



Original Article

Shoe Last Design for Men with Flat Feet

Shayan Kafi^{1*} , Nasser Koleini Mamaghani¹ 

¹ Department of Industrial Design, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Article History:

Received: 23 August 2025

Revised: 05 April 2026

Accepted: 06 April 2026

ePublished: 21 June 2026

*Corresponding author:

Shayan Kafi, Department of Industrial Design, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Email: kafi.shayan@gmail.com

Abstract

Objectives: Flat feet (Pes Planus) is a prevalent musculoskeletal condition that results in multi-joint pain, premature fatigue, and balance instability. Given that mass-produced footwear in Iran often lacks alignment with Iranian anatomical characteristics, this study aimed to determine the appropriate dimensions and indices for designing customized shoe lasts for Iranian men with flat feet. This approach seeks to enhance biomechanical performance and prevent excessive pressure and impact on the feet.

Methods: This applied-developmental study was conducted using a descriptive-analytical methodology. Data were collected through four primary instruments, namely a questionnaire (n=26), expert interviews, observation and analysis of existing commercial products, and anthropometric measurement of 10 users across 10 specific parameters, including footprint characteristics. The primary goal was to establish standardized dimensions for shoe last design, addressing the current lack of localized industrial standards in the domestic market.

Results: Findings indicate that public awareness regarding flat feet and its associated corrective products is low, and users are dissatisfied with existing market solutions. Clinical observations confirmed that most Iranian orthopedic centers focus primarily on insole production, with treatment centered on symptom control and pain reduction. Based on the urgent need for optimized products and the collected anthropometric data, a sole pattern and a 3D shoe last model were designed and developed.

Conclusion: The results highlight the importance of enhancing medial longitudinal arch support through specialized shoe last design, which can significantly mitigate complications associated with flat feet. The final outcome—comprising the sole pattern and the customized shoe last—demonstrates that integrating anthropometric data into engineering design environments provides a robust platform for manufacturers, ultimately leading to improved consumer satisfaction and enhanced foot health.

Keywords: Design, Flat Feet, Footwear, Orthopedics, Shoe last



Extended Abstract

Background and Objective

In the foot's anatomical structure, the smallest biomechanical changes in reliance level are effective in controlling the human body's posture. Flat foot is a common problem that can lead to joint pain, premature fatigue, and balance problems. Anatomical differences require that shoe design be tailored to each population, but because proper information has not been provided to society and shoe manufacturers, mass-produced shoes in Iran are often made without regard for Iranian foot anatomy. For this reason, this research has been conducted to obtain suitable indicators for designing shoe muscle molds for Iranian men with flat feet. Consumers are looking for products that match the biomechanical characteristics of their feet. This is an ergonomic necessity for people with foot deformities to prevent chronic injuries. So far, no measurements have been taken in Iran for Iranian users with flat feet. The goals of this research are to provide a pilot dimensional index for the target population of shoe manufacturers and to improve the biomechanical performance of shoes to prevent excessive pressure and impacts on the feet.

Materials and Methods

The present study followed the protocols of applied-developmental research, which used a descriptive-analytical method. Four tools were used to collect information: 1) a questionnaire administered to 26 target users. The sample size was determined based on the exploratory nature of the research and the availability of the target community. Content validity was reviewed and confirmed by experts, and reliability was analyzed in the SPSS 27 software; the Cronbach's alpha coefficient was 0.717. 2) Interviews with orthopedic specialists and experts, which were completely recorded and finally converted into written form. 3) Observation and review of all types of products available in five related orthopedic clinics and centers was performed. 4) Dimensional measurements of the feet of 10 target users were performed in 10 parameters, along with the characteristics of each footprint. The sampling method was considered as "purposive non-probability" in all stages. The muscle mold is not the same size as the foot, but it is designed based on the foot's dimensions. Each country has its own standards and guidelines for designing shoe soles. However, they all start from the design of the floor pattern. In this research, the Chinese floor pattern design system was used, and by obtaining the system and collecting additional dimensional parameters, we continued the design process for the shoe muscle mold using Rhino 8 software.

Results

Based on many years of experience in this field, experts have admitted that after 7 to 10 years of age, there is no cure for flat feet. People can refer to experts to prevent exacerbation or relieve pain. Clinical observations confirmed that most orthopedic centers in Iran focus on manufacturing insoles using scanning and CNC machines, which are of relatively good quality. However, this quality was not seen in special shoes; in

most centers, normal muscle molds are used. The results of the questionnaire show that the general awareness of flat foot and related products is low; the shoes used by these people are destroyed faster than usual. Pain in various parts of the body has developed as a result of this complication, and users are dissatisfied with the existing solutions. In the dimensional extraction section, the number of 10 users was determined based on similar pilot studies using the Case-Series approach. According to the desired methodology, the design was first developed on a reference template and parametrically modeled in Rhino software; therefore, it could be scaled to different dimensions. Moreover, according to the principles of shoe production, the design was made for one foot and then mirrored on the other. According to the obtained dimensional information, the sole pattern and shoe muscle mold were designed and modeled in the software.

Discussion

The use of inappropriate shoe molds can lead to discomfort, fatigue, and skeletal-muscular problems for users; therefore, it is necessary to conduct an anthropometric study to determine the dimensions and specific characteristics of the feet of this group. In the production of shoes in Iran, molds from other companies outside Iran are used, which are not compatible with the Iranians. This research was conducted to address this problem. According to research, when people with flat feet wear inappropriate shoes, the inner edge of the shoe protrudes, causing discomfort and premature wear. A shoe design without an arch in its inner part can solve these problems to a suitable extent. Since there is no treatment for adults with flat feet, there is no need to put pressure on the foot, and the inner arch of the shoe can be omitted. In addition, the ankles of people with flat feet are usually angled inward; therefore, the rotation angle was incorporated into the design of the muscle mold to overcome the problem and prevent complications from worsening. In this research, we attempted to develop a pilot method for a more comprehensive design research approach grounded in Iranian anatomy.

Conclusion

In line with the specified goals, the target users' needs were first identified, then the relevant information was checked, and finally, the desired indicators were measured and calculated across several parameters using dimensional measurement. The results emphasize the importance of increasing support for the inner arch of the foot through the design of the shoe muscle mold and can play a significant role in reducing complications caused by flat foot. The final output of this research includes the sole pattern and the muscle mold of the shoe; in each of these two, the factors that could improve the product were investigated and analyzed, and the result demonstrates that by transferring the extracted anthropometric data to engineering design environments, a suitable platform can be provided for manufacturers. The use of this proposed design in products such as soles and special shoes for people with

flat feet can improve consumer satisfaction and promote foot health, and can also help the domestic shoe industry

produce quality, competitive products at the global level.

Please cite this article as follows: Kafi Sh, Koleini Mamaghani N. Shoe Last Design for Men with Flat Feet. *Iran J Ergon.* 2026; 14(1): 1-17 DOI:10.53208/IJE.14.1.1

طراحی قالب ماهیچه کفش برای مردان با کف پای صاف

شایان کافی^{۱*}، ناصر کلینی ممقانی^۱

^۱ گروه طراحی صنعتی، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

اهداف: صافی کف پا مشکلی شایع است که منجر به درد در مفاصل مختلف بدن، خستگی زودرس، و مشکلات تعادلی می‌شود. با توجه به اینکه تولید انبوه کفش در ایران اغلب بدون توجه به آناتومی ایرانی است، این پژوهش با هدف دستیابی به ابعاد و شاخص‌های مناسب برای طراحی قالب ماهیچه کفش اختصاصی برای مردان ایرانی مبتلا به صافی کف پا انجام شده است تا با بهبود عملکرد بیومکانیکی، از فشار و ضربات اضافی به پا جلوگیری کند.

روش کار: این مطالعه یک پژوهش کاربردی-توسعه‌ای است که با روش توصیفی-تحلیلی انجام شد. در انجام پژوهش از چهار ابزار برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد: پرسش‌نامه، مصاحبه با متخصصان مربوطه، مشاهده و بررسی انواع محصولات موجود، و سنجش ابعاد پای ۱۰ کاربر در ۱۰ پارامتر به همراه ویژگی‌های ردپای هر کدام. هدف اصلی از جمع‌آوری اطلاعات، به دست آوردن ابعاد قابل قبول برای طراحی قالب ماهیچه کفش است، چراکه در حال حاضر از استاندارد مشخصی استفاده نمی‌شود.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که آگاهی عمومی از صافی کف پا و محصولات مرتبط با آن پایین است و کاربران از راهکارهای موجود رضایت کافی ندارند. مشاهدات بالینی تأیید کرد که بیشتر مراکز ارتوپدی در ایران بر تولید کفی تمرکز دارند و تمرکز درمان بیشتر بر کنترل علائم و کاهش درد است. با توجه به نیاز مبرم به محصولات بهینه‌تر و اطلاعات ابعادی جمع‌آوری شده، طراحی الگوی کف و سپس قالب ماهیچه کفش مد نظر قرار گرفت و طرح سه‌بعدی نیز مدل‌سازی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این پژوهش بر افزایش پشتیبانی از قوس داخلی پا از طریق طراحی قالب ماهیچه کفش تأکید می‌کند و می‌تواند نقش بسزایی در کاهش عوارض ناشی از صافی کف پا ایفا کند. خروجی نهایی این پژوهش، شامل الگوی کف و قالب ماهیچه کفش است که نشان می‌دهد با انتقال داده‌های آنترپومتر استخراش شده به محیط‌های طراحی مهندسی می‌توان پلتفرمی مناسب برای تولیدکنندگان فراهم کرد و به رضایت مصرف‌کنندگان و ارتقاء سلامت پا دست یافت.

کلید واژه‌ها: قالب ماهیچه کفش، کف پای صاف، الگوی کف پا، ارتوپدی، طراحی

استناد: کافی، شایان؛ کلینی ممقانی، ناصر. طراحی قالب ماهیچه کفش برای مردان با کف پای صاف. مجله ارگونومی، بهار ۱۴۰۵؛ ۱۴(۱): ۱۷-۱

مقدمه

پاها اثر خود را به شکل زنجیروار به مفاصل و اندام‌های بالاتر انتقال می‌دهد. راستای غیرطبیعی پا به طور نظری باعث حرکت غیرطبیعی پا هنگام راه رفتن می‌شود؛ از این رو، بروز ناهنجاری در این ناحیه به لحاظ بیومکانیکی حائز اهمیت است [۲]. با توجه به ساختار آناتومی پا و سطوح اتکای نسبتاً کوچکی که بدن تعادل خود را بر روی آن حفظ می‌کند، کوچکترین تغییرات بیومکانیکی در سطح اتکا بر کنترل وضعیت بدن انسان مؤثر است [۳]. یکی از شایع‌ترین ناهنجاری ناحیه

هر انسان در طول عمر خود به طور میانگین ۱۸۵ هزار کیلومتر راه می‌رود [۱]. راه رفتن، به عنوان یک فعالیت عضلانی مستمر، می‌تواند در شکل‌گیری وضعیت بدنی و ساختار استخوانی به ویژه در سنین رشد مؤثر باشد. علاوه بر این، وضعیت‌های بدنی افراد نیز به گونه‌ای متقابل می‌تواند بر نحوه راه رفتن افراد اثرگذار باشد. از آنجاکه پا، مهم‌ترین عضو تعامل بین بدن انسان و زمین است، ساختار عملکردی پا بر الگوی راه رفتن تأثیر مهمی می‌گذارد، به طوری که هرگونه انحراف در

مهمی داشته باشد. باوجود مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است اطلاعات مناسبی در اختیار جامعه و تولیدکنندگان کفش قرار نگرفته است [۱۱].

گندمکار و همکاران در سال ۱۳۹۳ درمورد استفاده از کفش‌های ناپایدار در مقایسه با کفش‌های معمولی پژوهشی انجام دادند. هدف آنها مقایسه برخی از متغیرهای جذب شوک در دو نوع کفش بود. نتایج نشان داد در کفش‌های ناپایدار افراد دارای صافی کف پا با نیروهای افزایش یافته در بخش‌های شست، داخلی جلوی پا، میانی پا، و پاشنه مواجه هستند. بر همین اساس، استفاده از این کفش‌ها نه تنها شرایط را برای افراد با کف پای صاف مطلوب نساخته است، بلکه می‌تواند شرایط آنان را نیز در بخش‌های مذکور وخیم‌تر کند [۱۱].

پژوهش دیگری نیز توسط بیناباجی و همکاران در سال ۱۳۹۰ انجام شد که هدف از انجام آن، مقایسه پارامترهای کف پایی نظیر فشار ماکزیمم، نرخ بارگذاری در ۱۰ ناحیه کف پا و درصد سطح تماس هنگام راه رفتن است. اطلاعات توسط دستگاه فوت اسکن فشار (RSscan system) جمع‌آوری شد. در این تحقیق به مقایسه پارامترهای کف پایی به‌دست‌آمده از دستگاه فوت اسکن هنگام راه رفتن در نوجوانان مبتلا به کف پای صاف و نرمال پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان داد درصد تماس سه قسمت عقب، وسط، و جلوی پا با زمین در دو گروه کف پای صاف و کف پای معمولی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. همچنین حداکثر فشار وارده در نواحی انگشت شست، انگشتان دوم و پنجم، متاتارسال دوم و سوم، میان پا، و قسمت داخلی پاشنه در افراد با کف پای صاف به‌طور معنی‌داری بیشتر بود [۱۲].

در رابطه با ساختار، جنس، کیفیت و درمجموع طراحی کفش، پژوهشی توسط غنی‌آبادی در سال ۱۳۹۷ با عنوان «تجزیه و تحلیل تأثیر به‌کارگیری سیستم‌های کنترل کیفیت بر رضایت مشتری در صنعت کفش» انجام گرفته است. براساس یافته‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل در جذب، نگهداری، و رضایت مشتری در صنعت کفش استفاده از سیستم‌های کنترل و تضمین کیفیت است. براساس تحقیقات انجام‌شده رضایت خریداران کفش در بازار تهران تحت تأثیر عواملی همچون تضمین کالا، کیفیت، و دوام و استحکام است [۱۳].

قالب ماهیچه کفش درواقع ماکت مصنوعی پا است که به‌عنوان شاخصی از پا برای تولید کفش استفاده می‌شود و کالبدی است که از به‌هم‌پیوستن رویه، زیره، و دیگر اجزای کفش را در ساخت و تولید به‌خوبی حمایت می‌کند [۱۴]. جنس قالب ماهیچه کفش معمولاً از موادی مانند چوب، چدن، و یا پلی‌اتیلن است. قالب ماهیچه کفش، بسته به جنس آن، از بلوکی ساخته شده که با دستگاه CNC تراش و سپس پرداخت می‌شود. ابعاد و اندازه قالب به دستگاه داده شده و طبق همان الگو از همه جهات تراشکاری می‌شود.

البته این نکته قابل توجه است که قالب ماهیچه صرفاً یک ابزار تولید نیست، بلکه عنصر بنیادین در تعیین استایل و راحتی نهایی کفش محسوب می‌شود. هندسه قالب باید به‌گونه‌ای طراحی شود که حجم و ابعاد آن، پیوند مستقیمی با ویژگی‌های آن‌تروپومتری پای کاربر

پا، کف پای صاف است [۴]. صافی کف پا به‌معنی نبود قوس مناسب در یک یا هر دو پای فرد است. در این بیماری به‌دلیل چسبیدن تاندون‌های کف پا، تاندون‌ها کارکرد خود را از دست می‌دهند و به همین دلیل کف پا قوس لازم را ندارد [۵].

صافی کف پا موجب حرکت و فعالیت عضلانی اضافی شده و نه تنها باعث افزایش بار اعمال‌شده بر ساختار پا، بلکه باعث ازبین‌رفتن عملکرد طبیعی پا می‌شود [۶]. قوس کف پا نیروهایی که از طرف زمین به بدن اعمال می‌شود را کاهش داده و اجازه ورود به همه نیروهای وارده را به بدن نمی‌دهد، اما در افراد با کف پای صاف، بیشتر این نیروها به‌دلیل فقدان قوس پا به‌سمت بدن اعمال و باعث بروز عوارض زنجیروار در تمام مفاصل بدن، به‌ویژه زانو و ستون فقرات می‌شود. کف پای صاف می‌تواند موجب خستگی زودرس عضلات شود و عملکرد تحمل وزن پا را مختل کند [۷]. صافی کف پا منجر به مشکلاتی مانند انگشت چکشی، خار پاشنه، التهاب تاندون آشیل، خستگی زود هنگام عضلات در فعالیت‌های ورزشی، احساس درد در ساق، زانو، و لگن و عدم تعادل پا می‌شود [۸]. تاکنون برای درمان و بهینه‌سازی مشکلات ساختاری پا و کف پای صاف وسایل کمکی مختلفی تجویز شده است که از جمله می‌توان به توکشی‌های مختلف و کفش مخصوص اشاره کرد. اگرچه توکشی‌ها به‌طور گسترده برای درمان صافی کف پا تجویز می‌شوند اما تأثیر بیومکانیکی این محصولات هنوز به‌طور کامل روشن نیست [۹].

رهبر و همکاران در سال ۱۳۹۶ برای مطالعه تفاوت تنش و کرنش در راه رفتن در دو کف پای صاف و کف پای نرمال انسان با استفاده از عکس سی‌تی‌اسکن یک مدل با هندسه کاملاً واقعی از کف پاها را شبیه‌سازی کردند. این مدل‌ها توسط حسگر عدد با نرم‌افزار آباکوس تحلیل شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تنش ایجادشده در کف پای نرمال در قسمت متاتارسال و پاشنه تمرکز دارد و قوس کف پا موجب کاهش تنش در کف پا می‌شود. در کف پای صاف تنش‌های وارده به‌صورت گسترده در کف پا ایجاد می‌شود و نبود قوس پا این تنش را به مفاصل بدن منتقل می‌کند و به‌مرور موجب بیماری‌های مفاصلی مانند کمردرد می‌شود [۱۰].

کف پای صاف می‌تواند موجب خستگی زودرس عضلات شود و عملکرد تحمل وزن پا را مختل کند. در پژوهشی درمورد فعالیت ورزشی دانش‌آموزان دبیرستان شاهد ابراهیمی آذر در شهر تهران با کف پای صاف، مشخص شد حدود ۴۰ درصد از جامعه آماری دارای این عارضه بودند که در فعالیت‌های ورزشی کف پای صاف باعث شده بود کارایی لازم را نداشته باشند. چابکی پایین، سایدگی لبه داخلی کفش و شکایت از درد لبه داخلی پا در ساعات تربیت بدنی و همچنین افتادن‌های مکرر هنگام ورزش و نداشتن تعادل کافی در حرکات ورزشی تعادلی در این دانش‌آموزان دیده شده است [۳].

همچنین مطالعات نشان داده است تغییر در طراحی کفش می‌تواند تغییر قابل توجهی در پارامترهای بیومکانیکی پا ایجاد کند. طراحی بهینه کف کفش و دانستن چگونگی توزیع فشار و بار وارده بر زیره کفش می‌تواند در بررسی و درمان بسیاری از آسیب‌ها نقش

عمیق، مشاهده مستقیم و ابعادسنجی (آنتروپومتری) انجام شده است.

گردآوری اطلاعات

در این پژوهش از چهار روش متفاوت برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های موردنیاز استفاده شد. روش اول، طراحی پرسش‌نامه (پیوست ۱) که ۲۶ نفر از کاربران گروه هدف (دارای عارضه کف پای صاف، با میانگین سنی ۲۶/۳ سال، ۵۷ درصد خانم و ۴۳ درصد آقا) به‌صورت دیجیتالی و نسخه کاغذی چاپ‌شده با هماهنگی و حمایت کلینیک‌های ارتوپدی، در اختیار افراد برای پاسخ به سؤالات قرار گرفت.

در روش دوم، مصاحبه با افراد متخصص انجام شد. این مصاحبه با چند پرسشی از قبل آماده آغاز شد و در ادامه به‌صورت آزاد، با توجه به مسیر صحبت و تخصص فرد مقابل، ادامه پیدا کرد. تمامی مصاحبه‌ها ضبط شد و در تمامی صداها ضبط‌شده ابتدا از شخص مورد نظر اجازه ضبط صدا گرفته شد و در نهایت به‌صورت نوشتاری تبدیل شدند. اشخاص متخصصی که مورد مصاحبه قرار گرفتند شامل یک پزشک متخصص ارتوپدی، دو کارشناس ارتوپدی فنی، و سه مسئول فنی بخش ارتوپدی بودند. موضوعات موردبررسی شامل مواردی همچون عارضه‌های محصولات موجود و مورد استفاده، مراحل ساخت محصولات، هزینه‌های درمان و تهیه محصولات، روش درمان و طول دوره درمان بودند.

در روش سوم برای جمع‌آوری بیشتر اطلاعات با حضور مستقیم و مشاهده در پنج کلینیک و مرکز ارتوپدی مرتبط در شهر تهران، انواع کفش‌ها و کفی‌هایی که برای افراد با کف پای صاف در دسترس هستند به‌صورت حضوری و تصویری اطلاعات ثبت و بررسی شد.

در نهایت، روش چهارم سنجش ابعاد و به‌دست‌آوردن شاخص کف پای صاف با نمونه‌گیری از ابعاد مختلف ۱۰ نفر از کاربران هدف انجام شد. جامعه آماری این پژوهش شامل مردان ایرانی در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۵ سال مبتلا به صافی کف پا بود. روش نمونه‌گیری در تمام مراحل به‌صورت «غیراحتمالی هدفمند» (Non-probability Purposive Sampling) انتخاب شد تا اطمینان حاصل شود شرکت‌کنندگان دقیقاً دارای ویژگی‌های آناتومیک مورد نظر باشند.

بخش طراحی

قالب‌های کفش در شاخص‌های مختلف، اندازه‌های متفاوتی دارند که هر تولیدی براساس شاخص آناتومی پای کاربران هدف خود از قالب مشخصی استفاده می‌کنند؛ اما در ایران از شاخص‌های شرکت‌های دیگر خارج از ایران که تطابق با ایرانیان ندارد استفاده می‌شود.

اندازه‌گذاری قالب ماهیچه کفش

ابعاد قالب ماهیچه کفش دقیقاً مشابه ابعاد پا نیست، اما قالب ماهیچه براساس ابعاد پا طراحی می‌شود، که متشکل از چندین سطح و منحنی است. در قالب ماهیچه کفش سه طول اولیه وجود دارد؛

داشته باشد تا علاوه بر تضمین سلامت، از رشد ناصحیح و تغییر شکل‌های آتی پا جلوگیری کند [۱۵]. مطالعات اخیر بر اهمیت انتقال مستقیم داده‌های آنتروپومتری پا به محیط CAD برای طراحی قالب‌های شخصی‌سازی‌شده تأکید دارند تا از توزیع یکنواخت فشار و راحتی اطمینان حاصل شود [۱۵].

تولید انبوه کفش براساس سایندهای استاندارد، اغلب تفاوت‌های آناتومی میان افراد را نادیده می‌گیرند. تحقیقات نشان می‌دهند مصرف‌کنندگان به‌دنبال محصولاتی هستند که علاوه بر زیبایی، با ویژگی‌های بیومکانیک پای آنها تطابق داشته باشد. این امر درمورد افرادی با ناهنجاری‌های پا، فراتر از یک انتخاب و یک ضرورت ارگونومی برای جلوگیری از آسیب‌های مزمن است [۱۶].

با توجه به مسائل مطرح‌شده، هدف پژوهش پیش‌رو دارای دو جنبه است؛ یکی در راستای طراحی کفش برای جامعه هدف خواهد بود، به این معنا که طراحان و تولیدکنندگان با استفاده از این قالب ماهیچه کفش طراحی‌شده می‌توانند محصول نهایی را براساس آناتومی افراد با کف پای صاف ارائه دهند. جنبه دیگر مربوط به عملکرد کفش در برابر مشکلات موجود است که با استفاده از شاخص پای این افراد از فشار و ضربات اضافی واردشده به پا، در مقایسه با کفش‌های معمولی، جلوگیری می‌شود.

برای آناتومی مردان ایرانی دارای کف پای صاف شاخصی برای طراحی در ابعاد و اندازه کفش وجود ندارد؛ به همین خاطر قصد داریم به ابعاد مناسبی برای این افراد دست پیدا کنیم. مهم‌ترین مسائل و چالش‌هایی که درمورد افراد دارای کف پای صاف مطرح هستند، عبارت‌اند از:

الف) از چه دردهایی رنج می‌برند. ب) از چه محصولاتی استفاده می‌کنند. پ) رضایت‌مندی کاربران از استفاده کفش‌های مخصوص برای آنها چقدر است. ت) آیا در کفش‌های مناسب کف پای صاف، شاخص پای این افراد در طراحی و تولید موردتوجه قرار داده شده است یا خیر.

در نهایت اهدافی را که پژوهش حاضر به‌دنبال آن است می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱. طراحی پلتفرمی مناسب برای طراحان و تولیدکنندگان کفش برای افراد با کف پای صاف.
۲. کاهش نیروهای واردشده به کف پا و در نتیجه بهبود درد و فشار واردشده در پا.
۳. جلوگیری از خستگی زودرس هنگام استفاده روزمره و ورزش.
۴. کمک به حفظ تعادل با توجه به تغییرات آناتومی پا.
۵. بالابردن دوام و استحکام در کفش‌های مناسب کف پای صاف.

روش کار

پژوهش حاضر از نظر هدف، یک مطالعه کاربردی-توسعه‌ای است و از نظر ماهیت و روش، در زمره مطالعات توصیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد. این تحقیق با بهره‌گیری از ابزارهای پرسش‌نامه، مصاحبه

می‌آید:

$$L_p = L - r_h + r_a$$

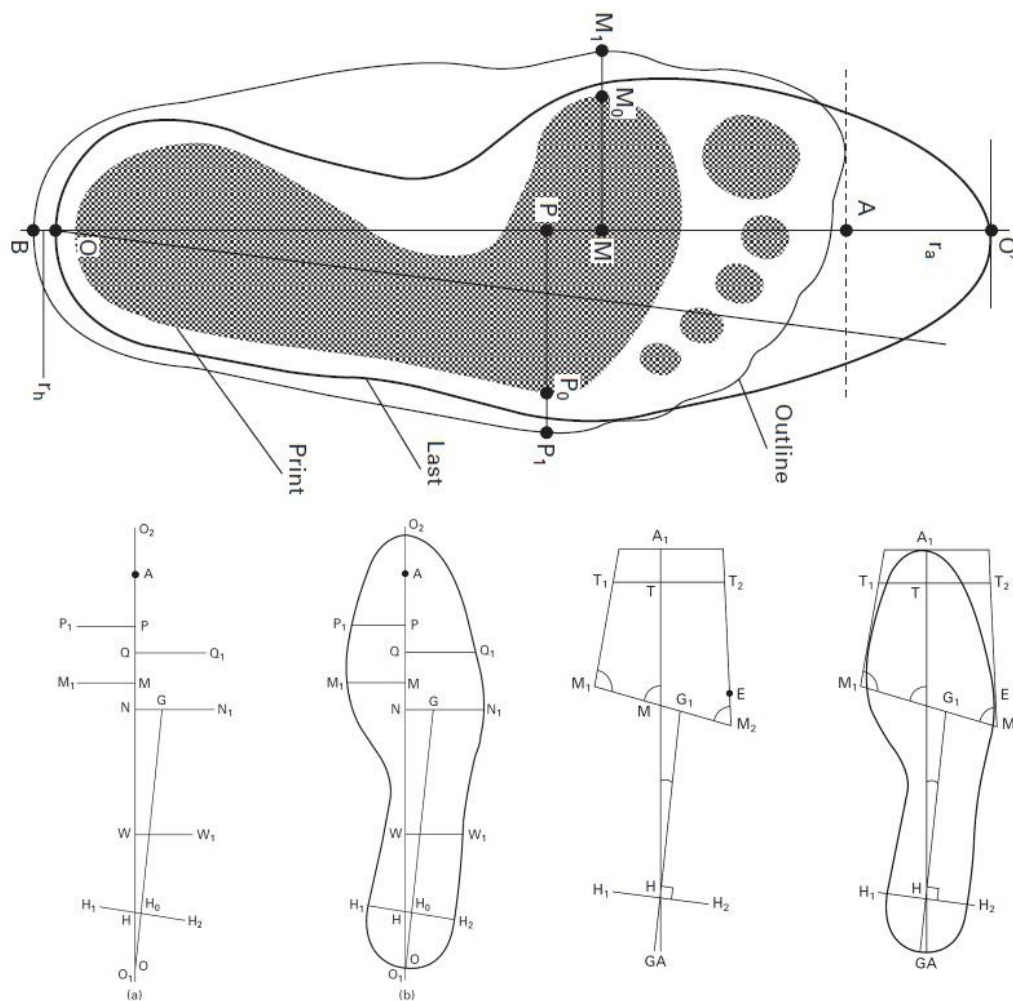
L_p طول کف قالب ماهیچه

r_h فضای اطراف پاشنه

r_a میزان فضای جلوی کفش

طول قالب L_1 ، طول خط مرکزی کف قالب L_c ، و طول کف قالب L_p . طول قالب فاصله مستقیم بین نقطه جلویی و نقطه ماکزیمم منحنی پاشنه، طول خط مرکزی شامل اندازه مستقیم خط مرکزی کف، و طول کف قالب شامل طول منحنی است که برابر با طول الگوی کف است (شکل ۱) [۱۴].

اندازه گذاری الگوی کف براساس طول پا L به صورت زیر به دست



سیستم چینی

سیستم AKA64-WMS

شکل ۱. رابطه طولی پا با قالب ماهیچه کفش و خطوط طراحی الگوی کف در سیستم‌های چینی و AKA64-WMS . Ma و Luximon [۱۴]

برای مردان ۹ است و نمودار روند طراحی از محور طولی شروع می‌شود. برخی از نقاط مشخصه توسط زوایا و فاصله‌های استاندارد تعیین می‌شود و در آخر خط کناری روی این نقاط کشیده می‌شود [۱۴]. سیستم چینی جزئیات زیادی برای داده‌های پا و قالب ماهیچه و روابط بین آنها فراهم می‌کند. مراحل طراحی با روش چینی تقریباً شبیه سیستم AKA64-WMS است. با توجه به یک نمونه با اندازه طول ۲۳۵ میلی‌متر، که اندازه استاندارد چین است، ابعاد دیگر کف مورد بررسی قرار می‌گیرد. مقادیر سری طراحی الگوی کف برای سیستم AKA64-WMS و چین در جدول ۱ نشان داده شده است [۱۴].

روش‌های استاندارد طراحی الگوی کف

هر کشوری استاندارد و رهنمودهایی برای سایزبندی و شماره گذاری قالب کفش دارد. اما طراحی همه قالب ماهیچه‌ها از طراحی الگوی کف شروع می‌شود. دو رهنمود اصلی عمومی و در دسترس برای طراحی قالب ماهیچه وجود دارد که یکی سیستم AKA64-WMS و دیگری سیستم چین هستند. این دو روش خیلی شبیه هم هستند ولی تفاوت جزئی در پارامترها دارند [۱۴]. الگوی کار برای استاد قالب سازی یک سری فاصله‌ها و زوایا است. در سیستم AKA64-WMS سایز قالب برای زنان ۶ و

جدول ۱. پارامترهای طراحی الگوی کف برای سیستم AKA64-WMS و چین. Ma و Luximon [۱۴]

AKA64-WMS system (size 6B)		Chinese system (size 235, width 1.5)	
Parameters	Values	Parameters	Values
AT	231mm	AO	230.2mm
Room around heel	5mm	Room around heel	4.6mm
Ball girth (BG)	204.8mm	Ball girth (BG)	220mm
TA ₁	15mm	AO ₂	16.8mm
AH	38.5mm	O ₁ H	37.7mm
H ₁ H(=HH ₂)	27mm	O ₁ W	91.7mm
T ₂ E	46mm	O ₁ N	144.5mm
M ₁ M	30.7mm	O ₁ M	165.7mm
MM ₂	47mm	O ₁ Q	178.5mm
OM	155mm	O ₁ P	206.7mm
<MHG ₁	6°	H ₁ H ₀ (=H ₀ H ₂)	27.2mm
<TMM ₁	74°	WW ₁	36mm
<T ₁ M ₁ M	96°	NN ₁	47.7mm
<T ₂ M ₂ M	71°	MM ₁	33.8mm
		QQ ₁	45.6mm
		PP ₁	31.1mm



شکل ۲. وسیله اندازه‌گیری ابعاد پا و نمونه رد پای افتاده بر روی شیشه



شکل ۳. تصاویر جمع‌آوری شده در مجموعه‌های مختلف مربوط به درمان کف پای صاف

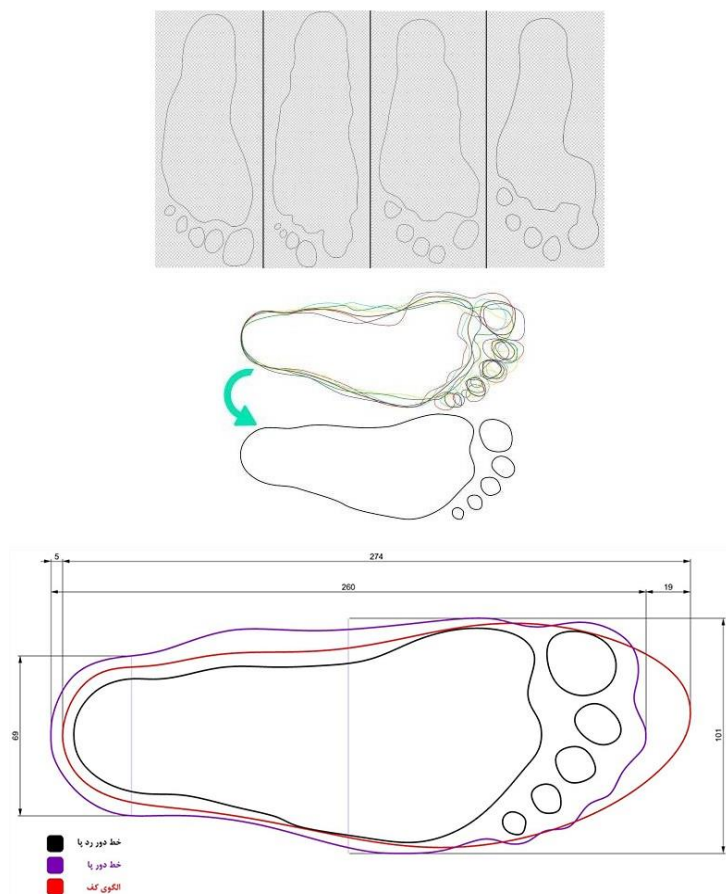
بخش ابعادسنجی

تاکنون در ایران برای کاربران ایرانی با کف پای صاف سنجشی انجام نشده است. به همین خاطر با اقدام مستقیم به اندازه‌گیری چند نمونه از کاربران گروه هدف پرداختیم و در نهایت نسبت ابعادی این افراد با کف پای صاف به دست آمد. به دلیل تغییرات آناتومی پا قبل از بلوغ کامل و در دورهٔ سالخوردگی از کاربران مرد در بازهٔ سنی ۲۰ تا

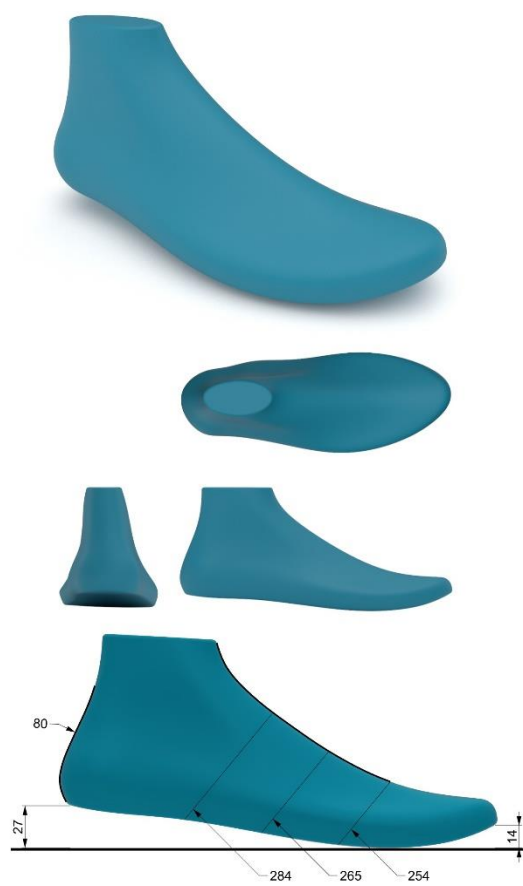
۳۵ سال انتخاب شدند. اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله انجام می‌شود. یکی به سنجش ابعاد ردپای این افراد و دیگری اندازه‌گیری پای افراد که هر کدام از چندین پارامتر تشکیل می‌شوند، پرداخته شد. برای اندازه‌گیری پا از وسیله‌ای مدرج (شکل ۲) و ابزارهای دیگر اندازه‌گیری مانند خط‌کش، گونیا، و متر پارچه‌ای منعطف استفاده شد. از کاربران موردنظر خواسته شد یک‌به‌یک دو پای خود را داخل آن قرار دهند تا ابعاد پای آنها در ۱۰ پارامتر مختلف سنجیده شود (جدول ۲).

جدول ۲. تعریف پارامترهای اندازه‌گیری پا

ردیف	نام پارامتر اندازه‌گیری شده	تعریف
۱	طول پا	فاصله از نوک بلندترین انگشت تا انتهای پاشنه
۲	عرض پا	حداکثر عرض پا در پهن ترین قسمت
۳	ارتفاع پا	فاصله عمودی نقطه محل اتصال روی پا به ساق پا تا کف زمین
۴	عرض پاشنه	حداکثر عرض پاشنه پا از پشت و زیر برآمدگی‌های استخوان‌های قوزک
۵	طول پاشنه	فاصله مرکز برجستگی انگشت شست تا پاشنه
۶	ارتفاع مفصل متاتارسال در انگشت شست	فاصله عمودی مفصل متاتارسال در شست تا کف زمین
۷	فاصله بین دو قوزک	پهنای بین برجستگی‌های استخوان‌های قوزک داخلی و خارجی پا
۸	فاصله افقی بین انگشت کوچک و شست	فاصله افقی بین وسط یا نوک انگشت شست تا لبه خارجی انگشت کوچک
۹	ارتفاع مچ	فاصله عمودی از کف زمین تا سطح حداقل محیط قسمت پایین ساق پا
۱۰	دور مچ	طول دور مچ در بالای قوزک پا



شکل ۴. نمونه‌ای از پروسه استخراج رد پای کاربر هدف و طراحی الگوی کف. واحد اعداد به میلیمتر است



شکل ۵. قالب ماهیچه مدلسازی شده و ابعاد استخراج شده از آن

پرسش‌نامه را ۶ نفر از متخصصان (شامل پزشک ارتوپد و کارشناسان ارتوپدی فنی و متخصصان تولید) بازبینی کردند تا تناسب سؤالات با اهداف تحقیق تأیید شود. همچنین برای بررسی پایایی (Reliability) پرسش‌نامه از نرم‌افزار SPSS و شاخص آلفای کرونباخ استفاده شد. ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰/۷۱۷ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب ابزار تحقیق است.

در پرسش‌نامه طراحی شده مشخص شد افراد دارای کف پای صاف اطلاعات کافی و دقیقی در مورد کف پای صاف و محصولات ارائه شده ندارند. همچنین می‌توان دریافت که رضایت چندان از محصولات مورد استفاده ندارند و دردهایی در نقاط مختلف بدن به واسطه این عارضه در آنها بروز پیدا کرده است. یکی دیگر از نتایج این است که کفش‌های مورد استفاده این افراد سریع تر از معمول خراب می‌شوند (جدول ۳).

برای اندازه‌گیری ابعاد ردپا به این صورت اقدام شد که ابتدا کف پای کاربر مورد نظر چرب شد و سپس روی شیشه ایستاده و ردپای آن روی شیشه ثبت شد (شکل ۲).

یافته‌ها

برای جمع‌آوری اطلاعات از ابزارهای طراحی پرسش‌نامه، مصاحبه با متخصصین و مشاهده استفاده شد.

پرسش‌نامه: برای پرسش‌نامه تعداد ۲۶ نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند. تعیین این حجم نمونه براساس ماهیت اکتشافی تحقیق و در دسترس بودن جامعه هدف صورت گرفت. به منظور اطمینان از روایی محتوایی (Content Validity)،

جدول ۳. نتایج پرسش‌نامه شماره یک

ردیف	سوالات	پاسخ‌های کاربران
۱	آیا از انواع کف پای صاف (انعطاف پذیر و سفت) اطلاعی دارید؟	۱- خیر نشنیده‌ام ۲- تا حدودی اطلاع دارم ۳- بله کاملاً
۲	کف پای صاف شما از چه نوعی است؟	۱- انعطاف پذیر ۲- سفت ۳- نمیدانم
۳	دچار چه دردها یا مشکلاتی به دلیل این عارضه می‌باشید؟ (می‌توانید چند مورد انتخاب کنید)	۱- کمر ۲- زانو ۳- مچ پا ۴- فشار زیاد بر کف پا ۵- خستگی زودرس
۴	آیا تا به حال برای کف پای صاف خود به متخصصی مراجعه کرده‌اید؟	۱- بله، نتیجه هم گرفتم ۲- بله، نتیجه‌ای نگرفتم ۳- بله، به تازگی مراجعه می‌کنم ۴- خیر



مصاحبه: برای مصاحبه ۵ متخصص ارتوپدی و کفش طبی به‌صورت هدفمند و براساس سابقه فعالیت (بالای ۱۰ سال) انتخاب شدند تا اعتبار خوبی در پاسخ‌ها حاصل شود. در جمع‌بندی مصاحبه‌های انجام‌شده می‌توان درمورد درمان این عارضه نتیجه گرفت که پس از حدوداً ۷ تا ۱۰ سالگی، کف پای صاف درمان نمی‌شود و پس از آن کاربران فقط می‌توانند برای جلوگیری از تشدید صافی کف پا و یا تسکین دردها و عارضه‌های آن به متخصصین مراجعه کنند.

مشاهده: در این اقدام به هفت مورد از بهترین مراکز ارائه‌دهنده خدمات و محصولات ارتوپدی (ازجمله برای افراد دارای کف پای صاف) رفتیم و با پرس‌وجو راجع به محصولات و مشاهده و عکس‌برداری از محصولاتشان اطلاعات جمع‌آوری کردیم. با بررسی این اطلاعات مشخص شد که محصولات موردنظر در دو نوع کفی و کفش عرضه می‌شوند. کفی‌های ارائه‌شده توسط اسکن و دستگاه‌های CNC در دو یا سه لایه تولید می‌شوند که کیفیت نسبتاً مناسبی دارند. اما این دقت در تولید کفی در کفش‌های مخصوص دیده نشد. کفش‌ها در عین حال که از جنس نسبتاً خوبی تولید می‌شدند اما

دارای تنوع بسیار کمی در فرم و رنگ بودند. همچنین در تولید کفش‌ها تنها یکی از مراکز از قالب ماهیچه‌ای که به‌صورت تجربی و آزمون و خطا به آن رسیده استفاده می‌کند و اما دیگر مراکز از قالب‌های ماهیچه معمولی استفاده کرده و بیشتر تمرکزشان را روی تولید کفی‌های مناسب برای این افراد گذاشته‌اند (شکل ۳).

ابعادسنجی: در بخش ابعادسنجی، نمونه‌گیری با ۱۰ کاربر هدف انجام شد، این تعداد از میان افراد واجد شرایط برای اندازه‌گیری دقیق ابعادی انتخاب شدند. افراد، مراجعان کلینیک ساخت پروتزهای پزشکی پایا فناوران فردوسی (ازجمله ساخت کفی‌های مناسب کف پای صاف) بودند و از طریق کلینیک با بعضی از بیماران کف پای صاف با رضایت خودشان ارتباط گرفتیم و سنجش ابعاد را انجام دادیم.

با توجه به اینکه هدف این بخش، استخراج ابعادی برای طراحی یک نمونه اولیه و مدل‌سازی سه‌بعدی بود، این تعداد مطابق با مطالعات مشابه پایلوت براساس رویکرد Case-Series در طراحی ارگونومی کفش تعیین شد تا امکان بررسی دقیق متغیرهای ده‌گانه فراهم شود (جدول ۴). همچنین با داشتن تناسب‌های ابعادی هرکدام از کاربران پارامترهای موردنیاز دیگر نیز محاسبه شد (جدول ۵).

جدول ۴. پارامترهای اندازه‌گیری شده نمونه پای کاربران (واحد اعداد به سانتی‌متر است)

ردیف	جنسیت	سن	قد	وزن	سمت پا	طول پا	عرض پا	ارتفاع پا	عرض پاشنه	طول پاشنه	مفصل متاتار سال	فاصله بین دو قوزک	فاصله شست تا انگشت کوچک	ارتفاع مچ	دور مچ
۱	مرد	۲۲	۱۷۲	۵۵	راست	۲۵/۲	۹/۳	۶/۶	۷/۲	۱۷/۸	۳/۵	۷/۹	۷/۶	۷/۵	۲۳/۲
					چپ	۲۵/۳	۹/۷	۶/۲	۷/۲	۱۸	۳/۶	۷/۸	۷/۶	۷/۵	۲۳/۵
۲	مرد	۲۵	۱۸۴	۹۸	راست	۲۷/۱	۱۱/۱	۸/۳	۶/۹	۱۹/۶	۴/۵	۷/۵	۸/۲	۸/۶	۲۵
					چپ	۲۷	۱۰/۴	۸	۶/۸	۱۹/۳	۴/۳	۷/۳	۸/۵	۹/۱	۲۵/۴
۳	مرد	۲۶	۱۸۰	۸۸	راست	۲۶/۳	۱۱	۹	۶/۹	۱۹	۵/۱	۷/۷	۸/۳	۸/۹	۲۴
					چپ	۲۶/۷	۱۰/۸	۸/۳	۶/۹	۱۸/۱	۴/۹	۷/۷	۸/۶	۸/۵	۲۴/۱
۴	مرد	۲۵	۱۷۸	۸۵	راست	۲۶/۱	۹/۶	۸/۹	۶	۱۹/۴	۵/۱	۶/۶	۶/۶	۱۰/۱	۲۴/۸
					چپ	۲۶/۳	۹/۶	۷/۲	۶/۱	۱۸/۵	۵/۳	۷	۶/۷	۸/۳	۲۴/۵
۵	مرد	۲۵	۱۸۵	۹۹	راست	۲۸	۱۰/۶	۸/۴	۲۱	۲۱	۵/۴	۷/۹	۸	۱۰/۵	۲۵/۱
					چپ	۲۸/۷	۱۰/۵	۷/۶	۷/۱	۲۰/۶	۴/۹	۷/۹	۷/۵	۹/۶	۲۵/۶
۶	مرد	۲۰	۱۷۵	۶۸	راست	۲۷/۱	۱۱	۸/۲	۶/۱	۱۹	۵/۱	۷/۷	۸/۴	۱۰/۸	۲۵/۷
					چپ	۲۶/۸	۱۱	۸/۵	۵/۷	۱۸/۶	۵/۱	۷/۲	۸/۲	۱۰	۲۴
۷	مرد	۲۲	۱۸۲	۸۱	راست	۲۶/۸	۱۰/۹	۷/۶	۷	۱۹/۸	۴/۴	۷/۵	۸/۷	۸/۹	۲۵
					چپ	۲۷/۲	۱۱/۲	۷/۶	۷	۲۰	۴/۲	۸/۵	۸/۷	۸/۶	۲۴/۲
۸	مرد	۲۶	۱۷۹	۸۰	راست	۲۷/۳	۱۲	۸/۳	۶/۸	۲۰/۲	۴/۶	۸/۲	۹/۲	۱۱/۷	۲۵/۱
					چپ	۲۷/۳	۱۱/۶	۸/۶	۶/۶	۲۰	۴/۷	۸/۷	۹/۳	۱۱/۲	۲۴/۵
۹	مرد	۳۲	۱۸۳	۹۴	راست	۲۷/۵	۱۰/۱	۷/۹	۱۰/۱	۲۰/۳	۴/۶	۷/۳	۸/۲	۹	۲۴/۷
					چپ	۲۸/۱	۱۰/۱	۸/۷	۹/۲	۲۰/۴	۴/۵	۷	۸/۶	۸/۷	۲۵
۱۰	مرد	۲۳	۱۸۸	۱۱۰	راست	۲۷/۴	۱۰/۱	۸	۸/۳	۲۰/۳	۴/۷	۸/۳	۸	۹/۶	۲۵/۶
					چپ	۲۷/۳	۹/۲	۸/۲	۸/۳	۲۰/۲	۴/۸	۸/۱	۷/۷	۱۰/۱	۲۵/۹
					میانگین	۲۶/۹۸	۱۰/۴۹	۷/۹۶	۷/۱۶	۱۹/۵۱	۴/۶۷	۷/۶۹	۸/۱۳	۹/۳۶	۲۴/۷۵

جدول ۵. پارامترهای محاسبه شده (واحد اعداد به سانتی‌متر است)

ردیف	پارامترها	میانگین	بیشترین MAX	کمترین MIN	انحراف معیار SD	صدک ۵	صدک ۹۵
۱	طول پا	۲۶/۹۷۵	۲۸/۷	۲۵/۲	۰/۸۵۶	۲۵/۲۵	۲۸/۴
۲	عرض پا	۱۰/۴۹	۱۲	۹/۲	۰/۷۶۸	۹/۲۵	۱۱/۸
۳	ارتفاع پا	۷/۹۶	۹	۶/۲	۰/۶۹۸	۶/۴	۸/۹۵
۴	عرض پاشنه	۷/۱۶	۱۰/۱	۵/۷	۱/۰۷۶	۵/۸۵	۹/۶۵
۵	طول پاشنه	۱۹/۵۰۵	۲۱	۱۷/۸	۰/۹۳۴	۱۷/۹	۲۰/۸
۶	ارتفاع مفصل متاتار سال شست	۴/۶۶۵	۵/۴	۳/۵	۰/۵۰۳	۳/۵۵	۵/۳۵
۷	فاصله بین دو قوزک	۷/۶۹	۸/۷	۶/۶	۰/۵۳۲	۶/۸	۸/۶
۸	فاصله شست تا انگشت کوچک	۸/۱۳	۹/۳	۶/۶	۰/۷۰۴	۶/۶۵	۹/۲۵
۹	ارتفاع مچ	۹/۳۶	۱۱/۷	۷/۵	۱/۱۴۴	۷/۵	۱۱/۴۵
۱۰	دور مچ	۲۴/۷۴۵	۲۵/۹	۲۳/۲	۰/۷۴۲	۲۳/۳۵	۲۵/۸

در این پژوهش، از میانگین داده‌ها برای طراحی قالب پایه استفاده شد. طبق متدولوژی Ma و Luximon [۱۴]، طراحی ابتدا روی یک قالب مرجع متمرکز است. در این تحقیق، میانگین ابعاد پای صاف به عنوان مبنای هندسی این قالب مرجع انتخاب شد تا اصول اصلاحی بر روی آن پیاده‌سازی شود.

بالین حال، با توجه به ماهیت پارامتریک طراحی در نرم‌افزار راینو،

این الگو قابلیت مقیاس‌پذیری برای پوشش محدوده صدک ۵ و ۹۵ یا هر ابعاد دیگری را دارد.

بعد از سنجش ابعاد، ردپاهای هر کدام از کاربران نمونه‌گیری شده در نرم‌افزار فتوشاپ به صورت دوبعدی ترسیم شد و جهت نرمالایز کردن نمونه‌ها، همه آنها را با ضربی به یک طول مشخص تبدیل کردیم. با همین روش خط دور پا نیز به دست آمد. در نهایت با

داشتن نمونه فرم دوبعدی کف پا یک میانگین از تمامی نمونه‌ها به‌عنوان نمونه نهایی ردپا ترسیم شد (شکل ۴).

با توجه به اصول تولید کفش، قالب ماهیچه چپ و راست تفاوتی در فرم ندارند و شکل قرینه (Mirror) یکدیگر هستند و همچنین براساس اصول ذکرشده در Ma و Luximon [۱۴] طراحی برای پای چپ قرینه‌سازی می‌شود. به همین خاطر هرکدام از نمونه پای راست یا چپ را به‌عنوان یک پارامتر در اطلاعات خود استفاده کردیم که براین‌اساس، ۲۰ ورودی برای هر بخش داریم.

با توجه به اطلاعاتی که از ابعادسنجی به‌دست آمد، طراحی الگوی کفی که اختصاص به کاربران هدف این پژوهش دارد آغاز شد. طول پای موردنظر را ۲۶ سانتی‌متر در نظر گرفتیم و با استناد به فرمول ارائه‌شده در شکل ۱، مقادیر پارامترهای ابعادی موردنیاز را از سیستم طراحی الگوی کف چینی، استخراج کردیم (جدول ۶). البته به‌دلیل اینکه مورد مطالعه ما کف پای صاف است و با شاخص ابعادی پای معمولی تفاوت دارد نمی‌توان ابعاد دیگر را از این روش به‌دست آورد. به همین دلیل براساس خط دور پا و خط دور ردپا قسمت‌های باقی‌مانده به‌دست آمد و الگوی کف طراحی شد.

جدول ۶. پارامترهای استخراج‌شده از سیستم طراحی الگوی کف چینی (واحد اعداد به میلی‌متر است)

پارامتر	اعداد سیستم چینی
AO	۲۳۰/۲
rh (Room around heel)	۴/۶
ra (AO2)	۱۶/۸
L (rh+AO)	۲۳۴/۸
Lp (AO+ra)	۲۴۷

با توجه به اینکه طول پا (L) در نمونه موردنظر ما ۲۶ سانتی‌متر است تمامی پارامترهای جدول ۶ را با ضریبی تبدیل می‌کنیم.

$$L=260 \text{ mm} \quad rh=5 \text{ mm} \quad ra=19 \text{ mm} \quad Lp=274 \text{ mm}$$

درنهایت، با اطلاعات به‌دست‌آمده، الگوی کف طراحی شد و براساس اندازه‌هایی که از نمونه‌ها گرفتیم، در نرم‌افزار راینو (Rhino 8) قالب ماهیچه را به‌صورت پارامتریک مدل‌سازی کردیم. بعد از مدل‌سازی قالب ماهیچه، پارامترهای دیگری به‌کمک نرم‌افزار Rhino 8 از مدل سه‌بعدی استخراج کردیم که در جدول ۷ همراه با توضیحات آورده شده‌اند (شکل ۵).

جدول ۷. پارامترهای استخراج‌شده از مدل سه‌بعدی (واحد اعداد به میلی‌متر است)

ردیف	نام پارامتر	تعریف	مورد استفاده	عدد استخراج شده
۱	فتر پنجه Toe spring	فاصله عمودی از نقطه نوک پنجه قالب تا سطح افقی زمین	برای ایجاد حالت گهواره‌ای در هنگام راه رفتن (۱)	۱۴ mm
۲	ارتفاع پاشنه Heel height	فاصله عمودی از سطح زمین تا کف پاشنه	تعیین کردن پاشنه دار یا تخت بودن کفش	۲۷ mm
۳	منحنی پاشنه Heel curve	انحنای عمودی پشت پاشنه (از تاندون آشیل تا کف پاشنه)	برای جلوگیری از لغزش پاشنه به سمت بالا و پایین در هنگام راه رفتن	۸۰ mm
۴	دور پنجه Ball grith	محیط دو پهن‌ترین قسمت جلوی قالب (محل قرارگیری مفصل انگشت شست)	نشان‌دهنده پهنای اصلی قالب است	۲۵۴ mm
۵	دور روی پا Instep grith	محیطی که از بالاترین نقطه قوس روی پا عبور می‌کند	برای افراد دارای پای صاف، این ناحیه باید فضای کافی برای قوس‌های فرورفته و اصلاح‌شده داشته باشد	۲۸۴ mm
۶	دور کمر قالب Waist grith	محیط بخش باریکتر قالب، بین پنجه و روی پا	نشان‌دهنده باریک‌ی قالب است (۲)	۲۶۵ mm

(۱) براساس یافته‌های Ma و Luximon [۱۴] فتر پنجه معمولاً بین ۸ تا ۱۵ میلی‌متر برای کفش‌های معمولی است.

(۲) به‌دلیل آناتومی کف پای صاف در قسمت دور کمر قالب فرورفتگی وسط پا وجود ندارد و به همین خاطر نمی‌توان این پارامتر را در این قالب ماهیچه به‌عنوان باریک‌ی قالب در نظر گرفت.

با توجه به پارامترهایی که تا اینجا اندازه‌گیری یا محاسبه شده‌اند پارامترهایی هستند که به‌طور مستقیم در این پژوهش مورد استفاده قرار نگرفته‌اند، مانند دور مچ که در طراحی قالب ماهیچه (که معمولاً به زیر مچ ختم می‌شود) نقش مستقیم ندارند اما برای طراحی رویه کفش در مراحل بعد ضروری هستند. علت اندازه‌گیری این پارامترها، برای مراحل آتی تولید است.

بحث

استفاده از قالب‌های کفش غیراستاندارد و نامناسب می‌تواند منجر به ناراحتی، خستگی و مشکلات اسکلتی-عضلانی برای کاربران شود. همچنین تفاوت‌های آناتومیک پا ایجاب می‌کند که طراحی کفش برای هر جمعیت به‌صورت اختصاصی انجام شود تا راحتی و سلامت

به صورت دستی نیز حذف شود.

نتیجه گیری

در راستای اهداف مشخص شده در این تحقیق ابتدا نیازهای کاربران هدف توسط پرسش نامه شناسایی شدند و سپس با انجام مصاحبه با متخصصان این حوزه اطلاعات و استانداردهای مربوطه بررسی شد. پس از آن، با اندازه گیری ابعادی جدولی تهیه شد و با توجه به داده های به دست آمده الگویی مناسب برای طراحی به دست آوردیم. در نهایت، قالب ماهیچه در نرم افزار به صورت مدل سه بعدی طراحی شد.

به طور کلی، خروجی این پژوهش شامل دو طرح بود که به ترتیب الگوی کف و قالب ماهیچه کفش برای افراد با کف پای صاف بودند. در هر کدام از این دو، عواملی که می توانست باعث ارتقاء محصول شود مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت تا به مرور محصولات مورد نظر توسعه یابند. پیشنهاد می شود از الگوی کف و قالب ماهیچه طراحی شده در این پژوهش برای تولید کفی ها و کفش های مخصوص افراد با کف پای صاف استفاده شود. از الگوی کف طراحی شده در این پژوهش می توان برای ساخت کفی های طبی، که در بسیاری از مراکز توسط اسکنر و دستگاه CNC ساخته می شوند، استفاده کرد تا کفی مناسب شاخص ابعادی افراد با کف پای صاف ارائه شود. همچنین قالب ماهیچه کفش طراحی شده در این پژوهش می تواند در تولید کفش به صورت مستقیم جایگزین قالب های دیگر شود. استفاده از این قالب ماهیچه کفش بر پایه داده های آناتومی افراد با کف پای صاف می تواند به صنعت کفش داخلی کمک کند تا محصولاتی با کیفیت و رقابت پذیر با سطح جهانی تولید کنند که رضایت بیشتر مصرف کنندگان را نیز به همراه داشته باشد. از آنجا که این پژوهش، دارای محدودیت هایی در حجم نمونه و تمرکز بر بازه سنی خاص بود، تعمیم نتایج به کل جامعه آماری باید با احتیاط صورت گیرد، یا از این الگو در پژوهشی جامع تر استفاده شود، و یا می تواند به عنوان یک پایلوت برای طراحی سفارشی نیز پیشنهاد شود. در نهایت، این پژوهش دانش موجود در مورد ویژگی های منحصر به فرد افراد با کف پای صاف را افزایش داد و مبنایی علمی برای طراحی کفشی با شاخص های ارگونومی فراهم آورد.

تشکر و قدردانی

از شرکت تولیدی همراه و تمامی متخصصان محترمشان برای در اختیار قراردادن تجربیات و امکانات قدردانی می کنیم. همچنین، از شرکت پایا فناوران فردوسی و مدیرعامل محترمشان بابت همکاری برای دسترسی به اطلاعات لازم سپاس گزاریم.

تضاد منافع

هیچ تعارض منافعی وجود ندارد.

با تضمین شود. هدف از این مطالعه، ارائه یک رویکرد برای طراحی قالب کفش براساس داده های آناتومی پای افراد با کف پای صاف است. استفاده از قالب های کفش غیر استاندارد منجر به ناراحتی و مشکلات پا می شود. بنابراین، انجام یک مطالعه آنترپومتری برای تعیین ابعاد و ویژگی های خاص پای این گروه جمعیتی ضروری به نظر می رسد. همچنین نتایج پژوهش حاضر در زمینه استخراج ابعاد اختصاصی برای پای صاف، هم سو با رویکرد Mishra و همکاران [۱۵] است که معتقد است برای دستیابی به محصولی ارگونومی باید از مدل های استاندارد فاصله گرفت و به سمت طراحی پارامتریک براساس ناهنجاری های خاص هر فرد حرکت کرد.

در این پژوهش به جمع آوری اطلاعات و سنجش مسائلی که افراد با کف پای صاف در استفاده از کفش ها با آن روبه رو هستند، پرداخته شد و سپس به طراحی الگوی کف برای کف پای صاف ایرانی و در ادامه به طراحی قالب ماهیچه کفش مخصوص به این افراد پرداخته شد تا این طرح پیشنهادی برای محصولات خاص مورد استفاده قرار گیرد؛ مثل کفی و کفش مخصوصی که برای افراد با کف پای صاف طراحی می شود.

این پژوهش به طراحی اختصاصی قالب ماهیچه کفش پرداخته است که با افزایش پشتیبانی قوس داخلی کف پا در طراحی پیشنهادی می تواند نقش مهمی در کاهش عوارض مرتبط با کف پای صاف ایفا کند.

در مجموع، با توجه به تحقیقات و پژوهش های انجام شده می توان دانسته های این پژوهش را در چهار مورد دسته بندی کرد: الف) طراحی کفش بدون داشتن قوس در قسمت داخلی آن، می تواند راحتی بیشتری برای افراد با کف پای صاف داشته باشد. ب) زمانی که رشد استخوانی متوقف شده نیازی به فشار آوردن بر روی پا برای درمان نیست. پ) هنگام استفاده افراد با کف پای صاف از کفش های معمولی، لبه داخلی کفش بیرون می زند که باعث بدشکل شدن و تخریب زود هنگام کفش می شود. ت) مچ پای افراد با کف پای صاف به صورت معمول به داخل زاویه دار هستند و به عبارت دیگر پرونیشن (pronation) در مچ پای این افراد ایجاد می شود.

رویکرد طراحی در این پژوهش مبتنی بر مدل سازی بیومکانیکی بوده که در برخی مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله می تواند دلیل تفاوت در میزان بهبود عملکرد پا در مقایسه با پژوهش های قبلی باشد.

یکی از محدودیت های این پژوهش این بود که به منظور به دست آوردن بانک اطلاعاتی به کلینیک های ارتوپدی و ارتوپد فنی مراجعه شد و اطلاعاتی از قبیل اسکن استاتیک و دینامیک فشار کف پا جمع آوری شد، اما اطلاعاتی از ابعاد یا اسکن سه بعدی در دسترس نبود. با توجه به تعداد کم نمونه، برای ارتقاء و پیشبرد پژوهش می توان از بانک اطلاعاتی موجود در کلینیک هایی که سنجش ابعاد و اسکن سه بعدی پا را دارند برای طراحی مجدد قالب ماهیچه کفش و الگوی کف استفاده کرد. این عمل باعث می شود خطای سنجش ابعاد

حمایت مالی

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول، شایان کافی، در دانشگاه علم و صنعت ایران استخراج شده و هیچ گونه کمک مالی از سازمان های دولتی یا خصوصی دریافت نکرده است.

مشارکت های نویسندگان

مفهوم سازی: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
مدیریت داده ها: شایان کافی
تحلیل: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
جذب سرمایه: غیر کاربردی

تحقیق: شایان کافی

روش شناسی: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
مدیریت پروژه: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
منابع: شایان کافی
نرم افزار: شایان کافی
نظارت: ناصر کلینی ممقانی
اعتبار سنجی: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
تجسم: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی
نوشتن - پیش نویس اصلی: شایان کافی
نگارش - بررسی و ویرایش: شایان کافی، ناصر کلینی ممقانی

REFERENCES

1. Bancroft R, McDonough T, Shakespeare J, Lynas K. Orthotics. Eur Geriatr Med. 2011;2(2):122-5. [DOI: [10.1016/j.eurger.2010.07.006](https://doi.org/10.1016/j.eurger.2010.07.006)]
2. Zifchock RA, Davis I. A comparison of semi-custom and custom foot orthotic devices in high- and low-arched individuals during walking. Clin Biomech (Bristol Avon). 2008; 23(10):1287-93. [DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2008.07.008](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.07.008)] [PMID]
3. Shabani M. Report on the correction of flatfoot anomaly in students of Shahed Ebrahimi Azar Elementary School. 2021. [Link]
4. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. J Foot Ankle Surg. 2005;44(2):78-113. [DOI: [10.1053/j.jfas.2004.12.001](https://doi.org/10.1053/j.jfas.2004.12.001)] [PMID]
5. Niavaran Clinic. Flat feet [Internet]. [cited 2025 Aug 8]. Available from: [Link]
6. Levinger P, Murley GS, Barton CJ, Cotchett MP, McSweeney SR, Menz HB. A comparison of foot kinematics in people with normal- and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. Gait Posture. 2010;32(4):519-23. [DOI: [10.1016/j.gaitpost.2010.07.013](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.013)]
7. Dortaj E, Alizadeh MH, Abbasi H, Shirzad Iraqi E. The effect of fatigue on spatiotemporal parameters of walking in individuals with flexible and normal flatfoot. 2020;12(27):17-34. [DOI: [10.22089/smj.2020.8394.1415](https://doi.org/10.22089/smj.2020.8394.1415)]
8. Farokhipour M. Comparison of the long-term and immediate effects of using medical insoles in individuals with flatfoot. 2022. [Link]
9. Chen YC, Lou SZ, Huang CY, Su FC. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. Clin Biomech (Bristol Avon). 2010;25(3):265-70. [DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2009.11.007](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.11.007)] [PMID]
10. Rahbar K, Ghiasvand MS. Analysis and comparison of healthy and flat feet during walking using the finite element method. 2017. [Link]
11. Gandomkar E, Gandomkar A, Eslami M. The effect of shoe type on shock absorption in girls with flat feet during walking. 2014;6(16):95-106. [DOI: [20.1001.1.23221658.1393.6.16.6.1](https://doi.org/10.1001.1.23221658.1393.6.16.6.1)]
12. Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangouei, Y. A Comparison of Plantar Parameters in Children with Normal and Flat-arched during Walking Using a Footscan System. The 6th National Conference of Iranian Physical Education and Sport Sciences; 15-16 December, 2011; Tehran, Iran.
13. Ghani Abadi M. Analysis of the impact of implementing quality control systems on customer satisfaction in the footwear industry. 2018. [Link]
14. Ma X, Luximon A. Design and manufacture of shoe lasts. In: Luximon A, editor. Handbook of Footwear Design and Manufacture. Cambridge: Woodhead Publishing; 2013. p. 177-96. [DOI: [10.1533/9780857098795.3.177](https://doi.org/10.1533/9780857098795.3.177)]
15. Mishra MK, Abtey MA, Bruniaux P. Customization of shoe last based on 3D design process with adjustable 3D ease allowance for better comfort and design. Int J Adv Manuf Technol. 2022. [DOI: [10.1007/s00170-022-10427-5](https://doi.org/10.1007/s00170-022-10427-5)]
16. Zhang Y, Luximon A. Shoe-last design for mass-customized footwear. In: Handbook of Footwear Design and Manufacture. Woodhead Publishing; 2013. p. 236-53. [DOI: [10.1533/9780857098795.3.236](https://doi.org/10.1533/9780857098795.3.236)]

پیوست ۱. نمونه پرسش نامه

به نام خدا

نام و نام خانوادگی: سرسین رحیمی سن: ۱۸ شغل: کارمند
شماره تماس (اختیاری): _____

۱- آیا از انواع کف پای صاف (انعطاف پذیر و سفت) اطلاعی دارید؟

- (۱) خیر نشنیده ام
- (۲) تا حدودی ✓
- (۳) بله کاملاً

۲- کف پای صاف شما از چه نوعی است؟

- (۱) انعطاف پذیر
- (۲) سفت
- (۳) نمیدانم ✓

۳- دچار چه درد یا مشکلاتی به دلیل این عارضه می باشید؟ (می توانید چند گزینه را انتخاب کنید)

- (۱) کمر
- (۲) زانو
- (۳) مچ پا
- (۴) فشار زیاد بر کف پا
- (۵) خستگی زودرس ✓

۴- آیا تا به حال برای کف پای صاف خود به متخصصی مراجعه کرده اید؟

- (۱) بله، قبلاً مراجعه کردم و نتیجه هم گرفتم
- (۲) بله، قبلاً مراجعه کردم اما نتیجه ای نگرفتم
- (۳) بله، به تازگی مراجعه می کنم ✓
- (۴) خیر

۵- آیا کفش هایی که استفاده می کنید سریع تر از معمول خراب می شوند؟

- (۱) بله، به طور آزار دهنده سریع خراب می شوند
- (۲) بله، بعضاً زود خراب می شوند
- (۳) خیر ✓

۶- آیا از کفش های خاصی برای کف پای صاف خود استفاده می کنید؟

- (۱) خیر، نمیدانم کفش مناسبی وجود دارد
- (۲) خیر، به دلیل هزینه بالای آن ها استفاده نمی کنم
- (۳) خیر، به دلیل ظاهر ناخوشایند استفاده نمی کنم ✓
- (۴) بله، مجبور به استفاده از آن ها هستم در حالی که تمایلی ندارم
- (۵) بله، کفش های مناسبی هستند ✓

۷- آیا از کفی های خاصی به دلیل کف پای صاف خود استفاده می کنید؟

- (۱) خیر، نمیدانم کفی مناسبی وجود دارد
- (۲) خیر، به دلیل هزینه بالای آن ها استفاده نمی کنم
- (۳) بله، مجبور به استفاده از آن ها هستم در حالی که تمایلی ندارم
- (۴) بله، کفی های مناسبی هستند ✓