

Research Paper



Effects of Balance Exercises With Wobble Board and Corrective Exercises With Thera bands on Static and Dynamic Balance of Male Students With Genu Valgum

Fateme Yousefi¹ , *Yousef Moghadas Tabrizi² , Seyed Hamed Mousavi² , Melika Ardestani Samani¹

1. Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Sports Injury and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.



Citation Yousefi F, Moghadas Tabrizi Y, Mousavi SH, Ardestani Samani M. [Effects of Balance Exercises With Wobble Board and Corrective Exercises With Thera Bands on Static and Dynamic Balance of Male Students With Genu Valgum (Persia)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 14(6):884-899. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.6.3373>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.6.3373>

ABSTRACT

Background and Aims Balance is an integral aspect of daily movement and a fundamental component of human motor function, often compromised in individuals with skeletal abnormalities. This study aimed to investigate the effects of six weeks of balance training using a balance board and Thera-band exercises on static and dynamic balance in male students aged 9–12 years with genu valgum.

Methods Thirty male students (mean age: 10.34±1.1 years; height: 137.83±6.41 cm; weight: 36.57±5.17 kg; BMI: 19.14±1.35 kg/m²) with no history of lower limb injuries were randomly assigned to three groups (n=10 each): Balance board training, Thera-band exercises, and control. Static and dynamic balance were assessed pre- and post-intervention using the stork balance stand test and star excursion balance test, respectively. The deformity was diagnosed using inter-malleolar (IM) and inter-condylar (IC) distances, with IM>3 cm indicating genu valgum. The intervention lasted six weeks, with three 60-minute sessions per week. Data were analyzed using descriptive statistics, repeated measures ANOVA, ANCOVA, and Bonferroni post hoc tests at $\alpha \leq 0.05$.

Results Post-intervention, both the balance board and Thera-band groups demonstrated significant improvements in static balance compared to controls ($P < 0.05$). Moreover, the balance board group showed significantly greater gains in static balance than the Thera-band group ($P < 0.05$). For dynamic balance, both intervention groups exhibited significant increases in reach distances across all eight directions relative to controls ($P < 0.05$), with no significant difference observed between the two exercise groups ($P > 0.05$).

Conclusion Both balance board training and Thera-band exercises effectively enhance static and dynamic balance in male children with genu valgum. These modalities are recommended as practical interventions to improve balance in this population.

Keywords Genu valgum, Static balance, Dynamic balance, Balance training, Thera-bands

Received: 25 May 2025

Accepted: 19 Aug 2025

Available Online: 21 Jan 2026

*** Corresponding Author:**

Yousef Moghadas Tabrizi, Associate Professor.

Address: Department of Sports Injury and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 2059439

E-Mail: moghadas@ut.ac.ir



Copyright © 2026 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Postural control—the ability to maintain the body's position in space to ensure stability and proper orientation—is essential for effective motor performance. Balance, defined as the capacity to keep the body's center of mass within its base of support, depends on the integrated function of sensory, muscular, and neural systems and is critical for daily activities and sports performance. Alterations in joint alignment, particularly at the knee, can disrupt balance and increase injury risk. The knee joint plays a crucial role in weight bearing and movement during both static and dynamic tasks.

Genu valgum, characterized by the medial approximation of the femoral condyles and lateral displacement of the body's line of gravity at the knee, leads to impaired postural control and balance deficits, elevating the risk of falls and musculoskeletal injury. This deformity compromises movement quality and athletic performance and predisposes individuals to knee osteoarthritis. Mechanical imbalances caused by genu valgum affect lateral stability under both static and dynamic conditions [10–14]. The prevalence of genu valgum is notably high among children aged 9 to 12 years.

Research has demonstrated that therapeutic exercises, including Thera-band resistance training and balance exercises utilizing balance boards and balls, can improve balance, lower limb alignment, muscle strength, and neuromuscular control [9, 10, 12, 13, 17–19, 21–26, 30]. Given the high incidence of genu valgum in children and the documented benefits of these exercise modalities, this study aimed to compare the effects of balance board training and Thera-band resistance exercises on static and dynamic balance in boys aged 9 to 12 years with genu valgum.

Methods

This applied quasi-experimental study employed a pre-test-post-test design. Thirty male elementary school students from Tonekabon City, Mazandaran Province, diagnosed with genu valgum (intermalleolar-intercondylar distance >3 cm), normal BMI (18.5–25), and with no history of surgery, fractures, neuromuscular disorders, or other structural deformities, were recruited via targeted sampling. Participants were randomly assigned to one of three groups (n=10 each): Thera-band exercise, balance exercise, or control. Static balance was measured using

the stork balance stand test, while dynamic balance was assessed with the star excursion balance test. The intervention protocols lasted six weeks, with three 60-minute sessions per week. The balance exercise group performed progressively challenging exercises on balance boards and balls. The Thera-band group engaged in resistance band exercises (yellow and green bands), including stretching of the hip adductors and tensor fasciae latae to enhance flexibility and reduce tension, alongside strengthening of the hip abductors, knee extensors, hip external rotators, and foot invertors to improve knee stability and neuromuscular control. Data analysis was conducted using repeated measures ANOVA, ANCOVA, and Bonferroni post hoc tests via SPSS software, version 26, with significance set at $\alpha \leq 0.05$.

Results

Baseline demographic and anthropometric characteristics (age, weight, height, BMI, lower limb length, and IM-IC distance) showed no significant differences among the groups. No significant changes in static or dynamic balance were observed in the control group between pre- and post-tests. In contrast, both intervention groups exhibited significant improvements in static and dynamic balance measures following the six-week training.

The Thera-band group demonstrated the greatest gains in dynamic balance in the posterior and medial directions, with comparatively smaller improvements in the lateral and anterolateral directions. The balance exercise group showed the most pronounced improvements in the anterior, medial, and posterior directions. ANCOVA results confirmed significant differences between the control and intervention groups in post-intervention balance outcomes. Bonferroni post hoc analysis revealed significant differences between the control group and both intervention groups, but no significant difference was found between the balance and Thera-band groups.

Overall, both balance training and Thera-band exercises effectively enhanced static and dynamic balance in boys with genu valgum, with no definitive superiority of one method over the other.

Conclusion

This study demonstrated that six weeks of balance board training and Thera-band resistance exercises significantly improve static and dynamic balance in male children aged 9 to 12 years with genu valgum. While balance training showed a slightly greater effect on static balance, no significant difference was found between the two interven-

tions regarding dynamic balance improvements. These findings align with previous research highlighting the importance of neuromuscular training in managing postural control deficits associated with genu valgum [30, 39, 45]. Limitations include the small sample size and limited environmental control, which should be addressed in future studies to enhance generalizability. Both exercise modalities are recommended as effective therapeutic strategies to improve balance and functional stability in children with genu valgum.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of [University of Tehran](#), Tehran, Iran (Code: IR.UT.SPORT.REC.1402.04). This study adhered to ethical standards, including obtaining informed consent, ensuring participant confidentiality, and allowing withdrawal at any stage.

Funding

This research was extracted from master thesis of Fatemeh Yousefi, approved by the Department of Sports Injury and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, [University of Tehran](#), Tehran, Iran.

Authors' contributions

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

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the students who voluntarily participated in this study for their cooperation and time.



مقاله پژوهشی

مقایسه تأثیر تمرینات تعادلی با تخته تعادل و تمرینات اصلاحی با تراباند بر تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر دارای زانوی ضربدری

فاطمه یوسفی^۱، *یوسف مقدس تبریزی^۲، سید حامد موسوی^۲، ملیکا اردستانی سامانی^۱

۱. گروه آسیب‌شناسی و تمرینات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.



Citation Yousefi F, Moghadas Tabrizi Y, Mousavi SH, Ardestani Samani M. [Effects of Balance Exercises With Wobble Board and Corrective Exercises With Thera Bands on Static and Dynamic Balance of Male Students With Genu Valgum (Persia)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 14(6):884-899. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.6.3373>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.6.3373>

چکیده

مقدمه و اهداف تعادل جزء جدایی‌ناپذیر حرکات روزمره و بخش مهمی در نیازهای پایه برای حرکت انسان است که در ناهنجاری‌های اسکلتی دچار اختلال می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین تعادلی با تخته تعادل و تمرین با تراباند بر تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر ۹ تا ۱۲ سال دارای زانوی ضربدری بود.

مواد و روش‌ها ۳۰ دانش‌آموز پسر که فاصله بین اپی‌کندیل‌های داخلی ران و قوزک‌های داخلی می‌چ پای آن‌ها بیش از ۳ سانتی‌متر بود، به‌عنوان دارای زانوی ضربدری شناخته شده و وارد مطالعه شدند. شرکت‌کنندگان با میانگین سنی $10/43 \pm 1/1$ سال، قد $137/83 \pm 6/41$ سانتی‌متر، وزن $36/57 \pm 5/17$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $19/14 \pm 1/35$ کیلوگرم بر متر مربع و بدون سابقه آسیب در اندام تحتانی، به‌صورت تصادفی در ۳ گروه ۱۰ نفره شامل گروه تجربی تمرین با تراباند، گروه تمرینات تعادلی و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه کنترل هیچ‌گونه برنامه تمرینی دریافت نکرد. قبل و بعد از اجرای برنامه تمرینی، تعادل ایستا و پویای آزمودنی‌ها به ترتیب با تست تعادل لک‌لک و ستاره اندازه‌گیری شد. برنامه تمرینی شامل ۶ هفته و ۲ جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه بود. تمرینات شامل تمرینات تعادلی با تخته تعادل یا تراباند بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی، آزمون آنووا با اندازه‌گیری مکرر، تحلیل کوواریانس (آنکووا) و آزمون بونفرونی در سطح معنی‌داری $0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها نتایج تحقیق نشان داد تعادل ایستای گروه‌های تمرین تعادلی (تخته تعادل) و تراباند در مقایسه با گروه کنترل در پس‌آزمون افزایش معنادار داشته است ($P < 0/05$). همچنین مقایسه بین دو گروه تمرین تعادلی (تخته تعادل) و تمرین با تراباند در نمرات تعادل ایستا در پس‌آزمون تفاوت معناداری را نشان داد، به‌طوری‌که گروه تمرین تعادلی (تخته تعادل) نسبت به گروه تمرین با تراباند، افزایش معناداری در نمرات تعادل ایستا نشان داد ($P < 0/05$). در تعادل پویا، تفاوت بین گروه‌های تمرین تعادلی و تمرین با تراباند در مقایسه با گروه کنترل در پس‌آزمون به‌صورت افزایش معنادار در نمرات تعادل مشاهده شد ($P < 0/05$). باین‌حال تفاوت بین ۲ گروه تمرین تعادلی و تراباند در تعادل پویا، از نظر آماری معنادار نبود ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری تمرینات تعادلی و تمرینات با تراباند هر دو تأثیر مثبت و معناداری بر بهبود تعادل ایستا و پویا در دانش‌آموزان پسر دارای زانوی ضربدری داشتند. باین‌حال، در تعادل ایستا، تمرینات تعادلی با تخته تعادل، اثربخشی بیشتری نسبت به تمرینات تراباند نشان دادند. درحالی‌که در تعادل پویا، تأثیر هر دو نوع تمرین مشابه و بدون تفاوت معنادار بود.

کلیدواژه‌ها زانوی ضربدری، تعادل ایستا، تعادل پویا، تمرینات تعادلی، تراباند

تاریخ دریافت: ۰۴ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۸ مرداد ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ بهمن ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر یوسف مقدس تبریزی

نشانی: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی.

تلفن: ۰۲۵۹۴۳۹ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: moghadas@ut.ac.ir



Copyright © 2026 The Author(s);

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

مقدمه و اهداف

کنترل پاسچر به معنای حفظ موقعیت بدن در فضا برای تأمین ثبات و تعادل است [۲، ۱]. تعادل، عاملی حیاتی در انجام فعالیت‌های روزمره و ورزشی به شمار می‌آید [۷-۳]. هرگونه تغییر در موقعیت مفاصل، به‌ویژه در اندام تحتانی، موجب اختلال در مسیر عبور خط ثقل نسبت به مرکز تکیه‌گاه و کاهش شدید تعادل می‌شود [۱۰-۸]. عملکرد فرد در حفظ تعادل در شرایط ایستا و پویا ارزیابی می‌شود و اندام تحتانی به دلیل نقش کلیدی در جذب و تنظیم نیروها، تحمل وزن و حفظ وضعیت بدن در فعالیت‌های حرکتی، نقشی اساسی در کنترل پاسچر دارد [۱۱]. مفصل زانو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مفاصل بدن در حمایت و انتقال وزن، علاوه بر نقش حیاتی، آسیب‌پذیری بالایی نیز دارد [۱۳، ۹]. کاهش کارایی زانو به دلیل ارتباط عملکردی با مفاصل مجاور و ران می‌تواند بر عملکرد این مفاصل نیز تأثیرگذار باشد. همچنین اختلالات عضلانی مرتبط، باعث تخریب مفصل زانو و افزایش فشار و کشیدگی‌های مکرر در آن می‌شود [۱۳].

زانوی ضربدری از جمله ناهنجاری‌های زانو است که شیوع آن در دانش‌آموزان، ۲۰/۹۱ درصد از ۷۳/۶۹ درصد اختلالات اندام تحتانی را شامل می‌شود [۸، ۲، ۱]. این ناهنجاری باعث چرخش داخلی استخوان ران و چرخش خارجی درشت نی می‌شود که خط کشش ثقل را از مرکز زانو به سمت خارج زانو انتقال می‌دهد. بنابراین کنترل وضعیت بدن مختل شده و بی‌ثباتی زانو و کاهش توان تحمل وزن به وجود می‌آید [۱۶-۱۴، ۱۱، ۹، ۳، ۱]. این تغییرات در اندام تحتانی می‌تواند باعث افزایش خطر افتادن (سقوط) شود [۱۷] و همچنین بر کیفیت فعالیت‌های ورزشی تأثیرگذار باشد. از سوی دیگر، افراد مبتلا به زانوی ضربدری، در مقایسه با افراد سالم دارای خطر بیشتری برای ابتلا به آرتروز زانو هستند [۱۹، ۱۸]. اختلال مکانیکی ناشی از ناهنجاری زانوی ضربدری می‌تواند منجر به اختلال در شاخص‌های تعادل در موقعیت‌های ایستا و پویا شود [۲۳-۲۰].

بنابراین یافتن روشی مناسب برای پیشگیری از آسیب‌های ثانویه این ناهنجاری از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله این روش‌ها انجام تمرینات اصلاحی است که سبب بهبود کنترل تعادل [۲۴] در حین فعالیت‌های بدنی می‌شود. این تمرینات می‌توانند عملکرد و ثبات بدن را در حین فعالیت‌های بدنی بهبود بخشند و خطر افتادن را کاهش دهد و از صدمات آتی جلوگیری کند [۲۰]. روش‌های مختلفی جهت اصلاح این ناهنجاری وجود دارد که می‌توان به برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر ان‌ای‌اس‌ام^۱، تمرینات ثبات مرکزی و تمرین مقاومتی (از جمله تراباند) اشاره کرد. تمرینات تراباند آن دسته از تمریناتی است که با تقویت عضلات ضعیف‌شده و کشش عضلات کوتاه‌شده می‌تواند در اصلاح ناهنجاری‌ها تأثیرگذار باشد.

1. NASM

استفاده از این روش سبب افزایش فاصله بین کندیل‌های داخلی زانو و نزدیک کردن زاویه Q به دامنه طبیعی خود و در نتیجه بهبود این ناهنجاری می‌شود [۱۹، ۱۸]. در پژوهش‌های زیادی نشان داده شده است که تمرین تراباند می‌تواند موقعیت زانوی ضربدری را بهبود بخشد [۲۷-۲۵]. از سوی دیگر مطالعات نشان می‌دهند ۱۲ هفته تمرینات اصلاحی به‌طور قابل‌توجهی بر ناهنجاری زانوی ضربدری و هم‌ترازی مناسب اندام تحتانی تأثیر می‌گذارد [۲۸]. تمرینات اصلاحی تعادلی، به‌عنوان روشی راحت، ارزان، ساده و غیرتهاجمی (ایمن) شناخته می‌شود [۳۲-۲۹]. اصول این تمرینات اصلاحی مبتنی بر کشش عضلات کوتاه‌شده و سپس تقویت عضلات قسمت ضعیف‌شده است [۲۲، ۲۱]. از آنجایی که تمرینات تعادلی با استفاده از تخته تعادلی و توپ، اثرگذاری مطلوبی برای دستیابی به حداکثر توان کنترل عصبی عضلانی به‌وسیله اثر بر عضلات درگیر دارد، این تمرینات سبب بهبود تعادل و پاسچر و در نتیجه موجب بهبود عملکرد حرکتی می‌شود [۷]. تمرینات تعادلی یک روش مؤثر برای بهبود انواع مختلف عملکرد تعادل در کودکان و نوجوانان است که برای تقویت هماهنگی، انعطاف‌پذیری عضلات و حفظ تعادل در حرکات ایستا و پویا طراحی شده است. این تمرینات با بهبود حس عمقی و هماهنگی عصبی عضلانی، تعادل فرد را از طریق سیستم‌های حسی، عصبی و حرکتی بهبود می‌بخشند [۳۰، ۲۹]. تمرینات با تراباند نیز دارای ایمنی و سهولت استفاده و ابزاری مؤثر برای تقویت قدرت عضلانی و بهبود عملکرد سیستم عصبی عضلانی است که نتایج مثبتی در کاهش این ناهنجاری داشته است [۲۵].

بیشتر تحقیقات گذشته [۲۲-۲۰] بر روی ناهنجاری زانوی ضربدری در بزرگسالان انجام گرفته است. با توجه به شیوع بالای ناهنجاری‌های قامتی، به‌ویژه زانوی ضربدری در دانش‌آموزان ۹ تا ۱۲ ساله و از سوی دیگر تأثیر منفی این ناهنجاری بر عملکرد تعادلی، تعادل ایستا و پویا، جا دارد مطالعات بیشتری در این گروه سنی صورت گیرد.

تحقیقات نشان داده‌اند ۸ هفته تمرینات اصلاحی به‌وسیله تخته تعادل سبب بهبود قابل‌توجهی در تعادل می‌شود [۳۳]. همچنین تحقیقات زیادی تأثیر مثبت تمرینات با تراباند بر بهبود تعادل را تأیید کرده‌اند [۳۵، ۳۴، ۲۶]. اما در تحقیقات گذشته کمتر به مقایسه بین این دو روش پرداخته شده است؛ بنابراین تحقیق حاضر در نظر دارد تا ضمن بررسی اثر ۲ روش تمرین تعادلی با تخته تعادل و تراباند به مقایسه بین این دو نیز بپردازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و از نظر روش‌شناسی، یک مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون وبا گروه کنترل است. این پژوهش مورد تأیید کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه تهران قرار گرفته است. محققان خود را ملزم به رعایت کلیه کدهای اخلاقی دانسته است.

ارزیابی تعادل پویا

تست تعادل ستاره‌ای^۶ [۴۰] به منظور ارزیابی تعادل پویا و همچنین ارزیابی پیشرفت برنامه‌های توان بخشی استفاده می‌شود و از روایی بالایی برخوردار است. این تست روشی ساده و دقیق به شمار می‌آید. ابتدا برای بررسی نرمال بودن طول پا، فاصله بین خار خار صاف فوقانی قدامی تا میچ پای داخلی اندازه‌گیری شد. سپس ۸ جهت مختلف با زاویه ۴۵ درجه به شکل ستاره روی زمین ترسیم شد. در این آزمون، فرد روی یک پا ایستاد و با پای دیگر در ۴ جهت اصلی از جمله جلو، عقب، چپ، راست^{۱۰} و ۴ جهت مورب جلو-چپ^{۱۱}، جلو-راست^{۱۲}، عقب-چپ^{۱۳} و عقب-راست^{۱۴} به دور خود تا حد امکان کشیده شد. افزایش فاصله دستیابی با پا نشان‌دهنده بهبود تعادل پویا است. نحوه اجرای آزمون توسط آزمون‌گیرنده برای دانش‌آموزان توضیح داده شد. پس از تعیین پای غالب، دانش‌آموزان در مرکز ستاره روی پای برتر خود ایستادند. اگر پای غالب راست بود، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای غالب چپ بود، در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌گرفت. در هر جهت، پای آزاد باید تا دورترین نقطه ممکن کشیده شود. فاصله از نقطه تماس پای آزاد تا مرکز ستاره به عنوان معیار اندازه‌گیری ثبت شد. هر دانش‌آموز سه بار برای هر جهت این عمل را تکرار کرد و میانگین نتایج هر جهت گرفته شد. سپس میانگین کل جهت‌ها بر طول پا (بر حسب سانتی‌متر) تقسیم و حاصل در ۱۰۰ ضرب شد تا فاصله دستیابی به صورت درصدی از طول پا گزارش شود.

پروتکل تمرینی

برنامه تمرینات تعادلی: این برنامه تمرینی طبق تصویر شماره ۱ و به مدت ۳ روز در هفته و در ۶ هفته انجام گرفت. مدت زمان تمرین در هفته‌های متوالی ۶۰ دقیقه بود که طی هفته‌های متوالی به منظور افزایش بار، شرایط تمرین با بستن چشم‌ها، حفظ تعادل روی یک پا و استفاده از تخته تعادل به تدریج دشوارتر شد. برنامه تمرینی گروه تمرینات تعادلی با استفاده از تخته تعادلی و توپ شامل ۴ مرحله بود: تمرینات بدون تخته تعادل، تمرینات با تخته تعادلی و تمرینات با توپ و تخته تعادلی. دشواری و شدت این تمرینات با استفاده از الگوهای تمرینی مختلف تا هفته ششم افزایش یافت [۴۱]. روش اجرا به این صورت بود که هفته اول با چشم باز، تمرین تعادل روی یک پا روی زمین و تمرین دو پا روی تخته تعادل انجام شد. هفته دوم تمرینات با چشم بسته روی

در این پژوهش نمونه‌گیری به صورت هدفمند از دانش‌آموزان مدارس ابتدایی در محدوده سنی ۹ تا ۱۲ سال شهرستان تنکابن استان مازندران انجام شد؛ به این صورت که پس از اخذ مجوزهای لازم از مراجع مسئول آموزش و پرورش، با مراجعه به مدارس ابتدایی پسرانه و کسب رضایت‌نامه از والدین، فرم‌های جمع‌آوری اطلاعات تکمیل و دانش‌آموزانی که شرایط اولیه ورود به تحقیق را داشتند، انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور^۲ و با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۰۸ و اندازه اثر ۰/۰۶ محاسبه شد که حجم نمونه ۳۰ نفر به دست آمد [۳۶-۳۸]. حجم نمونه ۳۰ نفر به دست آمد. معیارهای ورود: داشتن زانوی ضربدری، شاخص توده بدنی در محدوده طبیعی (۱۸/۵ تا ۲۵)، نداشتن سابقه جراحی، شکستگی یا دررفتگی در اندام تحتانی، نداشتن سابقه بیماری‌های عصبی-عضلانی و مشاهده نشدن ناهنجاری‌های دیگر در ران یا ستون فقرات، مانند اسکولیوز، لوردوز یا کایفوز. نمونه‌ها به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفره تقسیم شدند: گروه تجربی تمرین با تراباند، گروه تجربی تمرینات تعادلی و گروه کنترل. قبل و بعد از اجرای برنامه تمرینی ۶ هفته‌ای، تعادل ایستا و پویا با استفاده از تست تعادل لک‌لک و تست ستاره ارزیابی شد.

تشخیص زانوی ضربدری

برای تشخیص ناهنجاری زانوی ضربدری از شاخص فاصله بین قوزک‌های داخلی پا و کندیل‌های داخلی ران^۳ استفاده شد. در این روش، فاصله بین اپی‌کندیل‌های داخلی ران^۴ و قوزک‌های داخلی^۵ در حالت ایستاده اندازه‌گیری شد. در صورتی که این فاصله بیشتر از ۳ سانتی‌متر بود، فرد در گروه دارای ناهنجاری زانوی ضربدری قرار گرفت.

ارزیابی تعادل ایستا

برای ارزیابی تعادل ایستا، از آزمون لک‌لک [۳۹] استفاده شد که دارای همسانی درونی بالایی بود و ضریب آلفای کرونباخ آن حدود ۰/۹۰ گزارش شده است. در این آزمون، شرکت‌کنندگان باید با حفظ تعادل بر روی یک پا بایستند و مدت زمان حفظ تعادل تا لحظه افتادن ثبت می‌شود. افزایش زمان حفظ تعادل نشان‌دهنده بهبود در عملکرد تعادلی است. بهترین زمان ثبت شده از میان ۳ تلاش، به عنوان نمره نهایی آزمودنی در نظر گرفته شد.

6. Star Excursion Balance Test (SEBT)

7. Anterior

8. Posterior

9. Medial

10. Lateral

11. Anterior-Medial

12. Anterior-Lateral

13. Posterior-Media

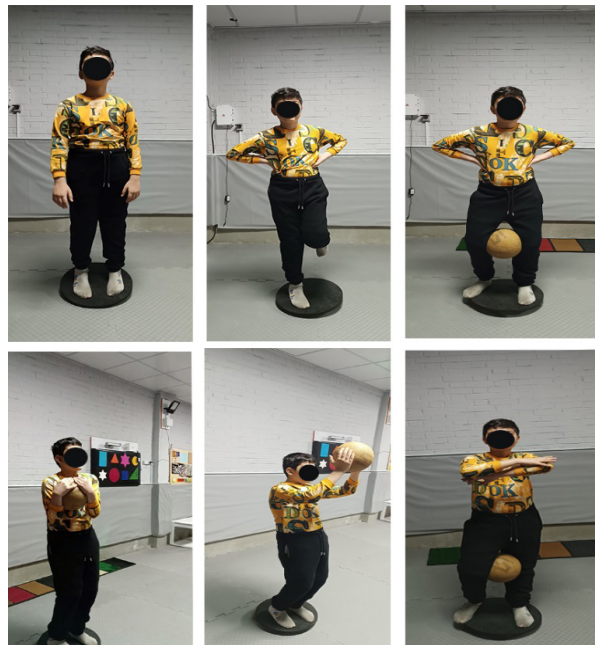
14. Posterior-Lateral

2. G*Power

3. IM-IC

4. IM

5. IC



تصویر ۱. برنامه تمرینات تعادلی

طب توانبخشی

انجام دادند [۴۱]. دانش‌آموزان قبل از انجام تمرینات با روش تمرینات آشنا شدند. پس از آن یک مرحله انطباق ۲ هفته‌ای با مقاومت خارجی با شدت کم با نوار زرد تراباند انجام می‌شد و تنها زمانی که آزمودنی می‌توانست حرکت را به‌طور کامل و بدون هیچ چالشی انجام دهد، مقاومت بیشتری اعمال شد. این برنامه تمرینی شامل کشش و تقویت عضلات مختلف با استفاده از تراباند بود. برای مثال، کشش اداکتورهای ران و کشنده پهن نیام به افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش تنش در ناحیه ران و لگن کمک می‌کند. همچنین، تقویت عضلات اداکتور ران و عضلات اکستنسور ران برای بهبود عملکرد و ثبات زانو و تقویت عضلات چرخش‌دهنده خارجی ران با هدف اصلاح ناهنجاری‌های زانو

زمین و چشم باز روی تخته تعادل انجام شد. هفته سوم تمرینات با چشمان باز و بسته روی زمین و تخته تعادلی و تکرار تمرینات انجام شد. در هفته چهارم، پنجم و ششم تکرار تمرینات با کمی تغییر با چشمان باز و بسته روی تخته تعادلی انجام شد. در این مدت دانش‌آموزان در هیچ فعالیت ورزشی‌ای شرکت نکردند و فقط به انجام پروتکل تمرینی حاضر پرداختند.

برنامه طراحی‌شده تمرینات با تراباند: در این تحقیق از تراباند رنگ زرد و سبز استفاده شد. این برنامه تمرینی طبق **تصویر شماره ۲** و به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته انجام شد و نمونه‌ها تمرینات کششی و تمرینات مقاومتی را با تراباند



تصویر ۲. برنامه طراحی‌شده تمرینات با تراباند

طب توانبخشی

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل (n=۱۰)

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	فاصله بین قوزک‌های داخلی پا و کندیل‌های داخلی ران (سانتی‌متر)
کنترل	۱۰/۵۰±۱/۰۸	۱۳۸±۷/۱۳	۳۶/۴۰±۵/۸۳	۱۸/۹۹±۱/۲۷	۳/۴±۰/۳۶
آزمایش (تعادلی)	۱۰/۴۰±۱/۱۷	۱۳۷/۲±۶/۶۹	۳۵/۳۰±۵/۳	۱۸/۶۲±۱/۱۷	۳/۷±۰/۵۴
آزمایش (تراباند)	۱۰/۴۰±۱/۱۷	۱۳۸/۳±۶/۰۱	۳۸/۰۰±۴/۴۷	۱۹/۸۱±۱/۳۳	۴/۲±۰/۸۱
معناداری	۰/۱۱۷	۰/۱۱۵	۰/۸۱۱	۰/۱۱۳	۰/۶۱۹

طب توانبخش

یافته‌ها

در **جدول شماره ۱**، ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان که شامل وزن، سن، قد، شاخص توده بدنی و شاخص IM-IC (فاصله قوزک‌های داخلی پا و کندیل هی داخلی ران جهت تشخیص زانوی ضربدری) است ارائه شده شد. در هیچ‌یک از شاخص‌ها تفاوت معنادار نبود؛ بنابراین ۳ گروه از این لحاظ همگن هستند.

نتایج **جدول شماره ۲**، نشان می‌دهد در گروه کنترل تغییرات معناداری در تست لک‌لک بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد، اما در گروه تمرین تراباند پس از ۶ هفته تمرین، افزایش معناداری در مقایسه با پیش‌آزمون مشاهده شد.

نتایج **جدول شماره ۳**، نشان داد در گروه کنترل، پس از ۶ هفته، هیچ تغییر معناداری در تعادل دینامیکی (آزمون ستاره) مشاهده نشد؛ اما در گروه‌های تجربی تمرین تراباند و تمرین تعادلی، افزایش معنادار و قابل‌توجهی در تعادل پویا و ایستا حاصل شد ($P \leq 0.05$). این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت هر دو نوع تمرین بر ارتقای توانایی تعادل بدن در شرایط تعادل پویا و ایستا است.

انجام می‌شود. در نهایت، تمرینات تقویتی برای عضلات اینور تور پا موجب بهبود حرکت و تعادل پاها می‌شود. از آزمودنی‌ها خواسته شد در طول جلسات تمرین اصلاحی در هیچ تمرینی شرکت نکنند. پس از اتمام دوره تمرینات اصلاحی، پس‌آزمون، مشابه پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد [۴۲].

روش آماری

نتایج آزمون شاپیرو ویلک^{۱۵} در هر دو آزمون نشان داد همه داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند ($P < 0.05$). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بررسی همگنی واریانس پیش‌آزمون‌ها از آزمون لون استفاده شد. مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه با آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر آزمون تعقیبی بونفرونی، انجام شد و تفاوت‌های بین گروهی در پس‌آزمون با آزمون کوواریانس^{۱۶} بررسی شد. مقادیر η^2 بین صفر تا ۰/۲۵ نشان‌دهنده اندازه اثر کم، بین ۰/۲۶ تا ۰/۶۳ اندازه اثر متوسط و مقادیر بالاتر از ۰/۶۳ نشان‌دهنده اندازه اثر بزرگ است. اندازه اثر استفاده‌شده در این پژوهش ۰/۶۳ است. در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شده است.

15. Shapiro-Wilk Test
16. ANCOVA

جدول ۲. مقایسه پیش و پس‌آزمون تست لک‌لک گروه‌ها با استفاده از آزمون آنووا با اندازه‌گیری مکرر

گروه	نوع آزمون	نتایج آزمون	معناداری	F	محدود میانگین	اندازه اثر
کنترل	پیش‌آزمون	۴/۳۱±۱/۱۷	۰/۰۷	۴/۱۹	۰/۵۵	۰/۳۱
	پس‌آزمون	۴/۶۴±۱/۳۹				
تمرین تعادلی	پیش‌آزمون	۵/۰۴±۱/۰۵	۰/۰۰۱	۱۸۶/۳	۱۲۲/۵	۰/۹۵
	پس‌آزمون	۹/۹±۱/۵۵				
تمرین تراباند	پیش‌آزمون	۴/۲۹±۱/۲۴	۰/۰۰۱	۲۳۸/۹	۴۹/۸۳	۰/۹۶
	پس‌آزمون	۷/۴۵±۱/۴۷				

طب توانبخش

جدول ۳. مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون تست ستاره در گروه کنترل با استفاده از آزمون آنووا با اندازه‌گیری مکرر

متغیر	جهت	میانگین ± انحراف معیار		معناداری	F	میانگین مجذور اثر	اندازه اثر
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون				
قدامی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۲/۷۶±۶/۲۶	۸۲/۱۱±۶/۶۰	۰/۰۷	۲/۴۳	۲/۱۱	۰/۳۳
	تراباند	۸۴/۵۶±۵/۲۲	۸۹/۵۰±۵/۰۴	۰/۰۰۱	۶۵/۳۸	۱۲۱/۸	۰/۹۵
	تعادلی	۸۲/۶۲±۶/۲۳	۸۹/۰۵±۶/۰۶	۰/۰۰۱	۱۹۲/۵	۲۰۶/۵	۰/۹۵
قدامی داخلی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۸/۲۲±۴/۹۱	۸۸/۷۹±۵/۳۰	۰/۰۶۵	۴/۴	۱/۶۴	۰/۳۲
	تراباند	۸۹/۴۳±۵/۳۵	۹۵/۵۸±۵/۶۵	۰/۰۰۱	۲۰۹/۰۱	۱۸۹/۰۴	۰/۹۵
	تعادلی	۸۸/۸۷±۵/۲۶	۹۴/۷۵±۴/۸۳	۰/۰۰۱	۱۹۳/۲۷	۱۷۲/۷۳	۰/۹۵
داخلی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۸/۷۳±۴/۴۸	۸۹/۳۱±۵/۲۳	۰/۱۶	۲/۳۴	۱/۶۸	۰/۲۰
	تراباند	۹۲/۶۸±۴/۰۱	۹۷/۵۷±۴/۹۸	۰/۰۰۱	۷۰/۰۹	۱۷۳/۰۹	۰/۹۸
	تعادلی	۹۲/۲۹±۶/۲۱	۹۶/۸۶±۶/۴۹	۰/۰۰۱	۲۳۹/۷	۱۰۴/۵	۰/۹۶
داخلی خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۹/۶۵±۵/۱۰	۹۰/۰۶±۵/۴۹	۰/۳۵	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۰۹
	تراباند	۹۲/۷۵±۴/۵۹	۹۹/۳۶±۴/۹۹	۰/۰۰۱	۲۰۹/۶	۲۱۸/۵	۰/۹۵
	تعادلی	۹۱/۵۰±۴/۲۲	۹۷/۳۲±۳/۱۵	۰/۰۰۱	۱۶۰/۴	۲۳۲/۱	۰/۹۴
خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۹/۸۸±۵/۱۰	۹۰/۲۹±۵/۴۹	۰/۲۹	۱/۲۴	۰/۸۳	۰/۱۲
	تراباند	۹۱/۲۸±۵/۸۴	۹۷/۴۹±۵/۵۷	۰/۰۰۱	۳۶۶/۱	۱۸۶/۸	۰/۹۷
	تعادلی	۹۱/۰۳±۵/۴۲	۹۷/۷۷±۵/۸۱	۰/۰۰۱	۳۶۱/۲	۲۳۷/۳	۰/۹۷
خارجی خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	۷۸/۸۲±۷/۷۳	۷۸/۴۱±۷/۱۲	۰/۴۱۶	۰/۷۲۶	۰/۸۳	۰/۰۷۵
	تراباند	۸۱/۰۶±۶/۷۹	۸۶/۶۳±۶/۹۹	۰/۰۰۱	۳۷۲/۰۷	۱۵۴/۶۸	۰/۹۷
	تعادلی	۸۰/۱۷±۶/۱۶	۸۵/۶۵±۷/۳۷	۰/۰۰۱	۲۰۴/۹	۱۵۰/۳	۰/۹۵
خارجی (سانتی‌متر)	کنترل	۷۱/۱۹±۴/۰۷	۷۱/۰۴±۴/۴۸	۰/۳۳۸	۰/۱۱۹	۰/۱۰۷	۰/۰۱۳
	تراباند	۷۲/۴۴±۴/۰۹	۷۶/۷۸±۳/۲۲	۰/۰۰۱	۱۰۷/۹۸	۹۴/۲۳	۰/۹۲
	تعادلی	۷۲/۱۷±۴/۱۲	۷۵/۴۰±۳/۵۷	۰/۰۰۱	۳۶۰/۲	۱۱۹/۶	۰/۸۷
قدامی خارجی (سانتی‌متر)	کنترل	۸۰/۳۸±۶/۶۳	۸۰/۲۶±۵/۹۲	۰/۸۱	۰/۰۵	۰/۰۷۵	۰/۰۰۶
	تراباند	۸۴/۷۵±۶/۱۵	۸۷/۶۸±۵/۵۷	۰/۰۰۱	۹۴/۷۴	۷۶/۸۵	۰/۹۱
	تعادلی	۸۳/۲۲±۶/۷۸	۸۶/۷۸±۶/۱۶	۰/۰۰۱	۷۸/۰۷	۶۳/۲۱	۰/۸۹
تمام جهات	کنترل	۷۰/۸۳±۵/۴/۵	۷۸/۸۳±۷/۲/۵	۰/۵۰۳	۰/۴۸۷	۰/۰۳۳	۰/۰۵
	تراباند	۸۶/۱۰±۵/۲۶	۹۱/۵۷±۵/۱۳	۰/۰۰۱	۶۴/۶۱۵	۱۴۷/۹۴	۰/۹۸
	تعادلی	۸۵/۳۶±۵/۵۵	۹۱/۲۸±۵/۱۵	۰/۰۰۱	۱۰۸۳/۳۹	۱۵۳/۷۶	۰/۹۹

جدول ۴. مقایسه پس‌آزمون تعادل ایستای بین‌گروهی براساس تست بونفرونی

متغیر	گروه	اختلاف میانگین	معناداری
تعادل ایستای پس‌آزمون	کنترل	۴/۵۷-	۰/۰۰۱
	تراپاند	۲/۸۲-	۰/۰۰۱
	تعادلی	۱/۷۵	۰/۰۰۱

طب توانبخش

تراپاند، تفاوت معناداری مشاهده نشد که بیانگر اثربخشی مشابه هر دو نوع تمرین بر بهبود تعادل پویا است.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی و مقایسه تأثیر ۶ هفته تمرینات اصلاحی (با تخته تعادل) تمرین با تراپاند و بر تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر ۹ تا ۱۲ سال دارای زانوی ضربدری بود.

نتایج مطالعه مشخص کرد تعادل ایستا و پویای افراد پس از شرکت در تمرینات با تراپاند به‌طور معناداری افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد تمرینات با تراپاند در افزایش تعادل دانش‌آموزان پسر دارای زانوی ضربدری مؤثر است. این بهبود احتمالاً به دلیل افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی، تحریک سیستم‌های حسی حرکتی (بینایی، دهلیزی، حس عمقی) و ارتقای هماهنگی عصبی-عضلانی در طول دوره تمرین بوده است که موجب تقویت کنترل حرکتی و ثبات بدنی می‌شوند. این عوامل نقش کلیدی در بهبود تعادل ایستا و پویا دارند. درخصوص تأثیر برنامه تمرین با تراپاند بر روی تعادل ایستا و پویا این یافته با نتایج صادقی و همکاران، آکسن و همکاران، قاسمی و همکاران خدابخشی و همکاران و جعفرزاده و همکاران همسو بوده است [۲۷، ۳۹، ۴۳-۴۵]. مطالعه کیم و همکاران نیز

مقایسه بین‌گروهی تعادل ایستا در مرحله پس‌آزمون، آزمون تحلیل کوواریانس (آنکوا) نشان داد بین ۳ گروه کنترل (۴/۶۱±۸۳/۹۸)، تمرین تعادلی (۹/۹±۱/۵۵) و تمرین با تراپاند (۷/۴۵±۱/۴۷) تفاوت معناداری در تست تعادل ایستا وجود دارد. ($F_{(2/39)}=73/4, P=0/001$)

براساس جدول شماره ۴، مقایسه بین‌گروهی در مرحله پس‌آزمون نتایج نشان داد بین گروه کنترل (۴/۶۱±۸۳/۹۸) و هر دو گروه تمرین با تخته تعادل (۴/۵±۹۰/۷۲) و تراپاند (۴/۵±۹۱/۵۷)، افزایش معنادار در نمرات تعادل پویا مشاهده شد ($P \leq 0/05$)، درحالی‌که تفاوت معناداری بین ۲ گروه تمرین تعادلی و تراپاند وجود داشت.

باتوجه به جدول شماره ۵، نتایج تست آنکوا نشان داد تعادل پویا بین ۳ گروه کنترلی و تعادلی و تخته تعادل دارای تفاوت معنادار است ($P < 0/05$).

براساس جدول شماره ۶، افزایش معناداری در میانگین فاصله دستیابی پا در آزمون تعادل ستاره‌ای در هر ۸ جهت، در گروه‌های تمرین تعادلی و تمرین با تراپاند نسبت به گروه کنترل مشاهده شد ($P < 0/05$). این یافته نشان‌دهنده بهبود معنادار در تعادل پویا پس از دوره تمرینی است. با این حال بین ۲ گروه تمرین تعادلی و

جدول ۵. مقایسه پس‌آزمون تعادل پویا بین‌گروهی با استفاده از آزمون آنکوا

جهت	معناداری	F	میانگین مربعات	مجموعه مربعات	اندازه اثر	توان
قدامی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۶۰/۰۴	۱۳۹/۵۹	۲۷۹/۱۸	۰/۸۲	۱
داخلی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۲۵/۱۱	۵۸/۱۱	۱۱۶/۲۸	۰/۶۵	۱
داخلی خلفی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۶۱/۶۵	۱۳۲/۵۲	۲۶۵/۰۵	۰/۸۲	۱
خلفی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۹۵/۷۴	۱۱۹/۶۲	۲۳۹/۲۵	۰/۸۸	۱
خارجی خلفی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۸۷/۸۲	۱۲۰/۰۵	۲۴۰/۱۰	۰/۸۷	۱
خارجی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۶۳/۶۰	۷۸/۵۹	۱۵۷/۱۸	۰/۸۳	۱
قدامی خارجی (سانتی‌متر)	۰/۰۰۱	۴۰/۳۰	۵۷/۱۱	۱۱۴/۲۲	۰/۷۵	۱
مجموع جهات	۰/۰۰۱	۳۴۸/۷۹	۹۶/۴۴	۱۹۲/۸۸	۰/۹۶	۱

طب توانبخش

جدول ۶. مقایسه پس‌آزمون تعادل پویای بین‌گروهی با استفاده از آنکوا

متغیر	گروه	اختلاف میانگین	معناداری
قدامی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۵/۶۴-	۰/۰۰۱
	تعالی	۱/۳۳	۰/۱۳۳
قدامی داخلی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۵/۵۸-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۲۷-	۰/۹۹
داخلی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۴/۹۵-	۰/۰۰۱
	تعالی	۱/۲۷-	۰/۲۱۶
داخلی خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۶/۵۰-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۰۸	۰/۹۹
خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۵/۶۹-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۶۳	۰/۶۵
خارجی خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۶/۱۱-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۱۳-	۰/۹۹
خارجی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۴/۶۲-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۴۶	۰/۹۹
قدامی خارجی (سانتی‌متر)	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۴/۵۴-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۵۴-	۰/۹۶
مجموع جهات پس‌آزمون	کنترل	تعالی	۰/۰۰۱
	تراپاند	۵/۴۵-	۰/۰۰۱
	تعالی	۰/۰۶	۰/۹۹

با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نداشت و نشان داد تمرینات مقاومتی با ترابند تأثیر معناداری بر تعادل نداشت. این تفاوت ممکن است به مدت و شدت پایین تمرینات، نوع آزمون‌های تعادلی و میانگین سنی بالاتر شرکت‌کنندگان (۷۳ سال) مربوط باشد؛ چراکه با افزایش سن پاسخ به تمرینات کاهش می‌یابد [۴۶].

نتایج تحقیق ما نشان داد تعادل ایستا و پویا پس از انجام تمرینات تعادلی با تخته تعادل، به‌طور معناداری نسبت به قبل بهبود یافته است. بهبود تعادل ایستا و پویا پس از تمرینات تعادلی را می‌توان به تقویت حس عمقی، هماهنگی عصبی-عضلانی، افزایش آگاهی وضعیتی مفاصل و فعال‌سازی بهتر عضلات تثبیت‌کننده نسبت داد. این تمرینات باعث ارتقای عملکرد سیستم‌های حسی و حرکتی و در نتیجه بهبود کنترل تعادل می‌شوند. یافته‌های تحقیق حاضر با یافته‌های امری و همکاران، حقیقی و همکاران، چهری و همکاران، ابراهیمی و همکاران و سچدر و همکاران مطابقت دارد؛ بنابراین تمرینات تعادلی، به‌ویژه در بهبود تعادل ایستا توصیه می‌شوند [۷، ۲۹-۳۱، ۳۵، ۳۹، ۴۷]. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج قادری و همکاران و شاه‌حسینی و همکاران همخوانی نداشت. به نظر می‌رسد دلیل این ناهمسویی، تفاوت در نوع تمرینات (عمومی یا ترکیبی)، شدت و مدت مداخله، ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه و نوع آزمون‌های ارزیابی تعادل باشد. این عوامل می‌توانند تأثیر مستقیم مداخله بر تعادل ایستا و پویا را تحت تأثیر قرار دهند و موجب تفاوت در نتایج شوند [۴۲، ۴۸].

نتایج تحقیق حاضر در مقایسه بین ۲ گروه مداخله‌ای، نشان داد بین ۲ گروه آزمایش یعنی تمرین با ترابند و تمرینات تعادلی در تعادل پویا تفاوت معنادار نیست، اما بین ۲ گروه آزمایش، یعنی تمرین با ترابند و تمرینات تعادلی در تعادل ایستا تفاوت معنادار است که تمرینات تعادلی اثرگذاری بیشتری نسبت به تمرینات ترابند داشتند. اثربخشی تمرینات تعادلی بر تعادل ایستا به عملکرد هماهنگ اجزای سیستم حسی حرکتی وابسته است. این تمرینات با فعال‌سازی هم‌زمان گیرنده‌های حسی-پیکری، بینایی و دهلیزی، موجب بهبود رفلکس‌های تعادلی در سطح نخاع، افزایش پاسخ‌های خودکار در ساقه مغز و ارتقای کنترل آگاهانه در سطح قشر مغز و مخچه می‌شوند. اجرای تمریناتی مانند ایستادن روی یک پا یا استفاده از تخته تعادل، محرک‌های حسی را افزایش داده و حس عمقی را تقویت می‌کند. در نتیجه، این فرایندها سبب بهبود پایدار کنترل تعادل ایستا از طریق تقویت هماهنگی عصبی-عضلانی و تثبیت موقعیت بدنی می‌شوند.

برتری تمرینات تعادلی در بهبود تعادل ایستا را می‌توان به ماهیت این تمرینات و درگیری مستقیم آن‌ها با سیستم‌های کنترلی بدن در شرایط ایستا نسبت داد. این تمرینات با فعال‌سازی گیرنده‌های حس عمقی، افزایش هم‌انقباضی

عضلات تثبیت‌کننده مفاصل اندام تحتانی و تقویت پاسخ‌های عصبی-عضلانی، موجب ارتقای پایداری بدنی و بهبود مهارت‌های مرتبط با حفظ تعادل در وضعیت‌های ثابت می‌شوند. تمریناتی مانند ایستادن روی یک پا یا استفاده از تخته تعادل، مستقیماً این هدف را دنبال می‌کنند. تمرینات با تخته تعادل، به دلیل انجام روی سطح ناپایدار، چالش‌های بیشتری برای سیستم تعادلی بدن ایجاد کرده و موجب تحریک مؤثرتر گیرنده‌های حسی و افزایش هماهنگی بین سیستم‌های پیکری، بینایی و دهلیزی می‌شوند. این فرایندها، کنترل وضعیت بدن را به‌طور مؤثرتری بهبود می‌بخشند. در مقابل، تمرینات مقاومتی با ترابند با وجود تقویت قدرت عضلانی، معمولاً در شرایط پایدار اجرا می‌شوند و تحریک کمتری در سیستم‌های تعادلی ایجاد می‌کنند. از این رو، اثر آن‌ها بر تعادل ایستا نسبت به تمرینات اجراشده روی سطوح ناپایدار محدودتر است. در مجموع می‌توان گفت تمرینات تعادلی با تخته تعادل، به دلیل شرایط تمرینی چالش‌برانگیزتر و درگیری گسترده‌تر سیستم‌های حسی حرکتی، اثربخشی بیشتری در بهبود تعادل ایستا دارند. در این راستا نتایج این پژوهش با پژوهش خدابخشی [۳۹] و محمدی و همکاران [۴۹] همسویی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد هر دو نوع تمرین موجب بهبود تعادل ایستا و پویا در دانش‌آموزان پسر ۹ تا ۱۲ ساله مبتلا به زانوی ضربدری شدند، اما تمرینات تعادلی، به‌ویژه با تخته تعادل، اثربخشی بیشتری بر تعادل ایستا داشتند؛ بنابراین استفاده از هر دو نوع تمرین تمرینات تعادلی (تخته تعادل) و ترابند، به‌ویژه تمرین تمرینات تعادلی (تخته تعادل) در این گروه سنی توصیه می‌شود.

این پژوهش دارای محدودیت‌هایی بود که باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شوند. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم کنترل کامل شرایط محیطی، قرارگیری تمام آزمودنی‌ها در فضای تمرینی یکسان و عدم بررسی جنسیت دختران اشاره کرد. ناهمگونی در سابقه ورزشی، تفاوت در انگیزه و سطح آمادگی بدنی نیز می‌توانند نتایج را تحت تأثیر قرار دهند. در نتیجه، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با شرایط کنترل‌شده‌تر و در نظر گرفتن تنوع جنسیتی انجام شوند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق **دانشگاه تهران** در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شناسه (IR.UT.SPORT.REC.1402.04) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایاننامه خانم فاطمه یوسفی در گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی **دانشگاه تهران** است. این پژوهش هیچگونه کمک مالی از سازمانهای تأمین کننده مالی در بخش های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی، دانشگاهی یا مرکز تحقیقاتی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همه افرادی که در این مطالعه شرکت کردند، سپاس گزاری می کنند.

References

- [1] Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*. 1987; 67(12):1881-5. [DOI:10.1093/ptj/67.12.1881] [PMID]
- [2] Azimzadeh MJ, Hoseini SH, Norasteh AA. [Effect of a combined strengthening and proprioceptive training program on balance and gait of female children with intellectual disability (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2021; 7(2):136-47. [DOI:10.32598/biomechanics.7.2.5]
- [3] Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*. 2002; 88(3):1097-118. [DOI:10.1152/jn.2002.88.3.1097] [PMID]
- [4] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: Theory and practical applications*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. [Link]
- [5] Nashner LM, Black FO, Wall C, 3rd. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. *The Journal of Neuroscience*. 1982; 2(5):536-44. [DOI:10.1523/JNEUROSCI.02-05-00536.1982] [PMID]
- [6] Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(9):1635-41. [DOI:10.1097/00005768-200009000-00018] [PMID]
- [7] Chehri SMR, Baluchi R, Eslami R, Zareian E. [Effect of eight weeks of balance training on static and dynamic balance in boy students with inflexible flat foot (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2016; 5(2):158-72. [DOI:10.22037/jrm.2016.1100326]
- [8] Zech A, Hübscher M, Vogt L, Banzer W, Hänsel F, Pfeifer K. Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: A systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2010; 45(4):392-403. [DOI:10.4085/1062-6050-45.4.392] [PMID]
- [9] Tajdini kakavandi H, Sadeghi H, Abbasi A. [The effect of genu varum deformity on posture control during walking and running in active male (Persian)]. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2018; 14(27):65-76. [DOI:10.22080/jaep.2018.1795]
- [10] Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2005; 28(8):582. [DOI:10.1016/j.jmpt.2005.08.013] [PMID]
- [11] Williams DS, McClay IS, Hamill J, Buchanan TS. Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *Journal of Applied Biomechanics*. 2001; 17(2):153-63. [DOI:10.1123/jab.17.2.153]
- [12] Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of Athletic Training*. 2002; 37(1):85-98. [DOI:10.1123/jsr.12.1.13]
- [13] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr., Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]
- [14] Hadadnezhad M, Letafatkar A. [The relationship between genu varum abnormality and lower extremity's performance and strength in teenage footballers (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2011; 7(2):188-96. [DOI:10.22084/rsr.2017.8957.1185]
- [15] Goldman V, Green DW. Advances in growth plate modulation for lower extremity malalignment (knock knees and bow legs). *Current Opinion in Pediatrics*. 2010; 22(1):47-53. [DOI:10.1097/MOP.0b013e328334a600] [PMID]
- [16] DA N. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Philadelphia: Elsevier; 2024. [Link]
- [17] Namavarian N, Rezasoltani A, Rekabizadeh M. [A study on the function of the knee muscles in genu varum and genu valgum (Persian)]. *Modern Rehabilitation*. 2014; 8(3):1-9. [Link]
- [18] Ghorbanloo F, Jafarnejadgero A, Alipour Sari Nasirloo M, Letafatkar A. [The effect of theraband® corrective exercise on co-contraction of ankle joint in men with genu valgum during walking: a randomized clinical trial study (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2019; 15(5):249-55. [DOI:10.22122/jrrs.v15i5.3435]
- [19] Ghorbanlou F, Jaafarnejad A, Fatollahi A. [Effects of corrective exercise protocol utilizing a theraband on muscle activity during running in individuals with genu valgum (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 10(5):1052-65. [DOI:10.32598/SJRM.10.5.2]
- [20] Bakhtiary AHU, Fatemi EU, RezaSoltani AU. [Genu varum deformity may increase postural sway and falling risk (Persian)]. *Koomeh*. 2012; 13(3):330-7. [DOI:10.32598/biomechanics.4.4.54]
- [21] Desai SS, Shetty GM, Song HR, Lee SH, Kim TY, Hur CY. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. *Knee*. 2007; 14(6):452-7. [DOI:10.1016/j.knee.2007.07.009] [PMID]
- [22] Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*. 2005; 40(1):41-6. [PMID]
- [23] Van Gheluwe B, Kirby KA, Hagman F. Effects of simulated genu valgum and genu varum on ground reaction forces and subtalar joint function during gait. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2005; 95(6):531-41. [DOI:10.7547/0950531] [PMID]
- [24] Earl JE HJ. Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. *Sports Medicine International Open*. 2001; 10(2):93-104. [DOI:10.1123/jsr.10.2.93]
- [25] Bahadori S, Fatahi H, Ahmadpoor M. The effect of theraband training on the Q angle and distance of ankle medial malleolus in individuals with genu valgum deformity. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy*. 2020; 10(3):117-26. [DOI:10.32598/ptj.10.3.304.3]
- [26] Alwani E, Jorjani A. [The effect of theraband corrective exercises on the Q angle of people with bracket and crossed knees (Persian)]. Paper presented at: The 6th National Sports Science Student Conference of Shahid Beheshti University. 2020 July 5; Tehran, Iran. [Link]

- [27] Ghasemi G, Sheibani N, Ghaderiyan M. [The effect of 12 weeks of theraband training on the knee position, Q angle and postural control in persons with genu varum (Persian)]. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2018; 5(10):19-33. [DOI:10.22077/jpsbs.2018.751]
- [28] Lee HS, Kim AR. The effect of corrective exercise in a patient with knee joint valgus deformity: A single-subject ABA experimental design. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2016; 11(1):93-105. [DOI:10.13066/kspm.2016.11.1.93]
- [29] Schedler S, Brock K, Fleischhauer F, Kiss R, Muehlbauer T. Effects of balance training on balance performance in youth: are there age differences? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2020; 91(3):405-14 [DOI:10.1080/02701367.2019.1676371] [PMID]
- [30] Schedler S, Graf SM, Muehlbauer T. Effects of different balance training volumes on children's dynamic balance. *Sports Medicine International Open*. 2022; 6(1):E32-e8. [DOI:10.1055/a-1811-1145] [PMID]
- [31] Muehlbauer T, Brueckner D, Schedler S. Effect of practice on learning a balance task in children, adolescents, and young adults. *Frontiers in Psychology*. 2022; 13:989645. [DOI:10.3389/fpsyg.2022.989645] [PMID]
- [32] Dobrijević S, Moskovljević L, Dabović M. The influence of proprioceptive training on young rhythmic gymnasts balance. *Physical Education and Sport*. 2016; 14(2):247-55. [Link]
- [33] khosravi kaviz M, Rahnema N, Sahebalzamani M. [The effect of eight weeks of training with balance board on neuromuscular variables of karate girls' ankle (Persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2017; 6(2):27-37 [DOI:10.22038/jpsr.2017.11996.1241]
- [34] Barghamadi M, Ghadimi KheshtMasjedi A, Piri E. [Comparison of the effect between traband and brace on people with genu varum and genu valgum deformities: A systematic review (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2024; 9(4):352-68. [DOI:10.61186/JSportBiomech.9.4.352]
- [35] Haghighi M, Askari A. [Comparison of the effects of core stability and balance exercise on static and dynamic balance and Q-angle of the students with genu varum (Persian)]. *Shahroud Journal of Medical Sciences*. 2022; 9(1):12-16. [DOI:10.22100/ijhs.v9i1.936]
- [36] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Routledge; 2013. [DOI:10.4324/9780203771587]
- [37] Floyd RT TC. *Manual of structural kinesiology*. Columbus: McGraw-Hill. 2004. [Link]
- [38] Biau DJ, Kernéis S, Porcher R. Statistics in brief: The importance of sample size in the planning and interpretation of medical research. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2008; 466(9):2282-8. [DOI:10.1007/s11999-008-0346-9]
- [39] Hashemi Javaheri SA. [Effects of 8 weeks of resistance training with traband on dynamic balance in young soccer players (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2016; 2(2):43-53. [Link]
- [40] Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*. 2012; 47(3):339-57. [DOI:10.4085/1062-6050-47.3.08] [PMID]
- [41] Espandar R, Mortazavi SM, Baghdadi T. Angular deformities of the lower limb in children. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2010; 1(1):46-53. [DOI:10.5812/asjasm.34871] [PMID]
- [42] Ghadari Ghahfarokhi L, Torabi F, Aghayari A. [The effect of a selected physical activity program on static and dynamic balance performance in healthy adolescent girls (Persian)]. *Faslnameh Olum-e Varzesh (Sport Sciences Quarterly)*. 2020; 12(39):150-61. [Link]
- [43] Rabiei M, Gre TJ, Binabaji H, Hosseinienejad E, Anbarian M. [Assessment of postural response after sudden perturbation in subjects with genu valgum (Persian)]. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2012; 14(2):90-100. [Link]
- [44] Aksen-Cengizhan P OD, Sever O, Doğan AA. A comparison between core exercises with theraband and swiss ball in terms of core stabilization and balance performance. *Isokinetics and Exercise Science*. 2018; 26(3):183-91. [DOI:10.3233/IES-173212]
- [45] Sadeghi M, Mahdavi Nejad R. [The effect of an 8-week selected theraband training on balance and motor performance in young wrestlers (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2019; 5(1):28-37. [DOI:10.32598/biomechanics.5.1.3]
- [46] Kim Yu W, An C, Kang H. Effects of resistance exercise using thera-band on balance of elderly adults: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013; 25(11):1471-3. [DOI:10.1589/jpts.25.1471] [PMID]
- [47] Emery CA, Cassidy JD, Klassen TP, Rosychuk RJ, Rowe BH. Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: A cluster randomized controlled trial. *Cmaj*. 2005; 172(6):749-54. [DOI:10.1503/cmaj.1040805] [PMID]
- [48] Shah Hosseini GR, Rahmani A, Ebrahimi Takamjani I, Shater Zadeh MJ, Kayhani MR. [Comparison between effects of forward and backward running in wobble board training program on static balance on health subjects (Persian)]. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2001; 8(24):163-7. [Link]
- [49] Mohammadi V, Alizadeh MH, Gaieni A. [The effects of strength, balance and combined (strength and balance) exercise programs on the dynamic balance of young male athletes (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2013; 9(1):113-23. [DOI:10.22122/jrrs.v9i1.898]

This Page Intentionally Left Blank