مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۵، تیر ۱۴۰۵، ۳۸۰-۳۶۱

تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و الگوی پرش-فرود فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

فاطمه محمدپور[۱]، افشین مقدسی[۲]، سمیه مومنی[۳]

دریافت مقاله: ۱۴۰۵/۰۲/۰۲ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۵/۰۲/۱۳ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۵/۰۴/۱۵ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۴/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: آسیب‌های اندام تحتانی، به‌ویژه پارگی رباط صلیبی قدامی، در فوتبالیست‌های دختر نوجوان شیوع بالایی دارد و والگوس دینامیک زانو یکی از عوامل خطر مهم این آسیب‌ها است. هدف پژوهش حاضر تعیین تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و الگوی پرش-فرود فوتبالیست‌های دختر دارای والگوس دینامیک زانو بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش یک کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. تعداد ۴۰ فوتبالیست دختر ۱۴ تا ۱۷ ساله دارای والگوس دینامیک زانو به‌صورت تصادفی در گروه مداخله (۲۰ نفر) یا کنترل (۲۰ نفر) قرار گرفتند. گروه مداخله به مدت ۸ هفته (۳ جلسه در هفته) تمرینات عصبی-عضلانی شامل تقویت، تعادل، ثبات تنه و پلایومتریک را اجراء کرد، در حالی‌که گروه کنترل فعالیت معمول خود را ادامه داد. تعادل پویا با آزمون Y، عملکرد اندام تحتانی با سه پرش تک‌پا، پرش جانبی و هشت لاتین، و کیفیت پرش-فرود با آزمون LESS (Landing Error Scoring System) ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس یک‌متغیره تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد پس از مداخله، گروه مداخله در تمامی جهت‌های آزمون Y و نمره کلی تعادل نسبت به گروه کنترل بهبود معناداری داشت ($P<۰/۰۰۱$). عملکرد در آزمون‌های پرشی نیز در گروه مداخله به‌طور معناداری افزایش یافت ($P<۰/۰۰۱$). هم‌چنین، نمره LESS در گروه مداخله کاهش یافت که نشان دهنده بهبود الگوی فرود بود ($P<۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: تمرینات عصبی-عضلانی با بهبود تعادل پویا، ارتقاء عملکرد پرشی و اصلاح الگوی فرود، می‌توانند به بهبود کنترل حرکتی و کاهش عوامل خطر آسیب در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو کمک کنند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌های رباط صلیبی قدامی، تمرینات عصبی-عضلانی، عملکرد ورزشی، فوتبال، نوجوان

ارجاع: محمدپور ف، مقدسی ا، مومنی س. تأثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و الگوی پرش-فرود فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو: یک مطالعه کارآزمایی بالینی. سال ۱۴۰۵، دوره ۲۵، شماره ۲، صفحات: ۳۸۰-۳۶۱.

۱- کارشناسی ارشد، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
تلفن: ۰۹۱۸۹۴۳۲۲۶۴، پست الکترونیکی: moghadasi@pnu.ac.ir
۳- استادیار، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

مقدمه

آسیب‌های اندام تحتانی، به‌ویژه پارگی رباط صلیبی قدامی (Anterior Cruciate Ligament; ACL) از شایع‌ترین و ناتوان‌کننده‌ترین آسیب‌های ورزشی در میان ورزش‌کاران زن نوجوان به شمار می‌روند و پیامدهای جسمانی، عملکردی و روانی قابل‌توجهی به همراه دارند. شواهد اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که دختران نوجوان ورزشکار در مقایسه با همتایان پسر خود به‌طور معناداری در معرض خطر بالاتری برای بروز این آسیب قرار دارند؛ پدیده‌ای که تا حد زیادی به تفاوت‌های بیومکانیکی و عصبی-عضلانی در اجرای حرکات عملکردی نسبت داده می‌شود (۳-۱). از این منظر، شناسایی و اصلاح الگوهای حرکتی پرخطر نقش کلیدی در برنامه‌های پیشگیری و ارتقاء عملکرد ورزشی ایفا می‌کند (۵، ۴).

یکی از مهم‌ترین الگوهای حرکتی مرتبط با افزایش خطر آسیب زانو، والگوس دینامیک زانو (Dynamic knee valgus) است. این الگو با نزدیک شدن زانو به خط میانی بدن در حین فعالیت‌های پویا مانند پرش، فرود و تغییر جهت مشخص می‌شود و اغلب با چرخش داخلی ران، کاهش خم‌شدن زانو، افزایش بارهای صفحه فرونتال و اختلال در کنترل عصبی-عضلانی همراه است. مطالعات بیومکانیکی نشان داده‌اند که افزایش حرکت و گشتاور ابداکشن زانو در حین فرود، یکی از قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های آسیب ACL در دختران نوجوان است. از این رو، والگوس دینامیک زانو نه‌تنها یک ناهنجاری حرکتی، بلکه شاخصی از نقص‌های زمینه‌ای در سیستم عصبی-عضلانی به شمار می‌رود (۷، ۶).

در ورزش فوتبال، به‌دلیل ماهیت پرتحرک و انجام مکرر تغییر جهت‌های سریع، شتاب‌گیری، توقف‌های ناگهانی و پرش، بارهای مکانیکی قابل‌توجهی بر مفاصل اندام تحتانی وارد می‌شود. در چنین شرایطی، نقص در کنترل عصبی-عضلانی اندام تحتانی و تنه می‌تواند به اختلال در پایداری، کاهش کیفیت الگوی پرش-فرود و افزایش خطر آسیب منجر شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کنترل ناکافی تنه و لگن، به‌ویژه در ورزش‌کاران زن، می‌تواند موجب افزایش حرکت والگوس زانو و بارگذاری نامطلوب مفصل زانو در حین فعالیت‌های ورزشی شود (۸، ۶، ۲).

در سال‌های اخیر، تمرینات عصبی-عضلانی (Neuromuscular training) به‌عنوان یکی از مؤثرترین مداخلات تمرینی برای اصلاح الگوهای حرکتی پرخطر و بهبود کنترل حرکتی مورد توجه گسترده قرار گرفته‌اند. این تمرینات با هدف بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی، افزایش ثبات مرکزی تنه، تقویت عضلات زنجیره خلفی، ارتقاء تعادل، آموزش الگوهای حرکتی صحیح در فعالیت‌های عملکردی و پیشگیری از آسیب طراحی می‌شوند (۱۰، ۹، ۵). در همین راستا، مطالعات متعددی اثربخشی این مداخلات را تأیید کرده‌اند؛ برای نمونه، Nemati و همکاران در پژوهشی نشان دادند که به‌کارگیری برنامه تمرینی عصبی-عضلانی منجر به بهبود معنادار در نمرات آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (Landing Error Scoring System; LESS) کاهش زاویه والگوس دینامیک زانو و افزایش دامنه فلکشن زانو در فوتبالیست‌های نوجوان می‌شود (۱۱). Ramezani و همکاران نیز در پژوهشی با بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر زاویه والگوس دینامیک زانو و الگوی هم‌انقباضی (Co-activation) عضلات لگن و مچ پا در ورزش‌کاران زن در معرض خطر آسیب ACL نشان دادند که اعمال این مداخلات تمرینی نه تنها منجر به کاهش معنادار و بالینی زاویه والگوس دینامیک زانو (به میزان ۵/۹ درجه) در حین اجرای تکالیف پرش-فرود می‌شود، بلکه الگوی فعالیت عصبی-عضلانی را از طریق افزایش هم‌انقباضی عضلات دورکننده

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

و بازکننده لگن (مانند سرینی بزرگ و میانی) و عضلات مچ پا تغییر می‌دهد (۱۲). این شواهد بیومکانیکی و الکترومایوگرافی تأیید می‌کنند که تمرینات عصبی-عضلانی، قادرند کنترل حرکتی اندام تحتانی را در فعالیت‌های پویا ارتقاء بخشند (۱۳، ۴).

با این حال و با وجود شواهد رو به رشد در حمایت از اثربخشی تمرینات عصبی-عضلانی، بخش قابل توجهی از مطالعات پیشین بر جمعیت‌های بزرگسال یا ورزش‌کاران پس از آسیب تمرکز داشته‌اند. اما نیاز به بررسی دقیق‌تر این مداخلات در جمعیت‌های خاص مانند دختران نوجوان که به دلیل تغییرات بلوغ در معرض آسیب‌پذیری بیشتری هستند، همچنان احساس می‌شود. هم‌چنین، بررسی هم‌زمان تأثیر این تمرینات بر تعادل، عملکرد ورزشی و الگوی بیومکانیکی پرش-فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو، به‌ویژه در شرایط تمرینی نزدیک به محیط واقعی ورزش، همچنان با خلأ پژوهشی مواجه است (۱۴، ۱۰).

بنابراین، هدف پژوهش حاضر تعیین تأثیر یک دوره هشت هفته‌ای تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و الگوی پرش-فرود فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو است. این مطالعه تلاش می‌کند شواهد علمی کاربردی برای اصلاح الگوهای حرکتی پرخطر و بهبود عملکرد در این گروه سنی حساس فراهم آورد و زمینه‌ساز طراحی برنامه‌های تمرینی هدف‌مند در فوتبال دختران نوجوان باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود که در سال ۱۴۰۴ بر روی فوتبالیست‌های دختر نوجوان شهر بابل انجام شد. این مطالعه مطابق با اصول اخلاق در پژوهش‌های انسانی و بر اساس مفاد اعلامیه هلسینکی انجام شد و پیش از اجراء به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه پیام نور (کد اخلاق: IR.PNU.REC.1400.194) رسید. هم‌چنین، این کارآزمایی در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران ثبت شد (IRCT20180521039762N8). پیش از ورود به مطالعه، اهداف و مراحل پژوهش برای شرکت‌کنندگان و والدین آنان تشریح و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی اخذ شد. مشارکت در پژوهش داوطلبانه بود و محرمانگی اطلاعات شرکت‌کنندگان در تمام مراحل حفظ شد.

جامعه آماری پژوهش را ۲۷۴ بازیکن باشگاه‌ها و مدارس فوتبال شهر بابل تشکیل دادند که از میان آن‌ها، ۴۰ نفر واجد شرایط به روش نمونه‌گیری هدف‌مند انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از تحلیل توان پیشین (a priori power analysis) در نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳,۱,۹,۷) و بر اساس آزمون F (ANOVA: Repeated measures, within-between interaction) محاسبه شد. با توجه به نبود داده‌های کافی از مطالعات پیشین برای برآورد مستقیم اندازه اثر مورد انتظار در جمعیت مورد بررسی، مقدار ۰/۴۰ برای اندازه اثر بر اساس معیارهای پیشنهادی Cohen به‌عنوان اندازه اثر بزرگ در آزمون‌های مبتنی بر F در نظر گرفته شد (۱۵). بر این اساس، با در نظر گرفتن اندازه اثر بزرگ (f=۰/۴۰)، سطح معنی‌داری (α=۰/۰۵)، توان آزمون (۱-β=۰/۸۰)، دو گروه و دو مرحله اندازه‌گیری، حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۳۶ نفر (۱۸ نفر در هر گروه) برآورد شد. با توجه به احتمال ریزش آزمودنی‌ها، ۴۰ نفر (۲۰ نفر در هر گروه) وارد مطالعه شدند. (شکل ۱). از تمامی شرکت‌کنندگان، اطلاعات دموگرافیک شامل سن، سابقه ورزش فوتبال و اطلاعات آنتروپومتریک شامل قد، وزن و

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

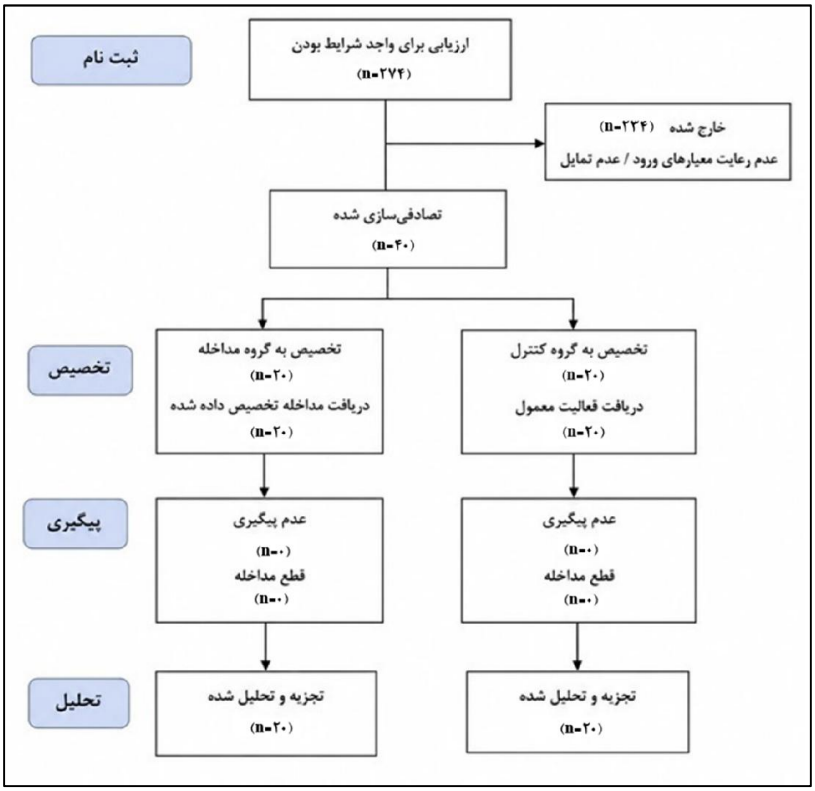
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

شاخص توده بدنی (Body Mass Index; BMI) ثبت و جمع‌آوری شد.

معیارهای ورود شامل جنسیت زن، سن ۱۴ تا ۱۷ سال، عضویت فعال در تیم فوتبال، مشارکت منظم در تمرینات، حداقل ۳ سال سابقه تمرین منظم فوتبال، نداشتن آسیب حاد یا مزمن در اندام تحتانی، لگن یا ستون فقرات طی ۶ ماه گذشته، نداشتن سابقه جراحی مؤثر در اندام تحتانی، نداشتن بیماری‌های عصبی، اسکلتی-عضلانی یا اختلالات تعادلی شناخته شده، عدم مصرف داروهای مؤثر بر تعادل یا عملکرد حرکتی از جمله داروهای آرام‌بخش و خواب‌آور، برخی آنتی‌هیستامین‌ها، بنزودیازپین‌ها، داروهای ضدافسردگی و داروهای ضدتشنج که می‌توانند موجب خواب‌آلودگی یا تغییر در عملکرد سیستم عصبی و تعادل شوند (۱۶) و هم‌چنین داشتن والگوس دینامیک زانو بر اساس آزمون غربالگری عملکردی LESS بود. معیارهای خروج نیز شامل عدم تمایل به ادامه مشارکت، بروز درد یا آسیب حاد اسکلتی-عضلانی در طول مطالعه، غیبت بیش از ۲۰ درصد در جلسات تمرینی، ناتوانی در انجام پس‌آزمون، یا بروز هرگونه شرایط پیش‌بینی‌نشده مؤثر بر ادامه مشارکت بود.

پس از غربالگری اولیه و انجام ارزیابی‌های پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی و با نسبت ۱:۱ در گروه مداخله و یا کنترل (هر گروه ۲۰ نفر) تخصیص یافتند. برای این منظور، از تابع تولید اعداد تصادفی در نرم‌افزار اکسل استفاده شد؛ به این صورت که برای هر آزمودنی یک عدد تصادفی تولید و افراد بر اساس ترتیب صعودی این اعداد مرتب شدند، سپس به‌طور مساوی در دو گروه قرار گرفتند. به دلیل ماهیت مداخله، کورسازی شرکت‌کنندگان امکان‌پذیر نبود؛ با این حال، ارزیابان آزمون‌های عملکردی و بیومکانیکی و نیز تحلیل‌گر آماری نسبت به تخصیص گروهی آزمودنی‌ها بی‌اطلاع بودند.



شکل ۱- نمودار کانسورت روند انتخاب، ارزیابی و پیگیری مشارکت کنندگان

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

شرکت‌کنندگان گروه مداخله در یک برنامه تمرینات عصبی-عضلانی به مدت ۸ هفته و با تواتر ۳ جلسه در هفته شرکت کردند. هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه و به‌صورت گروهی، تحت نظارت مستقیم مربی آشنا با اصول تمرینات اصلاحی اجراء شد. برنامه تمرینی با هدف بهبود کنترل عصبی-عضلانی، افزایش ثبات تنه، اصلاح هم‌راستایی اندام تحتانی و بهبود الگوی پرش-فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو طراحی شد و به‌صورت پیش‌رونده، از وضعیت‌های ساده به پیچیده و از شرایط پایدار به ناپایدار پیش رفت. هر جلسه شامل گرم کردن، تمرینات اصلی و سرد کردن بود. گرم کردن شامل حرکات کششی پویا و فعال‌سازی عضلات تنه و اندام تحتانی بود. بخش اصلی شامل تمرینات ثبات تنه، تعادلی، تقویتی و پلایومتریک سبک تا متوسط بود که با تأکید بر بهبود کنترل کمری-لگنی-رانی، تقویت عضلات زنجیره خلفی، بهبود حس عمقی، کنترل پاسچر و حفظ هم‌راستایی مناسب ران، زانو و مچ پا هنگام فرود اجراء شد (جدول ۱) (۱۷، ۱۲). در طول تمرینات، بازخورد کلامی و دیداری برای اصلاح الگوی حرکتی به شرکت‌کنندگان ارائه می‌شد. سرد کردن نیز شامل حرکات کششی ایستا برای عضلات درگیر بود. در صورت بروز درد، ناراحتی یا ناتوانی در اجرای صحیح حرکات، تمرین متوقف یا به سطح ساده‌تر بازگردانده می‌شد. همه تمرینات با کفش ورزشی مناسب انجام شد و شرکت‌کنندگان در طول مطالعه مجاز به شرکت در سایر برنامه‌های تمرینی اصلاحی نبودند. گروه کنترل نیز در طول دوره مداخله هیچ‌گونه برنامه تمرینی عصبی-عضلانی یا اصلاحی مرتبط با والگوس دینامیک زانو دریافت نکرد و فقط فعالیت‌های معمول روزانه خود را ادامه داد.

جدول ۱- برنامه تمرینات عصبی-عضلانی برای اصلاح والگوس دینامیک زانو (۱۷، ۱۲)

مؤلفه تمرینی	تمرین	هفته‌ها	ست / تکرار / زمان / استراحت	ابزار / شدت	عضلات هدف	برنامه پیشرفت
۱. تمرینات ثبات تنه (Core Stability)	پایداری تنه در حالت دمر (Prone Trunk Stability)	۱-۸	۳ × ۱۰-۳۰ ثانیه / ۱۵ ثانیه استراحت	تشک، بوسوبال / وزن بدن	MF، ES، EO، GLUT، IO	شروع با ۱۰ ثانیه در هفته ۱؛ افزایش ۵ ثانیه هر ۲-۱ هفته
	پایداری تنه در حالت زانو زدن (Kneeling Trunk Stability)	۱-۸	۳ × ۱۰-۳۰ ثانیه / ۱۵ ثانیه استراحت	بوسو بال و توپ سویسی / وزن بدن	MF، ES، EO، GLUT، IO	افزایش تدریجی زمان نگه‌داری؛ حفظ راستای تنه
	کرانچ جانبی تنه	۱-۸	۳ × ۱۰-۲۰ تکرار / ۱۵ ثانیه استراحت	بوسو بال و توپ سویسی / وزن بدن	EO، IO، QL	افزایش ۲ تکرار در هفته؛ کنترل جانبی تنه
۲. تمرینات تقویتی عضلات زنجیره خلفی و کنترل لگن	پل زدن (دو پا و تک پا)	۱-۸	۳ × ۱۰-۱۵ تکرار / ۲۰ ثانیه استراحت	بوسو بال و توپ سویسی/ وزن بدن	GMax، HS، ES	افزایش ۲-۱ تکرار در هفته
	ددلیفت رومانیایی	۲-۸	۳ × ۸-۱۵ تکرار / ۲۰ ثانیه استراحت	بوسو بال، هالتر / وزن بدن	HS، GMax، ES، CORE	شروع از هفته ۲؛ افزایش تکرار و بهبود کنترل تعادل

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

	ددلیف رومانیایی تک پا	۸-۳	۳ × ۶-۱۲ تکرار / ۲۵-۳۰ ثانیه استراحت	بوسو بال / وزن بدن، دمبل سبک (اختیاری)	GMed، GMax، HS، CORE	شروع با ۶ تکرار در هفته ۳؛ افزایش ۲-۱ تکرار در هفته؛ تأکید بر پایداری لگن و جلوگیری از افتادن لگن مقابل
	لانچ (Lunge)	۸-۱	۳ × ۸-۱۵ تکرار / ۲۰ ثانیه استراحت	وزن بدن، دمبل سبک	QUAD، GMax، GMed	افزایش ۲-۱ تکرار در هفته؛ تأکید بر هم‌راستایی زانو
۳. تمرینات لانچ و کنترل تک‌پا	تک پا رو به جلو (Single-Leg Anterior)	۸-۲	۳ × ۸-۱۵ تکرار / ۲۰ ثانیه استراحت	وزن بدن	GMed، QUAD، CORE	شروع از هفته ۲؛ افزایش تکرار و کنترل
	تک پا جانبی (Single-Leg Lateral)	۸-۳	۳ × ۸-۱۲ تکرار / ۳۰ ثانیه استراحت	بوسوبال / وزن بدن	GLUT، CORE، HS	تأکید بر فرود نرم و کنترل لگن، افزایش پیچیدگی حرکتی؛ بازخورد دیداری
	پرش جانبی (دو پا و تک پا)	۸-۳	۳ × ۶-۱۲ تکرار / ۳۰ ثانیه استراحت	مانع کوچک / وزن بدن	GMed، QUAD، HS	شروع از هفته ۳؛ افزایش تدریجی تکرار
۴. تمرینات پلایومتریک با تأکید بر فرود صحیح	پرش لانچ	۸-۴	۳ × ۶-۱۰ تکرار /۳۰ ثانیه استراحت	مانع کوچک / وزن بدن	QUAD، GLUT، CORE، HS	افزایش تدریجی تکرار؛ حفظ راستای زانو
	پرش تاک	۸-۵	۳ × ۶-۱۰ تکرار / ۳۰-۴۰ ثانیه استراحت	مانع کوچک / وزن بدن	GLUT، QUAD، CORE	افزایش کیفیت فرود، نه صرفاً تکرار

اختصارات عضلانی: مولتی‌فیدوس (Multifidus; MF)، راست‌کننده‌های ستون فقرات (Erector Spinae; ES)، مایل خارجی شکم (External Oblique; EO)، مایل داخلی شکم (Internal Oblique; IO)، مربع کمری (Quadratus Lumborum; QL)، عضلات مرکزی تنه (Core Muscles; CORE)، سرینی بزرگ (Gluteus Maximus; GMax)، سرینی میانی (Gluteus Medius; GMed)، همسترینگ (Hamstrings; HS)، چهارسر ران (Quadriceps; QUAD)، عضلات سرینی (Gluteal Muscles; GLUT).

به‌منظور ارزیابی اثر تمرینات عصبی-عضلانی، تمامی متغیرها در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای هر دو گروه اندازه‌گیری شدند. پیش از شروع ارزیابی‌ها، نحوه صحیح اجرای آزمون‌ها به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد و تمامی آزمون‌ها با ترتیب یکسان و مطابق دستورالعمل‌های استاندارد اجراء شدند.

کیفیت الگوی پرش-فرود با استفاده از آزمون LESS ارزیابی شد. این آزمون یک ابزار ساده، کم‌هزینه و استاندارد برای شناسایی خطاهای فرود، والگوس دینامیک زانو و خطر آسیب ACL است و توانایی مناسبی در ارزیابی تغییرات ناشی از مداخلات تمرینی دارد. پایایی درون‌آزمونگر و بین‌آزمونگر LESS در مطالعات مختلف خوب تا عالی و روایی هم‌زمان آن بین ارزیابان با سطوح مختلف مهارت عالی گزارش شده است (۲۰-۱۸).

شرکت‌کنندگان آزمون را با پرش از روی جعبه‌ای به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که در فاصله‌ای معادل نصف قد فرد از محل فرود قرار داشت، آغاز کردند. از آن‌ها خواسته شد با هر دو پا از جعبه به جلو

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

بپرند، اندکی پس از علامت مشخص شده فرود آیند و بلافاصله یک پرش عمودی با حداکثر ارتفاع اجراء کنند (شکل ۲). هر شرکت‌کننده پس از چند تلاش تمرینی، سه اجرای صحیح انجام داد و در صورت اجرای نادرست، آزمون تکرار می‌شد. حرکات با استفاده از دو دوربین دیجیتال نصب شده در نمای قدامی و جانبی (در فاصله ۳ متری) ثبت و ویدئوها با نرم‌افزار ReSpeedet نسخه ۱/۰ به‌صورت حرکت آهسته تحلیل شدند. ارزیابی بر اساس تصاویر مربوط به تماس اولیه پا با زمین و فاصله بین تماس اولیه تا حداکثر خم‌شدگی زانو انجام شد. نمره‌دهی توسط دو ارزیاب مجرب که نسبت به تخصیص گروه‌ها کور بودند، انجام گرفت (۲۰).

فرم امتیازدهی LESS شامل ۱۷ آیتم است که کیفیت الگوی فرود را در نماهای قدامی و جانبی ارزیابی می‌کند (جدول ۲). آیتم‌های ۱ تا ۱۵ به‌صورت دوحالتی (۰ یا ۱) و آیتم‌های ۱۶ و ۱۷ با مقیاس سه‌درجه‌ای (۰ تا ۲) امتیازدهی می‌شوند. میانگین امتیاز سه تلاش صحیح به‌عنوان نمره نهایی LESS در تحلیل آماری استفاده شد؛ نمره بالاتر نشان دهنده تعداد بیشتر خطاهای فرود و کیفیت پایین‌تر الگوی فرود بود (۲۰).

شکل ۲- مراحل اجرای آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS)

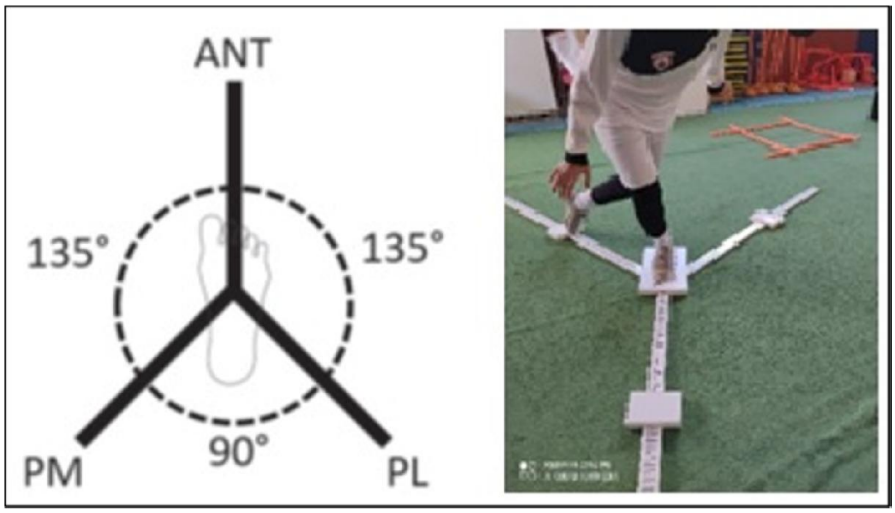
جدول ۲- تعریف عملیاتی و معیارهای امتیازدهی آیتم‌های آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS)

ردیف	آیتم آزمون	تعریف عملیاتی خطا	نحوه امتیازدهی
۱	خم‌شدگی زانو (تماس اولیه)	خم‌شدگی زانو کمتر از ۳۰ درجه در لحظه تماس اولیه	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۲	خم‌شدگی ران (تماس اولیه)	ران در لحظه تماس اولیه در راستای تنه قرار دارد	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۳	خم‌شدگی تنه (تماس اولیه)	تنه در تماس اولیه عمودی یا در حالت اکستنشن روی لگن است	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۴	پلانتارفلکشن مچ پا (تماس اولیه)	پا به صورت پاشنه تا پنجه یا کف پا به طور کامل فرود می‌آید	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۵	موقعیت داخلی زانو (تماس اولیه)	مرکز کشکک در تماس اولیه در سمت داخلی نسبت به وسط پا قرار دارد	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۶	خم‌شدگی جانبی تنه (تماس اولیه)	خط میانی تنه به سمت چپ یا راست بدن خم شده است	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۷	عرض اتکا: زیاد	فاصله پاها بیشتر از عرض شانه‌ها (زائده آکرومیون) در تماس اولیه	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۸	عرض اتکا: کم	فاصله پاها کمتر از عرض شانه‌ها در تماس اولیه	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۹	وضعیت پا: چرخش خارجی	چرخش خارجی پا بیش از ۳۰ درجه بین تماس اولیه و بیشینه خم‌شدگی زانو	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۰	وضعیت پا: چرخش داخلی	چرخش داخلی پا بیش از ۳۰ درجه بین تماس اولیه و بیشینه خم‌شدگی زانو	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۱	تماس اولیه متقارن پاها	یک پا زودتر از دیگری فرود می‌آید یا الگوی فرود دو پا متفاوت است	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۲	جابه‌جایی خم‌شدگی زانو	خم‌شدگی زانو کمتر از ۴۵ درجه بین تماس اولیه و بیشینه خم‌شدگی	۰=عدم وجود / ۱=وجود

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

۱۳	جابه‌جایی خم‌شدگی ران	افزایش خم‌شدگی ران نسبت به تنه بین تماس اولیه و بیشینه خم‌شدگی زانو رخ نمی‌دهد	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۴	جابه‌جایی خم‌شدگی تنه	تنه بین تماس اولیه و بیشینه خم‌شدگی زانو خم‌تر نمی‌شود	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۵	جابه‌جایی داخلی زانو	در بیشترین موقعیت داخلی زانو، مرکز کشکک داخلی‌تر از وسط پا قرار دارد	۰=عدم وجود / ۱=وجود
۱۶	جابه‌جایی مفصلی	نرم: جابجایی زیاد تنه، ران و زانو؛ متوسط: جابجایی متوسط؛ سفت: جابجایی بسیار کم	۰=نرم/ ۱=متوسط / ۲=سفت
۱۷	ارزیابی کلی فرود	عالی: فرود نرم بدون حرکت در صفحه فرونتال یا عرضی؛ متوسط: سایر حالات؛ ضعیف: حرکت زیاد در صفحات فرونتال یا عرضی یا فرود سفت	۰=عالی / ۱=متوسط / ۲=ضعیف

برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعادل وای در اندام تحتانی (Y-Balance Test Lower Quarter; YBT-LQ) استفاده شد که یکی از ابزارهای معتبر و قابل اعتماد برای سنجش کنترل عصبی-عضلانی پویا و شناسایی نقص‌های عملکردی اندام تحتانی در ورزش‌کاران است. آزمون مطابق دستورالعمل استاندارد و فقط برای پای غالب (پایی که آزمودنی ترجیح می‌داد با آن شوت بزند) اجراء شد. به این صورت که آزمودنی در وضعیت تک‌پا روی پای تکیه‌گاه در مرکز دستگاه Y قرار می‌گرفت و پای مقابل را در سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی تا حداکثر فاصله ممکن حرکت می‌داد، بدون آن‌که پای تکیه‌گاه از زمین جدا شود یا تعادل فرد مختل گردد (شکل ۳). پیش از ثبت داده‌ها، هر آزمودنی سه تلاش تمرینی در هر جهت انجام داد و سپس سه تلاش صحیح ثبت شد. در صورت بروز خطا، از جمله جدا شدن پای تکیه‌گاه از زمین، انتقال وزن بیش از حد به پای متحرک یا از دست دادن تعادل، تلاش نامعتبر تلقی و تکرار می‌شد. مقادیر به‌دست آمده برای کنترل تفاوت‌های آنتروپومتریک نسبت به طول اندام تحتانی نرمال‌سازی شد و میانگین سه تلاش صحیح در هر جهت به‌عنوان نمره نهایی برای تحلیل آماری در نظر گرفته شد (۲۲، ۲۱). تمامی ارزیابی‌ها توسط آزمون‌گری آموزش دیده و بی‌اطلاع نسبت به تخصیص گروه‌ها انجام شد.



شکل ۳- آزمون تعادل Y در اندام تحتانی (YBT-LQ) شامل جهت‌های دسترسی قدامی (ANT)، خلفی-داخلی (PM) و خلفی-جانبی (PL)

÷

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

برای ارزیابی عملکرد اندام تحتانی از سه آزمون عملکردی پرش شامل آزمون سه پرش تک‌پا (Single-Leg Triple Hop Test)، آزمون پرش جانبی (Side Hop Test) و آزمون پرش هشت لاتین (Figure-of-8 Hop Test) استفاده شد. در آزمون سه پرش تک‌پا، آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع قرار می‌گرفت و سه پرش متوالی رو به جلو را روی همان پا انجام می‌داد؛ به‌گونه‌ای که پس از فرود نهایی، تعادل خود را حداقل به مدت ۳ ثانیه حفظ کند. پس از ۳ کوشش تمرینی، دو کوشش اصلی با فاصله استراحت ۱ دقیقه اجراء شد و بهترین رکورد برحسب مسافت طی‌شده از نقطه شروع تا محل فرود نهایی برای تحلیل آماری ثبت شد (۲۴-۲۳).

در آزمون پرش جانبی، آزمودنی با پای برتر و با قرار دادن دست‌ها روی ستیغ‌های خاصره‌ای، فاصله ۳۰ سانتی‌متری مشخص شده روی زمین را ۱۰ بار به‌صورت رفت‌وبرگشت (در مجموع ۲۰ پرش) و با حداکثر سرعت به شکل تک‌پا طی می‌کرد. پس از ۳ کوشش تمرینی، دو اجرای اصلی با فاصله استراحت ۱ دقیقه‌ای انجام شد و بهترین زمان ثبت‌شده با دقت ۰/۰۱ ثانیه به‌عنوان رکورد نهایی در نظر گرفته شد. فرود روی نوارها یا از دست دادن تعادل به‌عنوان خطا تلقی شده و آزمون تکرار می‌شد (۲۶، ۲۵).

در آزمون هشت لاتین، آزمودنی با پای برتر و با حفظ وضعیت تک‌پا، مسیر هشت‌شکل مشخص شده را با حداکثر سرعت دو بار طی می‌کرد. در این آزمون نیز دست‌ها روی ستیغ‌های خاصره‌ای قرار داشت و زمان اجراء با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت می‌شد. پس از ۳ کوشش تمرینی، دو اجرای اصلی با فاصله استراحت ۱ دقیقه‌ای انجام شد و بهترین زمان برای تحلیل آماری انتخاب گردید. از دست دادن تعادل یا طی نادرست مسیر به‌عنوان خطا در نظر گرفته می‌شد و آزمون تکرار می‌شد (۲۳).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد. در ابتدا آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار برای تمامی متغیرها محاسبه گردید. برای مقایسه ویژگی‌های دموگرافیک دو گروه از آزمون t مستقل استفاده شد. با توجه به این‌که هر یک از متغیرهای وابسته به‌عنوان یک پیامد مستقل مطالعه در نظر گرفته شد، تحلیل‌ها برای هر یک از متغیرها در مرحله پس‌آزمون و با کنترل مقادیر پیش‌آزمون به‌عنوان کوواریت (Covariate)، از تحلیل کوواریانس یک‌متغیره (Analysis of covariance; ANCOVA) استفاده شد. پیش از اجرای ANCOVA، نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌های مدل (آزمون Shapiro-Wilk)، همگنی واریانس گروه‌ها (آزمون Levene)، خطی بودن رابطه متغیر وابسته و کوواریت، استقلال مشاهدات و همگنی شیب‌های رگرسیون بررسی و تأیید شد. به‌منظور ارزیابی اهمیت عملی نتایج، اندازه اثر با استفاده از مجذور اتای جزئی (Partial Eta Squared; η^2p) برای هر تحلیل کوواریانس محاسبه و گزارش شد. بر اساس معیارهای رایج، مقادیر ۰/۰۱، ۰/۰۶ و ۰/۱۴ به‌ترتیب به‌عنوان اندازه اثر کوچک، متوسط و بزرگ تفسیر شدند (۲۷). سطح معنی‌داری در آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و سابقه ورزشی آزمودنی‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین گروه مداخله و کنترل از نظر ویژگی‌های دموگرافیک و آنتروپومتریک تفاوت آماری معناداری وجود ندارد ($P>0/05$). این یافته‌ها بیان‌گر همگنی مناسب گروه‌ها در خط پایه پیش از شروع مداخله تمرینی است.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۳- ویژگی‌های دموگرافیک و آنتروپومتریک فوتبالیست‌های دختر نوجوان شرکت‌کننده در مطالعه برحسب گروه مورد بررسی در شهر بابل در سال ۱۴۰۴

متغیر / گروه	کنترل (n=۲۰) انحراف معیار ± میانگین	مداخله (n=۲۰) انحراف معیار ± میانگین	مقدار P
سن (سال)	۱۴/۶۵ ± ۱/۲۶	۱۴/۰۵ ± ۱/۳۱	۰/۱۵۰
قد (متر)	۱/۶۸ ± ۰/۰۷	۱/۶۶ ± ۰/۰۴	۰/۲۴۴
وزن (کیلوگرم)	۵۹/۳۰ ± ۶/۲۰	۵۸/۷۰ ± ۴/۷۹	۰/۷۳۴
توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۰/۹۱ ± ۱/۶۷	۲۱/۳۰ ± ۱/۸۲	۰/۴۸۵
سابقه ورزش فوتبال (سال)	۴/۷۰ ± ۰/۸۰	۴/۶۵ ± ۰/۷۴	۰/۸۳۹

آزمون t مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار

جدول ۴، میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس آزمون متغیرهای وابسته مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، در گروه مداخله میانگین شاخص‌های تعادل پویا و عملکرد سه پرش تک‌پا در پس‌آزمون افزایش یافت، در حالی‌که میانگین زمان اجرای آزمون‌های پرش جانبی و پرش ۸ لاتین و هم‌چنین نمره LESS کاهش یافت. در گروه کنترل، تغییرات نمرات متغیرها در دو مرحله اندازه‌گیری محدود بود.

جدول ٤- میانگین و انحراف معیار متغیرهای وابسته در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون به تفکیک گروه‌های مورد بررسی در فوتبالیست‌های دختر نوجوان شهر بابل در سال ۱۴۰۴

متغیر / گروه	کنترل (n=۲۰) پیش‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	کنترل (n=۲۰) پس‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	مداخله (n=۲۰) پیش‌آزمون انحراف معیار ± میانگین	مداخله (n=۲۰) پس‌آزمون انحراف معیار ± میانگین
تعادل پویا جهت قدامی	۷۲/۵۲ ± ۱۰/۱۴	۷۲/۷۳ ± ۹/۱۲	۷۰/۴۲ ± ۹/۲۴	۸۰/۷۳ ± ۶/۳۸
تعادل پویا جهت خلفی-داخلی	۸۶/۰۴ ± ۱۲/۱۸	۸۵/۷۶ ± ۱۰/۸۴	۸۳/۲۶ ± ۱۰/۳۷	۹۶/۰۰ ± ۷/۵۰
تعادل پویا جهت خلفی-خارجی	۷۷/۲۳ ± ۹/۳۱	۷۶/۴۶ ± ۹/۵۰	۷۴/۰۴ ± ۷/۹۶	۷۹/۵۱ ± ۷/۳۶
تعادل پویا نمره کلی	۷۸/۶۰ ± ۹/۱۲	۷۸/۳۱ ± ۸/۵۸	۸۰/۵ ± ۷/۳۱	۹۱/۴۰ ± ۸/۶۰
سه پرش تک پا (سانتی‌متر)	۴۱۷/۷۰ ± ۱۱/۹۰	۴۱۸/۷۹ ± ۱۲/۶۳	۴۱۵/۲۶ ± ۱۶/۶۹	۴۲۸/۱۱ ± ۱۶/۰۹
پرش جانبی (زمان / ثانیه)	۸/۴۴ ± ۱/۸۳	۸/۰۷ ± ۱/۶۶	۸/۴۲ ± ۱/۰۸	۷/۰۹ ± ۰/۸۶
پرش هشت لاتین (زمان / ثانیه)	۹/۱۰ ± ۱/۰۲	۸/۷۶ ± ۰/۹۷	۹/۵۳ ± ۰/۷۷	۸/۲۰ ± ۰/۷۱
LESS* (نمره)	۶/۱۰ ± ۱/۳۳	۶/۰۰ ± ۱/۴۸	۵/۷۵ ± ۱/۴۸	۴/۴۰ ± ۱/۳۱

**** سیستم امتیازدهی خطای فرود (Landing Error Scoring System; LESS)***

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

پیش از اجرای ANCOVA، مفروضه‌های این آزمون بررسی شد. نتایج آزمون Shapiro–Wilk نشان داد که توزیع باقی‌مانده‌های مدل برای متغیرهای مورد بررسی از توزیع نرمال برخوردار بود (W= ۰/۹۵۹ - ۰/۹۸۵ ،P= ۰/۱۵۵ - ۰/۸۵۲). هم‌چنین، آزمون Levene بیانگر همگنی واریانس‌ها در گروه‌ها بود (F= ۰/۴۰۶ - ۲/۹۸ ،P= ۰/۰۹۲ - ۰/۶۷۱). نتایج آزمون تعامل گروه × پیش‌آزمون نیز نشان داد که فرض همگنی شیب‌های رگرسیون برای تمامی متغیرها برقرار بود (P= ۰/۰۵۹ - ۰/۷۴۴، F= ۰/۳۰۰ - ۳/۷۳). بررسی نمودارهای پراکنش پیش‌آزمون و پس‌آزمون نیز برقراری فرض خطی بودن رابطه بین کوواریبت و متغیرهای وابسته را نشان داد. استقلال مشاهدات نیز با توجه به مستقل بودن ارزیابی شرکت‌کنندگان، قرار گرفتن هر فرد در تنها یکی از گروه‌های مطالعه و ورود هر شرکت‌کننده به تحلیل‌ها تنها یک‌بار، برقرار بود. بنابراین، مفروضه‌های لازم برای اجرای تحلیل کوواریانس یک‌متغیره برقرار بود و استفاده از ANCOVA برای تحلیل داده‌ها مناسب تشخیص داده شد.

همان طور که نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد، پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، مداخله تمرینات عصبی-عضلانی موجب ایجاد تفاوت معنادار بین گروه مداخله و کنترل در تمامی جهت‌های تعادل پویا، آزمون‌های عملکردی پرش شامل سه پرش تک‌پا، پرش جانبی، پرش ۸ لاتین و آزمون LESS شد (P<۰/۰۰۱). این یافته به این معنا است که مداخله مذکور باعث بهبود تعادل پویا، عملکرد و کیفیت الگوی پرش-فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو شده است. هم‌چنین، مقادیر مجذور اتای جزئی برای عامل گروه برابر با ۰/۲۹ تا ۰/۸۱ بود که بر اساس معیارهای رایج، بیان‌گر اندازه اثر بزرگ مداخله تمرینات عصبی-عضلانی بر متغیرهای مورد بررسی است. به عبارتی، مقادیر مجذور اتای جزئی نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، از ۲۹ تا ۸۱ درصد از واریانس تعدیل‌شده نمرات پس‌آزمون تعادل پویا، آزمون‌های پرش و آزمون LESS به اثر مداخله مربوط بود.

جدول ۵- نتایج تحلیل کوواریانس یک‌متغیره (ANCOVA) به منظور تأثیر مداخله تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و الگوی پرش-فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان شهر بابل در سال ۱۴۰۴

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	مقدار P	اندازه اثر (η^2p)
	پیش آزمون	۲۳۶۰/۶۸	۱	۲۳۶۰/۶۸	۱۵۸/۳۶	< ۰/۰۰۱	۰/۸۱
تعادل پویا	گروه	۹۳۲/۶۷	۱	۹۳۲/۶۷	۶۲/۵۷	< ۰/۰۰۱	۰/۶۲
جهت قدامی	خطا	۵۵۱/۵۴	۳۷	۱۴/۹۰	-	-	-
	کل	۲۳۹۰۶۱/۵۶	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۲۶۰۱/۹۷	۱	۲۶۰۱/۹۷	۱۳۷/۵۴	< ۰/۰۰۱	۰/۷۸
تعادل پویا	گروه	۱۴۸۳/۰۸	۱	۱۴۸۳/۰۸	۷۸/۴۰	< ۰/۰۰۱	۰/۶۷
جهت خلفی-داخلی	خطا	۶۹۹/۹۲۵	۳۷	۱۸/۹۱۷	-	-	-
	کل	۳۳۴۷۲۷/۲۹	۴۰	-	-	-	-
تعادل پویا	پیش آزمون	۱۸۵۶/۰۶	۱	۱۸۵۶/۰۶	۵۸/۴۰	< ۰/۰۰۱	۰/۶۱
جهت خلفی-	گروه	۳۴۴۲/۷۱	۱	۳۴۴۲/۷۱	۱۰۸/۳۳	< ۰/۰۰۱	۰/۷۴
خارجی	خطا	۱۱۷۵/۸۴	۳۷	۳۱/۷۸	-	-	-

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

	کل	۲۹۲۰۷۲/۱۳	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۱۹۱۳/۰۲	۱	۱۹۱۳/۰۲	۱۵۷/۶۰	< ۰/۰۰۱	۰/۸۰
تعادل پویا	گروه	۱۹۴۹/۹۲	۱	۱۹۴۹/۹۲	۱۶۰/۶۴	< ۰/۰۰۱	۰/۸۱
نمره کلی	خطا	۴۴۹/۱۰	۳۷	۱۲/۱۳	-	-	-
	کل	۲۹۲۰۷۲/۱۳	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۶۵۳۱/۹۹	۱	۶۵۳۱/۹۹	۱۷۰/۰۸	< ۰/۰۰۱	۰/۸۲
سه پرش تک پا	گروه	۱۳۱۹/۰۱	۱	۱۳۱۹/۰۱	۳۴/۳۵	< ۰/۰۰۱	۰/۴۸
	خطا	۱۴۲۰/۹۲	۳۷	۳۸/۴۰	-	-	-
	کل	۷۱۸۱۴۱۲/۵۲	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۵۷/۲۹	۱	۵۷/۲۹	۲۴۸/۱۶	< ۰/۰۰۱	۰/۸۷
پرش جانبی	گروه	۶/۶۹	۱	۶/۶۹	۲۸/۹۹	< ۰/۰۰۱	۰/۴۳
	خطا	۸/۵۴	۳۷	۰/۲۳۱	-	-	-
	کل	۲۴۱۷/۵۷	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۱۲/۱۱	۱	۱۲/۱۱	۲۸/۲۵	< ۰/۰۰۱	۰/۴۳
پرش هشت لاتین	گروه	۶/۴۵	۱	۶/۴۵	۱۵/۱۵	< ۰/۰۰۱	۰/۲۹
	خطا	۱۵/۷۵	۳۷	۰/۴۲۶	-	-	-
	کل	۲۹۱۰/۳۲	۴۰	-	-	-	-
	پیش آزمون	۵۲/۵۳	۱	۵۲/۵۳	۸۷/۳۰	< ۰/۰۰۱	۰/۷۰
LESS* (نمره)	گروه	۱۶/۸۴	۱	۱۶/۸۴	۲۷/۹۸	< ۰/۰۰۱	۰/۴۳
	خطا	۲۲/۲۶	۳۷	۰/۶۰۲	-	-	-
	کل	۱۱۸۲/۰۰	۴۰	-	-	-	-

P<۰/۰۵ اثر معنی‌دار، * سیستم امتیازدهی خطای فرود (Landing Error Scoring System; LESS)

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که برنامه تمرینات عصبی-عضلانی به‌کار رفته توانست موجب بهبود معنی‌دار تعادل پویا، عملکرد آزمون‌های پرشی و کیفیت الگوی فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو شود. این یافته‌ها بیان گر آن است که مداخله تمرینی حاضر توانسته است به‌طور هم‌زمان چندین مؤلفه کلیدی عملکرد عصبی-عضلانی را تحت تأثیر قرار دهد. بهبود هم‌زمان در شاخص‌های تعادل، عملکرد حرکتی و کیفیت فرود نشان می‌دهد که این برنامه از ماهیتی چندبعدی برخوردار بوده و از طریق ایجاد سازگاری در سیستم‌های عصبی، عضلانی و حسی، کنترل حرکتی ورزش‌کاران را ارتقاء داده است. این موضوع از دیدگاه طراحی برنامه‌های پیشگیری از آسیب و ارتقاء عملکرد ورزشی، به‌ویژه در فوتبالیست‌های نوجوان، اهمیت قابل توجهی دارد.

در ارتباط با تعادل پویا، نتایج آزمون Y نشان داد که مداخله تمرینی موجب بهبود معنی‌دار عملکرد شرکت‌کنندگان در هر سه جهت قدامی، خلفی-داخلی، خلفی-خارجی و هم‌چنین نمره کلی تعادل شد. علاوه بر معناداری آماری، مقادیر مجذور اتای جزئی برای شاخص‌های تعادل نشان دهنده اندازه اثر بزرگ مداخله بود که بر قابل توجه بودن تفاوت مشاهده شده بین دو گروه تأکید دارد. تعادل پویا یکی از مؤلفه‌های اساسی آمادگی عملکردی محسوب می‌شود و نقش مهمی در اجرای مهارت‌های ورزشی،

CCBY-NC.4.0 DEED
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]
[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

تغییر جهت، حفظ ثبات بدن و کاهش خطر آسیب‌های اندام تحتانی دارد (۱۰). هم‌چنین، تعادل پویا حاصل تعامل مؤثر سیستم‌های عصبی مرکزی، گیرنده‌های حس عمقی، سیستم دهلیزی و عضلات تثبیت‌کننده اندام تحتانی است (۲۸، ۱۰).

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات قبل همسو است (۳۰-۲۸). Gonçalves و همکاران گزارش کردند که ۹ هفته تمرینات عصبی-عضلانی، چه بر روی سطوح پایدار و چه ناپایدار، موجب بهبود معنی‌دار عملکرد آزمون تعادل Y در هر سه جهت حرکتی شد (۲۹). هم‌چنین، Jäger و همکاران نشان دادند که تمرینات کنترل عصبی-عضلانی و تعادلی موجب بهبود کنترل پاسچرال و عملکرد آزمون تعادل ستاره (Star Excursion Balance) گردید (۳۰). از سوی دیگر، Roso-Moliner و همکاران نیز گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرینات عصبی-عضلانی سبب بهبود تعادل پویا و کاهش عدم تقارن عملکردی در فوتبالیست‌های زن شد (۳۱). همسویی این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی، صرف‌نظر از تفاوت در نوع پروتکل تمرینی، قادرند از طریق بهبود کنترل حسی-حرکتی و افزایش هماهنگی عضلات اندام تحتانی، تعادل عملکردی ورزش‌کاران را ارتقاء دهند.

از منظر فیزیولوژیکی، بهبود تعادل پویا را می‌توان به سازگاری‌های ایجاد شده در سیستم عصبی مرکزی و محیطی نسبت داد (۱۰). تمرینات به‌کار رفته در این پژوهش احتمالاً با افزایش حساسیت گیرنده‌های حس عمقی، بهبود زمان‌بندی فعال‌سازی عضلات، افزایش هماهنگی بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست و ارتقاء ثبات مفاصل اندام تحتانی، موجب بهبود کنترل پاسچرال شده‌اند. چنین سازگاری‌هایی در مطالعات پیشین نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های بهبود تعادل پس از تمرینات عصبی-عضلانی گزارش شده‌اند (۲۹، ۱۰).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، عملکرد آزمون‌های سه پرش تک‌پا، پرش جانبی و پرش ۸ لاتین نیز پس از مداخله به‌طور معنی‌داری بهبود یافت که بیانگر افزایش کارایی عملکردی اندام تحتانی است. هم‌چنین، اندازه اثر مشاهده شده برای این آزمون‌ها بزرگ بود که بر قابل توجه بودن تفاوت عملکردی بین دو گروه تأکید دارد. آزمون‌های پرشی شاخص مناسبی برای ارزیابی توان عضلانی، کنترل عصبی-عضلانی، هماهنگی بین‌بخشی و ثبات عملکردی محسوب می‌شوند (۲۴، ۲۳). تمرینات به‌کار رفته در این پژوهش احتمالاً از طریق افزایش هماهنگی بین عضلات اندام تحتانی، بهبود کنترل حرکتی و ارتقاء ثبات مفاصل موجب بهبود این شاخص‌ها شده‌اند.

نتایج حاضر با یافته‌های Roso-Moliner و همکاران مطابقت دارد. آنان گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرینات عصبی-عضلانی موجب بهبود معنی‌دار آزمون‌های پرش افقی، پرش عمودی، سرعت دویدن و توانایی تغییر جهت در فوتبالیست‌های زن شد (۳۱). هم‌چنین، Belamjahad و همکاران نشان دادند که اجرای یک برنامه شش هفته‌ای تمرینات عصبی-عضلانی در دوره پیش‌فصل، نسبت به برنامه‌های متداول استقامتی، موجب بهبود بیشتر توان عضلانی، پرش اسکوات، پرش کانترموومنت، سرعت و چابکی و همچنین کاهش بروز آسیب‌های ورزشی شد (۱۷). این مطالعات از نتایج پژوهش حاضر حمایت کرده و نشان می‌دهند که تمرینات عصبی-عضلانی علاوه بر کاهش خطر آسیب، موجب ارتقاء شاخص‌های عملکردی اندام تحتانی نیز می‌شوند.

علاوه بر این، مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که تمرینات عملکردی و چندوجهی می‌توانند شاخص‌های پرشی را بهبود

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

بخشند و این بهبود معمولاً با افزایش ثبات مفصلی، کاهش نوسانات حرکتی و ارتقاء هماهنگی عصبی-عضلانی همراه است (۳۲). بنابراین، احتمالاً بهبود عملکرد پرشی در مطالعه حاضر حاصل تعامل بین افزایش توان عضلانی، بهبود کنترل عصبی-عضلانی و ارتقاء کنترل پاسچرال بوده است.

در ارتباط با آزمون LESS، کاهش معنی‌دار نمره این آزمون در گروه مداخله نشان‌دهنده بهبود کیفیت الگوی فرود و کاهش خطاهای حرکتی بالقوه پرخطر بود. علاوه بر این، اندازه اثر مشاهده شده برای این متغیر بزرگ بود که بر قابل توجه بودن تفاوت بین دو گروه تأکید دارد. اهمیت این یافته از آن جهت است که الگوهای نامناسب فرود همراه با افزایش والگوس دینامیک زانو از مهم‌ترین عوامل خطر آسیب‌های غیرتماسی اندام تحتانی، به‌ویژه پارگی ACL، محسوب می‌شوند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که تمرینات کنترل حرکتی، بازآموزی الگوهای صحیح حرکت، تمرینات تعادلی و تقویت کنترل تنه می‌توانند کیفیت فرود را بهبود داده و خطر آسیب را کاهش دهند (۳۲، ۱۱).

یافته‌های حاضر با نتایج Nemati و همکاران نیز همسو است. آنان نشان دادند که اجرای هشت هفته برنامه پیشگیری از آسیب و بهبود اجرا (Prevent Injury and Enhance Performance; PEP)، موجب کاهش معنی‌دار زاویه والگوس زانو و کاهش نمره خطای فرود در فوتبالیست‌های نوجوان شد. این پژوهش‌گران بیان کردند که تأکید تمرینات بر تکنیک صحیح فرود، کنترل تنه، افزایش خم‌شدگی مفاصل اندام تحتانی و بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی از مهم‌ترین عوامل بهبود کیفیت فرود و کاهش خطر آسیب ACL است (۱۱). به نظر می‌رسد برنامه تمرینی مورد استفاده در پژوهش حاضر نیز از طریق ساز و کارهای مشابه، شامل بهبود کنترل عصبی-عضلانی، افزایش ثبات مرکزی، بهبود تعادل و اصلاح الگوهای حرکتی، توانسته است کیفیت فرود را ارتقاء داده و خطاهای فرود را کاهش دهد.

نکته قابل توجه در پژوهش حاضر، هم‌زمانی بهبود در شاخص‌های تعادل پویا، آزمون‌های عملکردی و کیفیت فرود بود. این هم‌زمانی نشان می‌دهد که این مؤلفه‌ها به‌صورت مجزا عمل نمی‌کنند، بلکه اجزای یک سیستم عملکردی یکپارچه هستند. بهبود تعادل پویا می‌تواند زمینه‌ساز کنترل بهتر حرکات پرشی و فرود شود و در مقابل، ارتقاء توانایی‌های عملکردی اندام تحتانی نیز موجب افزایش کارآیی سیستم عصبی-عضلانی در فعالیت‌های ورزشی خواهد شد. این یافته‌ها اهمیت استفاده از برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی چندوجهی را که به‌طور هم‌زمان کنترل پاسچرال، تعادل، قدرت، پلایومتریک، چابکی و کنترل حرکتی را هدف قرار می‌دهند، برجسته می‌سازد؛ موضوعی که در مطالعات مختلف نیز مورد تأکید قرار گرفته است (۲۷، ۱۷، ۱۰).

در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که برنامه تمرینات عصبی-عضلانی مورد استفاده در این پژوهش توانسته است با ایجاد سازگاری‌های مطلوب در سیستم عصبی-عضلانی، موجب بهبود تعادل پویا، عملکرد اندام تحتانی و کیفیت الگوی فرود در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو شود. همسویی نتایج این مطالعه با پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که تمرینات عصبی-عضلانی احتمالاً از طریق بهبود هماهنگی بین سیستم‌های عصبی، عضلانی و حسی، افزایش کنترل پاسچرال، ارتقاء ثبات مفصلی و اصلاح الگوهای حرکتی، علاوه بر ارتقاء عملکرد ورزشی، می‌توانند عوامل خطر آسیب‌های غیرتماسی اندام تحتانی، به‌ویژه آسیب ACL، را نیز کاهش دهند. ازاین‌رو، به‌کارگیری چنین برنامه‌هایی می‌تواند به‌عنوان بخشی از برنامه‌های تمرینی و پیشگیری از آسیب در فوتبالیست‌های

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

نوجوان پیشنهاد شود. با این حال، تفسیر نتایج باید با در نظر گرفتن ویژگی‌های نمونه پژوهش انجام گیرد.

با وجود یافته‌های قابل توجه پژوهش حاضر، نتایج آن باید با در نظر گرفتن برخی محدودیت‌ها تفسیر شود. نخست آن‌که نمونه پژوهش محدود به یک گروه خاص از شرکت‌کنندگان بود که این موضوع می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج به سایر جمعیت‌ها، از جمله افراد با سطوح متفاوت آمادگی جسمانی یا ورزش‌کاران حرفه‌ای در رشته‌های مختلف را با احتیاط همراه سازد. از این رو، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، جمعیت‌های متنوع‌تری مورد بررسی قرار گیرند. محدودیت دیگر پژوهش حاضر، کوتاه‌مدت بودن دوره مداخله و عدم پیگیری بلندمدت اثرات تمرین بود. اگرچه بهبود عملکرد حرکتی پس از مداخله مشاهده شد، مشخص نیست که این اثرات تا چه اندازه در طول زمان پایدار باقی می‌مانند. انجام مطالعاتی با دوره پیگیری می‌تواند به درک بهتر ماندگاری سازگاری‌های ایجادشده کمک کند. از دیگر محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به استفاده از آزمون‌های میدانی برای ارزیابی عملکرد حرکتی اشاره کرد. هرچند آزمون‌هایی نظیر تعادل Y، آزمون‌های پرشی و LESS از اعتبار و پایایی مناسبی برخوردارند و به‌طور گسترده در پژوهش‌های داخلی و خارجی استفاده شده‌اند، با این حال این ابزارها قادر به تبیین دقیق مکانیسم‌های بیومکانیکی و عصبی-عضلانی زیربنایی تغییرات مشاهده‌شده نیستند. بهره‌گیری از ابزارهای دقیق‌تری مانند تحلیل حرکت سه‌بعدی یا الکترومیوگرافی می‌تواند در پژوهش‌های آینده تصویر جامع‌تری از مکانیسم‌های اثرگذاری تمرین ارائه دهد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، اجرای هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی در فوتبالیست‌های دختر نوجوان دارای والگوس دینامیک زانو با بهبود معنی‌دار تعادل پویا، عملکرد آزمون‌های پرشی و کیفیت الگوی فرود همراه بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که چنین برنامه‌هایی می‌توانند با بهبود کنترل عصبی-عضلانی و عملکرد اندام تحتانی، در ارتقاء عملکرد حرکتی و احتمالاً کاهش عوامل خطر آسیب‌های غیرتماسی اندام تحتانی نقش داشته باشند. از دیدگاه کاربردی پیشنهاد می‌شود مربیان، متخصصان علوم ورزشی و درمان‌گران، تمرینات عصبی-عضلانی را به‌عنوان بخشی از برنامه‌های آمادگی جسمانی و پیشگیری از آسیب در فوتبالیست‌های نوجوان مدنظر قرار دهند. با این حال، با توجه به محدود بودن حجم نمونه، ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه و نبود ارزیابی پیگیری بلندمدت، تعمیم این نتایج باید با احتیاط انجام شود و انجام مطالعات با نمونه‌های بزرگ‌تر، جمعیت‌های متنوع‌تر و دوره‌های پیگیری طولانی‌تر برای تأیید این یافته‌ها ضروری است.

تشکر و قدردانی

از همکاری و مشارکت تمامی فوتبالیست‌های دختر نوجوان و خانواده‌های محترم ایشان که در این پژوهش شرکت کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود. هم‌چنین، از مدیران باشگاه‌های ورزشی به‌دلیل همکاری در معرفی شرکت‌کنندگان، هماهنگی اجرای جلسات تمرینی و فراهم‌سازی امکانات و شرایط لازم برای انجام پژوهش، صمیمانه سپاس گزاری می‌شود.

تعارض در منافع: نویسندگان این مقاله اظهار می‌دارند که تضاد منافعی وجود ندارند.

حامی مالی: این مطالعه بدون دریافت حمایت مالی از مؤسسات یا نهادهای دولتی، خصوصی یا دانشگاهی انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی (کد اخلاق): این مقاله برگرفته از بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان «تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل، عملکرد و بیومکانیک پرش-فرود در فوتبالیست‌های دختر ۱۴ تا ۱۷ سال دارای نقص دینامیکی والگوس زانو» در رشته

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران جنوب است. این پژوهش پس از اخذ تأییدیه از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه پیام نور با کد IR.PNU.REC.1400.194 انجام شد و در مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران با شناسه IRCT20180521039762N8 به ثبت رسید.

مشارکت نویسندگان

- **طراحی ایده:** فاطمه محمدپور، افشین مقدسی
- **روش کار:** فاطمه محمدپور، افشین مقدسی
- **جمع آوری داده ها:** فاطمه محمدپور
- **تجزیه و تحلیل آماری داده ها:** سمیه مومنی
- **نظارت:** افشین مقدسی، سمیه مومنی
- **مدیریت پروژه:** افشین مقدسی
- **نگارش پیش نویس مقاله:** افشین مقدسی
- **نگارش- بررسی و ویرایش:** فاطمه محمدپور، افشین مقدسی، سمیه مومنی

References

1. Bram JT, Magee LC, Mehta NN, Patel NM, Ganley TJ. Anterior cruciate ligament injury incidence in adolescent athletes: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2021; 49(7): 1962-72.
2. Childers J, Eng E, Lack B, Lin S, Knapik DM, Kaplan DJ, et al. Reported anterior cruciate ligament injury incidence in adolescent athletes is greatest in female soccer players and athletes participating in club sports: a systematic review and meta-analysis. *Arthroscopy* 2025; 41(3): 774-84.
3. Stanley LE, Kerr ZY, Dompier TP, Padua DA. Sex differences in the incidence of anterior cruciate ligament, medial collateral ligament, and meniscal injuries in collegiate and high school sports: 2009-2010 through 2013-2014. *Am J Sports Med* 2016; 44(6): 1565-72.
4. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 2018; 138(1): 51-61.
5. Emery CA, Roy TO, Whittaker JL, Nettel-Aguirre A, van Mechelen W. Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(13): 865-70.
6. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

valgus: a systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(7): 3826.

7. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic knee valgus in single-leg movement tasks. potentially modifiable factors and exercise training options. a literature review. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(21): 8208.
8. Collings TJ, Diamond LE, Barrett RS, Timmins RG, Hickey JT, DU Moulin WS, et al. Strength and biomechanical risk factors for noncontact ACL injury in elite female footballers: a prospective study. *Med Sci Sports Exerc* 2022; 54(8): 1242-51.
9. Stergiou M, Calvo AL, Forelli F. Effectiveness of neuromuscular training in preventing lower limb soccer injuries: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med* 2025; 14(5): 1714.
10. Wang P, Liu Y, Chen C. Effects of neuromuscular training on dynamic balance ability in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Heliyon* 2024; 10(16): e35823.
11. Nemati N, Norasteh AA, Shamsi Majelan A. The effect of a neuromuscular training program on landing kinematics in young soccer players with poor landing mechanics. *JRSR* 2023; 10(3): 145-50.
12. Ramezani F, Saki F, Tahayori B. Neuromuscular training improves muscle co-activation and knee kinematics in female athletes with high risk of anterior cruciate ligament injury. *Eur J Sport Sci* 2024; 24(1): 56-65.
13. Williams MD, Ramirez-Campillo R, Chaabene H, Moran J. Neuromuscular training and motor control in youth athletes: a meta-analysis. *Percept Mot Skills* 2021; 128(5): 1975-97.
14. Akbar S, Soh KG, Jazaily Mohd Nasiruddin N, Bashir M, Cao S, Soh KL. Effects of neuromuscular training on athletes' physical fitness in sports: a systematic review. *Front Physiol* 2022; 13: 939042.
15. Kang H. Sample size determination and power analysis using the G*Power software. *J Educ Eval Health Prof* 2021; 18: 17.
16. Lin E, Aligene K. Pharmacology of balance and dizziness. *NeuroRehabilitation* 2013; 32(3): 529-42.
17. Belamjahad A, Tourny C, Jebabli N, Clark CCT, Laher I, Hackney AC, et al. Effects of a preseason neuromuscular training program vs. an endurance-dominated program on physical fitness and injury prevention in female soccer players. *Sports Med Open* 2024; 10(1): 76.
18. Hanzlíková I, Hébert-Losier K. Is the landing error scoring system reliable and valid? a systematic review. *Sports Health* 2020; 12(2): 181-8.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

19. Arlettaz ME, Dorsch LN, Catalfamo-Formento PAL. Landing error scoring system: A scoping review about variants, reference values and differences according to sex and sport. *Phys Ther Sport* 2024; 69: 67-75.

20. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, de la Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. *J Athl Train* 2015; 50(6): 589-95.

21. Plisky P, Schwartkopf-Phifer K, Huebner B, Garner MB, Bullock G. Systematic review and meta-analysis of the Y-balance test lower quarter: reliability, discriminant validity, and predictive validity. *Int J Sports Phys Ther* 2021; 16(5): 1190-209.

22. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter y-balance test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther* 2019; 14(5): 683-94.

23. Madsen LP, Booth RL, Volz JD, Docherty CL. Using normative data and unilateral hopping tests to reduce ambiguity in return-to-play decisions. *J Athl Train* 2020; 55(7): 699-706.

24. Ahmadian N, Nazarahari M, Whittaker JL, Rouhani H. Quantification of triple single-leg hop test temporospatial parameters: a validated method using body-worn sensors for functional evaluation after knee injury. *Sensors (Basel)* 2020; 20(12): 3464.

25. Fältström A, Hägglund M, Hedevik H, Lindblom H, Kvist J. The side hop test: validity, reliability, and quality aspects in relation to sex, age and anterior cruciate ligament reconstruction, in soccer players. *Phys Ther Sport* 2023; 62: 39-45.

26. Ono K, Yoshida T, Ota K, Tanigawa S. Compensatory kinetics during the side-hop test in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2023; 58(11-12): 920-6.

27. Pallant J. SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS. 4th ed. Crows Nest, NSW: Allen & Unwin 2011. p. 210.

28. Kerman MT, Atri AE, Hashemi Javaheri SAA. The effect of FIFA 11+injury prevention program on dynamic balance and knee isometric strength of female players in soccer super league. *World Fam Med J Middle East J Fam Med* 2018; 16(7): 48-54.

29. Gonçalves C, Bezerra P, Clemente FM, Vila-Chã C, Leão C, Brandão A, et al. Effect of instability and bodyweight neuromuscular training on dynamic balance control in active young adults. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(23): 8879.

30. Jäger T, Kiefer J, Werner I, Federolf PA. Could slackline training complement the FIFA 11+

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

programme regarding training of neuromuscular control? *Eur J Sport Sci* 2017; 17(8): 1021-8.

31. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Cartón-Llorente A, Nobari H, Pettersen SA, Lozano D. Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. *Front Physiol* 2023; 14: 1171636.

32. Meierbachtol A, Rohman E, Paur E, Bottoms J, Tompkins M. Quantitative improvements in hop test scores after a 6-week neuromuscular training program. *Sports Health* 2017; 9(1): 22-9.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]

CCBY-NC.4.0 DEED

The Effect of Neuromuscular Training on Balance, Performance, and Jump–Landing Patterns in Adolescent Female Soccer Players with Dynamic Knee Valgus: A Randomized Clinical Trial

Fatemeh Mohammadpour[1], Afshin Maghaddasi[2], Somayeh Momeni[3]

Received: 22/04/26 Sent for Revision: 03/06/26 Received Revised Manuscript: 06/07/26 Accepted: 08/07/26

Background and Objectives: Lower extremity injuries, particularly anterior cruciate ligament (ACL) tears, are common among adolescent female soccer players, and dynamic knee valgus has been identified as a major risk factor. This study aimed to determine the effects of neuromuscular training on balance, functional performance, and jump–landing mechanics in adolescent female soccer players with dynamic knee valgus.

Materials and Methods: This randomized controlled trial used a pretest–posttest design with a control group. Forty female soccer players aged 14–17 years with dynamic knee valgus were randomly assigned to either an intervention group (n=20) or a control group (n=20). The intervention group completed an 8-week neuromuscular training program (three sessions per week) consisting of strengthening, balance, core stability, and plyometric exercises, whereas the control group continued their usual activities. Dynamic balance was assessed using the Y Balance Test, lower extremity performance using the single-leg triple hop, lateral hop, and figure-of-eight hop tests, and landing mechanics using the Landing Error Scoring System (LESS). Data were analyzed using univariate analysis of covariance (ANCOVA).

Results: Following the intervention, the intervention group demonstrated significant improvements in all Y Balance Test directions and the composite score compared with the control group ($P<0.001$). Performance in all hop tests also improved significantly ($P<0.001$). In addition, the LESS score was significantly reduced ($P<0.001$), indicating improved landing mechanics.

Conclusion: Neuromuscular training improved dynamic balance, enhanced hop performance, and optimized landing mechanics, suggesting that it may improve motor control and reduce injury risk factors in adolescent female soccer players with dynamic knee valgus.

Keywords: Anterior cruciate ligament injuries, Neuromuscular training, Athletic performance, Soccer, Adolescent

Funding: This study did not receive any funds.

Conflict of interest: None declared.

Ethical Considerations (Code of Ethics): The Ethics Committee of Payame Noor University approved the study (IR.PNU.REC.1400.194).

Authors' contributions

- **Conceptualization:** Fatemeh Mohammadpour, Afshin Maghaddasi
- **Methodology:** Fatemeh Mohammadpour, Afshin Maghaddasi
- **Data collection:** Fatemeh Mohammadpour
- **Formal analysis**: Somayeh Momeni
- **Supervision:** Afshin Maghaddasi, Somayeh Momeni
- **Project administration:** Afshin Maghaddasi
- **Writing – original draft:** Afshin Maghaddasi
- **Writing – review & editing:** Fatemeh Mohammadpour, Afshin Maghaddasi, Somayeh Momeni

Citation: Mohammadpour F, Maghaddasi A, Momeni S. The Effect of Neuromuscular Training on Balance, Performance, and Jump–Landing Patterns in Adolescent Female Soccer Players with Dynamic Knee Valgus: A Randomized Clinical Trial. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2026; 25 (4): 361-80. doi: 10.66224/jrums.25.4.361. [Farsi].

1- Master of sports injury and corrective exercises, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Payame Noor University, Tehran, Iran
ORCID: 0000-0002-8500-1613
Corresponding author: Tel: 09189432264, E-mail: moghadasi@pnu.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Payame Noor University, Tehran, Iran

CCBY-NC.4.0 DEED

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-10-24]

[DOI: doi: 10.66224/jrums.25.4.361]