Journal of Health and Safety at Work 2024; 14(1): 880-902

REVIEW PAPER

A Systematic Review of The Design of Safety Harnesses for Work at Height and The Effects of Suspension During a Fall

Mousa Jabbari [1,2], ***Hassan Sadeghi Naeini*** [3], ***Parvin Sepehr*** [4,*]

[1]*Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2]*Workplace Health Promotion Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3]*Department of Occupational, Industrial Design Department, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*
[4]*Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 30-12-2022 Accepted: 07-06-2023

ABSTRACT

Introduction: Falls from height rank among the most frequent accidents encountered in construction workplaces. To mitigate such risks, the utilization of suitable personal fall protection equipment, including safety harnesses, proves to be an effective control measure.

Material and Methods: This study involved a comprehensive review of articles pertaining to the study's objective, published in renowned scientific journals between 2000 and 2021. To achieve this, a meticulous search was conducted across ten scientific-specialized databases, employing eight keywords: "Full body harness," "fall arrest systems," "industrial harness," "harness ergonomic," "design procedures harness," "standard for harness," "fall protection," and "P.P.E work at height." The search yielded a collection of relevant articles for analysis and examination.

Results: A total of 101 articles were gathered through the utilization of the specified keywords. Subsequently, a meticulous review process led to the selection of 23 relevant articles for inclusion in the primary study. These chosen articles were categorized into two distinct groups: one focused on the "design of harnesses and optimization of fall arrest systems," while the other delved into "studies on the consequences of suspension from a height and its effects." Our findings revealed that 34.7% of the studies evaluated harness safety, 34.7% examined harness ergonomics, and 30.3% investigated suspension consequences.

Conclusion: When a harness is suspended, it leads to physiological changes. Notably, no studies have reported any fatalities resulting from harness suspension. However, the longevity of the suspension greatly depends on utilizing the appropriate harness accessories. The most significant challenge lies in the ergonomic design of the harnesses.

Keywords: *Work at height, Safety, Harness, Fall, Suspension*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Jabbari M, Sadeghi Naeini H, Sepehr P. A Systematic Review of The Design of Safety Harnesses for Work at Height and The Effects of Suspension During a Fall. J Health Saf Work. 2024; 14(1): 880-902.

1. INTRODUCTION

Construction-related accidents represent a significant category of occupational incidents, frequently resulting in severe injuries, fatalities, and considerable financial repercussions. Research demonstrates that construction workers face a three to six times higher risk of fatal accidents compared to their counterparts in other industries. Among these, falls from height (F.F.H.) are the most

* Corresponding Author Email: *parvin_sepehr@yahoo.com*

Copyright © 2023 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

prevalent, remaining the leading cause of fatalities in the sector from 2001 to 2019.

Given the dynamic, unpredictable, and complex nature of working at height, implementing effective control measures and prevention strategies is critical in the construction industry. The use of appropriate personal protective equipment (P.P.E.), such as harnesses, can significantly mitigate the risk of such accidents, thereby reducing associated injuries and costs.

Harnesses, a key component of a comprehensive fall prevention system, are integral to safeguarding workers against falls in industrial and construction settings. Despite their protective function, they can also introduce hazards, most notably harness suspension stress (H.S.S.). H.S.S., also known as suspension trauma, hanging harness syndrome, or harness-induced trauma, is a serious concern.

Therefore, particular attention should be paid to the design and usability of harnesses among construction workers. Ensuring the harness is comfortable and well-fitted makes workers more likely to wear them without resistance, reducing the risk of severe accidents and fatalities.

This study aims to systematically review the existing literature concerning the effects of height suspension and the design of safety harnesses to protect against falls. Based on the surveyed research, no review study has been conducted specifically on harnesses, and a limited number of studies focus on harness design. This underscores the need for further investigation into this vital safety equipment.

2. MATERIAL AND METHODS

This study, conducted in 2021 and 2022, employed a systematic review strategy to extract data from seven international databases: Science Direct, Web of Science, Wiley, Scopus, Google Scholar, PubMed, and Springer. Additionally, information was sourced from four Iranian databases for Persian articles: www.sid.ir, http://www.magiran.com, http://www.iranmedex.com, and www.irandoc.ac.ir. An array of keywords was applied to the international databases, including "Full body harness," "fall arrest systems," "industrial harness," "ergonomic harness," "design procedures harness," "standard for harness," "fall protection," and "P.P.E. work at height." The data collected was then organized using EndNote software (version 8X), which allowed for the efficient elimination of duplicate entries. The references cited in the articles were further scrutinized to ensure no relevant study was overlooked.

Your primary aim was to review and analyze published articles. You screened these articles based on their titles and abstracts to obtain a comprehensive understanding of their content. Any articles with unavailable full text were excluded from the review. For those with accessible and downloadable full text, you conducted a thorough review.

The selected articles were sorted using Excel and classified based on their research topic, purpose, methodology, and results. Subsequently, their abstracts and full texts were reviewed and analyzed in-depth. You reviewed the articles and grouped them post-selection based on their research subject and objectives.

The articles were initially divided into two main categories: 1) the consequences of suspension following a fall from height, and 2) the design of safety harnesses to protect against falls. Further discussions encompassed the location of the studies, the harness design, and the impact of suspension.

3. RESULTS AND DISCUSSION

From the targeted scientific databases, you retrieved a total of 101 articles. However, you discarded 27 of these due to duplication across the databases. Subsequent title screening led to the removal of an additional 22 articles as their content did not align with your study's objectives.

Following this, you assessed the remaining articles based on their abstracts. This resulted in the exclusion of 19 articles that lacked relevant abstract content. After these initial screening processes, you were left with 33 articles that resonated with your study's purpose.

You encountered access limitations to the full text of 10 of these articles, owing to subscription restrictions to certain journals, and they were consequently removed from consideration. This left you with 23 articles that underwent a comprehensive review. A detailed breakdown of the article selection process is illustrated in Figure 1.

Distribution of articles by place of study

The articles examined in this study were categorized by their country of origin, as illustrated in Figure 2. This diagram depicts the distribution of articles reviewed from each country, focusing on the design of harnesses and their suspension effects.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

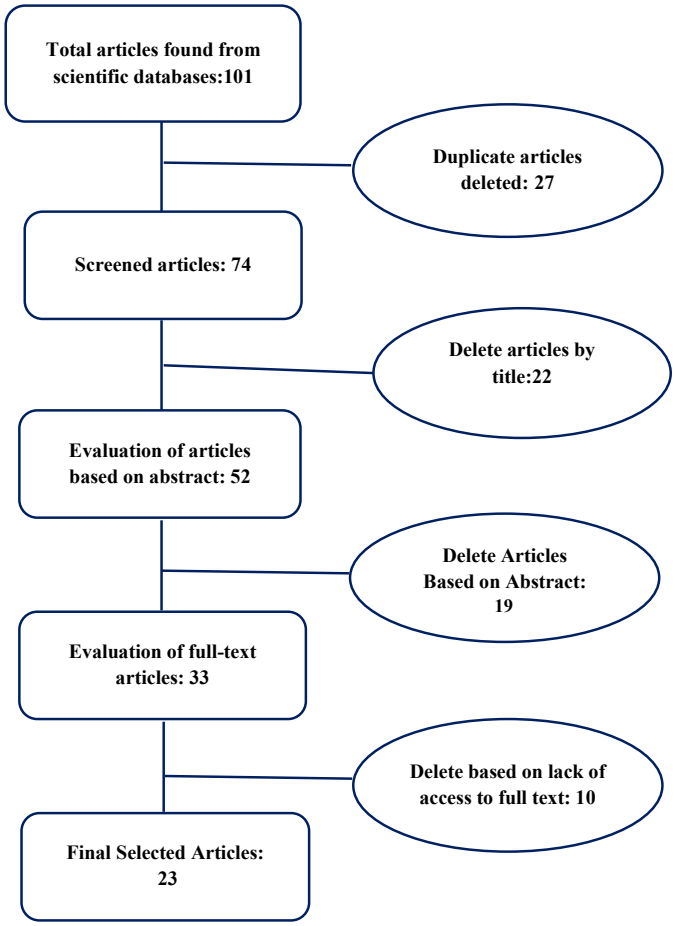


Fig. 1: Summary of the article review process

Our findings indicate a significant proportion of these studies, specifically 39.7%, originate from the United States, suggesting substantial research in this area has been conducted within that country.

Effects and consequences of suspension from a height

The impact and aftermath of suspension from height comprised 30% of the studies selected for review. These studies evaluated a variety of factors, such as the year of the study, location of research, purpose of the investigation, number of participants, gender, average age range, and duration of suspension tolerated.

Our analysis reveals that 71% of the studies focused on the consequences of altitude suspension are relatively recent and were conducted within the last ten years. Furthermore, all these investigations were carried out in developed countries. The studies incorporated both male and female participants, though the total participant count in each study was under 50. In many cases, the number of male participants outnumbered the females.

In 85% of the studies, the participants' age range was below 50 years, and 80% of the studies involved construction workers. The average duration of suspension tolerance discussed in these studies was approximately one hour. The methodologies used in these studies predominantly focused on various symptoms of physiological variables.

Key aspects considered in these studies on the effects and consequences of harness suspension included the gender and number of participants, suspension duration, and physiological variables. These parameters are detailed in Table 1.

Design and optimization of fall protection harnesses

The studies reviewed collectively considered several factors, including demographic variables such as gender, race, height, weight, and participants' occupations. The methodologies employed

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

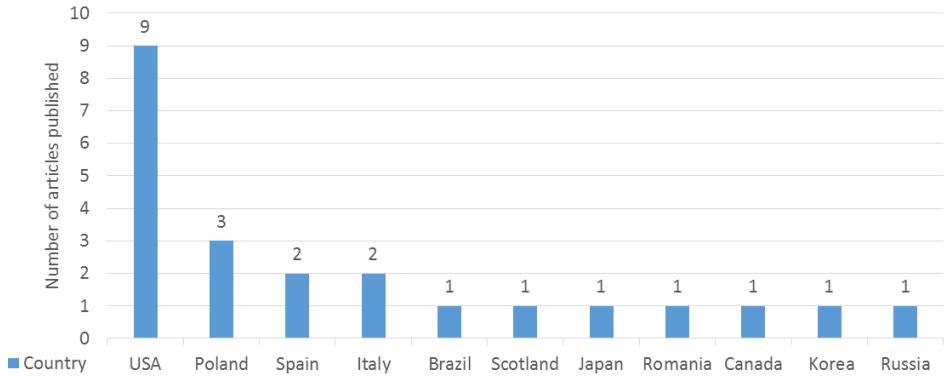


Fig. 2: Distribution of reviewed articles by country

encompassed anthropometric measurement methods and the use of simulators. Various test criteria, including the D-ring, free-fall distance, harness fit, and measurement tests, were assessed. Each proved to be significant and influential in the design of harnesses. A summary of studies focused on harness design is provided in Table 2.

In these studies, 31.25% employed a dummy for testing, while approximately 40% conducted tests on both women and men who were primarily construction workers. Only one study specifically focused on carpenters. The research methods involved either a traditional anthropometry questionnaire or three-dimensional anthropometry. Most of these studies were conducted in developed countries.

4. CONCLUSIONS

Studies reveal that harness design, in terms of anthropometry and comfort, is yet to be fully tailored for diverse populations. Many workers at elevated heights refrain from using safety harnesses primarily due to discomfort, dissatisfaction during use, and complaints about the harness not fitting their body dimensions appropriately. Evidently, there is a dearth of research on harness usability and the role of body dimensions in optimal harness design. Despite scientific advancements, gaps persist in the safe and ergonomic design of harnesses.

A successful design ensures the safety of personal protective equipment and encourages workers to use it willingly and enthusiastically. We anticipate a surge in research activities in the coming years, focusing on the ease of wear and ergonomic design of harnesses across different countries. Future investigations into fall prevention mechanisms and harness design are likely to be more interdisciplinary.

Incorporating safety and ergonomics, along with behavioral and participatory tests, will be essential for designing suitable harnesses that workers will use when faced with height-related occupational hazards. The findings of these studies will provide a clear roadmap for safety researchers to frame future research with a fresh perspective.

5. ACKNOWLEDGMENT

This article has been approved and funded as a research project with grant number 32031 by Shahid Beheshti University of Medical Sciences in Iran.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

بررسی سیستماتیک طراحی هارنس ایمنی کار در ارتفاع و اثرات ناشی از تعلیق هنگام سقوط

موسی جباری[۱،۲]، حسن صادقی نائینی[۳]، پروین سپهر[۴*]

[۱]مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲]گروه مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳]گروه طراحی صنعتی، دانشکده معماری و محیط زیست، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
[۴]گروه مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

چکیده

مقدمه: سقوط از ارتفاع یکی از حوادث شایع در محیط کاری ساخت و ساز می‌باشد. استفاده از وسایل حفاظت از سقوط فردی مناسب از قبیل هارنس‌های ایمنی، یکی از راه‌های کنترلی موثر در این خصوص می‌باشد. در این مطالعه به بررسی سیستماتیک طراحی هارنس‌های ایمنی و اثرات تعلیق پرداخته شده است.

روش کار: در این مطالعه مروری سیستماتیک، مقالات منتشر شده در مجلات علمی در خصوص ایمنی سقوط و طراحی هارنس‌های ایمنی و پیامدهای ناشی از سقوط هنگام استفاده از هارنس در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفت. جستجو با استفاده از ۸ کلمه کلیدی هارنس تمام بدن، سیستم توقف سقوط، هارنس صنعتی، هارنس ارگونومی، طراحی هارنس، استانداردهای هارنس، حفاظت از سقوط و تجهیزات حفاظت فردی در مقابل سقوط با معادل انگلیسی در پایگاههای داده‌ای معتبر انجام گردیده و مقالات مرتبط جمع‌آوری و انتخاب شدند. بعد از استخراج داده‌های مورد نیاز تقسیم بندی و آنالیز مطالعات انجام گردید

یافته ها: براساس کلمات کلیدی مورد استفاده، ۱۰۱ مقاله جمع‌آوری گردید و در نهایت پس از بررسی‌های انجام شده ۲۳ مقاله مرتبط انتخاب و وارد مطالعه اصلی شد. مقالات انتخاب شده در دو گروه شامل «طراحی هارنس‌ها و بهینه‌سازی سیستم‌های توقف سقوط» و «مطالعات مربوط به پیامدهای تعلیق از ارتفاع و اثرات آن» تقسیم بندی شدند. مطالعات انجام شده نشان داد که ۳۴/۷ درصد از مطالعات در خصوص ایمنی هارنس، ۳۴/۷ درصد در خصوص ارگونومی هارنس، و ۳۰/۳ درصد مطالعات به بررسی پیامد تعلیق پرداخته‌اند. نتایج نشان داد بیشتر مطالعات در این خصوص در امریکا (۳۹/۷٪ از مقالات مورد بررسی) انجام گردیده است.

نتیجه‌گیری: علایم و تغییرات فیزیولوژیک در زمان تعلیق هارنس بوجود می‌اید. هیچ مطالعه‌ای تاکنون به مرگ ناشی از تعلیق هارنس اشاره نکرده است. لوازم جانبی مناسب برای هارنس‌ها می‌تواند زمان تحمل تعلیق را طولانی‌تر کند. بیشترین مشکل در خصوص طراحی ارگونومیک هارنس‌ها وجود دارد.

کلمات کلیدی: *کار در ارتفاع، ایمنی، هارنس، سقوط، تعلیق*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *parvin_sepehr@yahoo.com*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

مقدمه

حوادث ساختمانی یکی از حوادث شغلی هستند که می‌تواند به راحتی منجر به تلفات جانی و مالی گردند. مطالعات نشان می‌دهد کارگران ساختمانی سه تا شش برابر بیشتر از صنایع دیگر دچار حوادث مرگبار می‌شوند(۱). تعداد حوادث شغلی در صنعت ساخت و ساز بسیار زیاد می‌باشند که منجر به مرگ و میر و معلولیت‌های دائمی می‌گردند. در بین حوادث ساختمانی، سقوط از ارتفاع[1] (FFH) بالاترین میزان حوادث را در مقایسه با سایر انواع حوادث در این صنعت دارد(۲). سقوط از ارتفاع (از قبیل نردبان، داربست و سقف ها) اغلب به عنوان یکی از مهمترین علل اصلی حوادث مرگبار در پروژه‌های ساختمانی مطرح است(۳). در دهه گذشته، سقوط از ارتفاع بیشترین تعداد تلفات در صنعت ساخت و ساز را داشته است(۴). طبق نظر سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۸ هر ساله در سراسر جهان، ۶۴۶۰۰۰ نفر بر اثر سقوط از ارتفاع جان خود را از دست داده اند(۵، ۶). طبق گزارش این سازمان در سال ۲۰۱۷ هر ساله به بیش از ۲/۷۸ میلیون مرگ و حدود ۳۷۴ میلیون آسیب و بیماری ناشی از کار غیر کشنده اتفاق می‌افتد لذا بار اقتصادی و هزینه‌های زیادی بخاطر این حوادث بوجود می‌آید. بعد از حوادث ترافیک جاده‌ای، سقوط دومین علت اصلی مرگ و میر در سراسر جهان است. در ایالات متحده صنعت ساختمان مقدار ۲۱/۴٪ مرگ و میر را داراست که علت عمده و اصلی آن سقوط از ارتفاع با مقدار (۳۸/۸٪) می‌باشد. در بررسی صورت گرفته توسط سازمان OSHA در سال ۲۰۱۸ نشان داده شد که ۲۱/۱٪ حوادث بخش خصوصی، مربوط به ساخت و ساز بوده است به عبارتی به ازای هر ۵ مورد مرگ کارگر در سال یک مورد در بخش ساخت و ساز بوده است. OSHA[2] بیان می‌کند که صنعت ساخت و ساز در نقص استانداردها در صدر قرار دارد(۷). سقوط از ارتفاع همچنان مهمترین عامل فوتی حین کار از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ می‌باشد(۸). براساس مطالعه‌ی جباری در سال ۲۰۱۶، در ایران نشان داده شد که ۵۷ درصد علل فوت و نقص عضو در پروژه‌های ساختمانی در پایتخت ایران شهر تهران در اثر سقوط از ارتفاع بوده است(۹). سقوط از ارتفاع یکی از مهمترین علل مرگ و میر ناشی از کار در انگلیس نیز می‌باشد(۱۰). حوادث ناشی از سقوط ارتفاع، هزینه‌های زیادی را به افراد و جامعه تحمیل می‌کند(۱۱). سالانه تعداد بی‌شماری حوادث سقوط از ارتفاع در سایت‌های ساختمانی اتفاق می‌افتد.که می‌توان از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) مناسب برای جلوگیری از وقوع این نوع حوادث استفاده نمود تا بتوان با کمک آن صدمات افراد و هزینه‌های ناشی از سقوط را کاهش داد (۱۲).

بر اساس استاندارد OSHA هرگونه کار یا فعالیتی که موقعیت انجام آن در ارتفاع بیش از ۱/۸۰ متر از سطح زمین انجام گیرد بعنوان کار در ارتفاع مطرح می‌گردد و استفاده از سیستم‌های توقف از سقوط فردی (هارنس) در شرایط کاری بالاتر از ۱/۸۰ متر الزامی می‌باشد(۱۳). کار در ارتفاع فعالیتی پویا، تصادفی، مبهم و پیچیده است. لذا کنترل و پیشگیری سقوط از ارتفاع مسئله مهمی است که باید در صنعت ساخت و ساز در نظر گرفته شود.از جمله وسایل حفاظت فردی مورد نیاز به منظور حفاظت کارگران در برابر سقوط از ارتفاع، استفاده از هارنس‌ها در محیط‌های صنعتی و ساخت و ساز می‌باشد. هارنس‌ها بعنوان یکی از اجزای سیستم توقف از سقوط می‌باشند(۱۴) استفاده از هارنس ایمنی بعنوان یک وسیله حفاظت شخصی می‌باشد که یکی از روش‌های جلوگیری سقوط از ارتفاع است(۱۵). اطلاعات اولیه برای طراحی هارنس‌های تمام بدن از سیستم نظامی بوده که مربوط به دهه ۱۹۷۰و ۱۹۸۰ می‌باشد. برای اولین بار هارنس تمام بدن در اوایل دهه ۱۹۹۰ به تولید انبوه رسید و مورد استفاده قرار گرفتند

هارنس تمام بدن وسیله‌ای برای حمایت از بدن می‌باشد که نیروها را بین شانه‌ها، ران‌ها و لگن فرد استفاده‌کننده، توزیع می‌کند و هارنس‌ها در طراحی‌شان دارای حلقه D می‌باشند که به کارگر در جلوگیری از سقوط و حالت تعلیق کمک می‌نمایند(۱۶). علاوه بر کمکی که هارنس‌ها به سقوط از افراد می‌کنند خطر

1. Falls From Height (FFH)
2. Occupational Safety and Health Administration

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

دیگری تحت عنوان استرس تعلیق هارنس[1] (HSS) وجود دارد که تحت عناوینی نظیر ترومای تعلیق، سندرم هارنس آویزان، و ترومای ناشی از هارنس معروف می‌باشند. Seddon هشدار در مورد احتمال اثرات سوئ تعلیق در یک هارنس را توصیف می‌نماید. تعلیق طولانی مدت با هارنس می‌تواند باعث جمع شدن خون در پاها و کاهش جریان خون برگشتی به قلب شود. فشارهای وارده بر شریان‌ها و وریدهای استخوان ران ناشی از بندهای هارنس می‌تواند گردش خون وریدی را دچار اختلال کند. عوامل دیگر ناشی از تعلیق هارنس مانند بی‌حرکتی به دلیل آسیب دیدگی، اختلالات عصبی، کم آبی، شوک آسیب زا یا کمبود انتقال نوراپی نفرین می‌توانند اثرات مخربی داشته باشند که ممکن است به اندام‌های حیاتی مانند کلیه‌ها آسیب برساند (۱۷).Lanfranconi و همکاران نشان دادند که ظرف چند دقیقه پس از تعلیق با هارنس ممکن است هیپو اکسیژناسیون مغزی اتفاق بیفتد(۱۸). لذا بررسی و توجه به طراحی هارنس‌ها و ویژگی قابلیت استفاده انها در میان کارگران ساخت و ساز منجر به این می‌گردد تا کارگران در هارنس‌ها احساس راحتی و تناسب نموده و بدون مقاومت از هارنس‌ها استفاده نمایند تا بتوان اینگونه از مرگ و میرها و حوادث جدی سقوط پیش‌گیری نمود. طراحی هارنس‌های ایمنی با طراحی‌های مدرن خطر ابتلا به این موارد را به حداقل ممکن کاهش داده است (۱۹). ترومای تعلیق ناشی از هارنس تحت عناوینی نظیر سندرم هارنس معلق، ترومای ناشی از هارنس، تعلیق ناشی از هارنس یا اصطلاحات دیگر نامیده می‌شود. تعلیق آزاد بر اثر هارنس صنعتی می‌تواند نتیجه‌ای ناخوشایند داشته باشد. سنکوپ تعلیق هارنس (HHS) خطری است که که در هنگام استفاده از هارنس‌ها ممکن است بوجود آید که در صورت عدم انجام سریع نجات منجر به ایستایی ارتوستاتیک برگشت ناپذیرگردیده که می‌تواند منجر به مرگ شود.

با توجه به اهمیت هارنس‌ها در پیشگیری از خطرات احتمالی، به عنوان یکی از اجزای اصلی سیستم توقف از سقوط، این تحقیق با هدف بررسی سیستماتیک مقالات موجود در خصوص پیامدهای تعلیق ناشی از سقوط از ارتفاع و طراحی هارنس‌های ایمنی برای محافظت در برابر سقوط انجام گرفت.

روش کار

استراتژی جستجو بررسی سیستماتیک بود که در ۷ پایگاه بانک اطلاعاتی بین المللی و موتورهای جستجوگر شامل: Web of Science، Science Direct، Scopus، Wily، Google Scholar، Springer PubMed، انجام گردید. کلمات کلیدی انتخاب شده برای پایگاه‌های اطلاعاتی بین المللی شامل Full body harness، Fall Arrest Systems، Industrial" Harness، Harness ergonomic، Design procedures Harness، Standard for harness، fall protection، P.P.E work at height بوده که معادل همان کلمات کلیدی در زبان فارسی نیز در پایگاه‌های داده ایرانی که در بالا ذکر شده نیز جستجو گردید.

داده‌های جمع‌آوری شده به نرم‌افزار EndNote با ورژن ۸X وارد شده و مقالات تکراری حذف شدند. برای اینکه مقاله‌ای از لیست مقالات جا نماند رفرنس مقالات نیز بررسی شد. در این مقاله هدف مطالعه ما مقالات چاپ شده می‌باشند. پس از بررسی مقالات منتخب، مقالات تکراری حذف شد. سپس مقالات غربالگری و بر اساس عنوان و چکیده مورد بررسی قرار گرفتند تا بازتاب کاملی از کل مقاله بدست آید. همچنین مقالاتی که متن کامل انها در دسترس نبود حذف گردید. سپس مقالاتی که متن کامل انها در دسترس قرار گرفتند و قابل دانلود بودند مورد بررسی قرار گرفتند. برای نظم دادن به مطالعه‌های مورد بررسی از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. همچنین در خصوص موضوع تحقیق، هدف تحقیق، روش تحقیق و نتایج، دست بندی صورت گرفت .در پایان، خلاصه مقالات و متن کامل نیز به ترتیب بررسی و آنالیز قرار گرفت. بمنظور استخراج داده‌ها، نویسندگان از فرمی استفاده کردند که حاوی اطلاعاتی از قبیل نام نویسندگان، نوع

1. Harness suspension stress.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

مطالعه، سال انتشار، دادهای مورد ارزیابی، روش/ ابزار مورداستفاده تاریخ انجام مطالعه گردآوری شده بود. علاوه بر این، برای سنجش کیفیت مقالات از چک لیست The Joanna Briggs Institute(JBI) استفاده گردید. به وسیله پاسخگویی به سؤالات این چک لیست ۹ سؤالی به صورت "بله"، " خیر"، "نام شخص"، "غیر قابل اجرا "کیفیت مقالات مورد بررسی، ارزیابی گردید(۲۰). به همین صورت از روش PRISMA نیز به منظور نگارش خود مقاله استفاده شد این روش شامل یک چک لیست ۱۷ موردی برای تهیه و توصیف یک پروتکل قوی در راستای بررسی نظام‌مند است(۲۱). بعد از انتخاب مقالات و ورود مقالات به مطالعه، مقالات مد نظر مورد بررسی قرار گرفتند و بر اساس موضوع تحقیق، هدف تحقیق تقسیم بندی شدند در ابتدا مقالات به دو بخش اصلی شامل پیامدهای تعلیق ناشی از سقوط از ارتفاع و طراحی هارنس‌های ایمنی برای محافظت در برابر سقوط تقسیم بندی شدند. سپس به محل اجرای مطالعات، طراحی هارنس‌ها و اثرات تعلیق انها پرداخته شد. در بعد طراحی هارنس‌ها در سه بخش ویژگی‌های دموگرافی نظیر (جنسیت، نژاد، قد و وزن و شغل افراد شرکت‌کننده)، آنتروپومتری و طراحی تقسیم گردید.

معیارهای ورود و خروج

هدف اصلی این مطالعه مرور سیستماتیک مقالاتی بوده است طراحی هارنس ایمنی کار در ارتفاع و اثرات ناشی از تعلیق هنگام سقوط بوده است. به عنوان معیارهای ورود، فقط مقالاتی که هدف آنها بررسی هارنس و اثرات تعلیق بوده و در عنوان یا چکیده ذکر شده بودند، درنظر گرفته شدند و مقالاتی که به بررسی وقایع مربوط به سقوط از ارتفاع و علل ان اختصاص داشت کنار گذاشته شدند. در این مطالعه کلیه مقالات منتشره بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها

تعداد کل مقالات دریافت شده از پایگاه های علمی مذکور ۱۰۱ مقاله بوده است که تعداد ۲۷ مقاله در پایگاه های علمی مشابه بوده‌اند لذا حذف گردیدند. سپس ۲۲ مقاله بخاطر عنوان نامرتبط با هدف مقاله حذف شدند. مرحله بعدی ارزیابی مقالات بر اساس چکیده بود که در این مرحله ۱۹ مقاله چکیده مناسب را در ارتباط با مقاله مورد نظر نداشتند.در نهایت ۳۳ مقاله باقی ماند که متناسب با هدف مطالعه بود که ۱۰ مقاله به دلیل عدم دسترسی به متن کامل حذف شدند ودر نهایت ۲۳ مورد بررسی کامل قرار گرفت. خلاصه فرایند انتخاب مقالات در شکل ۱ ارایه شده است.

توزیع مقالات بر اساس محل مطالعه

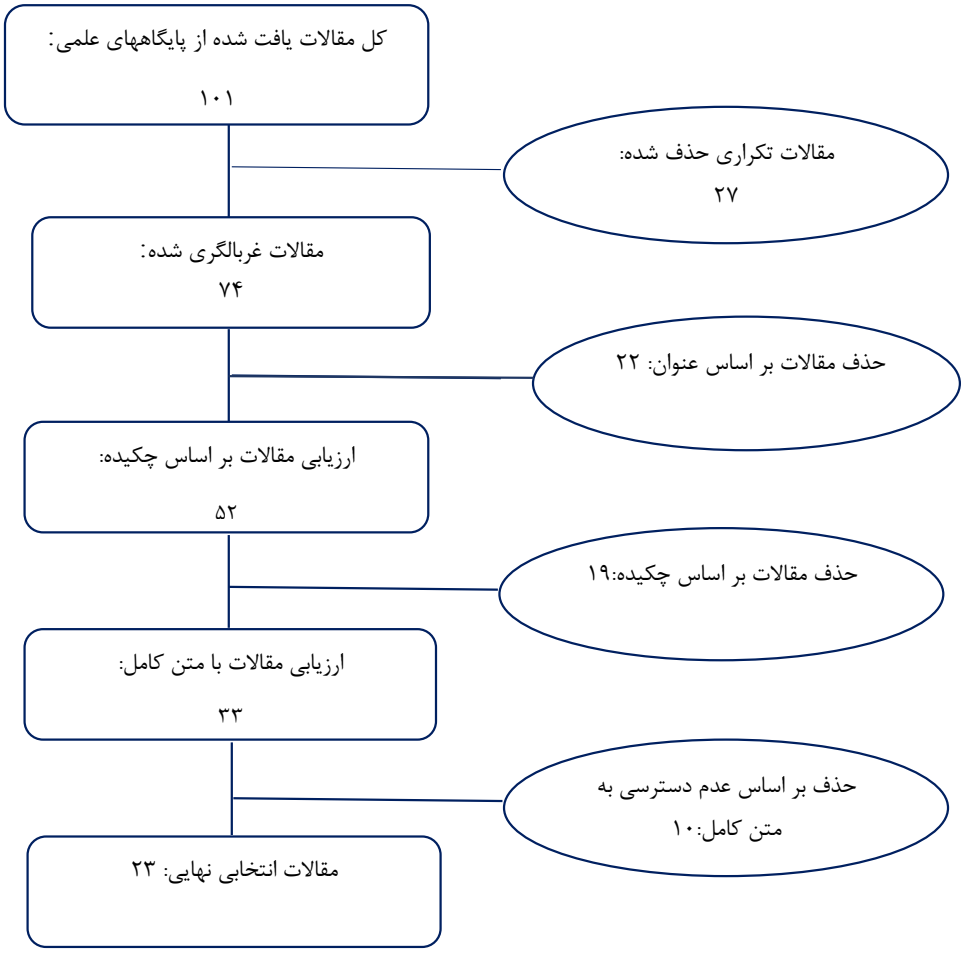
مقالاتی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند بر اساس کشور تقسیم بندی گردیدند که در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل به توزیع مقالات مورد بررسی بر حسب کشور در خصوص طراحی هارنس و اثرات تعلیق آنها پرداخته شده است. نتایج نشان داد در امریکا (۳۹/۷٪ از مقالات مورد بررسی) مطالعات خوبی را در این خصوص انجام گردیده است.

اثرات و پیامدهای تعلیق از ارتفاع

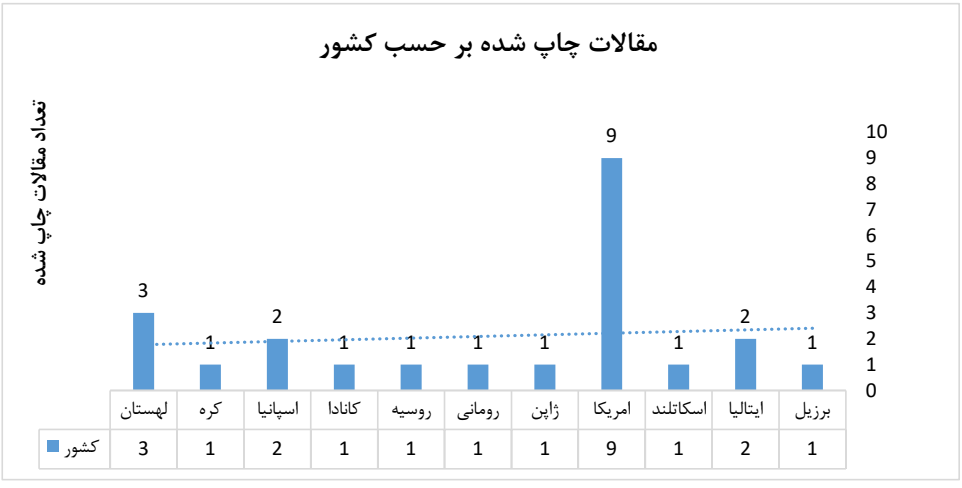
اثرات و پیامدهای تعلیق از ارتفاع ۳۰ درصد مطالعات انتخاب شده را تشکیل می‌دهد. در جدول شماره ۲ خلاصه‌ای از مطالعات مربوط به تعلیق از ارتفاع و اثرات آن ارایه گردیده است که در ان به بررسی سال مطالعه، مکان مطالعه، هدف تحقیق، تعداد افراد شرکت‌کننده، جنسیت، میانگین رنج سنی، زمان تحمل تعلیق، پرداخته شده است.

بررسی‌های انجام شده نشان داد که ۷۱ درصد مطالعات انجام شده در خصوص پیامدهای تعلیق از ارتفاع مربوط به ده سال اخیر بوده و جز مطالعات جدید می‌باشند. همچنین همه این مطالعات در کشورهای پیشرفته انجام شده است. در تمامی این مطالعات از هر دو جنس زن و مرد استفاده شده است.تعداد شرکت کنندگان در تمام مطالعات زیر ۵۰ نفر بوده است و در بسیاری از

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]



شکل ۱: خلاصه ای از فرآیند بررسی مقالات



شکل ۲: توزیع مقالات مورد بررسی بر حسب کشور

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

مطالعات تعداد مردان بیشتر از زنان بوده است. در ۸۵ درصد مقالات رنج سنی افراد شرکت‌کننده زیر ۵۰ سال بوده است. و در ۸۰ درصد مقالات شغل افراد شرکت‌کننده کارگران ساختمانی می‌باشند. مسئله زمان تحمل تعلیق نیز در مطالعات حدود یک ساعت در نظر گرفته شده است. در متدولوژی بکار رفته در این مطالعات به بررسی علایم مختلف متغییرهای فیزیولوژیک پرداخته شده است. که در زیر به طور مفصل در این خصوص توضیح داده می‌شود. مطالعات که مربوط به اثرات و پیامدهای تعلیق هارنس می‌باشد، مواردی که مدنظر قرار گرفته است شامل: جنسیت و تعداد افراد شرکت‌کننده، زمان تعلیق، متغییرهای فیزیولوژیک است که در جدول شماره ۱ ارایه شده است.

بحث

جنسیت و تعداد افراد شرکت کننده

اغلب مطالعات نشان داده‌اند که تفاوتی بین زن و مرد در برابر تحمل تعلیق در هارنس وجود ندارد. تیم تحقیقاتی Hsiao در سال ۲۰۱۲ نشان داد جنسیت تاثیری بر زمان تحمل تعلیق بر هارنس ندارد(۲۲). مطالعه BEVERLY در سال ۲۰۱۹ برای استرس فیزیکی تعلیق هارنس به دو جنس زن و مرد پرداخته است که در آن تعداد افراد ۱۹ نفر بوده است(۳۳). در مطالعه Turner که بررسی اثرات تعلیق هارنس تمام بدن پرداخت. تعداد ۴۰ زن و مرد مورد بررسی قرار گرفتند. هیچ تاثیری از جنسیت بر زمان تحمل تعلیق نشان داده نشد (۲۳).در مطالعه Lanfranconi و همکاران نیز چهل نفر زن و مرد که استفاده از هارنس را تجربه نکرده بودند و تعدادی کاربران حرفه‌ای از هارنس انتخاب شدند(۲۴). همچنین در مطالعه Stewart در سال ۲۰۲۱ این مطالعه در مجموع ۴۲ نفر زن و مرد مورد بررسی قرار گرفتند (۱۹). در تمامی این مطالعات نشان داده شد جنسیت تاثیری بر زمان تحمل تعلیق ندارد.توانایی تعلیق به عوامل مختلفی وابسته است و جنسیت نمی‌تواند به عنوان یک عامل موثر در تحمل تعلیق باشد.

شغل افراد شرکت کننده

یکی از مواردی که در مطالعات مربوط به هارنس‌ها و اثرات تعلیق ان مورد توجه قرار می‌گیرد شغل افراد شرکت‌کننده می‌باشد. علت این امر بخاطر این است که هارنس‌های صنعتی توسط گروههای کاری خاص نظیر کارگران ساختمانی بیشتر استفاده می‌شود.لذا در۸۰ درصد مقالات افراد شرکت‌کننده جزء کارگران ساختمانی می‌باشند (۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۶).و یا حداقل یک سال تجربه استفاده از هارنس‌های سقوط از ارتفاع را در یک مکان ساختمانی داشته اند(۲۷). دلیل این انتخاب را می‌توان به علت پرکاربرد بودن هارنس‌ها در صنعت ساخت و ساز دانست و کارگران ساختمانی بیشتر در معرض خطر سقوط از ارتفاع قرار دارند همچنین این کارگران قطعا تجربه کار با هارنس داشته‌اند لذا شرایط محیط کار ازمایشگاهی را در استفاده از هارنس بیشتر به محیط کار واقعی نزدیک می‌نماید.

زمان تعلیق

بطور کلی زمان تعلیق در مطالعات مختلف یک رنج خاصی را دنبال می‌نماید در هیچ مطالعه‌ای این مقدار به بیش از ۶۰ دقیقه نمی‌رسد چون ممکن است بیش از این زمان اثرات فیزیولوژیکی برگشت ناپذیری را به فرد وارد نماید. مقاله BEVERLY در سال ۲۰۱۹ مدت زمان تعلیق بدون حرکت را حدود ۶۰ دقیقه در نظر گرفت (۲۸). مطالعه Hsiao در سال ۲۰۱۲ زمان تحمل تعلیق به طور متوسط ۲۹,۱ دقیقه اندازه‌گیری نمود(۲۲). در مطالعه دیگر در یک تست تعلیق به مدت حدود(۱۱/۴)± ۲۸/۷ افراد را مورد بررسی قرار دادند(۲۴). در مقالهAdisesh در سال ۲۰۱۱ تعلیق به مدت ۵۸ دقیقه صورت گرفت (۲۹). در مطالعه دیگری نیز شرکت کنندگان زمان تعلیق(۷/۶) ± ۳۰/۰ دقیقه را تجربه کردند(۳۰). در کلیه مقالات زمان تعلیق در نظر گرفته حدود ۳۰ الی ۶۰ دقیقه بوده است اگرچه ممکن است برخی افراد حتی در این زمان تحمل لازم را نداشته باشند که به وضعیت بدنی و

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

جدول ۱: مطالعات مربوط به اثرات و پیامدهای تعلیق از ارتفاع

ردیف	نویسنده اول	سال	ژورنال	تعداد افراد شرکت کننده	جنسیت			میانگین یا رنج سنی افراد شرکت کننده	زمان تحمل تعلیق	روش تحقیق	نتایج
					زن	مرد	شغل				
۱-	Sandra	۲۰۰۵	Clinical Biomechanics	۱۰				۲۹ سال		ثبت نیروها و لحظات را در فرکانس ۱۰۰ هرتز	هیچ تأثیری از هارنس ایمنی بر نوسان CoP در هر جهت مستقل از اطلاعات بصری مشاهده نشد.
۲-	Turner	۲۰۰۸	Journal of Occupational and Environmental Hygiene	۴۰	۱۸	۲۲	ساخت و ساز	مرد (سن ۳۴ ± ۸ سال) زن (سن ۳۴ ± ۹ سال)	۶۰ دقیقه ای	بررسی متغیرهای فیزیولوژیک	لوازم جانبی مناسب هارنس می تواند زمان تحمل تعلیق را طولانی تر کند
۳-	Hsiao	۲۰۱۲	Human factors	۳۷	۱۷	۲۰	ساخت و ساز		۲۹.۱ دقیقه	اسکن تمام بدن	خصوصیات بدنی وزن ، قد ، عمق بالا و پایین تنه بر زمان تحمل تعلیق تاثیر دارد
۴-	Beverly	۲۰۱۶	PhD Thesis	۱۸	۹	۹		۴۰- ۱۸ سال	۳۰ دقیقه	اندازه گیری پارامترهای خونی ، VO۲max ،سطح تناسب اندام ، سطح ناراحتی ذهنی و اندازه گیری های سونوگرافی	هارنس تمام بدن صنعتی به طور کلی ضعیف بوده و موجب ناراحتی کافی برای افزایش هموستاز انسان در برخی افراد می شود
۵-	Lanfranco ni	۲۰۱۷	High altitude medicine biology	۴۰	۶	۳۴		۳۹سال	۲۸/۷ دقیقه	پارامترهای قلبی عروقی با طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS)	اندازه گیری NIRS برای نظارت بر شروع HHS باشد.
۶-	Lanfranco ni	۲۰۱۹	High altitude medicine biology	۴۰	۶	۳۴		۳۹سال	۳۰ دقیقه	بررسی تبادل گاز تنفسی برای ارزیابی الگوی تنفس پارامترهای قلبی عروقی	مقاومت بیشتر در برابر HHS در افرادی ایجاد می شود که دارای نوسانات کمتر مشخصی از پاسخ رفلکس تنفسی و قلبی عروقی هستند.
۷-	Arthur D	۲۰۲۱	Applied Ergonomics	۴۲	۸	۳۴		۱۸ تا ۶۶ سال		انجام کار با دقت بر روی تخته و ترسیم شکل کامپیوتری	وضعیت شرکت کننده در ارزیابی نشسته و ایستاده نسبت به حالت تعلیق برتری دارد

توانایی فیزیکی افراد مرتبط می‌شود. برخی افراد در وسط ازمایش، ازمایش را ترک نمودند البته تعداد این افراد در مطالعات از لحاظ اماری معنی‌دار نبوده است. این موضوع به تفاوت افراد، توانایی جسمی و قدرت بدنی افراد مختلف اشاره دارد.

متغیرهای فیزیولوژیک

سیستم تعلیق ایمنی که به عنوان تعلیق سختی نیز نامیده می‌شود برروی بدن تنش یا همان استرس ایجاد می‌نماید. اگر فردی به حالت تعلیق درآمده و نجات او به تأخیر بیفتد، فرد دچار سنکوپ می‌شود. در این حالت بدلیل باز نبودن راه هوایی فرد دچار هیپوکسی می‌شود، که به طور بالقوه کشنده است.در سنکوپ، نارسایی وازوموتور و / یا برادی کاردی، کاهش بازگشت وریدی و کاهش برون ده قلب با کاهش قطعی اکسیژناسیون مغزی قبل از غش وجود دارد.لذا می‌توان بیان نمود حالت تعلیق می‌تواند بر متغییرهای فیزیولوژیکی تاثیر گذار باشد. که می‌تواند شامل سطح ناراحتی ذهنی، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک غلظت اکسی و داکسی هموگلوبین و الگوی تنفس می‌باشد که در هر مداخله‌ای به هر کدام بصورت مجزا پرداخته شده است. مقاله اقای BEVERLY در سال ۲۰۱۹ به منظور بررسی استرس فیزیکی تعلیق هارنس از نشانگرهای زیستی انسان از خون، سطح تناسب اندام، سطح ناراحتی ذهنی و اندازه‌گیری‌های سونوگرافی برای کمک به درک بهتر از اثرات تعلیق بی‌حرکت در یک هارنس کامل بدن استفاده نموده و نشان داد وقتی فردی با هارنس به حالت تعلیق در می‌آید هیچ یک از نشانگر زیستی آن تغییرات محسوسی ندارند. مطالعه Turner در سال ۲۰۰۸ بیان نمود تغییرات در متغیرهای فیزیولوژیکی اندک می‌باشد و ۸۵٪ از افراد تعلیق‌های ۶۰ دقیقه‌ای را تحمل کردند(۲۳). در مطالعه Lanfranconi و همکاران نیز پارامترهای قلبی عروقی نظیر غلظت اکسی هموگلوبین و داکسی هموگلوبین اندازه‌گیری شد. تنها چهار شرکت‌کننده از ۴۹ نفر دچار HHS شدندکه فشار خون سیستولیک و دیاستولیک با افت ناگهانی نهایی (۳۰ میلی متر جیوه) نوسانات کافی را نشان داده است(۲۴).مقاله Adisesh در سال ۲۰۱۱ نتایج مطالعه او نشان داد هیچ داده‌ای در مورد ایجاد سنکوپ تعلیق در هارنس‌های ایمنی یافت نشده است(۲۹). مطالعه Lanfranconi تأثیر تعلیق در هارنس را بر تعدیل رفلکس تنفسی و فشار خون در کوهنوردان کوهستانی بررسی نمود و بیان نمود مقاومت بیشتر در برابر HHS در افرادی ایجاد می‌شود که دارای نوسانات کمتری از پاسخ رفلکس تنفسی و قلبی عروقی هستند.تعلیق باعث عدم تعادل پاسخ رفلکس‌های تنفسی و قلبی عروقی می‌شود(۳۰). نتایج تست‌های اسپیرومتری نشان می‌دهد که هنگام استفاده از بندهای دیواری سینه و شکم، کاهش قابل ملاحظه‌ای در ظرفیت‌های تنفسی اتفاق می‌افتد. لذا باید از منظر ارگونومی بند هارنس‌ها برای اطمینان طراحی مناسب شوند. در واقع وقتی فردی از هارنس بندی متناسب با اندازه خود استفاده نکند، مدت زمان تحمل تعلیق کمتر می‌گردد.

بطور کلی استفاده و تحمل هارنس‌های تمام بدن اسان نیست. تعلیق هارنس برای مدت طولانی منجر به ایجاد فشار، ناراحتی، درد و احساس ناخوشایند و اضطراب می‌گردد.البته زمانی که فرد با هارنس ایستاده و نشسته می‌باشد تاثیری بر تحمل افراد ندارد اما زمانی که در حالت تعلیق قرار می‌گیرد و ضربه‌ای ناشی از تعلیق بر فرد وارد شود ممکن است بالقوه کشنده باشد. کمبود دانش در مورد خطرات استفاده از هارنس، حتی در میان کاربران باتجربه، که مهمترین ان می‌توان به ضربه وارد شده در حالت تعلیق که به عنوان سنکوپ تعلیق (HHS) اشاره نمود. راحتی در هارنس و شرایط محیطی مناسب می‌تواند در کاهش سنکوپ تعلیق اثر مثبتی داشته باشد.

طراحی و بهینه‌سازی هارنس‌ها حفاظت از سقوط

طراحی و بهینه‌سازی هارنس‌های حفاظت از سقوط ۷۰ درصد مطالعات منتخب در این حوزه را شامل می‌شوند. مواردی که در این مطالعات بصورت مشترک مورد توجه قرار گرفته‌اند شامل: متغییرهای دموگرافی (جنسیت،

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

نژاد، قد و وزن و شغل افراد شرکت‌کننده) روش سنجش (روش سنجش انتروپومتری، استفاده از شبیه ساز) و معیارهای ازمون(حلقه D، فاصله سقوط آزاد، تناسب هارنس و تست سنجش) بوده است که همه جز عوامل مهم و تاثیر گذار در طراحی هارنس می‌باشند. خلاصه مطالعات انجام شده در خوص طراحی هارنس‌ها در جدول شماره ۲ ذکر شده است. ۳۱,۲۵ درصد مطالعات بر روی دامی صورت گرفته است و حدود ۴۰ درصد مطالعات بر روی زنان و مردان انجام شده است و همچنین از این تعداد زنان و مردان، اکثرا جزء کارگران ساختمانی بودند.و تنها در یک مطالعه از نجاران استفاده شده است. در این مطالعات در روش کار آن‌ها از پرسشنامه و انتروپومتری سنتی و انتروپومتری سه بعدی استفاده گردیده است. اکثر مطالعات در کشورهای پیشرفته انجام شده است.

ویژگی‌های دموگرافی و آنتروپومتری

جنسیت

یکی از مسایل و ابعاد مهم در خصوص طراحی محصول و همچنین وسایل حفاظت فردی توجه به ابعاد انتروپومتری جمعیت استفاده‌کننده می‌باشد. یکی از موارد قابل توجه، تفاوت در ابعاد انتروپومتری زنان و مردان می‌باشد که در طراحی محصول مورد توجه قرار می‌گیرد. در ۹۰ درصد مطالعات، تعداد مردان شرکت‌کننده بیشتر از زنان بوده است که دلیل آن انجام اکثر فعالیت‌های کار در ارتفاع و کار با هارنس‌های ایمنی توسط مردان می باشد، لذا در نظر گرفتن این تناسب در مطالعات منطقی می‌باشد. از طرفی نیز امروزه تعداد زنان در چنین مشاغلی نیز رو به ازدیاد می‌باشد. ۲۵ درصد مطالعات روی مردان و زنان انجام گرفته است. ۶/۲۵ درصد فقط روی زنان و ۱۲/۵ درصد فقط روی مردان صورت گرفته است. و حدود ۳۱ درصد مطالعات بر روی ادمک صورت گرفته است. مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۹ به منظور بهبود در اندازه‌گیری هارنس سقوط و تنظیمات طول هارنس برای طراحی هارنس هم برای زنان و هم مردان انجام داد که ۱۰۸ زن و ۱۰۸ مرد مورد بررسی قرار گرفتند(۲۶). همچنین مطالعه‌ای دیگری که توسط تیم تحقیقاتی Hsiao در سال ۲۰۱۲ صورت گرفت جنسیت را بعنوان متغییر مستقل بر تأثیر اندازه و شکل بدن و متناسب بودن هارنس بر زمان تحمل سیستم تعلیق در نظر گرفته است که از ۲۰ مرد و ۱۷ زن در مطالعه خود استفاده نمود(۲۲). همچنین در مطالعه دیگری از Hsiao در سال ۲۰۰۷ در ویرجینیای غربی به بررسی و ارزیابی محدوده قابل تنظیم بندهای هارنس پرداخت که در ان از دو جنس زن و مرد برای طراحی و اندازه بندها استفاده نمود (۳۱). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ به منظور تنظیمات اندازه بند و طول بند هارنس که از تعداد ۲۴۳ زن و ۲۵۸ مرد استفاده شد در واقع در این مطالعه نیز توجه به تفاوت ابعاد انتروپومتریکی در طراحی محصول نیز در نظر گرفته شده است (۳۲). مطالعه موسسه niosh در سال ۲۰۱۳ برای طراحی ساختارهای حفاظتی تراکتور و تعیین فاصله عمودی برای سازه‌های محافظتی نیز از کارگر مرد و ۱۲ کارگر زن استفاده شد(۳۳). مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۳ هفتاد و دو مرد و ۲۶ کارگر ساختمانی زن به منظور تناسب هارنس ایمنی انتخاب نمود (۲۵). در مطالعه‌ای دیگری که توسط موسسه niosh در سال ۲۰۱۳ در خصوص طراحی چند متغیره در محل اسکان کابین کامیون پرداخته است در این مطالعه ۸۶۱ مرد و ۸۶ زن آتش نشان انتخاب شدند (۳۳). مطالعه Angles که به بررسی قابلیت استفاده در هارنس‌ها پرداخته تعداد ۱۸مرد را در مطالعه خود قرار داده است(۲۷). در مطالعه ARTEAU در سال ۲۰۱۸ به منظور انتخاب هارنس کامل بدن به تناسب و راحتی هارنس‌ها در زن‌ها پرداخت. علت انتخاب زن‌ها در راحتی با هارنس‌ها در مطالعه مذکور به دلیل عدم توجه طراحان هارنس به جنس زن می‌باشد(۳۴). و می‌توان علت انرا اینگونه دانست که اکثریت نیروی کاری در صنعت ساخت و ساز و کار در ارتفاع مردان هستند. اما امروزه با حضور پررنگ زنان در حوزه‌های مختلف کاری شاهد حضور بیشتر زنان در صنعت ساخت و ساز خواهیم بود. لذا تجهیزات مناسب حفاظت فردی از جمله هارنس

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

جدول ۲: مطالعات مربوط به طراحی و بهینه سازی هارنس ها و سیستم های حفاظت از سقوط

ردیف	نویسنده اول	سال	ژورنال	تعداد شرکت کننده	جنسیت افراد				موضوع تحقیق	روش تحقیق					نتایج
					زن	مرد	نژاد	شغل		پرسسنامه /یا تست مورد نظر	انتروپومتر ی سنتی	انتروپومتری اسکن سه بعدی	استفاده از دامی	طراحی	
۱-	Gibbons W	۲۰۰۰	Proceedings of the IEA	۲۷		*		نجاران	مطالعه موردی هارنس های بدن برای کارهای بتنی	*					افزایش قابل توجهی در مشارکت ، آموزش و تعامل با کارکنان در مورد تناسب هارنس ، گزینه ها و ایمنی بدن را نشان داد
۲-	Hsiao H	۲۰۰۳	Ergonomics	۹۸	۲۶	۷۲	۲	کار گر ساختمانی	اندازه و متناسب بودن هارنس های محافظ در برابر سقوط		*	*		*	اطلاعات تن سنجی نقطه به نقطه در حال حاضر برای طراحی هارنس کافی نیست
۳-	Stephanie A	۲۰۰۷	Applied Ergonomics	۱۵ نفر	۳	۱۲			ارزیابی سیستم های هارنس کوله پشتی در حالت های تنه غیر خنثی	*(نظرسنجی ذهنی)/ EMG					تجدیدنظر در توصیه های طراحی سیستم کوله پشتی
۴-	Baszczyński K	۲۰۰۹	International Journal of Occupational Safety and Ergonomics	-					تأثیر استفاده از هارنس های کامل بدن بر خصوصیات محافظتی آنها	تست آسیب مکانیکی					عوامل گوناگون فیزیکی و مکانیکی بر کاهش عمر FBH های محافظت کننده در برابر سقوط اثر دارد
۵-	Hsiao	۲۰۰۹	Human	۵۰۱	۲۴۳	۲۵۸	۴	کارگر	تنظیمات اندازه			*		*	دامنه تنظیم بندهای تنه در آنها بین ۱۵ تا

باید راحتی و تناسب زنان را نیز حفظ کند.

تعیین جنس زن و مرد در هر طراحی می‌تواند اشاره به تفاوت ابعاد بدنی در زن و مرد داشته باشد در طراحی هارنس‌های ایمنی به دلیل اینکه حضور زنان در محیط‌های کاری نسبت به گذشته افزایش یافته است و شغل‌های جدیدی برای زنان در صنایع مختلف ایجاد گردیده است. همچنین حضور و نقش زنان در فعالیت‌های نظیر صنعت ساخت و ساز و کار در ارتفاع، عملیات اتش نشانی بیش از پیش‌گردیده است. لذا نیاز زنان به تجهیزات حفاظت فردی افزون گردیده و توجه طراحان را به خود جلب نموده است لذا ارزیابی تناسب هارنس با توجه به ابعاد بدنی زنان را در کنار مردان حایز اهمیت می‌باشد.

نژاد

در دنیا نژادهای مختلفی وجود دارد تفاوت نژادها در رنگ پوست و قد و اسکلت بندی استخوان و.. می‌باشد. لذا نژادهای مختلف ابعاد انتروپومتری مختلفی دارند از انجایی که در طراحی تجهیزات ابعاد انتروپومتری بسیار حایز اهمیت است لذا بررسی نژادها و ویژگی‌های بدنی آن برای هر طراحی مورد نیاز می‌باشد. مطالعات نشان داد ۵۵ درصد مطالعات در طراحی هارنس از نژادهای مختلف استفاده نمودند.۲۵ درصد تنها از دو نژاد برای بررسی اندازه و متناسب بودن هارنس پرداختند و تنها ۲۰ درصد مطالعات یک نژاد را مورد بررسی قرار دادند.

مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ که یک نمونه حاوی تعدادی مردان و زنان با نژادهای، سفید، سیاه، اسپانیایی تبار، و نژادهای دیگر در ازمایش تنظیمات طول بند هارنس انتخاب شدند(۳۲). چنین نمونه‌ای برای آزمایش تفاوت‌های بین گروهی، مانند نژادهای توصیف شده مناسب است (۳۱).در مقاله‌ای در سال ۲۰۰۹ به منظور توسعه اندازه در طراحی هارنس از چهار گروه نژادی سفید، سیاه، اسپانیایی و غیره (از جمله چند نژادی) استفاده شد(۲۶). در مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۳ که به بررسی اندازه و متناسب بودن هارنس پرداخت از دو نژاد سفید و سیاه به دلیل دسترس بودن استفاده نمود(۲۵).

مطالعه Angles در سال ۲۰۱۳ از ۱۹ مرد سفید پوست برای قابلیت استفاده هارنس استفاده نموده است(۲۷).

یک استراتژی نمونه‌گیری خوب درآماره‌های تن سنجی حاصل از نمونه برداری از جمعیت مورد نظر را نشان می‌دهد. برای بررسی‌های تن سنجی، نمونه‌گیری خوب شامل تعیین اندازه نمونه و همچنین تعیین ساختار نمونه از نظر جنس و نژاد می‌باشد. اما در برخی از مطالعات به دلیل اینکه کاربرد ابعاد انتروپومتریک برای آن منطقه خاص می‌باشد و تنها یک نژاد در آن منطقه فعالیت می‌نمایند امری قابل توجیه می‌باشد. اما در مکان‌هایی که نژادهای مختلف زندگی، کار و فعالیت می‌نمایند در نظر گرفتن نژادهای مختلف برای طراحی هارنس می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد.

وزن و قد

از ابعاد دیگر تاثیر گذار در طراحی‌ها می‌توان به قد و وزن افراد اشاره نمود در طراحی‌هایی مختلف ابعاد بالاتنه و پایین تنه مورد توجه قرار می‌گیرد. در خصوص طراحی PPEها قد و وزن بعنوان معیاری برای تنوع در سایز استفاده می‌شود در طراحی هارنس نیز مطالعات نشان دادند که قد و وزن افراد بعنوان یک ایتم برای تنظیم و دسته بندی سایز هارنس می‌باشد. وزن و قد بدن تنها تا حدی تغییرات رابطهای تنه-هارنس را در بین افراد توضیح می‌دهد و بعنوان یک گزینه سریع و مقرون به صرفه استفاده از وزن بدن به عنوان نقطه مرجع است. استفاده از پارامترهای قد، وزن بدن و دور کمر باعث نمی‌شود که نمونه به درستی در بهترین اندازه مناسب طبقه بندی شود. تیم تحقیقاتی Hsiao در سال ۲۰۱۲ در اندازه‌گیری‌های انتروپومتری از وزن بدن، قد افراد استفاده نمود. نتایج بررسی نشان داد وزن بدن، قد در مطابقت اندازه هارنس همبستگی معنی داری با زمان تحمل تعلیق دارند با توجه به اینکه وزن بدن با زمان تحمل تعلیق همبستگی منفی دارد، کاربران هارنس با وزن بیشتر ممکن است حتی زمان تحمل تعلیق کمتری را تجربه کنند(۲۲).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

در سال ۲۰۰۹مطالعه Hsiao اندازه‌گیری قد و وزن بدن افراد را برای ابعاد انتروپومتریک هارنس انجام داد. و بیان نمود ابعاد ران با وزن و ابعاد تنه با قد در مردان رابطه دارد. در زنان، ابعاد ران با وزن بدن ارتباط خوبی دارد، اما برای ابعاد تنه با قد رابطه ضعیفی وجود دارد، که تعیین اندازه برای زنان را دشوار می‌کند(۲۶).

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ نشان داد وزن و قد بدن برای کارگران کاملاً شناخته شده است و با تعیین اندازه هارنس همبستگی خوبی دارند(۳۲). قد و وزن بدن شرکت کنندگان در طراحی تجهیزات حفاظتی را بعنوان متغیرهای وابسته مطرح می‌نماید(۳۳). مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۷ در ویرجینیای غربی اهمیت وزن و قد بدن برای کارگران کاملاً شناخته شده است(۳۱). و با تعیین اندازه هارنس همبستگی خوبی دارند در بسیاری از مطالعات که به طراحی پرداخته می‌شود ابعاد انتروپومتری در آن مورد بررسی قرار گرفته است از دو بعد وزن و قد استفاده شده است این دو بعد از تاثیر گذارترین ابعاد انتروپومتری در طراحی هارنس می‌باشند.گرچه در مطالعه ARTEAU بیان می‌نماید که تولیدکنندگان از قد، وزن و توده بدن به عنوان معیار انتخابی برای هارنس استفاده می‌کنند. اما این معیارها مناسب‌ترین معیار برای انتخاب نمی‌باشند زیرا هارنس در اطراف تنه قرار می‌گیرد و معیارهای مهم دیگری نظیر اندازه عمودی تنه و دور کمر از مهمترین معیارهایی هستند که منجر به تناسب و راحتی کاربران با هارنس می‌گردند(۳۴).

روش‌های سنجش

روش اسکن دیجیتال D۳

هارنس که برای کارگران کار در ارتفاع بکار می‌رود باید بگونه‌ای باشد تا هم از نظر ایمنی و هم از نظر ارگونومی برای کارگران مناسب باشد. انجام کارها با یک هارنس نامناسب باعث وارد شدن فشار به بدن می‌شود(۳۵). مطالعات نشان داده است که رابطه بین داده‌های تن سنجی با تحمل تعلیق هارنس ممکن است منجر به طراحی بهتر هارنس گردد(۲۹). مطالعه‌ی Fang و همکاران نشان داده است که کارگران ساخت و ساز از وسایل حفاظت فردی و هارنس‌های محافظ در برابر سقوط استفاده نمی‌کنند چون در انها احساس راحتی ندارند(۳۶). برای طراحی یک هارنس خوب که افراد در آن رضایت داشته باشند نیاز به ۱- تعیین فاکتورهای بدنی و اندازه‌های بدنی برای هر جز هارنس۲- اندازه هارنس با محدوده قابلیت تنظیم ۳- توسعه اندازه هارنس بر طراحی هارنس با توجه به استانداردهای مربوطه. برای انجام طراحی موفقیت‌آمیز هارنس‌های تمام بدن کارآمد و ارگونومیک متکی به داده‌های کمی به روز از انتروپومتری افراد می‌باشد. آنتروپومتری جمعیت‌ها با گذشت زمان تکامل می‌یابد. از انجایی که نیروهای کار متنوع از لحاظ جنسیت و قومیت در صنعت ساخت و ساز با تفاوت بیشتری در دامنه بدنشان کار می‌کنند لذا داده‌های تن سنجی برای طراحی هارنس‌ها اهمیت خاصی پیدا می‌کند.

برای اندازه‌گیری ابعاد بدنی روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل روش فیزیکی، روش مستقیم و روش‌های لیزری و فتوهالوگرافی، روش‌های غیر مستقیم می‌باشند. که در این میان روش فتوهالوگرافی یا همان اسکن سه بعدی روش پیشرفته‌ای می‌باشد که می‌تواند اطلاعات انتروپومتری ارزنده را خصوصا برای طراحی سه بعدی تجهیزات حفاظتی در اختیار طراحان قرار دهد. تنها ۲۱ درصد مطالعات از اسکن سه بعدی برای طراحی و تناسب هارنس استفاده نمودند که دلیل آن گران بودن استفاده از این تکنیک می‌باشد.

مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۹ برای روش بررسی و روش اندازه‌گیری ابتدا با استفاده از تکنیک‌های استاندارد تن سنجی، ۱۸ علامت به عنوان بیو مارکر را روی پوست شرکت‌کننده قرار دادند سپس با استفاده از اسکن دیجیتال D۳ تمام بدن در حالت ایستاده با هارنس و بدون هارنس و حالت تعلیق با هارنس استفاده شد(۲۶). همچنین در مطالعه Hsiao سال ۲۰۱۲ نیز اسکنD۳ تمام بدن را برای شرکت کنندگان در حالت ایستاده با هارنس پوشیده استفاده نمود (۲۲). مطالعه Hsiao در

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

سال ۲۰۰۳ اطلاعات اندازه و شکل بدن آنها در حالی که معلق بودند (با هارنس) و ایستاده (با و بدون هارنس)، با استفاده از اسکنر لیزری D۳ تمام بدن و کولیس‌های تن سنجی سنتی اندازه‌گیری نمود. ۱۸ نشانه‌های آناتومیکی با دستگاه اندازه‌گیری سنتی آنتروپومتری مورد بررسی قرار گرفت (۲۵).مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ به منظور تنظیمات اندازه بند و طول بند از داده‌های تن سنجی تنه سه بعدی استفاده نمود(۳۷).

تیم تحقیقاتی Hsiao در سال ۲۰۱۲ که به تأثیر تناسب هارنس می‌پردازد با کمک انتروپومتر GPM و یک اسکنر تمام بدن سه بعدی برای ثبت رابط بین هارنس و شرکت‌کننده در هنگام ایستادن عادی و در حالت معلق استفاده شد(۲۲).دقت سیستم اسکن سه بعدی با میانگین خطای ۲,۹ میلی متر مورد آزمایش قرار گرفت که از ۶ + تا ۶ میلی متر متغیر است(۲۵).لازم به ذکر است که دقت در اسکنرهای سه بعدی بسیار بالاست و بعنوان ابزاری بسیار دقیق می‌باشند و رزولوشن بالایی انها منجر به ایجاد جزییات مدل سه بعدی می‌گردد.

در مطالعه دیگری به منظور ارزیابی طرح‌های اندازه‌گیری هارنس توقف از سقوط که در سال ۲۰۰۷ انتشار یافت.در این مطالعه به اسکن بدن سه بعدی با یک اسکنر تمام بدن پرداخته شد که برای ثبت رابط بین هارنس و شرکت‌کننده در هنگام ایستادن عادی و همچنین برای تعیین کمیت تغییرات مناسب در هنگام تعلیق شرکت‌کننده استفاده شد(۳۱) .

Hsiao و همکاران (۲۰۰۳) گزارش داد که داده‌های سنتی تن سنجی در پرداختن به مسئله هارنس مناسب نیستند(۲۵). علاوه بر این، داده‌های سنتی آنتروپومتریک خطی به خوبی با اجزای بند هارنس مطابقت ندارند و بنابراین در عمل برای طراحی هارنس مناسب نیستند(۳۱). در حال حاضر داده‌های انتروپومتری خطی برای طراحی هارنس ایمنی کافی نمی‌باشد برای داشتن هارنس‌های کارامد و طراحی موفقیت‌آمیز به داده‌های کمی انسانی نیاز می‌باشد. با این ادعا که اطلاعات تن سنجی نقطه به نقطه در حال حاضر برای طراحی هارنس کافی نیست.

فناوری‌های اسکن سه بعدی و رویکردهای کمی‌سازی شکل سه بعدی بعنوان راه‌های جدیدی را برای تعیین اندازه و دامنه اندازه تجهیزات محافظ شخصی، مانند هارنس‌های محافظ در برابر سقوط ایجاد کرده است. طراحان می‌توانند با کمک این فن اوری محصولات موجود یا نمونه‌های اولیه جدید را به صورت دیجیتالی ارزیابی نموده که این کار منجر به اثر بخشی و بهبود محصول نهایی می‌گردد.

اسکنرهای سه بعدی بدن باعث تغییرات زیادی در ثبت، اندازه‌گیری و بررسی روند تغییرات بدن در زمینه‌های مختلف از جمله طراحی و ساخت وسایل حفاظت فردی ایجاد نموده اند. که با کمک ان می‌توان طراحی اندازه، شکل و سطح بدن را در راستای طراحی تجهیزات اندازه‌گیری نمود. اسکن سه بعدی بدن به طور کامل یک روش غیر تماسی است. اسکنر سه بعدی بدن هرگز به طور مستقیم با جسم مورد نظر تماس برقرار نمی‌کند. ۴۰ ثانیه زمان می‌برد تا بدن یک شخص اسکن سه بعدی شود. ارزیابی عینی مناسب بودن هارنس در حالی که فرد به حالت تعلیق درآمده غیر عملی یا غیراخلاقی بود زیرا برای اندازه‌گیری ابعاد انسانی و ارزیابی کیفیت بیش از ۲۰ دقیقه طول می‌کشد و بنابراین خطراتی را برای افراد ایجاد می‌کند. فناوری اسکن سریع D۳ برای ثبت ابعاد بدنی فرد برای هارنس فقط ۱۷ ثانیه زمان می‌برد لذا در که ارزیابی مناسب بودن هارنس بسیار سریع و دقیق می‌باشد.

شبیه ساز انسانی

علاوه بر ارزیابی طرح‌های جدید هارنس، همراه با آزمایشات مقاومت، باید مطالعاتی با استفاده از شبیه ساز انسانی صورت گیرد. تغییرات زیادی تا ۱۹۹۰ برای هارنس‌های تمام بدن صورت گرفت. اجزای بیشتری برای ایمنی و ارگونومی به این محصول اضافه شد تا بتواند راحتی و بهره وری بیشتری را تامین نمایند. و تا به امروز تلاش برای ارگونومی این محصول وجود دارد(۳۸). ازمایشاتی که برای بهینه بودن هارنس‌ها استفاده می‌شود

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

بدلیل خطراتی که حالت تعلیق از هارنس در ارتفاع بوجود می‌اید و همچنین ترس افراد باید ابتدا بر روی ادمک‌های شبیه ساز انسانی ازمایش گردد. ادمک‌های شبیه ساز باید از لحاظ وزن و ابعاد بدنی بگونه‌ای باشند که با جامعه‌ای مورد نظر که قرار است طراحی برای ان صورت بگیرد هم خوانی داشته باشند .۳۱,۲۵ درصد مطالعات از دامی استفاده نمودند دامی‌ها بدلیل وِیژگی‌های خاص خود نظیر وزن و تناسب با صدک پنجاهم در جامعه مورد مطالعه و همچنین استراکچر مخصوص برای تعلیق و بالا بردن آن و ایجاد شرایط ازمایشگاهی ویژه از موضوعاتی است کمتر در مطالعات استفاده می‌شود و از افراد بیشتر در این مطالعات کمک گرفته می‌شود.

مطالعه Hino در سال ۲۰۱۳ عملکرد ایمنی از هارنس تمام بدن را در سه وضعیت (۱) سقوط از پا، (۲) سقوط از سر و (۳) سقوط کلی مورد بررسی قرار داد که در ازمایش خود از human dummy Hybrid III با صدک ۵۰ با وزن ۷۳۵ نیوتن استفاده نموده است (۳۳). مطالعه Baszczyński در سال ۲۰۲۰ نیز در مطالعه خود از استفاده از شبیه ساز انسانی، تأثیر پدیده‌های خطرناک همراه با عملکرد هارنس ایمنی را در هنگام توقف سقوط بر بدن انسان مشخص نمود.که در ان نیز از شبیه ساز Hybrid III ۷۸.۱۵ کیلوگرمی بر اساس صدک ۵۰ ویژگی‌های تن سنجی استفاده نمود(۱۵). مطالعه Nam در سال ۲۰۱۹ به منظور توسعه هارنس نوع شلوارکی از یک مانکن (مدل Seonyu Inc KM-۱۲، کره) استفاده شد. قد و وزن مانکن به ترتیب ۱,۸۸ متر و ۳۰ کیلوگرم بوده است(۳۴). مطالعه Baszczyński در سال ۲۰۲۰ بوده که آزمون جدید با شبیه ساز انسانی هیبریدی IIIA آنتروپومورفیک برای هارنس ایمنی بوده است. ازIII human dummy Hybrid استفاده نمود و دامی با وزن ۷۸,۱۵ کیلوگرم بر اساس داده‌های تن سنجی برای صدک ۵۰ام جمعیت آمریکا ساخته شده است(۳۹). این تفاوت در وزن و قد مانکن‌ها را می‌توان به جامعه متفاوتی که در ان طراحی هارنس صورت گرفت نسبت داد مثلا ابعاد مانکن در کره از ابعاد مانکن در امریکا کوچک‌تر است و این امر طبیعی می‌باشد بدلیل تفاوت در ساختار بدنی و نژاد امریکایی‌ها درشتر از کره‌ای‌ها می‌باشند. در تحقیقات هارنس های ایمنی باید از مدل‌هایی استفاده شود که خصوصیات مکانیکی بدن انسان را به خوبی منعکس نمایند که human dummy از جمله این مانکن ها می‌باشد که در مطالعات فوق استفاده گردید البته این human dummy که به طور گسترده‌ای در برنامه‌های خودرو، هواپیما و هوا فضا استفاده می‌شوند. آزمایشات ایمنی در بخش‌های خودرو، هواپیما و فضا شامل آدمک های انسان ساز است که بدن انسان را در آزمایش هایی شبیه‌سازی می‌کند که شامل شرایط بارگیری دینامیکی است. Hybrid III یک نمونه خوب از توسعه و بهبود ساختگی‌های انسان ساز می‌باشد که قابلیت استفاده در در آزمایش‌های ایمنی انسان در زمینه‌های مختلف علمی و فنی را دارا می‌باشد. لذا استفاده از human dummy کمک‌های زیادی در مطالعات شبیه‌سازی در هارنس‌ها بر عهده دارد. human dummy در بررسی رشته‌های ورزشی که انسان در معرض بارهای دینامیکی است، بکار می‌رود.

بعد معیارهای آزمون

فاصله سقوط آزاد

یکی از بعدهای مهمی که در بررسی و ازمایشات هارنس‌های ایمنی بکار می‌رود فاصله سقوط آزاد و روش ازمایش می‌باشد .رنج فاصله سقوط در مطالعات بررسی شده بین ۱ تا ۱/۷ متر بوده است. علت انتخاب این رنج فاصله برای سقوط به این دلیل می‌باشد که human dummy که در این مطالعات استفاده می‌شوند از لحاظ وزنی سنگین می‌باشند لذا قرار دادن آنها در ارتفاعات بالاتر سخت‌تر می‌باشد از طرفی دیگر رنج فاصله سقوط بیان شده در مطالعات هدف مطالعه را تامین نموده است.

مطالعه Hino در سال ۲۰۱۵عملکرد هارنس ایمنی را فاصله سقوط آزاد ۱,۷ متر تعیین شد نیروی ضربه‌ای که بر قلاب، شتاب سر و جابجایی قفسه سینه وارد می‌شود، هنگام سقوط اندازه‌گیری شد.همچنین نیروی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

برشی گردن و نیروهای برشی با جرم سر و حداکثر شتاب سر اندازه‌گیری شد(۳۹).

مطالعه Baszczyński در سال ۲۰۲۰ با استفاده از مدلهای مختلف هارنس و با یک لنیارد، پارامترهای مکانیکی، لغزش تسمه‌ها در سگک‌های تنظیم‌کننده بندهای شانه در اطراف گردن ساختگی و یا سر human dummy ضربه اتصال استرنال (حلقه D) به سر در طول سقوط را مطالعه نمود. فاصله سقوط انسان شبیه ساز ساختگی ۱,۳ متر در نظر گرفته شد مطالعه ارائه شده با انسان مصنوعی، پدیده‌های جدیدی را در رفتار هارنسهای ایمنی هنگام توقف سقوط نشان داد(۱۵). این پدیده‌ها عمدتاً مربوط به بندهای شانه و همچنین اتصالات استخوان مایع پشتی و پشتی هارنس های تمام بدن بوده است. مطالعه Nam در سال ۲۰۱۹ به منظور توسعه هارنس نوع شلوار با جیب پارچه‌ای برای تسکین درد پرداخت و human dummy در چهار حالت ایستاده و loaded و back-loaded، and front-loaded قرار گرفت از انجایی که هدف این مطالعه بررسی فشار وارده از هارنس به بدن بوده است از فاصله سقوط آزاد استفاده ننموده است گرچه بهتر می‌بود در حالت تعلیق و با فاصله از زمین اینکار انجام می‌گردید در این مطالعه از سنسور فشار (۶۴ سلول حسگر) برای بدست اوردن فشار استفاده شد. میانگین و حداکثر فشارهای کمر اندازه‌گیری شد(۴۰). مطالعه Baszczyński فاصله سقوط آزاد به ۱ متر در نظر گرفته است و پارامترهای مکانیکی نظیر: شتاب سر، نیروهای وارد بر ستون فقرات و حداکثر نیروی توقف سقوط و جابجایی عمودی ضمیمه ایستادن سقوط بر روی ساختگی، حداکثر زاویه بین صفحه پشتی ساختگی و عمودی مشاهده شده در هنگام دستگیری سقوط و حداکثر شتاب سر اندازه‌گیری شد(۴۱). در مطالعات ذکر شده پارامترهای اندازه‌گیری شده به منظور درک بیشتر تغییرات ایجاد شده در هارنس‌ها می‌باشد زیرا زمانی که فردی که هارنس برتن دارد و سقوط می‌نماید و به حالت تعلیق در می‌اید نیرو و شتاب و فشارهایی بر قسمت‌های مختلف بدن فرد وارد می‌گردد اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی بر روی human dummy کمک می‌کند تا شرایط واقعی بهتر درک شود تا طراحان بتوانند تصمیم‌گیری بهتری بر روی تولید محصول جدید داشته باشند. کارایی هارنس کامل بدن در توزیع نیروهای سقوط به مناطقی از بدن که بهترین مقاومت را در برابر این بارها دارند، تا حدود زیادی به نحوه اتصال هارنس به بدنه بستگی دارد. هدف از طراحی هارنس، ایجاد حداقل تعداد اندازه‌هایی است که قادر به دستیابی مناسب به هارنس با بیشترین طیف از اشکال و اندازه‌های قابل پیش‌بینی بدن باشد.

تست‌های مورد نظر برای سنجش

در هر مطالعه‌ای در خصوص هارنس‌ها بر اساس هدف تحقیق از تست‌های متفاوتی برای انجام کار استفاده شده است. بطور کلی روش‌های مورد استفاده شده برای بررسی فشار بیو مکانیکی ناشی از هارنس بر بدن استفاده از سنسور فشار سنج و یا استفاده از پرسشنامه قابلیت استفاده هارنس ویا بررسی نیروی وارده با لودسل می‌باشد. که هرکدام با توجه به هدف مطالعه بکار رفته‌اند.در مطالعه Nam در سال ۲۰۱۹ برای نشان دادن اثر بخشی کاهش درد و فشار در طراحی هارنس از سنسور فشار سنج استفاده نمود که توسط تیم تحقیق ساخته شد(۴۰). Angles در سال ۲۰۱۳ نیزبه منظور بررسی قابلیت استفاده در سه نوع مدل مختلف هارنس از مقیاس بورگ استفاده نمود همچنین برای اندازه‌گیری فشار حاصل از هارنس بر بدن، فشار سنجی را راه اندازی نموده و در سه مدل مختلف هارنس بررسی نموده است(۲۷). یکی از روش‌ها مناسب برای بررسی فشار بیومکانیکی ناشی از هارنس‌ها بررسی نیرو وارده بر سطح بدن می‌باشد که تحت عنوان فشار بررسی می‌گردد و می‌تواند معیار خوبی برای بررسی راحتی هارنس‌ها باشد بطوریکه هر هارنس فشار کمتری را به بدن وارد نماید موجب راحتی بیشتر کارگر می‌شود و زمان تحمل تعلیق فرد افزایش می‌یابد. در مطالعات دیگر برای بررسی اندازه و متناسب بودن هارنس و توسعه ساختار اندازه

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

برای طراحی هارنس از پرسشنامه‌ها استفاده گردید که در ان نظر افراد را در خصوص تناسب بدنی با ابعاد هارنس مد نظر قرار داده است(۲۶، ۲۷، ۳۴، ۴۲).در مطالعات دیگر به منظور بررسی عملکرد ایمنی هارنس، تست‌های آزمایشی و بررسی عملکرد توقف از سقوط از تست‌هایی نظیر شتاب سنجی و نیرو سنجی با لودسل نیز استفاده گردیده است(۱۲، ۱۵، ۳۹، ۴۱، ۴۳) همان طور که بیان شد در هر مطالعه استفاده از هر روش، تست و بررسی بر اساس هدف تحقیق بوده است.

تناسب هارنس

بطور کلی هرچه تجهیزات و ابزار و وسایل حفاظت فردی راحت‌تر باشند و متناسب با بدن باشند افراد مدت زمان بیشتری با ان فعالیت می‌کنند. تناسب هارنس یکی از جمله مواردی است که بر روی زمان تعلیق و همچنین پیامدهای ناشی از تعلیق اثر می‌گذارد برخی از مطالعات نیز به این مساله اشاره داشتند. ۷۰ درصد مطالعه مورد بررسی نشان داد که افراد احساس ناراحتی و نارضایتی در استفاده از هارنس‌ها دارند. در مطالعه Seddon نشان داد که نیمی از افراد ازمایش شونده به دلیل ناراحتی ناشی از عدم تناسب مناسب هارنس آزمایشات را به اتمام نرساندند(۴۴). مطالعه توسط Hsiao در سال ۲۰۱۲ نشان داد هارنس مناسب نیز بر زمان تحمل تعلیق تأثیر می‌گذارد(۲۲). مقاله Adisesh در سال ۲۰۱۱ اشاره به تجربه pre syncope برای ازمایش دهندگان داشته که علت انرا ناراحتی با هارنس بیان نموده است(۲۹). مطالعه Gibbons نشان داد نجارانی که از هارنس استفاده می‌کنند شکایت‌هایی بخاطر عدم تناسب و نارضایتی بدلیل فشار وارده به بدن را بیان نمودند. ایجاد بارهای ساکن در عضلات پشت باعث ناراحتی فرد می‌گردد(۳۵). در مطالعه ARTEAU در سال ۲۰۱۸ به بررسی و تناسب راحتی هارنس‌ها پرداخت و از طریق پرسشنامه‌ای تناسب و راحتی را مورد بررسی قرار داد و بیان نمود که نیاز به استفاده از گستره وسیعتری در ابعاد به منظور تناسب و راحتی نیازمند می‌باشیم (۳۴). در واقع فشار بار بیومکانیکی ناشی از هارنس باید بررسی می‌گردد تا بتوان هارنس با رویکردی بهینه طراحی و یا انتخاب نمود. در شرایط بهینه طراحی، توجه به ابعاد انتروپومتری باعث رفاه و رضایت بیشتر افراد در کنار کاهش فشار وارده بر بدن می‌گردد.

حلقه D

معیارهای مختلفی برای تناسب و راحتی هارنس با بدن وجود دارد که یکی از مهمترین آن محل قرارگیری حلقه D می‌باشد. حلقه D باید بین مرز کتف تحتانی و فوقانی در حالتیکه فرد ایستاده است، قرار بگیرد تا فرد بهترین حالت راحتی را داشته باشد. کلیه مطالعاتی که در خصوص تناسب و راحتی هارنس بوده است به حلقه D توجه نموده‌اند. Hsiao در سال ۲۰۰۹ اشاره دارد که برای تناسب و راحتی استفاده از هارنس برای زنان حلقه D باید عقبتر نسبت به طراحی هارنس برای مردان نصب شود تا بتواند مشکل تناسب در فرم تنه زنان را کاهش دهد(۲۶). Turner و همکاران ۲۰۰۸ در صنعت تولید هارنس برای به حداقل رساندن هرگونه فشار استرس بیومکانیکی و تعلیق یکی از معیارهای تناسب و راحتی را وجود حلقه D عقب را بین مرزهای تحتانی و فوقانی کتف در فردی که ایستاده است و هارنس برتن دارد را در نظر گرفته‌اند (۲۳).در مطالعه تیم تحقیقاتی Hsiao در سال ۲۰۱۲ نیز اشاره به معیارهای تناسب هارنس دارد و یکی از این معیارهای راحتی را محل قرارگیری حلقه D هارنس بیان می‌دارد(۲۲). مطالعه Hsiao در سال ۲۰۰۷ محل و موقعیت حلقه D پشتی را بعنوان یکی از معیارها برای پیش‌بینی تعامل پویای بین انسان و هارنس پس از سقوط را بیان می‌کند(۳۱). همانطور که بیان شد حلقه D می‌تواند تأثیر مستقیمی بر ملاحظات طراحی عملی برای هارنس‌ها هم بعنوان معیار راحتی و عملکردی داشته باشد. همچنین عاملی که مکان حلقه D می‌تواند تاثیر گذار باشد در زاویه تعلیق افراد هست بطوری که اگر این زاویه بیشتر از ۳۰ درجه شود ممکن است باعث ناراحتی و ایجاد فشار بیومکانیکی به فرد گردد. وقتی کاربر ایستاده

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

است حلقه D پشتی هارنس باید، بین مرزهای تحتانی و فوقانی کتف قرار گیرد تا فرد بتواند احساس راحتی کند. قرار گرفتن درست حلقه D پشتی هارنس یکی از معیارهای راحتی کار با هارنس می‌باشد. از انجایی که در فرم بدنی زنان و مردان تفاوت وجود دارد. لذا موقعیت حلقه D پشت باید بین تیغه‌های شانه قرار گیرد. پس باید طراحی هارنس با بررسی و اسکن سه بعدی ابعاد انتروپومتری صورت گیرد تا بتوان حلقه D در هارنس در جایگاه مناسب قرار گیرد.

مطالعه Stewart در سال ۲۰۲۱ در مجموع ۴۲ فرد زن و مرد را در دو گروه افراد باسابقه و بدون تجربه تعلیق هارنس در ازمایش شرکت داد و در فاصله ۱/۵ به حالت تعلیق در امدند. تست‌های مهارتی وچالاکی نشان داد فعالیت کاری در حالت نشسته یا ایستاده از نظر کارایی و انجام وظیفه بر اساس زمان کار حالت تعلیق هارنس برتری دارد(۱۹). وظایف ایستاده احتمالاً کار سریعتر و دقیق‌تری نسبت به سیستم تعلیق هارنس تولید می‌کنند. دلیل این امر را می‌توان اینگونه بیان نمود که کار ایستاده به اپراتور امکان تحرک بیشتر را می‌دهد و تولید نیرو بیشتر را تسهیل می‌کند در حالی که نشسته حرکت‌های اضافی را محدود می‌کند و حرکات مهارت را نسبت به ایستادن تثبیت می‌کند از اجتناب از نوسانات موضعی و تعادل جلوگیری می‌کند.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر به بررسی سیستماتیک طراحی هارنس ایمنی کار در ارتفاع و اثرات ناشی از تعلیق هنگام سقوط پرداخته است مطالعات بیان نمودند علایم و تغییرات فیزیولوژیک در زمان تعلیق هارنس بوجود می‌اید. خصوصیات بدنی مانند وزن، قد، بر زمان تحمل افراد در تعلیق هارنس تاثیر دارد. هیچ مطالعه‌ای تاکنون به مرگ ناشی از تعلیق هارنس اشاره نکرده است. لوازم جانبی مناسب برای هارنس‌ها می‌تواند زمان تحمل تعلیق را طولانی‌تر کند. بیشترین مشکل در خصوص طراحی ارگونومیک هارنس‌ها وجود دارد. طراحی هارنس تمام بدن صنعتی به طور کلی ضعیف بوده و موجب ناراحتی افراد و افزایش هموستاز انسان در برخی افراد می‌شود. بطور که تناسبی بین ابعاد بدنی افراد و هارنس‌ها وجود ندارد. بررسی این مطالعات می‌تواند به درک و تصمیم‌گیری طراحان در خصوص طراحی هارنس‌های مناسب کمک نماید.

تحقیقات اینده در خصوص مکانیزم‌های پیشگیری از سقوط از ارتفاع و طراحی هارنس‌ها احتمالاً بین رشته‌ای‌تر خواهد بود. استفاده از علم ایمنی و ارگونومی و ازمایشات رفتاری و مشارکتی به منظور طراحی هارنس‌های مناسب و استفاده افراد از ان در مواجهه با خطرات کار در ارتفاع حتمی خواهد بود. نتایج این مطالعات دید روشنی را برای محققان ایمنی فراهم می‌نماید تا بتوانند تحقیقات آینده با رویکرد جدیدی ارایه دهند.

تشکر و قدردانی

این مقاله به عنوان یک طرح تحقیقاتی با شماره گرنت ۳۲۰۳۱ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ایران تصویب و تامین مالی شده است. نویسندگان مقاله از معاونت تحقیقات و فنآوری دانشگاه سپاسگزاری می‌نمایند.

REFERENCES

1. Zhu R, Hu X, Hou J, Li X. Application of machine learning techniques for predicting the consequences of construction accidents in China. Process Saf Environ Prot. 2021;145:293-302.
2. Nadhim EA, Hon C, Xia B, Stewart I, Fang D. Falls from Height in the Construction Industry: A Critical Review of the Scientific Literature. Int J Environ Res Public Health. 2016;13(7):638.
3. Lee U-K, Kim J-H, Cho H, Kang K-I. Development of a mobile safety monitoring system for construction sites. Autom Constr. 2009;18(3):258-64.
4. Carrión EÁ, Saez PI, Pomares JC, Gonzalez A. Average Force of Deployment and Maximum Arrest Force of

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

Energy Absorbers Lanyards. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(20):7647.
5. Li F, Zeng J, Huang J, Zhang J, Chen Y, Yan H, et al. Work-related and non-work-related accident fatal falls in Shanghai and Wuhan, China. Saf Sci. 2019;117:43-8.
6. Hubei Statistics Bureau ASoWAS (2018). Available from: http://data.hb.stats.cn/CountyData.aspx?DataType=67&ReportType=5
7. OSHA (2018). Available from: https://www.osha.gov/data/commonstats
8. Miles C, F G (2019). HSE Fatal Accident Statistics 2018/19 – an increase in workplace fatalities for 2018/19 [Internet]. Available from: https://www.dacbeachcroft.com/en/gb/articles/2019/july/hse-fatal-accident-statistics-201819-an-increase-in-workplace-fatalities-for-201819/
9. Jabbari M, Ghorbani R. Developing techniques for cause-responsibility analysis of occupational accidents. Accid Anal Prev. 2016;96:101-7.
10. Guide E (2020). Working at Height.
11. Nelson J, Clifford A. Unobtrusive monitoring and identification of fall accidents. Med Eng Phys. 2015;37(5):499-504.
12. Pomares JC, Carrión EÁ, González A, Saez PI. Optimization on Personal Fall Arrest Systems. Experimental Dynamic Studies on Lanyard Prototypes. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(3):1107.
13. Irles R, Pomares JC, Segovia EG, Ferrer MB, Carrion EA. Soft retention in height fall safety devices. WIT Trans Built Environ. 2014;141.
14. Jabbaria M. Safety management and engineering. Book. 2019;3:12-23.
15. Baszczyński K. Effects of full body harness design on fall arrest performance. Int J Occup Saf Ergon. 2020:1-8.
16. Baugh L (2015). Personal Fall Protection Equipment Use and Selection Guides [Internet]. Isea Use and Selection Guide Personal Fall Protection Equipment, Edition No. 1.
17. S P (2002). Harness suspension: review and evaluation of existing information [Internet]. Health and Safety Executive-Contract Research Report 451.
18. Beretta E, Lanfranconi F, Grasso GS, Bartesaghi M, Alemayehu HK, Pratali L, et al. Air blood barrier phenotype correlates with alveolo-capillary O2 equilibration in hypobaric hypoxia. Respir Physiol Neurobiol. 2017;246:53-8.
19. Stewart AD, Gardiner M, MacDonald J, Williams H. The effect of harness suspension on a simulated maintenance task efficacy in the renewable energy industry. Appl Ergon. 2021;90:103247.
20. Munn Z, Barker TH, Moola S, Tufanaru C, Stern C, McArthur A, et al. Methodological quality of case series studies: an introduction to the JBI critical appraisal tool. JBI Evid Synth. 2020;18(10):2127-33.
21. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. Syst Rev. 2015;4(1):1-9.
22. Hsiao H, Turner N, Whisler R, Zwiener J. Impact of Harness Fit on Suspension Tolerance. Hum Factors. 2012;54:346-57.
23. Turner NL, Wassell JT, Whisler R, Zwiener J. Suspension tolerance in a full-body safety harness, and a prototype harness accessory. J Occup Environ Hyg. 2008;5(4):227-31.
24. Lanfranconi F, Pollastri L, Corna G, Bartesaghi M, Novarina M, Ferri A, et al. The Elusive Path of Brain Tissue Oxygenation and Cerebral Perfusion in Harness Hang Syncope in Mountain Climbers. High Alt Med Biol. 2017;18(4):363-71.
25. Hsiao H, Bradtmiller B, Whitestone J. Sizing and fit of fall-protection harnesses. Ergonomics. 2003;46:1233-58.
26. Hsiao H, Friess M, Bradtmiller B, Rohlf FJ. Development of sizing structure for fall arrest harness design. Ergonomics. 2009;52(9):1128-43.
27. Angles J (2013). Usability of Fall Arrest Harnesses [Internet].
28. Beverly JM, Zuhl MN, White JMB, Beverly ER, VanDusseldorp TA, McCormick JJ, et al. Harness Suspension Stress: Physiological and Safety Assessment. J Occup Environ Med. 2019;61(1).
29. Adisesh A, Lee C, Porter K (2011). Harness suspension and first aid management: development of an evidence-based guideline [Internet]. Emerg Med J 28(4):265-8.
30. Lanfranconi FFLPMBMNVGDEVBLET (2019). Impact of Hanging Motionless in Harness on Respiratory and Blood Pressure Reflex Modulation in Mountain Climbers [Internet]. High Alt Med Biol 20(2):122-32.
31. Hsiao H, Whitestone J, Kau T. Evaluation of fall-arrest

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]

harness sizing scheme. Hum Factors. 2007;49:447-64.
32. Hsiao H, Whitestone J, Taylor S, Godby M, Guan J. Harness Sizing and Strap Length Configurations. Hum Factors. 2009;51(4):497-518.
33. Hsiao H. Anthropometric procedures for protective equipment sizing and design. Hum Factors. 2013;55(1):6-35.
34. Arteau J, Gomez HEP, Beauregard Y, editors. Anthropometry and selection of full body harness: beyond stature and body mass as selection criteria2018.
35. Gibbons W, Hecker S. Participatory Approach to Ergonomic Risk Reduction: Case Study of Body Harnesses for Concrete Work. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet. 2000;44:5-687 - 5-90.
36. Fang W, Love PED, Luo H, Ding L. Computer vision for behaviour-based safety in construction: A review and future directions. Adv Eng Informatics. 2020;43:100980.
37. Lee UK KJH, Cho H, Kang KI. Development of a mobile safety monitoring system for construction sites Automation in Construction. 2009;18:258-64.
38. Osha T. the history of fall safety & the evolution of personal fall protection equipmentT https://wwwtractelcom/safetygate/history-of-fall-safety-fall-protection-equipment/. 2019
39. Hino Y. Safety Performance of the Full Harness in Various Falling Postures of Wearer. Procedia Manufacuring. 2015;3:327-31.
40. Nam D, Kwon M, Kim J, Ahn B. Development of Pant-Type Harness with Fabric Air-Pocket for Pain Relief. Appl Sci. 2019;9(9):1921.
41. Baszczyński K. New test method with a hybrid iii anthropomorphic dummy for textile safety harnesses. Fibres Text East Eur. 2020;28(1):81-6.
42. Southard SA, Mirka GA. An evaluation of backpack harness systems in non-neutral torso postures. Appl Ergon. 2007;38(5):541-7.
43. Pomares Torres JC, Carrión EÁ, Irles Más R, González Sánchez A, Segovia-Eulogio EG. Experimental Tests on Personal Safety Devices for Falls from Height. 2018:69-81.
44. Seddon P. Harness Suspension: Review and Evaluation of Existing Information England: Her Majesty's Stationery Office, Health and Safety Executive (HSE). 2002.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-10-02]