].

با توجه به مطالب مطرح‌شده، هدف این مرور دامنه‌ای، بررسی تحقیقات موجود درباره‌ی ویژگی‌های ارگونومیک تفنگ‌ها، با تأکید ویژه بر تفنگ‌های تهاجمی است. این بررسی با استفاده از طیف وسیعی از منابع، قصد دارد یک نمای کلی جامع از زمینه‌ی ارگونومی تفنگ‌ها ارائه دهد و همچنین پیشرفت‌های حاصل‌شده و شکاف‌هایی 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، به‌دلیل 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 آرکسی و اومالی [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:

(الف) مطالعاتی که ارگونومی سلاح‌های گرم را بررسی کرده‌اند چه مشخصاتی دارند؟

(ب) برای طراحی ارگونومیک سلاح‌های گرم چه شاخص‌هایی وجود دارد؟

(ج) چه شکاف‌ها و چالش‌هایی در طراحی ارگونومیک سلاح‌های گرم وجود دارد؟

(۲) **شناسایی مطالعات مرتبط:** یک جستجوی مرور جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر PubMed، Web of Science و Scopus انجام شد. جستجو با استفاده از کلیدواژه‌ها و عبارات مرتبط با طراحی ارگونومی سلاح‌های گرم، از جمله «سلاح انفرادی»، «تفنگ تهاجمی»، «سلاح گرم»، «ارگونومی» و «طراحی» انجام شد. برای مثال استراتژی جستجو در پایگاه Scopus در شکل ۲ نشان داده شده است.

( 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

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 کلیدی استخراج‌شده 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

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 داندلود 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

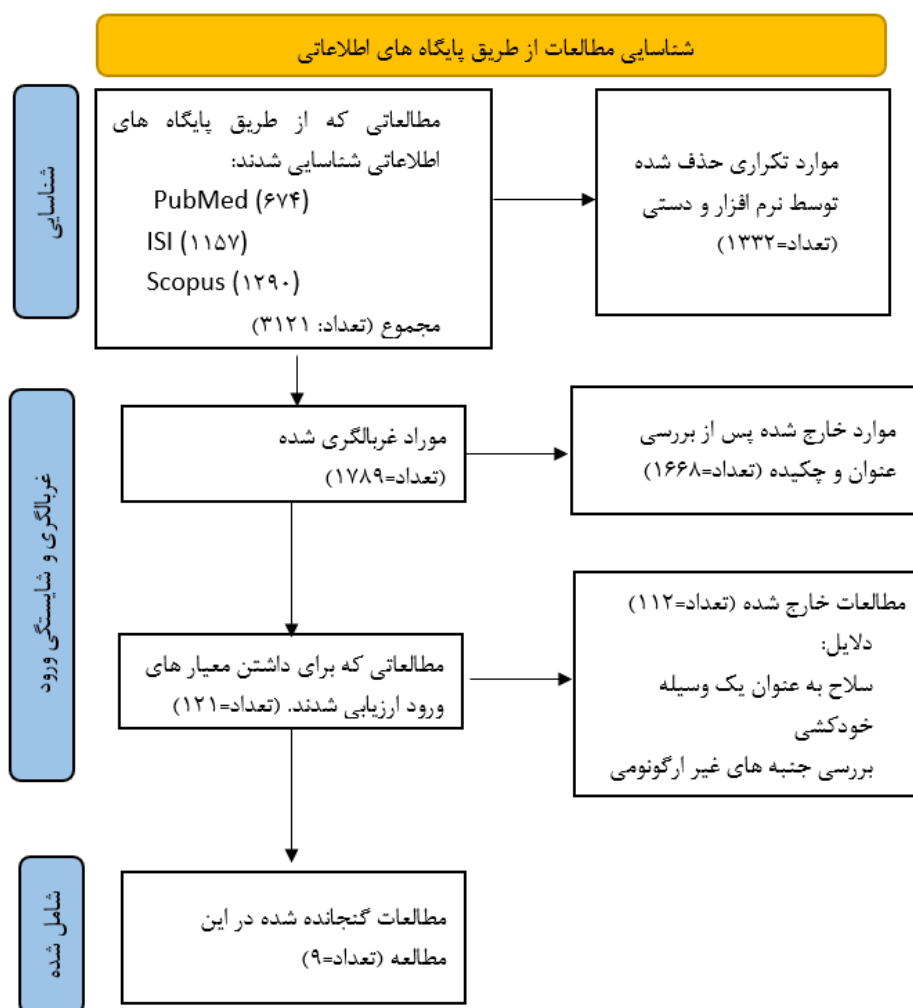
پس از خارج کردن ۱۶۶۸ مطالعه که ارتباطی با موضوع نداشتند، فایل ۱۲۱ مطالعه دانلود شد و براساس معیارهای ورود، بررسی شدند. در نهایت ۹ مطالعه وارد مرحله‌ی نهایی شدند و اطلاعات لازم از آن‌ها استخراج شد.

در جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات که در آن‌ها جنبه‌های طراحی ارگونومیکی سلاح‌ها بررسی شده بودند، قرار داده شده است. در کشورهای آمریکا، چین و جمهوری چک هر کدام ۲ مطالعه، اتریش، تایوان و فنلاند هر کدام یک مطالعه انجام شده بود. بیشتر شرکت‌کنندگان در این مطالعات سربازان حرفه‌ای بودند و اغلب مطالعات به‌صورت آزمایشگاهی انجام شده بودند. حوزه‌های کلیدی نتایج این مطالعات شامل تأثیر ابعاد آنتروپومتریک، پیکربندی تفنگ‌ها و ویژگی‌های طراحی بر دقت تیراندازی، پایداری و تجربه‌ی کاربر است.

یک جمع‌بندی دقیق، داده‌های استخراج‌شده 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.

## 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.



**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<br>(سال چاپ)     | مشخصات مطالعه                                                      | هدف                                                                     | روش بررسی                                                                                                       | یافته‌های مهم                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| وانگ و همکاران [۱۲] (۲۰۲۰) | شرکت‌کنندگان: ۳ تیرانداز ماهر راست‌دست؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛ | تعیین تأثیرات عملکرد هدف‌گیری برای سه معیار انسان تفنگ، شامل طول قنداق، | یک آزمون با سه عامل و سه سطح طراحی شد. داده‌های الکترومایوگرافی عضلات منتخب و نوسانات لوله‌ی تفنگ با استفاده از | 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 |

|                              |                                                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| کشور: چین                    | ارتفاع محور قنداق و موقعیت دستگیره جلو                                                                                                 | دستگاه ثبت الکترومیوگرافی سطحی و سیستم ضبط حرکت سه بعدی به دست آمد.                                                   | هدف گیری عمودی به تمامی سه معیار انسان تفنگ پاسخ داد. به طور کلی، ارتفاع محور قنداق بیشترین تأثیر را بر پایداری هدف گیری داشت.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| بورس و همکاران [۱۳] (۲۰۱۷)   | شرکت کنندگان: ۱۸ عضو<br>مرد نیروهای مسلح؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛<br>کشور: جمهوری چک                                                | ارائه ی روشی با استفاده از طراحی انسان محور در طول مراحل توسعه ی مدل جدید تفنگ دستی                                   | برای ارزیابی فاصله های دسترسی به کنترل های سلاح کمری (ماشه، ضامن، قفل خشاب) از مدل های انسانی دیجیتال و نرم افزارهای ارگونومیک استفاده شده است. با این مدل های انسانی دیجیتال، مجموعه ای از حداقل، حداکثر و میانگین فاصله های دسترسی برای آمریکایی ها، اروپایی ها و آسیایی ها پیشنهاد شد. پاسخ ها برای تست شلیک با نمونه ی ساخته شده، مناسب بودن نمونه ی عملکردی را ارزیابی کرده و معیارهای خاصی را برای بهبودهای آینده شناسایی کرد. |
| سکولوا و همکاران [۷] (۲۰۱۵)  | شرکت کنندگان: مجازی<br>در نرم افزار شبیه ساز انسانی؛<br>نوع مطالعه: شبیه سازی؛<br>کشور: جمهوری چک                                      | تعیین وضعیت ارگونومیک سلاح های گرم با توجه به ابعاد آنتروپومتریک جمعیت های منتخب با استفاده از مدل های دیجیتال انسانی | بیشترین مشکلات دسترسی مربوط به صدک ۵ کل جمعیت های ارزیابی شده بود. بدترین وضعیت در جمعیت آمریکا بود، ابعاد دست آن از همه ی جمعیت های مقایسه شده بزرگ تر بود. هنگام گرفتن تفنگ ممکن است دو حالت مچ ایجاد شود که عبارت اند از: کشش و انحراف اولنار. اندازه گیری تعدادی ابعاد آنتروپومتری دست برای طراحی سلاح پیشنهاد شد.                                                                                                               |
| استون و همکاران [۱۴] (۲۰۱۴)  | شرکت کنندگان: ۴۸ فرد تازه کار و باتجربه شامل زن و مرد؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛<br>کشور: آمریکا                                      | تعیین دقت و ثبات تیرانداز حین شلیک با تفنگ بولپاپ و دو تفنگ با پیکربندی سنتی از همان کالیبر                           | طراحی های سلاح بولپاپ مزیت قابل توجهی در دقت و ثبات تیرانداز ارائه دادند؛ درحالی که شرکت کنندگان تمایل قابل توجهی به سلاح های 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 مزیت دارتری است.                                                                                                           |
| سانلکر و همکاران [۱۵] (۲۰۱۴) | شرکت کنندگان: ۳۶ نفر (۲۷ مرد؛ ۹ زن)؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛<br>کشور: اتریش                                                         | تعیین تعادل وضعیتی، پایداری تفنگ و عملکرد شلیک در ورزشکاران دوگانه                                                    | گروه های جام جهانی و اروپا نسبت به ورزشکاران جوان تر نوسان بدنی و تفنگی کمتری نشان دادند (به ویژه در جهت شلیک متقاطع). تعادل وضعیتی و پایداری تفنگ به ویژه در جهت شلیک متقاطع با عملکرد شلیک همبستگی منفی داشتند. داده های حاضر نشان دهنده ی اهمیت نوسان کمتر بدن و تفنگ به ویژه در جهت شلیک متقاطع برای موفقیت در شلیک ایستاده است. اشکال خاص تمرینات تعادل و پایداری تفنگ، توصیه شد.                                               |
| کو و همکاران [۶] (۲۰۱۲)      | شرکت کنندگان: مصاحبه: ۱۰ متخصص اسلحه؛<br>پرسش نامه: ۱۱۳ نفر؛<br>نوع مطالعه: دومرحله ای، کیفی و پرسش نامه، آزمایشگاهی؛<br>کشور: تایلوان | تعیین ترجیحات سربازان نظامی درباره ی ویژگی های طراحی تفنگ و بررسی تأثیر قنداق بر عملکرد تیراندازی                     | هفت عامل باید در طراحی مجدد تفنگ در نظر گرفته شود: تاکتیک های ضروری، طراحی رابط، صرفه جویی در وزن، پیکربندی بولپاپ، طراحی دید و نشانه روی، سایر متعلقات و سرنیزه. قنداق ۳۲ میلی متری نسبت به ۲۴ و ۳۰ رتبه ی بهتری کسب کرد. پیکربندی بولپاپ در مقایسه با پیکربندی های دیگر از دقت تیراندازی بالاتری برخوردار بود.                                                                                                                     |
| کرنل و خاسوانه [۱۰] (۲۰۰۸)   | شرکت کنندگان: ۳۰ در ۳ گروه بدون تجربه تا باتجربه؛<br>۶ زن ۲۴ مرد؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛<br>کشور: آمریکا                           | مقایسه ی مکانیسم های ایمنی مختلف اسلحه براساس ارگونومی، سهولت استفاده و تأثیر بر هدف گیری                             | آشنایی با سلاح های گرم، توانایی تعیین دقیق وضعیت ایمنی را افزایش می دهد. مکانیسم های ایمنی با علامت گذاری واضح یا کد رنگی یا آن هایی که داخل گارد ماشه قرار دارند، به طور قابل توجهی توانایی تعیین وضعیت ایمنی را بهبود می بخشد. مکانیسم های ایمنی نصب شده روی گارد ماشه، بهترین عملکرد را داشتند.                                                                                                                                   |
| مونونو و همکاران [۱۶] (۲۰۰۷) | شرکت کنندگان: ۵۸ سرباز مرد نیروی هوایی؛<br>نوع مطالعه: آزمایشگاهی؛<br>کشور: فنلاند                                                     | بررسی روابط بین تعادل وضعیتی، پایداری تفنگ و امتیاز تیراندازی بین تیراندازان مبتدی                                    | 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 می دهند. نتایج همچنین نشان داد که تعادل وضعیتی به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق پایداری تفنگ با دقت تیراندازی مرتبط است. تیرانداز باید با استفاده از برنامه های تمرین تعادل اضافی برای بهبود مهارت های وضعیتی تشویق شود.              |
| یوان و لی [۱۷]               | شرکت کنندگان: ۱۲ مرد ارتشی راست دست؛<br>نوع                                                                                            | بررسی معیارهای طراحی مانند تأثیرات                                                                                    | طرح های مختلف تفنگ، وضعیت بدن و سطوح فشار عضلانی افراد را تغییر می دهد. طول دستگیره کوتاه تر و وزن سبک تر ترجیح داده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|        |                                           |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (۱۹۷۷) | مطالعه: شبیه‌سازی و آزمایشگاهی؛ کشور: چین | وزن تفنگ و طول قنداق بر عملکرد تیراندازی، از جمله پایداری هدف‌گیری و دقت تیراندازی | شبیه‌سازی شده بررسی شد. زوایای مفاصل اندام‌های فوقانی، داده‌های الکترومیوگرافی از عضلات منتخب، نوسانات مرکز فشار، نوسانات نقطه‌ی هدف و ترجیحات ذهنی تحلیل شد. در بخش دوم آزمایش، رابطه‌ی بین ثبات هدف‌گیری و دقت تیراندازی در یک مطالعه‌ی تیراندازی زنده بررسی شد. | 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 شرکت‌کننده در دو آزمایش به‌شدت همبستگی داشتند. ثبات هدف‌گیری و عملکرد موفق تیراندازی به هم مرتبط بودند. |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## ۱. ملاحظات آنتروپومتریک 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 آنتروپومتریک 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 تجزیه و تحلیل 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.

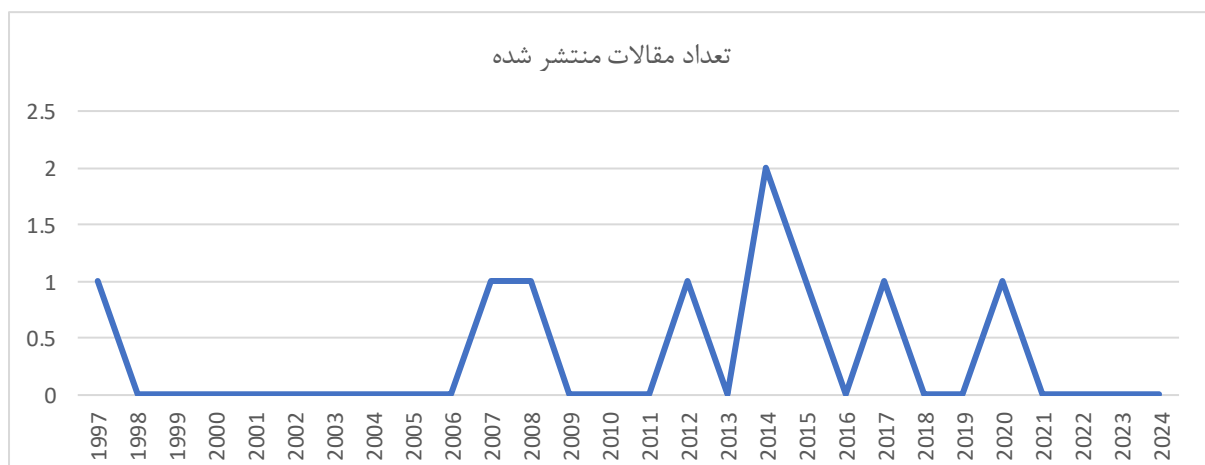
## ۳. پایداری وضعیتی، فعالیت عضلانی و هدف‌گیری: تعادل

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.



شکل ۴: روند انتشار مقالات برحسب سال انتشار

## بحث

این مطالعه با هدف مرور مطالعاتی که مشخصات ارگونومی سلاح های گرم را بررسی کرده بودند و جنبه های طراحی سلاح ها را در نظر گرفته بودند، انجام شد. مطالعات بررسی شده در این مرور به طور کلی بر اهمیت ملاحظات ارگونومیک در طراحی تفنگ ها تأکید داشتند. یافته ها نشان می دهند که عوامل مختلفی از جمله ابعاد آنترپومتریک، پیکربندی سلاح، ویژگی های طراحی، تعادل وضعیتی، حتی نحوه آموزش و ایمنی می توانند به طور قابل توجهی بر عملکرد تیرانداز، دقت، پایداری و تجربه کلی کاربر تأثیر بگذارند. تعداد مطالعات محدودی در این مرور قرار گرفتند که علت آن می تواند مسائل امنیتی و اطلاعاتی باشد که اجازه ی انتشار نتایج کارهای تحقیقاتی را به متخصصان این حوزه نمی دهد. مطالعات مروری و حتی اصیل در حوزه ی ارگونومی نظامی، با تعداد کم در مجلات یافته می شود؛ باوجوداین، تلاش هایی در جهت ارگونومی لباس های حفاظت فردی کارکنان نظامی شده است [۱۸].

مطالعات زیادی در این مرور به جنبه های ارگونومی فیزیکی و آنترپومتری سلاح ها توجه کرده بودند. اهمیت در نظر گرفتن داده های آنترپومتری در طراحی لباس و تجهیزات نظامی را بارها محققان مختلف مطرح کرده اند [۱۸، ۱۹]. در طراحی تفنگ ها باید تنوعات آنترپومتریک خاص جمعیت ها در نظر گرفته شود. همچنین به اهمیت ابعاد دست به طور ویژه تأکید شده و نیاز به پایگاه های داده ی جامع برای جمعیت هایی مختلف برجسته شده است [۲۰، ۲۱]. استفاده از مدل سازی دیجیتال انسانی در طراحی سلاح، رویکردی مؤثر برای ارزیابی و بهینه سازی کنترل ها و دسته ها برای طیف وسیعی از کاربران با ابعاد جسمی متفاوت است. این امر به ویژه در طراحی تفنگ های نظامی که افراد با ویژگی های آنترپومتریک گوناگون از آن استفاده می کنند، اهمیت زیادی دارد [۷، ۲۲]. مدل سازی دیجیتال انسانی، یک تکنیک برای شبیه سازی تعامل انسان با محصول یا محیط کار در یک محیط مجازی است. این فرایند ارزیابی مجازی برای توسعه ی محصولات مبتنی بر کاربر با گنجاندن اصول عوامل انسانی در مراحل اولیه ی طراحی مفید است. چراکه زمان طراحی را کاهش می دهد و کیفیت را بهبود می بخشد [۲۲، ۲۳]. استفاده از مدل های دیجیتالی انسانی، امکان فرایند طراحی تکراری تری را فراهم می کند، جایی که مدل ها قبل از تولید هر نمونه ی اولیه ی فیزیکی آزمایش و اصلاح می شوند.

نتایج مطالعات نشان می دهد که پیکربندی و طراحی سلاح، نقش مهمی در عملکرد تیرانداز ایفا می کند. وزن و طول سلاح از جمله عواملی هستند که می توانند بر تیراندازی تأثیر بگذارند. به طور کلی، تفنگ های سبک تر می توانند دقت تیراندازی را بهبود بخشند، اما باید توجه داشت که وزن بیش از حد سبک نیز می تواند تأثیر منفی بر دقت داشته باشد. طول قنداق بهینه نیز بر پایداری هدف گیری و عملکرد تیراندازی مؤثر است. افزون بر این، پیکربندی بولپاپ به دلیل

قرارگیری خشاب و عملگر در پشت ماشه، می تواند منجر به پایداری و دقت بیومکانیکی بیشتری در مقایسه با طرح های سنتی شود. بحث بین پیکربندی های رایج و بولپاپ یک موضوع چالش برانگیز است. در حالی که ترجیحات ذهنی برای تفنگ های رایج وجود دارد، مطالعات مزایای عملکرد بالقوه ی طرح های بولپاپ را نشان داده اند [۱۴، ۲۴]. حفظ تعادل وضعیتی و پایداری از عوامل حیاتی در دستیابی به دقت بالا در تیراندازی هستند. مطالعات نشان داده اند که تیراندازان حرفه ای در مقایسه با افراد مبتدی، نوسان بدن و تفنگ کمتری دارند که این امر به عملکرد بهتر آن ها در تیراندازی کمک می کند. فعالیت عضلانی و خستگی نیز تحت تأثیر معیارهای تفنگ مانند طول و ارتفاع قنداق و موقعیت دستگیره ی جلو قرار می گیرند. طراحی های مختلف می توانند منجر به سطوح مختلف خستگی عضلانی در بازوها و شانه ها شوند که این موضوع به نوبه ی خود پایداری هدف گیری را تحت تأثیر قرار می دهد [۸، ۱۶].

اگرچه بر ایمن بودن استفاده از سلاح ها در مطالعات مختلف تأکید شده است؛ اما مطالعات کمی جنبه های ایمنی را از منظر ارگونومی و طراحی مدنظر قرار داده اند. نتایج مطالعات نشان می دهد که آشنایی کاربر با سلاح در تعیین وضعیت ایمنی آن نقش بسزایی دارد. نبود استاندارد سازی در طراحی مکانیسم های ایمنی می تواند منجر به سردرگمی، حتی میان کاربران باتجربه شود. استفاده از علائم واضح و کدگذاری رنگی بر مکانیسم های ایمنی می تواند به طور قابل توجهی توانایی کاربر را در تشخیص و تعیین وضعیت ایمنی سلاح بهبود بخشد [۳، ۱۰]. افزون بر این، تمرینات شبیه سازی شده ی تیراندازی به ویژه در فضای واقعیت مجازی، ابزاری مفید برای پیش بینی عملکرد واقعی تیراندازی و بهبود اثربخشی آموزش های مرتبط با تفنگ ها هستند. همچنین باید مراقب سوگیری برداشت اول کارکنان نظامی بود. این سوگیری هنگام اولین برخورد با یک فرد، ابزار یا کسب تجربه شکل می گیرد و بر احساسات و ادراکات فرد در آینده تأثیر می گذارد [۲۵، ۲۶]. برای مثال سربازهایی که در ابتدا با یک نوع خاص از سلاح ها آموزش دیده اند یا سال ها با همان نوع سلاح تیراندازی کرده اند، در مقابل تیراندازی با یک سلاح جدید حتی با ارگونومی بهتر مقاومت خواهند کرد.

این مطالعه اولین مطالعه ی مروری است که مشخصات ارگونومیک سلاح های گرم با تمرکز بر تفنگ های تهاجمی را بررسی کرده است و از این نظر می تواند یک بینش جامع به متخصصان و محققان این حیطه ارائه دهد. باوجوداین، محدودیت هایی نیز دارد؛ برای مثال یکی از ضعف های اصلی این مطالعه، تعداد محدود مطالعات اولیه است که مرور شده اند که می تواند جهت گیری به سمت تحقیقات بیشتر را در این حوزه به محققان گوشزد کند. مقایسه ی سلاح های جدید از نظر شاخص های ارگونومی، استفاده از فناوری های جدید مانند مدل سازی دیجیتال انسانی در طراحی سلاح های آینده، استفاده از فناوری واقعیت مجازی برای آموزش کار با سلاح ها و اجرای مطالعات نظرسنجی و کیفی از کاربران نهایی سلاح ها، موضوعاتی هستند که

## تضاد منافع

هیچ تعارض منافی 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.

نیاز است در تحقیقات آینده به آن توجه شود.

## نتیجه‌گیری

این بررسی جامع نشان می‌دهد که طراحی سلاح گرم، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد کاربر، ایمنی و تجربه 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 دیجیتال انسان، تجزیه و تحلیل بیومکانیکی و بازخورد کاربر برای بهبود مستمر در طراحی سلاح گرم ضروری خواهد بود. افزون‌بر 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.

## 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]
- Hendrick HW, Paradis P, Hornick RJ. Human factors issues in handgun safety and forensics. CRC Press; 2007. [DOI: 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][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]
- 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]
- Cornell MA, Khasawneh MT. An ergonomic comparison of firearm safety mechanisms. Ergonomics. 2008;51(9):1394-406. [DOI: 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]
- 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][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]
- 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][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]
- 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][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]
- 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][PMID]
- Chaffin DB. Improving digital human modelling for proactive ergonomics in design. Ergonomics. 2005;48(5):478-91.

- [DOI: [10.1080/00140130400029191](https://doi.org/10.1080/00140130400029191)] [PMID]
23. 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)]
  24. Rooney K. Godsal 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)]
  25. 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)].