

Comparison of Eight Weeks of TRX Suspension Exercises and Comprehensive Corrective Exercises on Anterior Pelvic Tilt Angle, Q Angle, and Balance in Female Students with Genu Valgum

Seyedahmadi M^{1*}, Hashemi M², Khalaghi K³, Ardakanizade M⁴

- 1- Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Velayat University, Iranshahr, Iran
- 2- M.Sc, Department of Sports Injuries and Corrective Exercise, Hakim Nizami Qochan Institute of Higher Education, Quchan, Khorasan Razavi Province, Iran
- 3- Assistant Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercise, Hakim Nizami Qochan Institute of Higher Education, Quchan, Khorasan Razavi Province, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

Abstract

Received: 2024.10.20 Accepted: 2025.01.01

Purpose: Genu valgum is one of the children's most common musculoskeletal abnormalities, characterized by knee deviation and balance problems. Therefore, the present study compared eight weeks of TRX suspension exercises and comprehensive corrective exercises on anterior pelvic tilt angle, knee Q angle, and dynamic balance in 8-to-12-year-old girls with genu valgum.

Methods: In this semi-experimental study, 36 female students with genu valgum were randomly selected from 73 identified individuals in the city of Quchan and divided into three groups: TRX suspension exercises (12 participants), comprehensive corrective exercises (12 participants), and a control group (12 participants). The experimental groups performed exercises for eight weeks, three weekly sessions, and each lasting 45 to 60 minutes. The Q angle was measured with a goniometer, the anterior pelvic tilt angle was assessed using a tilt sensor, and dynamic balance was evaluated using the Star Balance Test in two phases: pre-test and post-test. Data were analyzed using repeated measures analysis of variance (ANOVA) and Bonferroni post hoc tests in SPSS software version 20.

Results: TRX suspension and comprehensive corrective exercises significantly improved the Q angle, anterior pelvic tilt angle, and dynamic balance in female students with genu valgum ($p < 0.05$). The effect of exercises on the Q angle ($p = 0.003$, $\eta^2 = 0.291$) and anterior pelvic tilt angle ($p < 0.0001$, $\eta^2 = 0.451$) was significant. However, there were no significant differences between groups regarding dynamic balance ($p = 0.073$, $\eta^2 = 0.147$). Additionally, the interaction of time and group was significant for anterior pelvic tilt angle and dynamic balance ($p < 0.05$), but not for the Q angle ($p = 0.160$). Overall, the comprehensive corrective exercises showed superior effects on knee and pelvic mechanics variables, while TRX was more effective in improving balance.

Conclusion: TRX suspension and comprehensive corrective exercises improve the Q angle, anterior pelvic tilt angle, and balance in female students with genu valgum. However, comprehensive corrective exercises had a greater impact on reducing the anterior pelvic tilt angle, while TRX exercises showed significant improvement in dynamic balance. These findings can serve as a basis for designing rehabilitation and corrective programs for children with genu valgum abnormalities.

Keywords: Genu valgum, TRX exercises, Comprehensive corrective exercises, Q angle, Balance, Anterior pelvic tilt angle

Corresponding Author: Mohammad Seyedahmadi

Email: Mseyedahmadi@Velayat.ac.ir

ORCID: 0000-0001-6060-8358



Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Hashemi M, Seyedahmadi M, Khalaghi K. Comparison of Eight Weeks of TRX Suspension Exercises and Comprehensive Corrective Exercises on Anterior Pelvic Tilt Angle, Q Angle, and Balance in Female Students with Genu Valgum. *JPSR* 2025; 14(1): 57-71. DOI: 10.22038/jpsr.2025.83062.2660.

مقایسه هشت هفته تمرینات تعلیقی TRX و تمرینات اصلاحی جامع بر زاویه چرخش قدامی لگن، زاویه Q و

تعادل در دانش‌آموزان دختر به زانوی ضربدری

محمد سید احمدی^۱، ملیحه هاشمی^۱، کریم خلای^۲، ملیحه اردکانی‌زاده^۴

هدف: زانوی ضربدری یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی در کودکان است که با انحراف زانوها و مشکلات تعادلی همراه است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر مقایسه هشت هفته تمرینات تعلیقی TRX و تمرینات اصلاحی جامع بر زاویه چرخش قدامی لگن، زاویه Q زانو، و تعادل پویا در دختران ۸ تا ۱۲ سال مبتلا به زانوی ضربدری بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۶ دانش‌آموز دختر مبتلا به زانوی ضربدری از میان ۷۳ نفر شناسایی شده در شهرستان قوچان به صورت تصادفی انتخاب شدند و به سه گروه تقسیم شدند: تمرینات تعلیقی (Total Resistance Exercises; TRX) (۱۲ نفر)، تمرینات اصلاحی جامع (۱۲ نفر)، و گروه کنترل (۱۲ نفر). گروه‌های تجربی به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه‌ای تمرین کردند. زاویه Q با گونیامتر، زاویه چرخش قدامی لگن با تیلت‌سنج، و تعادل پویا با استفاده از آزمون تعادل ستاره در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (One-way Repeated Measures Analysis of Variance) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تحلیل شدند.

یافته‌ها: هر دو نوع تمرینات تعلیقی TRX و تمرینات اصلاحی جامع به طور معناداری موجب بهبود زاویه Q، زاویه چرخش قدامی لگن، و تعادل پویا در دانش‌آموزان دختر مبتلا به زانوی ضربدری شدند ($p < 0.05$). تأثیر تمرینات بر زاویه Q ($p = 0.003$)، $\eta^2 = 0.291$) و زاویه چرخش قدامی لگن معنادار بود ($p < 0.0001$ ، $\eta^2 = 0.451$)، اما بر تعادل پویا تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد ($p = 0.73$ ، $\eta^2 = 0.147$). همچنین، تعامل زمان و گروه برای زاویه چرخش قدامی لگن و تعادل پویا معنادار بود ($p < 0.05$)، اما برای زاویه Q معنادار نبود ($p = 0.160$). به طور کلی، تمرینات جامع اصلاحی در متغیرهای مرتبط با مکانیک زانو و لگن برتری داشت، در حالی که TRX در بهبود تعادل مؤثرتر بود.

نتیجه‌گیری: تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع به‌طور مؤثری زاویه Q، زاویه چرخش قدامی لگن، و تعادل را در دانش‌آموزان دختر مبتلا به زانوی ضربدری بهبود می‌بخشند. با این حال، تمرینات اصلاحی جامع تأثیر بیشتری بر کاهش زاویه چرخش قدامی لگن داشت، در حالی که تمرینات TRX بهبود قابل‌توجهی در تعادل پویا نشان دادند. این یافته‌ها می‌توانند مبنای طراحی برنامه‌های توانبخشی و اصلاحی برای کودکان دارای ناهنجاری زانوی ضربدری باشند.

کلمات کلیدی: زانوی ضربدری، تمرینات TRX، حرکات اصلاحی جامع، زاویه Q، تعادل، چرخش قدامی لگن

نویسنده مسئول: محمد سید احمدی، Mseyedahmadi@Velayat.ac.ir. ORCID: 0000-0001-6060-8358

آدرس: ایرانشهر- ۴ بزرگراه شهید مرادی، دانشگاه ولایت، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت بدنی

۱- استادیار آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، ایران

۲- کارشناسی ارشد آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، موسسه آموزش عالی حکیم نظامی قوچان، قوچان، ایران

۳- استادیار گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، موسسه آموزش عالی حکیم نظامی قوچان، قوچان، ایران

۴- استادیار فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

مقدمه

ژنوالگوم یا زانوی ضربدری است که در آن زانوها به سمت داخل منحرف شده و فاصله‌ای بین قوزک‌های داخلی پا ایجاد می‌شود. این وضعیت علاوه بر تغییر در راستای مکانیکی پاها و ظاهر بدن، می‌تواند منجر به مشکلاتی نظیر ضعف تعادل، کاهش قدرت عضلانی، و درد مفاصل شود که

اختلالات اسکلتی-عضلانی از مهم‌ترین مشکلات کودکان و نوجوانان به شمار می‌رود که می‌تواند عملکرد حرکتی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و کیفیت زندگی را کاهش دهد (۱). یکی از ناهنجاری‌های شایع در اندام تحتانی،

نیز کمک می‌کند (۱۲). تحقیقات نشان داده اند که تمرینات TRX می‌تواند عضلات تثبیت‌کننده مرکزی بدن را تقویت کرده و به بهبود قدرت، تعادل و انعطاف‌پذیری کمک کند (۱۳، ۱۴). همچنین، این تمرینات می‌توانند به بهبود وضعیت عضلات تثبیت‌کننده زانو و اندام تحتانی در افراد مبتلا به زانوی ضربدری کمک کنند. تمرینات TRX در گروه‌های مختلف از جمله زنان مبتلا به دیاستازیس رکتوس ابدومینیس (۱۴)، بیماران مولتیپل اسکلروزیس (۱۵)، کودکان سالم (۱۶)، ورزشکاران و افراد با مشکلات خاص، بهبود چشمگیری در تعادل، ثبات مرکزی بدن و عملکرد حرکتی نشان داده است. این تمرینات در مقایسه با روش‌های دیگر مانند تمرینات با توپ سوئیسی (۱۷) یا دستگاه‌های مقاومتی (۱۸)، نتایج مشابه یا بهتری در بهبود ثبات و تعادل بدن ایجاد کرده اند و به عنوان یک روش مؤثر برای بهبود تعادل استاتیک و دینامیک توصیه می‌شوند. همچنین تمرینات اصلاحی جامع نیز رویکردی چندبعدی و ترکیبی برای اصلاح ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی است که با تکنیک‌های مختلفی مانند کشش عضلات کوتاه، تقویت عضلات ضعیف و بازآموزی الگوهای حرکتی مناسب همراه است (۲۰، ۱۹). این نوع حرکات به بهبود هماهنگی بین عضلات مختلف بدن و افزایش پایداری مفاصل کمک می‌کند و می‌تواند به کاهش زاویه والگوس زانو و بهبود تعادل فرد کمک کند (۲۱).

این مطالعه با نوآوری در مقایسه مستقیم و جامع دو رویکرد تمرینی متفاوت، یعنی تمرینات تعلیقی TRX و تمرینات اصلاحی جامع، به بررسی تأثیر این پروتکل‌ها بر شاخص‌های بیومکانیکی کلیدی مانند زاویه چرخش قدامی لگن، زاویه Q و تعادل در دختران مبتلا به زانوی ضربدری پرداخته است. برخلاف تحقیقات پیشین که عمدتاً بر تأثیر یک نوع تمرین خاص متمرکز بوده‌اند، این مطالعه با طراحی دقیق، اثرات این تمرینات را در تعامل با زمان تحلیل کرده و به‌ویژه بر گروه سنی حساس ۸ تا ۱۲ سال تمرکز دارد، که کمتر در مطالعات گذشته مورد توجه بوده است. خلأ اصلی تحقیقات گذشته در عدم مقایسه جامع این دو نوع تمرین و نبود بررسی تعامل زمان و نوع تمرین بر شاخص‌های مکانیکی مهم نظیر زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن دیده می‌شود. این مطالعه با ارائه شواهد دقیق، فواید متعددی از جمله بهبود عملکرد حرکتی، کاهش خطر آسیب، تقویت تعادل و ثبات و پیشگیری از مشکلات آینده

در نهایت خطر آسیب‌های حرکتی را افزایش می‌دهد (۲). زانوی ضربدری با شاخص‌های بیومکانیکی مهمی مانند زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن مرتبط است؛ افزایش زاویه Q به دلیل تغییر در نیروهای کششی اطراف زانو باعث فشار نامتقارن روی کشکک می‌شود و افزایش زاویه چرخش قدامی لگن نیز فشار بیشتری بر مفاصل ران و زانو وارد می‌کند (۳). این ناهنجاری در کودکان و نوجوانان اغلب تعادل و عملکرد حرکتی را مختل کرده و خطر آسیب‌دیدگی را افزایش می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی و اصلاحی نقش مهمی در بهبود این ناهنجاری‌ها و کاهش عوارض مرتبط با آن دارند (۴-۶).

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی، زاویه چرخش قدامی لگن است که افزایش آن می‌تواند به فشار بیشتر روی مفاصل زانو منجر شود (۷). در افرادی که دچار زانوی ضربدری هستند، این تغییرات در زاویه چرخش قدامی لگن می‌تواند به تشدید انحراف زانو و افزایش فشار وارده بر مفاصل اندام تحتانی بینجامد. اصلاح این زاویه از طریق تمرینات هدفمند می‌تواند به کاهش فشارهای وارده و بهبود وضعیت حرکتی کمک کند (۷). زاویه Q زانو نیز یکی از شاخص‌های مهم بیومکانیکی است که به زاویه بین خط مستقیم از مرکز کشکک زانو تا استخوان تیبیا و خط امتداد ران اشاره دارد (۸). این زاویه در زنان معمولاً بیشتر از مردان است (۸) و افزایش آن می‌تواند منجر به ناهنجاری‌هایی نظیر والگوس زانو شود که خطر آسیب‌های مفصلی مانند پارگی رباط صلیبی قدامی را افزایش می‌دهد (۹، ۸). در دانش‌آموزان دختر زانوی ضربدری شایع‌تر است (۸) و تعادل و ثبات فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). عدم تعادل در این گروه سنی می‌تواند به مشکلات حرکتی و افزایش خطر آسیب‌های مختلف منجر شود. با این حال، اجرای تمرینات اصلاحی و تقویتی که به کاهش زاویه Q و تقویت عضلات تثبیت‌کننده کمک می‌کنند، می‌تواند نقش مهمی در بهبود تعادل و پیشگیری از آسیب‌های مرتبط با ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی داشته باشد (۱۱).

یکی از روش‌های نوین تمرینی برای تقویت عضلات تثبیت‌کننده و بهبود تعادل، تمرینات مقاومتی کلی (Total Resistance Exercises; TRX) است که به دلیل استفاده از وزن بدن فرد به عنوان مقاومت، علاوه بر تقویت عضلات در به چالش کشیدن کنترل حرکتی و تعادل

در این پژوهش، زاویه Q آزمودنی ها در حالت ایستاده و با زانو و لگن در وضعیت طبیعی اکستنشن، با استفاده از گونیامتر اندازه گیری شد (۲۳). قبل از اندازه گیری، نقاطی شامل مرکز کشکک، برجستگی درشتنی و خار خار صره قدامی فوقانی با دقت لمس و با مازیک علامت گذاری شدند. سپس خطوطی از این نقاط به سمت مرکز کشکک و برجستگی درشتنی رسم شد و زاویه تشکیل شده بین این خطوط با گونیامتر اندازه گیری گردید. مرکز گونیامتر روی کشکک قرار گرفت و یک بازو به سمت توبرزیته تیبیا (محور آناتومیک پا) و بازوی دیگر به سمت خار خار صره قدامی فوقانی (محور مکانیکی پا) هدایت شد. زاویه Q با توجه به جنسیت و سن متفاوت است؛

در زنان، میانگین زاویه Q در اندام تحتانی سمت راست $14/14 \pm 1/8$ درجه و در سمت چپ $14/97 \pm 1/1$ درجه گزارش شده است. در مردان نیز، زاویه Q در سمت راست به طور میانگین $13/1 \pm 2/2$ درجه و در سمت چپ $13/75 \pm 1/7$ درجه می باشد. افزایش زیاد زاویه Q احتمال بروز آسیب های اندام تحتانی و کمر را افزایش می دهد (۲۴). روش اندازه گیری زاویه Q از پایایی و روایی متغیری برخوردار است. پایایی درون آزمونگر (ICC: ۰/۲۲) تا ۱/۰۰ و بین آزمونگر (ICC: ۰/۲۰ تا ۰/۷۵) نشان دهنده ثبات متغیر این روش است، اما در حالت ایستاده، پایایی بین آزمونگر در برخی مطالعات به ۰/۷۲ تا ۰/۸۳ افزایش یافت (۲۵).

برای بررسی زانو ضربدری، فاصله بین قوزک های داخلی پا (Inter Malleolar Distance; IMD) در حالت ایستاده اندازه گیری شد. در این روش، آزمودنی ها به گونه ای ایستادند که زانوها و ران ها در تماس کامل قرار گیرند، و فاصله بین قوزک های داخلی پا با استفاده از خط کش ثبت شد. فاصله بیش از ۸ سانتی متر به عنوان معیار تشخیص زانو ضربدری در نظر گرفته شد و شدت این ناهنجاری در سه سطح خفیف (۸-۱۲ سانتی متر)، متوسط (۱۲-۱۶ سانتی متر) و شدید (بیش از ۱۶ سانتی متر) طبقه بندی گردید (۲۶). این روش به دلیل غیرتهاجمی بودن و برخورداری از روایی و پایایی بالا، به عنوان ابزاری دقیق در ارزیابی زاویه زانو ضربدری شناخته می شود. به عنوان مثال، پژوهش ضریب پایایی بالا ($Kappa=0/94$) را برای این روش گزارش کرده اند که نشان دهنده ثبات و اعتبار بالای آن در اندازه گیری این متغیر است (۲۷).

برای دختران مبتلا به زانوی ضربدری فراهم می کند و می تواند مبنای طراحی برنامه های توانبخشی مؤثر برای این گروه باشد. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی و مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات تعلیق TRX و تمرینات اصلاحی جامع بر بهبود شاخص های بیومکانیکی شامل زاویه چرخش قدامی لگن، زاویه Q زانو و تعادل پویا در دانش آموزان دختر مبتلا به زانوی ضربدری بود.

روش بررسی

این پژوهش به صورت نیمه تجربی طراحی شد و جامعه آماری آن شامل دانش آموزان دختر ۸ تا ۱۲ ساله ابتدایی شهرستان قوچان بود. با استفاده از روش نمونه گیری خوشه ای، چهار مدرسه به صورت تصادفی انتخاب و دانش آموزان آن ها بر اساس معیارهای ورود و خروج مشخص، غربالگری شدند. حجم نمونه بر اساس نرم افزار G Power با در نظر گرفتن اندازه اثر متوسط (۰/۲۵)، سطح معناداری ($\alpha=0/05$)، توان آزمون ($1-\beta=0/095$) و درجه آزادی ($df=2$) برابر با ۲۵۱ نفر برآورد شد. پس از غربالگری این نمونه ها، تعداد ۷۳ دانش آموز دختر مبتلا به زانوی ضربدری شناسایی شدند و از میان آن ها ۳۶ نفر به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. این دانش آموزان به سه گروه تقسیم شدند: گروه تمرینات TRX (۱۲ نفر)، گروه تمرینات اصلاحی جامع (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر). گروه های تجربی به مدت ۸ هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه به تمرین پرداختند.

معیارهای ورود شامل دختران دانش آموز ۸ تا ۱۲ سال با تشخیص قطعی زانوی ضربدری توسط متخصص، نداشتن شلی مفصلی عمومی بر اساس Beighton Score که Malek و همکاران (۲۲) از این شاخص استفاده کردند، عدم سابقه جراحی در ناحیه تنه یا اندام تحتانی، و نداشتن آسیب های ماندگار مانند تغییرات دژنراتیو مفصل زانو یا ناپایداری مچ پا بود. برای کنترل دوران قاعدگی، از شرکت کنندگان خواسته شد چرخه قاعدگی خود را گزارش دهند و تمرینات در روزهایی انجام شد که شرکت کنندگان از نظر جسمی و روانی در وضعیت مطلوبی بودند. در صورت وجود هرگونه درد یا ناراحتی مرتبط با قاعدگی، برنامه تمرینی به زمان دیگری موکول می شد. معیارهای خروج نیز شامل عدم همکاری در طول تحقیق، غیبت بیش از دو جلسه متوالی و تجربه درد در حین تمرینات بود.

غیرتهاجمی و دقیق برای ارزیابی چرخش لگن مورد استفاده قرار گرفته است (۳۷).

پروتکل تمرینات TRX

آزمودنی های گروه تمرینات TRX به مدت ۸ هفته به اجرای تمرینات مورد نظر پرداختند. این تمرینات بر اساس منابع معتبر کتب و مقالات مرتبط با تمرینات TRX و همچنین تجربه مربیگری محقق طراحی شد (۳۸، ۳۹).

پروتکل تمرینی (جدول ۱) شامل ۳ جلسه در هفته، هر جلسه به مدت ۴۵-۶۰ دقیقه بود و مدت زمان استراحت بین حرکات ۳۰ ثانیه و بین ست ها ۱۵ ثانیه تعیین شد. تمرینات این برنامه با رعایت اصل اضافه بار طراحی شده و شدت و پیچیدگی آن ها به صورت تدریجی افزایش یافت. برای مثال، حرکات از تمرینات پایه ای مانند اسکوات ساده به تمرینات پیشرفته تری نظیر اسکوات تک پا ارتقا داده شد. زمان نگهداشتن پلانک ها از ۳۰ ثانیه به ۴۵ ثانیه افزایش یافت و تمرینات چالش برانگیزی مانند لانج معلق و کرل همسترینگ به برنامه اضافه شدند. این پیشرفت تدریجی باعث سازگاری بدن با فشار بیشتر شده و بهبود قدرت، تعادل و استقامت عضلات را تسهیل کرده است.

پروتکل تمرینات اصلاحی

پروتکل تمرینات اصلاحی به این صورت اجرا شد که از آزمودنی ها خواسته شد پس از گرم کردن، در برنامه اصلی تمرینات شرکت کنند. این برنامه شامل تمرینات کششی برای عضلات کوتاه شده و تمرینات تقویتی برای عضلات ضعیف شده ناشی از ناهنجاری بود. تمرینات به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه بین ۴۵ تا ۶۰ دقیقه انجام شد (۴۰). اصل اضافه بار در این پروتکل با افزایش تدریجی شدت و پیچیدگی تمرینات در طول هشت هفته اعمال شده است. در فاز اول (چهار هفته اول)، تمرینات ساده تر و متمرکز بر کشش و تقویت عمومی عضلات بودند، در حالی که در فاز دوم (چهار هفته دوم)، تمرینات با حرکات مقاومتی و ابزارهایی مانند کفی های خاص و توپ طراحی شدند تا فشار بیشتری بر عضلات وارد شود. همچنین، حرکاتی مانند "چرخش داخلی ساق پا" با مقاومت و "فشار دادن توپ بین زانوها" باعث درگیر شدن عمیق تر عضلات شدند. این افزایش تدریجی شدت و استفاده از تنوع در حرکات، به همراه بازخورد آزمونگر، موجب اعمال مؤثر اصل اضافه بار و پیشرفت تدریجی آزمودنی ها شد (۴۱).

در این تحقیق برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون (Star Excursion Balance Test; SEBT) استفاده شد. این آزمون شامل ۸ جهت بود که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به یکدیگر روی زمین به شکل ستاره رسم شده بودند. ابتدا طول واقعی پای آزمودنی ها از خار خاصه فوقانی قدامی تا قوزک داخلی اندازه گیری شد تا داده ها نرمال سازی شوند. پس از ارائه توضیحات لازم توسط آزمونگر، هر آزمودنی شش بار این آزمون را تمرین کرد تا با روش اجرای آن آشنا شود. پای برتر آزمودنی نیز مشخص شد تا در صورت برتری پای راست، آزمون در خلاف جهت عقربه های ساعت و در صورت برتری پای چپ، در جهت عقربه های ساعت انجام شود (۲۸، ۲۹). قبل از اجرای آزمون، آزمودنی ها بدن خود را به مدت ۵ دقیقه گرم کردند که شامل دویدن نرم و کشش عضلات بود. در حین آزمون، آزمودنی ها در مرکز ستاره ایستاده، روی پای برتر قرار گرفتند و با پای دیگر به جهات تعیین شده توسط آزمونگر حرکت می کردند، بدون اینکه پای اتکا از مرکز حرکت کند یا تعادل خود را از دست بدهند. هر جهت سه بار انجام شد و میانگین نتایج ثبت گردید. سپس این نتایج بر طول پا تقسیم شده و در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا درصد دستیابی نسبت به طول پا محاسبه شود (۳۰-۳۲). آزمون SEBT از پایایی و روایی بالایی برخوردار است. مطالعات نشان داده اند که ضریب پایایی آزمون-بازآزمون این ابزار بین ۰/۸۴ تا ۰/۹۳ است که نشان دهنده تکرارپذیری بالای آن در شرایط مشابه می باشد (۳۳).

برای اندازه گیری چرخش قدامی لگن از روش Walker و همکاران (۳۴) استفاده شد. در این روش، تیلت سنج بر روی خار خاصه قدامی فوقانی و خار خاصه خلفی فوقانی از سمت راست بدن در وضعیت ایستاده و راحت قرار داده شد و زاویه مورد نظر تعیین گردید (۳۵). روش اندازه گیری چرخش قدامی لگن با تیلت سنج، بر اساس مطالعات مختلف از روایی و پایایی بالایی برخوردار است. تحقیقات نشان داده اند که این روش دارای پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر خوبی است، به طوری که ضرایب همبستگی درون کلاسی (ICC) برای پایایی بین آزمونگر بین ۰/۸۱ تا ۰/۸۸ و برای پایایی درون آزمونگر بین ۰/۸۷ تا ۰/۹۵ گزارش شده است (۳۶). علاوه بر این، این روش در مقایسه با معیارهای رادیولوژیکی همبستگی بالایی نشان داده و به عنوان یک ابزار

جدول ۱: تمرینات تعلیق TRX به مدت هشت هفته

هفته	تمرین	ست × تکرار
۱ تا ۲	اسکوات (روی پنجه بروید و بازگردید)	۱۰ × ۳
	لانچ به جلو	۱۰ × ۳
	لانچ به پهلو	۱۰ × ۳
	پلانک (آرنج)	۴۵ ثانیه × ۳
	اومگا	۱۰ × ۳
۳ تا ۴	پلانک (به پشت)	۴۵ ثانیه × ۳
	اسکوات + باز شدن ران	۱۰ × ۲
	لانچ ضربدری	۱۰ × ۲
	لانچ پهلو (شیب دار)	۱۰ × ۲
	پلانک (دست ها)	۳۰ ثانیه × ۳
۵ تا ۶	پلانک اومگا پهلو	۱۰ × ۲
	کرل همسترینگ (لگن روی زمین)	۱۰ × ۲
	اسکوات تک پا	۱۰ × ۳
	لانچ معلق	۱۰ × ۳
	لانچ بازشونده	۱۰ × ۳
۷ تا ۸	پلانک تک پا	۳۰ ثانیه × ۳
	اومگا تک پا	۱۰ × ۳
	کرل همسترینگ (لگن روی زمین)	۱۰ × ۳
	اسکوات تک پا	۱۰ × ۳
	لانچ معلق	۱۰ × ۳
	لانچ بازشونده	۱۰ × ۳
	پلانک تک پا	۴۵ ثانیه × ۳
	اومگا تک پا	۱۰ × ۳
	کرل همسترینگ (لگن روی زمین)	۱۰ × ۳

جدول ۲: تمرینات اصلاحی به مدت هشت هفته

تعداد ست × تکرار / مدت زمان	تمرین	هفته
۱۰ × ۳	۱- از آرمودنی خواسته شد در وضعیت نشسته به حالت چهار زانو، کم کم دست ها را به ران ها آورده، زانو ها را به سینه نزدیک کند و تنه را صاف و قائم نگه دارد.	۱ تا ۴
	۲- در حالت نشسته با پاهای کاملاً باز و دور از هم، یک پا را کمی بلند کرده و از خط وسط عبور دهد، سپس تلاش کند آن را به پای دیگر نزدیک کند.	
	۳- در وضعیت نشسته مانند تمرین قبل، هر دو پا را بلند کرده و به شکل قیچی از روی یکدیگر عبور دهد.	
	۴- در حالت خوابیده به پشت، دست ها را در دو طرف بدن باز کند و پاها را کاملاً صاف و کشیده نگه دارد. سپس با بلند کردن یک پا، آن را از روی بدن عبور داده و تلاش کند به پنجه دست مخالف نزدیک شود.	
	۵- در وضعیت خوابیده به پهلو، یک پا را در امتداد خط افق بالا برده و سپس به طرف پایین و عقب حرکت دهد.	
۱۰ × ۳	۶- در حالت نشسته، کف پاها را به هم بچسباند و پاشنه ها را به بدن نزدیک نگه دارد. سپس با آرامی زانو ها را به زمین نزدیک کرده و برای مدتی در این حالت باقی بماند و حرکت را تکرار کند.	۵ تا ۸
	۷- توصیه های انجام تمرین:	
	○ روی لبه خارجی پا راه برود.	
	○ از کفی هایی با لبه داخلی ضخیم تر استفاده کند.	
	○ از نشستن به حالت قورباغه ای پرهیز کند.	
۱۰ × ۳	۸- در حالت نشسته با پاهای کشیده و کاملاً باز، همراه با انقباض ایزومتریک عضلات چهارسر ران، پاها را حرکت دهد.	روزانه ۵ دقیقه
	۹- در حالت نشسته، کف پاها را به هم چسبانده و زانو ها را از هم دور کند. سپس با فشار دست ها به زانو ها و ایجاد مقاومت، تلاش کند ران ها را به هم نزدیک کند.	
	۱۰- در حالت نشسته، با زانو های خم و کف پاها روی زمین، یک توپ یا جسم انعطاف پذیر را بین زانو ها قرار داده و با فشار به آن زانو ها را به هم نزدیک کند.	
	۱۱- تمرین قبلی را با تمرکز بر کنترل فشار و حرکت تکرار کند.	
	۱۲- در حالت خوابیده به شکم، ساق پا را به سمت داخل چرخانده و زانو را خم کند. مقاومت در برابر خم کردن زانو توسط آزمونگر یا فرد دیگری اعمال شود.	

چرخش قدامی لگن در مراحل پیش آزمون ($p=0/087$) و پس آزمون ($p=0/634$) رد شد. فرض همگنی ماتریس واریانس کواریانس نیز در متغیرهای زاویه Q ($p=0/551$)، تعادل ($p=0/455$) و زاویه چرخ قدامی لگن ($p=0/529$)، به وسیله آزمون باکس (Bax's M test) تایید شد.

بر اساس نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری، مشاهده شد زمان اندازه‌گیری (پیش آزمون و پس آزمون) تأثیر معناداری بر زاویه Q، زاویه چرخش قدامی لگن و تعادل دارد ($p>0/05$)، به طوری که هر دو گروه تمرینی (جامع اصلاحی و TRX) بهبود قابل توجهی را نسبت به گروه کنترل نشان دادند. اثر گروه آزمایشی نیز بر زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن معنادار بود، اما بر تعادل تأثیر معناداری نداشت. علاوه بر این، تعامل زمان و گروه بر زاویه چرخش قدامی لگن و تعادل معنادار بود ($p>0/05$)، اما بر زاویه Q معنادار نبود. به طور کلی، تمرینات جامع اصلاحی و TRX در بهبود این متغیرها مؤثر بوده‌اند، با تأثیر بیشتر تمرینات جامع اصلاحی بر زاویه چرخش قدامی لگن (جدول ۴). نمودار ۱ تغییرات میانگین زاویه Q، نمودار ۲ تغییرات میانگین تعادل و نمودار ۳ تغییرات میانگین زاویه چرخش قدامی لگن را در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون نشان می‌دهند.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای اثر متقابل در پیش‌آزمون نشان داد که هیچ‌یک از مقایسه‌های دو به دوی گروه‌ها در متغیرهای زاویه Q، زاویه چرخش قدامی لگن و تعادل از نظر آماری معنی‌دار نبودند (تمام مقادیر p بزرگ‌تر از $0/05$ بودند). در پس‌آزمون، این آزمون نشان داد که اختلاف میانگین زاویه Q بین گروه کنترل با گروه‌های تمرینات جامع اصلاحی و تمرینات TRX معنی‌دار است، اما بین گروه تمرینات جامع اصلاحی و گروه TRX تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در بررسی زاویه چرخش قدامی لگن، نتایج نشان داد که اختلاف میانگین بین گروه کنترل با تمرینات جامع اصلاحی و همچنین گروه کنترل با تمرینات TRX از نظر آماری معنی‌دار بود، اما تفاوت قابل توجهی بین تمرینات جامع اصلاحی و TRX مشاهده نشد. همچنین، در متغیر تعادل در پس آزمون، تنها اختلاف میانگین بین گروه کنترل و تمرینات TRX معنی‌دار بود، در حالی که مقایسه‌های

با توجه به طرح پژوهش، تجزیه و تحلیل در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در سطح توصیفی از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در سطح استنباطی با توجه به طرح پژوهش از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (Repeated Measures Analysis of Variance) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni) توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و برای ارزیابی همگنی واریانس گروه‌ها از آزمون لون (Levene's Test) استفاده شد. فرضیات با سطح اطمینان ۹۵ درصد و آلفای کمتر از $0/05$ آزمون شدند.

یافته‌ها

جدول ۳ شاخص‌های آماری سن، قد و وزن آزمودنی‌ها را در گروه‌های مختلف تمرینی نشان می‌دهد. نتایج آزمون آنالیز واریانس یکطرفه تفاوت معناداری بین سه گروه در میانگین سن ($p=0/88$)، قد ($p=0/35$) و وزن ($p=0/21$)، شاخص توده بدنی ($p=0/42$)، طول پا ($p=0/60$) و زاویه زانوی ضربدری ($p=0/65$) نشان نداد.

پذیره‌های زیربنایی این مدل بررسی و نتایج به صورت زیر بدست آمد بر اساس نتایج آزمون شاپیروویلک برای گروه تمرینات اصلاحی جامع در رابطه با متغیرهای زاویه Q (پیش آزمون $p=0/556$ و پس آزمون $p=0/376$)، تعادل (پیش آزمون $p=0/221$ و پس آزمون $p=0/217$) و زاویه چرخش لگن (پیش آزمون $p=0/229$ و پس آزمون $p=0/283$) فرض نرمال بودن توزیع خطا رد نشد. همچنین نتایج آزمون شاپیروویلک برای گروه تمرینات تعلیقی TRX در رابطه با متغیرهای زاویه Q (پیش آزمون $p=0/063$ و پس آزمون $p=0/353$)، تعادل (پیش آزمون $p=0/716$ و پس آزمون $p=0/108$) و زاویه چرخش لگن (پیش آزمون $p=0/540$ و پس آزمون $p=0/927$) فرض نرمال بودن توزیع خطا رد نشد.

بر اساس نتایج آزمون لوین، فرض همگنی واریانس خطا برای زاویه Q در مراحل پیش آزمون ($p=0/078$) و پس آزمون ($p=0/084$)، برای تعادل در مراحل پیش آزمون ($p=0/683$) و پس آزمون ($p=0/355$)، و برای زاویه

جدول ۳: شاخص های آماری مربوط به آزمودنی ها

متغیر	تمرینات اصلاحی جامع انحراف معیار $\pm$ میانگین	تمرینات TRX انحراف معیار $\pm$ میانگین	کنترل انحراف معیار $\pm$ میانگین	آزمون آنالیز واریانس یکطرفه
سن (سال)	$10/25 \pm 1/35$	$10/17 \pm 1/31$	$10/08 \pm 1/33$	$F=0/15$ $p=0/88$
قد (سانتی متر)	$141/91 \pm 9/67$	$137/91 \pm 10/68$	$135/16 \pm 6/89$	$F=0/96$ $p=0/35$
وزن (کیلوگرم)	$41/58 \pm 8/39$	$37/08 \pm 8/61$	$39/25 \pm 8/01$	$F=1/30$ $p=0/21$
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	$20/6 \pm 3/2$	$19/4 \pm 2/8$	$21/2 \pm 3/5$	$F=0/87$ $p=0/42$
طول پا (سانتی متر)	$72/5 \pm 5/3$	$71/2 \pm 6/1$	$70/8 \pm 4/9$	$F=0/55$ $p=0/60$
زاویه زانو ضربدری (درجه)	$8/5 \pm 2/1$	$9/0 \pm 2/3$	$8/8 \pm 2/0$	$F=0/45$ $p=0/65$

جدول ۴: نتایج آزمون واریانس با اندازه های تکراری در سه گروه مورد مطالعه

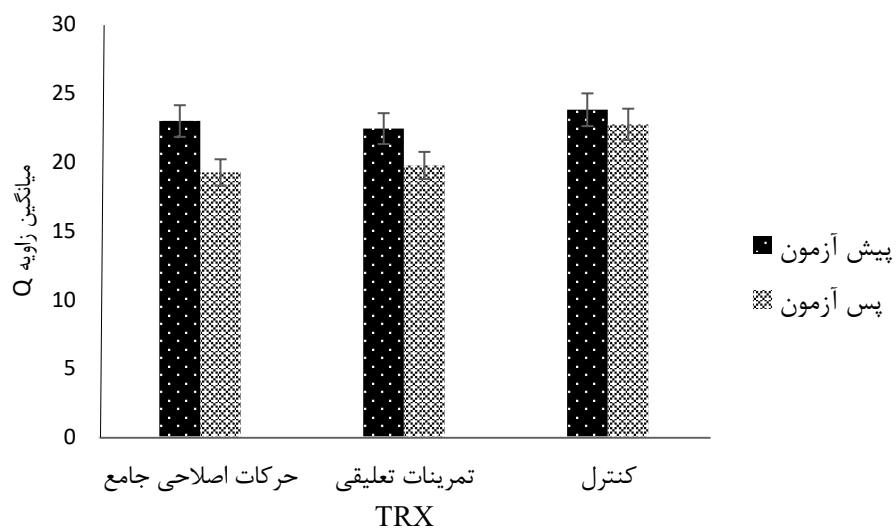
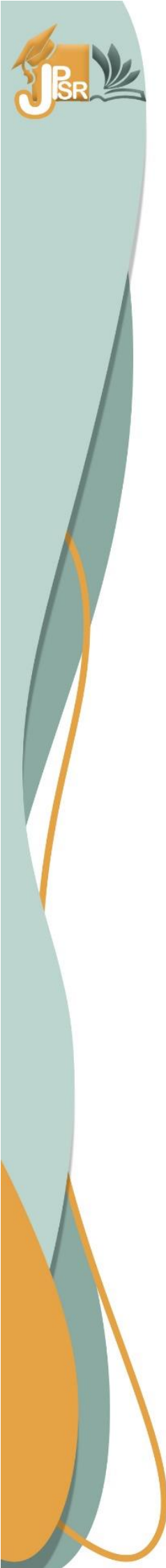
متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	زمان	گروه	اثر متقابل
زاویه Q	تمرینات اصلاحی جامع	$22/98 \pm 1/70$	$19/24 \pm 3/31$	$*p=0/001$ ($\eta^2=0/375$)	تمرینات TRX	$*p=0/003$ ($\eta^2=0/291$)
	تمرینات TRX	$22/43 \pm 1/77$	$19/75 \pm 2/44$			
	کنترل	$23/80 \pm 2/44$	$22/74 \pm 2/14$			
زاویه چرخش قدامی لگن	تمرینات اصلاحی جامع	$11/11 \pm 1/24$	$6/91 \pm 1/99$	$*p=0/001$ ($\eta^2=0/451$)	تمرینات TRX	$*p=0/001$ ($\eta^2=0/451$)
	تمرینات TRX	$10/70 \pm 1/72$	$8/24 \pm 2/38$			
	کنترل	$9/87 \pm 2/20$	$10/82 \pm 2/07$			
تعادل	تمرینات اصلاحی جامع	$82/23 \pm 6/82$	$88/79 \pm 5/27$	$*p=0/001$ ($\eta^2=0/336$)	تمرینات TRX	$*p=0/073$ ($\eta^2=0/147$)
	تمرینات TRX	$81/89 \pm 6/31$	$91/64 \pm 6/91$			
	کنترل	$85/34 \pm 8/05$	$83/75 \pm 6/59$			

سطح معناداری $p < 0/05$

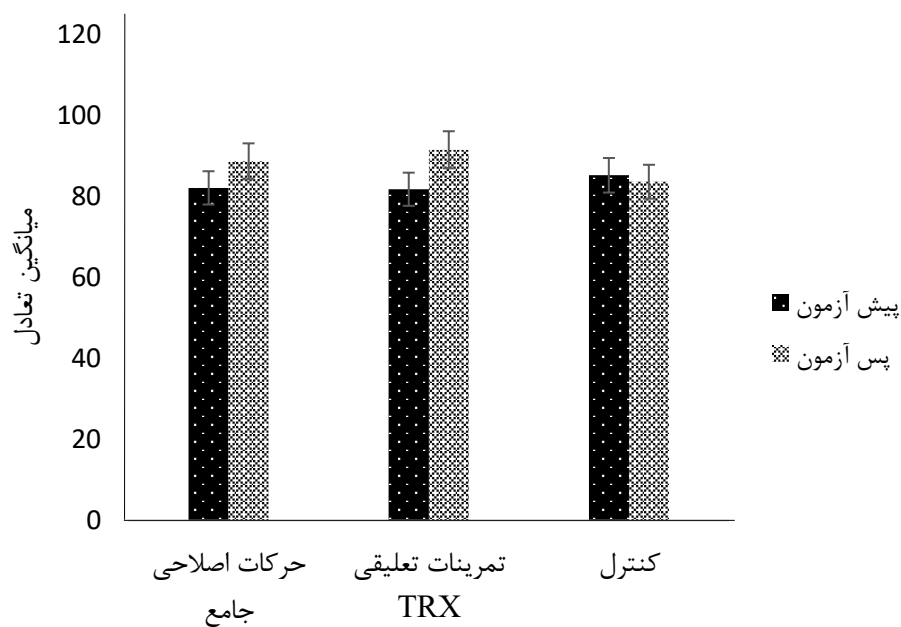
جدول ۵: نتایج آزمون تعقیبی بوئفرونی در مقایسه دو به دوی گروه های آزمایشی

زمان	متغیر	کنترل - تمرینات جامع اصلاحی اختلاف میانگین -p مقدار	تمرینات TRX - کنترل اختلاف میانگین -p مقدار	تمرینات TRX - تمرینات جامع اصلاحی اختلاف میانگین -p مقدار
پیش آزمون	زاویه Q	$0/81$	$0/976$	$0/999$
	زاویه چرخش قدامی لگن	$-1/24$	$0/285$	$0/999$
	تعادل	$3/10$	$0/875$	$0/999$
پس آزمون	زاویه Q	$3/50$	$*0/009$	$0/999$
	زاویه چرخش قدامی لگن	$3/90$	$*0/001$	$0/426$
	تعادل	$-5/04$	$0/176$	$0/829$

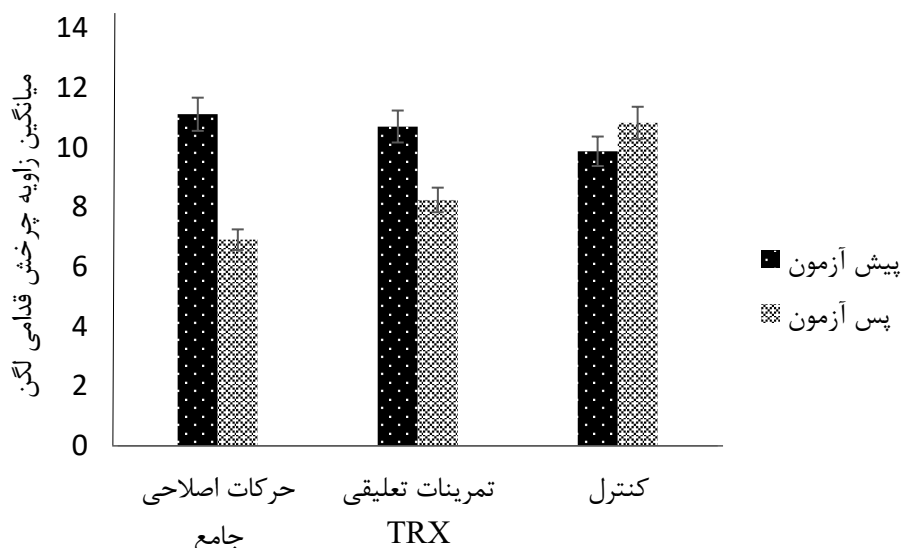
سطح معناداری $p < 0/05$



نمودار ۱: تغییرات میانگین زاویه Q در گروه های مختلف



نمودار ۲: تغییرات میانگین تعادل در گروه های مختلف



نمودار ۳: تغییرات میانگین زاویه چرخش قدامی لگن در گروه های مختلف

Bell و همکاران (۴۲) که کاهش والگوس زانو را پس از تمرینات هدفمند گزارش کردند، همخوانی دارد. همچنین، Han و همکاران (۴۳) تأثیرات مشابهی از تمرینات اصلاحی بر پایداری و کاهش زاویه Q یافتند. مطالعه de Sousa Fernandes و همکاران (۴۴) نیز به بهبود پایداری زانو و کاهش زاویه Q در ورزشکاران هندبال اشاره دارد. نتایج این پژوهش همچنین با یافته‌های جعفرنژادگرو و همکاران (۴۵) که تأثیرات مثبت اسکوات و پيلاتس بر تعادل و ناهنجاری-های زانو را نشان دادند، همخوانی دارد. این همخوانی ممکن است به دلیل استفاده از تمرینات مشابه و تمرکز بر مشکلات حرکتی یکسان باشد. Lee و همکاران (۴۶) در مطالعه ای نشان دادند که تمرینات TRX به‌طور معناداری باعث کاهش زاویه Q در ورزشکاران مبتلا به سندرم درد کشکی-رانی می شوند، اما تأثیر این تمرینات نسبت به برخی پروتکل های دیگر کمتر بود که این تفاوت می تواند به ویژگی های پروتکل های تمرینی و شرکت کنندگان مرتبط باشد.

نتایج نشان می‌دهد که تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی به‌طور قابل توجهی زاویه چرخش قدامی لگن را کاهش داده اند. برنامه های تمرینی اصلاحی باعث بهبود کینماتیک اندام تحتانی، از جمله کاهش زاویه چرخش قدامی لگن در افراد مسن مبتلا به ژنو والگوس شده‌اند (۴۷). مطالعه ای از کوروش فرد و همکاران (۴۸) نیز نشان داده است که تمرینات اصلاحی تأثیر مثبتی بر بهبود کینماتیک زانو و لگن دارند. در این پژوهش، کاهش معنادار در زاویه

دیگر، شامل گروه کنترل با تمرینات جامع اصلاحی و تمرینات جامع اصلاحی با TRX، تفاوت معنی داری نشان ندادند (جدول ۵).

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، تأثیر هشت هفته تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع بر زاویه چرخش قدامی لگن، زاویه Q زانو و تعادل در دانش آموزان دختر ۸ تا ۱۲ سال مبتلا به زانوی ضربدری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو نوع تمرین، به طور معناداری زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن را کاهش دادند و همچنین تأثیر مثبت بر تعادل دانش آموزان داشتند. تحلیل کوواریانس نیز تفاوت های معناداری را بین گروه های تمرینی در این متغیرها نشان داد. با این حال، در مقایسه بین دو نوع تمرین، تفاوت معناداری در کاهش زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن مشاهده نشد، که نشان دهنده اثر مشابه هر دو روش بر این متغیرها است. همچنین، افزایش معنادار تعادل تنها در گروه تمرینات TRX نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، در حالی که در مقایسه با تمرینات اصلاحی جامع تفاوت معناداری وجود نداشت. این یافته‌ها اهمیت استفاده از تمرینات تعلیقی و تمرینات اصلاحی را در بهبود وضعیت حرکتی و تعادل دانش آموزان دارای زانوی ضربدری تأیید می‌کند.

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع به‌طور معناداری موجب کاهش زاویه Q زانو شدند. این یافته ها با پژوهش های گذشته مانند مطالعات

نوع تمرین به میزان مشابهی در بهبود تعادل مؤثر بوده اند. یکی از محدودیت های این مطالعه، اندازه کوچک نمونه بود که می تواند توانایی کشف تفاوت های کوچک بین گروه ها را کاهش دهد. تمرکز صرف بر دانش آموزان دختر ۸ تا ۱۲ ساله نیز تعمیم نتایج به سایر جمعیت ها را محدود کرده است. علاوه بر این، عدم بررسی متغیرهای ثانویه ای مانند قدرت عضلانی، دامنه حرکتی مفاصل، و تغییرات روانی مرتبط با تمرینات، تحلیل جامع تر نتایج را دشوار ساخته است. از دیگر نقاط ضعف این پژوهش، نبود پیگیری بلندمدت پس از اتمام دوره تمرینات است که تأثیرات بلندمدت تمرینات بر متغیرهای بیومکانیکی را نامشخص باقی گذاشته است. برای رفع این محدودیت ها، پیشنهاد می شود مطالعات آینده از نمونه های بزرگ تر و متنوع تری استفاده کنند تا تعمیم پذیری نتایج افزایش یابد. بهره گیری از جمعیت های شامل جنسیت ها و گروه های سنی مختلف می تواند امکان بررسی مقایسه ای جامع تر اثرات تمرینات را فراهم کند. همچنین، طراحی پژوهش های طولانی مدت همراه با دوره های پیگیری برای ارزیابی پایداری نتایج ضروری است. استفاده از فناوری های پیشرفته نظیر تصویربرداری حرکتی سه بعدی یا ارزیابی کینماتیکی نیز می تواند دقت تحلیل ها را بهبود بخشد. با این حال، یافته های این تحقیق می تواند به مربیان ورزشی و متخصصان توانبخشی کمک کند تا برنامه های تمرینی مؤثری برای بهبود وضعیت پاسچرال و کاهش ناهنجاری های زانو و لگن در دانش آموزان طراحی کنند. تمرینات TRX به دلیل تأثیر مثبت بر تقویت عضلات محوری و بهبود تعادل، می توانند در برنامه های پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد حرکتی به کار گرفته شوند. تمرینات اصلاحی جامع نیز ابزار مناسبی برای کاهش ناهنجاری های بیومکانیکی و افزایش پایداری مفاصل هستند. این نتایج تأکید می کند که هر دو نوع تمرین می توانند در بهبود وضعیت حرکتی دانش آموزان مبتلا به زانوی ضربدری مؤثر باشند و راهنمایی ارزشمند برای طراحی برنامه های توان بخشی آینده ارائه دهند.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو نوع تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع توانستند به طور معناداری زاویه Q، زاویه چرخش قدامی لگن و تعادل دانش آموزان مبتلا به زانوی ضربدری را بهبود بخشند. هرچند تفاوت معناداری بین این دو روش در متغیرها مشاهده نشد، اما هر دو رویکرد به طور مشابهی در بهبود

چرخش قدامی لگن مشاهده شده که با نتایج تحقیقات گذشته همخوانی دارد. دلیل این همخوانی را می توان به تمرکز این تمرینات بر تقویت عضلات مرکزی و بهبود کنترل عصبی-عضلانی نسبت داد که در بهبود وضعیت لگن و زانو مؤثر است. همچنین، Clark و Lucett (۴۹) در مطالعه ای بر پروتکل های تمرینی آکادمی ملی طب ورزش آمریکا (National Academy of Sports Medicine; NASM) نشان داده اند که تمرینات اصلاحی می توانند به بهبود ناهنجاری های لگن و زانو کمک کنند. این نتایج تأیید می کنند که تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع قادر به کاهش ناهنجاری های حرکتی و بهبود عملکرد عصبی-عضلانی هستند.

یکی دیگر از نکات قابل توجه در این تحقیق، عدم تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی TRX و تمرینات اصلاحی جامع در کاهش زاویه Q و زاویه چرخش قدامی لگن است. این نتیجه ممکن است به دلیل ویژگی های مشترک این دو نوع تمرین باشد. هر دو رویکرد تمرینی بر تقویت عضلات تثبیت کننده مرکزی و بهبود کنترل عصبی-عضلانی تأکید دارند که منجر به بهبود کلی الگوهای حرکتی و کاهش ناهنجاری های اسکلتی می شود. سعادتیان و همکاران (۵۰) نیز نشان دادند که تمرینات TRX به بهبود حس عمقی و وضعیت مفاصل کمک می کند، که می تواند یکی از دلایل همخوانی این نتایج باشد.

نتایج نشان داد که تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی به طور معناداری تعادل دانش آموزان را بهبود داده اند، که این نتیجه با مطالعات پیشین سازگاری دارد. اصلانی و همکاران (۳۸)، در پژوهشی تأثیر تمرینات TRX و هاپینگ را بر تعادل و ثبات ورزشکاران بررسی کرده و به نتایج مشابهی دست یافتند. تمرینات TRX که بر تقویت عضلات محوری و مرکزی تمرکز دارند، بهبود تعادل را تسهیل می کنند، که در این پژوهش نیز تأیید شد. با این حال، برخی تحقیقات نشان می دهند که انواع خاصی از تمرینات ممکن است تأثیر بیشتری بر برخی متغیرها داشته باشند. به عنوان مثال، در پژوهش روزگار و همکاران (۵۱)، تمرینات TRX به طور معناداری تعادل پویا و قدرت عضلات را در زنان مبتلا به ام اس بهبود بخشید. این امر با توجه به ویژگی های تمرینات TRX که سیستم تعادلی و عضلات محوری را به چالش می کشند، قابل توجیه است. با این وجود، در متغیر تعادل، تفاوت معناداری بین تمرینات TRX و تمرینات اصلاحی جامع مشاهده نشد، که نشان می دهد هر دو

منابع

1. Barros WMA, da Silva KG, Silva RKP, Souza A, et al. Effects of Overweight/Obesity on Motor Performance in Children: A Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2021; 12: 759165.
2. Ahrend MD, Baumgartner H, Ihle C, Histing T, et al. Influence of axial limb rotation on radiographic lower limb alignment: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022; 142(11): 3349-3366.
3. Emamvirdi M, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. The Effect of Valgus Control Instruction Exercises on Pain, Strength, and Functionality in Active Females With Patellofemoral Pain Syndrome. *Sports Health*. 2019; 11(3): 223-237.
4. Bagherian S, Rahnama N, Wikstrom EA. Corrective Exercises Improve Movement Efficiency and Sensorimotor Function but Not Fatigue Sensitivity in Chronic Ankle Instability Patients: A Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med* 2019; 29(3): 193-202.
5. Campa F, Spiga F, Toselli S. The Effect of a 20-Week Corrective Exercise Program on Functional Movement Patterns in Youth Elite Male Soccer Players. *J Sport Rehabil* 2019; 28(7): 746-751.
6. Chen J, Zhang C, Chen S, Zhao Y. Effects of functional correction training on injury risk of athletes: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ* 2021; 9:e11089.
7. Guggenberger B, Horsak B, Habersack A, Smith C, Svehlik M, Kainz H. Internal lower limb rotation increases patella cartilage pressure in individuals with patellofemoral instability. *Gait & Posture* 2023; 106: S71-S72.
8. Khasawneh RR, Allouh MZ, Abu-El-Rub E. Measurement of the quadriceps (Q) angle with respect to various body parameters in young Arab population. *PLoS One* 2019; 14(6): e0218387.
9. Chaudhary S, Jain SK, Sharma N, Bhatnagar S. Analysis of Predictors Affecting Biomechanical Function of the Knee Joint and Its Relation to Anterior Knee Pain. *Cureus* 2022; 14(1): e21305.

وضعیت جسمانی و کاهش ناهنجاری ها موثر بودند. این نتایج با بسیاری از مطالعات گذشته همخوانی داشته و نشان می‌دهد که تمرینات اصلاحی و تعلیقی می‌توانند نقش مؤثری در بهبود وضعیت حرکتی و پیشگیری از ناهنجاری های اسکلتی-عضلانی در کودکان داشته باشند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از تمامی دانش‌آموزان دختر شهر قوچان و والدین‌شان که در این پژوهش همکاری و مشارکت کردند، صمیمانه قدردانی کنند و از خداوند بزرگ برای این عزیزان سلامتی و موفقیت روزافزون خواستارند.

پیش از اجرای پژوهش، رضایت آگاهانه از والدین محترم دانش‌آموزان شرکت‌کننده در مطالعه اخذ گردید. این پژوهش با رعایت کامل اصول اخلاقی و پس از اخذ تأییدیه از کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی با کد IR.SSRC.REC.1403.079 و مطابق با اعلامیه هلسینکی به انجام رسید.

نقش نویسندگان

محمد سیداحمدی (نویسنده اول و مسئول): مسئول طراحی و ایده پردازی پژوهش، تحلیل داده ها، نگارش اولیه، ویرایش نهایی، تأیید نهایی و ارسال مقاله به مجله. ملیحه هاشمی: گردآوری داده ها و اجرای عملی. کریم خلّاقی: در طراحی و ایده‌پردازی، نظارت بر فرآیند اجرای پژوهش، و همچنین بازبینی و اصلاح مقاله. ملیحه اردکانی‌زاده: نیز در تحلیل داده ها، بازبینی، اصلاح و تأیید نهایی مقاله.

منابع مالی

بدین وسیله اعلام می‌گردد که پژوهش حاضر بدون دریافت هیچ گونه حمایت مالی از سوی نهاد یا سازمان خاصی صورت گرفته است.

تعارض منافع

در این پژوهش، هیچ تضاد منفعی بین نویسندگان وجود ندارد.

10. Samaei A, Bakhtiary AH, Elham F, Rezasoltani A. Effects of genu varum deformity on postural stability. *Int J Sports Med* 2012; 33(6): 469-473.
11. Moon HJ, Choi KH, Kim DH, Kim HJ, et al. Effect of lumbar stabilization and dynamic lumbar strengthening exercises in patients with chronic low back pain. *Ann Rehabil Med* 2013; 37(1): 110-117.
12. Tinto A, Campanella M, Fasano M. Core strengthening and synchronized swimming: TRX® suspension training in young female athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2017; 57(6): 744-751.
13. Aram S, Khodaei K, Zolfaghar Didani M. The effect of low-intensity suspension training with blood flow restriction on GH, IGF-1, and their association with physical fitness in young women. *Physiol Rep* 2024; 12(15): e16154.
14. Yalfani A, Bigdeli N, Gandomi F. Comparing the effects of suspension and isometric-isotonic training on postural stability, lumbopelvic control, and proprioception in women with diastasis recti abdominis: a randomized, single-blinded, controlled trial. *Physiother Theory Pract* 2023; 39(12): 2596-608.
15. Marjani F, Rahnema N, Etemadifar M, Shoaie M. Comparison of the Effect of Selected Exercises with TRX and Aerofitness on Balance and Proprioception in Patients with Multiple sclerosis. *J Ilam Univ Med Sci* 2022; 30(1): 42-54.
16. Barzegari M, Shojaedin S, Karimi Z. The Effect of a 4-Week Suspension Training With Total Resistance Exercises on Performance and Balance in Healthy Children. *PTJ* 2019; 9(4): 235-242.
17. Heydari R, Sahebozamani M, Karimi Afshar F. Comparison of the effects of core stability exercises on swissball and trx on core stability and balance of women with non-specific chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Daneshvar Medicine* 2021; 28(6): 49-63.
18. Kim YJ, Choi MY, Ha GC. Effects of Suspension Training on Core Stability and Functional Movement Screen Scores in Healthy Adult Men. *Asian J Kinesiol* 2023; 25(4): 60-67.
19. Bayattork M, Seidi F, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. The effectiveness of a comprehensive corrective exercises program and subsequent detraining on alignment, muscle activation, and movement pattern in men with upper crossed syndrome: protocol for a parallel-group randomized controlled trial. *Trials* 2020; 21(1): 255.
20. Seidi F, Bayattork M, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. Comprehensive corrective exercise program improves alignment, muscle activation and movement pattern of men with upper crossed syndrome: randomized controlled trial. *Sci Rep* 2020; 10(1): 20688.
21. Sahabuddin FNA, Jamaludin NI, Amir NH, Shaharudin S. The effects of hip- and ankle-focused exercise intervention on dynamic knee valgus: a systematic review. *PeerJ* 2021; 9: e11731.
22. Malek S, Reinhold EJ, Pearce GS. The Beighton Score as a measure of generalised joint hypermobility. *Rheumatology international* 2021; 41(10): 1707-1716.
23. Daneshmandi H, Alizadeh MH, Moghadasi M, Mehrzad M. Evaluation of normal knee alignment and its relationship with some effective factors in professional athletes. *Olympic* 2006; 33(14): 41-50.
24. de la Cruz-Márquez JC, Cueto-Martín B, de la Cruz-Campos JC, de la Cruz-Campos A. Injury prediction in volleyball players. *Br J Sports Med* 2011; 45(6): 545-555.
25. Greene CC, Edwards TB, Wade MR, Carson EW. Reliability of the quadriceps angle measurement. *Am J Knee Surg* 2001; 14(2): 97-103.
26. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E. Genu Valgum and Flat Feet in Children With Healthy and Excessive Body Weight. *Pediatr Phys Ther* 2016; 28(2): 200-206.
27. Ciaccia MCC, Pinto CN, Golfieri FDC, Machado TF, et al. Prevalence of Genu Valgum in Public Elementary Schools in the City of Santos (Sp), Brazil. *Rev Paul Pediatr* 2017; 35(4): 443-447.
28. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in physical education and exercise science* 2003; 7(2): 89-100.

29. Kinzey SJ, Armstrong CW. The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998; 27(5): 356-360.
30. Gribble PA, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2003; 7(2): 89-100.
31. Kinzey SJ, Armstrong CW. The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998; 27(5): 356-360.
32. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train* 2002; 37(4): 501-506.
33. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36(12): 911-919.
34. Walker ML, Rothstein JM, Finucane SD, Lamb RL. Relationships between lumbar lordosis, pelvic tilt, and abdominal muscle performance. *Phys Ther* 1987; 67(4): 512-516.
35. Naseri N, Fakhari Z, Senobari M, Jalaei S, Banejad M. The relationship between pelvic tilt and lumbar lordosis with muscle tightness, and muscle strength in healthy female subjects. *MRJ* 2010; 3(3): 48-55.
36. Beardsley C, Egerton T, Skinner B. Test-re-test reliability and inter-rater reliability of a digital pelvic inclinometer in young, healthy males and females. *PeerJ* 2016; 4: e1881.
37. Prushansky T, Ezra N, Kurse N, Man L, Schneiderman Y. Reproducibility of sagittal pelvic tilt measurements in normal subjects using digital inclinometry. *Gait Posture* 2008; 28(3): 513-516.
38. Aslani M, Minoonejad H, Rajabi R. Comparing the Effect of TRX Exercise and Hoping on Balance in Male University Student Athletes. *PTJ* 2018; 7(4): 241-250.
39. Dawes J. Complete guide to TRX suspension training: Human Kinetics; 2017.
40. Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines: Elsevier Health Sciences; 2010.
41. Shahrokhi H, Mehrabian H, Abdollahi Natanzi N. The effect of two kind of the current and NASM corrective exercises on the dynamic Q angle and position sense in girl students with Genu Valgum. *Journal for Research in Sport Rehabilitation* 2020; 8(15): 55-66.
42. Bell DR, Oates DC, Clark MA, Padua DA. Two- and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. *J Athl Train* 2013; 48(4): 442-449.
43. Han S-M, Lee K-K, Ha S, Sohn J-H. The effects of correction exercise on hip joint angle, Q angle, and the distance between knees of genu varum patients. *J Korean Acad Kinesiol* 2011; 13(1): 83-90.
44. de Sousa Fernandes MV, Carvalho SR, dos Santos Costa W, De Avelar IS, et al. Effects of neuromuscular exercises on q-angle, knee joint stability and ankle mobility of handball athletes. *Man Ther Posturology Rehabil J* 2019: 1-7.
45. Jafarnezhadgero AA, Majlesi M, Etemadi H, Robertson DGE. Rehabilitation improves walking kinematics in children with a knee varus: Randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med* 2018; 61(3): 125-134.
46. Lee J, Lee H, Lee W. Effect of Weight-bearing Therapeutic Exercise on the Q-angle and Muscle Activity Onset Times of Elite Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Phys Ther Sci* 2014; 26(7): 989-992.
47. 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 *J Aging Phys Act*. 2019; 27(1): 9-17.
48. Koorosh-fard N, Ali-Zadeh Mh, Rajabi R, Shirzad E. Effect of Feedback Corrective Exercise on Knee Valgus and Electromyographic Activity of Lower Limb Muscles in Single Leg Squat. *jrehab* 2015; 16(2): 138-147.

49. Clark M, Lucett S. NASM essentials of corrective exercise training: Lippincott Williams & Wilkins. 2010.
50. Saadatian A, Sahebozamani M, Karimi MT, Sadegi M, Amiri Khorasani MT. The Effect of 8-Week Total Body Resistant Suspension Exercises on Shoulder Joint Proprioception in Overhead Athletes with Impingement Syndrome: A Randomized Clinical Trial Study. JRUMS 2019; 17(12): 1095-1106.
51. Roozegar N, Daneshjoo A, Divkan B. Effect of Eight Weeks of TRX Training on Balance, Fatigue, Muscle Strength, and Speed in Women with Multiple Sclerosis. Sci J Rehabil Med 2020; 9(1): 63-73.