Comparison of Pain Scale and Maximum Plantar Pressures at Different Speeds in Females with Patellofemoral Pain Syndrome and Healthy Females

Meamarbashi A[1], Barghamadi M[1], Sabouri L [2], Fathollahi A[3]

1- Full Professor, Department of Sports Biomechanics, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran
2- MSc in Sports Biomechanics, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran
3- PhD Candidate of Sports Biomechanics, Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran

Received: 2024.05.21 Accepted: 2024.08.04

Abstract

Purpose: The aim of this present study was to compare the amount of pain, maximum oxygen consumption and maximum plantar pressures at different speeds in females with patellofemoral pain syndrome and healthy females.

Methods: The current research was of semi-experimental and laboratory type. Polar instrument was used to measure the maximum oxygen consumption. Thirty subjects in two groups ran the ten-meter track where the foot scanner was located at slow and fast speeds. Relevant variables were recorded with a foot scanner. SPSS version 23 software was used for statistical analysis.

Results: The results of the speed factor showed that at the peak of the variables internal heel force (Cohen's d=1.054, p<0.05), external heel force (Cohen's d=1.34 p<0.05), the first metatarsal (Cohen's d=0.29, p<0.05), second, third (Cohen's d=1.118, p<0.05), fourth (Cohen's d=0.98, p<0.05), fifth (Cohen's d=0.55, p<0.05), midfoot (Cohen's d=0.60, p≤0.001), first toe (Cohen's d=0.38, p<0.05), fingers 2 to 5 (Cohen's d=0.07, p<0.05). Ground reaction force (Cohen's d=1.11, p≤0.001), center of pressure in the anterior-posterior region (Cohen's d=0.083, p<0.05) there is a significant increase in both healthy groups and patients with patellofemoral syndrome during running at fast speed. Also, in the speed factor, the maximum time to reach the peak of ground reaction force (Cohen's d= 0.57; p≤0.001), the time to reach the ground reaction force (Cohen's d=0.92; p≤0.001), decreased. The results of the present study showed a significant increase in the amount of pain in the group with patellofemoral syndrome (p≤0.001).

Conclusion: The peak vertical forces in females with patellofemoral pain syndrome were higher than healthy females. On the other hand, females with patellofemoral pain syndrome are more exposed to lower limb injuries than healthy females.

Keywords: Patellofemoral pain, Maximum oxygen consumption, Plantar pressure, Running.

Corresponding Author: Abbas Meamarbashi

Email: a_meamarbashi@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-9221-3748

Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

► **Please cite this article as:** Meamarbashi A, Barghamadi M, Sabouri L, Fathollahi A. Comparison of Pain Scale and Maximum Plantar Pressures at Different Speeds in Females with Patellofemoral Pain Syndrome and Healthy Females . **JPSR** 2024; 13(4):53-. **DOI:** 10.22038/JPSR.2025.79490.2613.

مقایسه میزان درد و حداکثر فشار های کف پایی در سرعت های مختلف در زنان مبتلا به درد کشکک رانی و سالم

عباس معمارباشی[1]، محسن برغمدی[1]، لیلا صبوری[2]، امیر فتح الهی[3]

هدف: هدف از پژوهش حاضر مقایسه میزان درد، حداکثر اکسیژن مصرفی و حداکثر فشارهای کف پایی در سرعت های مختلف در زنان مبتلا به درد کشکک رانی و سالم بود.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی بود. برای اندازه گیری حداکثر اکسیژن مصرفی از ابزار پولار استفاده شد. تعداد ۳۰ آزمودنی در دو گروه مسیر ده متری را که دستگاه اسکنر کف پا در آن واقع شده بود در دو سرعت آهسته و تند دویدند. متغیرهای مربوطه با دستگاه اسکنر کف پا ثبت شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد و برای تعیین اندازه اثر از Cohen's d استفاده شد.

یافته ها: نتایج عامل سرعت نشان داد در اوج نیروی متغیرهای نیروی داخلی پاشنه (Cohen's d=۱/۵۴ ،p<۰/۰۵)، نیروی پاشنه خارجی (Cohen's d=۱/۳۴ ،p<۰/۰۵)، استخوان‌های کف پایی اول(Cohen's d=۰/۲۹ ،p<۰/۰۵)، سوم (p<۰/۰۱، Cohen's d=۱/۱۱۸)، چهارم (Cohen's d=۰/۹۸ ،p<۰/۰۵)، پنجم (Cohen's d=۰/۵۵ ،p<۰/۰۵)، میانه پا (p<۰/۰۱، Cohen's d=۰/۶۰)، انگشت اول (Cohen's d=۰/۰۳۸ ،p<۰/۰۵)، انگشتان ۲ تا ۵ (Cohen's d=۰/۰۷ ،p<۰/۰۵)، نیروی عکس‌العمل زمین (Cohen's d=۱/۱۱ ،p≤۰/۰۰۱) و جابجایی مرکز فشار در ناحیه قدامی-خلفی (p<۰/۰۵، Cohen's d=۰/۳۸) در مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی داری وجود دارد. در عامل سرعت، حداکثر زمان رسیدن به اوج نیروی عکس‌العمل زمین (Cohen's d=۰/۵۷ ،p≤۰/۰۰۱)، زمان رسیدن به نیروی عکس‌العمل زمین (p≤۰/۰۰۱، Cohen's d=۰/۹۲) کاهش معنی داری طی دویدن با سرعت تند در هر دو گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال و سالم داشتند. نتایج پژوهش حاضر افزایش معنی داری را در میزان درد در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نشان داد (p<۰/۰۵).

نتیجه گیری: اوج نیروها در زنان دارای درد کشکک رانی بیشتر از زنان سالم بود. از طرفی زنان دارای درد کشکک رانی بیشتر از زنان سالم در معرض آسیب‌های اندام تحتانی قرار دارند.

کلمات کلیدی: درد کشکک رانی، حداکثر اکسیژن مصرفی، فشار های کف پایی، دویدن

نویسنده مسئول: عباس معمارباشی، a_meamarbashi@yahoo.com ، ORCID: 0000-0001-9221-3748

آدرس: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

۱- استاد گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه اردبیل، اردبیل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ایران

مقدمه

سندرم پاتلوفمورال، به درد اطراف یا پشت کشکک اطلاق می شود (۱) و در فعالیت هایی نظیر چمپاتمه زدن، دویدن، پریدن و بالا و پایین رفتن از پله که بر مفصل پاتلوفمورال فشار وارد می‌کنند تشدید می‌گردد (۲). سندرم پاتلوفمورال در بزرگسالان و جوانان رایج بوده و تا ۲۲ درصد از جمعیت را تحت تاثیر قرار می دهد (۳). سندرم پاتلوفمورال با کاهش قدرت عضلات لگن به ویژه عضلات ابداکتور و چرخاننده های خارجی همراه است (۴). وقوع سندرم پاتلوفمورال در زنان نسبت به مردان شایع تر است (۵). این امر به این دلیل است که زنان نسبت به طول استخوان ران خود لگن وسیع تری دارند در نتیجه فلکشن زانو و ران باعث ایجاد اداکشن وچرخش داخلی بیش از حد شده و ناحیه تماس کشکک رانی را افزایش می‌دهد (۶). همچنین تفاوت در اندازه زاویه Q، هم ترازی پویا در صفحه فرونتال (۷) از دلایل ابتلای زیاد زنان نسبت به مردان به سندرم پاتلوفمورال است. پژوهش ها، مدت زمان کوتاه‌تر فعالیت عصبی_ عضلانی عضله گلوتئال را زمانی که افراد دارای

سندرم پاتلوفمورال از پله‌ها بالا می‌روند گزارش کرده اند (۸). از علل ایجاد سندرم پاتلوفمورال می‌توان به راستای نامناسب اندام تحتانی، افزایش پروناسیون پاها، آنتی ورژن فمور، ضعف عضله پهن داخلی، سفتی یا نرمی ایلیوتیبیال باند و عضله واستوس خارجی اشاره کرد (۹). جابجایی غیر طبیعی کشکک در شیار تروکلئار نقش مهمی در سندرم پاتلوفمورال دارد. همچنین اختلال در رابطه طول تنش بین عضله واستوس مدیالیس در مقابل فعالیت عضله واستوس لترالیس باعث افزایش جابجایی کشکک به سمت جانبی می‌شود که در نتیجه باعث اصطکاک کندیل جانبی استخوان ران و در نتیجه ایجاد درد می گردد (۵). محققان نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به سندرم پاتلوفمورال با هدف کاهش نیروی واکنش مفصل پاتلوفمورال و درد زانو فلکشن زانو را ممکن است کاهش دهند (۱۰). همچنین کاهش نیروی عکس العمل زمین باعث کاهش بار کشکک رانی می‌گردد (۱۱) به علاوه احساس درد یک طرفه زانو باعث افزایش جابجایی کشکک هنگام راه رفتن و دویدن می‌گردد و فرد با توزیع جهت یا جدید نیرو بار توزیع شده راتغییر داده و در نتیجه موجب تغییر نوسانات مرکز فشار می گردد (۱۲).

تغییرات در توزیع فشار کف پا می‌تواند توانایی جذب ضربه را کاهش دهد و همچنین بخشی از نیروی واکنش زمین را به مفاصل پروگزیمال بیشتری منتقل کند و باعث افزایش اضافه بار کشکک زانو و افزایش درد کشککی رانی می شود (۱۳). مطالعات کینماتیکی نشان داده‌اند که افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال، در مقایسه با افراد سالم پارامترهای راه رفتن و دویدن تغییر یافته‌ای را نشان می دهند. به عنوان مثال کاهش سرعت، سرعت نوسان آهسته‌تر و طول گام کوتاه‌تر، کاهش زاویه فلکشن زانو، افزایش گشتاور ابداکتور زانو، افزایش گشتاور چرخش خارجی زانو را نشان می‌دهند (۱۴). به علاوه میانگین نرخ بارگذاری عمودی بالاتر و نرخ بارگذاری لحظه ای عمودی در افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال و فائیشت کوتاه پا همراه با افزایش دامنه حرکتی مچ پا گزارش شده است (۱۵). برخی مطالعات تلاش کرده اند الگوهای اضافه بار را در هنگام تغییر فاصله بین پاها در صفحه فرونتال در طول حرکت چمپاتمه زدن شناسایی کنند اما هیچ تفاوتی در اضافه بار رباط کشکک رانی با فاصله بین پاها نشان داده نشده است (۱۶). نتایج ثبت شده توسط پژوهشگران طی آزمایشی مبتنی بر راه رفتن با سرعت معمول روزانه در محیط آزمایشگاه نشانگر این است که افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال ناحیه تماس بزرگتری را در قسمت میانی و مرکزی پا در مرحله تماس اولیه و اوج فشار پایین‌تری در قسمت داخلی جلوی پا داشتند و در نتیجه افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال الگوهای دویدن و راه رفتن خود را به عنوان یک استراتژی برای کاهش درد در حین انجام فعالیت‌های عملکردی تغییر می‌دهند و این تغییر می تواند باعث تغییر در توزیع فشار کف پا، کاهش زمان تماس گردد (۱۶، ۱۳). عملکرد پویای پا در طول راه رفتن و دویدن می‌تواند به طور عینی با استفاده از متغیرهای فشار موضعی کف پا و مرکز فشار کمی گردد. این اطلاعات می تواند در ارائه تمرینات اصلاحی، اصلاح پاسچر نامناسب اندام تحتانی و در مواقعی طراحی کفی‌های طبی برای افراد دارای سندرم پاتلوفمورال به دلیل جلوگیری از بروز عوارض ناشی از سندرم پاتلوفمورال مانند استئوآرتریت زانو، خستگی زودرس عضلانی مفید باشد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه میزان درد به عنوان سطح تحمل فشار ادراکی تست، حداکثر اکسیژن مصرفی به عنوان شاخص عملکرد هوازی بدن و سطح آمادگی بدن و حداکثر فشار کف پایی به عنوان شاخص مکانیکی حین تست در سرعت های متفاوت در زنان مبتلا به سندرم پاتلوفمورال و سالم بود (۱۷).

روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی می باشد. جامعه آماری شامل دانشجویان دختر دانشگاه محقق اردبیلی و نمونه آماری شامل ۱۵ زن مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال و ۱۵ زن فرد سالم بود. میانگین قد، وزن و سن گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال به ترتیب ۲۶/۲۱±۱۶۳/۵، ۴۶/۶۶±۶۱/۱۱، ۱۳/۰۵±۲۴/۴ و میانگین قد، وزن و سن گروه سالم به ترتیب ۵/۵۳± ۱۶۲/۴۰، ۴۰/۴۸±۵۴/۷، ۸۶/۹۴±۲۴/۴ بود. به طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. نمونه آماری پژوهش از نوع نمونه در دسترس بود. با استفاده از نرم افزار جی پاور طراحی حجم نمونه انجام شد که تعداد نمونه لازم برای دستیابی به توان آماری ۰/۹۰ در اندازه اثر ۰/۳۲ با سطح آلفا ۰/۰۵ مساوی ۳۰ فرد در دو گروه سالم و مبتلا به سندرم پاتلوفمورال بود (۱۸). زنان جوان مبتلا به این سندرم افرادی بودند که دارای سابقه درد بالای شش ماه بودند و

این درد بیشتر در قسمت قدامی زانو، پشت کشکک در حین فعالیت‌هایی از قبیل بالا و پایین رفتن از پله، راه رفتن و نشستن طولانی مدت و چمپاتمه زدن بود. سن نمونه آماری زنان جوان بین ۱۹ تا ۳۰ سال بود. میزان درد برای ورود به آزمون بر اساس مقیاس آنالوگ بصری بالای سه بود. معیارهای خروج تحقیق شامل، شکستگی زانو یا اندام تحتانی، جراحی یا آرتروپلاستی مفصل زانو، پارگی رباط-های اطراف زانو بود.

برای اندازه گیری حداکثر اکسیژن مصرفی با تست راکبورت از ابزار سنسور سینه‌ای ضربان قلب پولار (H9, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) استفاده شد. استفاده شد. اعتبار و روایی این سنسور قبلا مورد تحقیق قرار گرفته است (۱۹). همبستگی بالایی (۰/۹۹ – ۰/۸۵) نشان داد که نشان دهنده اعتبار خوب تا تقریباً کامل است. برای اجرای آزمون، ابتدا سنسور سینه‌ای پولار روی سینه آزمودنی‌ها نصیب شد .آزمودنی‌ها مسیر ۱۶۰۰ متری را با سرعت انتخابی بدون دویدن پیمودند و بلافاصله در پایان مدت زمانی که آزمودنی مسیر را طی کرد میزان ضربان قلب آزمودنی‌ها ثبت گردید.

دستگاه فوت اسکنر فشاری (RSscan International, Belgium; 0.5×0.5×0.02 m, 4363 sensors) که از ابزارهای متداول در تحقیقات آزمایشگاهی و کلینیکی مورد استفاده قرار گرفته ، در مسیر ده متری آزمایشگاه قرار گرفته بود. ابتدا وزن و اندازه پای آزمودنی ها ثبت شد. سپس آزمودنی ها بدون کفش و جوراب مسیر ده متری را که دستگاه اسکنر پا در آن واقع شده بود در دو سرعت آهسته ۲/۴۱ ثانیه و سرعت تند ۱/۶۱ ثانیه طی سه مرحله تکرار با همان سرعت تعیین شده دویدند (۲۰). آزمون فوق از هر دو گروه گرفته شد. داده های متغیرهای نیرو و فشار کف پایی طی دویدن در دو سرعت تند و آهسته به دست آمد. متغیرهای مربوط به نیروهای کف پایی شامل نیروی عکس العمل زمین، حداکثر زمان رسیدن به اوج، زمان رسیدن به اوج و نیروی وارد بر پنج انگشت پا و استخوان های کف پایی اول تا پنجم و میانه پا بود و متغیرهای مربوط به جابجایی مرکز فشار کف پایی شامل جابجایی مرکز فشار در راستای داخلی و خارجی و قدامی- خلفی و نقاط ده گانه پا شامل پنج انگشت پا و استخوان های کف پایی اول تا پنجم و میانه پا بود.

دستگاه فوت اسکن با ۴۳۶۳ سنسور نقاط ده گانه پا، نیروهای عکس العمل زمین پا را طی دویدن و راه رفتن ثبت می‌کند. تقسیم بندی نقاط کف پا با استفاده از نرم افزار (RSscan Footscan 7 Software) به دست آمد. برای محاسبه سرعت بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین شیب خط اتصال از لحضه تماس پاشنه تا اوج اولیه منحنی نیروی عکس العمل زمین محاسبه شد (۲۱). جهت نرمال نمودن دادهای نیروی عکس العمل زمین این داده ها را تقسیم بر وزن بدن کرده و در عدد صد ضرب نمودیم. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک تایید شد. از آزمون Cohen’s d جهت برآورد اندازه اثر استفاده شد. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ اندازه اثر ناچیز بین ۰/۲ تا ۰/۵ اندازه اثر کم، بین ۰/۵ تا ۰/۸ اندازه اثر متوسط و بیشتر از ۰/۸ اندازه اثر زیاد ارزیابی شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و آزمون اندازه گیری مکرر (Repeated Measures ANOVA) برای ارزیابی متغیرهای کف پا و از آزمون تی مستقل (Independent T-test) برای ارزیابی میزان درد و حداکثر اکسیژن مصرفی استفاده شد.

یافته ها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در عامل سرعت، در هر دو گروه سالم و مبتلا به سندرم پاتلوفمورال اوج نیروها در نیروی پاشنه داخلی طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی داری پیدا کرد (Cohen's d =۱/۰۵۴ ،p=۰/۰۳۷). همچنین نتایج عامل گروه نشان داد در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال اوج نیروها در نیروی داخلی پاشنه طی دویدن با دو سرعت آهسته و تند نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری داشت (p=۰/۰۳۶). به علاوه در عامل سرعت، در اوج نیروهای نیروی پاشنه خارجی در هر دو گروه سالم و مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی داری وجود داشت (p=۰/۰۲۰، Cohen's d =۱/۱۳۴). در عامل گروه، اوج نیروها در نیروی خارجی پاشنه در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت آهسته و تند افزایش معنی داری نسبت به گروه سالم داشت(p=۰/۰۱۰). همچنین در عامل سرعت، اوج نیروها در اولین استخوان کف پایی در گروه سالم و مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم نیز

طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی داری وجود داشت (Cohen's d =۰/۲۹ ،p=۰/۰۱۹).

یافته های پژوهش در عامل گروه نشان داد که اوج نیروها در استخوان کف پایی دوم طی دویدن با هر دو سرعت آهسته و تند در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری داشت (p=۰/۰۱۰). نتایج عامل سرعت نشان داد که اوج نیروها در استخوان کف پایی سوم طی دویدن با سرعت آهسته و تند در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری پیدا کرد (p=۰/۰۰۹، Cohen's d=۱/۱۱۸). به علاوه در عامل گروه، اوج نیروها در استخوان کف پایی سوم در گروه سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با دو سرعت آهسته و تند از اوج نیروها در استخوان کف پایی سوم در گروه سالم افزایش معنی داری داشت (p=۰/۰۰۱). نتایج عامل سرعت در اوج نیروهای استخوان کف پایی چهارم نیز طی دویدن با دو سرعت آهسته و تند در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری داشت (Cohen's d=۰/۹۸۰،p=۰/۰۱۹). همچنین در عامل گروه، اوج نیروها در استخوان کف پایی چهارم در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت آهسته و تند نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری وجود داشت(p=۰/۰۰۳). نتایج عامل سرعت نشان داد اوج نیروها در استخوان کف پایی پنجم در سرعت تند طی دویدن نسبتبه دویدن با سرعت آهسته در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری وجود داشت(Cohen's d=۰/۵۵ ،p=۰/۰۱۳). در عامل سرعت، اوج نیروها در میانه پا در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم طی دویدن با سرعت تند نسبت به سرعت آهسته افزایش معنی داری پیدا کرد (p=۰/۰۰۵، Cohen's d=۰/۶۰). همچنین در عامل سرعت، اوج نیروها در اولین انگشت پا نیز در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی داری داشت(Cohen's d=۰/۰۳۸، p=۰/۰۱۳).

به علاوه در عامل سرعت، اوج نیروها در انگشتان ۲ تا ۵ پا نیز نتایج افزایش معنی داری را در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت تند نشان داد (Cohen's d=۰/۷۰،p=۰/۰۳۱). همچنین نتایج عامل سرعت افزایش معنی داری را در نیروی عکس‌العمل زمین طی دویدن با سرعت تند در مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نشان داد (Cohen's d=۱/۱۱۰ ،p=۰/۰۰۱). نتایج عامل گروه نشان داد که اوج نیروی عکس‌العمل زمین در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال در هر دو سرعت آهسته و تند نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری داشت (p=۰/۰۰۷). در عامل سرعت، اوج نیروها در حداکثر زمان رسیدن به نیروی عکس‌العمل زمین در گروه سالم و طی دویدن با سرعت تند افزایش معنی‌داری وجود داشت (p=۰/۰۰۱، Cohen's d=۰/۵۷). همچنین در زمان رسیدن به نیروی عکس‌العمل زمین نیز اوج نیروها در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی دویدن با سرعت تند و آهسته افزایش معنی داری داشت (p=۰/۰۰۱، ۰/۷۳، Cohen's d=۰/۹۲) (جدول ۱).

نتایج جدول ۲ نشان داد در عامل سرعت، جابجایی مرکز فشار ناحیه قدامی-خلفی در مبتلا به سندرم پاتلوفمورال افزایش معنی داری در سرعت تند و آهسته طی دویدن یافت (Cohen's d=۰/۸۳ ،p=۰/۰۴۹).

نتایج پژوهش حاضر اختلاف معنی‌داری را در حداکثر اکسیژن مصرفی نشان داد (Cohen's =۱/۳۶۶ ،p=۰/۰۲۲ d). نتایج پژوهش حاضر اختلاف معنی‌داری را در میزان درد نشان داد (Cohen's d=۵/۳۸ ،p=۰/۰۰۱) همچنین افزایش معنی داری در اکسیژن مصرفی افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال وجود داشت (p =۰/۰۲۲ ،Cohen's d =۱/۴۱) (جدول ۳)

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اوج نیروها در استخوان-های کف پایی اول، سوم، چهار و پنجم، میانه پا، پاشنه داخلی و خارجی، انگشت اول، انگشتان ۲ تا ۵ پا، نیروی عکس‌العمل زمین، زمان رسیدن به اوج نیروی عکس‌العمل زمین و جابجایی مرکز فشار در ناحیه قدامی-خلفی در سرعت تند نسبت به سرعت آهسته طی دویدن در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم افزایش معنی داری داشت. در هر دو گروه افزایش معنی داری داشت. در زمان رسیدن به نیروی عکس‌العمل زمین اوج نیروها، کاهش معنی داری در سرعت تند نسبت به سرعت آهسته طی دویدن داشت. همچنین در عامل گروه، این یافته‌ها با برخی تحقیقات گذشته همسو هستند. به عنوان مثال، Levinger and Gilleard (۲۲) نشان دادند که نیروی عکس‌العمل زمین در گروه سندرم پاتلوفمورال طی

جدول ۱: نتایج بررسی اثر تعاملی سرعت و گروه در اوج نیروی متغیرهای فشار کف پایی در دو گروه مورد مطالعه در طی دویدن آهسته و تند

متغیر	گروه کنترل		گروه تجربی		عامل سرعت (p- مقدار)	عامل گروه	تعامل سرعت و گروه
	آهسته میانگین ± انحراف معیار	تند میانگین ± انحراف معیار	آهسته میانگین ± انحراف معیار	تند میانگین ± انحراف معیار	اندازه اثر		
نیروی داخلی پاشنه	۲۱۷/۵۵ ±۹۳/۸۲	۲۲۴/۶۵ ±۵۴/۹۱	۲۷۷/۲۲ ±۱۲۲/۸۷	۳۱۴/۴۷±۱۱۱/۹۷	۰/۰۳۷* ۰/۱۴۶	۰/۰۳۶	۰/۱۴۸
نیروی خارجی پاشنه	۱۸۴/۴۳ ±۸۰/۰۷	۱۹۹/۹۵ ±۶۶/۹۳	۲۴۸/۰۰ ±۸۴/۰۴	۲۸۵/۸۸ ±۸۸/۳۷	۰/۰۲۰* ۰/۱۷۹	۰/۰۱۰	۰/۳۱۰
اولین استخوان کف‌پایی	۱۸۵/۰۲ ±۵۹/۲۴	۱۹۷/۴۵ ±۸۴/۹۳	۱۹۲/۹۲ ±۵۲/۳۴	۲۱۷/۳۷ ±۵۲/۱۸۷	۰/۰۱۹* ۰/۱۸۱	۰/۵۳۳	۰/۴۲۵
دومین استخوان کف‌پایی	۹۴/۸۸ ±۲۳/۸۹	۱۰۴/۳۱ ±۵۱/۵۲	۱۴۴/۷۹ ±۴۲/۹۲	۱۵۶/۹۵ ±۴۳/۸۳	۰/۱۲۸ ۰/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۸۴۴
سومین استخوان کف‌پایی	۸۸/۷۹ ±۱۹/۱۵۹	۱۰۹/۵۴ ±۴۳/۸۱	۱۴۲/۰۱ ±۴۲/۲۶	۱۵۲/۷۶ ±۳۵/۷۹	۰/۰۰۹* ۰/۲۱۸	۰/۰۰۱	۰/۳۸۲
چهارمین استخوان کف‌پایی	۵۹/۶۲ ±۲۳/۹۱	۷۸/۴۷ ±۳۷/۰۲	۱۱۰/۴۸ ±۵۰/۱۸	۱۱۵/۱۱ ±۴۰/۳۰	۰/۰۱۹* ۰/۱۸۰	۰/۰۰۳	۰/۱۴۴
پنجمین استخوان کف‌پایی	۴۰/۹۹ ±۲۸/۲۶	۵۵/۷۲ ±۳۴/۷۱	۷۰/۰۴ ±۴۲/۰۳	۷۷/۹۲ ±۴۷/۲۰	۰/۰۱۳* ۰/۲۰۱	۰/۰۶۸	۰/۴۲۸
میانه پا	۸۸/۱۰ ±۴۴/۰۷	۱۰۸/۰۸ ±۴۵/۹۳	۱۴۰/۵۵ ±۸۶/۳۳	۱۵۳/۵۳ ±۱۰۰/۴۴	۰/۰۰۵* ۰/۲۵۳	۰/۰۷۳	۰/۵۱۸
اولین انگشت پا	۱۲۹/۳۲ ±۳۳/۵۸	۱۴۶/۴۱±۶۴/۱۴۷	۱۳۸/۶۰ ±۲۷/۳۰	۱۴۸/۳۸ ±۳۸/۹۹	۰/۰۱۳* ۰/۲۰۰	۰/۶۵۸	۰/۴۷۸
انگشتان دو تا پنجم پا	۴۶/۲۱ ±۱۴/۵۸	۵۲/۶۹ ±۲۰/۲۶	۵۰/۳۸ ±۱۸/۸۱	۵۳/۹۹ ±۱۷/۹۷	۰/۰۳۱* ۰/۱۵۶	۰/۶۶۳	۰/۵۲۲
نیروی عکس‌العمل	۷۰۷/۳۹±۲۱۵/۲۰	۸۳۰/۶۱±۲۷۵/۵۴	۱۰۶۴/۰۶±۳۹۸/۰۲	۱۱۶۹/۳۱±۳۵۱/۴۷	۰/۰۰۱** ۰/۴۸۹	۰/۰۰۵	۰/۶۸۷
حداکثر زمان رسیدن به نیروی عکس العمل زمین	۳۷۶/۳۷ ±۷۷/۰۲	۳۱۰/۸۸ ±۶۹/۶۳	۳۳۲/۴۴ ±۴۹/۶۵	۲۷۸/۱۴ ±۴۶/۷۷	۰/۰۰۱** ۰/۷۲۷	۰/۳۶۰	۰/۴۱۸
زمان رسیدن به نیروی عکس العمل زمین	۱۱۴/۹۲ ±۳۴/۳۹	۱۰۹/۴۸ ±۲۷/۲۲	۱۴۰/۱۴ ±۳۶/۴۵	۱۳۲/۹۱ ±۲۷/۵۲	۰/۰۰۱** ۰/۳۶۶	۰/۵۲۷	۰/۸۸۳

* معنی داری کمتر از ۰/۰۵، ** معنی‌داری مساوی و کمتر از ۰/۰۰۱

جدول ۲: نتایج بررسی اثر تعاملی سرعت و گروه در جابجایی مرکز فشار متغیرهای فشار کف پایی در دو گروه مورد مطالعه در طی سرعت های آهسته و تند

متغیر	گروه کنترل		گروه تجربی		عامل سرعت (p- مقدار)	عامل گروه	تعامل سرعت و گروه
	آهسته میانگین ± انحراف معیار	تند میانگین ± انحراف معیار	آهسته میانگین ± انحراف معیار	تند میانگین ± انحراف معیار	اندازه اثر		
فشار داخلی پاشنه	۷۰/۳۵±۵۶/۴۴	۴۱/۳۳ ±۱۴/۴۳	۴۹/۱۶ ±۲۳/۹۶	۵۶/۷۸ ±۲۴/۸۶	۰/۶۷۳ ۰/۰۰۶	۰/۷۲۷	۰/۲۰۶
فشار خارجی پاشنه	۶۹/۵۰±۵۱/۴۲	۳۸/۰۱ ±۱۴/۷۵	۴۵/۷۴ ±۱۹/۱۵	۵۰/۸۸ ±۱۹/۱۳	۰/۶۳۰ ۰/۰۰۸	۰/۷۴۶	۰/۲۸۴
اولین استخوان کف‌پایی	۵۲/۶۵ ±۶۸/۵۰	۳۷/۴۵ ±۱۸/۶۴	۳۲/۰۶ ±۱۰/۶۷	۳۵/۲۹ ±۱۱/۵۳	۰/۴۷۸ ۰/۰۱۸	۰/۲۸۱	۰/۲۷۷
دومین استخوان کف‌پایی	۴۳/۷۴±۳۲/۵۴	۳۱/۴۱ ±۱۳/۳۶	۴۴/۶۴ ±۱۱/۵۹	۴۶/۹۷±۱۲/۳۶	۰/۴۰۸ ۰/۰۲۵	۰/۳۷۰	۰/۲۱۵
سومین استخوان کف‌پایی	۵۰/۶۸±۳۶/۵۶	۲۸/۶۵ ±۱۱/۵۷	۳۷/۲۶ ±۷/۶۶	۴۰/۴۸ ±۸/۰۷	۰/۶۸۱ ۰/۰۰۶	۰/۴۳۶	۰/۳۳۳
چهارمین استخوان کف‌پایی	۴۷/۲۴ ±۳۶/۲۲	۱۹/۳۷ ±۹/۲۹	۲۷/۰۲ ±۱۲/۰۴	۲۸/۵۰±۱۰/۵۶	۰/۶۵۵ ۰/۰۰۷	۰/۳۵۷	۰/۴۲۱
پنجمین استخوان کف‌پایی	۲۸/۱۶±۲۱/۸۰	۱۹/۲۹ ±۱۳/۵۸	۲۶/۰۶ ±۲۰/۶۸	۲۷/۴۱±۲۰/۸۵	۰/۸۳۳ ۰/۰۰۲	۰/۷۱۰	۰/۴۸۵
میانه پا	۳۱/۹۴±۱۷/۰۷	۱۰/۴۲ ±۴/۷۴	۱۳/۳۴±۷/۱۸	۱۷/۷۷±۱۴/۶۶	۰/۷۹۸ ۰/۰۰۲	۰/۷۲۲	۰/۲۰۶
اولین انگشت پا	۵۱/۷۹ ±۴۰/۰۳	۶۱/۰۱ ±۳۷/۶۰	۴۳/۲۹ ±۸/۸۸	۴۵/۶۷±۱۲/۲۶	۰/۴۳۹ ۰/۰۲۲	۰/۱۱۵	۰/۶۴۷
انگشتان دو تا پنجم پا	۱۶/۱۵±۱۴/۵۷	۱۱/۷۶±۵/۲۱	۹/۹۰ ±۳/۱۹	۱۱/۳۶±۴/۱۹	۰/۷۵۵ ۰/۰۰۴	۰/۳۰۵	۰/۳۳۱
COPx#	۳۰/۵۵ ±۱۱/۶۹	۳۲/۲۰±۲۴/۸۸۲	۳۳/۱۳ ±۱۰/۷۵	۳۰/۶۸±۹/۸۱	۰/۸۶۰ ۰/۰۰۱	۰/۶۸۵	۰/۶۵۶
COPy$	۲۱۰/۳۴±۱۶/۳۳	۲۱۱/۷۴±۲۰/۱۹	۲۱۰/۴۸±۳۲/۲۹	۲۱۲/۱۶±۲۵/۷۰	۰/۰۴۹* ۰/۱۳۱	۰/۸۷۷	۰/۹۶۵

* معنی داری کمتر از ۰/۰۵، # مرکز فشار کف پا در محور X، $ مرکز فشار کف پا در محور Y

جدول ۳: نتایج بررسی اثر تعاملی سرعت و گروه در متغیرهای درد و اکسیژن مصرفی در دو گروه مورد مطالعه

متغیر	گروه کنترل میانگین ± انحراف معیار	گروه تجربی میانگین ± انحراف معیار	p- مقدار	اندازه اثر
حداکثر اکسیژن مصرفی	۵۶ /۵۴ ± ۳/۳۵	۴۲/۴۹ ± ۱۴/۱۵	۰/۰۲۲ *	۱/۴۱
میزان درد	۰/۰۰۱ ± /۰۰۱	۴/۶۷ ± ۱/۲۷	۰/۰۰۱**	۵/۳۸

** معنی‌داری مساوی و کمتر از ۰/۰۰۱

دویدن بیشتر از افراد سالم است. Nunes و همکاران (۲۳) نیز افزایش ۱۱ درصدی اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در گروه درد کشکک رانی را نسبت به گروه شاهد گزارش کردند. همچنین، Park و همکاران (۲۴) افزایش معنی داری در اوج نیروی عکس‌العمل زمین در زنان مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به زنان سالم را نشان دادند. علاوه بر این، آرازپور و همکاران (۲۵) بالاتر بودن درصد نیروهای عکس‌العمل زمین در حین دویدن در گروه مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه سالم را گزارش نمودند.

علیرغم همسویی نتایج فوق، برخی از تحقیقات گذشته با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نداشتند. Willson و همکاران (۱۶) نشان دادند که سطح تماس در زنان مبتلا به درد کشکک رانی در ناحیه اول متاتارسال ۹ درصد کمتر و در ناحیه میانی پا ۲۰ درصد کوچکتر از زنان سالم است. همچنین، اوج نیروها در ناحیه میانی پا برای زنان دارای درد کشکک رانی ۳۱ درصد کمتر و در ناحیه اول متاتارسال طی راه رفتن ۱۳ درصد پایین‌تر است این ناهمسویی در نتایج می تواند به دلیل تفاوت در پروتکل ارزیابی شامل ارزیابی متغیرهای فشار کف پا در حین راه رفتن در پژوهش ذکر شده باشد. به نظر می‌رسد فشارهای کف پایی در افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال طی راه رفتن ممکن است به دلیل اجتناب از افزایش سرعت جهت کاهش درد تعدیل گردد. حقیقت و همکاران (۲۶) اظهار کردند که سرعت در افراد دارای سندرم پاتلوفمورال نسبت به گروه کنترل یک همبستگی کوچک و غیر معنی‌داری را در حین دویدن نشان می‌دهد. بررسی Dag و همکاران (۱۷). نیز تفاوت معنی داری در متغیرهای فشار کف پایی بین دو گروه سندرم پاتلوفمورال و سالم طی راه رفتن را گزارش نکرد. علاوه بر این، تحقیق Thijs و همکاران (۲۷) نشان داد که افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال نسبت به افراد سالم در مرحله پیش رانه دویدن افزایش فشار در بخش خارجی پاشنه و متاتارسال دوم و سوم را نشان دادند. به نظر می رسد تفاوت های ناهمسوی تحقیق تحاضر با تحقیقات ذکر شده دلالت بر فاوت در روش کار دارد زیرا در تحقیق حاضر دو سطح متفاوت از سرعت راه رفتن و دویدن استفاده شده که تفاوت در نتایج را توجیح می کند.

بررسی بیشتر تحقیقات در خصوص سندرم پاتلوفمورال آشکار نمود که برخی از تحقیقات دارای نتایج همسو و ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر هستند. Mestelle و همکاران (۲۸) نشان دادند که هنگام دویدن با بلند کردن پاشنه، اوج استرس مفصل پاتلوفمورال و تکانه استرس کشکک رانی کاهش یافت. این نتایج به طور مستقیم با پژوهش ما همخوانی ندارد. Aliberti و همکاران (۲۰) نیز گزارش نمودند که افراد دارای درد کشکک رانی ناحیه تماس بزرگتری در قسمت داخلی و مرکزی در مرحله تماس اولیه دارند و اوج فشار کمتری روی جلوی پای داخلی مشاهده می شود. Piazza و Santos (۱۳) نشان دادند که افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال می توانند الگوهای راه رفتن و دویدن خود را برای کاهش درد تغییر دهند. این نتیجه به طور مستقیم با نتایج پژوهش ما همسو نیست، اما نشان‌دهنده تفاوت های فردی در نحوه مواجهه با درد است.

به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در افراد مبتلا به سندرم پاتلوفمورال بیشتر از افراد سالم است، هرچند تفاوت در پروتکل های تحقیقاتی، سن، سطح فعالیت بدنی، جنسیت آزمودنی و شرایط آزمون ممکن است منجر به برخی تناقض ها در نتایج شود. برای افزایش دقت و تطابق نتایج، پیشنهاد می شود که در پژوهش های آینده از پروتکل های استاندارد و مشخص برای ارزیابی متغیرهای مرتبط استفاده گردد.

در این تحقیق، افراد دارای درد کشکک رانی سرعت زیاد دویدن میزان درد را افزایش داده و همچنین عمل بازتوانی این افراد را با مشکل رو به رو می‌کند. از محدودیت های این پژوهش عدم استفاده از الکترومایوگرافی سطحی برای اندازه-گیری فعالیت عضلات بود. همچنین سرعت های انجام شده تقریبا به صورت انتخابی بود ولی تا حد امکان سرعت آزمودنی‌ها در هر تریال توسط آمونگر کنترل شد تا از حد مجاز یعنی در سرعت آهسته سه ثانیه بالاتر نرود و سرعت تند بالاتر از دو ثانیه نباشد. پیشنهاد می شود محققان در پژوهش های بعدی از سرعت های معین استفاده کنند و برای ارائه دقیق تمرینات اصلاحی فعالیت عضلات را نیز ارزیابی کنند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد زنان مبتلا به سندرم پاتلوفمورال اوج نیروهای بیشتری طی دویدن در هر دو سرعت آهسته و تند نسبت به زنان سالم در نقاط ده گانه پا دارند و این مورد می‌تواند در زمینه افزایش نیروهای عکس-العمل زمین در زنان مبتلا به سندرم پاتلوفمورال باعث افزایش استرس مفصل پاتلوفمورال و در نتیجه افزایش درد

در این مفصل شود. نتایج تحقیق حاضر به سایر آسیب های مفصل زانو از جمله استئوآرتریت زانو که در نتیجه تشدید سندرم پاتلوفمورال ایجاد می‌شود قابل تعمیم است. پیشنهاد می‌شود محققان آینده جهت به حداقل رساندن عوارض ناشی از سندرم پاتلوفمورال در مفصل زانو و بروز آسیب‌های احتمالی در تحقیقات خود تاثیر انواع مداخلات درمانی و توانبخشی را بسنجند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از تمام افرادی که در پژوهش شرکت کردند، صمیمانه تشکر می نمایند. این مقاله مستخرج از پایان نامه ارشد و دارای کد اخلاق IR.UMA.REC. 1402.066 از دانشگاه محقق اردبیلی می باشد.

نقش نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا، تحلیل و تدوین مقاله نقش داشتند.

منابع مالی

حمایت مالی ندارد.

تعارض منافع

مؤلفان اظهار می‌کنند که منافع متقابلی از تألیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

منابع

1. Bagheri S, Naderi A, Mirali S, Calmeiro L, Brewer BW. Adding mindfulness practice to exercise therapy for female recreational runners with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. J athl train 2021;56(8):902-911.

2. Constantinou A, Mamais I, Papathanasiou G, Lamnisos D, Stasinopoulos D. Comparing hip and knee focused exercises versus hip and knee focused exercises with the use of blood flow restriction training in adults with patellofemoral pain. Eur J phys rehabil Med 2022; 58(2):225-235.

3. Bazett-Jones DM, Neal BS, Legg C, Hart HF, et al. Kinematic and kinetic gait characteristics in people with Patellofemoral Pain: a systematic review and Meta-analysis. Sports Med 2023; 53(2):519-547.

4. Meira EP, Brumitt J. Influence of the hip on patients with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. Sports Health 2011; 3(5):455-465.

5. Mustafa M, Fatima I, Tariq A, Fazal MI, et al. Comparison between the Effect of Closed Kinetic Chain and Open Kinetic Chain exercises in the strengthening of Vastus Medialis Obliqus in subjects with Patello-Femoral Pain Syndrome-a randomized control trial. Pakistan Journal of Medical & Health Sciences 2022;16(06): 185

6. Kim C, Yeom S, Ahn S, Kang N, et al. Effects of patellofemoral pain syndrome on changes in dynamic postural stability during landing in adult women. Appl Bionics Biomech 2022; 2022: 7452229.

7. Yalfani A, Raeisi Z. Force Distribution and Center of Pressure Variation in Female with and without Patellofemoral Pain Syndrome. Sport Sciences and Health Research 2015; 7(1):57-68.

8. Lack SD, Bartholomew C, North T, Miller SC, Neal BS. The effects of a two-week neuromuscular intervention on biopsychosocial variables in people with patellofemoral pain: an observational study. Front Sports Act Living 2023; 5:1087061.

9. Banan M, Talebi G, Taghipour M. A Study on the Effects of Patellar Taping on Pain, Quality of Life, and Radiographic Findings in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome. J Babol Univ Med Sci 2016; 18(1): 18-24.

10. Yalfani A, Ahmadi M. Patients with patellofemoral pain exhibiting decrease vertical ground reaction force compared to healthy individuals during weight bearing tasks: A systematic reviews and meta-analysis. Iranian Journal of Public Health 2023; 52(2): 254.

11. Ertman B, Dade R, Vannatta C, Kernozek TW. Offloading Effects on Impact Forces and Patellofemoral Joint Loading During Running in Females. Gait Posture 2022; 93:212-217.

12. Yalfani A, Raeisi Z. Bilateral symmetry of vertical time to stabilization in postural sway after double-leg landing in elite athletes with unilateral chronic ankle sprain. J Foot Ankle Res 2022; 15(1): 43.

13. Piazza L, Santos GM. Patellofemoral pain syndrome does not alter baropodometric characteristics during gait in ramps and stairs. Fisioterapia e Pesquisa 2016; 23: 284-293.

14. Dar G, Saposhnik A, Finestone AS, Ayalon M. The Effect of Load Carrying on Gait Kinetic and Kinematic Variables in Soldiers with Patellofemoral Pain Syndrome. Appl Sci 2023; 13(4): 2264.

15. Rasmussen S, Wilkes B, Poulton L, Roser M, et al. Effect of Sex-Specific Running Shoes on Female Recreational Runners. Appl Sci 2022; 12(15): 7537.

16. Aliberti S, de SX Costa M, de Campos Passaro A, Arnone AC, et al. Influence of patellofemoral pain syndrome on plantar pressure in the foot rollover process during gait. Clinics. 2011; 66(3): 367-372.

17. Dag F, Dal U, Altinkaya Z, Erdogan AT, et al. Alterations in energy consumption and plantar pressure distribution during walking in young adults with patellofemoral pain syndrome. Acta orthop traumatol turc 2019; 53(1): 50-55.

18. Jafarnezhadger A. Comparison of plantar pressure variables during walking in male and female. Anesthesiology and Pain 2019;10(3): 81-90

19. Nunan D, Donovan G, Jakovljevic DG, Hodges LD, et al. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. Med Sci Sports Exerc 2009; 41(1): 243-250.

20. Barghamadi M, Yadegar A, Darvishani MA. Comparison of Foot Pressure Variables in Blind and Healthy Participants with Open and Closed Eyes While Walking. JSSU 2020; 28(8): 2922-2933.

21. Levinger P, Gilleard W. Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces in subjects with patellofemoral pain syndrome during walking. Gait Posture 2007; 25(1): 2-8.

22. Nunes GS, Barton CJ, Serrao FV. Females with patellofemoral pain have impaired impact absorption during a single-legged drop vertical jump. Gait Posture 2019; 68: 346-351.

23. Park S-K, Koo S, Yoon S-H, Park S, et al. Gender dfferences in ground reaction force components. Korean Journal of Sport Biomechanics 2018; 28(2): 101-108.

24. Arazpour M, Bahramian F, Abutorabi A, Nourbakhsh ST, et al. The effect of patellofemoral pain syndrome on gait parameters: a literature review. Arch Bone Jt Surg 2016; 4(4): 298.

25. Willson JD, Ellis ED, Kernozek TW. Plantar loading characteristics during walking in females with and without patellofemoral pain. J Am Podiatr Med Assoc 2015;105(1): 1-7.

26. Haghighat F, Rezaie M, Ebrahimi S, Shokuhian SM, et al. The correlation between intersegmental coordination variability and frontal plane hip kinematics during running in persons with patellofemoral pain. J Biomed Phys Eng 2021; 14(1): 89-98.

27. Thijs Y, De Clercq D, Roosen P, Witvrouw E. Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. Br J Sports Med 2008; 42(6): 466-471.

28. Mestelle Z, Kernozek T, Adkins KS, Miller J, Gheidi N. Effect of heel lifts on patellofemoral joint stress during running. Int J Sports Phys Ther 2017; 12(5): 711-717.