

Research Paper

Exploring the Relationship Between Gluteus Medius Activation and Pain Intensity in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: A Cross-Sectional Study



Hossein Rabieifar¹ , *Hoda Niknam² , Khosro Khademi Kalantari²

1. Department of Physiotherapy, Students' Research and Technology Committee, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University Medical of Science, Tehran, Iran.
2. Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University Medical of Science, Tehran, Iran.



Citation Rabieifar H, Niknam H, Khademi Kalantari Kh. [Exploring the Relationship Between Gluteus Medius Activation and Pain Intensity in Patient With Patellofemoral Pain Syndrome: A Cross-sectional Study (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(5):736-747. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.5.3357>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.5.3357>

ABSTRACT

Background and Aims Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is one of the most common causes of anterior knee pain, especially among physically active individuals and athletes. Dysfunction of the gluteus medius muscle, which plays a key role in hip stabilization and dynamic control of the lower extremity, has been identified as a biomechanical factor in patients with PFPS. This study aimed to investigate the relationship between the intensity of gluteus medius muscle activity and pain severity in patients with PFPS.

Methods This cross-sectional descriptive-analytical study included 32 patients diagnosed with PFPS. Pain severity was measured using the visual analog scale (VAS), and gluteus medius activity was assessed by surface electromyography (EMG) during stair ascent and descent. EMG data were normalized to the maximum voluntary isometric contraction (MVIC). Both average and peak muscle activity were recorded. Data were analyzed using SPSS software, version 27 and the Pearson correlation test.

Results The mean pain score was 4.83 ± 1.18 cm. The mean activity of the gluteus medius during stair ascent and descent was $24.27 \pm 12.83\%$ and $20.14 \pm 11.65\%$ of MVIC, respectively. The peak activity was $54.59 \pm 31.31\%$ and $50.77 \pm 28.67\%$ during stair ascent and descent, respectively. The results showed a non-significant negative correlation between gluteus medius activity and pain severity.

Conclusion Although the study found an inverse trend between gluteus medius activity and pain intensity, the relationship was not statistically significant. Strengthening the gluteus medius muscle may still be considered as part of a rehabilitation approach for PFPS, and further studies with larger sample sizes and control of confounding variables are recommended.

Keywords Patellofemoral pain syndrome (PFPS), Gluteus medius, Surface electromyography (EMG), Visual analog scale (VAS), Anterior knee pain

Received: 22 Apr 25

Accepted: 29 Jun 2025

Available Online: 22 Nov 2025

* Corresponding Author:

Hoda Niknam, Assistant Professor.

Address: Department of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Shahid Beheshti University Medical of Science, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 6126544

E-Mail: hodaniknam@gmail.com



Copyright © 2025 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is a multifactorial musculoskeletal condition that predominantly affects physically active individuals, particularly young adults and women. It is characterized by diffuse anterior knee pain that typically worsens during activities such as stair climbing, running, squatting, and sitting for extended periods. The prevalence of PFPS among physically active populations is significantly high, and it often leads to functional limitations and decreased quality of life.

The gluteus medius muscle, a primary hip abductor and stabilizers of the pelvis, plays a crucial role in maintaining proper lower limb biomechanics during dynamic movements. Weakness or neuromuscular dysfunction of this muscle can result in increased femoral internal rotation and knee valgus, both of which are associated with elevated stress on the patellofemoral joint. Despite this proposed link, the exact relationship between gluteus medius activity and pain intensity in patients with PFPS remains unclear. The main objective of this study aimed to investigate the relationship between gluteus medius muscle activation and the severity of knee pain in individuals with PFPS. The secondary objective was to determine whether muscle activity levels measured during stair ascent and descent using surface electromyography (EMG) could be used as a clinical marker of pain perception.

Methods

This cross-sectional analytical study included 32 individuals (20 women and 12 men) clinically diagnosed with PFPS, aged 18–40 years, who were referred to physiotherapy clinics. Inclusion criteria included anterior knee pain lasting more than four weeks, pain exacerbated by at least two functional activities, such as stair ascent/descent or prolonged sitting, and a minimum pain score of 3 out of 10 on the visual analog scale (VAS). Exclusion criteria included history of traumatic injury or surgery to the knee, pregnancy, neurology, rheumatology, or metabolic disease, the individual's unwillingness to continue the research, or not receiving medical or physical treatment in the last three months. Surface EMG was used to record the activity of the gluteus medius muscle during the functional tasks of stair ascent and descent. Electrode placement followed the SENIAM protocol to ensure consistency and accuracy. Each participant completed three successful trials for both movements, and EMG signals were collected at a sampling rate of 1000 Hz, band-pass

filtered between 20–450 Hz, and processed using root mean square analysis. All EMG data were normalized to each individual's maximum voluntary isometric contraction. The main outcome measures included the mean and peak EMG activity of the gluteus medius during stair ascent and descent. Descriptive statistics, including mean and standard deviation, were calculated for all variables. Pearson's correlation coefficient was used to determine the strength and direction of the relationship between EMG parameters and pain intensity scores.

Results

The participants had a mean age of 22.12 ± 2.45 years and a mean body mass index of 22.27 ± 1.82 kg/m². The average VAS pain score was 4.83 ± 1.18 cm. During stair ascent, the mean EMG activity was $24.27 \pm 12.83\%$ maximum voluntary isometric contraction (MVIC), while the peak was $54.59 \pm 31.31\%$. For stair descent, the corresponding values were $20.14 \pm 11.65\%$ and $50.77 \pm 28.67\%$ of MVIC.

Statistical analysis revealed weak negative correlations between pain intensity and both average and peak EMG activity during stair ascent and descent. For stair ascent, the correlation between mean activation and pain was $r = -0.253$ ($P = 0.163$), and for peak activation $r = -0.251$ ($P = 0.166$). During stair descent, similar non-significant inverse relationships were found: mean activation $r = -0.221$ ($P = 0.224$) and peak activation $r = -0.218$ ($P = 0.231$). All correlations were non-significant ($P > 0.05$), indicating that although a trend existed, it did not meet the threshold for statistical significance.

Conclusion

This study demonstrated weak and non-significant inverse correlations between gluteus medius activation and pain intensity in patients with PFPS. While these results do not support a direct predictive role for gluteus medius activity, they do suggest that impaired muscle function may still play a role in the broader biomechanical and clinical context of PFPS. Clinicians should consider gluteus medius strengthening as part of a holistic rehabilitation program. Several hypotheses may explain the lack of statistically significant relationships. PFPS is influenced by a range of variables including joint kinematics, motor control, psychological status (such as fear-avoidance beliefs), and even central sensitization. It is unclear whether pain is the cause or the result of altered muscle activity. The relatively small sample size may have limited the statistical power to detect significant correlations.

Further studies with larger sample sizes, standardized EMG protocols, and longitudinal follow-up are recommended to better understand the contribution of hip musculature to patellofemoral joint loading and pain modulation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Research Ethics Committee of [Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran](#) (Code: IR.SBMU.RETECH.REC.1401.840). All ethical principles, such as the informed consent of the participants, their confidentiality, and their right to leave the study, were considered.

Funding

This research was extracted from the thesis of Hossein Rabiei Far, at [Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran](#). This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. All authors approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all participants in this research



مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط بین شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس و میزان درد در بیماران مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال: یک مقاله مقطعی

حسین ربیعی فر^۱، هدا نیکنام^۲، خسرو خادمی کلانتری^۲

۱. گروه فیزیوتراپی، کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویان، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Rabieifar H, Niknam H, Khademi Kalantari Kh. [Exploring the Relationship Between Gluteus Medius Activation and Pain Intensity in Patient With Patellofemoral Pain Syndrome: A Cross-sectional Study (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(5):736-747. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.5.3357>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.5.3357>

چکیده

مقدمه و اهداف: سندرم درد پاتلوفمورال یکی از شایع‌ترین علل درد قدامی زانو به‌ویژه در میان افراد فعال و ورزشکاران است. یکی از عوامل بیومکانیکی مؤثر در بیماران مبتلا به سندرم درد کشکی رانی، اختلال در عملکرد عضله گلوئوس مدیوس است که نقش مهمی در تثبیت و کنترل پویای اندام تحتانی دارد. هدف از این مطالعه، بررسی ارتباط بین شدت فعالیت الکترومیوگرافیک عضله گلوئوس مدیوس و شدت درد زانو در افراد مبتلا به سندرم درد کشکی رانی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی-تحلیلی از نوع مقطعی بر روی ۳۲ بیمار مبتلا به سندرم درد کشکی رانی انجام شد. شدت درد زانو با استفاده از مقیاس دیداری آنالوگ اندازه‌گیری شد. فعالیت عضله گلوئوس مدیوس از طریق الکترومیوگرافی سطحی در حین فعالیت بالا و پایین رفتن از پله ثبت و نسبت به حداکثر فعالیت عضله نرمال سازی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون تحلیل گردید. شدت فعالیت به دو شکل حداکثر و میانگین گزارش شد.

یافته‌ها: میانگین شدت درد بیماران $4/83 \pm 1/18$ سانتی‌متر و میانگین شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس در بالا رفتن از پله $24/27 \pm 12/83$ و در پایین آمدن از پله $20/14 \pm 11/65$ درصد MVIC گزارش شد. همچنین اوج فعالیت عضله گلوئوس مدیوس در بالا رفتن از پله $54/59 \pm 31/31$ و در پایین آمدن از پله $50/77 \pm 28/67$ درصد MVIC گزارش شد. تحلیل آماری نشان داد بین شدت فعالیت این عضله و میزان درد زانو همبستگی معکوس و غیرمعنی‌داری وجود دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس با میزان درد در بیماران مبتلا به سندرم درد قدامی زانو ارتباط غیرمعنی‌دار معکوسی دارد. بنابراین، تقویت این عضله می‌تواند به‌عنوان بخشی از برنامه‌های توانبخشی در درمان این بیماران مدنظر قرار گیرد. مطالعات بیشتر با حجم نمونه بیشتر و کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: سندرم درد پاتلوفمورال، عضله گلوئوس مدیوس، الکترومیوگرافی سطحی، مقیاس دیداری آنالوگ، درد قدام زانو

تاریخ دریافت: ۰۲ اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۰۸ تیر ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ آذر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر هدا نیکنام

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.

تلفن: ۶۱۲۶۵۴۴ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: hodaniknam@gmail.com



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

نشان داد در تمرین درمانی رایج، فعال سازی عضله گلوئوس مدیوس در بیماران PFPS کمتر از حد انتظار است [۵]. همچنین، بررسی های نظام مند حاکی از آن است که زنان مبتلا به PFPS دارای ضعف در عضلات مفصل ران، به ویژه گلوئوس مدیوس، هستند [۶]. با این حال، مطالعه ای که به طور خاص ارتباط بین شدت فعالیت الکتریکی عضله گلوئوس مدیوس و میزان درد در بیماران مبتلا به PFPS را بررسی کرده باشد انجام نشده است.

باتوجه به اهمیت بالقوه عملکرد عضله گلوئوس مدیوس در مدیریت PFPS و عدم بررسی ارتباط این مهم با درد بیماران درد قدامی زانو در مطالعات، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین شدت فعالیت این عضله و میزان درد در بیماران مبتلا به PFPS طراحی شده است.

مواد و روش ها

نوع مطالعه

این پژوهش یک مطالعه توصیفی تحلیلی از نوع مقطعی بود که با هدف بررسی ارتباط بین شدت فعالیت الکتریکی عضله گلوئوس مدیوس و شدت درد زانو در بیماران مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال (PFPS) انجام شد.

جامعه و نمونه

جامعه آماری پژوهش را مردان و زنان مبتلا به PFPS مراجعه کننده به کلینیک های فیزیوتراپی تشکیل دادند. روش نمونه گیری مطالعه غیر تصادفی ساده در دسترس بود. تعداد ۳۲ نفر (۲۰ زن و ۱۲ مرد) که معیارهای ورود را داشتند در این مطالعه شرکت کردند. حجم نمونه براساس مطالعات پیشین [۴، ۷] و همچنین با استفاده از نرم افزار جی پاور^۸ نسخه ۱/۳ مطابق بر روش آماری همبستگی مدل دو متغیره نرمال^۹ (خطای برابر با ۰/۰۵، توان ۸۰ درصد و اندازه اثر ۰/۴۸) محاسبه شد. براین اساس به ۳۱ آزمودنی نیاز بود که در پژوهش حاضر ۳۲ نفر فرد مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال در نظر گرفته شد.

معیارهای ورود به مطالعه

سن ۱۸ تا ۴۰ سال [۸، ۹]، درد جلوی زانو و اطراف پاتلا حین حداقل دو فعالیت از فعالیت های ذکر شده که فشار به مفصل پاتلوفمورال وارد می کنند مثل بالا و پایین رفتن از پله، چمباتمه زدن، زانو زدن، پریدن، دویدن [۱۰]، حداقل نمره فرد در مقیاس آنالوگ دیداری^{۱۱} درد ۳ از ۱۰ در افراد [۱۱]، سابقه حداقل ۳ روز درد مداوم جلوی زانو و اطراف پاتلا در حداقل ۳ ماه اخیر (علت

سندرم درد پاتلوفمورال^۱ (PFPS) یکی از شایع ترین علل درد قدامی زانو در میان جمعیت فعال، به ویژه زنان جوان است. شیوع این سندرم در جمعیت عمومی بین ۱۵ تا ۴۵ درصد گزارش شده است [۱]. سندرم درد قدام زانو (AKP)^۲ عارضه ای غیر تروماتیک است که به همراه درد پراکنده در اطراف یا پشت پاتلا^۳ شناخته می شود و به واسطه فعالیت هایی که باعث فشار روی مفصل پاتلوفمورال (PFJ)^۴ می شوند مانند بالا و پایین رفتن از پله، دویدن، پریدن و چمباتمه زدن^۵ تشدید می شوند. همچنین تست های اختصاصی^۶ و استراحت طولانی نیز می توانند موجب افزایش درد بیمار شوند [۲]. در سال های اخیر، نقش عضلات مفصل ران، به ویژه عضله گلوئوس مدیوس، در بیومکانیک زانو و تأثیر در PFPS مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این عضله نقش مهمی در ثبات لگن و کنترل حرکات در صفحات فرونتال و عرضی اندام تحتانی دارد [۴].

کنترل نوروماسکولار در عضلات ران و زانو فاکتوری مهم در این بیماران به شمار می رود. ضعف و اختلال نوروماسکولار عضلات ران و گلوئوتال در این بیماران به افزایش حرکات اددکشن و چرخش داخلی ران حین فعالیت هایی مثل چمباتمه زدن، دویدن، بالا و پایین رفتن از پله و همینطور عدم کنترل زاویه ژنوکوم در فاز ایستایی^۷ دویدن منجر می شود که این حرکات بیش از حد ران سبب افزایش استرس در مفصل پاتلوفمورال و افزایش ریسک ابتلا به PFPS می شود. کنترل این حرکات به قدرت و فعالیت گروه عضلات پروگزیمال (عضلات ران) که آنتاگونیست این حرکات هستند بستگی دارد.

در بین عضلات ران، عضله گلوئوس مدیوس در این بیماران به طور قابل توجهی متأثر می شود. مدت زمان فعالیت این عضله در این بیماران نسبت به افراد سالم کمتر است و همچنین شروع فعالیت آن نیز با تأخیر همراه می شود. درواقع این تأخیر در شروع فعالیت عضله و کاهش مدت زمان فعالیت آن می تواند موجب افزایش اددکشن و چرخش داخلی ران بشود [۳]. همچنین گزارش شده است بین تأخیر در شروع فعالیت عضله گلوئوس مدیوس و افزایش اددکشن ران در این بیماران حین دویدن همبستگی وجود دارد [۴].

مطالعات الکترومیوگرافی (EMG) نشان داده اند بیماران مبتلا به PFPS در مقایسه با افراد سالم در فعالیت های مختلف فعالیت کمتری در عضله گلوئوس مدیوس دارند. به عنوان مثال، پژوهشی

1. Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS)
2. Anterior Knee Pain (AKP)
3. Patella
4. Patella Femoral Joint (PFJ)
5. Squat
6. Special tests
7. Stance

8. G*Power

9. Correlation: Bivariate normal model

10. Visual Analog Scale (VAS)

زیر بود: عرض باند ۱۰ تا ۲۵۰ هرتز، نرخ نمونه‌گیری ۱۰۰۰ هرتز و حساسیت آمپلی‌فایر ۳. در مورد افرادی که هردو اندام آن‌ها به سندروم درد پاتلوفمورال مبتلا بود، اندامی که به گزارش خود فرد دردناک‌تر بود، مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای امکان‌پذیر شدن مقایسه تغییرات شدت فعالیت الکتریکی عضله، امواج الکترومیوگرافی باید نرمالیزه می‌شدند؛ در این راستا، از آزمون حداکثر قدرت ایزومتریک (MVIC)^{۱۶} استفاده شد. چون شایع‌ترین روش نرمال‌سازی داده‌های الکترومیوگرافی استفاده از روش MVIC است از وضعیت ارزیابی دستی حداکثر قدرت عضلات براساس SENIAM استفاده شد. جهت انجام این روش از عضله ۳ انقباض، با فاصله زمانی حداقل ۲ دقیقه جهت رفع هرگونه خستگی ثبت شد.

برای ثبت حداکثر فعالیت الکتریکی عضله گلوئوس مدیوس الکترودها در فاصله میانی بین کرسر ایلیاک و تروکانتر بزرگ چسبانده شدند و آزمون حداکثر قدرت ایزومتریک در وضعیت به پهلوی خوابیده از ابداکشن ۱۰ درجه از فرد گرفته شد. سپس با همین نحوه قرارگیری الکترودها، فعالیت الکتریکی این عضله در فعالیت عملکردی پایین آمدن و بالا رفتن از پله ثبت شد. ارتفاع پله استاندارد (۱۷ سانتی‌متر) بود [۲۰]. از بین فعالیت‌های عملکردی، فعالیت پایین آمدن و بالا رفتن از پله انتخاب شد، زیرا شروع فعالیت عضله گلوئوس مدیوس، مدت‌زمان فعالیت عضله و سطح فعالیت عضله در این فعالیت به‌طور مشهودتری در بیماران PFPS دچار تغییر می‌شود [۹، ۲۱]. مبدا زمانی ما در بالا رفتن و پایین آمدن از پله اولین برخورد پای اول بود که با فوت سویچ^{۱۷} ثبت شد. هر عضله در هر فعالیت عملکردی ۵ بار مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس داده‌هایی که به‌طور چشمگیری پرت بودند به‌صورت بصری یا زمینه‌ای^{۱۸} حذف شده و از داده‌های باقیمانده میانگین گرفته شد. شدت فعالیت عضله در بازه ۲۰۰ میلی ثانیه قبل تا ۱ ثانیه بعد از برخورد فوت سویچ یک‌سو^{۱۹} می‌شود و سپس با استفاده از MVIC نرمال می‌شود. در نهایت سیگنال توسط معادله جذر متوسط مربع (RMS^{20}) تصحیح شد.

روش آماری

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ تحلیل شدند. در ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون آماری شاپیرو-ویلک^{۲۱} مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به برقرار بودن شرط توزیع نرمال داده‌ها، برای بررسی ارتباط بین شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس و شدت درد، از آزمون

آن ضربه نباشد) [۱۲-۱۵]، عدم دریافت درمان طبی و فیزیکی در ۳ ماه اخیر [۱۶]، شاخص بدنی ۲۰ تا ۳۰، مثبت شدن آزمون گریند پاتلا^{۱۱} و تندرست در داخل و خارج فست پاتلا. این تست با حساسیت^{۱۲} (۲۹-۴۹ درصد) و اختصاصی بودن^{۱۳} (۶۷-۹۵ درصد) بالا، قابل قبول است [۱۰].

معیارهای خروج از مطالعه

پاتولوژی تاندون پاتلا [۸]، آسیب کندرال مفصل زانو [۸]، استئوآرتریت مفصل زانو [۸]، درد ارجاعی ستون فقرات به اندام تحتانی [۸]، وجود بیماری‌های نوروماسکولار، روماتولوژی یا متابولیک مثل دیابت و نوروپاتی در فرد [۱۰]، بارداری [۴]، وجود ترومای ناشی از مصدومیت یا جراحی در اندام تحتانی در ۱۲ ماه گذشته در فرد [۴]، در رفتگی یا نیمه‌دررفتگی پاتلا و نشانه‌های آسیب منیسک یا لیگامان [۱۷]، عدم تمایل فرد به ادامه‌ی همکاری یا شرکت در پژوهش [۹]، دریافت درمان طبی و فیزیکی در ۳ ماه اخیر توسط بیمار [۱۶].

ابزارها و روش جمع‌آوری داده‌ها

شدت درد زانو با استفاده از مقیاس دیداری آنالوگ (VAS) اندازه‌گیری شد. این ابزار شامل یک خط افقی ۱۰ سانتی‌متری است که طرفین آن به ترتیب بیانگر «بدون درد» و «شدیدترین درد قابل تصور» است. شرکت‌کنندگان عدد مربوط به درد خود طی ۱ هفته گذشته را روی این خط علامت‌گذاری کردند [۱۸].

برای ارزیابی فعالیت الکتریکی عضله گلوئوس مدیوس، از الکترومیوگرافی سطحی استفاده شد. محل قرارگیری الکترودها مطابق دستورالعمل‌های استاندارد پروژه SENIAM بود، به‌گونه‌ای که الکترودها در امتداد فیبرهای عضله در سطح خارجی لگن قرار گرفتند.

پروتکل ثبت الکترومیوگرافی

برای بررسی عملکرد الکترومیوگرافی عضله گلوئوس مدیوس به‌منظور سهولت آماده‌سازی پوست و الکتروگذاری از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در آغاز آزمون گان مخصوصی را بپوشند. محل قرار دادن الکترودها روی پوست با صابون و آب گرم و در صورت ضرورت با سمباده نازک، تمیز و سپس خشک شد. الکترودهای دستگاه الکترومیوگرافی سطحی ۸ کاناله^{۱۴} که از جنس نقره-کلرید نقره و با فاصله بین الکترودی ۲ سانتی‌متر بودند [۱۹]، طبق روش سینام^{۱۵} و طبق تحقیقات گذشته، به موازات فیبرهای عضله در اندام مبتلای افراد مورد مطالعه قرار داده شدند. مشخصات امواج به شرح

16. Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC)
17. Foot switch
18. Visual or Contextual
19. Rectify
20. Root Mean Square (RMS)
21. Shapiro-Wilk Test

11. Patellar grind test
12. Sensitivity
13. Specificity
14. Biometrics Ltd data log
15. SENIAM

ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معنی داری در این پژوهش $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و استنباطی به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه استفاده شد. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده‌ی بدنی در **جدول شماره ۱** نشان داده شده است و همچنین اطلاعات مربوط به متغیرهای پژوهش در **جدول شماره ۲** ارائه شده است. به منظور بررسی رابطه بین میزان زاویه درد و شدت فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس در افراد مبتلا به سندروم درد کشکی رانی با رعایت پیش فرض توزیع طبیعی داده‌ها از همبستگی پیرسون استفاده شد (**جدول شماره ۳**).

در **جدول شماره ۳**، رابطه بین شدت فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس و میزان درد بررسی شده است. نتایج نشان داد بین میانگین فعالیت این عضله در هنگام بالا رفتن از پله و میزان درد، همبستگی منفی ضعیفی به مقدار $-0/253$ وجود دارد، اما این رابطه از نظر آماری معنی دار نیست ($P = 0/163$). همچنین، اوج فعالیت عضله در بالا رفتن از پله نیز با درد رابطه‌ای منفی و ضعیف به میزان $-0/251$ دارد که باز هم از نظر آماری معنی دار نبوده است ($P = 0/166$).

در مورد پایین آمدن از پله نیز بین میانگین فعالیت عضله و درد، همبستگی منفی ضعیفی به میزان $-0/221$ دیده شد که با مقدار معنی داری $0/224$ غیرمعنی دار گزارش شده است. همچنین اوج فعالیت عضله در پایین آمدن از پله با درد، همبستگی منفی $-0/218$ داشته که معنی دار نبوده است ($P = 0/231$).

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
سن (سال)	$31/78 \pm 4/02$
قد (سانتی‌متر)	$169/03 \pm 8/46$
وزن (کیلوگرم)	$70/69 \pm 9/81$
شاخص توده بدن	$24/68 \pm 2/45$

طب توانبخشی

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار مربوط به متغیرهای پژوهش

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
میانگین فعالیت در بالا رفتن از پله (درصد)	$24/27 \pm 12/83$
اوج فعالیت در بالا رفتن از پله (درصد)	$54/59 \pm 31/31$
میانگین فعالیت در پایین آمدن از پله (درصد)	$20/14 \pm 11/65$
اوج فعالیت در پایین آمدن از پله (درصد)	$50/77 \pm 28/67$
درد	$4/83 \pm 1/18$

طب توانبخشی

جدول ۳. اطلاعات آزمون همبستگی پیرسون بین شدت فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس و میزان درد

متغیر	متغیر	پیرسون	معنی داری
درد	میانگین فعالیت در بالا رفتن از پله (درصد)	$-0/253$	$0/163$
	اوج فعالیت در بالا رفتن از پله (درصد)	$-0/251$	$0/166$
	میانگین فعالیت در پایین آمدن از پله (درصد)	$-0/221$	$0/224$
	اوج فعالیت در پایین آمدن از پله (درصد)	$-0/218$	$0/231$

طب توانبخشی

به‌طور کلی، اگرچه در تمامی شرایط، افزایش فعالیت عضله گلوئوس مدیوس با کاهش درد همراه بوده، اما هیچ‌یک از این روابط از نظر آماری معنی‌دار نبوده‌اند و نمی‌توان رابطه قطعی بین شدت فعالیت عضله و میزان درد گزارش کرد. (جدول شماره ۲).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس و شدت درد زانو در بیماران مبتلا به سندرم درد پاتولوژیک بود. یافته‌های این مطالعه نشان داد اگرچه همبستگی معکوسی میان شدت فعالیت الکترومایوگرافیک عضله گلوئوس مدیوس و شدت درد زانو مشاهده شد اما این ارتباط از نظر آماری معنی‌دار نبود.

در تفسیر عدم همبستگی مشاهده‌شده میان فعالیت عضله و درد، باید به ماهیت چندعاملی درد در سندرم کشککی‌رانی توجه داشت. درد در این سندرم صرفاً محصول یک عامل نیست، بلکه حاصل تعامل پیچیده عوامل بیومکانیکی، عصبی-عضلانی و روانی است. تحقیقات پیشین مجموعه‌ای از عوامل مؤثر بر بروز و تداوم PFPS را مطرح کرده‌اند؛ از جمله ناهنجاری‌های ساختاری و زوایای مفصلی نامناسب، الگوهای حرکتی معیوب (مانند افزایش بیش از حد اداکشن و چرخش داخلی مفصل ران حین فعالیت‌ها)، ضعف یا تأخیر در فعال‌سازی عضلات تثبیت‌کننده لگن (نظیر گلوئوس مدیوس)، و حتی عوامل روان‌شناختی مانند اضطراب، افسردگی و ترس از حرکت. براین اساس، ممکن است بیمارانی با شدت درد بالا، دارای سایر عوامل مستعدکننده (مانند اختلالات بیومکانیکی یا روانی) باشند که اثر آن‌ها بر درد غالب است و نقش فعالیت عضله گلوئوس مدیوس در ادراک درد را تحت الشعاع قرار می‌دهد. به بیان دیگر، عدم همبستگی مستقیم بین فعالیت این عضله و شدت درد لزوماً به معنی بی‌تأثیر بودن عملکرد گلوئوس مدیوس در وضعیت بیمار نیست، بلکه نشان می‌دهد درد زانو در PFPS یک پدیده چندعاملی است که عوامل متعددی به‌صورت موازی بر آن اثر می‌گذارند [۲۲، ۲۳].

پژوهش‌ها نشان داده‌اند تقویت عضلات لگن (شامل گلوئوس مدیوس و سایر عضلات ابدکتور و چرخاننده ران) می‌تواند به کاهش درد و بهبود عملکرد بیماران PFPS منجر شود. درواقع بسیاری از پروتکل‌های توان‌بخشی موفق در این بیماران شامل تمرینات هدفمند برای تقویت و بهبود کنترل عضلات لگن بوده‌اند. بنابراین، نتیجه مطالعه حاضر مبنی بر عدم همبستگی خطی بین فعالیت عضله و درد، این نکته را روشن می‌کند که تأثیرات مفید تقویت گلوئوس مدیوس بر درد احتمالاً به‌صورت غیرمستقیم و از طریق بهبود هم‌ترازی اندام تحتانی و کاهش تنش‌های نامناسب بر مفصل کشککی‌رانی اعمال می‌شود نه صرفاً افزایش شدت فعالیت عضله. از دید بالینی، رویکرد درمانی باید همه‌جانبه باشد و علاوه بر تقویت عضله گلوئوس مدیوس، سایر

عوامل مرتبط با درد PFPS را نیز هدف قرار دهد؛ از جمله اصلاح الگوی حرکت، تمرکز بر تعادل عضلانی کل اندام تحتانی و توجه به جنبه‌های روان‌شناختی درد (مانند ترس از حرکت و حساسیت درد بیمار) [۲۴].

اگرچه مطالعاتی چون دی استفانو و همکاران نشان داده‌اند که فعال‌سازی عضله گلوئوس مدیوس در بیماران PFPS کاهش می‌یابد [۵]، اما مشخص نیست این کاهش فعالیت دلیل ایجاد PFPS باشد یا نتیجه آن. برخی پژوهش‌ها این موضوع را مطرح کرده‌اند که کاهش فعالیت عضله ممکن است ناشی از مهار عصبی-عضلانی وابسته به درد، تغییرات حرکتی جبرانی یا تغییر در راهکارهای استراتژیک کنترل حرکت باشد [۲۵-۲۷]. نبود ارتباط معنی‌دار بین درد و شدت فعالیت عضله گلوئوس مدیوس در مطالعه حاضر بیشتر به نفع این فرضیه هست که کاهش فعالیت این عضله بیشتر یک پاسخ تطابقی یا ثانویه به درد است و نه علت اولیه. این فرضیه با مکانیسم مهار ثانویه به درد نیز سازگار است؛ درواقع درد مفصلی می‌تواند موجب مهار رفلکسی عضلات اطراف مفصل بشود [۲۸].

ازسوی دیگر مطالعه حاضر یک مطالعه مقطعی است و نمی‌توان در آن رابطه علیت را اثبات کرد و برای این مهم به مطالعات آینده‌نگر با حجم نمونه مناسب نیاز است که بتواند به‌صورت علی-معلولی به بررسی این رابطه بپردازد.

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد نقش عضله گلوئوس مدیوس در PFPS با تناقضاتی همراه بوده است. در برخی پژوهش‌ها ضعف یا کاهش فعالیت این عضله با بروز درد زانو مرتبط دانسته شده، درحالی‌که سایر مطالعات نشان داده‌اند این ارتباط ممکن است معنی‌دار نباشد یا تنها در زیرگروه‌هایی از بیماران (مانند زنان دونه) دیده شود [۲۹، ۳۰]. اختلاف در روش‌های ثبت EMG، پروتکل‌های حرکتی، وضعیت‌های دینامیک یا ایستا و خصوصیات جمعیت مورد مطالعه می‌تواند یکی از دلایل این نتایج متناقض باشند.

بررسی احساس درد خود به‌شدت تحت تأثیر عوامل روان‌شناختی و شناختی نیز قرار دارد. افراد با سطح اضطراب بالا، حساسیت درد بیشتری دارند و ممکن است شدت درد بیشتری را بدون تغییرات عملکردی واقعی تجربه کنند. این مسئله به‌ویژه در دردهای مزمن نظیر PFPS اهمیت دارد و در طراحی‌های آینده باید با ابزارهای مناسب مانند پرسش‌نامه درد یا مؤلفه‌های روان‌شناختی مورد کنترل قرار گیرد.

در مطالعات گذشته ارتباط بین درد و عملکرد با شدت فعالیت عضلات ران (با استفاده از ابزار متفاوت از مطالعه حاضر) مورد بررسی قرار گرفتند. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۴ برنز و همکاران با مطالعه روی ۳۰ فرد مبتلا به PFPS ارتباط بین شدت انقباض ایزومتریک عضلات ابدکتور و چرخاننده خارجی ران (با استفاده از

برنامه تمرین درمانی این بیماران توجه به شکل‌های تمرینی مختلف این عضله (کنترل عصبی-عضلانی، زمانبندی عضله، توان، استقامت و غیره) به جای تأکید صرف روی تقویت عضله می‌تواند به بهبود روند درمان این بیماران کمک کند.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به حجم نمونه نسبتاً محدود اشاره کرد. همچنین استفاده از الکترومیوگرافی سطحی به عنوان ابزار ثبت فعالیت عضلانی، تحت تأثیر عواملی چون ضخامت بافت نرم، تداخل سیگنال‌های عضلات مجاور و دقت در جای گذاری الکتروود قرار دارد که ممکن است در اندازه‌گیری دقیق شدت فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس اختلال ایجاد کند. علاوه بر این، به رغم تلاش برای استانداردسازی شرایط حرکتی، فعالیت‌های عملکردی انتخاب شده (بالا رفتن و پایین آمدن از پله) ممکن است تحت تأثیر فاکتورهای بیومکانیکی کنترل نشده مانند سرعت حرکت، ثبات تنه و الگوهای جبرانی اندام تحتانی قرار گرفته باشند.

از دیگر محدودیت‌ها می‌توان به استفاده از ابزار تک بعدی برای ارزیابی درد اشاره کرد؛ چراکه تجربه درد در بیماران پدیده‌ای چندوجهی است و بهره‌گیری از ابزارهای روان‌سنجی جامع‌تر می‌توانست اطلاعات دقیق‌تری ارائه دهد. در مطالعه حاضر تنها یک عضله (گلوئتوس مدیوس) و تنها یک متغیر خروجی (شدت درد) بررسی شده است، در حالی که الگوی حرکتی ناحیه لگن و اندام تحتانی در حین فعالیت، وابسته به همکاری بین عضلانی^{۲۲} و هماهنگی عصبی-عضلانی گسترده‌تری است. ممکن است عضلات دیگر مانند گلوئتوس ماکسیموس، عضلات روتاتور خارجی عمقی یا عضلات تنه نقش تعیین‌کننده در این رابطه داشته باشند که در این مطالعه بررسی نشده‌اند.

همچنین، ماهیت مقطعی این مطالعه مانع از تفسیر روابط علی بین الگوهای زمانی فعالیت عضله و شدت درد می‌شود. محدودیت مهم مطالعه‌ی حاضر که امکان کنترل آن وجود نداشت میزان فعالیت، سابقه ورزشی و مدت زمان درد افراد شرکت‌کننده در مطالعه بود.

ما در این مطالعه ارتباط بین میزان درد و شدت فعالیت عضله‌ی گلوئتوس مدیوس را صرفاً در فعالیت بالا و پایین رفتن از پله را بررسی کردیم، در حالی که این ارتباط ممکن است در فعالیت‌های عملکردی دیگر مثل دویدن و راه رفتن نتایج متفاوتی را نشان دهد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی این ارتباط در فعالیت‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر، طراحی برای کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده (مانند عوامل روانشناختی، سطح فعالیت فرد و غیره) و اندازه‌گیری هم‌زمان متغیرهای چندگانه انجام شود. همین‌طور بررسی ارتباط دیگر ویژگی‌های عضلانی

دینامومتر) را با شدت درد و میزان عملکرد افراد را بررسی کردند که نتایج همبستگی معکوس شدت فعالیت با درد و همبستگی مستقیم با عملکرد را نشان دادند. [۳۱]

در سال ۲۰۱۹ نیز نونز و همکاران با استفاده از دستگاه دینامومتر همبستگی معکوسی بین قدرت ایزومتریک و دینامیک، توان و استقامت عضلات ابدکتور و چرخاننده خارجی با درد در بیماران مبتلا به PFPS مشاهده کردند [۳۲].

پایین و همکاران در مطالعه‌ای مقطعی ارتباط معنی‌داری بین فعالیت اندازه‌گیری شده با اولتراسوند عضله گلوئتوس مدیوس و درد در بیماران PFPS یافتند به این صورت که هرچه فعالیت این عضله غیرقرینه‌تر باشد شدت درد در این افراد بیشتر است [۳۳].

مطالعات پیشین که ارتباط بین عملکرد عضلات لگن و شدت درد در بیماران PFPS را بررسی کرده‌اند، عمدتاً بر پایه سنجش‌های ایزومتریک در شرایط ایستا با استفاده از دینامومتر دستی یا ایزوکینتیک، یا براساس اندازه‌گیری ضخامت عضله در حالت انقباض با اولتراسوند بوده‌اند. این روش‌ها اگرچه اطلاعات مفیدی درباره ظرفیت کلی عضله یا تقارن ساختاری ارائه می‌دهند، اما لزوماً بازتاب دقیقی از نحوه عملکرد عضله در حین فعالیت‌های عملکردی نیستند. در مقابل، مطالعه حاضر با استفاده از ثبت الکترومیوگرافی سطحی طی یک وظیفه عملکردی واقعی (بالا و پایین رفتن از پله) به بررسی الگوی فعال‌سازی عضله گلوئتوس مدیوس پرداخته است. این تفاوت در روش‌شناسی ممکن است یکی از دلایل اصلی تفاوت نتایج باشد؛ چراکه در شرایط عملکردی، عضله علاوه بر توان تولید نیرو، باید زمان‌بندی و هماهنگی عصبی دقیقی نیز داشته باشد که می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای متعددی قرار گیرد، از جمله الگوهای جبرانی، شدت علائم، یا سطح فعالیت بدنی بیمار. از این رو، عدم مشاهده همبستگی معنی‌دار بین شدت فعالیت عضله و شدت درد در مطالعه حاضر می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که کاهش فعالیت عضله در زمینه یک وظیفه عملکردی ممکن است بیش از آنکه ناشی از ضعف ساختاری یا کمبود قدرت باشد، بازتابی از اختلال در کنترل عصبی-عضلانی یا پاسخ تطابقی به درد باشد؛ پدیده‌ای که به راحتی در سنجش‌های ایستا و غیرعملکردی قابل‌شناسایی نیست.

نتیجه‌گیری

اگرچه مطالعه حاضر نتوانست ارتباط معنی‌داری بین شدت فعالیت گلوئتوس مدیوس و شدت درد در بیماران PFPS نشان دهد، اما مشاهده روند همبستگی معکوس (هرچند غیرمعنی‌دار) می‌تواند نشانه‌ای از نقش بالقوه این عضله در تعدیل درد باشد. با توجه به اینکه شدت درد در این بیماران با شدت فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس در این بیماران ارتباط معنی‌داری نداشت، در

عضله گلوئوس مدیوس با درد مثل نرخ فعال سازی مرکزی^{۲۳} (CAR)، توان، استقامت، ویژگی های زمانی (زمان شروع و پایان فعالیت عضله) و غیره در بیماران PFPS برای مطالعات آتی پیشنهاد می شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه با دریافت رضایت نامه کتبی از تمام شرکت کنندگان انجام شد و کد اخلاق (IR.SBMU.RETECH.REC.1401.840). از کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی محل اجرای مطالعه اخذ شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه حسین ربیعی فر گروه فیزیوتراپی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می باشد و هیچ گونه کمک مالی از سازمانی های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام بیمارانی که در این مطالعه شرکت کرده اند سپاسگزاری می شود.

References

- [1] Boling M, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 20(5):725-30. [DOI:10.1111/j.1600-0838.2009.00996.x] [PMID]
- [2] Crossley KM, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Collins NJ, Rathleff MS, Barton CJ. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 2: Recommended physical interventions (exercise, taping, bracing, foot orthoses and combined interventions). *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 50(14):844-52. [DOI:10.1136/bjsports-2016-096268] [PMID]
- [3] Barton CJ, Levinger P, Menz HB, Webster KE. Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Gait Posture*. 2009; 30(4):405-16. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2009.07.109] [PMID]
- [4] Willson JD, Kernozek TW, Arndt RL, Reznichuk DA, Scott Straker J. Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2011; 26(7):735-40. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2011.02.012] [PMID]
- [5] Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2009; 39(7):532-40. [DOI:10.2519/jospt.2009.2796] [PMID]
- [6] Green A, Liles C, Rushton A, Kyte DG. Measurement properties of patient-reported outcome measures (PROMS) in Patellofemoral Pain Syndrome: A systematic review. *Manual Therapy*. 2014; 19(6):517-26. [DOI:10.1016/j.math.2014.05.013] [PMID]
- [7] Dierks TA, Manal KT, Hamill J, Davis IS. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2008; 38(8):448-56. [DOI:10.2519/jospt.2008.2490]
- [8] Mahmoud WS, Kamel EM. The effect of additional balance training program to gluteus medius strengthening exercises on patellofemoral pain syndrome. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*. 2015; 4(2):7-14. [Link]
- [9] Dorosti R, Ghasemi M, Kalantari KK, Baghban AA. [The electromyography of knee muscles in people with patellofemoral pain syndrome: Systematic review (Persian)]. *Journal Rehabilitation Medicine*. 2015; 4(4):166-72. [Link]
- [10] Motealleh A, Mohamadi M, Moghaddam MB, Nejati N, Arjang N, Ebrahimi N. Effects of core neuromuscular training on pain, balance, and functional performance in women with patellofemoral pain syndrome: A clinical trial. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2019; 18(1):9-18. [DOI:10.1016/j.jcm.2018.07.006] [PMID]
- [11] Felicio LR, de Carvalho CAM, Dias CLCA, Vigário PDS. Electromyographic activity of the quadriceps and gluteus medius muscles during/different straight leg raise and squat exercises in women with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2019; 48:17-23. [DOI:10.1016/j.jelekin.2019.05.017] [PMID]
- [12] Rojhani Shirazi Z, Biabani Moghaddam M, Motealleh A. Comparative evaluation of core muscle recruitment pattern in response to sudden external perturbations in patients with patellofemoral pain syndrome and healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(7):1383-9. [DOI:10.1016/j.apmr.2014.01.025] [PMID]
- [13] Motealleh A, Maroufi N, Sarrafzadeh J, Sanjari MA, Salehi N. Comparative evaluation of core and knee extensor mechanism muscle activation patterns in a stair stepping task in healthy controls and patellofemoral pain patients. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2014; 1(4):84-91. [DOI:10.30476/jrsr.2014.41061]
- [14] Nakagawa TH, Maciel CD, Serrão FV. Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Manual Therapy*. 2015; 20(1):189-93. [DOI:10.1016/j.math.2014.08.013] [PMID]
- [15] Hollman JH, Galardi CM, Lin IH, Voth BC, Whitmarsh CL. Frontal and transverse plane hip kinematics and gluteus maximus recruitment correlate with frontal plane knee kinematics during single-leg squat tests in women. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2014; 29(4):468-74. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2013.12.017] [PMID]
- [16] Aminaka N, Pietrosimone BG, Armstrong CW, Meszaros A, Gribble PA. Patellofemoral pain syndrome alters neuromuscular control and kinetics during stair ambulation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21(4):645-51. [DOI:10.1016/j.jelekin.2011.03.007] [PMID]
- [17] Songur A, Demirdel E. Evaluation of patients with PFPS using a standardized Q angle measurement protocol. *Turkish Journal of Kinesiology*. 2020; 6(4):149-56. [DOI:10.31459/turkjin.814557]
- [18] Yue W, Shuang R, Hongshi H, Yingfang A, Bo G. A study on the effects of gluteal muscle activation on the electromyography of lower limb muscles in young male patients with patellofemoral pain syndrome. *Orthopaedic Surgery*. 2025; 17(3):744-52. [DOI:10.1111/os.14320] [PMID]
- [19] Patil S, Dixon J, White LC, Jones AP, Hui AC. An electromyographic exploratory study comparing the difference in the onset of hamstring and quadriceps contraction in patients with anterior knee pain. *Knee*. 2011; 18(5):329-32. [DOI:10.1016/j.knee.2010.07.007] [PMID]
- [20] Spanjaard M, Reeves ND, van Dieën JH, Baltzopoulos V, Maganaris CN. Lower-limb biomechanics during stair descent: Influence of step-height and body mass. *The Journal of Experimental Biology*. 2008; 211(Pt 9):1368-75. [DOI:10.1242/jeb.014589] [PMID]
- [21] Barton CJ, Lack S, Malliaras P, Morrissey D. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2013; 47(4):207-14. [DOI:10.1136/bjsports-2012-090953] [PMID]
- [22] Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2012; 42(2):81-94. [DOI:10.2519/jospt.2012.3803] [PMID]

- [23] Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2019; 53(5):270-81. [DOI:10.1136/bjsports-2017-098890] [PMID]
- [24] Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*. 2016; 45:69-82. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2015.11.018] [PMID]
- [25] Carli G, Fontani G, Meucci M. Static characteristics of muscle afferents from gluteus medius muscle: Comparison with joint afferents of hip in cats. *Journal of Neurophysiology*. 1981; 45(6):1085-95. [DOI:10.1152/jn.1981.45.6.1085] [PMID]
- [26] Roach SM, San Juan JG, Suprak DN, Lyda M, Boydston C. Patellofemoral pain subjects exhibit decreased passive hip range of motion compared to controls. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2014; 9(4):468-75. [PMID]
- [27] Glaviano NR, Bazett-Jones DM, Norte G. Gluteal muscle inhibition: Consequences of patellofemoral pain? *Medical Hypotheses*. 2019; 126:9-14. [DOI:10.1016/j.mehy.2019.02.046] [PMID]
- [28] Lepley AS, Lepley LK. Mechanisms of arthrogenic muscle inhibition. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2021; 31(6):707-16. [DOI:10.1123/jsr.2020-0479] [PMID]
- [29] Prins MR, van der Wurff P. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: A systematic review. *The Australian Journal of Physiotherapy*. 2009; 55(1):9-15. [DOI:10.1016/S0004-9514(09)70055-8] [PMID]
- [30] Lack S, Barton C, Vicenzino B, Morrissey D. Outcome predictors for conservative patellofemoral pain management: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2014; 44(12):1703-16. [DOI:10.1007/s40279-014-0231-5] [PMID]
- [31] Burns JR, Kennedy JL, Parker AD. Patellofemoral Pain: Correlations between hip strength, pain severity, and function. *Philippine Journal of Physical Therapy*. 2024; 3(2):4-14. [DOI:10.46409/002.KPNU3996]
- [32] Nunes GS, de Oliveira Silva D, Crossley KM, Serrão FV, Pizzari T, Barton CJ. People with patellofemoral pain have impaired functional performance, that is correlated to hip muscle capacity. *Physical Therapy in Sport*. 2019; 40:85-90. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.08.010] [PMID]
- [33] Payne K, Payne J, Larkin TA. Patellofemoral pain syndrome and pain severity is associated with asymmetry of gluteus medius muscle activation measured via ultrasound. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2020; 99(7):595-601. [DOI:10.1097/PHM.0000000000001367] [PMID]