

Comparison of Knee Valgus Angle and Postural Sway in Two Conditions with and without Carrying a Military Backpack between Military with and without Patellofemoral Pain Syndrome

Reza Mansourizadeh¹, Zahra Rezasoltani^{2*}, Afsaneh Dadarkhah²

¹ Department of Health and Sports Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

² Clinical Biomechanics and Ergonomics Research Center, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Aja University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 5 December 2022 Accepted: 19 February 2023

Abstract

Background and Aim: Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is a common musculoskeletal disorder with a high prevalence among military personnel. Changing the movement pattern and applying loads can lead to an increase in postural sway and contribute to the development of patellofemoral pain syndrome in military personnel. Therefore, the aim of the present study is to comparison of knee valgus angle and the effect of carrying a military backpack on postural sway in the military with and without patellofemoral pain syndrome.

Methods: In this case-control study, 21 military personnel with patellofemoral pain syndrome participated voluntarily with Convenience Judgmental Sampling method and 21 healthy military personnel with the case group matching method. The indices of postural sway, including the path length, the standard deviation of medial-lateral sway (M-L), and the standard deviation of anterior-posterior sway (A-P) were measured using the Zebris pressure distribution device in two situations with and without carrying a military backpack. Also, the knee valgus angle was assessed during the single-leg squat test. To analyze the data, an independent t-test and paired sample t-test with a significance level of 0.05 were used in SPSS software version 23.

Results: The results of the independent t-test showed that knee valgus angle, path length, SD(M-L), SD (A-P), in both positions with and without carrying a military backpack showed a significant increase in patellofemoral pain syndrome group in comparison with the healthy military ($P<0.05$). Comparing the changes in the center of pressure variables during the static balance test, and static balance with carrying a military backpack, there were also significant changes between the two positions ($P<0.05$).

Conclusion: According to the results, military with patellofemoral pain syndrome who had an increase in knee valgus angle had more postural sway and changes in postural sway indices compared to the healthy military, which could be caused by changing posture control strategies and changing the movement pattern of the military with patellofemoral pain syndrome. It is necessary to pay attention to these changes in providing an appropriate treatment plan for preventing re-injury and secondary changes in military suffering from patellofemoral pain syndrome.

Keywords: Patellofemoral Pain Syndrome, Military Personnel, Postural Sway, Dynamic Knee Valgus, Load Carrying.

*Corresponding author: Zahra Rezasoltani, Email: z.rezasoltani@ajau.ac.ir

مقایسه زاویه والگوس زانو و نوسان پاسچر در دو حالت با و بدون حمل کوله نظامی بین نظامیان با و بدون سندرم درد پتروفمورال

رضا منصوری زاده^۱، زهرا رضاسلطانی^{۲*}، افسانه دادارخواه^۲

^۱ گروه بهداشت و طب ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ مرکز تحقیقات بیومکانیک بالینی و ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: سندرم درد پتروفمورال یک اختلال شایع اسکلتی-عضلانی با شیوع بالا در بین پرسنل نظامی است. تغییر الگوی حرکتی و اعمال بار می‌تواند افزایش نوسان پاسچر را در پی داشته باشد و منجر به توسعه سندرم درد پتروفمورال در نظامیان شود. لذا هدف از مطالعه حاضر مقایسه زاویه والگوس زانو و اثر حمل کوله نظامی بر نوسان پاسچر در نظامیان با و بدون سندرم درد پتروفمورال می‌باشد.

روش‌ها: در این مطالعه مورد شاهدهی، ۲۱ پرسنل نظامی مبتلا به سندرم درد پتروفمورال با روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس و ۲۱ پرسنل نظامی سالم به روش جور کردن با گروه مورد، به صورت داوطلبانه شرکت کردند. شاخص‌های نوسان پاسچر که شامل طول مسیر جابجایی، انحراف معیار نوسانات داخلی-خارجی، انحراف معیار نوسانات قدامی-خلفی بودند به وسیله دستگاه توزیع فشار زبریس در دو وضعیت با و بدون حمل کوله نظامی مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین زاویه والگوس زانو در طی آزمون اسکات تک پا ارزیابی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تی مستقل و تی همبسته در سطح معناداری ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که زاویه والگوس زانو، طول مسیر جابجایی، انحراف معیار نوسانات داخلی-خارجی، انحراف معیار نوسانات قدامی-خلفی، در هر دو وضعیت با و بدون حمل کوله نظامی در گروه مبتلا به سندرم درد پتروفمورال به طور معناداری بیشتر از نظامیان سالم بود ($P < 0/05$). مقایسه تغییرات متغیرهای مرکز فشار در طی آزمون تعادل ایستا و تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی نیز بین دو وضعیت تغییرات معناداری وجود داشت ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطالعه حاضر، نظامیان مبتلا به سندرم درد پتروفمورال که دارای افزایش زاویه والگوس زانو بودند نوسان پاسچر و تغییرات بیشتری در شاخص‌های نوسان پاسچر در مقایسه با نظامیان سالم داشتند که می‌تواند ناشی از تغییر استراتژی‌های کنترل پاسچر و تغییر الگوی حرکتی نظامیان مبتلا به سندرم درد پتروفمورال باشد. توجه به این تغییرات در ارائه برنامه درمانی مناسب برای پیشگیری از آسیب‌دیدگی مجدد و تغییرات ثانویه در نظامیان مبتلا به سندرم درد پتروفمورال ضروری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: سندرم درد پتروفمورال، پرسنل نظامی، نوسان پاسچر، والگوس داینامیک زانو، حمل بار.

* نویسنده مسئول: زهرا رضاسلطانی. پست الکترونیک: z.rezasoltani@ajau.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

مقدمه

مفاصل و اندام تحتانی می‌باشد. مفصل زانو یکی از مهمترین اجزای زنجیره حرکتی است که مستقیماً در حرکات و نیروهای وارده از کف پا نقش دارد. این مفصل همچنین نیروهای وارده به مفصل هیپ و ستون فقرات را منتقل می‌کند. بنابراین هرگونه آسیب و عارضه‌ای در این ناحیه نظیر PFPS می‌تواند عاملی برای اختلالات بیومکانیکی اندام تحتانی و در نتیجه افزایش نوسان وضعیتی را در پی داشته باشد.

یکی از آزمون‌های معتبر به منظور بررسی الگوی حرکتی اندام تحتانی در طی تحمل وزن آزمون اسکات تک پا می‌باشد که می‌تواند اطلاعات مفیدی از تغییر کنترل حرکتی زانو را در اختیار ما قرار دهد. مطالعات ارتباط این آزمون را با اختلال ثبات پاسچرال و توسعه سندرم PFPS به صورت آینده نگر نشان داده‌اند (۱۶). بنابراین بررسی اثر عامل اعمال بار و الگوی حرکتی می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد تغییر ثبات پاسچرال و استراتژی‌های جبرانی نظامیان سالم و مبتلا به سندرم PFPS در اختیار ما قرار بدهد. علاوه بر این با توجه به شیوع بالای آسیب‌های اسکلتی عضلانی نظیر PFPS و میزان عود مجدد بالای این سندرم و تغییرات تخریبی این عارضه در بین نظامیان (۱۷)، مطالعه تغییرات الگوی حرکتی و ثبات پاسچرال این افراد به منظور شناخت بیشتر این سندرم، درمان و پیشگیری از آسیب دیدگی مجدد و عوارض ثانویه لازم و ضروری می‌باشد. با این وجود تا کنون مطالعه‌ای به بررسی تغییرات نوسان پاسچر و اثر حمل کوله نظامی بر ثبات پاسچرال و همچنین زاویه والگوس داینامیک زانو نظامیان مبتلا به PFPS نپرداخته است. لذا هدف از مطالعه حاضر مقایسه زاویه والگوس زانو و نوسان پاسچر در دو حالت با و بدون حمل کوله نظامی بین نظامیان با و بدون سندرم درد پتلوفمورال می‌باشد.

روش‌ها

جامعه آماری پژوهش حاضر را پرسنل نظامی و سربازان مرد سالم و مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال تشکیل دادند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور (GPower) با خطای $\alpha = 0.05$ ، توان ۸۰ درصد و اندازه اثر 0.80 و نسبت تخصیص ۱:۱، تعداد ۴۲ آزمودنی در دو گروه سالم (۲۱ نفر) و مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال (۲۱ نفر) به روش نمونه‌گیری هدفمند در دسترس به عنوان نمونه آماری در این تحقیق تحلیلی از نوع مورد شاهدهی انتخاب شدند. معیارهای ورود به این تحقیق در گروه PFPS عبارت بودند از: قرار داشتن در بازه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، وجود درد قدامی زانو یک طرفه به مدت حداقل ۲ ماه که ناشی از ضربه نبوده و حداقل در دو مورد از فعالیت‌های: بالا و پایین رفتن از پله، اسکات، دویدن، پریدن، زانو زدن، نشستن طولانی مدت درد فرد در اطراف یا پشت کشکک تحریک شود، مثبت شدن تست کلارک، داشتن نمره درد حداقل ۳ بر اساس مقیاس سنجش عددی درد، درد هنگام لمس فاست داخلی و جانبی کشکک، سطح عملکردی $80-50$ در نسخه

آسیب‌های اسکلتی عضلانی در پرسنل نظامی شایع است و همواره تهدیدی برای سلامت و خدمات نظامیان است. از بین این آسیب‌ها، سندرم درد پتلوفمورال (Patellofemoral pain syndrome: PFPS) شایع‌ترین تشخیص در میان پرسنل فعال مراجعه‌کننده به کلینیک‌های درمانی می‌باشد (۱). سندرم PFPS با درد ناحیه قدامی زانو، پشت پتلا یا اطراف پتلا به خصوص در طی فعالیت‌هایی که به زانو فشار وارد می‌شود نظیر دویدن، اسکوات، بالا و پایین رفتن از پله یا در نشستن‌های طولانی مدت با زانوهای خمیده، شناخته می‌شود (۲). اتیولوژی PFPS به خوبی درک نشده، و این مسئله منجر به چالش درمانی برای پزشکان شده است. رویکردهای جدید مکانیسم‌های چند عاملی را برای PFPS گزارش کرده‌اند (۳)، که رایج‌ترین نظریه، استرس بیش از حد به مفصل زانو است (۴). علت این افزایش استرس مفصل ناشناخته است، اما ممکن است به واسطه عوامل بیومکانیکی و عصبی عضلانی ایجاد شود که سبب ردیابی غلط پتلا در داخل شیار تروکلنار فمورال بشود (۵). خطاهای تمرین بدنی، فعالیت بدنی شدید، حمل بار سنگین، تمرینات نظامی، تغییرات الگوی حرکتی و تغییر در برنامه‌های تمرینی مهمترین عوامل موثر در توسعه PFPS در بین نظامیان ذکر شده است (۶،۷).

حفظ ثبات پاسچرال یکی از نیازهای اساسی نظامیان در طی تمرینات نظامی است که با بازخورد حسی مناسب از سیستم حسی حرکتی حفظ می‌شود (۸). سیستم‌های حسی مستقیماً تحت تأثیر عوامل درونی مانند حس عمقی ضعیف، تغییر الگوی حرکتی و متغیرهای محیطی یا عوامل بیرونی مانند اعمال بار قرار می‌گیرد. پرسنل نظامی به طور خاص تحت تأثیر فعالیت‌های سنگین و طولانی مدت در محیط آموزشی و شغلی مانند حمل کوله پشتی و اعمال بار ادوات نظامی قرار می‌گیرند که همه این عوامل می‌تواند عملکرد و ثبات پاسچرال را تحت تأثیر قرار دهند (۸،۹).

حفظ تعادل یکی از مشکلات عمده‌ای است که بیماران مبتلا به PFPS با آن مواجه هستند (۱۰،۱۱). مطالعات پیشین علائمی از کاهش حس عمقی و اختلال در فعالیت عضلانی و الگوی حرکتی را در افراد مبتلا PFPS گزارش کرده‌اند. همچنین نقص در حس عمقی زانو و درد پتلوفمورال می‌تواند به عنوان عامل اصلی تأثیرگذار بر تعادل ضعیف و افزایش نوسان پاسچر در افراد مبتلا به PFPS پیشنهاد شده است (۱۱،۱۲). یکی از روش‌های معمول بررسی نوسان پاسچر استفاده از تغییرات مرکز فشار است که در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات محدودی که به بررسی تغییرات مرکز فشار در حالت ایستا و داینامیک افراد مبتلا به PFPS پرداخته‌اند، تغییراتی را در این افراد گزارش کرده‌اند (۱۰-۱۵). با این وجود مکانیسم دقیق این اختلالات کاملاً مشخص نیست. کنترل پاسچر موثر بدن وابسته به بیومکانیک سیستم عصبی عضلانی می‌باشد که شامل ثبات و کنترل عصبی عضلانی

از دستگاه FDM-S ZEBRIS ساخت کشور آلمان با فرکانس ۱۰۰ هرتز، استفاده شد. این سیستم شامل پرینتر، مانیتور، صفحه اندازه‌گیری فشار، منبع تغذیه و اتصالات بین مانیتور و صفحه اندازه‌گیری فشار است. صفحه FDM در انواع مختلفی طراحی شده است که نوع FDM-S آن دارای ۲۵۶۰ حسگر در سطح ۳۴×۵۴ سانتیمتر، وزن $۶/۵$ کیلوگرم و ابعاد $۲/۵ \times ۴۰ \times ۷۰$ سانتیمتر می‌باشد. پایایی بالایی برای این دستگاه (ضریب همبستگی درون گروهی بین $۰/۷۰-۰/۹۰$ درصد) گزارش شده است. همچنین اعتبار و تکرارپذیری آن ثابت شده و در مطالعات از آن استفاده شده است (۲۰).

قبل از شروع آزمون، آزمودنی‌ها با اهداف و تجهیزات به کار رفته و وضعیت قرارگیری روی دستگاه آشنا شدند تا خطای ناشی از عدم آشنایی با دستگاه و نحوه آزمون حذف شود. از آزمودنی‌ها خواسته شد که با حفظ ریتم طبیعی تنفس و بدون حرکت اضافی در اندام‌ها به صفحه نصب شده روی دیوار مقابل در فاصله دو متری در سطح چشم آزمودنی نگاه کنند. فاصله بین دو پا برای قرارگیری روی صفحه سیستم برابر با فاصله بین دو خار خاصه‌ای قدامی فوقانی بود. در بار اول که فرد روی دستگاه قرار می‌گرفت جای پا آزمودنی ثبت می‌شد تا در نوبت‌های بعدی در موقعیت یکسان قرار گیرد. در هر تکلیف سه بار آزمون‌گیری انجام می‌شد که زمان هر آزمون ۳۰ ثانیه و مدت استراحت بین هر آزمون دو دقیقه بود.

پس از ثبت داده‌های ایستادن ایستا، داده‌های ایستادن ایستا همراه با حمل کوله نظامی مطابق با مراحل مذکور برای آزمون ثبت شد. با توجه به مطالعات گذشته و اعمال بار معمول در طی حمل کوله نظامی، وزن ۱۵ کیلوگرم در نظر گرفته شد (۱۸). لازم به ذکر است که به منظور کاهش خطر اثر خستگی ناشی از راه رفتن، ایستادن یا رانندگی یا شرایط محیطی بر متغیرهای مرکز فشار، پیش از شروع آزمون‌گیری و ثبت داده‌ها به آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه استراحت کامل داده شد. همچنین محیط آزمایشگاه در طی آزمون‌گیری ساکت و هیچ گونه اختلالگر بینایی وجود نداشت. تمامی مراحل آزمون‌گیری توسط افراد ثابت و خیره انجام گرفت. کوله نظامی عملیاتی با ابعاد $۱۳ \times ۴۰ \times ۵۰$ سانتیمتر (۴۰ لیتری) ساخت شرکت صنایع نساجی هلال ایران مورد استفاده در نیروهای مسلح جمهوری اسلامی در این مطالعه به کار برده شد.

زاویه واگوس زانو با استفاده از زاویه زانو در صفحه فرونتال (Projection angle frontal plane: FPPA) طی آزمون اسکات تک پا اندازه‌گیری شد. گروه نظامیان سالم با پای برتر و گروه PFPS با پای آسیب‌دیده آزمون را انجام دادند. مارکرهای پوستی در ناحیه‌های: خار خاصه‌ای قدامی - فوقانی، تروکانتر بزرگ فمور، اپی‌کندیل جانبی فمور، مرکز پتلا، قوزک جانبی و نقطه میانی بین قوزک خارجی و داخلی (وسط مچ پا)، قرار داده شد. داده‌های دو بُعدی با ۲ دوربین فیلمبرداری دیجیتال (SONY HDR- CX240, Japan) ضبط شد. دوربین اول در فاصله یک متری

فارسی پرسشنامه کوچولا (Kujala)؛ و معیارهای خروج عبارت بودند از: شلی لیگامانی، آسیب مینیسک زانو، سابقه جراحی تنه و زانو، تاندونیت پاتلا، سابقه دررفتگی پاتلا، شکستگی پاتلا، فتق دیسک، درد راجعه ستون فقرات، سابقه اختلالات سیستم عصبی مرکزی، بینایی و وستیبولار و اختلال در تعادل، سندرم پلیکا، عارضه ازگود شلاتر و هرگونه علائمی که نشان از وضعیت پاتولوژیک مفصل زانو باشد، دفورمیتی ستون فقرات یا اندام تحتانی، درد یا آسیب در ناحیه کمری - لگنی - هیپ، وجود ناهنجاری کف و مچ پا نظیر سوپینیشن، پرونییشن شدید که بر تعادل فرد موثر باشند.

معیارهای ورود برای گروه نظامیان سالم نیز شامل قرار داشتن در بازه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، نداشتن سابقه آسیب اسکلتی عضلانی و جراحی در یک سال اخیر، نداشتن ناهنجاری در تنه و اندام تحتانی، نداشتن هیچ گونه اختلالات نورولوژیکی، بینایی و وستیبولار و اختلال در تعادل، نداشتن هیچ گونه ناهنجاری در کف و مچ پا نظیر سوپینیشن، پرونییشن شدید بود. همچنین در هر دو گروه عدم تمایل آزمودنی به ادامه شرکت در مطالعه در هر زمان از اجرای پژوهش جزء ملاک حذف بود. لازم به ذکر می‌باشد معیارهای فوق توسط پزشک متخصص در بیمارستان ۵۰۱ آجا در سال ۱۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفت.

همچنین در این پژوهش هر دو گروه از نظر پای غالب همسان بودند و آزمودنی‌های گروه PFPS درد غالب آن‌ها در سمت زانو راست بود. پای غالب را پایایی که فرد با آن به توپ شوت می‌زد را به عنوان پای غالب در نظر گرفته شد. میانگین وزنی و شاخص توده بدنی آزمودنی‌های شرکت‌کننده در مطالعه مطابق با توصیه مطالعات پیشین مبنی بر توزیع مناسب درصد وزن بدن حمل شده بود (۱۸) و همچنین همه شرکت‌کنندگان در این مطالعه سابقه حمل کوله را داشتند.

ابزارهای پژوهش

در مطالعه حاضر آزمودنی‌ها ابتدا جهت آشنایی با تجهیزات و روند تحقیق توضیحات لازم را دریافت کردند. سپس در صورت تمایل، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا فرم رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در مطالعه، پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک، سلامت و عملکرد کوچولا را تکمیل کنند. لازم به ذکر می‌باشد به منظور ارزیابی سطح عملکرد آزمودنی‌های مبتلا به PFPS از نسخه فارسی پرسشنامه خودگزارشی کوچولا استفاده شد که روایی و پایایی آن در مبتلایان به PFPS ($ICC = ۰/۹۶$) گزارش شده است (۱۹). همچنین به منظور ثبت اطلاعات آنتروپومتریک آزمودنی‌ها شامل قد و وزن از ترازوی برند سکا مدل ۷۵۵ و قدسنج برند سکا مدل ۲۲۰ ساخت کشور آلمان استفاده شد.

در این پژوهش جهت اندازه‌گیری‌های متغیرهای مرکز فشار جهت ارزیابی نوسان پاسچرال طی تعادل ایستا جفت پا در حالت با و بدون حمل کوله نظامی در گروه نظامیان سالم و مبتلا به PFPS

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: پس از جمع‌آوری اطلاعات تحقیق، با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی داده‌های خام در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پس از تایید طبیعی بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک، از آزمون تی مستقل جهت مقایسه نتایج بین دو گروه و از آزمون تی همبسته به منظور مقایسه تغییرات درون گروهی گروه‌های تحقیق در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی: پژوهش حاضر با رعایت تمامی دستورالعمل‌های اخلاقی پژوهش از جمله آشنایی کامل آزمودنی‌ها با مراحل تحقیق و تکمیل رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در مطالعه پیش از شروع آزمون انجام گرفت. کلیه مراحل انجام تحقیق توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی آجا بررسی و با شناسه اخلاق IR.AJAUMS.REC1400.174 مورد تصویب قرار گرفت.

نتایج

تعداد ۴۲ نفر از پرسنل نظامی فعال در دو گروه ۲۱ نفری مبتلا به PFPS و ۲۱ نفر سالم در این مطالعه شرکت کردند. مشخصات دموگرافیک، درد، پرسشنامه کوجولا و زاویه والگوس زانو در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج اطلاعات دموگرافیک در متغیرهای سن ($P = ۰/۸۰$)، قد ($P = ۰/۹۶$)، وزن ($P = ۰/۳۰$) و شاخص توده بدنی ($P = ۰/۰۹$) تفاوت معناداری بین دو گروه نظامیان سالم و PFPS نشان نداد و دو گروه همگن بودند. گروه مبتلا به PFPS به صورت معناداری زاویه والگوس بیشتری در طی آزمون اسکات تک پا نشان دادند ($P < ۰/۰۰۱$).

در صفحه فرونتال برای تعیین زاویه زانو در صفحه فرونتال (FPPA) در طول آزمون اسکات تک پا قرار گرفت، در حالی که دوربین دوم در فاصله ۲ متری در صفحه ساجیتال قرار گرفت و برای تعیین دامنه حرکتی فلکشن زانو و انتهای فاز اسکات استفاده شد.

به همه شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که اسکات را تا حد امکان عمیق انجام دهند، زانوی طرف مقابل را خم کنند و دست‌های خود را جلوی قفسه سینه‌شان به صورت ضربدری قرار دهند. آزمودنی‌ها پنج اسکات تک پا را با آهنگ کنترل شده توسط مترونوم (۲ ثانیه در هر فاز) اجرا کردند. تجزیه و تحلیل ویدئویی با استفاده از نرم‌افزار کینوویا (Kinovea, betaversion 0.8.26, Kinovea, Bordeaux, France) انجام شد.

در طی تجزیه و تحلیل ویدئویی در صفحه فرونتال، زاویه FPPA با استفاده از زاویه بین دو خطی که از خار خاصه‌های قدامی فوقانی با مرکز کشکک و خط عبوری از مرکز کشکک با مرکز میج پا محاسبه شد. زاویه صفحه ساجیتال به منظور تعیین حداقل زاویه خم شدن زانو که حداقل ۶۰ درجه برای یک آزمون موفق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. زاویه شروع اندام مورد بررسی در لحظه ایستادن تک پا تعیین شد و حداکثر زاویه والگوس زانو حین اسکات تک پا در حداکثر انحراف از وضعیت شروع مشخص شد. چنانچه در طی تجزیه و تحلیل ویدئویی، محقق متوجه بی نظمی در عملکرد آزمون شد آن را به عنوان یک آزمون ناموفق در نظر گرفت. در انتها میانگین سه آزمون ۲، ۳ و ۴ برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت (۲۱).

جدول-۱. مشخصات پایه (میانگین \pm انحراف معیار) و زاویه والگوس زانو نظامیان سالم و مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال

P-value	گروه سالم (تعداد = ۲۱ نفر)	گروه PFPS (تعداد = ۲۱ نفر)
سن (سال)	۲۲/۱۹±۱۹/۸۸	۲۲/۱۳±۳۳/۷۹
قد (سانتی‌متر)	۱۷۸/۳±۳۸/۶۳	۱۷۸/۳±۴۲/۹۱
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۳±۲۸/۳۷	۷۳/۵±۶۶/۰۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۲/۰±۲۱/۶۷	۲۳/۰±۱۱/۸۳
درد	۴/۱±۶۰/۲۳	-
پرسشنامه کوجولا	۶۹/۵±۷۱/۱۲	-
زاویه والگوس زانو (درجه)	۸/۲±۹۷/۶۹	۱۵/۲±۸۱/۱۱

جدول-۲. مقایسه میانگین و انحراف معیار متغیرهای مرکز فشار بین دو گروه در آزمون تعادل ایستا

P-value	گروه سالم (تعداد = ۲۱ نفر)	گروه PFPS (تعداد = ۲۱ نفر)
طول مسیر جابه‌جایی	۱۰۶/۱۳±۲۸/۸۲	۱۲۹/۱۴±۶۸/۹۶
انحراف معیار نوسانات داخلی - خارجی	۷/۲±۳۷/۵۹	۱۹/۳±۵۷/۳۲
انحراف معیار نوسانات قدامی - خلفی	۱۳/۳±۷۲/۴۰	۱۶/۳±۲۴/۶۶

جدول-۳. مقایسه میانگین و انحراف معیار متغیرهای مرکز فشار بین دو گروه در آزمون تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی

P-value	گروه سالم (تعداد = ۲۱ نفر)	گروه PFPS (تعداد = ۲۱ نفر)
طول مسیر جابه‌جایی	۱۱۸/۱۳±۰۶/۴۳	۱۴۷/۱۴±۴۴/۱۵
انحراف معیار نوسانات داخلی - خارجی	۱۱/۴±۷۳/۰۹	۲۷/۴±۱۶/۲۹
انحراف معیار نوسانات قدامی - خلفی	۲۰/۳±۱۸/۵۵	۲۶/۶±۷۳/۱۱

مقایسه با نظامیان سالم میانگین بیشتری در هر سه متغیرهای مرکز فشار داشتند و این اختلاف معنادار بود ($P < 0.001$). بنابراین در آزمون تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی نیز گروه مبتلا به PFPS نوسان پاسچر بیشتری نشان دادند.

همچنین نتایج آزمون تی همبسته در جدول ۴ که به مقایسه تغییرات متغیرهای مرکز فشار در طی آزمون تعادل ایستا و تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی پرداخته است نشان داد در هر دو گروه این تغییرات معنادار بود ($P < 0.001$) که نشان می‌دهد در شرایط حمل کوله نظامی هر دو گروه دچار نوسان پاسچر بیشتری شده‌اند و این تغییرات در گروه مبتلا به PFPS بیشتر از گروه سالم مشاهده شد.

با توجه به نتایج آزمون تی مستقل در جدول ۲، نظامیان مبتلا به PFPS نسبت به گروه سالم طی آزمون تعادل ایستا در هر سه متغیر مرکز فشار که شامل طول مسیر ($P < 0.001$)، انحراف معیار نوسانات داخلی- خارجی ($P < 0.001$) و انحراف معیار نوسانات قدامی خلفی ($P = 0.02$)، دارای میانگین بیشتری بودند و این اختلاف بین دو گروه معنادار بود. بنابراین گروه مبتلا به PFPS در مقایسه با گروه سالم نوسان پاسچر بیشتری را نشان دادند.

جدول ۳، نتایج آزمون تی مستقل در آزمون تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی در بین گروه را نشان می‌دهد، با توجه تجزیه و تحلیل داده گروه نظامیان مبتلا به PFPS در این آزمون نیز دو

جدول-۴. مقایسه تغییرات متغیرهای مرکز فشار بین آزمون تعادل ایستا با آزمون تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی در دو گروه

گروه	اختلاف میانگین	P-value
سالم	-۱۱/۷۷	<۰/۰۰۱
PFPS	-۱۷/۷۶	<۰/۰۰۱
سالم	-۴/۳۵	<۰/۰۰۱
PFPS	-۷/۳۰	<۰/۰۰۱
سالم	-۶/۴۶	<۰/۰۰۱
PFPS	-۱۰/۱۲	<۰/۰۰۱

گروه نشان داد که نظامیان سالم تغییرات را بیشتر در جهت قدامی خلفی نشان می‌دهند در صورتی که نظامیان مبتلا به PFPS این تغییرات را علاوه بر جهت قدامی خلفی عمده تغییرات در جهت داخلی خارجی نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد افراد مبتلا PFPS به منظور حفظ ثبات کلی در پاسخ به اختلالات ثباتی نظیر اعمال بار، نوسانات داخلی- خارجی را به عنوان یک استراتژی جبرانی به کار می‌برند. علاوه بر این مطالعه ما نشان داد نظامیان مبتلا به سندرم PFPS طول مسیر جابجایی بیشتری در مقایسه با گروه سالم داشتند که می‌توان به نقش افزایش نوسانات داخلی- خارجی در افزایش مجموع نوسان پاسچرال پی برد. Winter و همکاران نشان دادند که استراتژی میج یا برای کنترل تعادل در وضعیت تعادل ایستا از دو مکانیسم مستقل تشکیل شده است که یکی در صفحه ساجیتال و دیگری در صفحه فرونتال عمل می‌کند. با بررسی داده‌های به دست آمده در مطالعه حاضر و مطالعات پیشین به نظر می‌رسد افراد سالم در طی تعادل ایستا و تعادل ایستا همراه با حمل کوله ابتدا بر مکانیسم تعادل در صفحه ساجیتال تاثیر می‌گذارد که توسط دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن میج حاصل می‌شود، در حالی که گروه مبتلا به PFPS عمدتاً بر مکانیسم تعادل در صفحه فرونتال تاثیر می‌گذارد. افزایش تغییرات در صفحه فرونتال در گروه مبتلا به PFPS استفاده از استراتژی هیپ را به منظور حفظ تعادل نشان می‌دهد. ضعف در کنترل حرکتی پروگزیمال و ضعف عضلات ثبات‌دهنده هیپ و مرکزی (Core) می‌تواند عاملی برای ثبات ضعیف در صفحه فرونتال باشد (۲۴،۲۵).

یکی از آزمون‌های مناسب به منظور بررسی الگوی حرکتی

بحث

هدف از مطالعه حاضر، مقایسه زاویه والگوس زانو و اثر حمل کوله نظامی بر نوسان پاسچر در نظامیان با و بدون سندرم درد پتلوفمورال بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد طول مسیر، نوسان داخلی خارجی و نوسان قدامی خلفی در آزمون تعادل ایستا در گروه PFPS به طور معناداری بیشتر از گروه سالم بود ($P < 0.05$). نتایج به دست آمده همراستا با نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی تعادل ایستای افراد مبتلا به PFPS در مقایسه با گروه سالم بود. نتایج این مطالعات حاکی از افزایش نوسان پاسچر در گروه مبتلا به PFPS در مقایسه با گروه سالم بود (۱۰،۱۱،۱۳). همچنین نتایج بررسی مقایسه طول مسیر، نوسان داخلی خارجی و نوسان قدامی خلفی در آزمون تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی حاکی از اختلاف معنادار بین دو گروه بود ($P < 0.05$). مقایسه تغییرات اثر حمل کوله نظامی در آزمون تعادل ایستا نیز تغییرات معنادار در هر دو گروه را نشان داد که این تغییرات در گروه مبتلا به PFPS بیشتر بود ($P < 0.05$). افزایش نوسان وضعیتی ناشی از حمل کوله نظامی در هر دو گروه نشان‌دهنده اثرگذاری اعمال بار بر تعادل نظامیان است. اختلال در حفظ تعادل به عنوان یک عامل خطر آسیب‌های اسکلتی عضلانی برای نظامیان است. مطالعات صورت گرفته بر روی اعمال بار در نظامیان نشان داد که افزایش بار منجر به افزایش نوسان وضعیتی می‌شود. DeBusk و همکاران (۲۰۱۸) (۸)، Heller و همکاران (۲۰۰۹) (۲۲) و Park و همکاران (۲۰۱۴) (۲۳) نشان دادند افزودن بار منجر به تغییرات مرکز فشار در طی تعادل ایستا نظامیان می‌شود. بررسی تغییرات مرکز فشار بین دو

مقالات مشابه با تحقیق حاضر، که می‌تواند نشان‌دهنده نو بودن مطالعه و زمینه‌ای برای تحقیقات آینده باشد اشاره کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعاتی با بررسی فعالیت‌های دینامیک و ارزیابی کینماتیک و فعالیت عضلانی درگیر در ثبات پاسچرال نظامیان مبتلا به PFPS صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد نظامیان مبتلا به PFPS در مقایسه با نظامیان سالم دارای زاویه والگوس دینامیک زانو بیشتر و در آزمون تعادل ایستا و تعادل ایستا همراه با حمل کوله نظامی نوسان پاسچر بیشتری داشتند. با وجود تغییرات معنادار در اثرگذاری حمل کوله نظامی در هر دو گروه ولی به نظر می‌رسد نظامیان مبتلا به PFPS با استراتژی جبرانی در جهت داخلی- خارجی سعی در حفظ ثبات پاسچرال دارند. این تغییرات در نظامیان مبتلا به PFPS می‌تواند ناشی از تغییر در الگوی حرکتی و ثبات ضعیف باشد که در آزمون ارزیابی اسکات تک پا نیز مشاهده شد. با توجه به ماهیت کاری

حین تحمل وزن آزمون اسکات تک پا می‌باشد (۲۶). در مطالعه حاضر همراستا با مطالعات پیشین نشان از افزایش زاویه والگوس زانو در نظامیان مبتلا به PFPS در مقایسه با گروه سالم داشت ($P < 0.001$). یافته‌های ما با سایر مطالعاتی که افزایش زاویه FPPA در طی آزمون اسکات تک پا در افراد مبتلا به PFPS گزارش کردند همراستا بود. زاویه FPPA زانو در گروه مبتلا به PFPS در مطالعه حاضر ۱۵/۸۱ بود که با دامنه مقادیر مطالعات قبلی (۱۱/۵ تا ۱۶/۸ درجه) موافق بود (۲۵، ۲۹-۲۷). افزایش زاویه FPKPA با افزایش ادکشن و چرخش داخلی ران و افزایش چرخش خارجی زانو همراه است که به صورت والگوس دینامیک زانو در طی تحمل وزن شناخته می‌شود (۲۶). این تغییرات می‌تواند منجر به تغییر حرکت پتلا به سمت لترال شود و افزایش فشار تماس بین فاست پتلا و استخوان ران را در پی دارد. افزایش چرخش خارجی زانو در طی فعالیت‌های تحمل وزن با افزایش درد و افزایش استرس مفصل پتلوفمورال همراه است. این افزایش استرس مفصل پتلوفمورال در طولانی مدت و طی فعالیت تحمل وزن منجر به درد و آسیب می‌شود (۲۹، ۲۸، ۲۵).

Nakagawa و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای که اخیراً انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش زاویه FPPA و تعادل ضعیف در بین نظامیان سالم منجر به سندرم درد PFPS خواهد شد که به عنوان ابزار مناسبی برای پیش‌بینی آسیب زانو نام برده‌اند (۱۶). بنابراین افزایش زاویه والگوس زانو نتیجه حرکت اضافی در مفصل هیپ و زانو در سطح فرونتال و عرضی است که حس عمقی ضعیف زانو را در پی دارد و می‌تواند یک عامل کمک‌کننده به تداوم ثبات ضعیف در کنار عامل درد در افراد مبتلا به PFPS شود. مطالعات پیشین نوسان پاسچر را در افراد مبتلا به PFPS ناشی از تغییر در گیرنده‌های لمسی مکانورسپتورهای مفصلی که به علت درد و تورم منجر به تغییر وضعیت مفصل می‌شود عنوان کردند (۱۳، ۳۰). Akseki و Yelvara افزایش جابجایی خارجی پتلا را عاملی برای اختلال در پیام‌های حس عمقی فرستاده شده به سمت مغز و اطلاعات نامناسب حسی و در نتیجه افزایش نوسان پاسچر در افراد مبتلا به PFPS عنوان کردند (۳۱، ۳۰). با بررسی این مطالعات مشخص می‌شود که نقش ارزیابی الگوی حرکتی و جهت نوسان پاسچر در افزایش نوسان پاسچر افراد مبتلا به PFPS نادیده گرفته شده است. مطالعه حاضر اولین مطالعه‌ای است که به بررسی الگوی حرکتی و تاثیر اعمال بار بر نوسان پاسچر پرداخته است. بنابراین ارزیابی الگوی حرکتی و جهت‌های نوسان در افراد مبتلا PFPS می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار درمانگران به منظور پیشگیری و درمان مناسب افراد مبتلا به PFPS قرار دهد. از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به مشکل در تهیه تجهیزات تحقیق و عدم اندازه‌گیری قدرت عضلانی و فعالیت عضلانی برای تایید تفاوت‌های مشاهده شده ناشی از تغییر الگوی حرکتی، دسترسی مشکل به آزمودنی‌ها، پیشینه محدود و نبود

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- سندرم درد پتلوفمورال یکی شایع‌ترین اختلالات اسکلتی-عضلانی و بیشترین دلیل مراجعه پرسنل نظامی به مراکز درمانی است.
- محدودیت فعالیت ناشی از سندرم درد پتلوفمورال منجر به ناتوانی در انجام فعالیت‌های روزمره، کاهش بهره‌وری شغلی و تحمیل هزینه‌های درمانی می‌شود.
- پرسنل نظامی به دلیل ماهیت شغلی در معرض فشار بالای بدنی نظیر تمرینات نظامی و اعمال بار قرار دارند لذا توجه به حفظ سلامت و پیشگیری از آسیب‌دیدگی ضروری است.
- تغییر الگوی حرکتی و استراتژی‌های جبرانی منجر به افزایش استرس اضافی بر مفصل پتلوفمورال در حین فعالیت‌های همراه با تحمل وزن و اعمال بار می‌شود که می‌تواند منجر به آسیب اسکلتی-عضلانی نظیر سندرم درد پتلوفمورال شود. توصیه می‌شود، توجه به تغییرات الگوی حرکتی و بی‌ثباتی پاسچرال در نظامیان و نظامیان مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال به صورت دوره‌ای پایش شود.
- با توجه به نرخ بالای آسیب‌دیدگی سندرم درد پتلوفمورال و عود مجدد و تغییرات تخریبی ثانویه آن نظیر استئوآرتریت پتلوفمورال، توصیه می‌شود پرسنل نظامی مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال را تا درمان کامل و اصلاح کامل الگوی حرکتی و حذف استراتژی‌های جبرانی از فعالیت‌های بدنی بالا و حمل کوله و بار منع گردند.

تشکر و قدردانی: مقاله حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب در دانشگاه علوم پزشکی ارتش با شناسه اخلاق IR.AJAUMS.REC1400.174 می‌باشد. نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند، اعلام می‌نمایند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Canham-Chervak M, Rappole C, Grier T, Jones BH. Injury Mechanisms, Activities, and Limited Work Days in US Army Infantry Units. *US Army Medical Department journal*. 2018;(2-18):6-13.
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
3. Aminaka N, Gribble PA. Patellar taping, patellofemoral pain syndrome, lower extremity kinematics, and dynamic postural control. *Journal of Athletic Training*. 2008;43(1):21-8. doi:10.4085/1062-6050-43.1.21
4. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *British Journal of Sports Medicine*. 2017;51(24):1713-23. doi:10.1136/bjsports-2017-098717
5. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2013;47(4):193-206. doi:bjsports-2011-090369
6. Robinson M, Siddall A, Bilzon J, Thompson D, Greeves J, Izard R, et al. Low fitness, low body mass and prior injury predict injury risk during military recruit training: a prospective cohort study in the British Army. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2016;2(1):e000100. doi:10.1136/bmjsem-2015-000100
7. Swedler DI, Knapik JJ, Williams KW, Grier TL, Jones BH. Risk factors for medical discharge from United States Army basic combat training. *Military Medicine*. 2011;176(10):1104-10. doi:10.7205/MILMED-D-10-00451
8. DeBusk H, Hill CM, Chander H, Knight AC, Babski-Reeves K. Influence of military workload and footwear on static and dynamic balance performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2018;64:51-8. doi:10.1016/j.ergon.2017.11.003

پرستل نظامی، عدم توجه به این تغییرات می‌تواند منجر به تداوم عارضه و تغییرات تخریبی ثانویه نظیر استئوآرتریت پتروفمورال بشود که در بین نظامیان از شیوع بالایی برخوردار می‌باشد. لذا توجه به تغییرات الگوی حرکتی با استفاده از آزمون‌های غربالگری مناسب نظیر آزمون اسکات تک پا و شناسایی استراتژی‌های جبرانی و تأثیر منفی اعمال بار در ارزیابی نظامیان مبتلا به PFPS لازم است و در طراحی برنامه درمانی و توانبخشی نظامیان مبتلا به PFPS مد نظر قرار گیرد.

9. Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neuroscience Letters*. 2000;281(2-3):99-102. doi:10.1016/S0304-3940(00)00814-4
10. Akhbari B, Salavati M, Mohammadi F, Safavi-Farokhi Z. Intra-and inter-session reliability of static and dynamic postural control in participants with and without patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy Canada*. 2015;67(3):248-53 doi:10.3138/ptc.2014-51
11. Negahban H, Etemadi M, Naghibi S, Emrani A, Yazdi MJ, Salehi R, et al. The effects of muscle fatigue on dynamic standing balance in people with and without patellofemoral pain syndrome. *Gait & Posture*. 2013;37(3):336-9. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.07.025
12. Callaghan MJ, Selfe J, McHenry A, Oldham JA. Effects of patellar taping on knee joint proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome. *Manual Therapy*. 2008;13(3):192-9. doi:10.1016/j.math.2006.11.004
13. Amiri A, Bagheri H, Jamshidi AA, Soroush S, Mohammadi P. Comparison of postural control between patients with patellofemoral pain syndrome and healthy subjects. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2015;9(4):48-53. [In Persian]
14. Gwynne CR. Alterations in Center of Pressure During Single-Limb Loading in Individuals with Patellofemoral Pain. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2020;110(2). doi:10.7547/18-070
15. Carvalho AP, Almeida GP, Magalhães MO, França FJ, Ramos LA, Comachio J, et al. Dynamic postural stability and muscle strength in patellofemoral pain: Is there a correlation?. *The Knee*. 2016;23(4):616-21. doi:10.1016/j.knee.2016.04.013
16. Nakagawa TH, Dos Santos AF, Lessi GC, Petersen RS, Silva RS. Y-balance test asymmetry and frontal plane knee projection angle during single-leg squat as predictors of patellofemoral pain in male military recruits. *Physical Therapy in Sport*. 2020;44:121-7. doi:10.1016/j.ptsp.2020.05.011
17. Glaviano NR, Boling MC, Fraser JJ. Anterior Knee Pain Risk in Male and Female Military Tactical Athletes. *Journal of Athletic Training*. 2021;56(11):1180-7. doi:10.4085/1062-6050-0578.20

18. Walsh GS, Low DC. Military load carriage effects on the gait of military personnel: A systematic review. *Applied Ergonomics*. 2021;93:103376. doi:10.1016/j.apergo.2021.103376
19. Negahban H, Pouretzad M, Yazdi MJ, Sohani SM, Mazaheri M, Salavati M, et al. Persian translation and validation of the Kujala Patellofemoral Scale in patients with patellofemoral pain syndrome. *Disability and Rehabilitation*. 2012;34(26):2259-63. doi:10.3109/09638288.2012.683480
20. Pau M, Arippa F, Leban B, Corona F, Ibba G, Todde F, et al. Relationship between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players. *Physical Therapy in Sport*. 2015;16(3):236-41. doi:10.1016/j.ptsp.2014.12.003
21. Wilczyński B, Wąż P, Zorena K. Impact of Three Strengthening Exercises on Dynamic Knee Valgus and Balance with Poor Knee Control among Young Football Players: A Randomized Controlled Trial. *In Healthcare*. 2021;9(5):558. doi:10.3390/healthcare9050558
22. Heller MF, Challis JH, Sharkey NA. Changes in postural sway as a consequence of wearing a military backpack. *Gait & posture*. 2009;30(1):115-7. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.02.015
23. Park H, Branson D, Kim S, Warren A, Jacobson B, Petrova A, et al. Effect of armor and carrying load on body balance and leg muscle function. *Gait & Posture*. 2014;39(1):430-5. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.08.018
24. Coelho VK, Gomes BS, Lopes TJ, Corrêa LA, Telles GF, Nogueira LA. Knee proprioceptive function and physical performance of patients with patellofemoral pain: A matched case-control study. *The Knee*. 2021;33:49-57. doi:10.1016/j.knee.2021.08.031
25. Gwynne CR, Curran SA. Two-dimensional frontal plane projection angle can identify subgroups of patellofemoral pain patients who demonstrate dynamic knee valgus. *Clinical Biomechanics*. 2018;58:44-8. doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.06.021
26. Almeida GP, Carvalho AP, França FJ, Magalhães MO, Burke TN, Marques AP. Does anterior knee pain severity and function relate to the frontal plane projection angle and trunk and hip strength in women with patellofemoral pain?. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2015;19(3):558-64. doi:10.1016/j.jbmt.2015.01.004
27. Scholtes SA, Salsich GB. A dynamic valgus index that combines hip and knee angles: assessment of utility in females with patellofemoral pain. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2017;12(3):333-40.
28. Herrington L. Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. *The Knee*. 2014;21(2):514-7. doi:10.1016/j.knee.2013.11.011
29. Bolgla L, N Gibson H, Hannah D, Curry-McCoy T. Comparison of the Frontal Plane Projection Angle and the Dynamic Valgus Index to Identify Movement Dysfunction in Females with Patellofemoral Pain. Daniel and Curry-McCoy, Tiana, Comparison of the Frontal Plane Projection Angle and the Dynamic Valgus Index to Identify Movement Dysfunction in Females with Patellofemoral Pain. 2022. doi:10.2139/ssrn.4173275
30. Yılmaz Yelvar GD, Çirak Y, Dalkılıç M, Demir YP, Baltacı G, Kömürcü M. Impairments of postural stability, core endurance, fall index and functional mobility skills in patients with patello femoral pain syndrome. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30(1):163-70. doi:10.3233/BMR-160729
31. Akseki D, Akkaya G, Erduran M, Pinar H. Proprioception of the knee joint in patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2008;42(5):316-21. doi:10.3944/AOTT.2008.316