Research in Sport Medicine and Technology, Volume 19 - Issue 22 / 2021

Research in Sport Medicine and Technology
Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

Electrical Activity of Selected Shank Muscles When Using Minimalist Shoes during Single-Leg Landing Task

Seyed abdolali Hosseini [1] | **Mahboube Alemzadeh** *[2] | **Mehrdad Anbarian** [3] | **Safoura ghasemi** [4]

1. Master of Science, Sport Biomechanic, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
3. Professor, Department of Sport Biomechanics, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
4. Assistant Professor of Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.

Corresponding Author: Mahboube Alemzadeh, alemzadeh@basu.ac.ir

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 08 July 2020
Revised: 05 August 2020
Accepted: 17 August 2020

Keywords:
Minimalist Shoes, Landing, Electromyography, Pre-Activity Phase, Eccentric Phase

How to Cite:
Hosseini S A, Alemzadeh M, Anbarian M, ghasemi S. Electrical Activity of Selected Shank Muscles When Using Minimalist Shoes during Single-Leg Landing Task. *Research in Sport Medicine and Technology*, 2021: 9(22): 152-164.

ABSTRACT

Nowadays, light and minimal shoes have been used by athletes in various types of sports activities in order to be in a position close to barefoot position. But its effect on the electrical activity of the shank muscles is not well understood. Therefore, the aim of this study was to investigate the electrical activity of selected shank muscles when using minimalist shoes, normal shoes and barefoot during single-leg landing. For this purpose, 15 healthy boys with a mean age of 23.53± 2.64 years who had no history of any abnormalities participated in this study. Electromyographic variables of tibialis anterior, peroneus longus, peroneus brevis, gastrocnemius medialis, gastrocnemius lateralis and soleus muscles of subjects' superior legs were examined in two phases; pre-activity and eccentric. Analysis of Variance (ANOVA) with repeated measures tests were used for data analysis. The significance level was set at α=0.05. The results showed that in both phases, the activity of selected muscles in the shank of individuals during the one-legged landing movement in the barefoot position was more than the minimalist shoes and when using the minimalist shoes was more than normal shoes (P<0.05); Since minimalist shoes have been shown to have moderate muscle activation patterns, between barefoot and casual shoes, it is recommended to use it to prevent sports injuries and also to strengthen the shank and leg muscles in environments where it is not possible to move barefoot.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) DOI: 10.29252/jsmt.19.2.152.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ساق پا هنگام استفاده از کفش مینیمالیست حین فرود تک پا

سید عبدالعلی حسینی [۱]، محبوبه عالم زاده *[۲]، مهرداد عنبریان [۳]، صفورا قاسمی [٤]

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی،دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳. استاد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
٤. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک ، اراک، ایران

*نویسنده مسئول: **محبوبه عالم زاده**. **alemzadeh@basu.ac.ir**

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/٤/۱۸
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۷

واژه‌های کلیدی:
کفش مینیمالیست، فرود، الکترومیوگرافی، فاز پیش‌فعالیت، فاز اکسنتریک.

ارجاع:
سید عبدالعلی حسینی ، ، محبوبه عالم زاده ، مهرداد عنبریان ، صفورا قاسمی. تاثیر۱۲ فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ساق پا هنگام استفاده از کفش مینیمالیست حین فرود تک پا. پژوهش در طب ورزشی و فناوری. . ۱۱ (۲۲):۱٦٤-۱۵۲

چکیده

امروزه کفش های سبک و مینیمال در انواع مختلف فعالیت های ورزشی به منظور قرارگیری در شرایطی نزدیک به موقعیت پابرهنه مورد استفاده ورزشکاران قرار گرفته است. اما تأثیر آن بر فعالیت الکتریکی عضلات پا به خوبی درک نشده است، از این رو، هدف این مطالعه بررسی فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ساق پا هنگام استفاده از کفش مینیمالیست، کفش معمولی و پابرهنه حین فرود تک پا بود. ۱۵ پسر سالم با میانگین سنی ۲/٦٤ ± ۲۳/۵۳ سال که سابقه هیچ نوع ناهنجاری نداشتند در این تحقیق شرکت کردند. متغیرهای الکترومیوگرافیکی عضلات درشت نئی قدامی، نازک نئی طویل، نازک نئی کوتاه، دوقلوی خارجی، دوقلوی داخلی و نعلی پای برتر آزمودنی ها در دو فاز پیش فعالیت و اکسنتریک مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل آماری داده‌ها، از روش آنوا با اندازه¬های تکراری در سطح معناداری α = ۰/۰۵استفاده شد. نتایج نشان داد در هر دو فاز، فعالیت عضلات منتخب ناحیهٔ ساق پای افراد حین حرکت فرود تک‌پا در وضعیت پابرهنه بیشتر از کفش مینیمالیست و در هنگام استفاده از کفش مینیمالیست بیشتر از کفش معمولی بود (p<۰/۰۵)؛ از آنجائیکه کفش مینیمالیست از نظر الگوهای فعال‌سازی عضلات حد وسط وضعیت‌های پابرهنه و کفش معمولی نشان داده شد، پیشنهاد می شود برای جلوگیری از بروز آسیب¬های ورزشی و همچنین تقویت عضلات ساق و پا در محیط¬هایی که امکان حرکت پابرهنه وجود ندارد از آن استفاده شود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

مقدمه

فرود، یکی از تکالیف حرکتی رایج در اکثر رشته‌های ورزشی می‌باشد. این حرکت در پروتکل‌های تمرینات پلایومتریک برای رشته‌های مختلف ورزشی طراحی شده و به منظور افزایش توانایی عصبی- عضلانی اندام تحتانی نیز استفاده می‌شود. در حین اجرای فرود، نیروی عکس‌العمل زمین به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد که اندام تحتانی تا حد زیادی مسئول جذب این نیروها به هنگام تماس پا با زمین می‌باشند (۱). بنابراین فهم عواملی که در توانایی بدن در جذب این نیروها مؤثرند، احتمالاً می‌تواند درپیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی و بهبود عملکرد بیومکانیکی مؤثر واقع شود (۳و۲). کفش به عنوان تنها واسطه بین بدن و زمین نقش قابل توجهی در حمایت از پا در برابر نیروهای عکس العمل زمین ایفا می کند. از سوی دیگر کفش به دلیل دارا بودن ویژگی‌های حمایتی، باعث ضعف عضلات اندام تحتانی و ساق پا می‌شود (٤) . همچنین محققان در مطالعات خود نشان داده‌اند که فعالیت‌هایی نظیر راه رفتن یا دویدن با پای برهنه می‌تواند فعالیت عضلانی(٦و٥)، حس عمقی پا (۷) و کارایی(۸) را افزایش و سبک دویدن را تغییر دهد(۹). اما فعالیت با پای برهنه با مخاطرات و مشکلاتی از قبیل عوامل محیطی (سطوح خیلی گرم و یا خیلی سرد) واجسام نوک تیز مانند میخ و شیشه مواجه می‌باشد که می‌توان با استفاده از کفش‌های مینیمالیستی این مشکلات را کاهش داد (۱۰). استفاده از کفش‌های مینیمالیستی به عنوان یک روش برای به دست آوردن مزایای پیشنهادی راه رفتن پابرهنه به بازار عرضه شده است. کفشهای مینیمال با تخت نازک و وزن بسیار کم نسبت به کفشهای رایج، به منظور تقلید شرایط گام برداری پابرهنه طراحی شده‌اند(۱۱). تحقیقات نشان داده‌اند که پوشیدن کفش‌های مینیمالیستی برای تمرینات ورزشی منجر به افزایش قابل توجه در قدرت فلکسوری انگشتان پا می‌گردد(۱۲). این امر نشان می‌دهد که تغییر کفش به پاپوش‌های کم حمایت‌تر و شبیه‌تر به پابرهنه، ممکن است عضلات پا را بهتر فعال کند(۱۳). امروزه کفش‌های مینمالیست در فعالیت‌های مختلف ورزشی همچون تمرین‌های مقاومتی، اسکات با وزنه نیز مورداستفاده قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین مزیتی که برای این‌گونه کفش‌ها عنوان می‌شود، تقویت و درگیری بیشتر عضلات ریز ناحیه‌ی پا می‌باشد(١٤). تحقیقات متعددی به بررسی اثرات مختلف کفش‌های مینیمالیست بر بیومکانیک راه رفتن و دویدن پرداخته‌اند و برای آن مزایای مختلفی را ذکر نموده‌اند و این‌گونه کفش‌ها را برای دویدن مناسب دانسته‌اند(۱۷و۱٦و۱٥و۱٤و٤). با این وجود، برخی دیگر معایب استفاده از این‌گونه کفش‌ها را نشان داده‌اند(۱۷).

گویری(۲۰۱٤) به بررسی اثر استفاده از کفش مینیمالیست، کفش معمولی و وضعیت پابرهنه در تمرینات اسکات تک‌پا و اسکات بالای سر پرداخت. او نشان داد که دامنه حرکتی مفصل مچ پا و هزینه انرژی مکانیکی بین وضعیت‌ها تفاوت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

معناداری ندارد؛ اما در مفاصل زانو و ران تفاوت معناداری وجود دارد. او پیشنهاد داد که در مطالعات آتی به بررسی اثر کفش مینیمالیست در سایر وظایف حرکتی در محیط‌های ورزشی و یا توان‌بخشی بپردازند(۱۸). برگسترا و همکاران(۲۰۱٤) نیز به بررسی اثرات کفش مینیمالیست بر فشار کف‌پایی زنان دونده‌ی سالم هنگام دویدن پرداختند و نشان دادند که حداکثر فشار در نواحی داخلی، میانی و خارجی ناحیه جلوی پای افراد حین استفاده از این‌گونه کفش‌ها افزایش معناداری می‌یابد. آن‌ها بیان نمودند که این تغییرات می‌تواند نقش مهمی در ایجاد شکستگی استخوان‌های متاتارسال حین دویدن داشته باشد و درنتیجه ملاحظات لازم حین استفاده از این‌گونه کفش‌ها باید در نظر گرفته شود(۱۷). برگسترا و همکاران (۲۰۱٤) و همچنین، میلرو همکاران (۲۰۱٤) نیز با بررسی اثرات استفاده از کفش مینیمالیست بر ساختار و قدرت عضلات ریز ناحیه‌ی پا نشان دادند که سفتی قوس طولی پا و حجم و سطح مقطع آناتومیکی عضله‌ی خم کننده‌ی کوتاه انگشتان شست پا درنتیجه‌ی استفاده از این‌گونه کفش‌ها افزایش معناداری می‌یابد(۱۷و۱٦). همچنین روکا و همکاران (۲۰۱۸) به مقایسه‌ی الگوی فعالیت عضلات نازک‌نئی طویل و کوتاه در چند نوع کفش از جمله کفش مینیمالیست پرداختند. آن‌ها نشان دادند که الگوی فعالیت این عضلات حین راه رفتن و دویدن در انواع مختلف کفش تغییرات معناداری را از خود نشان می‌دهد(٤). با اینکه تأثیرات استفاده از کفش مینیمالیست بر تغییر فعالیت عضلانی به ویژه در اندام تحتانی حین انجام حرکات پایه مانند راه رفتن و دویدن به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است؛ اما با بررسی پیشینهٔ پژوهش، مطالعاتی که به شناسایی اثرات استفاده از کفش مینیمالیست بر میزان فعالیت عضلات منتخب مچ پای افراد سالم حین فرود تک‌پا پرداخته باشد یافت نشد. امید است با شناسایی اثر استفاده از کفش مینیمالیست حین انجام فرود بر فعالیت عضلات، به سودمندی یا عدم سودمندی این گونه کفش ها در محیط های ورزشی پی برد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر استفاده از کفش مینیمالیست در مقایسه با کفش معمولی و پابرهنه، بر میزان فعالیت عضلات منتخب مچ پای افراد سالم حین فرود تک‌پا بود.

روش شناسی‌پژوهش

پژوهش حاضر نیمه آزمایشی، از نوع بنیادی- کاربردی می‌باشد. از بین دانشجویان پسر سالم دانشگاه بوعلی سینای همدان ۱۵ آزمودنی به شکل تصادفی- داوطلبانه با میانگین سنی ۲/٦± ۲۳/۵۳ سال ، جرم ۷/٦±٦۹ کیلوگرم و قد ٦± ۱۷۵/۵ سانتی‌متر انتخاب شدند. نداشتن سابقه هر نوع ناهنجاری مختلف در بخش پا، نداشتن جراحی تأثیرگذار بر عملکرد سیستم عصبی ـ عضلانی، عدم اختلاف طول دو پا به میزان بیشتر از ۵ میلی‌متر، عدم استفاده از اندام مصنوعی در ران، زانو و مچ پا، عدم سابقه استفاده از هر نوع کفی یا کفش طبی، نداشتن دیابت و بیماری‌های مربوط به اعصاب محیطی از شرایط عمومی آزمودنی‌ها بود. همچنین پای برتر همه آزمودنی‌ها، پای راست آنها بود. پس از کسب کداخلاق در پژوهش به شماره IR.BASU.REC.1398.061 آزمودنی ها، فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق را تکمیل نمودند و برای ارزیابی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

ناهنجاری کف پای آزمودنی‌ها از آزمون شاخص افت ناوی استفاده گردید. ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد روی یک صندلی قرار گرفته و پای خود را در حالت بی‌وزنی و حالت طبیعی مفصل سابتالار قرار دهند، در این حالت ابتدا زائده استخوان ناوی را علامت زده و فاصله بین برجستگی استخوان ناوی با سطح زمین به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری می‌شد. سپس فرد در همان وضعیت به حالت ایستاده قرار می‌گرفت و مجدداً فاصله برجستگی استخوان ناوی با سطح زمین اندازه‌گیری می‌شد. درصورتی‌که اختلاف این دو حالت بین ٤ تا ۹ میلی‌متر بود، آزمودنی در گروه کف پای نرمال و اختلاف بیشتر از ۱۰ میلی‌متر در گروه کف پای صاف و اختلاف کمتر از ٤ میلی‌متر در گروه کف پای گود قرار می‌گرفت (۱۹). بنابراین آزمودنی هایی در این تحقیق شرکت داده شدند که در شاخص افت ناوی بین ٤ تا ۹ میلیمتر را داشتند. برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه الکترومایوگرافی مدل ME600-T16 ١٦کاناله ساخت کشور فنلاند استفاده گردید. الکترودهای سطحی یک‌بار مصرف Ag-AgCl که حاوی ژل رسانایی بودند، به‌منظور کاهش مقاومت الکتریکی پوست و انتقال آسان‌تر ایمپالس‌های الکتریکی عضلات منتخب ناحیهٔ ساق پا (درشت نئی قدامی، نازک نئی طویل، نازک نئی کوتاه، دوقلوی خارجی، دوقلوی داخلی و نعلی) بر اساس پروتکل اروپایی سنیام نصب شدند(۲۰). همچنین، فاصله مرکز تا مرکز الکترودها ۲۰ میلی‌متر انتخاب شد. تشخیص لحظهٔ دقیق برخورد پا با زمین و جداسازی فاز پیش‌فعالیت و اکسنتریک، از یک عدد حسگر الکترونیکی حساس به نیرو (فوت سوئیچ) استفاده گردید. در تحلیل مراحل مختلف حرکت فرود تک‌پا، ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل از لحظهٔ تماس پا با زمین تا لحظه تماس به‌عنوان مرحلهٔ پیش‌فعالیت، از لحظهٔ تماس پا با زمین تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از تماس پا با زمین به‌عنوان مرحلهٔ اکسنتریک در نظر گرفته شد(۲۱). از آنجا که فرود قابل‌قبول، تماس اولیه پنجه پا با زمین می‌باشد، فوت سوئیچ در ناحیه بند دیستال استخوان متاتارسال اول قرار داده می‌شد. ابعاد سکوی فرود ۳۰ سانتی‌متر(ارتفاع)، ۳۲ سانتی‌متر(طول) و ۳۵ سانتی‌متر(عرض) تعیین شده بود. لبه جلویی جعبهٔ چوبی از محلی که برای فرود علامت‌گذاری شده بود، ۱۵ سانتی‌متر فاصله داشت(۲). حرکت فرود دارای عوامل خطر نبود و در طول انجام آزمون‌ها، یک مربی مسئول محافظت از آزمودنی و پیشگیری از افتادن آنها بود. آزمون فرود به شکل پابرهنه، حین پوشیدن کفش معمولی (کفش دوی آسیکس ساخت کشورویتنام) و کفش مینیمالیست پنج‌انگشتی (ساخت شرکت ویبرام) اجرا گردید (تصویر شماره ۱).

تصویر ۱: کفش آسیکس معمولی و کفش مینیمالیست پنج انگشتی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با انجام حرکات کششی و نرمشی بدن خود را به مدت ۵ دقیقه گرم کنند پای برتر افراد با استفاده از سه آزمون ضربه به توپ، گام به بالا و بازیابی تعادل تعیین شد. در هر مورد پایی که به‌طورمعمول (برای حداقل ۲ تا از ۳ آزمون) برای ضربه زدن به توپ، گام به بالا و بازیابی تعادل مورداستفاده قرار گرفت به‌عنوان پای برتر در این مطالعه مشخص می‌شد(۲۲). سپس آزمودنی‌ها برای نصب الکترود با تراشیدن موهای زائد و ضدعفونی با الکل آماده می‌شدند. پس از نصب الکترودها، برای جلوگیری از جابجایی الکترودها در حین انجام حرکت، یک باند استرچ دورتادور الکترودها کشیده می‌شد. الکترود زمین نیز روی استخوان درشت‌نی نصب شد(۲۰). سپس سیگنال‌های EMG سطحی با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز جمع‌آوری گردید. پس از قرارگیری آزمودنی در وضعیت شروع، از آزمودنی خواسته شد تا وظیفهٔ فرود را به‌صورت تصادفی در سه وضعیت پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست اجرا نماید. نحوهٔ انجام آزمون فرود در وضعیت‌های مختلف به‌صورت تصادفی بود تا اثر یادگیری و ترتیب اجرای آزمون روی داده‌های ثبت‌شده خنثی شود. آزمودنی‌ها وظیفه حرکتی فرود را درحالی‌که در سرتاسر تمرین دست هایشان روی لگن بود (صرفاً عمل فرود و نه عمل پرش به بالا و یا جلو) انجام می‌دادند. بعد از تماس پای برتر با زمین، آزمودنی باید حالت تعادل خود را حفظ می‌کرد. فرود قابل قبول شامل تماس اولیه پنجه پا، حفظ تعادل و توانایی فرود آمدن بدون جهش بود(۲). آزمودنی‌ها در حالیکه سعی می‌کردند راستای تنه را حین فرود حفظ کنند، فرود طبیعی خود را انجام می‌دادند. در هرکدام از سه وضعیت (پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست) حرکت فرود هفت بار انجام شد که سه تکرار آن برای تحلیل های بعدی انتخاب شدند. در انتهای کار آزمون حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک برای نرمالیزه کردن داده‌ها اجرا گردید(۲۳). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مگاوین نسخهٔ رایانه آنالیز شدند. جداسازی مراحل مختلف حرکت با توجه به هم‌زمان‌سازی داده‌های الکترومایوگرافی و فوت سوئیچ انجام گرفت. فاز پیش‌فعالیت از ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل از تماس پا با زمین تا لحظه تماس پا با زمین و فاز اکسنتریک (ترمزی) از لحظه تماس پا با زمین تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از تماس پا با زمین تعیین شد(۲۱). برای پردازش سیگنال‌ها در مراحل مختلف حرکت، ابتدا سیگنال‌های خام حاصل از یک فیلتر میان‌گذر ٤٥٠–۱۰ هرتز عبور داده شدند(۲۳). نهایتاً متغیرهای تحقیق از طریق نرم‌افزار مربوط به دستگاه محاسبه شدند. برای نرمال کردن داده‌ها، از روش MVIC (یکی از روش‌های پردازش دامنه در حوزه زمان) وتکنیک RMS استفاده شد. در این روش برای هر عضله حداکثر فعالیت الکتریکی در بازه ۰/۰۵ ثانیه‌ای (در هر مرحله) ثبت‌شده و از آن به‌عنوان خط پایه مقایسات استفاده شد. فعالیت عضله در هر فاز حرکت به‌عنوان درصدی از خط پایه، بیان شد (۲۳). داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ تجزیه‌وتحلیل شدند. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها متغیرهای وابسته از آزمون آماری شاپیرو– ویلک استفاده شد. برای مقایسه وضعیت‌های پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری در سطح معناداری ۰/۰۵ ≥α استفاده شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

یافته‌ها

فعالیت عضلات در دو فاز پیش-فعالیت و اکسنتریک مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد میانگین فعالیت عضلات منتخب ناحیهٔ ساق پا در هر دو فاز پیش‌فعالیت و اکسنتریک دارای توزیع طبیعی می-باشند($p>۰/۰۵$).

در فاز پیش فعالیت، نتایج آزمون آنوا با اندازه‌های تکراری نشان داد که فعالیت عضلات درشت نئی قدامی و نازک‌نئی طویل در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۸/۵ درصد ($p=۰/۰۰۱$) و ۱۰/۵ درصد ($p=۰/۰۲۷$) بطور معنی‌داری بیشتر بوده است. همچنین فعالیت این عضلات (درشت نئی قدامی و نازک نئی طویل) هنگام استفاده از کفش مینیمالیست نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۵/۲ درصد ($p=۰/۰٤٦$) و ۷ درصد ($p=۰/۰۲۸$) افزایش داشته است. عضله دوقلوی خارجی در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی به ترتیب ١٤ درصد بیشتر بوده است ($p=۰/۰۰۲$). همچنین فعالیت عضلهٔ نعلی نیز در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی ۱۳ درصد ($p=۰/۰۰۷$) و هنگام استفاده از کفش مینیمالیست نسبت به کفش معمولی ۸/۸ درصد ($p=۰/۰۲٦$) افزایش داشته است. در مقابل بین سایر وضعیت‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بطور کلی نتایج پژوهش نشان دادند که فعالیت عضلات منتخب ناحیه ساق پا درهنگام استفاده ازکفش‌های مختلف (پابرهنه، معمولی و مینیمالیست) در فاز پیش‌فعالیت تفاوت معنی‌داری داشتند(جدول۱).

جدول ۱: مقایسهٔ میانگین فعالیت نرمالیزه‌شدهٔ عضلات منتخب(برحسب درصد از حداکثر MVIC) ناحیهٔ ساق پا در وضعیت‌های پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست در فاز پیش فعالیت

عضله	پابرهنه	کفش معمولی	کفش مینیمالیست
درشت نئی قدامی	۰/۲۷۷ ± ۰/۰٦*	۰/۱۹۳ ± ۰/۰۵&*	۰/۲٤٥ ± ۰/۰٦٨&
نازک نئی طویل	۰/۳۹۹ ± ۰/۱۱٥*	۰/۲۹۳ ± ۰/۰۹۸&*	۰/۳٦۱ ± ۰/۰۸۹&
نازک نئی کوتاه	۰/٤۹٦ ± ۰/۱۳۲	۰/٤۰۳ ± ۰/۱۱۹	۰/٤٦۲ ± ۰/۱۰۳
دوقلوی خارجی	۰/٤٤۲ ± ۰/۱۰۷*	۰/۳۰٥ ± ۰/۰۹۹*	۰/۳٥۷ ± ۰/۱۲۸
دوقلوی داخلی	۰/٦٤۱ ± ۰/۱۸۲	۰/٥٥ ± ۰/۱۷٤	۰/٦۲۱ ± ۰/۱٦٦
نعلی	۰/٤٦٦ ± ۰/۱۱۱*	۰/۳۳٦ ± ۰/۰۸۲&*	۰/٤۲٤ ± ۰/۱۱۱&

علامت * نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های پابرهنه و کفش معمولی در سطح معناداری ۰/۰۵

علامت # نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های پابرهنه و کفش مینیمالیست در سطح معناداری ۰/۰۵ علامت & نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های کفش معمولی و کفش مینیمالیست در سطح معناداری ۰/۰۵

در فاز اکسنتریک، نتایج آزمون نشان داد که فعالیت عضلات درشت نئی قدامی و نازک نئی کوتاه در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۱۱ درصد ($p=۰/۰۰۵$) و ۸ درصد ($p=۰/۰۰۱$) بیشتر بوده است. همچنین فعالیت این

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

عضلات (درشت نئی قدامی و نازک نئی کوتاه) هنگام استفاده از کفش مینیمالیست نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۳۳ درصد(p=۰/۰۲٤) و ۲۰ درصد (p=۰/۰۳) افزایش داشته است . فعالیت عضله دوقلوی خارجی در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی ۲۰ درصد افزایش داشته است(p=۰/۰٤۱). همچنین فعالیت عضلهٔ دوقلوی داخلی و نعلی در وضعیت پابرهنه نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۳۳ در صد(p=۰/۰۰۲) و۳۰ در صد(p=۰/۰۰۱) بیشتر بوده است. فعالیت این عضلات هنگام استفاده از کفش مینیمالیست نسبت به کفش معمولی به ترتیب ۲۲ درصد (p=۰/۰۱۳) و ۱۷ درصد(p=۰/۰٤۱) افزایش داشته است. در مقابل بین سایر وضعیت‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(p>۰/۰۵). بطور کلی نتایج پژوهش نشان دادند که فعالیت عضلات منتخب ناحیه ساق پا درهنگام استفاده ازکفش‌های مختلف (پابرهنه، معمولی و مینیمالیست) در فاز اکسنتریک تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول۲) .

جدول۲: مقایسهٔ میانگین فعالیت نرمالیزه‌شدهٔ عضلات منتخب (برحسب درصد از حداکثر MVIC) ناحیهٔ ساق پا در وضعیت‌های پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست در فاز اکسنتریک

عضله	پابرهنه	کفش معمولی	کفش مینیمالیست
درشت نئی قدامی	۰/۳۹ ± ۰/۱۱*	۰/۲۸ ± ۰/۰۷&*	۰/۳٦ ± ۰/۰۹۹&
نازک نئی طویل	۰/۷۱ ± ۰/۲۲	۰/٦۲ ± ۰/۱٦	۰/۷۲ ± ۰/۱۹
نازک نئی کوتاه	۱/۰۸ ± ۰/۲۵*	۰/۷۵ ± ۰/۲&*	۰/۹۵ ± ۰/۲۱&
دوقلوی خارجی	۰/۸۱ ± ۰/۲۱*	۰/٦۱ ± ۰/۲۰*	۰/٦۵ ± ۰/۱٦
دوقلوی داخلی	۱/۱۲ ± ۰/۲۷*	۰/۷۹ ± ۰/۲۲&*	۱/۰۱ ± ۰/۲٤&
نعلی	۱/۲۲ ± ۰/۲۱*	۰/۹۲ ± ۰/۲۳&*	۱/۰۹ ± ۰/۱۹&

علامت * نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های پابرهنه و کفش معمولی در سطح معناداری ۰/۰۵

علامت # نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های پابرهنه و کفش مینیمالیست در سطح معناداری ۰/۰۵

علامت & نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین وضعیت‌های کفش معمولی ومینیمالیست در سطح معناداری ۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی اثرات فوری استفاده از کفش مینیمالیست بر میزان فعالیت عضلات ناحیهٔ ساق پا حین فرود تک‌پا بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مرحله پیش‌فعالیت بین وضعیت‌های پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست در فعالیت عضلات درشت نئی قدامی، نازک نئی طویل، دوقلوی خارجی و نعلی اختلاف معنی داری وجود دارد. در مرحله اکسنتریک نیز تفاوت معناداری در فعالیت عضلات درشت نئی قدامی، نازک نئی کوتاه، دوقلوی خارجی، دوقلوی داخلی و نعلی بین وضعیت‌های پابرهنه، کفش معمولی و کفش مینیمالیست مشاهده شد. به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که میانگین سطح فعالیت عضلات منتخب ناحیهٔ ساق پای افراد حین حرکت فرود تک‌پا در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

وضعیت پابرهنه بیشتر از کفش مینیمالیست و در هنگام استفاده از کفش مینیمالیست بیشتر از کفش معمولی می‌باشد؛ به طوری که وضعیت کفش مینیمالیست از نظر الگوهای فعال‌سازی عضلات منتخب اندام تحتانی حد واسط وضعیت‌های پابرهنه و کفش معمولی بود. این نتایج با نتایج مطالعات میلر و همکاران (۲۰۱٤)، فرانکلین و همکاران (۲۰۱۵)، جانسون و همکاران (۲۰۱٦)، و جوئل تی فولر و همکاران (۲۰۱۷)، دالس روکا و همکاران (۲۰۱۸) و شیائول سان و همکاران (۲۰۱۹) همسو است(۲۵و۲٤و۱٦و۱٤و٤). روی و استفان شین (۲۰۰٦) در یک پژوهش نشان دادند که افزایش سفتی خمشی طولی لایه میانی کفش با کاهش فعالیت الکترومیوگرافی و انرژی مصرفی عضلات باعث بهبود اقتصاد دویدن می‌شود(۲٦). همچنین، میلر و همکاران (۲۰۱٤)، جانسون و همکاران (۲۰۱٦)، فرانکلین و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثرات استفاده از کفش مینیمالیست بر ساختار و قدرت عضلات ریز ناحیهٔ پا نشان دادند که حجم و سطح مقطع آناتومیکی عضلهٔ خم کننده‌ی کوتاه انگشت شست پا در نتیجهٔ استفاده از این‌گونه کفش‌ها افزایش معنی‌داری می‌یابد(۲٤و۱٦و۱٤). در یک پژوهش دیگر، هین و گرا (۲۰۱٤) نشان دادند که کفش مینیمالیست (مدل نایک فری) برخی از ویژگی‌های پابرهنه را تقلید می‌کند؛ اما باید تغییرات در طراحی این نوع کفش به منظور تقلید هرچه نزدیک‌تر وضعیت پابرهنه پیشرفت داده شود(۲۷). جوئل تی فولر و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که استفاده از کفش‌های مینیمالیستی به مدت شش هفته باعث بهبود عملکرد و اقتصاد دویدن، تغییرات بیومکانیکی و تراکم مواد معدنی استخوان اندام تحتانی کاربری نشد؛ اما کفش‌های مینیمالیستی قدرت عضلات پلانتار فلکسور مچ پا را نسبت به کفش‌های معمولی در دوندگان با مسافت‌های بلند بهبود بخشید(۲۵). همچنین، دالس روکا و همکاران (۲۰۱۸) به مقایسهٔ الکترومیوگرافیکی الگوی فعالیت عضلات نازک‌نئی طویل و کوتاه در چند نوع کفش از جمله کفش مینیمالیست پرداختند و نشان دادند که الگوی فعالیت این عضلات حین راه رفتن و دویدن در انواع مختلف کفش تغییرات معناداری را از خود نشان می‌دهد(٤). همچنین، شیائول سان و همکاران (۲۰۱۹) در یک مطالعهٔ مروری به بررسی تأثیر بیومکانیکی ساختار کفش در کاهش آسیب ناشی از دویدن و بهینه‌سازی عملکرد پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که اولاً ساختارهای متفاوت کفش اثر مهمی بر متغیرهای مربوط به عملکرد ورزشی و آسیب می‌گذارند و ثانیاً کفش‌های مینیمالیستی می‌توانند اقتصاد دویدن را بهبود بخشیده و سطح مقطع عرضی و سفتی تاندون آشیل را افزایش دهند(۲۸).

در مقابل، نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات وایت هد پائول و همکاران (۲۰۱۱)، پرل دانیل و همکاران (۲۰۱۲) ناهمسو است. پاول و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که الگوی فعالیت عضلات اندام تحتانی افراد مبتدی حین اجرای حرکت پرش- فرود در بین کفش‌های مختلف متفاوت بود؛ اما فعالیت عضلات اندام تحتانی حین حرکت پرش- فرود با استفاده از کفش مینیمالیست نسبت به وضعیت‌های دیگر کاهش یافت(۲۹). در یک پژوهش دیگر، دانیل و همکاران (۲۰۱۲) نتیجه‌گیری نمودند که دویدن با کفش مینیمالیست به طرز چشمگیری اقتصادی‌تر از دویدن با کفش‌های معمولی است که به دلیل تفاوت در ذخیره‌سازی انرژی الاستیکی و انتشار آن در اندام تحتانی حین دویدن با کفش مینیمالیست می‌باشد(۳۰). به علاوه، فرانکلین و همکاران (۲۰۱۸) بیان نمودند که درهنگام پابرهنه یا استفاده از کفش‌های مینیمالیستی سطح فعالیت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

عضلات درشت نئی قدامی و دوقلوی داخلی و نازک نئی بلند کاهش می‌یابد؛ هرچند که این مسئله در بین افراد جوان و میان‌سال مشاهده شد و برای افراد کهن‌سال تفاوتی وجود نداشت(۳۱).

با مرور مطالعات گذشته در این زمینه، به نظر می‌رسد که از دلایل ایجاد این تناقض در نتایج می‌توان به بررسی آزمودنیهای با ویژگی‌های مختلف (مانند جنسیت، میزان سن، سطح فعالیت، میزان تجربه و غیره)، استفاده از پاپوش‌ها و روش‌های مختلف جهت اجرای حرکت فرود تک‌پا، تغییر در الگوی بیومکانیکی حرکت متعاقب اجرای حرکت فرود تک‌پا حین استفاده از انواع پاپوش، تغییر در عضلات موردبررسی و همچنین استفاده از روش‌های مختلف جهت تجزیه‌وتحلیل سیگنال الکترومیوگرافی عضلات اشاره نمود. برای مثال، هاگ (۲۰۱۱) بیان نمود که روش‌های تجزیه‌وتحلیل مختلف می‌تواند باعث تغییر در مقدار متغیرهای میوالکتریکی عضلات (مخصوصاً متغیرهای میانگین و حداکثر فعالیت) شود(۳۲). هین و گرا(۲۰۱٤) نیز نشان دادند که تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های بیومکانیکی حرکت بین وضعیت‌های مختلف پاپوش عمدتاً به دلیل سطح تجربه مختلف افراد در راه رفتن و دویدن، الگوی برخورد ترجیحی پا با زمین، سرعت حرکت، سفتی سطح، ضخامت مواد میانی پاپوش، و سطح توانایی دونده‌ها می‌باشد(۲۷). همچنین، لارسون (۲۰۱٤) مشاهده نمود که الگوهای ضربه پا بین وضعیت پابرهنه و کفش مینیمالیست متفاوت است؛ به طوری که برخورد با جلوی پا در گروه پابرهنه شایع‌تر است(۳۳). در یک پژوهش دیگر، فرانکلین و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که استفاده از انواع مختلف پاپوش‌ها به طور اختصاصی برویژگی‌های بیومکانیکی (شامل کینماتیک، کینتیک و فعالیت الکترومیوگرافی) راه رفتن اثرات مهمی می‌گذارد(۲٤). روکا دالس و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که الگوی فعالیت الکترومیوگرافی عضلات نازک نئی بلند و کوتاه حین راه رفتن و دویدن به عوامل مختلفی همچون استفاده از انواع مختلف کفش‌های ورزشی (مانند وضعیت پابرهنه، کفش معمولی، مینیمالیست، ناپایدار و غیره)، میزان کنترل پرونیشن پا، میزان سفتی پاپوش، میزان تهویه کفش و غیره بستگی دارد(٤). همچنین، شیائول سان و همکاران (۲۰۱۹) در یک مطالعهٔ مروری نتیجه‌گیری کردند که ساختارهای متفاوت کفش اثر مهمی بر متغیرهای مربوط به عملکرد ورزشی و آسیب می‌گذارند(۲۸). هال و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان نمودند که روش‌های دویدن و مزیت‌های استفاده از هر نوع پاپوش از فردی به فرد دیگر متفاوت است؛ بنابراین، یک نتیجه‌گیری کلی بر اساس یک آمار خاص نباید برای همه افراد بیان شود(۳٤). در یک پژوهش دیگر، کالین دوران (۲۰۱۹) نشان دادند که هر نوع کفش اثرات متفاوتی بر افراد دارای انواع مختلف پا (طبیعی، صاف و گود) می‌گذارد؛ بنابراین، وضعیت پای افراد نیز عامل دیگری است که باید بدان توجه شود(۳۵). در نهایت، لورن ملیسوکس و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده نمودند که ویژگی‌های بیومکانیک حرکت در وضعیت استفاده از کفش‌های سخت در مقایسه با کفش‌های نرم تغییر می‌کند(۳٦).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

با توجه به نتیاج پژوهش، می توان گفت، کفش‌های مینیمالیست در مقایسه با پای برهنه از پا در مقابل آسیب‌های محیطی حمایت می‌کنند. از طرفی، با توجه به تغییر در سطح فعالیت عضلات ناحیهٔ ساق پا حین استفاده از کفش مینیمالیست در محیط‌های ورزشی، توان‌بخشی و یا محیط‌های عمومی لازم است تا به این تغییرات توجه شود. با این وجود، باتوجه به اینکه کفش‌های پنج‌انگشتی در میزان و سطح فعالیت عضلات حد واسط کفش‌های معمولی و حالت پابرهنه هستند پیشنهاد میشود برای تقوت عضلات ساق و پا و همچنین بهبود عملکرد گیرنده‌های حسی عمقی در محیط‌هایی که امکان حرکت پابرهنه وجود ندارد، از کفش‌های مینیمالیست استفاده شود.

References

1. McNair, P.J., Prapavessis, H., Callender, K. (2000). Decreasing landing forces: effect of instruction. British Journal of Sports Medicine. 34(4):293-6.
2. Hargrave, M.D., Carcia, C.R., Gansneder, B.M., Shultz, S.J. (2003). Subtalar pronation does not influence impact forces or rate of loading during a single-leg landing. Journal of Athletic Training. 38(1):18-23.
3. Yeow, C.H., Lee, P.V.S., Goh, J.C.H. (2011). An investigation of lower extremity energy dissipation strategies during single-leg and double-leg landing based on sagittal and frontal plane biomechanics. Human Movement Science. 30(3):624-35.
4. Roca-Dols, A., Losa-Iglesias, M.E., Sánchez-Gómez, R., López-López, D., Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R., Calvo-Lobo, C. (2018). Electromyography comparison of the effects of various footwear in the activity patterns of the peroneus longus and brevis muscles. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 82:126-32.
5. Altman, A.R., Davis, I.S. (2012). Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. Current Sports Medicine Reports. 11(5):244-50.
6. Davis, I.S., Rice, H.M., Wearing, S.C. (2017). Why forefoot striking in minimal shoes might positively change the course of running injuries. Journal of Sport and Health Science. 6(2):154-61.
7. Rothschild, C. (2012). Running barefoot or in minimalist shoes: evidence or conjecture? Strength & Conditioning Journal. 34(2):8-17.
8. Lee, S.P., Bailey, J.P., Smith, J.A., Barton, S., Brown, D., Joyce, T. (2018). Adaptations of lumbar biomechanics after four weeks of running training with minimalist footwear and technique guidance: Implications for running-related lower back pain. Physical Therapy in Sport. 29:101-7.
9. Squadrone, R., Gallozzi, C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 49(1):6-13.
10. Lieberman, D.E., Venkadesan, M., Werbel, W.A., Daoud, A.I., D'andrea, S., Davis, I.S., Mang'Eni, R.O., Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature. 463:531-5.
11. Cohler, M.H., Casey, E. (2015). A survey of runners' attitudes toward and experiences with minimally shod running. The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. 7(8):831-5.
12. Peng, H.T., Kernozek, T.W., Song, C.Y. (2011). Quadricep and hamstring activation during drop jumps with changes in drop height. Physical Therapy in Sport. 12(3):127-32.
13. Hosseininejad, E., Eslami,M. (2019). Mechanical energy analysis of barefoot and minimalist running. Applied Exercise Physiology.14(28):265-72. (Persian).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

14. Johnson, A.W., Myrer, J.W., Mitchell, U.H., Hunter, I., Ridge, S.T. (2016). The effects of a transition to minimalist shoe running on intrinsic foot muscle size. International Journal of Sports Medicine. 37(02):154-8.
15. Schütte, K.H., Venter, R.E. (2013). Effect of minimalist shoe training on lower limb joint moments. Footwear Science 5(sup1):S52–3.
16. Miller, E.E., Whitcome, K.K., Lieberman, D.E., Norton, H.L., Dyer, R.E. (2014). The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. Journal of Sport and Health Science. 3(2):74-85.
17. Bergstra, S.A., Kluitenberg, B., Dekker, R., Bredeweg, S.W., Postema, K., Van den Heuvel, E.R., Sobhani, S. (2015). Running with a minimalist shoe increases plantar pressure in the forefoot region of healthy female runners. Journal of Science and Medicine in Sport. 18(4):463-8.
18. Guiry, J.M. (2014). Comparison of an overhead and single leg squat in barefoot, minimalist, and shod conditions (Doctoral dissertation, California State University, Northridge).
19. Spörndly-Nees, S., Dåsberg, B., Nielsen, R.O., Boesen, M.I., Langberg, H. (2011). The navicular position test a reliable measure of the navicular bone position during rest and loading. The International Journal of Sports Physical Therapy. 6(3):199-205
20. Hermens, H.J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of Electromyography and Kinesiology, 10(5):361-74.
21. Viitasalo, J.T., Salo, A., Lahtinen, J. (1998). Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 78(5):432-40.
22. Hoffman, M., Schrader, J., Applegate, T., Koceja, D. (1998). Unilateral postural control of the functionally dominant and nondominant extremities of healthy subjects. Journal of Athletic Training. 33(4):319-22.
23. Murley, G.S., Bird, A.R. (2006). The effect of three levels of foot orthotic wedging on the surface electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. Clinical Biomechanics. 21(10):1074-80.
24. Franklin, S., Grey, M.J., Heneghan, N., Bowen, L., Li, F.X. (2015). Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking. Gait & Posture. 42(3):230-9.
25. Fuller, J.T., Thewlis, D., Tsiros, M.D., Brown, N.A., Hamill, J., Buckley, J.D. (2019). Longer-term effects of minimalist shoes on running performance, strength and bone density: a 20-week follow-up study. European Journal of Sport Science. 19(3):402-12.
26. Roy, J.P.R., Stefanyshyn D.J. (2006) Shoe midsole longitudinal bending stiffness and running economy, joint energy, and emg. Medicine and Science of Sports and Exercise. 38(3):562-9.
27. Hein, T., Grau, S. (2014). Can minimal running shoes imitate barefoot heel-toe running patterns? A comparison of lower leg kinematics. Journal of Sport and Health Science. 3(2):67-73.
28. Sun, X., Lam, W.K., Zhang, X., Wang, J., Fu, W. (2020). Systematic review of the role Footwear constructions in running biomechanics: Implications for running-related injury and performance. Journal of Sports Science & Medicine. 19(1):20-37.
29. Whitehead, P., Tammaro, M., Schmitz, J., Darnell, M. (2017). Minimalist footwear reduces muscle activity in the lower leg during a jump landing task. In International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings. 9(5):105
30. Perl, D.P., Daoud, A.I., Lieberman, D.E. (2012). Effects of footwear and strike type on running economy. Medical Science and Sports Exercise. 44(7):1335-43.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]

31. Franklin, S., Li,F.X., Grey, M.J. (2018). Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups. Gait & Posture. 60:1-5.
32. Hug, F. (2011). Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? Journal of Electromyography and Kinesiology. 21(1):1–12.
33. Larson, P. (2014). Comparison of foot strike patterns of barefoot and minimally shod runners in a recreational road race. Journal of Sport and Health Science. 3(2):137-42.
34. Hall, J.P., Barton, C., Jones, P.R., Morrissey, D. (2013). The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. Sports Medicine. *43*(12):1335-53.
35. Duran, C., Hayes, D., Post, C. (2019). The Effects of footwear on ground reaction forces and ankle kinematics in subjects with different Arch Heights, Whalen Academic Symposium, Available At: https://digitalcommons.ithaca.edu/whalen/2019/present- ations/16/
36. Malisoux, L., Delattre, N., Urhausen, A., Theisen, D. (2020). Shoe cushioning influences the running injury risk according to body mass: a randomized controlled trial involving 848 recreational runners. The American Journal of Sports Medicine. 48(2):473-80.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1400.19.22.4.8]