Sport. Med. Stud, 2024, 17 (44): 17-32, Doi: 10.22089.smj.2025.16715.1746

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Research Article

The Effect of Eight Weeks Reactive Neuromuscular Training on Balance and Genu Valgum of 8–12-Year-Old Students

Faezeh Karimzadeh[1], Nader Rahnama*[2]

1 .Master of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2. Full Professor, Department of Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 19.06.2024, Accepted: 02.02.2025, Online Published: 12.02.2025

* Corresponding Author: Nader Rahnama, E-mail: n.rahnama@spr.ui.ac.ir

How to Cite: Karimzadeh F, Rahnama N, The Effect of Eight Weeks Reactive Neuromuscular Training on Balance and Genu Valgum of 8–12-Year-Old Students. *Sport Medicine Studies*, (2025); 17(44), 17-32. Doi: 10.22089/smj.2025.16715.1746

Extended Abstract

Background and Purpose

The knee joint, one of the most complex and essential joints in the lower limb, is particularly susceptible to postural abnormalities, with Genu Valgum being among the most prevalent. Individuals with Genu Valgum exhibit knees positioned close together, external tibial rotation, and internal femoral rotation. These biomechanical alterations may contribute to balance impairments. Given that specific training interventions may improve both the deformity and functional performance, this study aimed to evaluate the effect of reactive neuromuscular training (RNT) on the degree of Genu Valgum as well as static and dynamic balance in female students.

Methods

This applied quasi-experimental study was conducted as part of a master's thesis in Corrective Exercise and Sport Injuries. The study population included female students aged 8–12 years from schools located in District 6 of Isfahan. Based on statistical power considerations and G*Power software recommendations, a sample of 30 individuals diagnosed with Genu Valgum was selected and randomly allocated into two groups of 15: experimental and control.

Inclusion criteria included: age 8–12 years, absence of lower limb injuries in the preceding year, no ongoing pain or history of surgery in the lower limbs, equal leg lengths, voluntary participation with informed consent, and no use of orthotic insoles. Exclusion criteria were withdrawal from the study, missing more than three consecutive or five nonconsecutive training sessions, and any injury precluding protocol completion or participation in post-testing. All participants provided informed consent before the study.

Anthropometric data, age, height, weight, actual leg lengths, and inter-malleolar distance were measured. Height and leg length were measured using a wall-mounted tape accurate to 1 cm;

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

weight was recorded with a Breuer digital scale; the inter-malleolar distance was assessed with a caliper.

Dominant foot was determined by two methods: (1) instructing the participant to kick a soccer ball toward a one-meter-wide goal at 10 meters distance with moderate power and maximal accuracy, with the kicking foot classified as dominant; (2) self-report confirmation.

Dynamic balance was assessed using the Star Excursion Balance Test, whereas static balance was evaluated via the Stork Balance Test. Following pre-testing, the experimental group underwent an eight-week selective reactive neuromuscular training program, while the control group received no intervention. Post-testing replicated baseline assessments.

Results

Static balance: Repeated measures ANOVA revealed significant improvement in static balance post-intervention for both groups, with the experimental group demonstrating significantly greater gains than controls ($p < 0.05$).

Dynamic balance: Analysis of Star Excursion Balance Test results indicated significant improvements after eight weeks of RNT in the anterior, anterolateral, and posterior directions compared to control ($p < 0.05$). No significant changes were found in anteromedial, posteromedial, posterolateral, lateral, or medial directions.

Genu Valgum: Cross-knee distance analyses showed an increase in the control group from pre- to post-test, whereas the experimental group exhibited a decrease post-intervention. Time and interaction effects were statistically significant ($p < 0.001$), while the between-group effect was non-significant ($p > 0.05$).

Table1- Mean and standard deviation of research variables by groups

Post-test mean and standard deviation	Pre-test Mean and standard deviation	Groups	Variable
45.9 ± 15.3	33.0 ± 14.4	Control	Static balance (Stork test) (Sec)
73.5 ± 27.2	36.8 ± 17.2	Experimental	
100.2 ± 12.6	96.8± 12.8	Control	Anterior dynamic balance (Cm)
103.0 ± 9.5	89.0 ± 12.1	Experimental	
98.0 ± 17.4	95.4 ± 16.6	Control	Anterior medial Dynamic balance (Cm)
90.8 ± 14.8	86.5 ± 13.5	Experimental	
95.7 ± 12.8	92.6 ± 13.7	Control	Anterior external Dynamic balance (Cm)
104.9 ± 11.2	83.9 ± 11.0	Experimental	
83.9 ± 11.3	81.0 ± 12.5	Control	Posterior dynamic balance (Cm)
87.6 ± 9.1	73.4 ± 8.7	Experimental	
83.3 ± 11.5	81.0 ± 11.1	Control	Posterior medial dynamic balance (Cm)
84.2 ± 16.7	79.2 ± 15.6	Experimental	
187.8 ± 10.7	86.7 ± 15.3	Control	Posterior external dynamic balance (Cm)
87.4 ± 10.7	78.6 ± 13.8	Experimental	
81.5 ± 16.7	78.4 ± 14.6	Control	Medial dynamic balance (Cm)
76.2 ± 19.8	75.5 ± 20.4	Experimental	
91.2 ± 13.9	83.0 ± 24.0	Control	External dynamic balance (Cm)
85.2 ± 9.0	74.2 ± 18.3	Experimental	
7.1 ± 1.6	6.9 ± 1.5	Control	Amount of Genu Valgum (Inner ankle distance) (Cm)
6.5 ± 1.2	8.2 ± 1.5	Experimental	

Conclusion

This study evaluated the effects of an eight-week reactive neuromuscular training on Genu Valgum and balance performance. RNT exercises, such as linear lunges with Thera Band elastic resistance, impose controlled perturbations that enhance stability and static balance. Improved

strength across the lumbar-pelvic-femoral kinetic chain and enhanced proprioception contributed to superior test performance. These findings concur with Kim et al. (2012), who documented balance improvements following eight weeks of RNT (8), and Mirzaei et al. (2020), who reported improved dynamic balance in women with dynamic knee valgus after a single RNT session (4).

RNT promotes correct movement patterns via active error detection and feedback, facilitating dynamic muscular stability and limiting abnormal joint motions. Elastic resistance in these exercises is utilized not for strength gains per se but to provide tension cues emphasizing proper body positioning and control during movement (33, 34, 22). Such interventions have been employed successfully to restore functional stability in injured athletes (22).

Melinda Pittman (2013) studied the impact of RNT on knee biomechanics in 29 women, demonstrating increased landing stability and reduced dynamic valgus after eight weeks of RNT. She concluded that pre-sport specific RNT improves performance and diminishes anterior cruciate ligament injury risk in individuals exhibiting valgus at landing (35). The present results align closely with Pittman's study, as the training targeted valgus control in frontal and sagittal planes.

Keywords: Reactive Neuromuscular Training, Genu Valgum, Balance, Female Students.

Article Message

Based on this study's findings, reactive neuromuscular exercises effectively reduce Genu Valgum and improve balance. It is recommended these exercises be integrated into corrective exercise programs for students with musculoskeletal dysfunctions.

Ethical Considerations

This study was conducted under the supervision of the Ethics Committee of the University of Isfahan, with approval code IR.UI.REC.1402.093 (https:..ethics.research.ac.ir.EthicsProposalView.php?&code=IR.UI.REC.1402.093).

Authors' Contributions

Conceptualization, data collection, data analysis, and manuscript writing were performed by Faezeh Karimzadeh. Review and editing were conducted by Dr. Nader Rahnama, who also served as project manager and responsible author. Literature review was contributed by Karimzadeh, Rahnama, and Dr. M. Namazizadeh.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments

This research derives from Faezeh Karimzadeh's master's thesis, supervised by Dr. Nader Rahnama. The authors express sincere gratitude to all who supported and participated in this study.

مطالعات طب ورزشی، تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۴۴، صص ۳۲-۱۷، Doi: 10.22089.smj.2025.16715.1746

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر تعادل ایستا، پویا و اصلاح زانوی ضربدری دانش‌آموزان ۸ تا ۱۲ سال

فائزه کریم‌زاده[۱]، نادر رهنما*[۲]

کارشناسی‌ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲. استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۳۰.۳.۱۴۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴.۱۱.۱۴۰۳، تاریخ انتشار آنلاین: ۲۴.۱۱.۱۴۰۳

*نویسنده مسئول: نادر رهنما، E-mail: n.rahnama@spr.ui.ac.ir

How to Cite: Karimzadeh F, Rahnama N, The Effect of Eight Weeks Reactive Neuromuscular Training on Balance and Genu Valgum of 8–12-Year-Old Students. *Sport Medicine Studies*, (2025); 17(44), 17-32. Doi: 10.22089/smj.2025.16715.1746

چکیده

این مطالعه با هدف تعیین تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر تعادل ایستا و پویا و میزان زانوی ضربدری دانش آموزان دختر انجام شد. سی دانش آموز دختر ۸ تا ۱۲ ساله دارای ناهنجاری زانوی ضربدری، داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. گروه تجربی برنامه تمرین عصبی‌عضلانی واکنشی را در هشت هفته دریافت کرد، اما گروه کنترل تمرین خاصی را انجام نداد. پس از هشت هفته، اندازه‌گیری‌ها تکرار شد. برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد (P≤۰۵.۰). براساس نتایج پژوهش، تفاوت معناداری بین میزان زانوی ضربدری گروه آزمایش و گروه کنترل وجود داشت (P≤۰۵.۰). در تعادل ایستا، هر دو گروه در نتایج پس‌آزمون نسبت به پیش آزمون بهبودی نشان دادند (P≤۰۵.۰). علاوه بر این، بهبود درخورتوجهی در جهت‌های قدامی، قدامی-خارجی و خلفی تست تعادل ستاره مشاهده شد (P≤۰۵.۰).

واژگان کلیدی: تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی، زانوی ضربدری، تعادل، دانش‌آموزان.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

مفصل زانو نقش مهمی درحمایت از بدن و انتقال وزن هنگام فعالیت‌های پویا و ایستا ایفا می‌کند. با توجه به اینکه حین فعالیت‌های مختلف، نیروهای کششی و فشاری زیادی به این مفصل وارد می‌شود، این مفصل یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل بدن است (۲، ۱). یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی زانو، زانوی ضربدری است. عارضه زانوی ضربدری ترکیبی از چرخش ران، پرونیشن[1] پا و هایپر اکستنشن[2] زانوها است. پرونیشن بیش از حد بر جذب شوک در مفصل مچ پا و کنترل پاسچر اثر می‌گذارد. افراد با عارضه زانوی ضربدری در خطر بیشتر پیشرفت بیماری و افزایش استئوآرتریت قسمت خارجی زانو نسبت به افراد سالم هستند (۴، ۳). همچنین ضربدری شدن زانوها ممکن است با ایجاد تغییراتی در راستای طبیعی وضعیت بدن، در مرکزثقل بدن تغییراتی ایجاد کند و بر تعادل تأثیر گذارد (۵). علاوه بر این، با افزایش زاویه ضربدری در زانوی فرد، فشار در قسمت جانبی زانو و در مفصل کشککی‌رانی بیشتر می‌شود (۶). مطالعات گذشته نقش بسیار مهم عضلات در تأمین ثبات مفصل را نشان داده‌اند که برای مفاصل اندام تحتانی طی فعالیت روزمره مانند راه رفتن ضروری است (۷). زانوی ضربدری تحت‌تأثیر وضعیت پیکربندی بدن نیز می‌تواند قرار بگیرد که چاقی را یکی از عوامل ایجاد این عارضه دانسته‌اند (۸). همچنین زانوی ضربدری می‌تواند به صورت وراثتی، بیماری نرمی استخوان، پارگی رباط‌های زانو یا ناشی از ضربه باشد (۹). ولگوس غیرطبیعی زانو در هنگام دویدن، به‌ویژه در مرحله اتکا یا در موقع فرود در اجرای ورزش‌های مختلف با برخی از آسیب‌های شایع زانو نظیر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی و نیز آسیب و درد سندرم پتلوفمورال مرتبط است (۱۰). براساس نظریه زنجیره حرکتی، حرکت در هر بخش از زنجیره حرکتی (پا، مچ، ران، تنه و اندام فوقانی) احتمال می‌رود بر مکانیک مفصل زانو تأثیر بگذارد؛ به همین دلیل، اصلاح حرکات غیرطبیعی مفاصل و بهبود عملکرد عضلات و کنترل وضعیت در طول حرکت می‌تواند در پیشگیری از وقوع آسیب‌های زانو نقش داشته باشد (۱۱). درمان این عارضه بهتر است در سنین کم انجام شود؛ در غیر این صورت، با پیشرفت و افزایش سن نوعی نقص پاتولوژیک نامیده می‌شود (۱۲). برخی مطالعات به بررسی میزان شیوع این عارضه بین دانش‌آموزان و افراد جامعه پرداخته‌اند. شجاع‌الدین در مطالعه‌ای به بررسی اختلالات اندام تحتانی دانش‌آموزان دماوندی پرداخت. میزان شیوع این اختلالات را حدود ۷۳.۶۹ درصد اعلام کرد که دانش‌آموزان دارای زانوی ضربدری حدود ۹۱.۲۰ درصد تشکیل دادند (۱۳).

به‌منظور درمان عارضه زانوی ضربدری و بهبود عملکرد افراد مبتلا، درمانگرها و پزشکان ارتوپدی روش‌های مختلفی را به کار گرفته‌اند. پزشکان در بیشتر مواقع جراحی را بهترین روش معرفی می‌کنند؛ اما به علت زیاد بودن هزینه‌های جراحی و جاماندن افراد مبتلا از فعالیت‌های روزمره پس از جراحی، روش مناسبی به نظر نمی‌رسد (۱۲). اصول برنامه‌های اصلاحی بر پایه کشش عضلات کوتاه‌شده و تقویت عضلات ضعیف‌شده است. جعفرنژادگرو و همکاران در پژوهشی ۲۶ مرد سالمند مبتلا به زانوی ضربدری را بررسی کردند. تمرینات اصلاحی انتخاب‌شده به مدت چهارده هفته روی گروه تجربی اعمال شد و نتایج خوبی به دست آمد. طبق نتایج، تمرینات اصلاحی منتخب باعث بهبود ویژگی‌های کینماتیکی بین افراد مبتلا به زانوی ضربدری می‌شود و مؤلفه‌های نیروهای عکس‌العمل زمین را بهبود می‌بخشد. این بهبود باعث کاهش آسیب‌های ثانویه و پیشگیری از خطرات ناشی از افزایش زاویه والگوس زانو می‌شود (۱۴).

1. Pronation
2. Hyperextension

از طرفی، یکی از شاخص‌های مهم سلامت سیستم اسکلتی‌عضلانی، ثبات پاسچرال یا همان تعادل است (۱۵). به توانایی حفظ مرکز ثقل بدن در محدوده سطح اتکا، تعادل گفته می‌شود و توانایی اجرای یک حرکت با وضعیت بدنی پایدار را تعادل پویا تعریف می‌کنند (۱۶). در تعادل عوامل مختلفی مانند اطلاعات حس عمقی دریافت‌شده از گیرنده‌های عمقی، سیستم بینایی، سیستم دهلیزی و پاسخ‌های حرکتی تأثیرپذیر از هماهنگی، دامنه حرکتی و قدرت تأثیرگذارند (۱۷).
تعادل پویا، حفظ ثبات بدن در حال اجرای یک حرکت مشخص است (۱۸). از روش‌های مختلفی برای ارزیابی تعادل می‌توان استفاده کرد. آزمون‌های ارزیابی تعادل به دو دسته عملکردی (مشابه فعالیت‌ها و مهارت‌های پایه و ورزشی) و غیرعملکردی (بدون شباهت به فعالیت‌های روزانه و مهارت‌های ورزشی) تقسیم می‌شوند (۱۹). یکی از آزمون‌های عملکردی پویا، آزمون تعادل ستاره است که گری (۱۹۹۵) آن را معرفی کرد (۲۰). این آزمون تعادل پویا را می‌سنجد و فرد برای کسب حداکثر تعادل (دستیابی به حداکثر فاصله تا مرکز ستاره) باید بیشتر تلاش کند؛ زیرا علاوه‌بر حفظ تعادل روی یک پا، باید در جهت‌های مختلف نیز تعادل خود را حفظ کند که فشار بیشتری بر عضلات اطراف مفصل مچ پا، زانو و ران وارد می‌آورد (۲۱). از طرفی، یکی از روش‌های جدیدی که برای اصلاح الگوهای حرکتی به کار می‌رود، تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی[1] است (۲۲). اولین بار کوک و وایت تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی را معرفی کردند (۲۳).
در برنامه تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی برای بهبود الگوهای حرکتی از یک بار خارجی سبک مانند طناب یا باند کشی برای بزرگ‌نمایی اشتباه حرکتی و اصلاح این خطا که در سطح ادراکی‌تر به طور ناخودآگاه صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود. این تمرینات با حداقل سطح بازخورد کلامی و بصری و نیز با هدف بدتر کردن الگوهای حرکتی ناقص فرد از طریق مقاومت کش برای ایجاد نیروهای اغتشاشی در افراد استفاده می‌شود (۲۴). هدف اصلی برنامهٔ RNT تسهیل روند ناخودآگاه تفسیر و ادغام حس محیطی دریافت‌شده توسط سیستم عصبی‌مرکزی برای پاسخ‌های حرکتی مناسب است (۲۲). ازآنجاکه تاکنون تحقیقاتی درخصوص تأثیرتمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر زانوی ضربدری و تعادل انجام نشده است، هدف این تحقیق تعیین تأثیر تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر زانوی ضربدری و تعادل دانش‌آموزان بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر، مطالعه‌ای کاربردی و نیمه‌تجربی، حاصل پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی بود. جامعه آماری این پژوهش، دانش‌آموزان دختر ۸ تا ۱۲ سال مدارس ناحیه ۶ اصفهان بودند. از جامعه آماری مذکور با توجه به ملاحظات آماری و براساس پیشنهاد نرم‌افزار جی‌پاور[2]، ۳۰ نفر که دارای ناهنجاری زانوی ضربدری و بین سنین ۸ تا ۱۲ سال بودند، به صورت دردسترس انتخاب شدند و به دو گروه ۱۵ نفره کنترل و تجربی تقسیم شدند. معیارهای ورود به پژوهش، دانش‌آموزان دختر ۸ تا ۱۲ سال، نداشتن سابقه آسیب‌دیدگی در یک سال گذشته در ناحیه اندام تحتانی، نداشتن درد و سابقه جراحی در اندام تحتانی، نداشتن کوتاهی پا، شرکت داوطلبانه، ارائه رضایت‌نامه و استفاده نکردن از کفی طبی بود. معیارهای خروج، نارضایتی فرد از ادامه حضور در تحقیق، شرکت نکردن در جلسات تمرین بیش از سه جلسه متوالی یا پنج جلسه تمرینی متناوب، آسیب‌دیدگی در پایین تنه، در حالی که فرد قادر به اتمام پروتکل و شرکت در پس‌آزمون نباشد. آزمودنی‌ها با تکمیل رضایت‌نامه آگاهانه در مطالعه شرکت کردند.
ابتدا طی جلسه‌ای با والدین دانش‌آموزان اطلاعات کامل درمورد هدف تحقیق و نحوه اندازه‌گیری‌ها به آنها داده شد تا با آگاهی و رضایت کامل در تحقیق شرکت کنند. آزمون‌های مدنظر در سالن ورزشی اداره ناحیه ۶ انجام گرفت. برخی ویژگی‌های آنتروپومتریک از قبیل سن، قد، وزن، طول حقیقی هر دو پا و فاصله بین دو قوزک داخلی پا از آزمودنی‌ها

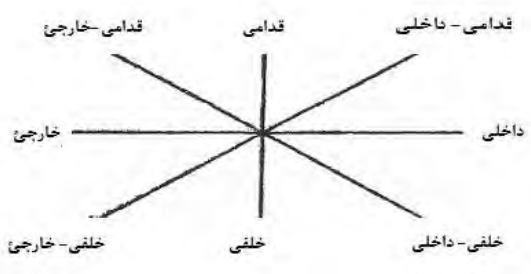
1. Reactive Neuromuscular Training (RNT)
2. G*Power

گرفته شد (جدول ۲). برای اندازه‌گیری قد و طول پای آزمودنی‌ها از متر نواری دیواری با دقت ۱ سانتی‌متر، به‌منظور اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال برویر (ساخت کشور چین) و برای اندازه‌گیری فاصله بین دو قوزک داخلی پا از کولیس استفاده شد.

برای تعیین پای برتر از روش‌های زیر استفاده شد: ۱- از آزمودنی خواسته شد تا با شدت متوسط ولی با حداکثر دقت توپ فوتبال را به سمت دروازه‌ای به طول ۱ متر که در فاصله ۱۰ متری قرار داشت، شوت کند. پایی که به توپ ضربه می‌زد، پای برتر بود. (از فرد پرسیده شد) (۲۵). برای انجام پیش‌آزمون، با رعایت ایجاد شرایط یکسان زمان، مکان و... برای تمامی شرکت‌کننده‌ها و توجیه کامل افراد درمورد تحقیق و شیوه انجام تمرینات، آزمون‌های مربوط به تعادل پویا (تعادل ستاره) و تعادل ایستا (لک لک) توسط فرد آزمونگر، انجام شد و اطلاعات مربوط به پیش‌آزمون ثبت شد. در ادامه گروه تجربی به انجام هشت هفته برنامه تمرینی منتخب پرداخت، ولی گروه کنترل در این مدت تمرین خاصی را انجام نداد. پس از هشت هفته، اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌ها تکرار شد و نتایج آزمون‌ها به‌عنوان پس‌آزمون ثبت شد.

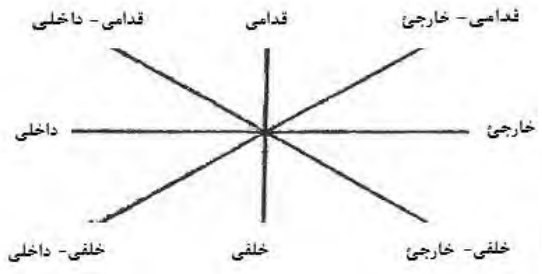
اندازه‌گیری تعادل ایستا: برای اندازه‌گیری آن از آزمون تعادلی لک‌لک اصلاح‌شده یا ایستادن روی یک پا استفاده شد. ضریب پایایی برای این آزمون برابر با ۸۷.۰ گزارش شد (۲۶). در این آزمون فرد، بدون کفش و با چشمان باز روی سطح صاف می‌ایستد و در حالی که دست‌های خود را روی کمر قرار داده است، کف پای غیراتکای خود را روی ناحیه داخلی ران پای اتکا در کنار زانو قرار می‌دهد و این وضعیت را حفظ می‌کند. هنگام اندازه‌گیری پس از اتخاذ وضعیت آزمون، با استفاده از زمان‌سنج زمان ایستادن روی یک پا تا لحظه به هم خوردن این وضعیت، شامل جدا شدن دست‌ها از کمر، خم شدن زانو و بالاتنه، چرخش بالاتنه، چرخش پای اتکا و جدا شدن پای غیراتکا از زانوی پای اتکا، تا نزدیک صدم ثانیه ثبت شد (۲۷).

اندازه‌گیری تعادل پویا: برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعادل ستاره استفاده شد. در این آزمون هشت خط با زاویه ۴۵ درجه نسبت به هم و به شکل ستاره روی زمین رسم شد. آزمونگر نحوه اجرای آزمون عملکردی ستاره را برای آزمودنی‌ها توضیح داد. پای برتر آزمودنی تعیین شد تا در صورتی که پای راست، اندام برتر باشد، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام شود، اما اگر پای چپ برتر باشد، آزمون خلاف جهت عقربه‌های ساعت انجام شود (۲۹، ۲۸). برای اجرای این آزمون پای برتر آزمودنی در مرکز ستاره ترسیم‌شده توسط محقق قرار می‌گرفت و با پای غیربرتر عمل دستیابی را تا آنجا که ممکن بود و با انتهایی‌ترین قسمت پا، با کنترل و به‌آرامی و تا جایی که خطا نکند، انجام می‌داد و به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گشت. فاصله محل تماس پای آزاد تا مرکز ستاره، فاصله دستیابی در نظر گرفته می‌شد. هر آزمودنی هریک از جهت‌ها را سه بار انجام داد و بین هر بار ۳۰ ثانیه استراحت کرد. بین هر پا نیز ۵ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. برای نرمال کردن داده‌ها، میانگین امتیاز آزمودنی در هر جهت بر طول پای همان جهت (از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی) تقسیم شد و در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا فاصله دستیابی برحسب درصدی از اندازه طول پا به دست آید (۳۰، ۲۸). آزمون از جهت قدامی شروع می‌شد. در صورت جدا شدن دست‌ها از ران، استفاده از پای رسش برای تحمل وزن، جابه‌جایی پای تکیه‌گاه و از دست دادن تعادل تکرار می‌شد (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱- آزمون تعادل ستاره با پای اتکای راست

Figure 1- Right-Leg Stance



شکل ۲-آزمون تعادل ستاره با پای اتکای چپ

Figure 2- Left-Leg Stance

تمامی افراد گروه تجربی به مدت هشت هفته و هفته‌ای سه جلسه پروتکل تمرینات RNT شامل اسکات با کش لوپ، لانگز باتراباند، اسکوات با باند کشی و پل زدن با کش لوپ را انجام دادند. از مقاومت باند کشی برای افزایش اشتباه حرکتی استفاده شد (شکل‌های ۳ تا ۶) (۳۲، ۳۱).

در ابتدای هر جلسه تمرینی، دانش‌آموزان به مدت ۱۰ دقیقه با انجام حرکات کششی و مناسب گرم می‌کردند و گروه کنترل فعالیت‌های معمول خود را انجام می‌داد. هر دو جلسه یک‌بار، تعداد ست و زمان انجام حرکت بیشتر می‌شد که در جدول (۲) آورده شده است. پس از هشت هفته نتایج هر دو گروه ثبت شد.

شکل ۳- اسکوات با کش لوپ

Figure 3- Squat with the loop

شکل ۴- لانگز با تراباند

Figure 4- Longs with the rubber band

شکل ۵- اسکوات با باند کشی

Figure 5- Squat with the rubber band

شکل ۶- پل زدن با کش لوپ

Figure 6- Bridging with the loop

برای مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون آنوا[1] با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد و تجانس واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند. سطح معناداری (P≤۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

جدول ۲- برنامه تمرینی در ۸ هفته (۳۳، ۳۱)

Table 2- Training program in 8 weeks (31, 33)

با ترابند	اسکوات	با کش لوپ	پل زدن	با کش لوپ	اسکوات	با کش لوپ	لانگز	
تکرار Repetition	ست Set	تکرار Repetition	ست Set	تکرار Repetition	ست Set	تکرار Repetition	ست Set	هفته Week
20	2	20	2	20	2	20	2	اول First
20	2	20	2	20	2	20	2	دوم Second
30	3	30	3	30	3	30	3	سوم Third
30	3	30	3	30	3	30	3	چهارم Fourth
40	3	40	3	40	3	40	3	پنجم Fifth
40	3	40	3	40	3	40	3	ششم Sixth
50	3	50	3	50	3	50	3	هفتم Seventh
50	3	50	3	50	3	50	3	هشتم Eighth

1. ANOVA

نتایج

ویژگی‌های آنتروپومتریکی دانش‌آموزان شامل سن، قد، جرم و شاخص توده بدنی در جدول (۳) ارائه شده است (P≤۰۵.۰). در مقدار این متغیرها بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد.

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های آنتروپومتریک شرکت‌کنندگان

Table 3- Mean and standard deviation of participants' anthropometric indices

گروه کنترل Control group میانگین ± انحراف استاندارد Mean±SD	گروه تجربی Experimental group میانگین ± انحراف استاندارد Mean±SD	متغیر Variable
10.2±1.2	9.5±1.7	سن (سال) Age (year)
140.8±11.2	136.6 ±13.3	قد (سانتی متر) Height (cm)
43.7±10.2	39.8±13.0	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
21.7±3.4	21.5±5.4	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع) Body Mass Index (kg.m2)

تعادل ایستا

در جدول (۴) نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری مربوط به تعادل ایستا بین گروه‌ها نشان می‌دهد، در هر دو گروه نتایج پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بهبود یافت، اما در گروه تجربی بهبود بیشتری در مقایسه با گروه کنترل دیده شد. به طور کلی، بهبود در تعادل ایستا معنادار بود.

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری تعادل ایستا بین گروه‌ها

Table 4- Results of analysis of variance with repeated measures of static balance between groups

نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری Results of analysis of variance with repeated measures			پس‌آزمون Post-test	پیش‌آزمون Pre-test		
گروه Group	اثر تعاملی Interactive effect	زمان Time	انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	گروه Group	متغیر Variable
P=0.027* (η^2=0.164)	P=0.001* (η^2=0.543)	P=0.001* (η^2=0.838)	45.9±15.3	33.0±14.4	کنترل Control	تعادل ایستا Static balance
			73.5±27.2	36.8±17.2	تجربی Experimental	

*سطح معناداری کمتر از ۰۵.۰

*Significance level less than 0.05

تعادل پویا

در جدول (۵) نتایج آزمون واریانس با اندازه‌های تکراری مربوط به تعادل پویا در جهات (آزمون تعادل ستاره بین گروه‌ها) نشان داده شده است. با توجه به این اطلاعات، می‌توان نتیجه گرفت کهبا هشت هفته تمرین واکنشی بهبود معناداری در جهات قدامی، قدامی-خارجی و خلفی آزمون تعادل پویا ستاره مشاهده شد، اما در جهات قدامی-داخلی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی، خارجی و داخلی بهبود معنادار نبود. همچنین در جهات قدامی-داخلی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی، خارجی و داخلی بهبود معنادار نبود.

جدول ۵ - نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری تعادل پویای ستاره

Table 5- Results of analysis of variance with repeated measures of the dynamic balance of the star Results of repeated measures analysis of variance for dynamic star balance

نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری Results of analysis of variance with repeated measures			پس‌آزمون Post-test	پیش‌آزمون Pre-test	گروه Group	متغیر Variable
گروه Group	اثر تعاملی Interactive effect	زمان Time	انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	انحراف معیار ± میانگین Mean±SD		
P=0.001* (η^2=0.014)	P=0.004* (η^2=0.262)	P=0.001* (η^2=0.485)	100.2±12.6	96.8±12.8	کنترل Control	تعادل پویای قدامی Anterior dynamic balance
			103.0±9.5	89.0±12.1	تجربی Experimental	
P=0.132 (η^2=0.079)	P=0.729 (η^2=0.004)	P=0.161 (η^2=0.069)	98.0±17.4	95.4±16.6	کنترل Control	تعادل پویا جهت قدامی-داخلی Anterior medial dynamic balance
			90.8±14.8	86.5±13.5	تجربی Experimental	
P=0.946 (η^2=0.000)	P=0.001* (η^2=0.365)	P=0.001* (η^2=0.503)	95.7±12.8	92.6±13.7	کنترل Control	تعادل پویا جهت قدامی-خارجی anterior external dynamic balance
			104.9±11.2	83.9±11.0	تجربی Experimental	
P=0.601 (η^2=0.010)	P=0.001* (η^2=0.425)	P=0.001* (η^2=0.630)	83.9±11.3	81.0±12.5	کنترل Control	تعادل پویا جهت خلفی Posterior dynamic balance
			87.6±9.1	73.4±8.7	تجربی Experimental	
P=0.929 (η^2=0.000)	P=0.443 (η^2=0.021)	P=0.048* (η^2=0.133)	83.3±11.5	81.0±11.1	کنترل Control	تعادل پویا جهت خلفی-داخلی posterior medial dynamic balance
			84.2±16.7	79.2±15.6	تجربی Experimental	
P=0.323 (η^2=0.035)	P=0.136 (η^2=0.077)	P=0.057 (η^2=0.124)	187.8±10.7	86.7±15.3	کنترل Control	تعادل پویا جهت خلفی-خارجی Posterior external dynamic balance
			87.4±10.7	78.6±13.8	تجربی Experimental	

جدول ۵ - نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری تعادل پویای ستاره

Table 5- Results of analysis of variance with repeated measures of the dynamic balance of the star Results of repeated measures analysis of variance for dynamic star balance

متغیر Variable	گروه Group	پیش‌آزمون Pre-test انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	پس‌آزمون Post-test انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری Results of analysis of variance with repeated measures: زمان Time	اثر تعاملی Interactive effect	گروه Group
تعادل پویا جهت داخلی Medial dynamic balance	کنترل Control	78.4±14.6	81.5±16.7	P=0.280 (η^2=0.042)	P=0.481 (η^2=0.018)	P=0.525 (η^2=0.015)
	تجربی Experimental	75.5±20.4	76.2±19.8			
تعادل پویا جهت خارجی External dynamic balance	کنترل Control	83.0±24.0	91.2±13.9	P=0.001* (η^2=0.343)	P=0.599 (η^2=0.010)	P=0.211 (η^2=0.055)
	تجربی Experimental	74.2±18.3	85.2±9.0			

زانوی ضربدری

در جدول (۶) نتایج نشان می‌دهد که در متغیر زانوی ضربدری در گروه کنترل، نتایج پس‌آزمون بیشتر از نتایج پیش‌آزمون بود. در گروه تجربی، نتایج پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافت. اثر تعاملی و اثر زمان با مقدار ۰۰۱.۰ معنادار بود؛ با این حال، نتایج برای اثر گروه معنادار نبود (P≤۰۵.۰).

جدول ۶- نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری تغییرات زانوی ضربدری

Table 4- Results of analysis of variance with repeated measures of genu valgum changes

متغیر Variable	گروه Group	پیش‌آزمون Pre-test انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	پس‌آزمون Post-test انحراف معیار ± میانگین Mean±SD	نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری Results of analysis of variance with repeated measures: زمان Time	اثر تعاملی Interactive effect	گروه Group
میزان زانوی ضربدری (سانتی‌متر) Genu valgum (cm)	کنترل Control	6.9±1.5	7.1±1.6	P=0.001* (η^2=0.700)	P=0.001* (η^2=0.807)	P=0.475 (η^2=0.018)
	تجربی Experimental	8.2±1.5	6.5±1.2			

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق تعیین تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر میزان زانوی ضربدری و تعادل ایستا و پویا بود. با توجه به اینکه تمرینات RNT مانند لانج خطی با کش‌های تراباند، اصلاح از طریق اغتشاش‌های ایجاد شده است، می‌تواند ثبات و تعادل ایستا را بهبود دهد. همچنین تقویت قدرت عضلات ناحیه کمری-لگنی-رانی و حس عمقی که ناشی از تمرینات RNT بود، احتمالاً موجب افزایش چشمگیر نمرات این آزمون شده است (۳). نتایج این پژوهش نشان داد، هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی می‌تواند به طور معناداری تعادل پویای دانش‌آموزان را بهبود دهد. همسو با پژوهش حاضر، کیم و همکاران نشان دادند، به دنبال هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی تعادل بهبود یافت (۸). در همین راستا، میرزایی و همکاران گزارش کردند که به دنبال یک جلسه تمرین عصبی‌عضلانی واکنشی بهبود معناداری در تعادل پویای زنان دارای ولگوس داینامیک زانو مشاهده شد (۴). همچنین هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی می‌تواند به طور معناداری میزان زانوی ضربدری را بهبود بخشد. تمرینات الگوهای صحیح حرکتی، فراخوانی صحیح عضلات است (۲۰). تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی از طریق درگیر کردن فعال فرد در تشخیص خطا و افزایش بازخورد، باعث اصلاح الگوی حرکتی فرد و حفظ ثبات می‌شود (۲۰).

این تمرینات با استفاده از باندهای کشی با فشار کم باعث افزایش الگوی غلط حرکتی فرد شده و به او گفته می‌شود که به مربی اجازه تشدید ناراستایی حرکتی او را ندهد. در این تمرینات از باند کشی و کش لوپ برای افزایش قدرت عضلانی استفاده نمی‌شود؛ بلکه برای ایجاد تنش‌هایی است که بر پوزیشن صحیح بدن برای بهبود ثبات عضلانی پویا در طول فعالیت تمرکز دارد (۳۴)؛ بنابراین باعث کنترل حرکات غیرطبیعی مفصل در طول فعالیت می‌شود (۳۵، ۲۲). پژوهشگران از این تمرینات برای بازگرداندن ثبات عملکردی در ورزشکاران آسیب‌دیده استفاده کردند (۲۲). ملیندا پیتمن و همکاران اثر تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی را بر ۲۹ زن در تغییرات بیومکانیکی زانو بررسی کردند. نتایج نشان داد، هشت هفته تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر ثبات بیشتر در فاز اول فرود و کاهش والگوس پویا اثر معناداری داشت. آن‌ها بیان کردند، اگر تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی قبل از تمرینات خاص ورزشی انجام شوند، عملکرد را بهبود می‌بخشند و احتمال آسیب لیگامنت صلیبی قدامی را کاهش می‌دهند؛ ازاین‌رو تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی را به افرادی پیشنهاد کردند که لیگامنت صلیبی قدامی سالم دارند، اما دارای والگوس در لحظه فرود هستند (۳۶). در این پژوهش، تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی، سعی در کنترل والگوس هم صفحه فرونتال و هم در صفحه ساجیتال دارد؛ بنابراین نتایج این پژوهش با پژوهش ملیندا پیتمن و همکاران همسوست.

پیام مقاله

براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات عصبی‌عضلانی واکنشی بر میزان کم شدن اندازه زانوی ضربدری و بهبود تعادل تأثیر دارد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود این نوع تمرینات در چارچوب برنامه‌های تمرینات اصلاحی دانش‌آموزان دارای ناهنجاری‌های اسکلتی‌عضلانی گنجانده شوند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه زیر نظر کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان و با مجوز صادرشده از سوی این کمیته به شماره IR.UI.REC.1402.093 انجام شد.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: فائزه کریم‌زاده
جمع‌آوری داده‌ها: فائزه کریم‌زاده
تحلیل داده‌ها: فائزه کریم‌زاده
نوشتن مقاله: فائزه کریم‌زاده
بازبینی و ویرایش: نادر رهنما
مرور ادبیات: فائزه کریم‌زاده
مدیر پروژه: نادر رهنما

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله براساس پایان‌نامه مقطع کارشناسی‌ارشد فائزه کریم‌زاده، به راهنمایی دکتر نادر رهنما است. از ایشان که در انجام این تحقیق من را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function: a comprehensive analysis. FA Davis; 2011 Mar 9.
2. Lippert L, Minor MA, Towler CD, Minor SD. Clinical kinesiology and anatomy. Philadelphia, PA: FA Davis; 2006.
3. Eckstein F, Wirth W, Hudelmaier M, Stein V, Lengfelder V, Cahue S, Marshall M, Prasad P, Sharma L. Patterns of femorotibial cartilage loss in knees with neutral, varus, and valgus alignment. Arthritis Care & Research. 2008;59(11):1563-70. https:..doi.org.10.1002.art.24208
4. Felson DT, Niu J, Gross KD, Englund M, Sharma L, Cooke TD, Guermazi A, Roemer FW, Segal N, Goggins JM, Lewis CE. Valgus malalignment is a risk factor for lateral knee osteoarthritis incidence and progression: findings from the Multicenter Osteoarthritis Study and the Osteoarthritis Initiative. Arthritis & Rheumatism. 2013;65(2):355-62. https:..doi.org.10.1002.art.37726
5. Rabiei M, Jafarnejhad Gre T, Binabaji H, Hosseininejad E, Anbarian M. Assessment of postural response after sudden perturbation in subjects with genu valgum. Journal of shahrekord University of Medical Sciences. 2012;14(2):90-100. [In Persian].
6. Landi F, Liperoti R, Russo A, Giovannini S, Tosato M, Capoluongo E, Bernabei R, Onder G. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the ilSIRENTE study. Clinical nutrition. 2012;31(5):652-8. https:..doi.org.10.1016.j.clnu.2012.02.007
7. Williams GN, Chmielewski T, Rudolph KS, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy. 2001;31(10):546-66. https:..doi.10.2519.jospt.2001.31.10.546
8. FJ PL. Presence of genu valgum in obese children: cause or effect? In Anales de Pediatria (Barcelona, Spain: 2003) 2003;58(3):232-5). https:..doi.org.10.1016.s1695-4033(03)78043-6
9. Namavarian N, Rezasoltani A, Rekabizadeh M. A study on the function of the knee muscles in genu varum and genu valgum. Modern Rehabilitation. 2014;8(3).
10. Hunt MA, Birmingham TB, Giffin JR, Jenkyn TR. Associations among knee adduction moment, frontal plane ground reaction force, and lever arm during walking in patients with knee osteoarthritis. Journal of Biomechanics. 2006;39(12):2213-20. https:..doi.org.10.1016.j.jbiomech.2005.07.002
11. Chuter VH, de Jonge XA. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. Gait & Posture. 2012;36(1):7-15. https:..doi.org.10.1016.j.gaitpost.2012.02.001

12. Vaishya R, Shah M, Agarwal AK, Vijay V. Growth modulation by hemi epiphysiodesis using eight-plate in Genu valgum in Pediatric population. Journal of Clinical Orthopedics and Trauma. 2018;9(4):327-33. https:..doi.org.10.1016.j.jcot.2017.11.004
13. Shojaaeddin S. The study of skeletal deformity and relation ships with selected individual characteristics in boys students of damavand secondary schools. [In Persian].
14. Jafarnezhadgero A, Madadi-Shad M, McCrum C, Karamanidis K. Effects of corrective training on drop landing ground reaction force characteristics and lower limb kinematics in older adults with genu valgus: a randomized controlled trial. Journal of Aging & Physical Activity. 2019;27(1). https:..doi.org.10.1123.japa.2017-0315 [In Persian].
15. Zarei M, Rahmani N. The Relationship Between Dynamic Stability and Functional Movement Screening Test. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2018 Jul 10;8(2):107-14. https:..doi.org.10.1123.10.32598.ptj.8.2.107 [In Persian].
16. Fabunmi AA, Gbiri CA. Relationship between balance performance in the elderly and some anthropometric variables. African Journal of Medicine and Medical Sciences. 2008;37(4):321-6.
17. Feizolahi F, Azarbayjani MA. Comparison of static and dynamic balance in amateur male athletes. Rehabilitation Medicine. 2015;3(4):89-98.
18. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing? Journal of Athletic Training. 2008;43(3):293-304.
19. Punakallio A. Balance abilities of workers in physically demanding jobs with special reference to firefighters of different ages (Tasapainon hallinta fyysisesti kuormittavaa työtä tekevillä, erityisesti eri-ikäisillä palomiehillä). Kuopion yliopisto; 2004.
20. Hertel J, Miller SJ, Denegar CR. Intratester and intertester reliability during the Star Excursion Balance Tests. Journal of Sport Rehabilitation. 2000;9(2):104-16. https:..doi.org.10.1123.jsr.9.2.104
21. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. Journal of Sport Rehabilitation. 2009;18(2):240-57. https:..doi.org.10.1123.jsr.18.2.24
22. Guido Jr JA, Stemm J. Reactive neuromuscular training: a multi-level approach to rehabilitation of the unstable shoulder. North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT. 2007;2(2):97.
23. Voight ML, Cook G. Clinical application of closed kinetic chain exercise. Journal of Sport Rehabilitation. 1996;5(1):25-44. https:..doi.org.10.1123.jsr.5.1.25
24. Cook G, Burton L, Fields K. Reactive neuromuscular training for the anterior cruciate ligament-deficient knee: a case report. Journal of Athletic Training. 1999;34(2):194.
25. Miller III, S.J., A biomechanical analysis of the anterior balance reach test. The Pennsylvania State University; 2001.
26. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy. 2004;34(6):305-16. https:..www.jospt.org.doi.10.2519.jospt.2004.34.6.305
27. Tsigilis N, Zachopoulou E, Mavridis TH. Evaluation of the specificity of selected dynamic balance tests. Perceptual and Motor Skills. 2001;92(3):827-33. https:..doi.org.10.2466.pms.2001.92.3.8
28. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. Measurement in Physical Education and Exercise Science. 2009;7(2): 89-100. https:..doi.org.10.1207.S15327841MPEE0702_3
29. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy. 2010;40(9):551-8. https:..doi.10.2519.jospt.2010.3325
30. Thorpe JL, Ebersole KT. Unilateral balance performance of female collegiate soccer athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(5):1429-33. https:..doi.org.10.1519.JSC.0b013e31818202db
31. Mirzaee F, Sheikhhoseini cooR, Piri H. The acute effects of one session reactive neuromuscular training on balance and knee joint position sense in female athletes with dynamic knee valgus. Acta Gymnica. 2020;50(3):122-9. https:..doi.org.10.5507.ag.2020.011 [In Persian].
32. Kiani A, Rabiei M, Ghasemi B, Shafizadeh A. The effect of 8 weeks of reactive neuromuscular training vs core stability training on the balance of male football players. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022. https:..doi.org.10.32598.SJRM.13.3.3074 [In Persian].

33. Cook G, Burton L, Torine J. Movement: Functional movement systems: screening, assessment and corrective strategies. 2010.
34. Lephart S. Reestablishing proprioception, kinesthesia, joint position sense, and neuromuscular control in rehabilitation. Rehabilitation Techniques in Sports Medicine. 2th edition. USA: Mosby, St Louis, Missouri; 1994. pp. 118-37.
35. Pittman M. Biomechanical Differences at the knee after two types of hip abductor training: Traditional vs. Reactive neuromuscular training. California State University, Fullerton; 2013.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی