تأثیر دوازده هفته تمرین اصلاحی بر نوسان‌های پاسچر دانش‌آموزان پسر دارای سندرم انحراف پرونیشن

علی گل‌چینی *[۱]، نادر رهنما[۲]

۱. دانشجوی دکتری، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان

۲. استاد، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۴/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۹/۱۸ شماره صفحات: **۱۲۷ تا ۱۴۵**

چکیده

سندرم انحراف پرونیشن یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های بدنی است که ناراستایی‌هایی در ساختارهای بخش اسکلتی اندام تحتانی پدید می‌آورد و نوسان‌های پاسچری را افزایش می‌دهد. هدف این پژوهش، تعیین تأثیر دوازده هفته تمرین اصلاحی بر نوسان‌های پاسچر دانش‌آموزان پسر دارای سندرم انحراف پرونیشن بود. در این تحقیق نیمه‌آزمایشگاهی، ۳۰ داوطلب دارای سندرم انحراف پرونیشن انتخاب و به‌صورت تصادفی و مساوی در دو گروه ۱۵ نفری کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش، تمرین اصلاحی متشکل از تمرین‌های مهاری، کششی، تقویتی و انسجامی را به‌مدت سه‌ماه اجرا کردند، درحالی‌که گروه کنترل فعالیت معمول خود را انجام می‌دادند. قبل و بعد از سه‌ماه اجرای تمرینات اصلاحی، نوسان‌های کنترل پاسچر ارزیابی شد. از آزمون‌های آماری تی وابسته و مستقل برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد ($P\leq ۰/۰۵$). سه‌ماه تمرین اصلاحی در نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین، بهبودی معناداری پدیدار ساخت ($P\leq ۰/۰۰۱$)، اما در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P\geq ۰/۰۵$). به‌علاوه، پس از انجام مداخله، نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین در گروه آزمایش به‌طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود ($P\leq ۰/۰۰۱$)، درحالی‌که این تفاوت در پیش‌آزمون معنادار نبود ($P\geq ۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسد تمرین اصلاحی نظام‌مند سبب بهبود فعالیت عضلات مسئول کنترل نوسان بدن شده، که آن نیز به کاهش نوسان‌های پاسچر و نیروی واکنش زمین در افراد دارای سندرم انحراف پرونیشن منجر می‌شود؛ بنابراین، به پژوهشگران، مربیان و متخصصان توصیه می‌شود برای بهبود کنترل نوسان‌های پاسچر و نیروی واکنش زمین در افراد دارای سندرم انحراف پرونیشن، تمرین‌های اصلاحی نظام‌مند را در برنامه درمانی خود قرار دهند.

کلیدواژه‌ها: سندرم انحراف پرونیشن، تمرین اصلاحی، نوسان پاسچر ، نیروی واکنش زمین، دانش‌آموزان.

Effect of 12-week corrective exercises on postural sways in male students with pronation distortion syndrome

Golchini, A[1]., Rahnama, N[2].

1. PhD Student, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran
2. Full Professor, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran

Abstract

Pronation distortion syndrome is one of the most common abnormalities in the body that causes distortions in the structures of the skeletal structures of the lower extremities and increases postural sways. The purpose of this study was to determine the effect of 12-week corrective exercises on postural sways in male students with pronation distortion syndrome. In this semi experimental research, 30 volunteers had pronation distortion syndrome, were selected and then randomly and equal divided into two groups of control and experimental (n=15). The experimental group performed corrective exercise consisting of inhibitory, stretching, strengthening, and integrated exercises for three months, but the control group carried out their routine exercise. The postural sways conterol were evaluated before and after of the three month of performing corrective exercises. Independent and dependent t-test were used to analyze the results ($P\leq 0/05$). The showed significant improvement in postural sways control and ground reaction force ($P\leq 0/001$), effect size 0.8 and 95% confidence interval after three months of corrective exercise, but in control group there was no significant difference ($P\geq 0/05$). In addition, after intervention, the experimental group were significantly lower in postural sways conterol and ground reaction force than the conterol group ($P\leq 0/001$), but this difference was not significant in the pre-test ($P\geq 0/05$). It seems that systematic corrective exercise led to improve the activity of the muscles responsible for body sways conterol, which also reduces postural sways and ground reaction force in people with pronation distortion syndrome, so it is recommended that researchers, trainers, and specialists consider systematic corrective exercise in order to improve posture sways conterol and ground reaction force in people with pronation distortion syndrome.

Keywords: Pronation distortion syndrome, Corrective exercise, Postural sway, Ground reaction force, students.

*. Ali.golchini@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

مقدمه

سندرم انحراف پرونیشن اندام تحتانی یکی از معمول‌ترین ناهنجاری‌ها است که ممکن است در ناحیهٔ پا درد ایجاد کند و نیز ناراستایی‌های در ساختارهای بخش اسکلتی پا پدید آورد (۱). ویژگی افراد دارای سندرم انحراف پرونیشن، چرخش داخلی درشت‌نی، چرخش داخلی ران‌ها شامل کف پای صاف، ضرب‌دری‌شدن زانوها و در نوع هایپرپرونیشن افزایش لوردوز کمر است. عضلات نازک‌نی، دوقلوها، نعلی، نوار ایلیوتیبیال، همسترینگ، نزدیک‌کننده‌های ران و سوئز دچار کوتاهی عملکردی (بیش‌فعال) می‌شوند و عضلات ساقی خلفی و قدامی، پهن میانی، سرینی میانی و بزرگ، چرخاننده‌های خارجی ران مهار می‌شوند (۱،۲). وجود ناهنجاری در ساختار کف پا ممکن است بر عملکرد فرد در موقعیت‌های ایستا، پویا، حرکتی و به‌ویژه در جابه‌جایی بدن تأثیر بگذارد. وظایف متعددی که پاها بر عهده دارند، مثل جذب و توزیع نیروها و فراهم‌کردن ثبات بدن، به قوس‌های کف پا ازجمله قوس طولی داخلی بستگی دارد (۳). در وضعیت طبیعی به‌منظور حفظ تعادل، از استراتژی‌های مفصل مچ پا، مفصل ران و قدم‌برداشتن به جلو با توجه به شدت اغتشاشات ایجادشده در تعادل استفاده می‌شود (۴). مشاهدهٔ پاسخ‌های عضلانی به اغتشاشات داخلی یا خارجی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای ارزیابی استراتژی‌های عصبی تأمین‌کنندهٔ ثبات است (۵). افزایش نوسان پاسچر یک عامل خطرزا برای آسیب‌های اندام تحتانی مانند بی‌ثباتی عملکردی مچ پا و آسیب رباط صلیبی قدامی زانو گزارش شده است (۶).

تحقیقات پیشین نشان داده است که برخی تمرینات اصلاحی بر روش‌های دیگر برای بهبود وضعیت افراد مبتلا به صافی کف پا و سندرم انحراف پرونیشن برتری دارد (۷) و برخی مطالعات تمرین‌دادن گروه عضلات بالاتر یا پایین‌تر از محل ناهنجاری یا روش تمرینی خواص را در نظر گرفته و برای اصلاح پرونیشن پا و بهبود عوارض ناشی از سندرم انحراف پرونیشن از این طریق تأکید داشته‌اند (۸). تلاش به‌منظور اصلاح پرونیشن پا، با استفاده از مداخلات قدیمی که به‌طور مستقیم بر پا اثر می‌گذارد، مانند پوشیدنی‌های پا (۹)، ارتز (۱۰)، نواربندی (۱۱)، تقویت عضلات ناحیهٔ مچ پا (۱۲)، و توسعهٔ قدرت مفصل ران (۱۳) اجرا شده است. از طرفی، اختلاف گزارش تحقیقات دربارهٔ اثربخشی تمرینات اصلاحی بر پرونیشن پا و اثر صافی کف پا بر عوامل مرتبط به آمادگی جسمانی درخور توجه است. برخی تحقیقات گزارش کردند که افراد دارای کف پای صاف و گود، کنترل ضعیف‌تری بر پاسچر نسبت به افراد با کف پای طبیعی دارند (۱۴). با وجود این، برخی تحقیقات چنین ارتباطی را تأیید نکرده‌اند (۱۵). برخی گزارش‌ها نیز نشان داده‌اند که برنامهٔ تمرینات اصلاحی اثر معنی‌داری بر بهبود عارضهٔ کف پای صاف و عوارض مرتبط با آن ندارد (۱۶،۱۷). در حال حاضر، پژوهشگران تمرینات اصلاحی با رویکردهای مختلف را برای بهبود افراد دارای ناهنجاری بدنی و ورزش‌کاران به کار می‌گیرند. طبق نتایج و اصول ذکرشدهٔ حاکم بر تمرینات اصلاحی و همچنین با توجه به اینکه افراد دارای سندرم انحراف پرونیشن با اختلال نوسان‌های کنترل پاسچر و ضعف عضلانی روبرو هستند، به‌نظر می‌رسد استفاده از این تمرینات اصلاحی با رویکرد نظام‌مند (تمرینات اصلاحی نظام‌مند زیر نظر متخصصان در مراکز تن‌درستی،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

مداخلهٔ مناسبی برای سندرم انحراف پرونیشن باشد: ۱. تمرینات مهاری که با استفاده از فوم رولر عضلات توسط خود فرد رهاسازی می‌شود، ۲. تمرینات کششی ایستا و تسهیل عصبی عضلانی که با استفاده از این تکنیک‌های کششی طول مناسب برای عضلات ایجاد و عضلات منعطف خواهند شد، ۳. تمرینات فعال‌سازی، شامل تمرینات ایزومتریک وضعیتی و تقویتی مجزا که باعث تقویت عضلات ضعیف فرد می‌شود و ۴. تمرینات منسجم پویا، شامل تمرینات ترکیبی دینامیک که باعث افزایش هماهنگی عصبی–عضلانی و تقویت واحدهای حرکتی می‌شود). از طرفی، تاکنون، مطالعه‌ای انجام نشده است که اثربخشی تمرینات اصلاحی با رویکرد نظام‌مند را بر بهبود اختلالات نوسان‌های کنترل پاسچری افراد مبتلا به سندرم انحراف پرونیشن نشان دهد و بقیهٔ روش‌های درمانی نیز بسیار با یکدیگر متناقض‌اند. همچنین، ممکن است این تمرینات هزینه‌های درمانی آسیب‌های مرتبط با این نوع سندرم را در آینده کاهش دهد. بنابراین، هدف مطالعهٔ حاضر، تعیین اثر تمرینات اصلاحی با رویکرد نظام‌مند و تمرین‌های عملکردی بر نوسان‌های کنترل پاسچر در افراد مبتلا به سندرم انحراف پرونیشن بود.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشگاهی است که با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون با گروه کنترل و یک‌سویهٔ کور به‌نحوی برنامه‌ریزی شد که شرکت‌کننده‌های تحقیق آگاهی نداشتند که به کدام‌یک از دو گروه کنترل یا آزمایش تعلق دارند تا اثر تمرین اصلاحی بر نوسان‌های پاسچر دانش‌آموزان پسری که به سندرم انحراف پرونیشن مبتلا هستند، ارزیابی شود. جامعه آماری تحقیق را دانش آموزان پسر ۱۰ تا ۱۶ ساله تشکیل دادند. از درون جامعهٔ آماری، با استفاده از آزمون G پاور (سطح آلفا ۰/۰۵، سطح بتا ۰/۲ و اندازهٔ اثر مداخلهٔ برنامه‌های تمرینی ۰/۸) از ۱۵ نفر واجد شروط، برای مشارکت در هریک از گروه‌های کنترل و آزمایش تعیین شدند (۱۸،۱۹). ۳۰ دانش‌آموز پسر ۱۶–۱۰ سال دارای سندرم انحراف پرونیشن، مطابق معیارهای ورود و خروج از مطالعه، از بین جامعه آماری از طریق آزمون غربالگری نیویورک و ارزیابی منسجم به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و پس از همتاسازی، با توجه به شدت عارضهٔ سندرم انحراف پرونیشن (داشتن صافی هر دو تا کف پا، زانوی ضرب‌دری و لوردز افزایش‌یافتهٔ کمری بدون علائم درد) و مشخصات آنتروپومتریکی، به‌طور مساوی به دو گروه کنترل (۱۵ نفری) و گروه آزمایش (۱۵ نفری) تقسیم شد. برای انتخاب مدارس هدف، به‌صورت تصادفی خوشه‌ای و برای قراردادن افراد در داخل گروه آزمایش و کنترل، به‌صورت تصادفی ساده (انداختن سکه) عمل شد (جدول ۱) (۱۹، ۱۸).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها و نتایج آزمون لون و کلموگراف-اسمیرنوف

متغییر	گروه‌ها	میانگین± انحراف معیار	آزمون لون (LevenٍsTest)		Kolmogorov-Smirnov (Z)	Asymp.Sig. (2-tailed) (P)
			Sig	F		
سن (سال)	آزمایش	۱۲/۶±۱/۷	۰/۶۷	۰/۱۷۸	۰/۵۴۸	۰/۹۲۴
	کنترل	۱۲/۶±۱/۸			۰/۶۷۷	۰/۷۴۹
قد (سانتی‌متر)	آزمایش	۱۶۵/۳±۶/۵	۰/۱۴	۲/۲۴۵	۰/۵۶۷	۰/۹۰۴
	کنترل	۱۶۶/۴±۹/۵			۰/۴۳۹	۰/۹۹۱
تودهٔ بدن (کیلوگرم)	آزمایش	۶۷/۱±۵/۷	۰/۰۶	۳/۸۲۹	۰/۴۷۷	۰/۹۷۷
	کنترل	۶۸/۹±۹/۹			۰/۵۰۳	۰/۹۶۲
طول پا (سانتی‌متر)	آزمایش	۸۱/۶±۴/۲	۰/۰۷	۳/۴۷۴	۰/۴۴۳	۰/۹۹۰
	کنترل	۸۲/۴±۶/۹			۰/۷۶۵	۰/۶۰۲
شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم/مترمربع)	آزمایش	۲۴/۵±۱/۶	۰/۱۸	۱/۸۷۶	۰/۶۸۵	۰/۷۳۶
	کنترل	۲۴/۷±۲/۲			۰/۴۸۷	۰/۹۷۲

با توجه به قد، وزن، سن، طول اندام تحتانی، شاخص تودهٔ بدنی، وضعیت پرونیشن و عضو برتر، هم‌سان‌سازی (آزمون لون و آزمون کلموگراف-اسمیرنوف) گروه‌های آزمایش و کنترل صورت گرفت. به افراد منتخب و والدینشان اطلاعاتی دربارهٔ سندرم انحراف پرونیشن اندام تحتانی، هدف تحقیق، نحوهٔ انجام مطالعه و چگونگی بهبود و تمرین‌های اصلاحی ارائه شد و پس از اعلام آمادگی آنها برای مشارکت در تحقیق، فرم رضایت‌نامه جهت تکمیل و امضا در اختیار آنها قرار گرفت. پس از امضای فرم، افراد، با درنظرگرفتن محدودیت‌های تحقیق، وارد گروه‌های مورد نظر و روند تمرین اصلاحی شدند. ضمناً، کد اخلاق تحقیق حاضر عبارت است از: IR.UI.REC.1396.037 و کد مرکز کارآزمایی بالینی (IRCT) این تحقیق عبارت است از: IRCT20190824044597N1.

معیارهای ورود به تحقیق به این شرح است: ابتلای فرد به سندرم انحراف پرونیشن با توجه به تشخیص متخصص حرکات اصلاحی، **الف**. داشتن کف پای صاف منعطف بدون علائم درد که از طریق آزمون بلندکردن پاشنه، اندازه‌گیری شاخص افت استخوان ناویکولار با استفاده از روش برودی[1] که بیشتر از ۱۰ میلی‌متر مورد نظر بود (۲۰) و صافی درجهٔ ۲ کف پا که با استفاده از آزمون اثر پا از طریق دیدن کف پا روی جعبهٔ آینه و همچنین پودر تالک بر اساس روش دنیس ای[2] (در صافی کف پای درجهٔ ۲ بخش مرکزی و جلوی پا هم‌اندازه است) تشخیص داده می‌شد (۲۱)؛ **ب**. زانو ضرب‌دری با اندازه‌گیری فاصلهٔ بین دو قوزک داخلی پا، به‌طوری‌که فاصلهٔ بین دو قوزک بالای ۴ سانتی‌متر باشد (۲۲)؛ **ج**. لوردوز کمری، که با استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر به نام پیسوله ماری با مارک کیدوز و به روش یوداس[3] سنجیده شد (۲۳) و زاویه‌های بیش از ۳۵ درجه انتخاب شد (۲۴)؛ میانگین سنی ۱۶-۱۰ سال، داشتن دید طبیعی یا اصلاح‌شده با عینک یا لنز، عدم ابتلا به دیگر بیماری‌های حاد یا مزمن ناتوان‌کنندهٔ مغایر با ورزش و عدم منع پزشک متخصص جهت انجام تمرین ورزشی،

1. Brody 2. Denis A 3. Youdas

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

نداشتن سابقهٔ آسیب‌دیدگی یا جراحی اندام تحتانی، نداشتن بیماری‌های گوش داخلی، نداشتن مشکلات تأثیرگذار بر تعادل در دستگاه عصبی و اختلال دستگاه دهلیزی، نداشتن دامنهٔ حرکتی غیرطبیعی مفاصل اندام تحتانی و مشکلات ارتوپدی جدی، مثلاً کف پای صاف سخت (ساختاری)، و تکمیل فرم رضایت‌نامه به‌صورت آگاهانه و پرسش‌نامهٔ‌سلامت فردی.

معیارهای خروج از تحقیق شامل: وجود درد یا ایجاد درد در طول مطالعه، عدم تکمیل آزمون‌های تحقیق در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، غیبت مستمر در تمرین‌ها (دو جلسه غیبت پشت‌سرهم یا سه جلسه غیبت در طول دوره) بود. گروه آزمایش به‌مدت سه ماه برنامهٔ تمرین اصلاحی منظم را اجرا کردند و گروه کنترل فعالیت معمول را ادامه دادند. برنامهٔ تمرین شامل دو بخش بود: ۱. بازآموزی (آموزش فعالیت‌های عملکردی روزانه با حضور والدین که شامل نحوهٔ راه‌رفتن، دویدن، خوابیدن، نشستن، حمل بار، بالا و پایین‌رفتن از پله و انجام فعالیت‌های عملکردی روزانه به‌طور کاملاً شفاف با کمک نمایش پاورپوینت، تصاویر و فیلم با استفاده از ویدیو پروژکتور در کلاس نظری که در یک جلسه، دو ساعت برای آنها توضیح داده شد. سپس، در همان جلسه، از آزمودنی‌ها خواسته شد که موارد آموزش‌داده‌شده را اجرا کنند تا اشتباهات آنها با دادن بازخورد اصلاح شود. همچنین، از آنها خواسته می‌شد که در فعالیت‌های روزانهٔ خود این موارد را در نظر داشته باشند و کاملاً رعایت کنند؛ از والدین خواسته شد که در منزل موارد آموزش‌داده‌شده را در نظر داشته و در صورت نیاز به فرزندانشان بازخورد بدهند) (۲،۲۵). ۲. بخش تمرینی در مجموع شامل ۲۱ حرکت بود: ۱. تمرینات مهاری یا رهاکردن توسط خود فرد: عضلات گاستروکنمیوس، سولئوس، فیبولا، عضلات خم‌کنندهٔ ران، نزدیک‌کنندهٔ ران و سر کوتاه دوسررانی و ایلیوتیبیال باند به‌مدت ۳۰ ثانیه به‌وسیله فوم غلتان، ۲. تمرینات کششی ایستا: در عضلات دوقلو و سولئوس، عضلات و کشندهٔ پهن‌نیام و سر کوتاه عضلهٔ دوسررانی عضلات سوئز خاصره‌ای، ۳. تمرینات مقاومتی: جهت تقویت عضلات اکسنتریک کف پا شامل دورسی فلکشن و اینورژن مچ پا، اداکشن، اکستنشن و چرخش خارجی ران با کش ترابند و تمرینات کوتاه‌کردن پا جهت تقویت عضلات اینترینسیک کف پا، ۴. تمرینات انسجامی: تمرینات تعادلی ستاره در تمامی صفحات، بالارفتن از پله، اسکات تک‌پا و لانج. در تمام تمرینات، اصل اضافه‌بار رعایت شد. تمرینات اصلاحی ترکیبی از منابع علمی مختلف است که مطابق جدول ۲ بود (۲،۷،۲۵). گروه آزمایش از یک‌روز بعد از پیش‌آزمون وارد برنامهٔ تمرینات (سه جلسه تمرین در هفته به‌مدت سه ماه) می‌شدند. تمرین اصلاحی که برای گروه آزمایش به‌کار رفت، شامل ۳۶ جلسهٔ ۶۰ دقیقه‌ای (گرم‌کردن اولیه ۱۰ دقیقه، تمرینات مهاری ۱۰ دقیقه، تمرینات کششی، قدرتی و انسجامی ۳۵ دقیقه و سردکردن ۵ دقیقه) بود (۲،۲۵). هم‌زمان با آن، گروه کنترل فعالیت معمول خود را داشتند. تمرین حرکات اصلاحی در کانون اجرا شد به‌طوری‌که افراد در طی اجرای تمرین‌ها همکاری کردند و در کانون حاضر شدند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

جدول ۲. خلاصه‌ای از برنامهٔ تمرین حرکات اصلاحی نظام‌مند

شاخص‌ها / تمرینات	هدف یا نوع تمرین	دوره	تکرار	استراحت	مدت	شدت	توضیحات
تکنیک‌های مهاری با استفاده از فوم رولر (تمرینات رهاسازی میوفاشیال توسط خود فرد)	تمرین رها کردن دوقلو/نعلی با فوم رولر	۱	۱		۳۰ ثانیه		بخش داخلی
	تمرین رها کردن دوسررانی با فوم رولر	۱	۱		۳۰ ثانیه		سرکوتاه
	تمرین رها کردن نوار ایلیوتیبیال باند/ کشندهٔ پهن‌نیام با فوم رولر	۱	۱		۳۰ ثانیه		
	تمرین رها کردن نازک‌نی با فوم رولر	۱	۱		۳۰ ثانیه		
تمرینات کششی (کشش ایستا و PNF)	کشش عضلات دوقلو	۱	۱		۳۰ ثانیه		چرخش داخلی پشت پا
	کشش عضلات نعلی	۱	۱		۳۰ ثانیه		
	کشش عضلهٔ دوسررانی در حالت طاق باز	۱	۱		۳۰ ثانیه		
	کشش عضلهٔ نوار ایلیوتیبیال باند/ کشندهٔ پهن‌نیام در حالت ایستاده	۱	۱		۳۰ ثانیه		چرخش خارجی پشت پا
تمرینات فعال‌سازی (تمرین تقویتی مجزا و ایزومتریک وضعیتی)	دورسی فلکشن مچ در مقابل مقاومت (استفاده از کش تراباند)	۱-۲	۱۰-۱۵	۰		۲/۲/۴	ساقی قدامی
	پلانتار فلکشن و اینورژن در مقابل مقاومت (استفاده از کش تراباند)	۱-۲	۱۰-۱۵	۰		۲/۲/۴	ساقی خلفی
	بلندکردن ساق یک پا (روی لبه استپ)	۱-۲	۱۰-۱۵	۰		۲/۲/۴	دوقلو داخلی
	خم‌کردن زانو در مقابل مقاومت همراه با چرخش داخلی (استفاده از کش تراباند)	۱-۲	۱۰-۱۵	۰		۲/۲/۴	همسترینگ داخلی
	جمع‌کردن حوله زیر پا، کوتاه‌کردن پا بدون جمع‌شدن انگشتان	۱-۲	۱۰-۱۵	۰		۲/۲/۴	خم‌کنندهٔ انگشتان و عضلات اینترینسیک کف پا
	حرکت آبداکشن و چرخش خارجی ران در مقابل مقاومت کش پیلاتس و کش بدن‌سازی	۱-۲	۱۰-۱۵			۲/۲/۴	آبداکتورها و چرخاننده‌های خارجی ران
	درحالت طاق‌باز با خم‌کردن زانو ۹۰ درجه در مقابل مقاومت دست	۱	۴	۰		۲۵-۵۰-۷۵-۱۰۰ درصد	عضلهٔ همسترینگ داخلی
	درحالت طاق‌باز با صاف‌بودن زانو در مقابل مقاومت دست پلانتار و اینورژن پا صورت می‌گیرد.	۱	۴	۰		۲۵-۵۰-۷۵-۱۰۰ درصد	عضلهٔ ساقی خلفی
	درحالت طاق‌باز با صاف‌بودن زانو در مقابل مقاومت دست دورسی فلکشن پا صورت می‌گیرد.	۱	۴	۰		۲۵-۵۰-۷۵-۱۰۰ درصد	عضلهٔ ساقی قدامی
تمرینات منسجم پویا	دست‌یابی به تعادل روی یک‌پا در چند جهت (تمرینات تعادل ستاره‌ای در تمامی جهات با استفاده از صندلی و بدون استفاده از آن)	۱-۲	۱۰-۱۵		۳۰ ثانیه		قوس مناسب پا حفظ شود و زانو مستقیم در راستای مقابل انگشتان دوم و سوم قرار گیرد
	بالارفتن از پله و حفظ تعادل (تمرینات پلیومتریک با استفاده از استپ)	۱-۲	۱۰-۱۵		۳۰ ثانیه		قوس مناسب پا حفظ شود و زانو مستقیم در راستای مقابل انگشتان دوم و سوم قرار گیرد

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

	اسکات با یک‌پا	۱-۲	۱۰-۱۵		۳۰ ثانیه		قوس مناسب پا حفظ شود و زانو مستقیم در راستای مقابل انگشتان دوم و سوم قرار گیرد
	حرکت لانچ و حفظ تعادل	۱-۲	۱۰-۱۵		۳۰ ثانیه		قوس مناسب پا حفظ شود و زانو مستقیم در راستای مقابل انگشتان دوم و سوم قرار گیرد

قبل و بعد از سه‌ماه اجرای تمرین اصلاحی، متغیرهای پیش‌گفته در هر دو گروه تحت ارزیابی قرار گرفت. آزمودنی‌ها از طریق آزمون‌هایی از قبیل نوسان‌های پاسچر و نیروی واکنش زمین، با کمک دستگاه صفحهٔ نیرو تحت ارزیابی قرار گرفتند. برای آزمون نوسان پاسچر در صفحات قدامی-خلفی (AP) و داخلی-خارجی، دستگاه صفحهٔ نیرو (Force plate-Kistler 50*60) به‌کار رفت (۲۶). برای این منظور، ابتدا دستگاه صفحهٔ نیرو با فرکانس ۱۲۰HZ کالیبره شد و آزمون به‌عمل آمد. همچنین، پیش از آزمون، دستگاه با فرکانس ۱۰HZ فیلتر شد تا اختلال‌ها گرفته شود. برای سنجش پایداری و ثبات وضعیتی، از آزمودنی‌ها خواسته شد که به مدت ۶۰ ثانیه و بدون کفش، با پای غالب روی صفحهٔ نیرو قرار بگیرند. آزمون سه بار تکرار شد و بین هر تکرار به آزمودنی‌ها ۳۰ ثانیه استراحت داده شد. سپس، با توجه به اینکه در ۱۵ ثانیهٔ اول، مرکز فشار یا Center of Pressure (COP) خیلی حرکت دارد و نیز برای حذف اثر خستگی احتمالی ایجادشده در ۱۵ ثانیهٔ آخر، از ۳۰ ثانیهٔ وسط به‌منزلهٔ نتیجهٔ آزمون استفاده شد (۲۶). بنابراین، برای تجزیه و تحلیل COP از فریم ۱۸۰۰ (15s×120Hz=1800) تا فریم ۵۴۰۰ (45s×120Hz=5400) استفاده شد. بر این مبنا، دامنهٔ تعداد ۳۶۰۰ فریم (30s×120Hz=3600) در هر تکرار هدف بررسی قرار گرفت. در تحلیل خطی از پارامترهای طول حرکت (COP (Path Length، سرعت نوسان‌ها (COP (Velocity، طول حرکت کل (Total Path COP (Length و سرعت نوسان‌های کل (COP (Total Velocity در هر دو صفحهٔ قدامی-خلفی (AP) و داخلی-خارجی (۲۶) استفاده شد. در تحلیل غیرخطی نیز از شاخص آنتروپی در صفحات AP و ML استفاده شد و فرمول‌های ذیل جهت تحلیل خطی به‌کار گرفته شد (۲۷).

$$\text{COP X} \quad (\text{mm}) = x_{max} - x_{min}$$

$$\text{COP Y} \quad (\text{mm}) = y_{max} - y_{min}$$

$$\text{VCOPX (mm/min)} = \frac{\left(\sum^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2}\right)}{t}$$

$$\text{VCOPY (mm/min)} = \frac{\left(\sum^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2}\right)}{t}$$

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

COPY، COPX، VCOPY، VCOPX، FCOPY، FCOPX و GRF به‌ترتیب عبارت‌اند از طول مسیر مرکز فشار در جهت قدامی–خلفی، طول مسیر مرکز فشار در جهت داخلی–خارجی (COPX)، سرعت مرکز فشار در جهت قدامی–خلفی (VCOPY)، و سرعت مرکز فشار در جهت داخلی–خارجی (VCOPX). فرکانس جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحهٔ قدامی–خلفی (FCOPY)، فرکانس جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحهٔ داخلی–خارجی (FCOPX) و نیروی عمودی واکنش زمین (GRF) که به‌صورت درصدی وزن بیان شد. در رویکرد غیرخطی، پارامتر آنتروپی تقریبی در دو جهت داخلی–خارجی و قدامی–خلفی به‌کار گرفته شد. در محاسبهٔ آنتروپی تقریبی روش پینکاس (Pincus) و کالمن (۲۸) به‌کار رفت. در این تحقیق، آنتروپی تقریبی به‌صورت ApEn(m,r,n) تعریف شده است که m بعد جاسازی، r تلرانس و n نقاط اطلاعاتی ورودی است و فرمول محاسباتی به این صورت است (۲۸):

$$\Phi^m = \frac{1}{N-m+1}\sum_{i=1}^{N-m+1} \log C_i^m$$

$$\Phi^{m+1} = \frac{1}{N-m}\sum_{i=1}^{N-m} \log C$$

$$\mathrm{ApEp(m,r,n)} = \Phi^m - \Phi^{m+1}$$

در تحقیق حاضر، برای به‌دست‌آوردن عدد نهایی مربوط به نیروی واکنش، پس از استخراج عدد خام مربوط به مقدار نیروی واکنش زمین در بازه‌های تعیین‌شده، این مقدار بر وزن به نیوتن تقسیم و حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب برای حذف تأثیر اختلاف وزن آزمودنی‌ها انجام شد؛ با انجام این کار، عدد نهایی که به محیط نرم‌افزار SPSS۲۲ وارد می‌شد به عنوان درصدی از وزن بدن آزمودنی به شمار می‌آمد (۲۷،۲۹). همهٔ آزمون‌ها در طی یک جلسه اجرا می‌شد، طوری‌که برای دانش‌آموزان هیچ عارضه و ناراحتی نداشته باشد. قبل از اجرای آزمون‌ها و در پایان اجرای تمرینات اصلاحی، از دانش‌آموزان آزمون‌های کلینیکی، از جمله اسکات دوپایی، راه‌رفتن، دامنهٔ حرکتی مفاصل اندام تحتانی، صدای مفاصل و... گرفته می‌شد. حالات دانش‌آموزان در حین آزمون‌ها در کانون توجه بود و در بین هر آزمون فرصت کافی برای استراحت در نظر گرفته می‌شد که فرد دچار خستگی بیش‌ازحد یا آسیب نشود. در این پژوهش، برای توصیف متغیرها از میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، ابتدا از آزمون لون برای تعیین واریانس داده‌ها و کلموگرف–اسمیرنوف برای بررسی طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای مقایسهٔ میانگین گروه‌ها و بررسی تأثیر متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته، از آزمون تی وابسته و مستقل استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS۲۲ در سطح معناداری ۵ درصد (α≤۰/۰۵) استفاده شد.

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به متغیرهای خطی و غیرخطی نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین در دانش‌آموزان در جدول ۳ ارائه شده است. در گروه آزمایش، به‌دنبال دوازده هفته تمرین اصلاحی، نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین (صفحهٔ نیرو) بهبود معناداری پیدا کردند (P=۰/۰۰۱). اما، در گروه کنترل، تفاوت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

معناداری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). در مجموع، تفاوت معناداری بین گروه آزمایش و کنترل مشاهده شد (P=۰/۰۰۱)، به‌طوری‌که نوسان‌های پاسچر و نیروی واکنش زمین در گروه آزمایش کمتر از گروه کنترل بود (P≤۰/۰۵).

جدول ۳. نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		95% CI		t	Sig (2-tailed) (P)
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد	lower	Upper		
آنتروپی تقریبی داخلی-خارجی	آزمایش	۴/۵۳	۰/۹	۱/۷۱	۰/۶۹	۲/۵	۳/۱	۲۲/۱۶	*۰/۰۰۱
	کنترل	۴/۶۶	۰/۹	۴/۵	۰/۸۸	-۰/۰۳۳	۰/۲۰۱	۱/۵۳	۰/۱۴۸
آنتروپی تقریبی قدامی-خلفی	آزمایش	۲/۶۵	۰/۵	۰/۸	۰/۲۴	۱/۶۲	۲/۰۵	۱۸/۳۵	*۰/۰۰۱
	کنترل	۲/۷۵	۰/۵۲	۲/۷	۰/۵	-۰/۰۱۲	۰/۱۱۹	۱/۷۳	۰/۱۰۶
COPX (میلی‌متر)	آزمایش	۵۳۳	۳۶/۹	۲۳۱/۱	۱۶/۴	۱۸۳/۱	۴۱۹/۷	۵/۴۹	*۰/۰۰۱
	کنترل	۵۷۴	۳۳/۸	۵۷۲/۴	۳۳/۸	۰/۷۴	۳/۸۱	۱/۴۴	۰/۱۷
COPY (میلی‌متر)	آزمایش	۶۳۴/۸	۱۸/۶۴	۳۱۷/۴	۱۵/۵	۲۴۰/۵	۳۹۴/۳	۸/۸۵	*۰/۰۰۱
	کنترل	۶۰۰/۱	۱۸۲/۴	۶۰۵/۲	۱۹۹/۳	-۲۴/۲۳	۱۳/۹۶	-۰/۵۷۷	۰/۵۷
VCOPX (میلی‌متر/دقیقه)	آزمایش	۱۶۶/۵	۱۴/۵	۱۱۳/۶	۹/۶	۴۸/۱۱	۵۷/۸۱	۲۳/۴۲	*۰/۰۰۱
	کنترل	۱۶۴/۵	۱۷/۶	۱۶۴/۵	۱۷/۶	-/۰۰۸	۰/۰۲۸	۲/۰۲	۰/۰۶۳
VCOPY (میلی‌متر/دقیقه)	آزمایش	۱۱۷/۷	۱۳/۲	۵۸	۶/۴۲	۵۵/۱۳	۶۴/۴	۲۷/۶۵	*۰/۰۰۱
	کنترل	۱۱۸/۳	۱۷/۰۴	۱۱۸/۲	۱۷/۱	-۴/۷	۲/۸	۱/۵۲	۰/۱۴۹
FCOPX (هرتز)	آزمایش	۰/۱۶۲	۰/۰۱۵	۰/۱۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۴۴	۰/۰۶	۱۴/۷	*۰/۰۰۱
	کنترل	۰/۱۶	۰/۰۱۷	۰/۱۵۷	۰/۰۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۱/۵۸	۰/۱۳۶
FCOPY (هرتز)	آزمایش	۰/۱۱۴	۰/۰۱۲	۰/۰۵۷	۰/۰۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶۱	۲۲/۲۷	*۰/۰۰۱
	کنترل	۰/۱۱۶	۰/۰۱۸	۰/۱۱۴	۰/۰۱۶	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۱/۴۶	۰/۱۶
GRF (درصد وزن بدن)	آزمایش	۱۵۰/۳	۷/۰۸	۹۸/۸	۳/۹	۴۹/۳۲	۵۳/۶	۵۱/۴۹	*۰/۰۰۱
	کنترل	۱۵۲/۱	۱۲/۳	۱۵۲	۱۲/۵۷	-۰/۱۸	۰/۴۴	۰/۹۰	۰/۳۸

COPY: طول مسیر مرکز فشار در جهت قدامی-خلفی، COPX: طول مسیر مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی، VCOPY: سرعت مرکز فشار در جهت قدامی-خلفی، VCOPX: سرعت مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی، FCOPY: فرکانس جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحهٔ قدامی-خلفی، FCOPX: فرکانس جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحهٔ داخلی-خارجی و GRF: نیروی عمودی واکنش زمین.

*در همهٔ موارد سطح معناداری برابر P≤۰/۰۵ است که معنادارنبودن اختلافات را نشان می‌دهد.

بحث

هدف پژوهش حاضر، تعیین تأثیر تمرین اصلاحی بر متغیرهای خطی و غیرخطی نوسان‌های کنترل پاسچر و نیروی واکنش زمین دانش‌آموزان پسر دارای سندرم انحراف پرونیشن بود. مطابق یافته‌های تحقیق حاضر، نمونه‌های گروه آزمایش پس از پایان دوازده هفته برنامهٔ تمرین اصلاحی، در دورهٔ زمانی پس‌آزمون که آزمون صفحهٔ نیرو به‌منظور ارزیابی پارامترهای خطی و غیرخطی نوسان‌های کنترل پاسچر برای آنها اجرا شده، بهتر از گروه کنترل بوده‌اند و نوسان وضعیتی کمتر و به‌عبارتی ثبات بیشتری در پای غالب خود داشتند که نشان‌دهندهٔ مؤثربودن روش تمرین اصلاحی منظم نسبت به روش معمول است. اختلاف میانگین امتیازات به‌دست‌آمده در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

پس‌آزمون ارزیابی پارامترهای خطی و غیرخطی نوسان‌های پاسچری معنی‌دار است و با توجه به نتایج (جدول ۳)، میانگین امتیازات گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل برتری نشان می‌دهد و تفاوت‌ها معنی‌دار است. این یافته‌ها با نتایج برخی تحقیقات (۳۳-۸،۱۶،۳۰) هم‌خوانی دارد. آنها گزارش کردند که ثبات پاسچر و وضعیت بدنی افراد گروه آزمایش و کنترل قبل از اعمال تمرین اصلاحی تفاوتی نداشته است که این روند بعد از اجرای تمرین اصلاحی معکوس شده و افراد گروه آزمایش، ثبات پاسچری بهتری نسبت به پیش‌آزمون و گروه کنترل نشان دادند. شاید علت این هم‌خوانی، استفادهٔ این تحقیقات از تمرینات اصلاحی یکسان با تمرین تحقیق حاضر یا ویژگی‌های مشابه شرکت‌کننده‌ها باشد. پاینده و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که حرکات اصلاحی می‌تواند کارآیی قوس‌های کف‌پایی را جهت جذب نیروهای وارد بر آن افزایش و نیروی واکنش زمین بر افراد دارای کف‌پای صاف را، در دو مرحلهٔ انتقال وزن بر پاشنه و انتقال وزن بر پنجه، کاهش دهد (۳۲). نجفی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که با توجه به اینکه زمان به‌کارگیری استراتژی‌های مچ پا و ران در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های اندام تحتانی نسبت به افراد با وضعیت طبیعی، متفاوت است، فعالیت عضلات مسئول در این استراتژی‌ها نیز متفاوت است و می‌توان با اجرای تمرین‌های جامع، انقباض مناسب و به‌موقع عضلات مرتبط با استراتژی‌های حفظ تعادل را بهبود داد و در پیش‌گیری از اختلال تعادل و ایجاد آسیب‌های پیامد عدم تعادل مؤثر واقع شد (۸).

مطالعات مختلف نشان دادند که انجام تمرین‌های اصلاحی منظم سبب بهبود و کاهش نوسان‌های پاسچری و تعدیل ناهنجاری‌های ثانویهٔ همراه با سندرم انحراف پرونیشن می‌شود (۸،۳۲). در مطالعهٔ حاضر، پس از اجرای تمرین‌های اصلاحی به‌منظور اصلاح وضعیت سندرم انحراف پرونیشن اندام تحتانی و کاهش نوسان‌های پاسچر، به‌کارگیری تمرین‌های مناسب اصلاحی، کارآیی عضلات را افزایش داد. این عضلات پیش از تمرین در گروه آزمایش، فعالیت هماهنگی برای کنترل وضعیت نداشتند. به‌همین‌علت، برای بهبود و ارتقای تعادل و کاهش نوسان‌های پاسچر افراد دارای این نوع سندرم، طراحی و تنظیم یک دوره تمرین اصلاحی منظم با کنترل عواملی همچون سرعت، قدرت، مدت، شدت، و تعداد تکرار تمرین الزامی می‌نماید، که در این مطالعه این کار صورت گرفت و گروه آزمایش از آن پیروی کردند. این نتایج با یافته‌های برخی تحقیقات (۳۸-۱۷،۲۰،۳۴) هم‌خوانی ندارد. رئیسی و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که کف پای صاف کنترل وضع بدن را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (۳۴). قاسمی پائین‌دهی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که ساختار آناتومیکی پا بر تعادل پویا تأثیر دارد، ولی ویژگی آنتروپومتریکی کف پا چنین تأثیری ندارد (۱۷). لی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که فعالیت عضلهٔ ابداکتور شست، حین پایین‌آمدن از پله، در گروهی که تمرینات کوتاه‌کردن پا را انجام داده‌اند، به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروهی است که از تیپ‌کردن استفاده کرده‌اند. بااین‌حال، تفاوت معنی‌داری بین فعالیت عضلات پهن داخلی و خارجی، یا میزان فعالیت آنها در بین سه وضعیت پا وجود نداشت (۳۸). علت ناهم‌خوانی نتایج این مطالعات با تحقیق حاضر، ممکن است پاسخ‌های عضلانی باشد. واکنش‌های عضلانی به وظایف حرکتی بستگی دارد؛ چنان که نوع پاسخ ارائه‌شده در مطالعهٔ حاضر روی صفحهٔ نیرو، غیرارادی و بازگشتی است،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

درحالی‌که آزمون راه‌رفتن فعالیتی فانکشنال است که عضلات در طی آن پاسخ‌های ارادی ارائه می‌دهند. علاوه‌برآن، این تفاوت‌ها در افراد با کف پای صاف منعطف، ممکن است جبران نقص عصبی-عضلانی برای کاهش بار زیاد قوس طولی داخلی را نشان دهد. با وجود این، در مطالعهٔ حاضر، به‌منظور بهبود وضعیت بدنی و کاهش نوسان‌های پاسچر ، تمرین اصلاحی اجرا شده است. همچنین، استفاده از پروتکل‌های تمرینی متفاوت با رویکردهای مختلف، ویژگی افراد شرکت‌کننده در تحقیق (سن، جنسیت و جمعیت‌های متفاوت)، و ابزارها یا روش ارزیابی متفاوت ممکن است از علل ناهم‌سویی این مطالعات باشد.

هرتل و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که آزمون‌های تعادلی، به کنترل عصبی–عضلانی برای وضعیت مناسب مفصل و قدرت ساختمان عضلانی اطراف آن مفصل حین اجرای آزمون نیاز دارند (۳۹). در مفصل مچ پا، گروه‌های عضلانی موافق و مخالفی که استحکام مفصل را تأمین می‌کنند، شامل دو گروه عضلانی خم‌کننده - بازکننده و چرخش‌دهنده‌های داخلی و خارجی مچ پا هستند. اختلال در عملکرد این سیستم سبب به‌هم‌خوردن تعادل قدرت این عضلات می‌شود و درنتیجه بی‌ثباتی در مفصل به‌وجود می‌آید (۴۰). فعالیت عضلات اینورتور (تیبیالیس خلفی) در افراد با وضعیت هایپرپرونیشن و فعالیت عضلات اورتور نسبت به افراد طبیعی کمتر است و در این افراد گشتاور پلانتار فلکسوری در مچ پا بیشتر است (۴۱). حمایت‌کنندهٔ اصلی قوس پا در حالت ایستا لیگامان‌ها هستند و درعین‌حال عضلهٔ تیبیای قدامی نقش مؤثری در حرکت اینورژن مچ پا ایفا می‌کند که سبب حفظ قوس طولی داخلی پا می‌شود (۴۲). تغییرات بیومکانیکی ناشی از پرونیشن مچ پا ممکن است بر بارهای مفصلی، بازدهی مکانیکی عضلات، بازخورد و جهت‌یابی حس عمقی اثرگذار باشد و به تغییر در کنترل عصبی-عضلانی اندام تحتانی بینجامد (۴۳).

در افراد مبتلا به سندرم انحراف پرونیشن، حس عمقی و حس حرکتی عضلات پیرامون مفصل کاهش می‌یابد (۴۴). فعالیت عضلات متعدد در طول پاسخ‌های وضعیتی انسان به اغتشاش، به‌وسیلهٔ یک قانون بازخورد تأخیری رایج بر مبنای حرکت مرکز جرم بدن ایجاد می‌شود (۴۵). پاسخ‌های وضعیتی خودکار، به‌منزلهٔ پاسخ‌های وضعیتی دستگاه حرکتی برای ثبات پاسچر شناخته می‌شوند. این واکنش‌ها اغلب در مخچه شکل می‌گیرد و ناخودآگاه قبل از حرکات ارادی رخ می‌دهد و با تلاش آگاهانه اصلاح‌پذیر نیست. این واکنش‌های خودکار با سه استراتژی تعادل، ۱. استراتژی مچ پا، ۲. استراتژی لگن و ۳. استراتژی قدم‌برداشتن مشخص می‌شود (۴۶). اولین استراتژی حرکتی، استراتژی مچ‌پا است که توسط گروه‌های عضلانی دورسی فلکسور و پلانتار فلکسور، حول محور مفصل مچ پا انجام می‌پذیرد. این استراتژی معمولاً هنگامی که نیروهای برهم‌زنندهٔ تعادل کوچک و سطح اتکا سفت باشد، از سوی فرد برای کنترل وضعیت بدن اتخاذ می‌شود (۵). هنگام ایستادن راحت یا بروز اغتشاشات کوچک برای برگرداندن مرکز جرم فرد به حالت پایدار، حرکاتی در مفصل مچ پا صورت می‌گیرد. در صورت به‌هم‌خوردن تعادل رو به جلو عضلات خلفی (گاستروکنمیوس، همسترینگ و پاراسپینال‌ها) و هنگام به‌هم‌خوردن تعادل رو به عقب عضلات قدامی (تیبیای قدامی، کوادریسپس و شکمی) از دیستال به پروگزیمال فعال می‌شود (۴۷). با توجه به نتایج در تحقیق حاضر و مطالعات پیشین، پا آخرین

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

قسمت زنجیرهٔ حرکتی بسته است که نقش مهمی در تعادل و کنترل نوسان‌های پاسچری دارد، بنابراین وقتی که قسمتی از این زنجیره ناتوان، ضعیف، مبتلا به ناهنجاری یا آسیب شود، روی قسمت‌های دیگر زنجیرهٔبدن تأثیر می‌گذارد؛ چنان‌که محققان پی بردند که تعادل از طریق تغییرات ورودی‌های محیطی که عامل ثانویهٔ آسیب مفصل است تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۰). افراد با ناهنجاری ساختاری کف پا، سیستم حسی حرکتی را بیشتر درگیر می‌کنند تا با وضعیت نامتعادل به‌وجودآمده در اثر آشفتگی مقابله کنند و به این وسیله از سقوط ممانعت به‌عمل آورند. نقص در گیرنده‌های کف پایی، به افزایش نوسان‌های پاسچری منجر می‌شود و در نتیجه کنترل پاسچر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۸). دربارهٔ اینکه برنامهٔ تمرین اصلاحی منظم چگونه می‌تواند بر نوسان‌های پاسچر و وضعیت بدنی اثر بگذارد، باید توضیح داد که کشش، انقباض و تقویت عضلات ناحیهٔ مرکزی بدن، ران، زانو، ساق پا، مچ پا و کف پا، قبل از انجام آزمون و حرکت‌دادن عضو، یک واکنش پیش‌بین پاسچری از سوی اعصاب مرکزی ایجاد می‌کند که از اختلالات پاسچر جلوگیری می‌کند و در سازمان‌دهی تعادل مشارکت دارد. بنابراین، تقویت عضلات این ناحیه در نتیجهٔ برنامهٔ تمرینات ورزشی باعث بهبود دستگاه عصبی–عضلانی و هماهنگی می‌شود و این امر کاهش جابه‌جایی مرکز ثقل خارج از سطح اتکا و کاهش نوسان آن را به‌دنبال دارد؛ بنابراین، نوسان‌های پاسچر در پارامترهای خطی و غیرخطی و نیروی عمودی واکنش زمین، که با دستگاه صفحه نیرو اندازه‌گیری شد، کاهش یافت به‌عبارتی، ثبات پاسچر افزایش یافت، که می‌تواند به‌دلیل تأثیر تمرینات اصلاحی منظم بر افزایش کارایی قوس‌های کف پایی، کاهش زانو ضرب‌دری، لوردوز کمری و زاویهٔ پرونیشن پشت پا جهت جذب و کنترل نیروهای وارد شده و کاهش نیروی واکنش زمین در افراد دارای سندرم انحراف پرونیشن باشد.

محدودیت‌های تحقیق

در این تحقیق، کنترل تغذیه، اوضاع روحی و حالت روانی آزمودنی‌ها با محدودیت مواجه بودیم. همچنین، تحقیق فقط برای دانش‌آموزان پسر اجرا شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان گفت تمرین اصلاحی نظام‌مند و ترکیبی جدید، فعالیت و کارآیی عضلات مسئول کنترل نوسان‌های پاسچر را بهبود می‌دهد که آن نیز به کاهش نوسان‌های کنترل پاسچر در پارامترهای خطی و غیرخطی و همچنین کاهش نیروی عمودی واکنش زمین در دانش‌آموزان پسر دارای سندرم انحراف پرونیشن می‌انجامد؛ لذا به‌کارگیری این تمرین‌های اصلاحی نظام‌مند برای این دسته از دانش‌آموزان، که سندرم انحراف پرونیشن دارند، به محققان، مربیان و متخصصان حرکات اصلاحی توصیه می‌شود که آن را جهت ارتقای کنترل نوسان‌های پاسچر و کاهش نیروی عمودی واکنش زمین در این دسته از افراد بررسی کنند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

منابع

1. Hertling, D., Kessler, R.M. (2006). Management of common Mmsculoskeletal disorders: physical therapy principles and methods. Philadelphia: Lippincott-Raven; 602-12.
2. Clark, M.A., Lucett, S.L. (2011). NASM essentials of corrective exercise training: Lippincott Williams & Wikins; 20-50.
3. Razeghi, M., Batt, M. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. Gait & Posture. 15(3):282-91.
4. Nashner, L.M., Masdeu, J.C., Sudardky, L., Wolfson, L. (1997). Physiology of balance, with special reference to healthy elderly. In Gait disor of aging: falls and therapeutic sterategies. Philadelphia: Lippincott-Raven. 37-53.
5. Hewett, T.E., Zazulak, B.T., Myer, G.D., Ford, K.R. (2005). A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. British Journal of Sports Medicine. 39(6): 347-50.
6. Refshauge, K.M., Kilbreath, S.L., Raymond, J. (2000). The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. Medicine and Science in Sports and Exercise: 32(1):10-15.
7. Chung, K.A., Lee, E., Lee, S. (2016). The effect of intrinsic foot muscle training on medial longitudinal arch and ankle stability in patients with chronic ankle sprain accompanied by foot pronation. Journal of Physical Therapy Rehabilitation Science. 5(2):78-83.
8. Najafi, M., Shojaedin, S., Haddadnejad, M., Barati, A.H. (2018). Effect of eight-week corrective exercises on the activity of Involved Muscles in ankle balance strategies in girls with lower limb pronation syndrome. Journal of Rehabilitation Medicine. 7(1):77-87. (Persian)
9. Ghaderiyan, M., Ghasemi, G.A., Zolaktaf, V. (2016). The effect of rope jumping training on postural control, static and dynamic balance in boy students. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 4(8):89-102. (Persian)
10. Synder, K.R., Earl-Boehm, J., O'Connor, K.M., Ebersole, K. (2009). Resisrance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during runing. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). 24(1):26-34.
11. Nejati, P., Forugh, B., Kuhpayezade, J., Moeineddin, R., Nejati, M. (2010). Effects of foot orthoses on knee pain and function of female athletes with patellofemoral pain syndrome. Journal Zanjan University of Medical Sciences.17(66):49-60. (Persian)
12. Holmes, C.F., Wilcox, D., Fletcher, J.P. (2002). Effect of modified, low- dye medial longitudinal arch taping procedure on the subtalar joint neutral position before and after light exercise. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 32(5):194-201.
13. Feltner, M.E., Macarae, H., Macarae, P., Turner, N., Harman, C., Summers, M., Welch, M. (1994). Strength training effects on rearfoot motion in running. Medicine & Science in Sports & Exercise. 26(8):1021-7.
14. Tsai, L.C., Yu., B., Mercer, V.S., Gross, M.T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 36(12): 942-53.
15. Herrington, L., Hatcher, J., Hatcher, A., McNicholas, M.J. (2009). A comparison of star excursion balance test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. The Knee. 16(2):149-52.
16. Musavi, S.H., Ghasemi, B., Faramarzi, M. (2009). The Relationship between internal longitudinal foot arch with static and dynamic balance of 12-14 years male students. Sports Medicine Journal. 1(2):107-125. (Persian)
17. Ghasemi Paindehi, V., Rajabi, R., Alizadeh, M.H., Dashti Rostami, K., Sour Aliya, M. (2016). The relationship between the medial longitudinal arch of the foot and some anthropometric measurements and dynamic balance. Journal of Applied Exercise Physiology 11(21): 23-36. (Persian)
18. Thomas, J.R., Nelson, J.K., Silverman, S.J. (2001). Research methods in physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics. 164-175.
19. Thomas, L., Krebs, C.J. (1997). A review of statistical power analysis software. Bulletin of the Ecological Society of America: 78(2):126-38.
20. Cote, K.P., Brunet, M.E., Gansneder, B.M., Shultz, S.J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of Athletic Training. 40(1):41-46.
21. Chougala, A., Phanse, V., Khanna, E., Panda, S. (2015). Screening of body mass index and functional flat foot in adult: an observational study. International Journal of Physiotherapy and Research. 3(3):1037-41.
22. Culik, J., Marik, I., Cerny, E.P. (2008). Biomechanics of leg deformity treatment. Journal Musculoskelet Neuronal Interact. 8(1): 58-63.
23. Youdas, J.W., Hollman, J.H., Krause, D.A. (2006). The effects of gender, age, and body mass index on standing lumbar curvature in persons without current low back pain. Physiotherapy Theory and Practice. 22(5):229-37.
24. Seidi, F., Rajabi, R., Ebrahimi Takamjani, I., Tavanai, A.R., Moussavi, S.J. (2009). The Iranian flexible ruler reliability and validity in lumbar lordosis measurements. World Journal of Sport Sciences, 2(2):95-99.
25. Sahrmann, S. (2011). Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. St Louis, MO: Elsevier/Mosby, Inc. 403-430.
26. Willson, J.D., Dougherty, C.P., Ireland, M.L., Davis, I.M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 13(5):316-25.
27. Mirahmadi, M., Karimi, M.T., Mostamand, J. (2014). Stability analysis of patients with various neurological and musculoskeletal disorders based on linear and nonlinear approaches. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 9(6):969-77. (Persian)
28. Pincus, S., Kalman, R.E. (1997). Not all (possibly) "random" sequences are created equal. Proceedings of the National Academy of Sciences. 94(8):3513-8.
29. Winter, D.A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed, John Wily & Sons.
30. Nyland, J., Smith, S., Beickman, K., Armsey, T., Caborn, D.N. (2002). Frontal plane knee angle affects dynamic postural control strategy during unilateral stance. Medicine & Science in Sports & Exercise. 34(7):1150-7.
31. de Oliveira, D. C. S., de Rezende, P.A.M.S., da Silva, M. R., Lizardo, F.B., Sousa, G.C., Santos, L.A., Guimarães, E.A., Chacur, E.P. (2012). Electromyographic analysis of lower limb muscles in proprioceptive exercises performed with eyes open and closed. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 18(4):261-6.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

32. Payandeh, M., Khoshraftar Yazdi. N., Ebrahimi Atri. A., Damavandi, M. (2014). Effect of corrective exercise program on the ground reaction force in student with flat foot during gait cycle. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 10(2):292-305. (Persian)
33. Mantashloo, Z., Sadeghi, H., Khaleghi Tazji, M. (2017). The effect of foot pronation on postural control of body and electrical activity of selected ankle muscles during V-Cut motion. Journal of Sport Biomechanics. 2(4):61-9. (Persian)
34. Raissi, G.H., Alizadeh, M. (2009). Compare the active and passive balance people with flat foot and normal. Master's Degree, Tehran University. (Persian)
35. Khalaji, H., Naghizadeh, B., Vazhari, F. (2010). The relationship between some anthropometric features of frontal foot and motor function of the lower limb of boys in ardabil. Master's Degree, Tehran, Payam Noor University. (Persian)
36. Rahimi, A.R., Sokhanguei, Y., Movahedmanesh, F. (2010). The effect of using a therapeutic methods (foot orthoses and corrective exercises) on some of the factors of motor fitness in 10 to 12 year old girls with flat feet. Periodical Jahesh. 2(5):51-6. (Persian)
37. Yalfani, A., Amini Semiromi, E., Raeisi, Z. (2016). The effect of musculoskeletal abnormalities of pes planus, pes cavus and hallux valgus on postural sways during quiet stance. Journal of Exercise Science and Medicine 7(1):143-62. (Persian)
38. Lee, J., Yoon, J., Cynn, H. (2017). Foot exercise and taping in patients with patellofemoral pain and pronated foot. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 21(1):216-22.
39. Hertel, J., Gay, M.R., Denegar, C.R. (2002). Different in postural control during single-leg stance among healthy individual with different foot types. Journal of Athletic Training. 37(2):129-32.
40. Javdaneh, N., Letafatkar, A., Kamrani Faraz, N. (2016). The effect of eight weeks of resistance training on postural sway and balance in basketball elite athletes with functional ankle instability. Pejouhandeh Journal. 21(5):247-54. (Persian)
41. Lloyd, D.G., Buchanan, T.S., Biomech, J. (2001). Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. Journal of Biomechanics. 34(10):1257-67.
42. Oatis, C.A. (2009). Kinsiology: the mechanics and pathomechanics of human. 2ed, editor. Champaign. Human Kinetics.
43. Daneshmandi, H., Saki, F., Shahheidari, S., Khoori, A. (2011). Lower extremity Malalignment and its linear relation with Q angle in female athletes. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 15:3349-54. (Persian)
44. Akbari, M., Mohammadi, M., Saeedi, H. (2007). Effects of rigid and soft foot orthoses on dynamic balance in females with flatfoot. Medical Journal of The Islamic Republic of Iran (MJIRI). 21(2):91-7.
45. Welch, T.D., Ting, L.H. (2008). A feedback model reproduces muscle activity during human postural responses to support-surface translations. Journal of Neurophysiology. 99(2):1032-8.
46. Horak, F.B., Nashner, L.M. (1986). Central programming of postural movement: adaptation to altered support-surface configurations. Journal of Neurophysiology. 55(6):1369-81.
47. Colby, L.A., Kisner, C. (2007). Exercise foundations and techniques. Fa Davis Company Philadelphia. F.A. Davis Company.
48. Wang, D., Linn, G. (2008). Structure of proprioceptive mechanisms in the regulation of stance. Progress in Brain Research. 41-8.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

پیوست‌ها

پیوست ۱

خروجی نرم‌افزار G*power در تعیین حجم نمونه

Analysis:	A priori: Compute required sample size		
Input:	Effect size f	=	0.3
	α err prob	=	0.05
	Power (1−β err prob)	=	0.8
	Number of groups	=	2
	Number of measurements	=	2
	Corr among rep measures	=	0.4
	Nonsphericity correction ε	=	1
Output:	Noncentrality parameter λ	=	9.0000000
	Critical F	=	4.1959718
	Numerator df	=	1.0000000
	Denominator df	=	28.0000000
	Total sample size	=	30
	Actual power	=	0.8252955

پیوست ۲

تصاویر تمرینات مربوط به جدول ۲

۱. تکنیک‌های مهاری (تمرینات رهاسازی میوفاشیال توسط خود فرد) با استفاده از فوم رولر



الف. تمرین رها سازی عضلات دوقلو و نعلی



ب. تمرین رها سازی عضلهٔ نازک‌نئی



ج. تمرین رها سازی عضلات دوسررانی



د. تمرین رها سازی عضلات نوار ایلیوتیبیال باند/ کشندهٔ پهن‌نیام

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

۲. تمرینات کششی ایستا و تسهیل عصبی-عضلانی (PNF)

الف. تمرینات کششی ایستا



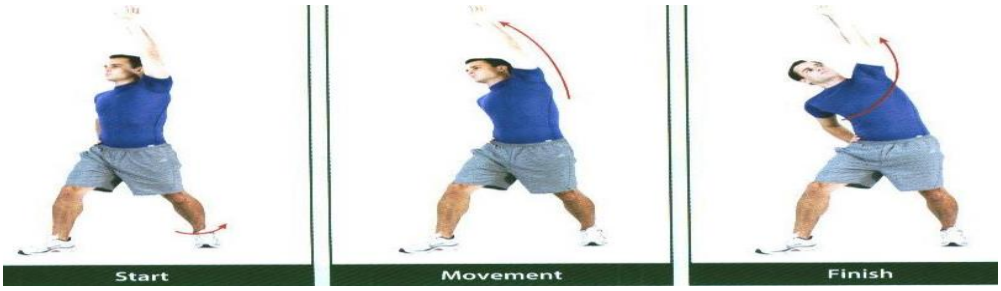
کشش عضلهٔ نعلی



کشش عضلهٔ دوقلو کشش عضلات دوسر رانی



در حالت طاق‌باز



کشش عضلهٔ ایلیوتیبیال باند در حالت ایستاده

ب. تمرینات کششی PNF



کشش تسهیل عصبی-عضلانی دوقلو و نعلی



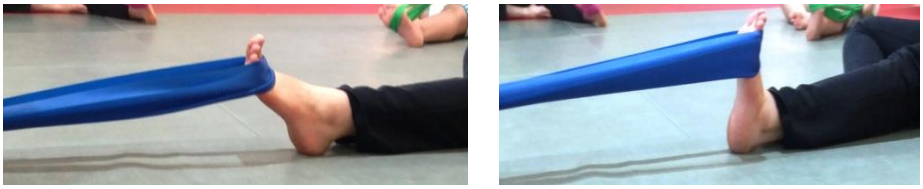
کشش تسهیل عصبی-عضلانی عضلات همسترینگ



کشش تسهیل عصبی-عضلانی دوسررانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

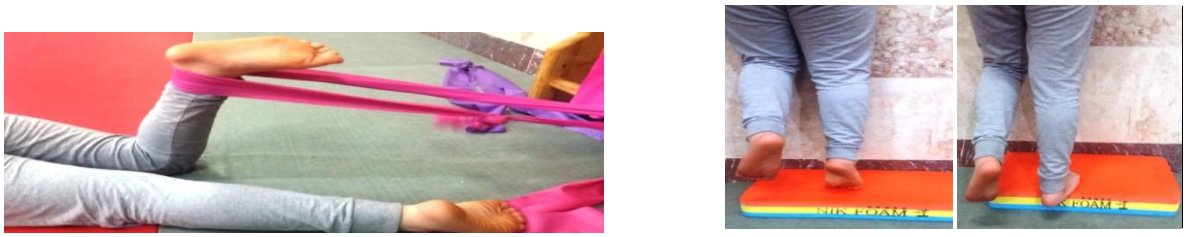
۳. تمرینات فعال‌سازی (تمرین تقویتی مجزا و ایزومتریک وضعیتی)



تمرین فعال‌سازی دورسی فلکشن مفصل مچ پا در مقابل تراباند (کش پیلاتس)



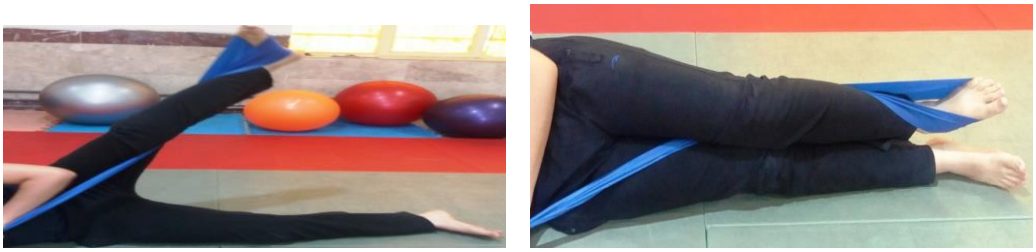
تمرین فعال‌سازی پلانتار فلکشن مفصل مچ پا در مقابل تراباند (کش پیلاتس)



بلندکردن ساق یک پا روی لبهٔ استپ و خم‌کردن زانو در مقابل مقاومت همراه با چرخش داخلی



جمع‌کردن حولهٔ زیر پا، کوتاه‌کردن پا (عضلات کف پا)



حرکت آبداکشن و چرخش خارجی ران در مقابل مقاومت کش پیلاتس (آبداکتورها و چرخاننده‌های خارجی)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]



درحالت طاق‌باز با خم‌کردن زانو ۹۰ درجه در مقابل مقاومت دست (همسترینگ داخلی)



درحالت طاق‌باز با صاف‌بودن زانو در مقابل مقاومت دست پلانتار و اینورژن پا صورت می‌گیرد (ساقی خلفی)



درحالت طاق‌باز با صاف‌بودن زانو در مقابل مقاومت دست دورسی فلکشن پا صورت می‌گیرد (ساقی قدامی)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]

۴. تمرینات مسنجم پویا



تمرینات تعادل ستاره





بالارفتن از پله و حفظ تعادل



اسکات با یک‌پا و حفظ تعادل



حرکت لانج و حفظ تعادل

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.10.1]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.127]