

## The effect of TRX Preventive Exercises on some Tests for Predicting Lower Extremity Injury in Athlete's Students Prone to Injury

Mohammad Kalantariyan <sup>1\*</sup> , Reza Rajabi <sup>2</sup>

1. Sport Physiology And Sport Injury Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

2. Sport Injury And Corrective Exercise Department, Faculty Of Physical Education And Sport Science, University Of Tehran, Tehran, Iran

\*Corresponding Author: mkalantariyan@ut.ac.ir

### Abstract

**Background and Objectives:** TRX exercises with injury prevention approach have been introduced as a new way to prevent lower extremity injury in athletes. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of TRX preventive exercises on some predictor tests of lower extremity injury in athletes at risk of injury.

**Materials and Methods:** 24 student Athletes were randomly divided according to the inclusion and exclusion criteria into the control and training groups. In the pretest, jump tests such as side hop, figure 8, and three single-leg hop and Y balance functional test and also LESS were performed as predictive tests for lower extremity injury. The training group then performed TRX exercises for 6 weeks and 3 sessions per week. The control group was also asked to do not any special sport activities. After 6 weeks training, All tests performed in the pre-test phase were also performed in the post-test phase. Independent T-test and analysis of covariance methods at a significant level of  $P \leq 0.05$  were used to analyze the research findings.

**Results:** The results of the covariance analysis test showed that doing the TRX exercises significantly improved the results of side hop, figure 8, three single-leg hop, Y balance tests and LESS in the training group rather than control ( $P \leq 0.001$ ). So that subjects of the TRX training group had better performance in post-test than in pre-test. However, there was no significant improvement in the performance of control group subjects in any of the tests ( $P \geq 0.05$ ).

**Conclusion:** Given the impact of TRX exercises on predictive tests for lower extremity injury in athletes prone to injury, it is recommended that this exercises method be used in the form of preventive injury protocols in sport teams, especially university sports teams.

**Key words:** TRX Exercises; Prone to Injury; Prevention; Landing Error Scoring System; Function

**How to cite this article:** 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. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2021;9(3):190-200.

<https://doi.org/10.22037/iipm.v9i3.33950>

تاثیر تمرینات پیشگیرانه تعلیقی - مقاومتی بر برخی آزمون‌های پیشگوی بروز آسیب اندام تحتانی  
دانشجویان ورزشکار مستعد آسیبمحمد کلانتریان<sup>۱\*</sup>، رضا رجبی<sup>۲</sup><sup>۱</sup>. گروه فیزیولوژی و آسیب شناسی ورزشی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup>. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

## چکیده

**سابقه و هدف:** تمرینات تعلیقی - مقاومتی با رویکرد پیشگیری از آسیب به عنوان روشی جدید برای جلوگیری از بروز آسیب اندام تحتانی در ورزشکاران معرفی شده است. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر تمرینات پیشگیرانه تعلیقی - مقاومتی بر برخی آزمون‌های پیشگوی بروز آسیب اندام تحتانی دانشجویان ورزشکار مستعد آسیب بود.

**روش بررسی:** تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بر روی ۲۴ دانشجوی ورزشکار مستعد آسیب که بر اساس معیارهای ورود و خروج و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تمرینی تقسیم‌بندی شدند، اجرا شد. در مرحله پیش‌آزمون آزمون‌های جهشی شامل جهش جانبی، جهش ۸ لاتین و سه جهش تک‌پا و آزمون عملکرد تعادلی Y و همچنین آزمون خطای فرود به عنوان آزمون‌های پیشگوی بروز آسیب اندام تحتانی اجرا شدند. سپس گروه تمرینی به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته تمرینات پیشگیرانه تعلیقی - مقاومتی با استفاده از TRX را انجام دادند. از گروه کنترل نیز خواسته شد تا در این مدت فعالیت ورزشی خاصی انجام ندهند. پس از پایان ۶ هفته تمرینات، تمامی آزمون‌هایی که در مرحله پیش‌آزمون اجرا شده بودند، در مرحله پس‌آزمون نیز اجرا شدند. از روش‌های آماری تی مستقل و آنالیز کوواریانس در سطح معنی‌داری  $P \leq 0.05$  جهت تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج آزمون آماری آنالیز کوواریانس نشان داد که انجام تمرینات TRX موجب بهبود معنی‌دار نتایج آزمون‌های جهش جانبی، جهش ۸ لاتین، سه جهش تک‌پا، آزمون عملکرد تعادلی Y و آزمون خطای فرود در گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل شد ( $P \leq 0.01$ ). به طوری که آزمون‌های گروه تمرینی در پس‌آزمون عملکرد بهتری را نسبت به پیش‌آزمون داشتند. اما بهبود معنی‌داری در عملکرد آزمون‌های گروه کنترل در هیچ‌یک از آزمون‌های مورد بررسی مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** با توجه به اثرگذاری تمرینات TRX بر آزمون‌های پیشگوی بروز آسیب اندام تحتانی در ورزشکاران مستعد آسیب، پیشنهاد می‌شود از این شیوه تمرینی در قالب پروتکل‌های پیشگیرانه از بروز آسیب، در تیم‌های ورزشی و بخصوص تیم‌های ورزشی دانشگاهی استفاده شود.

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات تعلیقی - مقاومتی، مستعد آسیب، پیشگیری، آزمون خطای فرود، عملکرد

## مقدمه

آنکه عمده دانشجویان بصورت غیرحرفه‌ای و تنها در سطح دانشگاهی به ورزش می‌پردازند (۱). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که عمده آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در ناحیه اندام تحتانی رخ می‌دهند (۲). در این میان ورزشکارانی که در رشته‌های والیبال، بسکتبال، هندبال و فوتبال به عنوان رشته‌های پرطرفدار دانشجویان شرکت می‌کنند نیازمند اجرای تکالیف ورزشی آسیب‌زا از جمله تغییر جهت، کاهش سریع شتاب، پرش و فرود و توقف‌های ناگهانی هستند (۳)؛ بنابراین بیشتر از سایر رشته‌های ورزشی در معرض آسیب‌های اندام تحتانی قرار

دانشجویان، بخش قابل توجهی از جمعیت کشور را تشکیل می‌دهند که موضوع سلامتی آنها همواره مورد توجه بوده است. از همین روی پرداختن به ورزش و فعالیت بدنی به عنوان فرصتی برای ارتقاء سلامتی دانشجویان در نظر گرفته می‌شود. با این حال، در کنار فرصت‌ها، همواره تهدیدها نیز وجود دارند. آسیب‌های اسکلتی-عضلانی از جمله مهم‌ترین تهدیدهایی است که می‌تواند سلامتی جامعه دانشجوی فعال و ورزشکار کشور را به خطر بیندازد. بخصوص

نمره‌ی بالاتر در این آزمون با عملکرد ضعیف ورزشکار مرتبط است و به عنوان توجیهی برای افزایش خطر آسیب زانو می‌باشد (۱۰). به نظر می‌رسد که آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود در غربالگری خطر آسیب رباط صلیبی قدامی بسیار مفید است (۱۱). بنابراین استفاده از هریک از آزمون‌های پیش‌بینی کننده فوق، می‌تواند به عنوان گام نخست در جهت شناسایی و پیشگیری از بروز آسیب در ورزشکاران مستعد آسیب باشد. طبیعتاً گام بعدی در جهت پیشگیری از بروز آسیب، انتخاب راهکاری مناسب و اثرگذار برای افزایش توانایی ورزشکار در کسب امتیازات مناسب‌تر در آزمون‌های پیش‌گویی بروز آسیب و پوشش دادن به نقیصه‌های حرکتی آنان می‌باشد.

تمرینات تعلیقی- مقاومتی با استفاده از TRX<sup>۷</sup> از جمله روش‌های تمرینات عملکردی است که اخیراً رویکرد پیشگیرانه آن مورد توجه جامعه ورزشی قرار گرفته است. با توجه به ویژگی‌های عملکردی این شیوه تمرینی، پیش‌بینی می‌شود که روشی موثر در جهت ارتقاء ظرفیت‌های جسمانی ورزشکار و به دنبال آن کسب امتیازات بهتر در آزمون‌های پیش‌گویی بروز آسیب و نتیجتاً کاهش خطر آسیب‌دیدگی ورزشکار باشد (۱۲). تنوع تمرینی و جذاب بودن، سادگی، سهولت انجام، فضای اندک مورد نیاز، تجهیزات اندک و قابل حمل که امکان اجرای تمرینات را در هر مکان و زمانی فراهم می‌آورند، از جمله ویژگی‌های این شیوه تمرینی می‌باشد (۱۳). نتایج تحقیقات نشان داده است که ویژگی منحصر به فرد تمرینات TRX نسبت به سایر شیوه‌های تمرینی، در بکارگیری و فعال کردن عضلات ثبات‌دهنده مفاصل مختلف بدن و بخصوص عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن در تمامی حرکات مختلف این شیوه تمرینی است (۱۳، ۱۴). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که ثابت شده است ثبات بخش پروگزیمال<sup>۸</sup> (مجموعه کمری-لگنی) نقش عمده‌ای در کنترل پاسچرال<sup>۹</sup> و اجرای صحیح تکالیف حرکتی پرخطر ورزشکاران دارد (۱۵، ۱۶). تمرینات TRX این قابلیت را دارد تا حرکت‌پذیری، قدرت و ثبات مفصلی را در تمامی صفحات حرکتی بطور همزمان توسعه دهد (۱۴، ۱۷). تمرینات TRX با تاکید بر ایجاد همزمان ثبات چندمفصلی، می‌تواند هماهنگی مناسب را بین مفاصل اندام تحتانی ایجاد نموده و به دنبال آن جلوگیری از بروز خطاهای حرکتی در حین انجام تکالیف عملکردی در اندام تحتانی را موجب شود (۱۷).

با این حال با وجود تمامی مزیت‌هایی که برای استفاده از این شیوه تمرینی ذکر شده است، تحقیقات انجام شده در ارتباط با این شیوه تمرینی محدود و انگشت شمار می‌باشد. بخصوص در حیطه پیشگیری از آسیب، که از اهداف اصلی رشته آسیب‌شناسی ورزشی می‌باشد، تحقیقات اندکی انجام شده است. تاکنون تحقیقات انجام

می‌گیرند. به‌طوری‌که ۴۵-۸۰ درصد آسیب‌های والیبال، ۴۵-۶۰ درصد آسیب‌های بسکتبال، ۸۳ درصد آسیب‌های فوتبال و ۶۰ درصد آسیب‌های هندبال را آسیب‌های اندام تحتانی تشکیل می‌دهند (۳). این موضوع از این جهت حائز اهمیت است که طبق شواهد، رشته‌های ورزشی فوق، پرمخاطب‌ترین رشته‌های ورزشی در بین دانشجویان کشور می‌باشند. از همین روی اتخاذ تدابیری که بتواند موجب پیشگیری از بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی در جامعه دانشجویی کشور شود، مهم و ضروری می‌باشد.

شناسایی مهم‌ترین فاکتورهای پیشگویی بروز آسیب و اتخاذ تدابیری در جهت ارتقاء آن فاکتورها، گامی ضروری در جهت پیشگیری از بروز آسیب‌های اندام تحتانی می‌باشد. در سال‌های اخیر محققان به بررسی برخی آزمون‌های جسمانی که قابلیت پیشگویی بروز آسیب اندام تحتانی را دارند، پرداخته‌اند (۴، ۵). آزمون‌های پیشگویی آسیب، گروهی از آزمون‌های جسمانی و مهارتی هستند که جهت ارزیابی توانایی عملکردی واقعی فرد استفاده می‌شوند، که این توانایی عملکردی می‌تواند شامل قدرت، توان، سرعت، چابکی، انعطاف‌پذیری و تعادل باشد. اکثر آزمون‌های پیشگویی آسیب، شبیه تکالیفی هستند که ورزشکار در طی فعالیت‌های اختصاصی رشته ورزشی خود انجام می‌دهد که علاوه بر دقت بالا در پیش‌بینی بروز آسیب، به دلیل احتیاج حداقلی به فضا، وسایل، زمان و آزمون‌گر، مورد استقبال محققین و تیم پزشکی قرار گرفته‌اند (۶). آزمون‌های جهشی و آزمون‌های تعادلی به همراه آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود<sup>۱</sup> از جمله آزمون‌های عملکردی پایا و معتبر در ارزیابی قدرت و توان و همچنین هماهنگی و کنترل عصبی-عضلانی اندام تحتانی ورزشکاران می‌باشند (۴، ۷). به طور مثال، برخی از محققان نتایج آزمون تعادل پویای ستاره<sup>۲</sup> را به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای پیش‌گویی بروز آسیب در ورزشکاران برشمرده‌اند. در همین راستا پلایسکی<sup>۳</sup> بیان داشته است که بازیکنان بسکتبالی که میزان امتیاز مجموع ریش آنها در آزمون تعادل Y کمتر از ۹۴ درصد طول اندام تحتانی باشد، تا ۶ برابر بیشتر در معرض خطر بروز آسیب اندام تحتانی می‌باشند (۸). برخی تحقیقات آزمون‌های عملکردی جهشی نظیر جهش جانبی<sup>۴</sup>، جهش ۸ لاتین<sup>۵</sup> و سه جهش تک‌پا<sup>۶</sup> را برای شناسایی اختلالات حرکتی مچ پا در ورزشکاران مستعد آسیب معرفی کرده‌اند (۹). سیستم امتیازدهی خطای فرود نیز یکی از ابزارهای غربالگری بالینی معتبر و قابل اعتماد و مورد استفاده برای شناسایی تعداد خطاهای حرکتی ورزشکاران در برخورد اولیه بعد از فرود از پرش می‌باشد که

۱. Landing Error Scoring System

۲. Star Excursion Balance Test

۳. Plisky

۴. Side hop

۵. Figure ۸ hop

۶. Single leg triple hop

۷. Total Body Resistance Exercise

۸. Proximal

۹. Postural stability

تحتانی دانشجویان ورزشکار مستعد آسیب می باشد.

### مواد و روش ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و بر روی ۲۴ دانشجوی ورزشکار مرد ۱۸-۲۵ ساله انجام شد. طرح تحقیق نیز دوگروهی و همراه با پیش آزمون و پس آزمون در هر دو گروه بود. جامعه آماری تحقیق حاضر را کلیه دانشجویان مرد دانشگاه تهران تشکیل داد. تعداد نمونه بر اساس مطالعات مشابه قبلی و با استفاده از فرمول آماری مناسب تعیین حجم نمونه، تعیین شد (۲۰). بر این اساس، سطح معنی داری ۵ درصد و توان آزمون ۸۰٪ در نظر گرفته شد. لذا بر اساس انحراف استاندارد و میانگین متغیرهای تحقیق میرجمالی و همکاران، تعداد نمونه های هر گروه با توجه به فرمول، ۱۰ نفر محاسبه شد که با توجه به احتمال ریزش نمونه ها در طول تحقیق، این تعداد به ۱۲ نفر افزایش یافت.

شده با استفاده از TRX عمدتاً بر روی افراد سالمند و یا افرادی که دچار مشکلات کمردرد و یا آسیب اندام فوقانی و تحتانی بوده اند انجام شده است و بر اساس مطالعات محقق، تحقیق قابل توجهی در خصوص نقش پیشگیرانه تمرینات TRX در بهبود امتیازات آزمون های پیشگوی بروز آسیب نظیر آزمون های جهشی و تعادلی و خطای فرود در ورزشکاران مستعد آسیب انجام نشده است (۱۴، ۱۸، ۱۹). این موضوع، خود سوالات بسیاری را در ذهن علاقه مندان به این شیوه تمرینی ایجاد می کند که آیا استفاده از تمرینات TRX که بر بهبود و توسعه عملکرد افراد ورزشکار و غیرورزشکار تمرکز دارد، می تواند نسبت به سایر شیوه های تمرینی رایج، در بهبود عملکرد دانشجویان مستعد آسیب در آزمون های پیشگوی آسیب و به دنبال آن پیشگیری از بروز آسیب اندام تحتانی در این افراد نقش داشته باشد یا خیر؟! لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات پیشگیرانه TRX بر آزمون های پیشگوی بروز آسیب اندام

$$(Z_1 - \alpha / 2 + Z_1 - \beta)^2 (S_1^2 + S_2^2) / (M_1 - M_2)^2 = 1/13 + 1/18 [0/6^2 + 1/4^2] / 4/1 - 3/7^2 \approx 10$$

امضای فرم رضایت نامه شرکت در تحقیق اعلام داشتند. به آنها این اختیار داده شده بود که در هر زمان که تمایلی به ادامه شرکت در تحقیق نداشتند، می توانند از ادامه روند تحقیق خارج شوند. همچنین به آنها این اطمینان داده شده بود که اطلاعات آنها بصورت محرمانه نزد محقق باقی خواهد ماند و در صورت نیاز، تنها به شخص آزمودنی در قالب یک فایل ارائه خواهد شد. پس از آن تقسیم بندی تصادفی آزمودنی ها به دو گروه کنترل و تمرینی انجام شد و از آنها خواسته شد تا در زمان مقرر و بر اساس جدول زمان بندی شده و با توجه به زمان دلخواه خود فرد، جهت انجام مرحله پیش آزمون، در محل دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران حضور یابند. پس از حضور آزمودنی ها در سالن ورزشی دانشکده، آماده سازی های اولیه که شامل پوشیدن لباس ورزشی مناسب و کسب اطلاعات عمومی و همچنین اندازه گیری های آنتروپومتریک اولیه بود، انجام شد. سپس از آزمودنی خواسته شد تا با دوچرخه کارسنج به مدت ۵ دقیقه رکاب زده و پس از آن نرمش و کشش های ویژه اندام تحتانی را انجام دهد. مرحله بعدی انجام آزمون های پیشگوی بروز آسیب در مرحله پیش آزمون بود.

ترتیب انجام آزمون ها بدین صورت بود که ابتدا آزمون تعادل Y، سپس آزمون خطای فرود و در نهایت آزمون های عملکردی شامل آزمون جهش جانبی، جهش ۸ لاتین و سه جهش تک پا مورد اندازه گیری قرار گرفت. جهت بررسی عملکرد توانی آزمودنی ها، از آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا و

نمونه های تحقیق به صورت هدفمند و از بین دانشجویان واحدهای تربیت بدنی عمومی ۱ و ۲ دانشگاه تهران انتخاب و بصورت تصادفی به دو گروه کنترل و تمرینی تقسیم بندی شدند. نمونه های دو گروه از نظر پارامترهایی همچون سن، قد و وزن و شاخص توده بدنی همسان انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق شامل: عضویت در یکی از تیم های فوتبال، والیبال، بسکتبال و هندبال دانشگاه، عدم وجود سابقه انجام ورزش بصورت حرفه ای، میزان میانگین کل ریش پای برتر کمتر از ۹۴ درصد طول اندام تحتانی و همچنین کسب امتیاز بالاتر از ۵ در آزمون خطای فرود (جهت شناسایی ورزشکاران مستعد آسیب اسپرین مچ پا و همچنین رباط ها و مینیسک زانو)، عدم وجود سابقه آسیب اندام تحتانی، توانایی کامل تحمل وزن، راه رفتن طبیعی و وجود دامنه حرکتی کامل مفاصل اندام تحتانی به هنگام شرکت در تحقیق، عدم وجود اختلالات سیستم عصبی یا دهلیزی و یا ضربه به سر و همچنین عدم شرکت در برنامه تمرینات ورزشی خاص در طول ۶ ماه گذشته بود (۳، ۴، ۸). معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل عدم رضایت فرد برای همکاری، ایجاد درد در حین اجرای تحقیق بطوریکه فرد قادر به همکاری نباشد، غیبت بیش از دو جلسه متوالی و یا سه جلسه غیرمتوالی در طول تمرینات بود. پس از انتخاب آزمودنی ها بر اساس معیار ورود و خروج از تحقیق، ابتدا توضیحات کامل و اطلاعات کلی روند انجام تحقیق و چگونگی انجام آزمون های تحقیق به آنها ارائه شد. پس از آگاهی کامل آزمودنی ها از شرایط شرکت در تحقیق، تمامی آنها رضایت خود را با

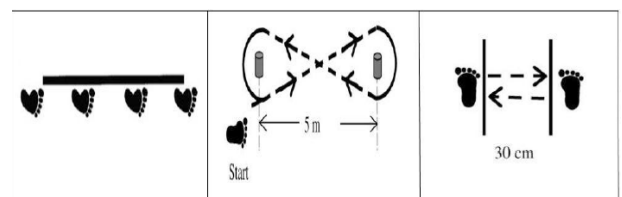
پای دیگر تلاش می‌کرد تا بیشترین حد ممکن در سه جهت آزمون (قدامی، خلفی\_داخلی و خلفی\_خارجی) رَسش داشته باشد، حفظ می‌کرد. در زمان رسیدن به حداکثر رَسش آزمودنی می‌بایست به طور بسیار آهسته با پای رَسش، متر را لمس می‌کرد و به وضعیت اولیه آزمون باز می‌گردید. سپس میزان فاصله رَسش انجام شده (که با تقسیم به طول پای فرد و ضربدر عدد ۱۰۰ نرمال می‌شد) اندازه‌گیری و به عنوان میزان اجرا لحاظ می‌گردید. هر آزمودنی این تست را دو مرتبه اجرا و میانگین دو اجرای وی به عنوان رکورد نهایی وی در نظر گرفته می‌شد. هر تل<sup>۱۱</sup> پایایی بسیار بالایی (۰/۹۵ - ۰/۸) را برای این آزمون گزارش کرده است (۲۳).



تصویر ۲. نحوه انجام آزمون تعادلی Y

جهت انجام آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود در ابتدا توضیحات لازم برای نحوه اجرای آزمون به افراد داده شد. نحوه اجرای آزمون بدین صورت بود که هر فرد می‌بایست روی سکوی ۳۰ سانتی متری به حالت ایستاده پاها را به اندازه عرض شانه باز کرده و به فاصله‌ای که بوسیله یک علامت مشخص شده (تقریباً ۵۰٪ قد هر فرد) بصورت افقی پرش داشته باشد و فرود آید، بعد از فرود بلافاصله به سمت بالا یک پرش عمودی حداکثری داشته باشد و تا حد امکان به سمت بالا بپرد. هر فرد ۲ الی ۳ بار آزمون را بصورت تمرینی انجام داد تا با نحوه اجرای آزمون آشنا شود و نحوه صحیح اجرای آزمون را فرا بگیرد. بعد از توضیحات کامل در رابطه با اجرای آزمون از افراد خواسته شد تا روی سکوی ۳۰ سانتی متری ۲ پرش درست به میزان فاصله تعیین شده با مانع یا کمی جلوتر از مانع انجام دهند. در هنگام اجرای آزمون هیچ بازخوردی به افراد داده نمی‌شد، جز در مواردی که افراد به فاصله تعیین شده نمی‌رسیدند یا بلافاصله بعد از فرود، پرش حداکثری را انجام نمی‌دادند. تعداد ۲ دور بین بر روی پایه‌های ثابت جهت ضبط فیلم در نمای فرونتال به فاصله ۴/۸ متر و نمای ساجیتال به فاصله ۴ متر نصب شد (تصویر شماره ۳).

جهت بررسی عملکرد تعادلی آزمودنی‌ها از آزمون تعادلی Y استفاده شد (تصاویر شماره ۱ و ۲). همچنین جهت بررسی توانایی آزمودنی‌ها در نحوه کنترل راستای اندام تحتانی به هنگام انجام پرش و فرود، از آزمون سیستم نمره‌دهی خطای فرود استفاده شد (۱۱). هر آزمودنی آزمون‌های فوق را ۲ بار تکرار می‌کرد و میانگین دو تکرار وی در هر یک از آزمون‌ها به عنوان امتیاز آزمون‌های پیشگو ثبت می‌شد. آزمون جهش جانبی جهت اندازه‌گیری توان، سرعت، تعادل و ثبات چرخشی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا می‌باشد. پایایی این آزمون ۰/۹۷ گزارش شده است. جهت انجام این آزمون، آزمودنی فاصله ۳۰ سانتیمتری روی زمین را که با دو تکه نوار چسب موازی مشخص شده است، ۱۰ بار به صورت رفت و برگشت و بر روی پای برتر خود جهش جانبی می‌کند. رکورد آزمودنی با استفاده از کرنومتر با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت شد (۱۵، ۲۱). آزمون جهش هشت لاتین نیز جهت اندازه‌گیری توان، سرعت، تعادل و هماهنگی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا اجرا می‌شود. این آزمون در مسیری به شکل هشت لاتین انجام می‌شود که طول مسیر پنج متر و عرض آن یک متر می‌باشد. آزمودنی با پای برتر خود (به صورت لی لی و با سرعت حداکثر) مسیر مشخص شده را دو بار طی می‌کند. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتر با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت شد (۱۵، ۲۱). آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا نیز قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه‌گیری می‌کند. ضریب پایایی آن توسط همیلتن<sup>۱۰</sup> ۰/۹۸ گزارش شده است. نحوه انجام این آزمون بدین صورت است که آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع می‌ایستد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برتر خود در یک خط مستقیم را انجام می‌دهد. امتیاز هر فرد در واحد سانتیمتر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه شد (۶، ۱۵).



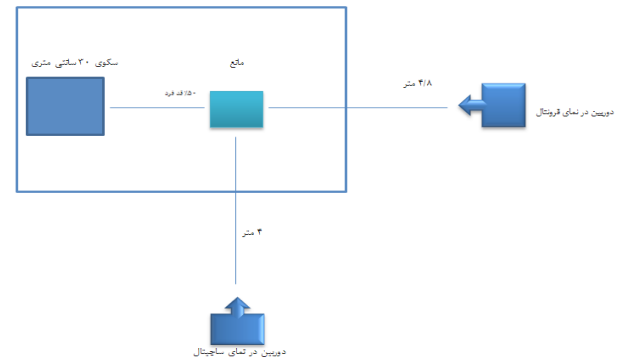
تصویر ۱. نحوه انجام آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا

همچنین جهت ارزیابی تعادل آزمودنی‌ها، از آزمون تعادل Y استفاده شد (۴، ۲۲). بدین صورت که آزمودنی با پای آزمون (پای برتر) در مرکز محل تست می‌ایستاد (سه متر نواری چسبانده شده بر روی زمین به گونه‌ای که علامت صفر مترها در مرکز واقع شده باشد و جهت یکی از آن‌ها به سمت قدامی باشد و دو متر دیگر با متر جهت قدامی زاویه ۱۳۵ درجه داشته باشند) و تعادل خود را در حالیکه با



جدول ۱. نحوه امتیازدهی در آزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود

| مشاهده نمای قدامی (از جلو)                           | مشاهده نمای جانبی (از پهلو)                 |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| عرض ایستادن یا فاصله دو پا:                          | فرود اولیه پاها:                            |
| نرمال (۰)، عرض (۱)، عرض کم (۱)                       | پنجه پاشنه (۰)، پاشنه پنجه (۱)، پای صاف (۱) |
| حداکثر وضعیت چرخش پا:                                | میزان جابجایی فلکشن زانو:                   |
| نرمال (۰)، چرخش خارجی متوسط (۱)، چرخش داخلی اندک (۱) | زیاد (۰)، متوسط (۱)، کم (۲)                 |
| برخورد اولیه همزمان با سطح:                          | میزان جابجایی فلکشن تنه:                    |
| همزمان (۰)، عدم همزمان بودن (۱)                      | زیاد (۰)، متوسط (۱)، کم (۲)                 |
| حداکثر زاویه والگوس زانو:                            | جابجایی کلی در صفحه ساجیتال:                |
| نرمال (۰)، کم (۱)، زیاد (۲)                          | زیاد (۰)، متوسط (۱)، کم (۲)                 |
| میزان فلکشن جانبی تنه:                               | امتیاز کلی آزمون:                           |
| عدم مشاهده (۰)، اندک تا متوسط (۱)                    | عالی (۰)، متوسط (۱)، ضعیف (۲)               |



تصویر ۳. محل قرارگیری دوربین ها و سکوی پرش و آزمودنی در آزمون خطای فرود

ویدئوهای ضبط شده توسط نرم افزار ReSpeeder1.0.lnk به حالت آهسته تبدیل شد و توسط دو آزمون گر بررسی شد. فرم امتیازدهی آزمون خطای فرود شامل ۱۷ آیتم است که از ۲ نمای ساجیتال (آیتم های ۱ تا ۴ و ۱۲ تا ۱۶ و ۱۷) و فرونتال (آیتم های ۵ تا ۱۱ و ۱۵) نحوه فرود و پرش افراد را ارزیابی می کند که در هر آیتم امتیاز صفر به عنوان حرکت صحیح و امتیاز ۱ به عنوان خطا در نظر گرفته شد. مجموعه سوالات 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 لحظه ای 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 زمان های 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 با ۳ امتیاز (۰-۱-۲) را نشان می دهد. آیتم ۱۶ برداشت کلی آزمون گر از پرش و فرود افراد است که امتیاز صفر به عنوان پرش عالی و ۱ پرش متوسط و ۲ پرش ضعیف ثبت شد (۱۰). در انتها مجموع امتیازات هر آزمون بطور جداگانه ثبت شد و در آخر میانگین امتیازات ۲ پرش به عنوان امتیاز اصلی برای هر فرد ثبت شد (جدول ۱).

پس از انجام مرحله پیش آزمون، گروه تمرینی به انجام ۶ هفته تمرینات پیشگیرانه TRX پرداختند. از آنجائیکه نتایج تحقیقات نشان داده است که انجام تمرینات در حضور فرد متخصص باعث حصول نتایج بهتری نسبت به انجام تمرینات بدون نظارت فرد متخصص می شود، محقق تمامی تمرینات را بصورت کامل تحت نظر داشت (۲۴).

تمرینات TRX به مدت ۶ هفته و در ۱۸ جلسه تمرینی که هر جلسه بین ۱۵ الی ۲۰ دقیقه به طول انجامید، توسط آزمودنی های گروه تجربی اجرا شد. طراحی تمرینات پیش رونده TRX بصورتی می باشد که هر هفته نسبت به هفته قبل، با دستکاری زمان اجرای حرکت و یا سطح و نوع حرکت، شدت تمرینات بالا رفته و در هفته های پایانی بیشترین مشابهت را با حرکات عملکردی رایج رشته های فوتبال، والیبال، بسکتبال و هندبال دارا می باشد. به منظور رعایت اصول علم تمرین و همچنین کم کردن اثر شیب شدت تمرین بر نتایج پس آزمون، سعی شد تا در دو هفته پایانی، شیب شدت تمرین، ثابت و فاز نگهداری لحاظ شود (۲۵). تمامی حرکاتی که در تمرینات اجرا شده است بر اساس کتب و مقالاتی است که در زمینه تمرینات TRX به چاپ رسیده و همچنین محقق با توجه به داشتن مدرک مربیگری TRX و بر اساس تجربه ی ۵ سال مربیگری در این رشته و با نظارت اساتید علوم ورزشی، به تدوین پروتکل تمرینات TRX پرداخته است.

جدول ۲. سطح بندی حرکات مورد استفاده در تمرینات TRX

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

جدول ۳. پروتکل جلسات تمرینات TRX

| جلسه | حرکت - مدت زمان اجرای حرکت (ثانیه×ست) |                        |                        |                        |                        |                        |
|------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ۱    | ۱ <sub>۱</sub><br>۳۰×۳                | ۲ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ | ۳ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۲    | ۱ <sub>۱</sub><br>۳۰×۳                | ۲ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ | ۳ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۳    | ۱ <sub>۱</sub><br>۳۵×۳                | ۲ <sub>۱</sub><br>۳۰×۳ | ۳ <sub>۱</sub><br>۳۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۴    | ۱ <sub>۲</sub><br>۳۵×۳                | ۲ <sub>۲</sub><br>۳۰×۳ | ۳ <sub>۲</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۵    | ۱ <sub>۲</sub><br>۳۵×۳                | ۲ <sub>۲</sub><br>۳۰×۳ | ۳ <sub>۲</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۶    | ۱ <sub>۳</sub><br>۳۵×۳                | ۲ <sub>۳</sub><br>۳۰×۳ | ۳ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |                        |
| ۷    | ۱ <sub>۳</sub><br>۳۵×۳                | ۲ <sub>۳</sub><br>۳۰×۳ | ۳ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ | ۴ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ |                        |                        |
| ۸    | ۲ <sub>۴</sub><br>۲۵×۳                | ۳ <sub>۳</sub><br>۳۵×۳ | ۴ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ | ۴ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۵ <sub>۱</sub><br>۲۰×۳ |                        |
| ۹    | ۲ <sub>۴</sub><br>۲۵×۳                | ۳ <sub>۳</sub><br>۴۰×۳ | ۴ <sub>۱</sub><br>۲۰×۳ | ۴ <sub>۲</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۱</sub><br>۲۰×۳ |                        |
| ۱۰   | ۳ <sub>۴</sub><br>۴۰×۳                | ۴ <sub>۲</sub><br>۳۰×۳ | ۵ <sub>۱</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۲</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |                        |
| ۱۱   | ۳ <sub>۴</sub><br>۴۵×۳                | ۴ <sub>۲</sub><br>۳۰×۳ | ۵ <sub>۲</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۴</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۳۰×۳ |
| ۱۲   | ۳ <sub>۴</sub><br>۴۵×۳                | ۴ <sub>۲</sub><br>۳۰×۳ | ۵ <sub>۳</sub><br>۳۰×۳ | ۵ <sub>۴</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۲۰×۳ |
| ۱۳   | ۵ <sub>۴</sub><br>۲۵×۳                | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳ | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۰×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ |
| ۱۴   | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳                | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۴۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |
| ۱۵   | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳                | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۴۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |
| ۱۶   | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳                | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۴۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |
| ۱۷   | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳                | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۴۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |
| ۱۸   | ۵ <sub>۴</sub><br>۳۰×۳                | ۵ <sub>۵</sub><br>۲۵×۳ | ۵ <sub>۶</sub><br>۲۵×۳ | ۶ <sub>۱</sub><br>۴۰×۳ | ۶ <sub>۲</sub><br>۲۰×۳ | ۶ <sub>۳</sub><br>۲۵×۳ |

°6-1: سطح حرکت

همچنین از گروه کنترل خواسته شد تا در طول مدت تحقیق، هیچگونه فعالیت ورزشی که موجب تأثیر بر نتایج تحقیق شود انجام ندهند و صرفاً فعالیت‌های روزمره خود را انجام دهند. پس از اتمام دوره تمرینات، تمامی آزمودنی‌های هر دو گروه (به غیر از یکی از آزمودنی‌های گروه TRX به علت غیبت بیش از حد مجاز در تمرینات) کلیه آزمون‌های مرحله پیش‌آزمون را یک بار دیگر در مرحله پس‌آزمون اجرا کردند و امتیازات آنها ثبت شد.

مفروضه نرمال بودن توزیع داده‌ها بر اساس آزمون آماری شاپیروویلک<sup>۱۲</sup> رعایت شد. سپس از آزمون تی مستقل جهت مقایسه ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های دو گروه استفاده شد. در ادامه، با توجه به طرح تحقیق از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره برای بررسی تأثیر مداخله استفاده شد. لازم به ذکر است که پیش

۱۲. Shapirowilk

آزمون به عنوان کووریت (هم‌پراش) در نظر گرفته شد. همچنین، پیش فرض‌های اجرای تحلیل کوواریانس (شامل: نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها، عدم همبستگی هم‌پراش‌ها با یکدیگر، نمونه‌گیری تصادفی، همگنی شیب رگرسیون و خطی بودن رگرسیون هم‌پراش و وابسته) رعایت شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۱ صورت گرفت.

### یافته

نتایج آزمون تی مستقل حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در بین دو گروه می‌باشد. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول شماره ۴ و به تفکیک گروه گزارش شده است.

جدول ۴. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق به همراه نتایج آزمون تی مستقل

| متغیر                                       | گروه TRX (n=۱۲)<br>میانگین ± انحراف معیار | گروه کنترل (n=۱۲)<br>میانگین ± انحراف معیار | P     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|
| وزن (کیلوگرم)                               | ۸۴/۹۶ ± ۴/۶۸                              | ۸۵/۰۶ ± ۵/۱۳                                | ۰/۹۰۳ |
| قد (سانتی‌متر)                              | ۱۸۵/۹۵ ± ۸/۱۱                             | ۱۸۶/۴۴ ± ۷/۳۹                               | ۰/۴۸۸ |
| شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مجذور قد به متر) | ۲۴/۲۷ ± ۲/۸۶                              | ۲۴/۰۳ ± ۳/۷۴                                | ۰/۶۷۲ |
| سن (سال)                                    | ۲۰/۴۸ ± ۳/۲۲                              | ۲۱/۱۴ ± ۳/۷۸                                | ۰/۷۱۲ |

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره نشان داد که در میانگین آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین، سه جهش تک‌پا و میانگین مجموع ریش در آزمون تعادلی Y و امتیازات آزمون خطای فرود در پس‌آزمون بین دو گروه تحقیق اختلاف معناداری وجود دارد ( $P < ۰/۰۵$ ) (جدول ۵). بطوریکه انجام ۶ هفته تمرینات TRX

موجب بهبود امتیاز آزمون‌های پیش‌گوی بروز آسیب اندام تحتانی آزمودنی‌ها در گروه تجربی شده است. علاوه بر آن مقادیر حاصل از اندازه اثر تمرینات TRX که به روش اتاسکوئر<sup>۱۳</sup> مورد بررسی قرار گرفت، نشان‌دهنده اثر بالای تمرینات TRX بر تمامی متغیرهای تحقیق می‌باشد.

۱۳. Etasquare

جدول ۵. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس برای مقایسه میانگین آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین، سه جهش تک‌پا، آزمون تعادلی Y و آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود بین دو گروه

| متغیر                        | گروه         | میانگین ± انحراف معیار      | F     | P      | اتاسکوئر |
|------------------------------|--------------|-----------------------------|-------|--------|----------|
| جهش جانبی (ثانیه)            | کنترل<br>TRX | ۸/۲۱ ± ۱/۴۵<br>۵/۷۲ ± ۱/۸۸  | ۳۱/۲۸ | ۰/۰۰۱* | ۰/۲۷     |
| جهش هشت لاتین (ثانیه)        | کنترل<br>TRX | ۱۲/۰۲ ± ۲/۲۶<br>۸/۶۱ ± ۱/۳۳ | ۲۷/۱۶ | ۰/۰۰۱* | ۰/۴۹     |
| سه جهش تک‌پا (سانتیمتر)      | کنترل<br>TRX | ۲۲۹ ± ۸/۵۴<br>۲۹۴ ± ۱۲/۲۸   | ۱۹/۸۹ | ۰/۰۰۱* | ۰/۳۷     |
| میانگین مجموع ریش (سانتیمتر) | کنترل<br>TRX | ۲۳۵ ± ۱۳/۸۴<br>۲۷۸ ± ۱۷/۴۱  | ۲۸/۳۶ | ۰/۰۰۱* | ۰/۵۲     |
| خطای فرود                    | کنترل<br>TRX | ۵/۷ ± ۱/۰۵<br>۳/۱ ± ۰/۸۸    | ۳۰/۶۲ | ۰/۰۰۱* | ۰/۶۱     |

\*:  $P < ۰/۰۵$



## بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات پیشگیرانه TRX بر نتایج آزمون‌های پیش‌گوی بروز آسیب اندام تحتانی دانشجویان ورزشکار مستعد آسیب بود. یافته‌های تحقیق نشان داد که انجام ۶ هفته تمرینات TRX می‌تواند موجب بهبود معنی‌دار ظرفیت پرشی-توانی، عملکرد تعادلی و همچنین تصحیح خطاهای حرکتی اندام تحتانی دانشجویان ورزشکار مستعد آسیب شود (۰/۰۵ P). بررسی ادبیات پیشینه نشان می‌دهد که یافته‌های تحقیق حاضر در راستای یافته‌های تحقیقات پیشین می‌باشد. اصلانی و همکاران (۳)، حسونود و همکاران (۲۶)، هژبرپور و همکاران (۲۷)، زارعی و همکاران (۱۰)، راشا<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۸)، موک<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۹)، گادکه<sup>۱۶</sup> و همکاران (۱۴) و جانوت<sup>۱۷</sup> و همکاران (۳۰) نیز اثرگذاری تمرینات TRX را بر برخی متغیرهای موثر بر بروز آسیب ورزشکاران گزارش کرده‌اند. بهبود متغیرهای پیشگوی بروز آسیب در آزمودنی‌های تحقیق حاضر را می‌توان به تغییر در عملکرد سیستم عصبی-عضلانی به دنبال بهبود کارآیی گیرنده‌های حسی موجود در سیستم اسکلتی-عضلانی و ارسال اطلاعات حسی مناسب به سیستم عصبی نسبت داد (۱۳). ارسال اطلاعات دقیق و مناسب حس عمقی، می‌تواند در اثر بازبایی عملکرد دوک‌های عضلانی، اندام وتری-گلژی و مکانورسپتورهای مفاصل باشد. گزارشات همچنین حاکی از آن است که با توجه به رابطه تنگاتنگ بین دروندادها و برونادهای سیستم کنترل حرکتی، هرگونه تغییر در ورودی‌های حسی می‌تواند عملکرد حرکتی را نیز به شکل قابل توجهی تحت تاثیر قرار دهد. بر این اساس از دلایل احتمالی بهبود توانایی‌های پرشی، تعادلی و کنترل حرکتی اندام تحتانی آزمودنی‌ها، به عنوان فاکتورهای مهم در پیش‌گویی بروز آسیب اندام تحتانی، می‌توان به افزایش سازگاری‌های عصبی-عضلانی ناشی از تمرینات TRX اشاره کرد. علاوه بر آن نشان داده شده است که فعالیت‌هایی که نیاز به حفظ تعادل، انتقال وزن، تحریک رفلکس‌های ضدجاذبه و هماهنگی عصبی-عضلانی بالا دارند، سبب تسهیل و ارتقای کارآیی گیرنده‌های حس عمقی می‌شوند و می‌توانند بر عملکرد افراد اثرگذار باشند (۳). حرکات مورد استفاده در تمرینات بکار برده شده در تحقیق حاضر نیز عمدتاً شامل حرکاتی بوده است که تعادل را به خوبی به چالش کشیده و عضلات فرد را در وضعیت مقابله با نیروهای ضدجاذبه قرار می‌دهد. تحقیقات پیشین تاکید داشته‌اند که تمریناتی که با رویکرد پیشگیری انجام می‌شوند، بهتر است فاکتورهای مختلف تمرینی را شامل شوند تا تاثیرگذاری بیشتری داشته باشند (۱۰). این موضوع در تمرینات TRX قابلیت

اجرا دارد؛ چرا که بسیاری از فاکتورهایی که می‌توانند در اثربخشی یک برنامه تمرینی در پیشگیری از آسیب و بهبود مکانیزم فرود مؤثر باشند مانند تمرینات تقویت ثبات مرکزی، قدرتی، تعادلی، آگاهی نسبت به راستای اندام تحتانی، تکنیک صحیح تغییر جهت‌های ناگهانی، پریدن و فرود آمدن در برنامه تمرینات TRX قابل اجرا می‌باشد.

تمرینات TRX از آنجائیکه ماهیت قدرتی دارند، می‌توانند نقش بسزایی در بهبود قدرت عضلات اندام تحتانی و جلوگیری از بروز آسیب داشته باشند. جانوت و همکاران در تحقیق خود با مقایسه تمرینات TRX و تمرینات مقاومتی سنتی به این نتیجه رسیدند که در نتیجه ۵ هفته تمرینات با افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی و همچنین افزایش میزان فعالیت عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن در اثر تمرینات TRX، تعادل آزمودنی‌ها نیز افزایش می‌یابد. به عقیده جانوت به منظور حفظ راستای مناسب و صحیح بدن هنگام انجام تمرینات TRX ضروری است که عضلات میانی بدن فعال شوند که همین مساله می‌تواند از دلایل بهبود تعادل و همچنین مکانیسم پرش و فرود به دنبال انجام تمرینات TRX باشد (۳۰). همان‌طور که پیش از این نیز بیان شد، تعادل نقش مهمی در پیشگیری از بروز آسیب در اندام تحتانی دارد؛ از طرفی اجرای یک پرش و فرود صحیح به میزان زیادی تحت تاثیر قدرت عضلانی، هماهنگی سیستم عصبی-عضلانی و حفظ تعادل به هنگام فرود می‌باشد (۱۱). فلذا تمرینات TRX این قابلیت را دارند تا از طریق بهبود تعادل ورزشکاران، شرایط برخورداری از یک مکانیسم حرکتی صحیح را فراهم ساخته و نقش پررنگی در جلوگیری از بروز آسیب ایفا کنند. گزارش شده است که عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن، نقش بسیار پررنگی در چگونگی و کیفیت اجرای حرکات در اندام تحتانی دارند؛ بخصوص در حرکات عملکردی که نیروهای ناگهانی به اندام تحتانی وارد می‌شود، این نقش عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن بسیار پررنگ‌تر می‌شود. چراکه ثبات پروگزیمال برای اجرای حرکت در بخش‌های دیستال ضروری است (۱۵، ۱۶). تحقیقات نشان داده است که ارتباط مستقیمی بین عملکرد عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن و بروز آسیب در اندام تحتانی وجود دارد. در واقع مرکز بدن به عنوان یک تکیه‌گاه جهت انجام تکالیف مختلف حرکتی برای اندام تحتانی می‌باشد و چنانچه این تکیه‌گاه از ثبات کافی برخوردار نباشد، ریسک بروز آسیب در اندام تحتانی افزایش می‌یابد (۲۷). نتایج تحقیقات نشان داده است که افرادی که دارای ضعف در عضلات ثبات‌دهنده و مرکزی بدن خود هستند توانایی کمتری در کنترل وضعیت تنه‌ی خود به هنگام فرود دارند که این عامل باعث افزایش احتمال والگوس زانو در هنگام فرود می‌شود (۱۰). بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان بیان داشت که تمرینات TRX احتمالاً به دلیل بهبود عملکرد عصبی-

۱۴. Rasha

۱۵. Mok

۱۶. Gaedtk

۱۷. Janot

عملکرد هماهنگ عضلات ثبات دهنده، آرتروکینماتیک<sup>۱۹</sup> بهینه در مجموعه کمری-لگنی-رانی را به هنگام انجام فعالیت های پویای پرخطر نظیر حرکات برشی و یا پرش و فرود در پی دارد. کارآیی عصبی-عضلانی بهینه، کاهش و افزایش شتاب بهینه و پایداری پویای کل زنجیره حرکتی از جمله دیگر مزایای افزایش هم انقباضی عضلات ناحیه مرکزی بدن است که ثبات پروگزیمال را برای اجرای حرکت ایمن در سطوح دیستال فراهم می آورد (۱۵، ۱۶).

به طور کلی، تمرینات TRX مورد استفاده در تحقیق حاضر به دلیل آنکه با رویکرد پیشگیرانه طراحی شد، از طریق فعال سازی عضلات اندام تحتانی و همچنین عضلات ثبات مرکزی، موجب ایجاد یکپارچگی حرکتی در سرتاسر اندام تحتانی شده و می تواند با بهبود عوامل پیش گوی بروز آسیب، نقش پررنگی در پیشگیری از بروز آسیب در اندام تحتانی ورزشکاران داشته باشد. از همین روی پیشنهاد می شود از این شیوه تمرینی در قالب پروتکل های پیشگیرانه از بروز آسیب، در تیم های ورزشی و بخصوص تیم های ورزشی دانشگاهی استفاده شود. عدم دسترسی به امکانات مجهز آزمایشگاهی از جمله دستگاه الکترومیوگرافی و همچنین دستگاه آنالیز حرکت، جهت بررسی دقیق فعالیت عضلات اندام تحتانی و ارزیابی سه بعدی حرکات مفاصل اندام تحتانی به هنگام فرود را می توان از جمله محدودیت های تحقیق حاضر دانست.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسئولین اداره کل منابع انسانی و امور رفاهی دانشگاه تهران به جهت پشتیبانی از این تحقیق و کلیه افرادی که به عنوان آزمودنی در اجرای این تحقیق مشارکت و همکاری داشته اند کمال تشکر و قدردانی را داریم. تحقیق حاضر دارای تأییدیه کد اخلاق از کمیته ملی اخلاق در پژوهش های زیست پزشکی با شناسه IR.UT. SPORT.REC.1397.025 می باشد.

عضلانی عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن، با ایجاد پایداری و ثبات کافی در بخش مرکزی بدن و جلوگیری از خارج شدن مرکز ثقل از محدوده سطح اتکا به هنگام انجام فعالیت های عملکردی نظیر پرش و فرود، علاوه بر آنکه موجب حفظ راستای صحیح تنه و اندام تحتانی می شود، به طور غیرمستقیم می تواند در جلوگیری از بروز آسیب های اندام تحتانی نقش داشته باشد.

یکی از ویژگی های تمرینات TRX این است که عضلات ثبات دهنده مرکزی را به خوبی فعال کرده که این فعالیت مناسب عضلات ثبات دهنده مرکزی باعث توانایی بیشتر ورزشکار در کنترل تنه و به دنبال آن کنترل مناسب اندام تحتانی و به خصوص زانو در هنگام فرود می شود و شاید بتوان کاهش نمره آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود در گروه مداخله را به همین موضوع نسبت داد. در همین راستا، میرجمالی و همکاران به نقل از کاگ<sup>۱۸</sup> بیان داشته اند که تمریناتی که طی آن مرکز ثقل از محدوده سطح اتکا خارج شده و نیازمند حفظ و بازایی تعادل هستند و عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن را درگیر می کند، عملکرد گیرنده های حس عمقی را که مسئول تشخیص جهت و موقعیت مفصل هستند بهبود بخشیده و موجب افزایش حساسیت مسیرهای فیدبکی، کوتاه کردن زمان شروع انقباض عضلات و بهبود حساسیت حس وضعیت می شود (۲۰). همچنین با توجه به اینکه اثرگذاری تمرینات TRX در فعال سازی حداکثری عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن به اثبات رسیده است (۲۹)، این موضوع می تواند موجب افزایش هم انقباضی عضلات ناحیه مرکزی بدن و در پی آن بهبود کنترل حرکتی، قدرت و تعادل شود (۳). بیان شده است که تمریناتی که در سطوح ناپایدار نظیر TRX انجام می شوند، با ایجاد هم انقباضی در عضلات لوکال و گلوبال، یکپارچگی بیشتری در سرتاسر عضلات ایجاد کرده و موجب عملکرد بهتر اندام تحتانی، حفظ راستای صحیح اندام به هنگام اجرای حرکات پویا نظیر پرش و فرود و در نتیجه پیشگیری از بروز آسیب می شوند (۲۸).

۱۹. Arthrokinematic

۱۸. Kaug

### References

1. Sadeghpour A, Ehsani M, Saffari M, Zamani-Alavijeh F. Identification of the factors of socio-cultural environment affecting the physical activity students: a qualitative study. Iran J Health Educ Health Promot. Spring 2020;8(1): 57-71.
2. 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.

3. Aslani M, Minoonejad H, Rajabi R. Comparing the effect of trx exercise and hoping on balance in male university student athletes. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2018;7(4):241-50.
4. Zarei M. Predicting Lower Extremity Injury in

Iranian Army Rangers using Functional Performance Tests. *Journal Mil Med*. 2018;19(6):607-15.

5. Smith HC, Johnson RJ, Shultz SJ, Tourville T, Holterman LA, Slauterbeck J, Vacek PM, Beynnon BD. A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(3):521-6.

6. Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of athletic training*. 2008;43(2):144-51.

7. Clark RC, Saxion CE, Cameron KL, Gerber JP. Associations between three clinical assessment tools for postural stability. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. 2010;5(3):122.

8. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2006;36(12):911-9.

9. Rosen AB, Needle AR, Ko J. Ability of functional performance tests to identify individuals with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2019;29(6):509-22.

10. 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.

11. Padua DA, Boling MC, DiStefano LJ, Onate JA, Beutler AI, Marshall SW. Reliability of the landing error scoring system-real time, a clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. *Journal of sport rehabilitation*. 2011;20(2):145-56.

12. Giancotti GF, Fusco A, Iannaccone A, Cortis

C. Short-term effects of suspension training on strength and power performances. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2018;3(4):51.

13. Aslani M, Kalantariyan M, Minoonejad H. Effect of Functional Training with TRX on the Balance of Middle-Aged Men. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018;7(4):80-9.

14. Gaedtke A, Morat T. TRX suspension training: A new functional training approach for older adults—development, training control and feasibility. *International journal of exercise science*. 2015;8(3):224-33.

15. Sheikhhassani S, Rajabi R, Minoonejad H. Effect of Core Muscle Fatigue on Measurements of Lower Extremity Functional Performance in Male Athletes. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2013 7;9(4).

16. De Blaiser C, Roosen P, Willems T, Danneels L, Bossche LV, De Ridder R. Is core stability a risk factor for lower extremity injuries in an athletic population? A systematic review. *Physical therapy in sport*. 2018;30:48-56.

17. Tinto A, Campanella M, Fasano M. Core strengthening and synchronized swimming: TRX® suspension training in young female athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2016 ;57(6):744-51.

18. Gaedtke A, Morat T. Effects of two 12-week strengthening programmes on functional mobility, strength and balance of older adults: Comparison between TRX suspension training versus an elastic band resistance training. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. 2016;13(1):49-64.

19. Fong SS, Tam YT, Macfarlane DJ, Ng SS, Bae YH, Chan EW, Guo X. Core muscle activity during TRX suspension exercises with and without kinesiology taping in adults with chronic low back

pain: implications for rehabilitation. Evidence-based complementary and alternative medicine. 2015 Jan 1;2015.

20. Mirjamali E, Minoonejad H, Seidi F, Samadi H. Comparison of the effects of core stability training on stable and unstable levels on the static and dynamic balance of female athletes with trunk dysfunction. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019;8(1):61-70.

21. Rosen AB, Needle AR, Ko J. Ability of functional performance tests to identify individuals with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis. Clinical Journal of Sport Medicine. 2019 ;29(6):509-22.

22. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter Y-balance test in healthy adults: a systematic review. International journal of sports physical therapy. 2019;14(5):683-94.

23. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2006;36(3):131-7.

24. Mazzetti SA, Kraemer WJ, Volek JS, Duncan ND, Ratamess NA, Gomez AL, Newton RU, Hakkinen KE, Fleck SJ. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. Medicine and science in sports and exercise. 2000;32(6):1175-84.

25. Børsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. Sports medicine. 2003;33(14):1037-60.

26. Hasanvand H, Ranjbar R, Habibi A, Goharpey S. Comparison of the effect of trx and traditional resistance training on some factors of body composition and balance in sedentary men.

27. Hozhabrpour-Fereydani F, Taghian F, Saleki M. The Effect of Trunk Core Stability Training and Total-Body Resistance Exercise (TRX) on the Performance, Balance, and Strength of Athletes with Ankle Sprain: A Clinical Randomized Trial Study. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2019;14(4):239-47.

28. Rasha Me. Influence Of Sling Exercises (Trx) On Certain Physical Variables And Performance Level Of High Jump For Female College Students. Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/ Science, Movement & Health. 2017;17(1):59-65.

29. Mok NW, Yeung EW, Cho JC, Hui SC, Liu KC, Pang CH. Core muscle activity during suspension exercises. Journal of science and medicine in sport. 2015;18(2):189-94.

30. Janot J, Heltne T, Welles C, Riedl J, Anderson H, Howard A, Myhre SL. Effects of TRX versus traditional resistance training programs on measures of muscular performance in adults. Journal of Fitness Research. 2013;2(2):23-38.