Sport. Med. Stud, 2025, 16(39): 89-105. https://doi.org/10.22089/smj.2026.18316.1822.

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Article Type: Research

Electromyographic Activity of Selected Lower Limb Muscles in Basketball Players with Ankle Sprains With and Without Silicone Insoles

Shirin Yazdani [*1], Atefeh Rahbar Ghanaati[1]

1.Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: 03/08/2025, Accepted: 09/04/2026, Published: 11/04/2026

* Corresponding Author, Shirin Yazdani, E-mail: sh_yazdani@tabrizu.ac.ir.

How to Cite: Yazdani S., Rahbar A. Electromyographic Activity of Selected Lower Limb Muscles in Basketball Players with Ankle Sprains With and Without Silicone Insoles. Studies in Sport Medicine, 2026; 18(47): 89-105. https://doi.org/10.22089/smj.2026.18316.1822.

Extended Abstract

Background and Purpose

Lower body and ankle injuries account for approximately 20% of all sports-related injuries (1). These types of injuries are particularly common in sports that involve running, cutting, and sudden changes in direction. Indoor activities and sports, such as basketball, with their high jumping and landing rates, are associated with a high rate of ankle injuries. In fact, the repetitive nature of takeoffs and landings on hard court surfaces places significant mechanical stress on the ankle joint. One of the most common injuries in basketball is ankle sprains, which affect athletes' performance by causing pain, instability, reduced range of motion, and time lost from training and competition. The collateral ligaments of the ankle passively support the ankle joint, and the collateral ligament complex is critical for ankle stability (2). These ligaments prevent excessive inversion and eversion movements, and when overstretched or torn, they compromise joint integrity. Given the high incidence of ankle sprains, numerous preventive and rehabilitation interventions exist (3). These include balance training, proprioceptive exercises, strength conditioning, and bracing techniques. External ankle supports and medial foot orthoses are used to improve postural control (4). Such devices aim to enhance sensory feedback and mechanical restraint. Based on the high prevalence of ankle injuries in basketball and the impact of these injuries on athletes' performance, the present study aims to investigate the effectiveness of silicone insoles on the electromyographic activity of selected lower limb muscles in

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

professional female basketball players with ankle sprains as a preventive and rehabilitative strategy.

Methods

The statistical population of the present study consisted of 10 female professional basketball players aged 18–25 years with ankle sprains in Tabriz city. The inclusion criteria for the study included grade 1 (chronic) ankle sprain within the past year, a playing history of at least four years, and having at least two regular basketball training sessions per week. The exclusion criteria included previous musculoskeletal surgery in the lower extremities, acute ligament or meniscus injuries of the knee within the past year, and pain in the lower extremities at the time of assessment. The electrical activities of the rectus femoris, biceps femoris, lateral gastrocnemius, and tibialis anterior were recorded using an electromyography device (LIV WIRELESS model, manufactured by Liv Intelligent Technology Company) and bipolar gel surface electrodes. After determining the exact location of the electrodes, the skin of the subjects was prepared according to the SENIAM protocol. The surface electrodes, with a center-to-center distance of 20 mm, were placed parallel to the muscle fibers at the desired electrode locations. The electrical activity of selected muscles was recorded during a vertical jump test simulating a rebound jump without and with the silicone insole. The subjects performed the jump and landing movement three times in each condition. One minute of rest was allowed between each repetition. The collected signals were processed using the LIV wireless EMG software and filtered with a 10–350 Hz bandpass filter. A 50 Hz notch filter was also used to remove noise from the city electricity. Then, the RMS of the signals was obtained, and the mean of three repetitions was used for statistical analysis. The data were analyzed using SPSS version 26 software and repeated-measures analysis of variance at a significance level of 0.05. The Shapiro–Wilk test was used to examine the normality of the data.

Results

According to the results of the Shapiro–Wilk test, the data were normally distributed; therefore, the parametric test of repeated-measures analysis of variance was used to analyze the data. The results regarding the intensity of electrical activity of the muscles in the two conditions showed that significant differences existed between the activity of the rectus femoris ($p = 0.04$), biceps femoris ($p = 0.046$), and gastrocnemius medialis ($p = 0.011$) muscles in the conditions with and without the insole, and the use of the silicone insole caused a decrease in muscle activity. However, no difference was observed between the activity of the tibialis anterior muscle in the two conditions ($p > 0.05$), and the use of the insole had no significant effect on the activity of the tibialis anterior muscle. Also, factor analysis showed that, overall, a significant difference existed between the intensity of muscle activity in the conditions with and without silicone insoles ($p = 0.009$, $F = 15.11$). The pattern of change in the intensity of activity of the rectus femoris, biceps femoris, lateral gastrocnemius, and anterior tibialis muscles differed in the orthotic condition, and a significant interaction effect was observed between the two factors of muscle and orthosis ($p = 0.02$, $F = 3.82$).

Conclusion

The use of silicone insoles induced lower muscle activity in basketball players with ankle sprains. Evidence suggests that silicone insoles improve proprioception and load distribution, supporting their role in injury prevention and rehabilitation. Also, the use of silicone insoles in

these athletes likely reduced the number of motor units involved in dynamic balance control. It also compensates for the weakness of the muscles and ligaments around the ankle joint by improving the loading pattern of the lower limb. These findings are especially important for basketball players, because they are exposed to high-intensity repetitive movements that can aggravate existing injuries or cause new ones.

Keywords: Silicone Insoles, Ankle Sprain, Electromyography

Article Message

Sprains can lead to impaired lower limb muscle function, altered neuromuscular control, modified movement patterns, and a significantly increased risk of repetitive or secondary injuries. Maintaining ankle joint integrity and mechanical stability during rapid, multidirectional changes in basketball is essential to stabilize the ankle joint against sprains (2) and maintain proper posture during repetitive jumping and landing actions (5). The consistent use of silicone insoles effectively reduces excessive muscle activity, decreases direct mechanical stress on the ankle joint, and promotes faster, more efficient motor recovery in both clinical patients and competitive athletes. Therefore, these insoles can serve as a valuable practical guide for physical therapists and basketball players in preventing sports injuries, selecting appropriate therapeutic and preventive interventions, and facilitating a quicker, safer return to the court.

Conflict of Interest

The authors have no financial or non-financial conflicts of interest related to this research.

Ethical Considerations

The present research protocol was approved by the Research Ethics Committee of the University of Tabriz with the ethics code IR.TABRIZU.REC.1404.002.

Authors' Contributions

The authors participated equally in the analysis and interpretation of the data and in writing the final version of the article and approved the final content.

Acknowledgements

We would like to express our sincere gratitude to all the volunteers who participated and cooperated sincerely in carrying out this research.

مطالعات طب ورزشی، بهار ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۴۷، صص ۱۰۵-۸۹. https://doi.org/10.22089/smj.2026.18316.1822

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

فعالیت الکترومیوگرافی عضلات منتخب اندام تحتانی بسکتبالیست‌های دارای اسپرین مچ پا با و بدون کفی سیلیکونی

شیرین یزدانی [۱*]، عاطفه رهبرقناعتی [۱]

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۲۲

*نویسنده مسئول: شیرین یزدانی، E-mail: sh_yazdani@tabrizu.ac.ir.

How to Cite: Yazdani S., Rahbar A. Electromyographic Activity of Selected Lower Limb Muscles in Basketball Players with Ankle Sprains With and Without Silicone Insoles. Studies in Sport Medicine, 2026; 18(47): 89-105. https://doi.org/10.22089/smj.2026.18316.1822.

چکیده

بسکتبالیست‌ها به دلیل پرش‌ها و تغییر جهت‌های ناگهانی، مستعد پیچ‌خوردگی مچ پا هستند. این آسیب سبب ضعف و اختلال در کنترل عضلات اطراف مچ پا می‌شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ارتز پا (کفی سیلیکونی) بر فعالیت الکترومیوگرافی عضلات منتخب اندام تحتانی بسکتبالیست‌های زن حرفه‌ای دارای پیچ‌خوردگی مچ پا بود. تعداد ۱۰ نفر از بسکتبالیست‌های زن جوان دارای آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا نمونه آماری این مطالعه را تشکیل دادند که به روش نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شدند. فعالیت الکتریکی عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی توسط دستگاه الکترومیوگرافی و الکترودهای سطحی ژله‌ای دوقطبی، در حرکت پرش عمودی در دو حالت بدون ارتز و با کفی سیلیکونی بررسی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و روش آماری ANOVA ویژه داده‌های تکراری تحلیل شدند. نتایج نشان داد که بین فعالیت عضلات راست‌رانی (P=۰/۰۴)، دوسررانی (P=۰/۰۴۶) و دوقلوی خارجی (P=۰/۰۱۱) در شرایط با و بدون کفی تفاوت معناداری وجود داشت و استفاده از کفی سیلیکونی باعث کاهش فعالیت عضلات شد. استفاده از کفی سیلیکونی می‌تواند سبب کاهش فعالیت عضلات اندام تحتانی شود؛ بنابراین استفاده از کفی سیلکونی می‌تواند راهنمای مناسبی برای درمانگران و بسکتبالیست‌ها در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، انتخاب نوع مداخله درمانی و برگشت سریع آن‌ها به میادین ورزشی باشد.

واژگان کلیدی: کفی سیلیکونی، پیچ‌خوردگی مچ پا، الکترومیوگرافی.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

فعالیت‌ها و ورزش‌های داخل سالن مثل بسکتبال و والیبال با نرخ پرش و فرود بالا، منجر به میزان زیاد آسیب مچ پا می‌شوند. یکی از شایع‌ترین آسیب‌های رایج در رشته بسکتبال، پیچ‌خوردگی مچ پا است که بر ورزشکاران تأثیر می‌گذارد (۱). دلیل اصلی این آسیب، مانورهای پرش و فرود در بازی‌های بسکتبال است که نیازمند هماهنگی اندام فوقانی، اندام تحتانی، تنه، جذب نیروهای اعمال‌شده بر بدن و حفظ ثبات مفاصل ران، زانو و مچ پا در حین حرکت است (۲). رباط‌های جانبی مچ پا به طور غیرفعال از مفصل مچ پا حمایت می‌کنند و کمپلکس رباط جانبی برای ثبات پیچ‌خوردگی پا بسیار مهم است (۳).

با توجه به وقوع مکرر پیچ‌خوردگی مچ پا و افزایش فعالیت‌های زمینه‌ای عضلات ساق پا (۴)، اقدامات پیشگیرانه و توان‌بخشی متعددی وجود دارد (۵). تکیه‌گاه‌های خارجی مچ پا و ارتزهای داخلی پا معمولاً برای بهبود کنترل وضعیتی استفاده می‌شوند (۶). با توجه به اینکه حس عمقی گیرنده‌های مکانیکی برای ورزشکاران بسیار مهم است، مطالعات گذشته در طول حرکات مرتبط با ورزش نشان داده‌اند که کفی‌های بافت‌دار می‌توانند حفظ تعادل و ثبات پویا را بهبود بخشند (۷). بیش از ۵۰ درصد از بسکتبالیست‌ها از کفی‌های حمایت قوس داخلی در بازی استفاده می‌کنند. از نظر بیومکانیکی کفی‌های نگهدارنده قوس، ناحیه تماس و فشار کف‌پا را در قوس طولی داخلی پا افزایش می‌دهند. این کار باعث می‌شود سطح بیشتری از پوست کف پا در تماس فعال با کفی قرار گیرد و گیرنده‌های حسی کف پا بیشتر تحریک شوند (۸) که باعث کاهش فشار کف پایی و افزایش هماهنگی و حس عمقی مفصل مچپا در داخل کفش و بهبود کنترل وضعیت در طول حرکت می‌شوند (۹).

در این باره وانگ و لام[1] در مطالعه خود نشان دادند، استفاده از کفی در کفش بسکتبالیست‌ها می‌تواند بر حفظ ثبات مچ پا از طریق ارائه بازخورد حسی بهبود یافته کمک کند (۶). دوار و آرنولد[2] در مطالعه خود با هدف بررسی تأثیر سه نوع ارتز مچ پا بر کاهش پیچ‌خوردگی مچ پا به‌ویژه در تمرین ریباندینگ بسکتبال، نشان دادند همه ارتزها در مقایسه با حالت بدون ارتز، احتمال پیچ‌خوردگی مچپا را کاهش می‌دهند (۱۰). در پژوهش یانگی[3] و همکاران که با هدف تحلیل اثرات سفتی کفی بر ثبات پوسچرال بازیکنان بسکتبال در هنگام فرود انجام دادند، نشان داده شد که شاخص ثبات میانی جانبی (MLSI[4]) کف پا، هنگام پوشیدن کفی‌های نرم و سفت در مقایسه با وضعیت بدون‌کفی کمتر است (۱۱). حدادی و همکاران نیز مطالعه‌ای با هدف مقایسه تأثیر هم‌زمان ارتز مچپا و کفی قالب‌گیری‌شده سفارشی بر کنترل پاسچر استاتیک و پویا دربیماران مبتلا به ناپایداری مچ پا (CAI[5])، روی فورس پلیت انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در هر دو ارزیابی استاتیک و دینامیک بیماران CAI، وضعیت کنترل پاسچر متفاوتی در مقایسه با افراد سالم داشتند (۸). علاوه بر این، ارتزهای پا تغییرات حادی در مکانیک مچ پا (۱۲)، زانو و ران ایجاد می‌کنند و صدمات کمتری را در پی دارند (۱۳). بسیاری از محققان بر این باورند که یکی از اجزای اصلی مکانیک اندام تحتانی، نقش پا در تعیین الگوی بارگذاری اندام تحتانی و فعالیت

1. Wang & Lam
2. Dewar & Arnold
3. Yunqi
4. Medial Lateral Stability Index
5. Chronic Ankle Instability

عضلات در فرود است (۱۴). پوشیدن کفی در هنگام فرود، باعث کاهش انحراف مچ پا، والگوس زانو و کاهش بارگذاری می‌شود. در برخی تحقیقات نیز اثر استفاده از کفی بر فعالیت عضلات در انواع ناهنجاری‌های زانو، مچ و کف‌پا (۲۳-۱۴) و در افراد سالم (۲۰۱-۸) بررسی شده است. در برخی از این مطالعات مشخص شده است که استفاده از کفی سبب افزایش فرکانس عضلات راست‌رانی و پهن میانی می‌شود (۱۷). در مطالعه دیگر، مبینی و عنبریان نشان دادند که فعالیت عضلات منتخب پایین‌تنه در حالت با ارتز نسبت به حالت بدون ارتز کاهش می‌یابد (۱۹). در همین راستا، نتایج مطالعه دوار و آرنولد نیز نشان‌دهنده کاهش فعالیت الکتریکی عضله نازک‌نی هنگام استفاده از ارتز بر مچ پای غالب درمقایسه با وضعیت بدون ارتز بود (۲۱).

در مطالعه لو[1] و همکاران نیز مشخص شد کفی‌های ساخته‌شده با پارچه اسپیسر می‌توانند الگوهای تخلیه فشار مختلفی در سرتاسر کف پا ایجاد کنند و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات پایین‌تنه در حین چرخش را کاهش دهند (۲۰)، اما نتایج مطالعه بدیهیان و همکاران حاکی از افزایش میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات تیبیالیس قدامی و پرونئوس لانگوس و میزان فعالیت فیدبکی تمامی عضلات تیبیالیس قدامی، پرونئوس لانگوس، گاستروکنمیوس داخلی و سولئوس در وضعیت با کفی طبی نسبت به وضعیت بدون کفی در حین تکلیف پرش-فرود تک‌پا بود (۱۴). در زمینه اثر درازمدت استفاده از کفی بر فعالیت عضلات، اسماعیلی و همکاران پس از شش ماه استفاده از کفی طبی، کاهش فعالیت عضله دوقلوی داخلی، ساقی‌قدامی و نعلی را در زیر فاز میداستنس[2] گزارش کردند (۱۵)؛ در حالی که برغمدی و ایمانی نشان دادند که فعالیت عضلات دوقلوی داخلی و دوسررانی در گروه پای پرونیت بعد از چهار هفته استفاده از کفی در مقایسه با پیش‌آزمون طی فرود افزایش معناداری داشت (۱۶).

الکترومیوگرافی (EMG[3]) به‌عنوان ابزاری دقیق و قابل‌اعتماد، امکان بررسی فعالیت عضلات را فراهم می‌کند و می‌تواند تغییرات در الگو و شدت فعالیت عضلات را در پاسخ به مداخلات مختلف، مانند استفاده از کفی‌ها را ارزیابی کند؛ با این حال، مطالعات انجام‌شده در زمینه اثر استفاده از کفی سیلیکونی بر فعالیت الکتریکی عضلات بسیار محدود است و در این زمینه اتفاق‌نظر وجود ندارد. آزمودنی‌های مطالعه‌شده، عضلات موردبررسی، حوزه استخراج سیگنال‌های الکترومیوگرافی، وظیفه حرکتی مدنظر و نوع ارتز یا کفی را می‌توان دلیل همخوانی نداشتن نتایج برخی مطالعات با یکدیگر دانست. همچنین با وجود میزان آسیب زیاد اسپرین مچ‌پا در رشته بسکتبال، هنوز اثر کفی به‌ویژه کفی سیلیکونی بر فعالیت EMG عضلات مختلف اندام تحتانی در این افراد ناشناخته است. شناخت بهتر مکانیسم اثر استفاده از این نوع کفی می‌تواند درمانگران و بسکتبالیست‌ها را در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، انتخاب نوع مداخله درمانی و برگشت سریع آن‌ها به میادین، رهنمون مناسبی باشد؛ بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر کفی سیلیکونی بر فعالیت الکترومیوگرافی عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی زنان بسکتبالیست در عملکرد پرش عمودی (شبیه‌ساز پرش برای ریباند توپ)

1. Lo
2. Midstance
3. Electromyography

انجام گرفت. فرضیه تحقیق این بود که استفاده از کفی‌های سیلیکونی منجر به تغییر معنادار در فعالیت الکترومیوگرافی عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی زنان بسکتبالیست در حین پرش عمودی می‌شود.

روش پژوهش

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. تعداد ۱۰ بسکتبالیست زن حاضر در لیگ استانی دارای اسپرین مچ پای شهر تبریز با دامنه سنی ۱۸-۲۵ سال به صورت نمونه‌گیری دردسترس انتخاب و به طور داوطلبانه وارد تحقیق شدند. برای تعیین حجم نمونه از نرم‌افزار G* Power استفاده شد (با اندازه اثر ۰/۵۰، توان آزمون ۰/۹۵ و خطای نوع اول ۰/۰۵ تعداد ۱۰ نفر کافی بود). معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از: سابقه پیچ‌خوردگی درجه ۱ (مزمن) مچ پا در یک سال گذشته؛ سابقه بازی حداقل چهار سال؛ داشتن حداقل دو جلسه تمرینی منظم بسکتبال در هفته. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل سابقه جراحی قبلی اسکلتی‌عضلانی در اندام تحتانی، صدمات حاد لیگامانی یا مینیسک زانو در یک سال گذشته و درد در اندام تحتانی در زمان ارزیابی بود. گزینش افراد براساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق، درقالب یک پرسش‌نامه و پرونده پزشکی افراد (MRI مچ پا) صورت گرفت (۲۲). قبل از اجرای پژوهش، پروتکل تحقیق به آزمودنی‌ها توضیح داده شد و از آن‌ها رضایت کتبی مبنی بر شرکت داوطلبانه در تحقیق اخذ شد. فعالیت الکتریکی عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی توسط دستگاه الکترومیوگرافی مدل LIV WIRELESS ساخته‌شده توسط Liv Intelligent Technology Company و الکترودهای سطحی ژله‌ای دوقطبی مارک SKINTACT، ثبت شدند؛ بدین صورت که پس از تعیین محل دقیق الکترودها، پوست آزمودنی‌ها براساس پروتکل SENIAM[1] آماده شد و محل آن‌ها با استفاده از ژیلت اصلاح و با پد الکلی سطح پوست آن‌ها کاملاً پاک شد تا سلول‌های مرده سطح پوست زدوده شود. سپس الکترودهای سطحی به موازات تارهای عضلانی در محل عضلات مدنظر با فاصله مرکز تا مرکز ۲۰ میلی‌متر بدین شرح قرار داده شدند: الکترود عضله راست‌رانی در وسط خارخاصره تا کشکک (۲۰)، الکترود عضله دو سررانی در میانه مسیر خطی که برجستگی نشیمنگاهی را به کندیل خارجی زانو متصل می‌کند (۲۳)، الکترود عضله ساقی‌قدامی در یک‌سوم خط بین نوک نازک‌نی و نوک مالئول داخلی، الکترود عضله دوقلویی خارجی در یک‌سوم فوقانی خط متصل‌کننده پاشنه به سر استخوان فیبولا با شروع از تاندون آشیل (۲۹،۳۰) و الکترود مرجع هر عضله روی قسمت استخوانی مفصل زانو قرار گرفتند. الکترودها روی عضلات اندام غالب افراد نصب شده و توسط چسب ضد حساسیت ثابت شدند تا از حرکت الکترودها روی پوست و بروز نویز ناشی از آن جلوگیری شود.

در مرحله اجرای آزمون، قبل از اعمال متغیر مستقل (کفی سیلیکونی)، تست پیش‌آزمون که پرش عمودی شبیه‌ساز پرش ریباند است، گرفته شد. در این تست فرد تلاش می‌کرد تا در حالت ایستاده حداکثر پرش عمودی خود را انجام دهد (۲۴). پروتکل پرش شامل اجرای پرش عمودی حداکثری با هدف لمس یک نشانگر بصری در ارتفاعی متناسب با حداکثر توانایی پرش برای هر فرد بود. از هر شرکت‌کننده سه تکرار با ۶۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار انجام شد. پس از وقفه کوتاه، کفی در کفش آزمودنی اعمال شد و از فرد خواسته شد که تست دوم را هنگام اعمال کفی اجرا کند. کفی به‌کاررفته در تحقیق از

1. Surface EMG for A Non-Invasive Assessment of Muscles

جنس سیلیکون نرم با حمایت قوس‌های کف پایی بود (شکل ۲). از میانگین داده‌های سه پرش معتبر برای تحلیل‌های بعدی استفاده شد.

شکل ۱- کفی سیلیکونی

Figure 1- Silicone insole

آزمودنی‌ها در هر وضعیت، سه بار حرکت پرش و فرود را انجام دادند. برای از بین بردن تأثیرات خستگی، بین هرتکرار دو دقیقه استراحت اعمال شد. سیگنال‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار LIV wireless EMG پردازش و با فیلتر میان گذر ۳۵۰ -۱۰ هرتز فیلتر شدند. برای حذف نویز ناشی از برق شهری نیز از فیلتر ناچ ۵۰ هرتز استفاده شد. سپس RMS[1] سیگنال‌ها محاسبه و میانگین RMS سه تکرار برای تحلیل نهایی داده‌ها استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و روش‌آماری تحلیل واریانس ویژه داده‌های تکراری[2]در سطح معناداری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها نیز از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد.

نتایج

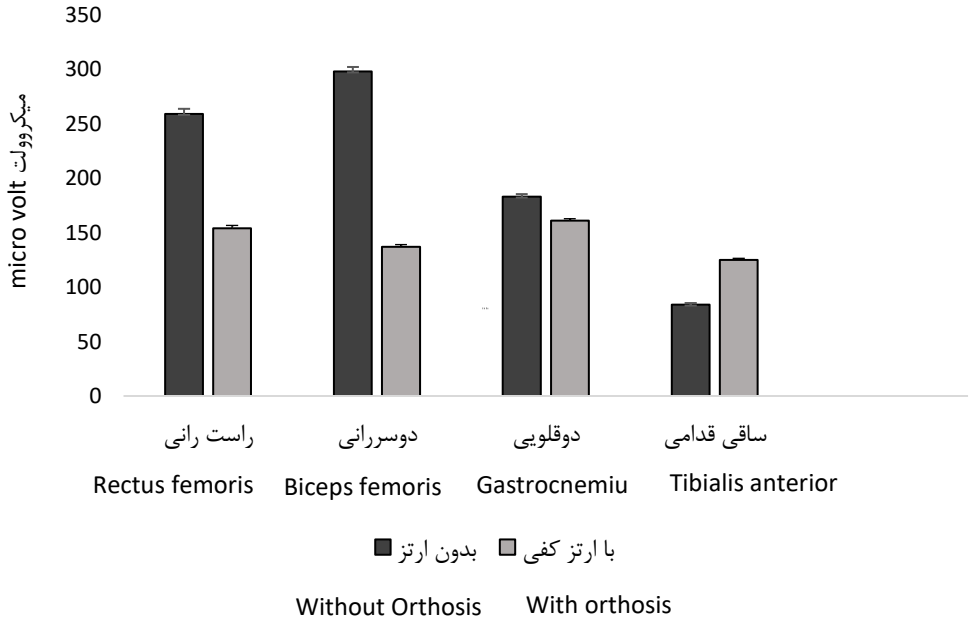
با توجه به نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، داده‌ها از توزیع نرمالی برخوردار بودند؛ بنابراین از آزمون پارامتری تحلیل واریانس ویژه داده‌های تکراری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج مربوط به شدت فعالیت الکتریکی عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی در دو حالت با و بدون کفی، در جدول (۱) نشان داده شده است. همان طور که در جدول مشاهده می‌شود، بین فعالیت عضلات راست‌رانی (P=۰/۰۴)، دوسررانی (P=۰/۰۴۶) و دوقلوی خارجی (P=۰/۰۱۱) در شرایط با و بدون کفی، تفاوت معناداری وجود داشت و استفاده از کفی سیلیکونی باعث کاهش فعالیت عضلات شد، اما بین فعالیت عضله ساقی‌قدامی در دو حالت، تفاوت معنادار وجود نداشت (P>۰/۰۵) و استفاده از کفی اثر معناداری بر فعالیت عضله ساقی‌قدامی نداشت.

1. Root Mean Square
2. Univariate Repeated Measures MANOVA

جدول ۱- شدت فعالیت عضلات در دو حالت با و بدون کفی سیلیکونی

Table 1- Muscle activity intensity in two conditions with and without silicone insoles

عضله ساقی‌قدامی **Tibialis anterior**	عضله دوقلوی خارجی **External gastrocnemius**	عضله دوسررانی **Biceps femoris**	عضله راست‌رانی **Rectus femoris**	متغیر **Variable**
84.11 ± 1.44	200.7 ± 2.31	298.5 ± 4.09	259.9 ± 4.55	**بدون ارتز کفی without insole orthosis**
125.4 ± 1.27	183.4 ± 1.72	137.1 ± 1.89	154.2 ± 2.59	**با ارتز کفی With insole orthosis**
0.513	10.16	5.380	5.735	**F-Value**
0.492	0.011	0.046	0.04	**P-Value**
0.06	0.46	0.38	0.39	**Partial Eta Squared**



شکل ۲- مقایسه شدت فعالیت الکتریکی عضلات در دو وضعیت

Figure 2- Comparison of the intensity of muscle electrical activity in two conditions

در مقایسه شدت فعالیت الکتریکی عضلات در دو وضعیت (شکل ۳)، نتایج تحلیل عاملی نشان داد که بدون در نظر گرفتن اثر سایر عوامل، به طور کلی بین شدت فعالیت عضلات در وضعیت با و بدون کفی سیلیکونی تفاوت معناداری وجود داشت (F=۱۱/۱۵ ،P=۰/۰۰۹).

شکل ۳- مقایسه الگوی شدت فعالیت الکتریکی عضلات در دو وضعیت

Figure 3- Comparison of the intensity pattern of muscle electrical activity in two conditions

الگوی تغییر شدت فعالیت عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلوی خارجی و ساقی‌قدامی در شرایط ارتزی متفاوت بود و تأثیر متقابل معناداری بین دو عامل عضله و ارتز مشاهده شد (F=۳/۸۲ ،P=۰/۰۲)؛ به طوری که استفاده از ارتز فعالیت عضلات راست‌رانی و دوسررانی را بیشتر کاهش داد؛ در حالی که تغییر آنچنانی در عضلات ساقی‌قدامی و دوقلو ایجاد نکرد؛ یعنی هر عضله به طور منحصربه فردی به ارتزها واکنش نشان می‌دهد و تفاوت در الگوها ثابت می‌کند که ارتزها به صورت یکنواخت بر همه عضلات تأثیر ندارد و هر عضله پاسخ خاص خود را دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر کفی سیلیکونی بر الگو و شدت فعالیت عضلات منتخب پایین‌تنه بسکتبالیست‌های دارای اسپرین مچ پا بود. نتایج نشان داد که بین فعالیت عضلات راست‌رانی، دوسررانی و دوقلوی خارجی در شرایط با و بدون کفی

سیلیکونی تفاوت معناداری وجود دارد و استفاده از کفی سیلیکونی باعث کاهش فعالیت عضلات مورد مطالعه شده است. همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، صدیقی و همکاران در زمینه فعالیت EMG در افراد دارای اسپرین مچ پا نشان دادند فعالیت الکترومیوگرافی عضلات راست‌رانی و دوقلوی خارجی حین دویدن روی تردمیل در وضعیت با کفی نرم، کاهش پیدا کرد (۱۸). اسماعیلی و عنبریان نیز در پژوهش خود با هدف تعیین اثر طولانی‌مدت استفاده ازکفی طبی بر میزان فعالیت عضلات ساق افراد دارای کف پای صاف حین راه رفتن به این نتیجه رسیدند که پس از شش ماه استفاده از کفی طبی، فعالیت عضله دوقلوی داخلی، ساقی‌قدامی و نعلی در فاز مید استنس به طور معناداری کاهش یافت (۱۵)، اما برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر، بدیهیان و همکاران در بررسی اثر کفی طبی بر فعالیت الکترومیوگرافی عضلات اندام تحتانی افراد دارای کف پای صاف در هنگام فرود نشان دادند که فعالیت عضلات ساقی‌قدامی و دوقلوی داخلی در وضعیت با کفی بیشتر از وضعیت بدون کفی بود (۱۴). در پژوهش علیزاده و جعفرنژاد نیز با هدف بررسی اثر استفاده آنی از کفی پرونیت بر فرکانس فعالیت عضلات در افراد مبتلا به بازسازی رباط صلیبی قدامی، مشخص شد که فرکانس فعالیت الکتریکی عضله راست‌رانی در هنگام استفاده از کفی افزایش پیدا کرد (۱۷) که با یافته‌های مطالعه حاضر ناهمسو بود. علت همخوانی نداشتن نتایج حاضر با نتایج تحقیقات قبل را می‌توان به مواردی همچون بررسی سیگنال‌ها در حوزه‌های دیگر نظیر فرکانس، متفاوت بودن نوع کفی‌ها، آزمون استفاده‌شده و نوع آزمودنی‌ها نسبت داد.

پیچ‌خوردگی مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی در رشته بسکتبال است که شامل پرش‌ها، تغییر جهت‌های ناگهانی و حرکات سریع است. پیچ‌خوردگی می‌تواند منجر به اختلال در عملکرد عضلات اندام تحتانی، تغییر الگوهای حرکتی و افزایش خطر آسیب‌های مکرر شود (۲۶، ۲۵). از سوی دیگر، در این ورزشکاران، تکنیک فرود اشتباه، قرار گرفتن در وضعیت‌های نادرست ورزشی (۲۸، ۲۷) و ضعف عملکرد عضلات اصلی در هنگام فرود، از مکانیسم‌های شایع بروز پیچ‌خوردگی مچ پا، به‌خصوص در زنان محسوب می‌شود (۳۰، ۲۹). بسکتبالیست‌های مبتلا به پیچ‌خوردگی مچ پا، اغلب فعال‌سازی بیش از حد عضلات پرونئال را به‌عنوان یک مکانیسم محافظتی برای تثبیت مفصل مچ پا نشان می‌دهند. در چنین افرادی، تأخیر در زمان واکنش عضلات قدام و جانب ساق پا می‌تواند بدین معنا باشد که عضلات در زمان اینورژن های ناگهانی قادر به حمایت کافی از مفصل مچ پا نیستند (۳۱) و این مسئله خطر بروز آسیب اسپرین اینورژن را افزایش می‌دهد (۳۲). بهبودی ناقص یا نبود توان‌بخشی مناسب بعد از اسپرین مچ پا ممکن است باعث ایجاد ناهنجاری‌های اسکلتی، کاهش پایداری مفصل و تغییر در توزیع فشار (۳۳) بر عضلات و مفاصل شود. این عوامل نه‌تنها عملکرد ورزشی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، بلکه ممکن است به آسیب‌های ثانویه نیز منجر شوند.

براساس این مفروضات، حفظ یکپارچگی مفصل مچ پا در طول تغییرات چندجهته در بسکتبال، تثبیت مفصل جانبی مچ پا در برابر پیچ‌خوردگی (۲۵) و حفظ پوسچر در شرایط دینامیک پرش و فرود (۳۴) ضروری به نظر می‌رسد. در این میان، استفاده از ارتز های حمایتی (۴۱) مانند کفی‌های سیلیکونی به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی و کم هزینه برای بهبود عملکرد و کاهش فشار بر ساختار اندام تحتانی آسیب‌دیده مدنظر قرار می‌گیرد. کفی‌ها یکی از مداخلاتی هستند که به طور مستقیم روی پا اثر دارند و ممکن است محور مکانیکی اندام تحتانی را تغییر دهند و حتی باعث ایجاد زنجیره‌ای از تغییر شکل و

انحطاط مفاصل اندام تحتانی و حتی ستون فقرات شوند (۳۶). اساساً کفی‌های طبی در راه رفتن روزمره برای بهبود تحرک‌پذیری یا به‌عنوان ابزاری به‌منظور بازتوانی الگوهای حرکتی بیماران و ورزشکاران استفاده می‌شوند (۳۸، ۳۷). عضلات راست‌رانی، دوسررانی، دوقلو و تیبیالیس قدامی نقش اساسی در کاهش سرعت حرکت و کنترل پا در هنگام فرود دارند که اغلب در ورزشکاران با سابقه اسپرین مچ پا دچار اختلال می‌شوند (۳۹). کفی‌های سیلیکونی با جذب ضربه و توزیع متعادل نیرو در کف پا، فشار واردشده بر کف پا را کاهش می‌دهند (۴۱، ۴۰). علاوه بر این، این کفی‌ها ممکن است با بهبود الگوهای حرکتی و افزایش پایداری، نقش مؤثری در بازگشت سریع‌تر ورزشکاران به سطح عملکرد مطلوب داشته باشند (۳۷). همچنین با حمایت قوس‌های کف پایی می‌توانند به کاهش استرس بر مفصل مچ پا و زانو (۴۱) و عضلات اطراف آن کمک کرده و تغییراتی را در الگوی کینماتیکی و کینتیکی حرکت ایجاد کنند (۱۱). همان طور که در این مطالعه مشاهده شد، استفاده از کفی‌های سیلیکونی در کفش بسکتبالیست‌های دارای اسپرین مچ پا، به طور معناداری باعث کاهش فعالیت الکتریکی عضلات نسبت به حالت بدون کفی شد. کاهش فعالیت الکتریکی این عضلات نشان می‌دهد که کفی‌های سیلیکونی ممکن است به بازگرداندن عملکرد دینامیکی مناسب، بهبود پایداری و افزایش کنترل بر حرکات دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا و کاهش خطر آسیب‌های مکرر کمک کند (۳۹). همچنین نشان‌دهنده تأثیر مثبت کفی‌های سیلیکونی بر کنترل نوروماسکولار و مکانیک حرکتی در حین فعالیت‌های خاص بسکتبال است (۳۶)؛ البته وجود تأثیر متقابل بین عامل عضله و کفی بیانگر این نکته می‌تواند باشد که کفی سیلیکونی پاسخ یکسان و یکنواخت در همه عضلات ایجاد نکرده و هر عضله به طور منحصربه‌فردی به حضور کفی واکنش نشان داده است. کفی سیلیکونی با جذب ضربه و ارائه حمایت از قوس پا، نیاز به فعالیت بیش از حد عضله دوقلوی خارجی را برای ثبات، کم می‌کند. همچنین کفی با تنظیم وضعیت پا، زنجیره حرکتی را تا مفصل زانو و ران تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و باعث می‌شود عضلات راست‌رانی و دوسررانی با شدت کمتری در طول پرش فعال شوند. این یافته به درک ما از چگونگی تأثیرگذاری یک ارتز ساده مانند کفی سیلیکونی بر کل زنجیره حرکتی پا، از مچ پا تا ران، عمق می‌بخشد.

احتمالاً استفاده از کفی سیلیکونی در این ورزشکاران باعث شده است تا عضلات برای کنترل تعادل با شدت کمتری فعال شوند و تعداد واحدهای حرکتی درگیر برای کنترل تعادل پویا کاهش پیدا کند. این موضوع به‌ویژه برای بسکتبالیست‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا آن‌ها درمعرض حرکات تکراری با شدت زیاد هستند که می‌تواند آسیب‌های موجود را تشدید کند یا منجر به آسیب‌های جدید شود. مطالعه حاضر نشان داد که به طور کلی بین شدت فعالیت عضلات در وضعیت با و بدون کفی تفاوت معناداری وجود دارد و استفاده از کفی سیلیکونی باعث کاهش فعالیت عضلات شده است؛ به طوری که کفی سیلیکونی سبب انجام تلاش کمتر عضلات برای حفظ تعادل و کنترل پوسچر بدنی افراد شده است. همچنین ضعف عضلات و لیگامنت های اطراف مفصل مچ پا را با بهبود الگوی بارگزاری اندام تحتانی، جبران می‌کند.

یافته‌های حاضر می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای طراحی برنامه‌های توان‌بخشی و پیشگیری از آسیب‌های مچ پا در ورزشکاران استفاده شود؛ با این حال، انجام مطالعات بیشتر با جامعه آماری وسیع‌تر و دوره‌های پیگیری طولانی‌تر برای تأیید این نتایج و بررسی اثرات بلندمدت استفاده از کفی سیلیکونی در نمونه‌های غیر ورزشی مانند سالمندان توصیه می‌شود. پژوهش حاضر

تنها اثر استفاده از یک نوع مشخص کفی سیلیکونی (با طراحی، ضخامت و جنس خاص) را بر فعالیت الکتریکی عضلات منتخب سطحی (مانند تیبیالیس قدامی، دوقلو، راست‌رانی و دوسررانی) را اندازه‌گیری می‌کند و فعالیت عضلات عمقی مانند عضلات ثبات‌دهنده مچ پا) را پوشش نمی‌دهد؛ بنابراین نتایج ممکن است برای سایر طراحی‌های کفی (مانند کفی‌های ژلی یا سفارشی) و عضلات عمقی متفاوت باشد و نمی‌توان نتایج را به همه انواع کفی و همه عضلات اندام تحتانی تعمیم داد. همچنین این مطالعه روی بسکتبالیست‌های زن در رده سنی ۱۸ تا ۲۵ ساله انجام شد؛ بنابراین تعمیم نتایج به سایر گروه‌های جنسیتی و سنی باید با احتیاط صورت گیرد. همچنین یک ملاحظه روش‌شناختی در این مطالعه، استفاده از مقادیر خام EMG بود. این رویکرد برای مقایسه‌های درون‌گروهی که هدف اصلی این تحقیق بود معتبر است، اما مقادیر مطلق دامنه سیگنال را نمی‌توان به طور مستقیم با مطالعاتی که از پروتکل‌های نرمال‌سازی متفاوت (مانند MVIC) استفاده کرده‌اند، مقایسه کرد.

پیام مقاله

استفاده از کفی سیلیکونی سبب کاهش فعالیت عضلات، کاهش استرس‌های واردشده بر مفصل مچ پا و بازتوانی الگوهای حرکتی بیماران و ورزشکاران می‌شود؛ بنابراین استفاده از این نوع کفی می‌تواند راهنمای مناسبی برای درمانگران و بسکتبالیست‌ها در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، انتخاب نوع مداخله درمانی و برگشت سریع آن‌ها به میادین باشد.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل تحقیق حاضر با شناسه اخلاق IR.TABRIZU.REC.۱۴۰۴.۰۰۲ در کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه تبریز تصویب شد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تحلیل و تفسیر داده ها و نگارش نسخه نهایی مقاله مشارکتی یکسان داشته و محتوای نهایی را تایید کرده اند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تضاد منافع مالی یا غیرمالی مرتبط با این پژوهش، ندارند.

تشکر و قدردانی

از تمامی داوطلبانی که در اجرای این پژوهش حضور و همکاری صمیمانه داشتند، تشکر و قدردانی فراوان می‌شود.

منابع

1- Abbasi F, Bahramizadeh M, Hadadi M. Comparison of the effect of foot orthoses on star excursion balance test performance in patients with chronic ankle instability. Prosthetics and OrthoticsInternational. 2019;43(1):6-11. DOI:10.1177/0309364618792718

2- Yalfani A, Raeisi Z. The effect of different landing techniques on electromyography (EMG) activity of selected lower extremity muscles before and after fatigue in female athletes. Sport Sciences and Health Research. 2016 Oct 22;8(2):159-74. [In Persian]. DOI:10.22059/JSMED.2017.61460

3- Williams JD. A novel design of an ankle brace to stabilize the anterior talofibular ligament during activity [Master's thesis]. Mercer University; 2023. DOI: www.proquest.com/openview/25

4- Mills K, Blanch P, Vicenzino B. Identifying clinically meaningful tools for measuring comfort perception of footwear. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2010;42(10):1966-71. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181dbacc8

5- Stacoff A, Kramers-de Quervain I, Dettwyler M, Wolf P, List R, Ukelo T, Stüssi E. Biomechanical effects of foot orthoses during walking. The Foot. 2007 Sep 1;17(3):143-53. DOI: 10.1016/j.foot.2007.02.004

6- Wang Y, Lam WK, Cheung CH, Leung AK. Effect of red arch-support insoles on subjective comfort and movement biomechanics in various landing heights. International journal of environmental research and public health. 2020 Apr;17(7):2476. DOI:10.3390/ijerph17072476

7- Stacoff A, Steger J, Stüssi E. Lateral stability in sideward cutting movements. Journal of Biomechanics. 1994.27(6):690. DOI:10.1097/00005768-199603000-00010

8- Hadadi M, Abbasi F. Comparison of the effect of the combined mechanism ankle support on static and dynamic postural control of chronic ankle instability patients. Foot & Ankle International. 2019;40(6):702-9. DOI:10.1177/1071100719833993

9- Jamali A, Forghany S, Bapirzadeh K, Nester C. The effect of three different insoles on ankle movement variability during walking in athletes with functional ankle instability. Advanced Biomedical Research. 2019 Jan 1;8(1):42. DOI:10.4103/abr.abr_69_19

10- Dewar RA, Arnold GP, Wang W, Drew TS, Abboud RJ. Comparison of 3 ankle braces in reducing ankle inversion in a basketball rebounding task. The Foot. 2019 Jun 1;39:129-35. DOI: 10.1016/j.foot.2019.05.007

11- Tang Y, Guo X, Wang X, Qin L, Zou L, Li L, et al. Does insole hardness affect the dynamic postural stability of basketball athletes during jump landing? Revista de Pielarie Incaltaminte. 2022;22:1. DOI: 10.24264/lfj.22.1.2

12- Kang S, Kim J, Kim Y, Moon J, Kim HJ & Kim SJ. Application of smart insoles in assessing dynamic stability in patients with chronic ankle instability: a comparative study. Sensors. 2025;25(3):646. DOI: 10.3390/s25030646

13- McKay GD, Goldie PA, Payne WR & Oakes BW. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. British Journal of Sports Medicine. 2001;35(2):103-8. DOI: 10.1136/bjsm.35.2.103

14- Badihian MR, Minoonejad H, Seydi F. The effect of medical insoles on the pattern and amount of electromyographic activity of selected ankle muscles in university athletes with flat feet during single-leg landing jumps. 2017. [In Persian]. DOI: 912154596d2c696

15- Esmaili H, Anbarian M, Salari Askar F, Sanjari MA. The long-term effect of medical insoles on the activity of leg muscles in people with flat feet during walking. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 2014;19(1):88-98. [In Persian].
DOI: 10.22102/19.1.88

16- Barghamadi M, Imani F, et al . Comparison of the immediate and long-term effects of Arch Support on the electrical activity of muscles during landing in the three-step shot technique in handball players with pronated feet. Journal of Medical Sciences Studies. 2023;34(8):438-49. [In Persian].
DOI: 10.61186/umj.34.8.438

17- Alizadeh R, Jafarnejadgroo A, Khezri D. The effect of immediate use of anti-pronitis insoles on muscle activity frequency in people with anterior cruciate ligament reconstruction and pronitis foot during running (original article). Journal of Ardabil University of Medical Sciences. 2023;23(3):238-50. [In Persian].
DOI: 10.22034/IJRN.10.4.1

18- Sedighi A & Anbarian M. The effect of insole stiffness on the electromyographic activity pattern of selected lower limb muscles during treadmill running. Scientific Journal System. 2020;18(20):47-35. [In Persian].
DOI: https://jsmt.khu.ac.ir/article

19- Mobini F, Anbarian M, Ghazaleh L. Effect of ankle brace on the activity and co-contraction of ankle muscles during single-leg landing. Iranian Rehabilitation Journal. 2019;17(1):17-22. DOI: 10.32598/irj.17.1.17

20- Lo WT, Lo WT, Wong DP, Yick KL, Ng SP & Yip J. Effects of custom-made textile insoles on plantar pressure distribution and lower limb EMG activity during turning. Journal of Foot and Ankle Research. 2016;9:1-13.
DOI: 10.1186/s13047-016-0154-5

21- Dewar RA, Arnold GP, Wang W, Drew TS & Abboud RJ. The effects of wearing an Ankle Stabilizing Orthosis (ASO) Ankle Brace on ankle joints kinetics and kinematics during a basketball rebounding task. The Foot. 2019;40:34-8.
DOI: 10.1016/j.foot.2019.05.003

22- Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F & Wikstrom E. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2013:43(8):585-91.
DOI: 10.2519/jospt.2013.0303

23- Yazdani SH, Elhami M. The effect of dual motor task on electromyographic activity of lower limb and trunk muscles in patients with cerebral palsy and healthy individuals during walking. Journal of Medical Sciences Studies. 2021;31(11):836-46. [In Persian].
DOI: umj.umsu.ac.ir/article-1-5124-fa.html

24- Minounejad H, Pourmahmoudian P. Comparison of gluteus Medius electromyography activity in female and male athletes during single-leg and double-leg drop jump skills. Research in Sports Rehabilitation. 2016;4(8):101–15.
DOI: 10.22084/rsr.2017.6264.1105

25- Farzami A, Sadeghi H, Fatahi A. Effect of taping on feedforward activity of the non-dominant leg muscles in elite volleyball players with chronic ankle instability during a single-leg jump-landing task. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023;12(2):396-413.
DOI: 10.32598/SJRM.12.2.14

26- Bagehorn T. Footwear characteristics and ankle sprain risk in indoor and court sports. 2024. DOI: 10.54337/aau746920959
27- Bhaskaran D, Wortley M, Chen Q, Milner CE, Fitzhugh EC & Zhang S. Effect of a combined inversion and plantarflexion surface on ankle kinematics and EMG activities in landing. Journal of Sport and Health Science. 2015;4(4):377-83.
DOI: 10.1016/j.jshs.2014.10.005
28- Lam W-K, Ng WX, Kong PW. Influence of shoe midsole hardness on plantar pressure distribution in four basketball-related movements. Research in Sports Medicine. 2017;25(1):37-47.
DOI:10.1080/15438627.2016.1258643
29- Perry SD, Radtke A, McIlroy WE, Fernie GR & Maki BE. Efficacy and effectiveness of a balance-enhancing insole. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2008;63(6):595-602.
DOI: 10.1093/gerona/63.6.595
30- Beynnon BD, Renström PA, Alosa DM, Baumhauer JF & Vacek PM. Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes. Journal of Orthopaedic Research, 2001;19(2):213-20.
DOI: 10.1016/S0736-0266(00)90004-4
31- Khaliliyan H, Ansari M, Bahramizadeh M, Sharafatvaziri A, Ghafari F & Karimi MT. Postural stability efficacy of textured shoe inserts for ankle instability patients: a systematic review. Advances in Medicine, Psychology, and Public Health. 2025;2(1):8-18.
DOI: 10.5281/zenodo.11374172
32- Kernozek T, Durall CJ, Friske A & Mussallem M. Ankle bracing, plantar-flexion angle, and ankle muscle latencies during inversion stress in healthy participants. Journal of Athletic Training. 2008;43(1):37-43.
DOI: 1062-6050-43-1-37
33- Petrović I, Amiridis IG, Holobar A, Trypidakis G, Sahinis C, Kannas T & Enoka RM. Alternating or bilateral exercise training does not influence force control during single-leg submaximal contractions with the dorsiflexors. Journal of Sports Science & Medicine. 2023;22(2):245.
DOI: 10.52082/jssm.2023.245
34- Sacco IC, Gomes AA, Otuzi ME, Pripas D & Onodera AN. A method for better positioning bipolar electrodes for lower limb EMG recordings during dynamic contractions. Journal of Neuroscience Methods. 2009;180(1):133-37.
DOI: 10.1016/j.jneumeth.2009.02.017
35- Moisan G, Mainville C, Descarreaux M & Cantin V. Effects of foot orthoses on walking and jump landing biomechanics of individuals with chronic ankle instability. Physical Therapy in Sport. 2019;40:53-8.
DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.08.009
36- Du W, Guo Y, Wang C, Cui W, Chen W & Li X. Biomechanical response of lower limb joints to lateral wedge insoles. Scientific Reports. 2024;14(1):107.
DOI: 1598-023-50693-1
37- Ferris D, Sawicki G, Domingo A. Powered lower limb orthoses for gait rehabilitation. Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation. 2005;11(2):34-49.
DOI: 10.1310/6gl4-um7x-519h-9jyd

38- Kao P-Ch, Ferris DP. Motor adaptation during dorsiflexion-assisted walking with a powered orthosis. Gait & Posture. 2009;29(2):230-6.
DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.08.014

39- Hu Z, Zhang Y, Dong T, Dong M, Kim S & Kim Y. Gender differences in neuromuscular control during the preparation phase of single-leg landing task in badminton. Journal of Clinical Medicine. 2023;12(9):3296.
DOI: 10.3390/jcm12093296

40- Hähni M, Hirschmüller A, Baur H. The effect of foot orthoses with forefoot cushioning or metatarsal pad on forefoot peak plantar pressure in running. Journal of Foot and Ankle Research. 2016;9:1-8.
DOI: 10.1186/s13047-016-0176-z

41- Hashemi A, Rostami M & Jamshidi N. The effect of off_loading insoles for control of knee meniscus tear. Modares Mechanical Engineering. 2024;24(4):239-49.
DOI: 10.48311/MME.24.4.239