

Research Paper



The Effects of TRX-Based Movement Pattern Correction Exercises on the Landing Biomechanics and Balance of Female Volleyball Players Susceptible to Knee Injuries

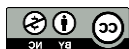
*Mohammad Kalantariyan¹, Niloufar Rahmani², Hadi Samadi¹

1. Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
2. Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.



Citation: Kalantariyan M, Rahmani N, Samadi H. The Effects of TRX-Based Movement Pattern Correction Exercises on the Landing Biomechanics and Balance of Female Volleyball Players Susceptible to Knee Injuries (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2023;9(2):112-127. <https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.2.375.1>

<https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.2.375.1>



Article Info:

Received: 20 July 2023

Accepted: 10 Nov 2023

Available Online: 16 Nov 2023

Keywords:

Movement pattern, TRX exercises, Prevention, Landing biomechanics, Balance, Volleyball player

ABSTRACT

Objective Movement pattern correction exercises using TRX are a novel approach that has recently attracted the attention of researchers. Therefore, the purpose of this research is to investigate the effect of movement pattern correction exercises using TRX on the landing biomechanics and balance of female volleyball players prone to knee injuries.

Methods Twenty female volleyball players prone to knee injuries were selected based on specific criteria and split into two groups: one practiced TRX-based movement correction exercises, while the other served as the control. Initial assessments included anthropometric measurements, static/dynamic balance, and landing biomechanics using various tests. The training group underwent exercises three times a week for six weeks, while the control refrained from impactful sports activities. All participants continued their volleyball routines. Post-training, the same assessments were conducted, and statistical analyses were performed using paired t-tests and analysis of covariance to evaluate the results.

Results The paired t-test results showed that the static and dynamic balance and landing mechanics of the subjects in the experimental group improved significantly in the post-test stage compared to the pre-test ($p < 0.05$), while there was no significant difference in the investigated variables in the control group ($p \leq 0.05$). Additionally, the results of the analysis of covariance showed a significant difference in the scores of the balance and landing error variables between the two groups in the post-test phase ($p < 0.05$).

Conclusion Improving balance and increasing a person's ability to control the movements of the trunk and knee joint during landing can probably occur due to the improvement in the performance of the core stabilizer muscles of the body. Therefore, the use of movement pattern correction exercises using TRX can be considered an effective approach to prevent knee injuries in susceptible female volleyball players.

*** Corresponding Author:**

Mohammad Kalantariyan

Address: Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 8316168

E-mail: m.kalantar@sru.ac.ir

Extended Abstract

1. Introduction

Volleyball athletes are more susceptible to knee joint injuries than others due to their movement patterns, including jumping, landing, and side-cutting movements (2). Research indicates that incorrect biomechanics during functional tasks such as jump-landing are significant contributors to knee joint injuries (3). Therefore, it is crucial to accurately control the alignment of the lower body and trunk during landing. Additionally, the lack of balance control is identified as another risk factor for knee injuries (8, 2). Recently, researchers have recognized the importance of preventing skeletal-muscular injuries by correcting improper movement patterns using sports exercises that provide simultaneous feedback (12). Given its functionality, TRX exercises can simulate many key movements in volleyball and also position athletes in scenarios that mimic the primary mechanisms of knee joint injuries (2).

Furthermore, previous research has not sufficiently addressed injury prevention among female volleyball players, who represent valuable human capital for the country. Therefore, the purpose of this study is to investigate the impact of movement pattern correction exercises using TRX on the landing biomechanics and balance of female volleyball players prone to knee injuries.

2. Methods

The present research is semi-experimental due to the intervention and targeted selection of subjects. The statistical population for this study consists of all teenage girl volleyball players from schools in the 7th district of Tehran. The statistical sample was determined to be 24 individuals using G-power software, with a power of 0.85, a significance level of 0.05, and an effect size of 0.5. The research sampling method is purposeful and accessible. In the initial stage, the tuck-jump test was employed to identify athletes prone to knee injuries. Once the girl volleyball athletes predisposed to knee injuries were identified, they were randomly divided into two groups of 12 people each – a training group and a control group. The athletes were then instructed to undergo measurements based on a schedule and according to individual preferences. The initial measurement session included the assessment of anthropometric characteristics, the Landing Error Scoring System (LESS) test, and static and dynamic balance tests. Stork's test, utilized for evaluating static balance, has been reported to have good reliability (0.66) by Farhadi, citing Rossiter (21). The Y dynamic balance test, known for its high reliability (ICC = 0.80 - 0.93), was used to assess the balance of the subjects (20). Landing biomechanics were evaluated using the Landing Error Scoring System test.

Following the completion of the pre-test phase, the subjects in the training group engaged in TRX exercises for 6 weeks, receiving feedback on correcting movement patterns. The TRX training program included selected exercises performed three times a week for 6 weeks, with each session lasting between 20-25 minutes. The exercises took place in the sports class of the schools under the full supervision of the researcher, who is also the sports secretary and a TRX trainer. Immediately after the 6-week training period, all participants from both groups returned to the gym for post-test measurements, where all measurements conducted in the pre-test session were repeated. The research findings between the two groups in the post-test stage were evaluated using paired t-tests for intra-group changes and covariance analysis tests.

3. Results

Examining the intra-group results of the paired t-test reveals a significant improvement over time in the variables of static and dynamic balance, as well as the LESS score, for the subjects in the experimental group during the post-test phase compared to the pre-test ($p < 0.05$). Conversely, in the control group, there was no observable change in any of the mentioned variables in the post-test compared to the pre-test ($p > 0.05$).

The results of covariance analysis, after controlling for the pre-test effect as a covariate, demonstrate a significant difference in the variables of static and dynamic balance, along with LESS scores, between the experimental and control groups in the post-test ($p < 0.05$).

4. Conclusion

The results of the research indicate that engaging in movement pattern correction exercises using TRX for 6 weeks led to improvements in static and dynamic balance, as well as a reduction in landing error scores among the subjects in the experimental group. Providing simultaneous feedback to correct improper techniques in using the lower limbs during functional tasks likely enhanced the coordination of the neuromuscular system, potentially increasing muscle tension and joint stability (12). Consequently, heightened sensory awareness contributed to improved motor control, reducing the likelihood of executing traumatic movements during sports activities (14). One notable feature of TRX exercises is their effective activation of core stabilizer muscles. This activation enhances the athlete's ability to control the trunk, subsequently ensuring proper control of the lower limbs, especially during landing. Movement pattern correction exercises with TRX can significantly mitigate the risk of performing traumatic movements with unnatural joint alignment (2).

In conclusion, based on the results of the present research, it can be asserted that incorporating movement pattern correction exercises using TRX offers a viable solution for enhancing the balance and biomechanics of landing in volleyball players prone to injury. Therefore, it is recommended for coaches and athletes in the field of volleyball to integrate this training method with the goal of preventing anterior cruciate ligament injuries.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation, and they were also assured about the confidentiality of their information. Moreover, they were allowed to leave the study whenever they wished, and if desired, the results of the research would be made available to them.

Funding

This research did not receive any grants from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX بر بیومکانیک فرود و تعادل دختران والیبالیست مستعد آسیب‌های زانو

*محمد کلاتریان^۱، نیلوفر رحمانی^۲، هادی صمدی^۱

۱. گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

۲. گروه آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

هدف بیومکانیک ناصحیح و همچنین نقص در تعادل به هنگام انجام تکالیف عملکردی نظیر فرود، می‌تواند به میزان زیادی دختران والیبالیست را مستعد آسیب کند. تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX رویکردی نوین است که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX بر بیومکانیک فرود و تعادل دختران والیبالیست مستعد آسیب‌های زانو می‌باشد.

روش‌ها تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی می‌باشد. تعداد ۲۴ دختر والیبالیست مستعد آسیب زانو به صورت هدفمند انتخاب شدند. سپس به صورت تصادفی به دو گروه تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX و کنترل تقسیم شدند. در مرحله پیش‌آزمون، متغیرهای آنتروپومتریک و همچنین تعادل ایستا و پویا و بیومکانیک فرود مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آن آزمودنی‌های گروه تمرینی به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته به انجام تمرینات مربوط به خود پرداختند. پس از اتمام ۶ هفته تمرینات، تمامی اندازه‌گیری‌های مرحله پیش-آزمون مجدداً در مرحله پس‌آزمون تکرار شد. از آزمون‌های آماری تی زوجی و تحلیل کوواریانس جهت تجزیه و تحلیل آماری یافته‌های تحقیق استفاده شد.

یافته‌ها نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که تعادل ایستا و پویا و مکانیک فرود آزمودنی‌های گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بهبود معنی‌داری داشته است ($p < 0.05$). در حالی که تفاوت معنی‌داری در متغیرهای مورد بررسی در گروه کنترل مشاهده نشد ($p \geq 0.05$). همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که امتیاز متغیرهای تعادل و خطای فرود بین دو گروه تحقیق در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری بهبود تعادل و افزایش توانایی فرد بر کنترل حرکات تنه و مفصل زانو به هنگام فرود، احتمالاً می‌تواند به دلیل بهبود عملکرد عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن رخ داشته باشد؛ بنابراین استفاده از تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX می‌تواند به‌عنوان رویکردی اثرگذار در جهت پیشگیری از ابتلا به آسیب‌های زانو در دختران والیبالیست مستعد آسیب در نظر گرفته شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۹ تیر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۹ آبان ۱۴۰۲

تاریخ انتشار: ۲۵ آبان ۱۴۰۲

کلید واژه‌ها:

الگوی حرکت، تمرینات تعلیقی، پیشگیری، بیومکانیک فرود، تعادل، بازیکن والیبالیست

*نویسنده مسئول:

محمد کلاتریان

آدرس: گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

تلفن: ۸۳۶۱۶۸ (۹۱۲) ۰۹۸+

ایمیل: m.kalantar@sru.ac.ir

مقدمه

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که عمده آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در ناحیه اندام تحتانی رخ می‌دهند (۱). در این میان ورزشکاران رشته والیبال، به دلیل نوع الگوهای حرکتی خود از جمله پرش و فرود و همچنین حرکات برشی به پهلو، بیشتر از سایرین در معرض آسیب‌های مفصل زانو قرار دارند. به طوری که نزدیک به ۲۵ درصد آسیب‌های والیبال را آسیب‌های مفصل زانو تشکیل می‌دهند (۲). نتایج نشان می‌دهد که الگوهای حرکتی ناصحیح به هنگام اجرای تکالیف عملکردی همچون پرش و فرود، از جمله دلایل اصلی بروز آسیب در مفصل زانو می‌باشد (۳). عدم توانایی در کنترل مفصل زانو بخصوص در هنگام فرود و ایجاد الگوی کلاپس والگوس، مکانیسم اصلی بروز آسیب در این مفصل می‌باشد (۲).

فرود از یک پرش، مکانیسم رایج آسیب ساختارهای غیرفعال مفصل زانو از جمله رباط صلیبی قدامی در میان ورزشکاران رشته والیبال و بخصوص زنان مطرح شده است (۴، ۵). اجرای یک حرکت فرود صحیح و کم خطا متعاقب پرش، مستلزم توزیع نیروی حرکتی تولید شده در هنگام فرود نهایی و استفاده از الگوهای حرکتی گوناگون به منظور جذب انرژی بدن در هنگام فرود است (۴). این فرودها به تولید نیروی عکس‌العمل زمین منجر می‌شوند که گاهی اوقات تا پنج برابر وزن بدن فرد است (۶). تحقیقات گسترده‌ای فرود توأم با نیروهای ضربه‌ای زیاد را عاملی خطرزا برای آسیب زانو به خصوص پارگی رباط صلیبی قدامی معرفی کرده‌اند (۲). مطالعات متعددی مبین این نکته‌اند که مکانیک فرود و الگوهای مختلف فرود چگونگی جذب این نیروها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۶). یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش زاویه فلکشن زانو در لحظه برخورد نخست پا با زمین می‌تواند نیروهای ضربه‌ای و بار وارده بر زانو را طی حرکات فرود کاهش دهد؛ برخلاف آن، کاهش میزان فلکشن در مفاصل اندام تحتانی و همچنین عدم توانایی ورزشکار در کنترل حرکات تنه به هنگام فرود، احتمال ایجاد والگوس یا وضعیت نزدیک شده زانو در هنگام فرود را افزایش داده و با آسیب‌های گوناگون زانو از جمله آسیب رباط صلیبی قدامی مرتبط است (۷)؛ بنابراین کنترل صحیح راستای اندام تحتانی و تنه که در واقع بیومکانیک صحیح بدن به هنگام فرود پس از اجرای یک پرش را به دنبال دارد، بسیار مهم می‌باشد.

از سوی دیگر از دیگر عوامل خطرزای آسیب زانو، نقص در کنترل تعادل می‌باشد (۸، ۲). این موضوع در ورزشکاران رشته والیبال به دلیل تنوع حرکتی و همچنین اجرای حرکات با ریسک بالا از جمله پرش و فرود و جابجایی‌های سریع بدن، از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشد (۹)؛ گزارش شده است ورزشکارانی که دچار نقص در تعادل می‌باشند، تا چند برابر بیشتر از سایر ورزشکاران ریسک ابتلا به آسیب‌های اندام تحتانی را متحمل می‌شوند (۱۰). بنابراین به منظور پیشگیری از بروز آسیب مفصل زانو و بخصوص رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران رشته والیبال، ارزیابی متغیرهای مؤثر بر بروز آسیب مفصل زانو از جمله بیومکانیک فرود و تعادل، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (۱۱).

اخیراً محققین به اهمیت پیشگیری از بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی از طریق اصلاح الگوهای حرکتی ناصحیح با استفاده از تمرینات ورزشی که قابلیت ارائه بازخورد هم‌زمان را نیز دارند، پی برده‌اند (۱۲). ارائه بازخورد دیداری و شنیداری در حین اجرای تکالیف ورزشی راهکاری مناسب برای بازآموزی الگوهای حرکتی صحیح بوده و می‌تواند ریسک اجرای حرکات ناصحیح را کاهش دهد (۱۲). ارائه بازخورد، هم‌زمان با اجرای تکالیف ورزشی که با هدف بهبود الگوی حرکتی ورزشکار مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌عنوان رویکردی اثرگذار در اصلاح بیومکانیک حرکتی حین انجام فعالیت‌های خاص ورزشی به کار برده می‌شود (۱۳). این تکنیک شامل اصلاح الگوی حرکت به وسیله مشاهده و یا بازخورد شنیداری است. ارائه بازخورد و به دنبال آن اصلاح الگوی حرکتی ورزشکار، از جمله روش‌هایی هستند که در برنامه‌های پیشگیری از آسیب مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۲). در همین زمینه اریکسن و همکاران (۱۳) با بررسی تأثیر ارائه بازخورد بر کینماتیک و کینتیک اندام تحتانی به هنگام اجرای تکالیف پرش و فرود، گزارش کردند که ارائه

بازخورد به هنگام اجرای تکالیف عملکردی، علاوه بر افزایش زوایای فلکشن ران و زانو، کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین را نیز به هنگام اجرای فرود، موجب می‌شود (۱۳). همچنین دولینگ و همکاران نیز بهبود بیومکانیک فرود را به هنگام استفاده از دستگاه بازخورد، گزارش کردند (۱۴). الموتی و لطافت‌کار (۱۲) نیز بهبود تعادل، حس عمقی و عملکرد دختران ورزشکار را به دنبال انجام یک دوره تمرینات اصلاح الگوی حرکتی گزارش کردند (۱۲).

تمرینات TRX با توجه به عملکردی بودن، می‌تواند بسیاری از حرکات اصلی رشته والیبال را شبیه‌سازی کند و همچنین این قابلیت را دارد تا ورزشکار را در موقعیت مکانیسم اصلی بروز آسیب در مفصل زانو قرار دهد (۲). در این زمان است که ارائه بازخورد اصلاح الگوی حرکتی به‌خوبی می‌تواند ورزشکار را از اجرای حرکات ناصحیح آگاه ساخته و به‌مرور زمان کنترل حرکتی ورزشکار را بر مفصل زانو بالا ببرد (۱۲). طراحی تمرینات TRX به‌گونه‌ای است که حرکاتی همچون اسکات، مانورهای برشی و پرش و فرود که از جمله حرکات اصلی ورزشکاران والیبالیست می‌باشد به‌خوبی بازسازی شده و علاوه بر آن توانایی ورزشکار در اصلاح الگوهای حرکتی را به هنگام دریافت بازخورد بالا می‌برد (۲). باین‌حال تحقیقات پیشین کمتر به بررسی اثرگذاری اصلاح الگوهای حرکتی با استفاده از تمرینات TRX پرداخته‌اند. غالب تحقیقاتی که از TRX به‌عنوان یک رویکرد تمرینی در حیطه آسیب‌های ورزشی استفاده کرده است، جنبه توان‌بخشی آسیب را مورد توجه قرار داده (۱۶، ۱۵) و جنبه پیشگیری از آسیب در این رویکرد تمرینی، مغفول مانده است. از آنجائی که زنان در مقایسه با مردان به میزان بالاتری در معرض آسیب‌های مفصل زانو بخصوص لیگامان صلیبی قدامی قرار دارند (۴) و همچنین با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد تمرینات TRX در بازسازی الگوهای حرکتی رشته والیبال (۱۷، ۲)، بررسی اثرگذاری این شیوه تمرینی بر متغیرهای پیشگوی بروز آسیب ازجمله بیومکانیک فرود و تعادل ضروری می‌باشد. از طرفی تحقیقات پیشین، موضوع پیشگیری از آسیب در جامعه دختران نوجوان والیبالیست را که به‌عنوان سرمایه انسانی بسیار مهم برای کشور تلقی می‌شوند، مورد توجه قرار نداده است؛ لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX بر بیومکانیک فرود و تعادل دختران والیبالیست مستعد آسیب‌های زانو می‌باشد.

روش شناسی

تحقیق حاضر با توجه به اعمال مداخله و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها، از نوع نیمه تجربی می‌باشد. نوع تحقیق نیز کاربردی و طرح تحقیق دو گروهی و همراه با پیش و پس‌آزمون می‌باشد. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه دختران نوجوان والیبالیست مدارس منطقه ۷ تهران تشکیل داده است. نمونه آماری با استفاده از نرم‌افزار جی پاور (G Power) و با توان ۰/۸۵، سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۵، تعداد ۲۴ نفر در نظر گرفته شد. معیارهای ورود به تحقیق شامل والیبالیست دختر ۱۵ تا ۱۸ ساله، سابقه تمرین منظم در رشته والیبال (۲ جلسه در هفته به مدت حداقل ۳ سال)، بازی در پست‌های مدافع روی تور و یا پشت خطزن، مستعد بودن برای آسیب مفصل زانو، عدم وجود سابقه آسیب اندام تحتانی، عدم وجود اختلالات سیستم عصبی یا دهلیزی و یا ضربه شدید به سر می‌باشد (۱۸، ۲). شرایط خروج از مطالعه شامل: وجود هرگونه ناهنجاری در ستون فقرات و اندام تحتانی، سابقه جراحی در ستون فقرات و یا اندام تحتانی، وجود درد در زمان انجام اندازه‌گیری‌ها، غیبت در بیش از ۳ جلسه تمرینی و نارضایتی و یا به اتمام نرساندن دوره تمرینی بود. تحقیق حاضر دارای تائیدیه کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی با شناسه IR.SRTTU.SSF.2019.104 می‌باشد.

روش نمونه‌گیری تحقیق، به‌صورت هدفمند و در دسترس می‌باشد. پس از هماهنگی با اداره آموزش و پرورش منطقه ۷ تهران، مدارس که تمایل به همکاری داشتند مشخص شدند. سپس با هماهنگی با مدیر مدرسه و دبیران ورزش، یک فراخوان همکاری در

مدارس توزیع شد. پس از انجام هماهنگی‌های لازم و پس از اعلام آمادگی و رضایت افراد جهت شرکت در تحقیق، در یک جلسه آشنایی، توضیحات کاملی مربوط به اهداف و روند کلی اجرای تحقیق به افراد و خانواده‌های آن‌ها ارائه شد. سپس فرم "موافقت آگاهانه شرکت در تحقیق" جهت تکمیل و امضاء در اختیار والدین آزمودنی‌هایی که تمایل به همکاری داشتند، قرار گرفت. در مرحله نخست، جهت شناسایی ورزشکارانی که مستعد آسیب‌های زانو بودند، از آزمون پرش تاک استفاده شد. در ادامه چگونگی اجرای این آزمون شرح داده خواهد شد. پس از آنکه ورزشکاران دختر والیبالیست مستعد آسیب‌های زانو شناسایی شدند، به صورت تصادفی به دو گروه ۱۲ نفره تمرینی و کنترل تقسیم شده و از آن‌ها خواسته شد تا بر اساس برنامه زمان‌بندی مشخص و بر اساس تمایل فرد، جهت انجام اندازه‌گیری‌های اولیه (پیش‌آزمون) در محل باشگاه ورزشی حاضر شوند. جلسه اندازه‌گیری اولیه شامل اندازه‌گیری خصوصیات آنتروپومتریکی افراد، انجام آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود و آزمون‌های تعادل ایستا و پویا بود.

جهت شناسایی ورزشکاران مستعد آسیب‌های زانو، از آزمون پرش تاک استفاده شد ($ICC=0.87 - 0.93$) (۱۸). به همین منظور آزمودنی پرش را در وضعیتی شروع می‌کرد که پاها به اندازه عرض شانه از هم باز بودند. از آزمودنی خواسته شد حین پرش، دست‌ها را به جلو تاب دهد و هم‌زمان به صورت عمودی و مستقیم به سمت بالا پرش کند و تا حد امکان زانوها را بالا بیاورد. سپس، در نقطه اوج پرش، ران‌ها را موازی با زمین قرار دهد و سپس فرود بیاید و بلافاصله پرش بعدی را شروع کند. به آزمودنی‌ها آموزش داده شد با ناحیه پنجه پا به صورت نرم و در محل شروع فرود بیایند و این الگوی پرش را ۱۰ ثانیه به صورت متوالی ادامه دهند. از دو دوربین برند آیفون مدل ۱۱ پرومکس ساخت کشور چین با دقت ۱۲ مگاپیکسل و وضوح تصویر Full HD برای فیلم‌برداری از نمای قدامی و جانبی استفاده شد. تصاویر ثبت شده فریم به فریم به وسیله نرم‌افزار ReSpeder 1.0.Ink بررسی شدند و از فرم ارزشیابی ۱۰ نمره‌ای پرش تاک برای امتیازدهی استفاده شد. در صورت مشاهده هر کدام از فاکتورهای موجود در فرم ارزیابی پرش تاک، نمره یک و در صورت مشاهده نشدن فاکتور مورد نظر نمره صفر برای آزمودنی ثبت می‌شد. در تحقیق حاضر افرادی به عنوان ورزشکار در معرض آسیب شناخته شدند که سه خطا در آزمون ده گزینه‌ای داشته‌اند (۱۹، ۱۸).

جهت ارزیابی تعادل ایستا از آزمون استورک استفاده شد (۲۰). بدین ترتیب که ورزشکار بر روی پای برتر خود می‌ایستد و کف پای غیر برتر خود را به نحوی در کنار داخلی زانوی پای برتر خود قرار می‌دهد که انگشتان به سمت پایین قرار بگیرند. دستان در کنار کمر و بر روی تاج خاصه قرار می‌گیرد و با فرمان آزمونگر، از فرد خواسته می‌شود تا چشمان خود را بسته و پاشنه پای برتر را از زمین بلند کرده و بر روی سینه پای برتر خود بایستد. هم‌زمان با بلند شدن پاشنه فرد، مدت‌زمان مربوط به انجام آزمون ثبت می‌شود. در صورتی که تعادل وی به هر دلیلی به هم بخورد و یا مرتکب خطا شود، زمان قطع و رکورد وی ثبت می‌شود. هر آزمودنی این آزمون را ۳ مرتبه اجرا و میانگین ۳ اجرای وی به عنوان رکورد نهایی وی در نظر گرفته می‌شود. فرهادی به نقل از Roister پایایی خوبی (۰/۶۶) برای این آزمون گزارش کرده است (۲۱).

جهت ارزیابی تعادل آزمودنی‌ها از آزمون تعادل پویای Y استفاده شد ($ICC=0.80 - 0.93$) (۲۰). این آزمون در سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی انجام می‌شود و آزمودنی روی یک‌پا در مرکز Y قرار می‌گیرد و سعی می‌کند با حفظ تعادل روی پای تکیه‌گاه، با پای دیگر عمل دستیابی را انجام دهد. آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هر یک از جهات تعیین شده بدون خطا لمس می‌کند. فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دستیابی هست که به سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. به منظور به حداقل رساندن اثرات یادگیری هر آزمودنی چند بار با فاصله ۱۵ ثانیه استراحت، این آزمون را در هر یک از جهت‌های سه‌گانه تمرین کرد. بعد از ۵ دقیقه استراحت، آزمودنی آزمون اصلی را در جهت‌های اصلی انجام داد. در صورت بروز خطا، اگر پای که در مرکز قرار

داشت حرکت کند یا تعادل فرد دچار اختلال شود، از آزمودنی خواسته می‌شود آزمون را دوباره تکرار کند. جهت به دست آوردن نمره تعادل در هر جهت به صورت جداگانه از روش زیر استفاده می‌شود. به لحاظ اینکه این آزمون با طول پا رابطه معنی‌داری دارد به منظور اجرای این آزمون و نرمال کردن اطلاعات، قبل از شروع فرایند اندازه‌گیری، با استفاده از متر نواری طول واقعی پا از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در حالت طاق‌باز اندازه‌گیری شد. سپس میزان دستیابی فرد در طول پای وی تقسیم شده و در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شد. بدین صورت میزان دستیابی فرد در هر یک از جهات سه‌گانه آزمون Y به دست آمده و امتیاز نهایی تعادل فرد، از مجموع میزان دستیابی‌های فرد تقسیم بر ۳ (میانگین ۳ جهت)، به عنوان شاخص تعادل پویای وی در نظر گرفته شد (۱۸).

جهت ارزیابی بیومکانیک فرود آزمودنی‌ها، از آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود استفاده شد. نحوه انجام این آزمون بدین صورت می‌باشد که در ابتدا آزمودنی بر روی جعبه ۳۰ سانتی‌متری می‌ایستد و خط هدف در فاصله ۵۰ درصدی قد فرد بر روی زمین کشیده می‌شود. به آزمودنی آموزش داده می‌شود تا پرش روبه‌جلو را از روی جعبه انجام دهد و بلافاصله پس از فرود هم‌زمان با هر دو پا بر روی نقطه مشخص شده، با حداکثر توان، پرش ارتفاع عمودی را انجام دهد. آزمودنی باید بین فرود روی سطح زمین و شروع به پرش عمودی مکث نکند. پس از نمایش نحوه آزمون توسط آزمونگر، معمولاً دو یا سه بار فرصت تمرین به آزمودنی داده می‌شود. آزمودنی هیچ دستورالعملی از آزمونگر در مورد مکانیک فرود مناسب را دریافت نمی‌کند. ۲ دوربین برند آیفون مدل ۱۱ پرو مکس ساخت کشور چین با دقت ۱۲ مگاپیکسل و وضوح تصویر Full HD بر روی پایه‌های ثابت جهت ضبط فیلم در نمای جانبی به فاصله ۴/۸ متر و نمای قدامی به فاصله ۴ متر نصب شد. تصاویر ضبط شده توسط نرم‌افزار ReSpeeder 1.0.Ink به حالت آهسته تبدیل شد و توسط آزمونگر بررسی شد. فرم امتیازدهی LESS شامل ۱۷ آیتم است که از ۲ نمای قدامی (آیتم‌های ۱ تا ۴ و ۱۲ تا ۱۴ و ۱۶ و ۱۷) و جانبی (آیتم‌های ۵ تا ۱۱ و ۱۵ و ۱۷) نحوه فرود و پرش افراد را ارزیابی می‌کند که در هر آیتم امتیاز ۰ به عنوان حرکت صحیح و امتیاز ۱ به عنوان خطا در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱. سطح‌بندی حرکات مورد استفاده در تمرینات TRX

شماره حرکت	نام حرکت	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	سطح ۶
۱	اسکات	اسکات ساده	اسکات همراه با پلاتنارفلکشن مچ پا	اسکات ایستا همراه با پلاتنارفلکشن مچ پا			
۲	همسترینگ	همسترینگ	همسترینگ همراه با دور کردن پا	همسترینگ همراه با فلکشن زانو	همسترینگ تک پا		
۳	لانچ	لانچ ساده	لانچ قیچی	لانچ تک پا	لانچ تک پا همراه با توپ		
۴	اسکات تک پا	اسکات تک پا	اسکات تک پا همراه با نوسان پای آزاد	اسکات تک پا به سمت جانب			
۵	پرش و فرود	پرش و فرود	پرش و فرود به سمت جلو و عقب	پرش و فرود همراه با توپ	پرش و فرود تک پا	پرش و فرود تک پا به سمت جلو و عقب	پرش و فرود همراه با توپ
۶	برش	برش و فرود به سمت جانب	برش و فرود تک پا به سمت جانب	پرش و فرود تک پا همراه با توپ			

جدول ۲. پروتکل جلسات تمرینات TRX

جلسه					
حرکت - مدت زمان اجرای حرکت (ثانیه×ست)					
۱	۱۱	۲۱	۳۱	۳×۳۰	۳×۲۵
۲	۱۱	۲۱	۳۱	۳×۳۰	۳×۲۵
۳	۱۱	۲۱	۳۱	۳×۲۵	۳×۳۰
۴	۱۲	۲۲	۳۲	۳×۳۵	۳×۳۰
۵	۱۲	۲۲	۳۲	۳×۳۵	۳×۳۰
۶	۱۳	۲۳	۳۳	۳×۳۵	۳×۳۰
۷	۱۳	۲۳	۳۳	۳×۳۵	۳×۲۵
۸	۲۴	۳۳	۴۱	۳×۲۵	۳×۲۰
۹	۲۴	۳۳	۴۱	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۰	۳۴	۴۲	۵۱	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۱	۳۴	۴۲	۵۲	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۲	۳۴	۵۲	۵۳	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۳	۵۳	۵۴	۵۵	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۴	۵۴	۵۵	۵۶	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۵	۵۴	۵۵	۵۶	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۶	۵۴	۵۵	۵۶	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۷	۵۴	۵۵	۵۶	۳×۲۵	۳×۲۰
۱۸	۵۴	۵۵	۵۶	۳×۲۵	۳×۲۰

مجموعه سؤالات در رابطه با وضعیت اندام تحتانی (ران، زانو، مچ پا) و تنه در لحظه برخورد اولیه با زمین (آیتم ۱ تا ۶) و وضعیت پاها (تعیین پنجه به داخل یا خارج، فاصله پاها بیشتر یا کمتر از عرض شانه) در لحظه‌ای که پا کاملاً در تماس با زمین است (آیتم ۷ تا ۱۰) و همچنین مقارن بودن پاها در لحظه برخورد اولیه پاها به زمین (آیتم ۱۱) و وضعیت اندام تحتانی (ران، زانو) و تنه بین

زمان‌های اولین برخورد با زمین و حداکثر زاویه فلکشن زانو (آیتم ۱۲ تا ۱۴) و حداکثر والگوس زانو (آیتم ۱۵). آیتم ۱۶ جابجایی مفصل ران در لحظه برخورد اولیه تا بیشترین زاویه فلکشن زانو را با ۳ امتیاز (۰-۱-۲) نشان می‌دهد. آیتم ۱۶ برداشت کلی آزمونگر از پرش و فرود افراد که امتیاز ۰ به‌عنوان پرش عالی و ۱ پرش متوسط و ۲ پرش ضعیف ثبت شد. در انتها مجموع امتیازات هر آزمون به‌طور جداگانه ثبت شد و در آخر میانگین امتیازات ۳ پرش به‌عنوان امتیاز اصلی برای هر فرد ثبت شد (۲۲، ۱۸).

پس از اتمام مرحله پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تمرینی به مدت ۶ هفته تمرینات TRX را همراه با دریافت بازخوردهای اصلاح الگوهای حرکتی انجام دادند. از گروه کنترل نیز خواسته شد تا در این مدت تمرینات ورزشی ویژه که بر نتایج تحقیق اثرگذار باشد را انجام ندهند و تنها تمرینات روتین والیبال خود را (۳ جلسه در هفته) انجام دهند. برنامه گروه تمرینات TRX شامل ۶ هفته انجام تمرینات منتخب بود که به‌صورت ۳ جلسه در هفته انجام شد. این مداخله تمرینی در ابتدای جلسات روتین والیبال و به مدت ۲۰-۲۵ دقیقه به انجام می‌رسید. لازم به ذکر است که سطح تمرینات به‌صورت پیش‌رونده و بر اساس سطح توانایی افراد طراحی شده است. اثرگذاری این شیوه تمرینی بر متغیرهای مرتبط با آسیب اندام تحتانی در تحقیقات پیشین به اثبات رسیده است (۲). تمرینات در ساعت ورزش مدارس و تحت نظارت کامل محقق که خود دبیر ورزش و مربی TRX نیز می‌باشد، به انجام رسید.

در انجام برنامه تمرینی سعی شد تا تمامی حرکات همراه با ارائه بازخورد کلامی از سوی محقق انجام گیرد و در هفته‌های پایانی جهت جلوگیری از وابستگی آزمودنی به بازخورد خارجی، از میزان ارائه بازخوردها کاسته شود (جدول ۱ و ۲). بلافاصله پس از پایان ۶ هفته تمرینات، از تمامی افراد هر دو گروه خواسته شد تا جهت انجام اندازه‌گیری‌های پس‌آزمون، مجدداً در محل باشگاه ورزشی حاضر شوند و تمامی اندازه‌گیری‌هایی که در جلسه پیش‌آزمون انجام شده بودند، عیناً در مرحله پس‌آزمون تکرار شدند. قابل‌ذکر است که آزمودنی‌های گروه کنترل، پس از اندازه‌گیری‌های اولیه (پیش‌آزمون) بدون انجام تمرین و پس از گذشت ۶ هفته مورد اندازه‌گیری پس‌آزمون قرار گرفتند.

از روش‌های آماری لوین به‌منظور ارزیابی همگنی واریانس‌ها در دو گروه و از آزمون شاپیروویلیک به‌منظور ارزیابی شرط نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. سپس با استفاده از آزمون تی زوجی، تغییرات درون‌گروهی و آزمون تحلیل کوواریانس تفاوت‌های بین‌گروهی یافته‌های تحقیق در بین ۲ گروه در مرحله پس‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. کلیه آزمون‌های آماری در سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج

جدول ۳ مقادیر شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی متغیرهای زمینه‌ای مورد بررسی را در دو گروه کنترل و تجربی نشان می‌دهد.

پیش فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلیک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت و نرمالیتی و همگنی واریانس‌های متغیرهای تحقیق مورد تأیید قرار گرفت ($p > 0.05$)؛ بنابراین داده‌های پژوهش حاضر قابلیت ورود به آزمون تحلیل کوواریانس را داشتند و می‌توان تفاوت گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون را با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس مورد بررسی قرار داد. همچنین به‌منظور مقایسه نتایج درون‌گروهی، از آزمون تی زوجی استفاده شد که نتایج آن به همراه میانگین و انحراف معیار متغیرهای مورد بررسی در **جدول ۴** گزارش شده است.

بررسی نتایج درون گروهی آزمون تی زوجی نشان می‌دهد که متغیرهای تعادل ایستا و پویا و امتیاز آزمون خطای فرود آزمودنی‌های گروه تجربی در گذر زمان و در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، بهبود معنی‌داری پیدا کرده است ($p < 0.05$). به طوری که انجام ۶ هفته تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX موجب افزایش مدت زمان آزمون استورک، افزایش میزان رزش در آزمون تعادل Y و کاهش میزان خطای فرود در آزمون LESS در دختران والیبالیست شده است. در حالی که در گروه کنترل، در هیچ‌یک از متغیرهای فوق، تغییری در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۵).

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون (کووریت)، در متغیرهای تعادل ایستا و پویا و آزمون خطای فرود بین دو گروه تجربی و کنترل در پس‌آزمون، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$).

جدول ۳. شاخص‌های گرایش مرکزی و متغیرهای زمینهای و نتایج آزمون شاپیروویلیک در گروه‌ها

متغیر	کنترل	تجربی	شاپیروویلیک
سن (سال)	۱۷/۳±۴/۱	میانگین±انحراف معیار	کنترل
قد (سانتیمتر)	۱۶۳/۲±۹/۶	۱۷/۱±۳/۹	تجربی
وزن (کیلوگرم)	۶۱/۴±۵/۳	۱۶۱/۵±۷/۸	۰/۱۶۹
		۶۰/۷±۶/۶	۰/۶۲۳
			۰/۱۲۹

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و نتایج آزمون تی زوجی به منظور مقایسه تغییرات درون گروهی

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P value	مجذور اتا
تعادل ایستا (ثانیه)	کنترل	۲۵/۹±۴/۸	۲۶/۷±۴/۶	۰/۳۱۷	۰/۰۳۸
	تجربی	۲۵/۱±۳/۳	۳۳/۵±۳/۷	۰/۰۰۱*	۰/۵۸۶
تعادل پویا (سانتی‌متر)	کنترل	۶۸/۲±۷/۳	۶۹/۹±۵/۵	۰/۲۶۴	۰/۱۱۶
	تجربی	۶۷/۸±۶/۷	۸۱/۵±۶/۲	۰/۰۰۱*	۰/۷۴۵
سیستم امتیازدهی خطای فرود	کنترل	۷/۹±۳/۱	۷/۳±۲/۶	۰/۳۸۹	۰/۲۹۳
	تجربی	۸/۲±۲/۴	۴/۱±۱/۳	۰/۰۰۱*	۰/۷۹۹

*: مقدار معناداری $p < 0.05$

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس جهت مقایسه متغیرهای تحقیق در دو گروه در مرحله پس‌آزمون

متغیر	کنترل	تجربی	F	P value	مجذور اتا
تعادل ایستا (ثانیه)	۲۶/۷	۳۳/۵	۲/۲۷۴	۰/۰۰۱*	۰/۶۹۹
تعادل پویا (سانتی‌متر)	۶۹/۹	۸۱/۵	۳/۷۷۱	۰/۰۰۱*	۰/۸۱۱
سیستم امتیازدهی خطای فرود	۷/۳	۴/۱	۳/۵۹۲	۰/۰۰۱*	۰/۷۰۳

بحث

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر ۶ هفته تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX بر تعادل ایستا و پویا و همچنین بیومکانیک فرود دختران والیبالیست بود. نتایج تحقیق نشان داد که انجام ۶ هفته تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX موجب بهبود تعادل ایستا و پویا و همچنین کاهش نمرات خطای فرود در آزمودنی‌های گروه تجربی شده است. نتایج تحقیق حاضر

همسو با یافته‌های مختاری فرد و صباغ (۲۳)، کلاتریان و رجبی (۲)، الموتی و لطافت کار (۱۲)، حاجی‌پور و همکاران (۲۴)، زارعی و همکاران (۲۲)، اریکسن و همکاران (۱۳)، دولینگ و همکاران (۱۴) و هلم و همکاران (۲۵) می‌باشد. بر اساس بررسی‌های محققین تحقیق حاضر، تحقیق ناهمسویی با نتایج تحقیق حاضر یافت نشد.

انجام تمرین اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX، می‌تواند موجب افزایش پایداری پویای مفاصل شود. از جمله دلایل احتمالی در بهبود تعادل ناشی از انجام تمرینات TRX، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خود مهاری اندام‌های وتری گلژی و همچنین افزایش در هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم انقباضی بیان شده است (۱۵). با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب و ابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها، حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر به‌سزایی دارد و ممکن است از بروز آسیب رباط صلیبی قدامی جلوگیری کند (۲۳). والیبال از جمله رشته‌های ورزشی می‌باشد که اجرای صحیح حرکات پویا همچون پرش و فرود و یا مانورهای برشی، نیازمند حفظ تعادل بدن از طریق هماهنگی زنجیره‌های حرکتی می‌باشد (۲۶). از همین روی انجام تکالیف عملکردی نظیر پرش و فرود و تغییر جهت بخصوص برای بازیکنان روی تور، نیاز به حفظ تعادل، انتقال وزن مناسب، تحریک رفلکس‌های ضد جاذبه و کنترل حرکتی بالا بر روی مفاصل بدن می‌باشد. لازم به توضیح است که حرکات ترکیبی و عملکردی از جمله اسکات دوپا، لانچ، پرش و فرود دوپا و پرش‌های جانبی که قابلیت بازسازی مکانیسم اصلی بروز آسیب در مفصل زانو را دارند، از جمله حرکات اصلی برنامه تمرینی مورد استفاده در تحقیق حاضر بوده است؛ علاوه بر آن، ارائه بازخورد هم‌زمان جهت اصلاح تکنیک‌های ناصحیح استفاده از اندام تحتانی به هنگام اجرای این تکالیف عملکردی، احتمالاً سبب افزایش هماهنگی سیستم عصبی-عضلانی شده که این موضوع می‌تواند افزایش تنش عضلانی و ثبات مفصلی را به دنبال داشته باشد (۱۲). در نتیجه، افزایش آگاهی حسی فرد، سبب افزایش کنترل حرکتی وی شده و این موضوع می‌تواند احتمال اجرای حرکات آسیب‌زا به هنگام مشارکت در ورزش را کاهش دهد (۱۴).

تحقیقات بیان داشته‌اند که با تمرکز بر هماهنگی عصبی-عضلانی عضلات اندام تحتانی و اصلاح تکنیک پرش و فرود، می‌توان موجب بهبود بیومکانیک فرود شد (۲۲). نتایج تحقیقات نشان داده است که افرادی که دارای ضعف در عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن خود هستند توانایی کمتری در کنترل وضعیت تنه‌ی خود به هنگام فرود دارند که این عامل باعث افزایش احتمال واگوس زانو در هنگام فرود می‌شود (۲۷، ۲۳). یکی از ویژگی‌های تمرینات TRX این است که عضلات ثبات‌دهنده مرکزی را به خوبی فعال کرده که این فعالیت مناسب عضلات ثبات‌دهنده مرکزی باعث توانایی بیشتر ورزشکار در کنترل تنه و به دنبال آن کنترل مناسب اندام تحتانی و به‌خصوص زانو در هنگام فرود می‌شود و شاید کاهش نمره آزمون خطای فرود در آزمودنی‌های تحقیق حاضر را بتوان به همین موضوع نسبت داد (۲۳).

گزارش شده است افرادی که سابقه آسیب ACL دارند در هنگام فرود انحراف جانبی تنه بیشتری نسبت به افراد سالم دارند که این موضوع ممکن است مربوط به ضعف عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن و به دلیل ضعف در کنترل عصبی-عضلانی باشد (۲۷). تمرینات عصبی-عضلانی با توجه به اینکه بر تقویت عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن و بهبود عملکرد عصبی-عضلانی عضلات این ناحیه نیز تمرکز دارند، می‌توانند به میزان زیادی از انجام حرکات آسیب‌زا که در راستای غیرطبیعی مفاصل انجام می‌شوند، جلوگیری کنند (۱۶). مایر و همکاران (۲۸) بیان کردند که تمریناتی که بر هماهنگی عصبی عضلانی تأکید دارند، باعث افزایش فلکشن زانو در فرود و کاهش احتمال واگوس زانو می‌شود و عملکرد و بیومکانیک اندام تحتانی در زنان ورزشکار فوتبالیست،

بسکتبالیست و والیبالیست را بهبود می‌بخشد (۲۸). تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX با توجه به اینکه بر تقویت عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن و بهبود عملکرد عصبی عضلانی عضلات این ناحیه و همچنین عضلات اندام تحتانی نیز تمرکز دارند، می‌توانند به میزان زیادی از انجام حرکات آسیب‌زا که در راستای غیرطبیعی مفاصل انجام می‌شوند، جلوگیری کنند (۲).

فعالیت مداوم عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن موجب ایجاد یک پایگاه محکم و قابل اتکا برای اندام تحتانی به هنگام اجرای تکالیف عملکردی مختلف از جمله پرش و فرودهای متوالی شده که این امر خود نقش بسزایی در جلوگیری از بروز آسیب خواهد داشت (۲۹). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که نتایج تحقیقات نشان داده است که ارتباط مستقیمی بین عملکرد مجموعه عضلات بخش مرکزی بدن و بیومکانیک اندام تحتانی به هنگام انجام تکالیف پویا و به دنبال آن احتمال بروز آسیب وجود دارد (۲۳). ثابت شده است که افرادی که کنترل کمتری بر روی مجموعه کمری-لگنی-رانی خود دارند، به میزان بیشتری در معرض بروز آسیب‌های ساختارهای غیرفعال مفاصل اندام تحتانی قرار دارند (۱۶). این درحالیست که اصلانی و همکاران به نقل از جانسون پیشنهاد کرده‌اند تمریناتی که بهبود ظرفیت‌های ثبات مرکزی بدن را باعث می‌شوند، می‌تواند موجب افزایش آگاهی حس عمقی در مفاصل اندام تحتانی شده و به مرور زمان بهبود بیومکانیک این ناحیه از بدن را در پی داشته باشد (۳۰). نادری و همکاران (۳۱) بیان می‌دارد که تمریناتی همچون تمرینات TRX که علاوه بر تمرکز بر ناحیه هدف، بهبود ساختارهای ثبات مرکزی بدن را نیز به دنبال دارند، می‌توانند نقایص سیستم حرکتی را برطرف کرده که این امر موجب ایجاد آرتروکینماتیک بهینه در مجموعه کمری-لگنی-رانی در طول حرکات زنجیره جنبشی-عملکردی، افزایش و کاهش شتاب مطلوب و تعادل بهینه عضلانی می‌شود؛ همچنین پایداری بخش‌های پروگزیمال را برای انجام حرکت در بخش دیستال فراهم می‌آورد (۳۱). از جمله نکات قابل توجه در تحقیق حاضر، تمرکز بر استفاده از بازیکنانی بود که در پست‌های دفاع روی تور و پشت خطزن مشغول می‌باشند. این بازیکنان بیش از سایر بازیکنان والیبال حرکت پرش و فرود که از جمله مکانیسم‌های اصلی پارگی رباط صلیبی قدامی می‌باشد را انجام می‌دهند؛ بنابراین در پایان و با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان داشت که استفاده تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای بهبود تعادل و همچنین بیومکانیک فرود در دختران والیبالیست مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی و بخصوص بازیکنان پست‌های دفاع روی تور و پشت خطزن در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری نهایی

از آنجائی که شیوع آسیب رباط صلیبی قدامی در جامعه بانوان و بخصوص در رشته‌های پر ریسک نظیر والیبال، بالا می‌باشد، اهمیت پیشگیری از بروز آسیب دوچندان است. لذا با توجه به نتایج تحقیق حاضر که نشان از بهبود تعادل ایستا و پویا و همچنین بیومکانیک اندام تحتانی به دنبال انجام تمرینات اصلاح الگوی حرکتی با استفاده از TRX دارد و با توجه به نقش این متغیرها در بروز آسیب رباط صلیبی قدامی، به کلیه بانوانی که به‌عنوان مربی و یا ورزشکار در رشته والیبال مشغول به فعالیت هستند، پیشنهاد می‌شود تا از این شیوه تمرینی با هدف پیشگیری از بروز آسیب رباط صلیبی قدامی استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی

از مدیران مدارس آموزش و پرورش منطقه ۷ تهران و همچنین دانش‌آموزانی که به‌عنوان آزمودنی در اجرای تحقیق مشارکت داشتند، کمال تشکر و قدردانی را داریم

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی اصول اخلاقی در این پژوهش رعایت شده است. به شرکت‌کنندگان در این پژوهش اجازه داده شده بود تا هر زمان که مایل بودند از روند پژوهش خارج شوند. همچنین تمامی شرکت‌کنندگان در جریان روند و مراحل مختلف شرکت در پژوهش قرار داشتند. به تمامی شرکت‌کنندگان این اطمینان داده شده بود که اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته می‌شود.

حامی مالی

این پژوهش هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیر انتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

Reference

1. Kalantariyan M, Minoonejad H, Rajabi R, Seidi F. Effects of functional ankle instability on balance recovery strategy in athletes. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2018;8(2):99-106.[Persian] [DOI:10.32598/ptj.8.2.99]
2. Kalantariyan M, Rajabi R. The effect of TRX Preventive Exercises on some Tests for Predicting Lower Extremity Injury in Athlete', s Students Prone to Injury. 2021. [Persian]
3. Kaur M, Ribeiro DC, Theis J-C, Webster KE, Sole G. Movement patterns of the knee during gait following ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2016;46:1869-95. [DOI:10.1007/s40279-016-0510-4] [PMID]
4. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt Jr RS, et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification. *Journal of athletic training*. 2019;54(5):472-82. [DOI:10.4085/1062-6050-407-16] [PMID]
5. Vaandering K, Meeuwisse D, MacDonald K, Eliason PH, Graham RF, Chadder MK, et al. Injuries in Youth Volleyball Players at a National Championship: Incidence, Risk Factors, and Mechanisms of Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2022;10.1097. [DOI:10.1136/bjsports-2021-IOC.208]

6. Marrs RP, Covell HS, Peebles AT, Ford KR, Hart JM, Queen RM. Using load sensing insoles to identify knee kinetic asymmetries during landing in patients with an Anterior Cruciate Ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics*. 2023;105941. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2023.105941] [PMID]
7. Saki F, Daneshmandi H, Rajabi R, Mohammadpour S. Neuromuscular and biomechanical risk factors associated with ACL injury in female athletes. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2013;18(3). [Persian]
8. Ter Stege MH, Dallinga JM, Benjaminse A, Lemmink KA. Effect of interventions on potential, modifiable risk factors for knee injury in team ball sports: a systematic review. *Sports medicine*. 2014;44:1403-26. [DOI:10.1007/s40279-014-0216-4] [PMID]
9. Hudson C, Garrison JC, Pollard K. Y-balance normative data for female collegiate volleyball players. *Physical Therapy in Sport*. 2016;22:61-5. [DOI:10.1016/j.ptsp.2016.05.009] [PMID]
10. Schnurrer-Luke Vrbanić T, Ravlić-Gulan J, Gulan G, Matovinović D. Balance index score as a predictive factor for lower sports results or anterior cruciate ligament knee injuries in Croatian female athletes-preliminary study. *Collegium antropologicum*. 2007;31(1):253-8.
11. McCall A, Carling C, Davison M, Nedelec M, Le Gall F, Berthoin S, et al. Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *British journal of sports medicine*. 2015;49(9):583-9. [DOI:10.1136/bjsports-2014-094104] [PMID]
12. Alamouti G, Letafatkar A. Effect of Movement Pattern Correction on Performance, Balance, and Proprioception in Active Females Prone to Anterior Cruciate Ligament Injury. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;9(1):102-13. [Persian]
13. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Doebel SC, Pietrosimone BG. Immediate effects of real-time feedback on jump-landing kinematics. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2015;45(2):112-8. [DOI:10.2519/jospt.2015.4997] [PMID]
14. Dowling AV, Favre J, Andriacchi TP. Inertial sensor-based feedback can reduce key risk metrics for anterior cruciate ligament injury during jump landings. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(5):1075-83. [DOI:10.1177/0363546512437529] [PMID]
15. Khorjahani A, Mirmoezzi M, Bagheri M, Kalantariyan M. Effects of trx suspension training on proprioception and muscle strength in female athletes with functional ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2021;12(2). [DOI:10.5812/asjasm.107042]
16. Kalantariyan M, Minoonejad H, Rajabi R, Seidi F. The Effect of Six Weeks Suspension Training On Functional Test's Score in Athletes with Functional Ankle Instability. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2020;9(2):64-75. [Persian]
17. Karabiberov J. Development of the motor skills of adolescent volleyball players through using Total Resistance eXercise (TRX) training equipment. *Series on Biomechanics*. 2020.
18. Shakiba E. Comparison of functional tests scores in football players with and without Chronic ankle instability. *Sport Medicine Studies*. 2021;13(29):183-206. [Persian]
19. Mason ML, Clemons MN, LaBarre KB, Szymczak NR, Chimera NJ. A critically appraised topic on the Tuck Jump Assessment: Does the Tuck Jump Assessment demonstrate interrater and intrarater reliability in healthy individuals? *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019;29(4):503-8. [DOI:10.1123/jsr.2019-0099] [PMID]

20. Karimijashni M, Sarvestani FK, Yoosefinejad AK. The Effect of Contralateral Knee Neuromuscular Exercises on Static and Dynamic Balance, Knee Function, and Pain in Athletes Who Underwent Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2023;1(aop):1-16. [Persian] [DOI:10.1123/jsr.2021-0380] [PMID]
21. Farhadi H. The relationship between static and dynamic balances and lower extremity injuries in the adolescent athlete. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2013;8(6):1159-68. [Persian]
22. Zareei M, Rahmani N, Ghorbani A. The Effect of FIFA 11+ KIDS on the Jump-Landing Biomechanics of Adolescent Soccer Players. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2018;14(27):195-207. [Persian]
23. Mokhtari Fard Z, Sabbagh Langeroudi M. The Effects of 8 Weeks TRX Exercises and Core Stability in the Stable Level on the Landing Pattern, the Stability of the Core Area and Balance of Girls Football Players. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021;10(3):546-61. [Persian] [DOI:10.32598/SJRM.10.3.14]
24. Hajipour S, Mohammadipour F, Nikooie R. The Effect of Eight Weeks of Neuromuscular Training on Balance and Prevention of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury in Boy Adolescent Taekwondo Athletes. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2018;13(5):271-7. [Persian]
25. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2004;14(2):88-94. [DOI:10.1097/00042752-200403000-00006] [PMID]
26. Fuchs PX, Fusco A, Cortis C, Wagner H. Effects of differential jump training on balance performance in female volleyball players. *Applied Sciences*. 2020;10(17):5921. [DOI:10.3390/app10175921]
27. Cannon J, Cambridge ED, McGill SM. Anterior cruciate ligament injury mechanisms and the kinetic chain linkage: the effect of proximal joint stiffness on distal knee control during bilateral landings. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2019;49(8):601-10. [DOI:10.2519/jospt.2019.8248] [PMID]
28. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. *Strength and conditioning journal*. 2011;33(3):21. [DOI:10.1519/SSC.0b013e318213afa8] [PMID]
29. Sheikhhassani S, Rajabi R, Minoonejad H. The effect of core muscle fatigue on measurements of lower extremity functional performance in male athletes. 2013. [Persian]
30. Aslani M, Minoonejad H, Rajabi R. Comparing the Effect of 4 Weeks TRX Suspension Exercise and Hopping on Risk Factors Affecting Lower Limbs Injuries in Male University Student Athletes. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2018;7(4):0-. [Persian]
31. Naderi A, Baloochi R, Jabbari F, Eslami R. Comparison between the effects of core stability exercises and neuromuscular exercises on dynamic balance and lower limb function of athletes with functional ankle instability. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2016;21(4). [Persian]