

The Effect of Six Weeks Suspension Training On Functional Test's Score in Athletes with Functional Ankle Instability

Kalantariyan M¹, Minoonejad H², Rajabi R³, Seydi F⁴

Abstract

Purpose: Functional dysfunction has been reported as one of the most important consequences of functional ankle instability injury. One of the newest tools used to rehabilitate musculoskeletal injuries is suspension training with TRX (Total Body Resistance Exercise). However, so far, its effect on the various functional factors in athletes with functional ankle instability has not been determined. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of 6 weeks of suspension training with TRX on the performance scores of athletes with functional ankle instability.

Methods: 30 male athletes with functional ankle instability were selected and then randomly assigned into the control and training groups. The subjects were selected by inclusion and exclusion criteria. Subjects' performance was assessed by side hop test, figure 8 test, and three single-leg hop test. The training group performed 18 training sessions of 45 minutes during 6 weeks. During 6 weeks, control group were asked to not perform any special exercise. Then, the post-test was performed in both groups. In order to compare the scores of functional tests between two groups, paired t-test and covariance analysis were used. Significant level was considered as $p \leq 0.05$ in all statistical analyzes.

Results: The results of statistical tests showed that there is a significant difference between the mean scores of each of the three side hop test ($p=0.001$) figure 8 test ($p=0.001$), and three single-leg hop tests ($p=0.001$) between the two groups in the post-test. Therefore, that subjects of the TRX training group had better performance in all three tests than those in the control group.

Conclusion: Since the results of this study showed that performing TRX suspension training can improve the performance of athletes in side-hop test, figure 8 test and triple hop test, therefore it recommended that all sport trainers use the exercises used in this study to improve the performance of athletes with functional ankle instability.

Keywords: Suspension Training, TRX, Functional ankle instability, Core stability, Function, Athlete

Received: 2019.03.15 Accepted: 2020.01.14

تاثیر شش هفته تمرینات تعلیقی بر امتیاز آزمون های عملکردی ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا

محمد کلانتریان^۱، هومن مینونژاد^۲، رضا رجبی^۳، فواد صیدی^۴

هدف: اختلال در عملکرد به عنوان یکی از مهم ترین پیامدهای آسیب بی ثباتی عملکردی مچ پا گزارش شده است. یکی از جدیدترین ابزارهای مورد استفاده جهت توانبخشی آسیب های اسکلتی-عضلانی، تمرینات تعلیقی با استفاده از TRX (Total Body Resistance Exercise) می باشد. با این حال تاکنون تاثیرگذاری آن بر فاکتورهای مختلف عملکردی ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا مشخص نشده است. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات تعلیقی با TRX بر امتیاز آزمون های عملکردی ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا می باشد.

روش بررسی: ۳۰ ورزشکار مرد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا بصورت در دسترس انتخاب و سپس بصورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفری کنترل (وزن $84/87 \pm 4/35$ ، قد $185/37 \pm 4/53$ ، سن $22/01 \pm 2/07$ ، شاخص توده بدنی $24/07 \pm 5/25$) و تمرینی (وزن $83/04 \pm 6/02$ ، قد $182/61 \pm 6/95$ ، سن $23/84 \pm 4/16$ ، شاخص توده بدنی $21/52 \pm 2/56$) قرار گرفتند. انتخاب آزمودنی ها بوسیله معیارهای ورود و خروج از تحقیق صورت گرفت. عملکرد آزمودنی ها بوسیله آزمون های جهش جانبی، جهش

هشت لاتین و سه جهش تک پا مورد ارزیابی قرار گرفت. گروه تمرینی ۱۸ جلسه تمرینی ۴۵ دقیقه‌ای را در طول ۶ هفته انجام دادند. در طول این ۶ هفته از گروه کنترل خواسته شد تا فعالیت ورزشی خاصی انجام ندهند. سپس مرحله پس آزمون در هر دو گروه انجام شد. به منظور مقایسه امتیازات آزمون های عملکردی بین دو گروه از روش های آماری تی زوجی و آنالیز کوواریانس استفاده شد. سطح معنی داری در تمامی تجزیه و تحلیل های آماری $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها: نتایج آزمون های آماری نشان داد که بین میانگین امتیازات هر سه آزمون جهش جانبی ($p=0.001$) جهش هشت لاتین ($p=0.001$) و سه جهش تک پا ($p=0.001$) بین آزمودنی های دو گروه در مرحله پس آزمون تفاوت معنی داری وجود دارد. بطوری که آزمودنی های گروه تمرینات تعلیقی TRX، عملکرد بهتری را در هر سه آزمون نسبت به آزمودنی های گروه کنترل داشتند.

نتیجه گیری: از آنجائی که نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام تمرینات تعلیقی TRX می تواند سبب بهبود عملکرد ورزشکاران در آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا شود، لذا به کلیه مربیان ورزشی توصیه می شود جهت ارتقاء عملکرد ورزشکاران مبتلا به ثباتی عملکردی مچ پا، از تمرینات مورد استفاده در تحقیق حاضر استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: تمرینات تعلیقی TRX، بی ثباتی عملکردی مچ پا، ثبات مرکزی، عملکرد، ورزشکار

نویسنده مسئول: هومن مینوونژاد، h.minoonejad@ut.ac.ir ORCID: 0000-0002-5983-8102

آدرس: تهران، امیرآباد شمالی، پردیس شمالی دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی

- ۱- دانش آموخته دکترای آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۲- دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۳- استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

عضله پرونیوس لانگوس علاوه بر تاخیر در وارد عمل شدن، سطح فعالیت کمتری را به هنگام مواجه شدن با اغتشاشات اینورژنی نسبت به افراد سالم نشان می دهد (۲). افرادی که دچار آسیب بی ثباتی عملکردی مچ پا می شوند، احساس خالی کردن، عدم وجود ثبات و اختلال در عملکرد مچ پای خود را به هنگام انجام فعالیت های مختلف عملکردی گزارش می کنند (۴). این آسیب می تواند سبب دور ماندن ورزشکار از محیط ورزشی شود (۲). به طوری که گزارش شده است در ۷۵٪ موارد، پیامدهای ناشی از ابتلا به آسیب تا یک سال پس از آن همچنان برای فرد باقی می ماند (۴)، در همین راستا گزارش شده است که در نزدیک به ۷۰٪ موارد، ابتلا به اسپرین مچ پا می تواند بی ثباتی عملکردی مچ پا را به دنبال داشته باشد (۵). اختلال در عملکرد در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا به عنوان یکی از مهم ترین پیامدهای طولانی مدت این آسیب، شناخته می شود (۶، ۷). تحقیقات مختلف، اختلال در عملکرد که یکی از مهم ترین دلایل عدم کسب موفقیت در

اسپرین لیگامان های بخش خارجی مچ پا را می توان شایع ترین آسیب ورزشی معرفی کرد (۱). اسپرین لیگامان های خارجی در صورتی که به صورت تکراری و مزمزم در آید، می تواند موجب ابتلای فرد به بی ثباتی عملکردی مچ پا (Functional Ankle Instability) شود (۱). صدمه به سیستم حسی - حرکتی مچ پا از جمله دلایل بروز بی ثباتی عملکردی مچ پا می باشد (۲). این آسیب بخصوص در رشته های ورزشی نظیر هندبال، بسکتبال و والیبال که فعالیت های عملکردی نظیر پرش و فرود (Jump Landing)، حرکات برشی، چرخیدن ها و جابجایی های سریع را به صورت مکرر انجام می دهند، شایع تر می باشد (۳). برخی تحقیقات تغییر در برنامه های کنترل حرکتی سیستم عصبی که مسئول کنترل حرکات مفصل مچ پا به هنگام انجام فعالیت های عملکردی مچ پا می باشند را به عنوان عاملی برای ایجاد بی ثباتی عملکردی مچ پا قلمداد کرده اند (۲). گزارش شده است که در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا نسبت به افراد سالم،

کمری- لگنی) نقش عمده‌ای در کنترل پاسچرال (Postural Stability) و اجرای صحیح تکالیف عملکردی ورزشکاران دارد (۱۳). تمرینات TRX این قابلیت را دارد تا حرکت‌پذیری، قدرت و ثبات مفصلی را در تمامی صفحات حرکتی به طور همزمان توسعه دهد (۱۲، ۱۴).

تمرینات TRX با تاکید بر ایجاد همزمان ثبات چند مفصلی، می‌تواند هماهنگی مناسب را بین مفاصل اندام تحتانی ایجاد نموده و به دنبال آن جلوگیری از بروز حرکات آسیب‌زا در حین انجام تکالیف عملکردی در مفصل مچ پا را موجب شود (۱۴). همچنین امکان شبیه‌سازی (Similarity) (یکی از مهم‌ترین کدهای تمرینات عصبی-عضلانی) تکالیف عملکردی که در زمین تمرین یا مسابقه اجرا می‌شوند، در سایر شیوه‌های تمرینات توانبخشی، محدود می‌باشد (۱۵)؛ در صورتی که تمرینات TRX این قابلیت را دارند تا به صورت کاملاً عملکردی و با تنوع تمرینی بالا، تکالیف عملکردی را که در میدان مسابقه انجام می‌شوند، شبیه‌سازی کرده و به بازآموزی مناسب تر و جامع تر برنامه‌های حرکتی سیستم عصبی مرکزی کمک کند (۱۴).

با این حال تحقیقات انجام شده در ارتباط با این شیوه تمرینی محدود می‌باشد. بخصوص در حیطه بازگشت به ورزش (Return to Sport) پس از آسیب، که هدف اصلی رشته آسیب‌شناسی ورزشی می‌باشد، تحقیقات اندکی انجام شده است. تاکنون تحقیقات انجام شده با استفاده از TRX عمدتاً بر روی افراد سالمند و یا افرادی که دچار مشکلات کمردرد و یا آسیب اندام فوقانی بوده‌اند انجام شده است و بر اساس مطالعات محقق، تحقیق قابل توجهی در خصوص آماده‌سازی افراد ورزشکار مبتلا به آسیب بی-ثباتی عملکردی مچ پا جهت بازگشت به ورزش، با استفاده از این شیوه تمرینی انجام نشده است (۱۶، ۱۷، ۱۲). در این زمینه تنها می‌توان به تحقیق اصلانی (۱۱) اشاره کرد که طی آن به اثرگذاری مثبت تمرینات TRX در بهبود متغیرهای موثر بر بروز آسیب اندام تحتانی در ورزشکاران اشاره شده است. این موضوع، خود سوالات بسیاری را در ذهن علاقه‌مندان به این شیوه تمرینی ایجاد می‌کند که آیا استفاده از تمرینات TRX که بر بهبود و توسعه عملکرد افراد ورزشکار و غیرورزشکار تمرکز دارد، می‌تواند نسبت به سایر شیوه‌های تمرینی رایج، در بهبود عملکرد و

ورزش است را در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به هنگام انجام آزمون‌های عملکردی نظیر جهش جانبی (Side Hop)، جهش ۸ لاتین (Figure 8 Hop) و سه جهش تک پا (Single Leg Tripple Hop) گزارش کرده‌اند (۶، ۸). بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند موجب بهبود عملکرد ورزشی و همچنین عملکرد مچ پا و اندام تحتانی در خلال فعالیت‌های مختلف روزانه و ورزشی این افراد شود ضروری به نظر می‌رسد.

تمرینات ورزشی، ابزاری مناسب، در دسترس، کم‌هزینه، غیرتهاجمی و همچنین اثرگذار در توانبخشی آسیب‌بی-ثباتی عملکردی مچ پا شناخته می‌شوند (۹، ۱۰). تاکنون شیوه‌های تمرینی مختلفی از جانب محققین مورد استفاده قرار گرفته است که هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارند؛ تمرینات عصبی-عضلانی، تمرینات حس عمقی، تمرینات ثبات مرکزی، تمرینات تعادلی و تمرینات قدرتی، نمونه‌ای از تمرینات مورد استفاده در تحقیقات پیشین می‌باشند (۸-۱۰). با این حال در بین تحقیقات پیشین درخصوص میزان اثرگذاری تمرینات ارائه شده اتفاق نظر وجود ندارد. شاید بتوان عدم توجه به تمامی فاکتورهای اثرگذار بر این آسیب را به عنوان دلیلی برای این موضوع برشمرد. بدیهی است که هر شیوه تمرینی که بتواند اکثریت فاکتورهای اثرگذار بر این آسیب را مورد توجه قرار دهد و موجب بهبود عوامل اثرگذار بر آسیب شود، انتخاب مناسبی برای دوره توانبخشی آسیب‌بی‌ثباتی عملکردی مچ پا خواهد بود.

تمرینات تعلیقی (Suspension Training) با استفاده از TRX نمونه‌ای از تمرینات توانبخشی است که اخیراً مورد توجه افراد درمانگر و همچنین مربیان ورزشی قرار گرفته است. 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 (۱۱). نتایج تحقیقات نشان داده است که ویژگی منحصر به فرد تمرینات TRX نسبت به سایر شیوه‌های تمرینی، در بکارگیری و فعال کردن عضلات ثبات دهنده مفاصل مختلف بدن و بخصوص عضلات ثبات دهنده مرکزی (Core Stabilizer Muscles) بدن در تمامی حرکات مختلف این شیوه تمرینی است (۱۲، ۱۱). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که ثابت شده است ثبات بخش پروگسیمال (Proximal) (مجموعه

ورود به تحقیق شامل موارد ذیل می‌باشد: وجود بی ثباتی عملکردی مچ پا، سابقه حداقل یک بار آسیب پیچ خوردگی خارجی در مچ پا که نیازمند مدتی محافظت و عدم تحمل وزن به همراه بی تحرکی بوده باشد، توانایی کامل تحمل وزن، راه رفتن طبیعی و وجود دامنه حرکتی کامل مفصل مچ پا به هنگام شرکت در تحقیق، کسب نمره کمتر از ۲۷ از پرسشنامه ناپایداری مچ پا (Comberland Ankle Instability Questioner)، عدم وجود بی ثباتی مکانیکی (Mechanical Instability) مفصل از طریق منفی بودن آزمون های کشویی قدامی (Anterior Drawer Test) و تیلت تالار (Talar Tilt Test) در زمان انجام آزمون، عدم وجود درد و ضعف در مچ پای مبتلا نسبت به مچ پای دیگر که به طور عینی قابل مشاهده باشد، عدم وجود اختلالات سیستم عصبی یا دهلیزی و یا ضربه به سر و همچنین عدم شرکت در برنامه توانبخشی مچ پا در طول ۶ ماه گذشته (۱۰، ۱۸).

معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل عدم رضایت فرد برای همکاری، ایجاد درد در حین اجرای تحقیق به طوری که فرد قادر به همکاری نباشد، غیبت بیش از دو جلسه متوالی و یا سه جلسه غیرمتوالی در طول تمرینات و مصرف هر گونه داروی آرام بخش در طول ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون ها می باشد (۱۰، ۱۸). پس از انتخاب آزمودنی ها بر اساس معیار ورود و خروج از تحقیق و دریافت رضایت نامه شرکت آگاهانه در تحقیق، ابتدا توضیحات کامل و اطلاعات کلی روند انجام تحقیق و چگونگی انجام آزمون های تحقیق به آن ها ارائه شد. پس از آن تقسیم بندی تصادفی آزمودنی ها به دو گروه کنترل و تمرینی انجام شد و از آن ها خواسته شد تا در زمان مقرر و بر اساس جدول زمان بندی شده، جهت انجام مرحله پیش آزمون، در محل آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران حضور یابند. لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از ایجاد سوگیری در نتایج تحقیق، کورسازی به روش دوسویه انجام گرفت. پس از حضور آزمودنی ها در محل آزمایشگاه، آماده سازی های اولیه که شامل پوشیدن لباس ورزشی مناسب و کسب اطلاعات عمومی و همچنین اندازه گیری های آنترپومتریک 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 عملکردی در مرحله پیش آزمون

بازگشت ایمن به ورزش در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا موثر باشد یا خیر؟! لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات تعلیقی با استفاده از TRX بر امتیاز آزمون های عملکردی اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی-ثباتی عملکردی مچ پا می باشد.

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و بر روی ۳۰ ورزشکار مرد ۱۸-۲۵ ساله مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را کلیه ورزشکاران مرد دانشگاهی تشکیل داده است. تعداد نمونه بر اساس مطالعات مشابه قبلی و با استفاده از فرمول آماری مناسب تعیین حجم نمونه، تعیین شده است (۱۰). بر این اساس، سطح معنی داری ۵ درصد و توان آزمون ۸۰٪ در نظر گرفته شد. لذا بر اساس انحراف معیار و میانگین متغیرهای تحقیق نادری و همکاران (۱۰)، تعداد نمونه های هر گروه با توجه به فرمول، ۱۲ نفر محاسبه شد که با توجه به احتمال ریزش نمونه ها در طول تحقیق، این تعداد به ۱۵ نفر افزایش یافت.

$$(Z_1 - \alpha / 2 + Z_1 - \beta)^2 (S_1^2 + S_2^2) / (M_1 - M_2)^2 = 12$$

ضریب اطمینان = ۰/۹۵

توان آزمون = ۸۰٪

α = سطح معنی داری = ۵٪

$\beta - 1$ = توان آزمون = ۸۰٪

M_1 = میانگین عملکرد گروه کنترل در پس آزمون تحقیق مشابه قبلی

M_2 = میانگین عملکرد گروه تجربی در پس آزمون تحقیق مشابه قبلی

S_1 = انحراف معیار گروه کنترل در پس آزمون تحقیق مشابه قبلی

S_2 = انحراف معیار گروه تجربی در پس آزمون تحقیق مشابه قبلی

نمونه های تحقیق به صورت هدفمند و از بین دانشجویان عضو تیم های هندبال، بسکتبال و والیبال تیم های دانشگاهی شهر تهران، انتخاب شدند و در هر گروه ۵ والیبالیست، ۵ هندبالیست و ۵ بسکتبالیست قرار گرفتند. نمونه های دو گروه از نظر پارامترهایی همچون سن، قد و وزن و شاخص توده بدنی همسان انتخاب شدند. معیارهای

که هر جلسه بین ۱۵ الی ۲۰ دقیقه به طول انجامید، توسط آزمودنی های گروه تجربی اجرا شد. طراحی تمرینات پیش-رونده TRX به صورتی 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 والیبال، بسکتبال و هندبال دارا می باشد. به منظور رعایت اصول علم تمرین و همچنین کم کردن اثر شیب شدت تمرین بر نتایج پس از آزمون، سعی شد تا در دو هفته پایانی، شیب شدت تمرین، ثابت و فاز نگهداری لحاظ شود (جدول ۱-۲) (۲۱). تمامی حرکاتی که در تمرینات اجرا شده است بر اساس کتب و مقالاتی است که در زمینه تمرینات TRX به چاپ رسیده است (۲۲، ۱۴، ۱۱).

همچنین از گروه کنترل خواسته شد تا در طول مدت تحقیق، هیچ گونه فعالیت ورزشی که موجب تاثیر بر نتایج تحقیق شود انجام ندهند و صرفاً فعالیت های روزمره خود را انجام دهند. پس از اتمام دوره تمرینات، تمامی آزمودنی های هر دو گروه (به غیر از یکی از آزمودنی های گروه TRX به علت غیبت بیش از حد مجاز در تمرینات) کلیه آزمون های مرحله پیش از آزمون را یک بار دیگر در مرحله پس از آزمون اجرا کردند و امتیازات آن ها ثبت شد. مفروضه نرمال بودن توزیع داده ها بر اساس آزمون آماری شاپیروویلک رعایت شد. سپس از آزمون تی مستقل جهت مقایسه ویژگی های دموگرافیک آزمودنی های دو گروه استفاده شد. در ادامه، با توجه به طرح تحقیق از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره برای بررسی تاثیر مداخله استفاده شد. لازم به ذکر است که پیش از آزمون به عنوان کووریت (هم پراش) در نظر گرفته شد. همچنین، پیش فرض های اجرای تحلیل کوواریانس (شامل: نرمال بودن توزیع داده ها، همگنی واریانس ها، عدم همبستگی هم پراش ها با یکدیگر، نمونه گیری تصادفی، همگنی شیب رگرسیون و خطی بودن رگرسیون هم پراش و وابسته) رعایت شد. تمامی تجزیه و تحلیل های آماری در سطح معنی داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۱ صورت گرفت (۲۲).

یافته ها

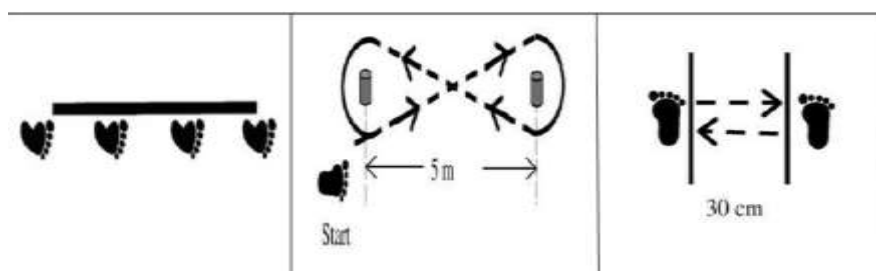
نتایج آزمون تی مستقل حاکی از عدم وجود تفاوت معنی دار بین ویژگی های دموگرافیک آزمودنی ها در بین دو گروه

بود. جهت بررسی عملکرد آزمودنی ها، از آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا استفاده شد که در شکل ۱ نحوه اجرای این آزمون ها ارائه شده است (شکل ۱). هر آزمودنی آزمون های فوق را ۲ بار تکرار می کرد و بهترین رکورد وی در هر یک از آزمون ها به عنوان امتیاز آزمون های عملکردی ثبت می شد. آزمون جهش جانبی جهت اندازه گیری توان، سرعت، تعادل و ثبات چرخشی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا می باشد. پایایی این آزمون ۰/۹۷ گزارش شده است (۱۳). 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 آسیب دیده خود جهش جانبی می کند. رکورد آزمودنی با استفاده از کرنومتر با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت شد (۱۳، ۶).

آزمون جهش هشت لاتین نیز جهت اندازه گیری توان، سرعت، تعادل و هماهنگی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا اجرا شد. این آزمون در مسیری به شکل هشت لاتین انجام می شود که طول مسیر پنج متر و عرض آن یک متر می باشد. آزمودنی با پای برتر خود (به صورت لی لی و با سرعت حداکثر) مسیر مشخص شده را دو بار طی می کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتر با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت شد (۱۳، ۶).

آزمون جهش سه گانه تک پا نیز قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه گیری می کند. ضریب پایایی آن توسط Hamilton ۰/۹۸٪ گزارش شده است. نحوه انجام این آزمون بدین صورت است که آزمودنی با پای آسیب دیده پشت خط شروع می ایستد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای آسیب دیده خود در یک خط مستقیم را انجام می دهد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه شد (۱۳، ۱۹).

پس از انجام مرحله پیش از آزمون، گروه تمرینی به انجام ۶ هفته تمرینات تعلیقی پیش رونده با استفاده از TRX پرداختند (جدول ۱). از آنجایی که نتایج تحقیقات نشان داده است که انجام تحقیقات در حضور فرد متخصص باعث حصول نتایج بهتری نسبت به انجام تحقیقات بدون نظارت فرد متخصص می شود، محقق تمامی تمرینات را به صورت کامل تحت نظر داشت (۲۰). تمرینات تعلیقی با استفاده از بندهای TRX و به مدت ۶ هفته و در ۱۸ جلسه تمرینی



شکل ۱: نحوه انجام آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا (به ترتیب از راست به چپ)

جدول ۱: نام و سطح بندی حرکات مورد استفاده در تمرینات TRX

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

مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هر سه آزمون جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا، آزمودنی های گروه تمرینات TRX نتایج بهتری را در پس آزمون نسبت به پیش آزمون بدست آوردند، اما در گروه کنترل تغییر معنی داری مشاهده نشد. همچنین بررسی اندازه اثر تمرینات TRX به روش اتاسکوئر، حاکی از اندازه اثر بزرگ این تمرینات بر هر سه آزمون عملکردی مورد استفاده در تحقیق حاضر دارد.

از آنجایی که تمرینات TRX یک شیوه تمرینی جدید می باشد و منابع تحقیقی در خصوص این شیوه تمرینی چندان غنی نمی باشند، لذا با توجه به اطلاعات محققین، تحقیقاتی که بتوان نتایج آن ها را به صورت مستقیم با نتایج تحقیق حاضر مورد مقایسه و بررسی قرار داد، یافت نشد. با این حال می توان نتایج تحقیقاتی را که در زمینه بررسی اثر یک شیوه تمرینی بر عملکرد ورزشکاران انجام

می باشد. اطلاعات مربوط به ویژگی های دموگرافیک آزمودنی ها در جدول ۳ و به تفکیک گروه گزارش شده است. نتایج آزمون شاپیروویلیک نشان از نرمال بودن داده های مربوط به اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها دارد ($p > 0.05$) (جدول ۴). نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره نشان داد که در میانگین آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا در پس آزمون بین دو گروه تحقیق اختلاف معناداری وجود دارد ($p < 0.05$) (جدول ۵). علاوه بر آن مقادیر حاصل از اندازه اثر تمرینات TRX که به روش اتاسکوئر (Etasquare) مورد بررسی قرار گرفت، نشان دهنده اثر بالای تمرینات TRX بر تمامی متغیرهای تحقیق می باشد.

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تاثیر انجام ۶ هفته تمرینات تعلیقی با استفاده از TRX بر عملکرد ورزشکاران

جدول ۲: پروتکل جلسات تمرینات TRX

جلسه	شماره حرکت و سطح آن- مدت زمان اجرای حرکت (ثانیه×ست)					
۱			۳ _۱	۲ _۱	۱ _۱	
			۳×۲۵	۳×۲۵	۳×۳۰	
۲			۳ _۱	۲ _۱	۱ _۱	
			۳×۲۵	۳×۲۵	۳×۳۰	
۳			۳ _۱	۲ _۱	۱ _۱	
			۳×۳۵	۳×۳۰	۳×۳۵	
۴			۳ _۲	۲ _۲	۱ _۲	
			۳×۳۵	۳×۳۰	۳×۳۵	
۵			۳ _۲	۲ _۲	۱ _۲	
			۳×۳۵	۳×۳۰	۳×۳۵	
۶			۳ _۲	۲ _۲	۱ _۲	
			۳×۳۰	۳×۳۰	۳×۳۵	
۷		۴ _۱	۳ _۲	۲ _۲	۱ _۲	
		۳×۲۵	۳×۳۵	۳×۳۰	۳×۳۵	
۸	۵ _۱	۴ _۲	۴ _۱	۳ _۲	۲ _۲	
	۳×۲۰	۳×۲۰	۳×۲۵	۳×۳۵	۳×۲۵	
۹	۵ _۱	۴ _۲	۴ _۱	۳ _۲	۲ _۲	
	۳×۲۰	۳×۲۵	۳×۳۰	۳×۴۰	۳×۲۵	
۱۰	۵ _۲	۵ _۲	۵ _۱	۴ _۲	۳ _۲	
	۳×۲۵	۳×۲۵	۳×۲۵	۳×۳۰	۳×۴۰	
۱۱	۶ _۱	۵ _۴	۵ _۲	۴ _۲	۳ _۲	
	۳×۳۰	۳×۲۵	۳×۲۵	۳×۳۰	۳×۴۵	
۱۲	۶ _۱	۵ _۵	۵ _۲	۵ _۲	۳ _۲	
	۳×۲۰	۳×۳۵	۳×۳۰	۳×۳۰	۳×۴۵	
۱۳	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۴	۵ _۲	
	۳×۲۰	۳×۲۰	۳×۳۵	۳×۲۰	۳×۳۰	
۱۴	۶ _۲	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۵	
	۳×۲۵	۳×۲۰	۳×۴۰	۳×۲۵	۳×۲۵	
۱۵	۶ _۲	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۵	
	۳×۲۵	۳×۲۰	۳×۴۰	۳×۲۵	۳×۲۵	
۱۶	۶ _۲	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۵	
	۳×۲۵	۳×۲۰	۳×۴۰	۳×۲۵	۳×۲۵	
۱۷	۶ _۲	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۵	
	۳×۲۵	۳×۲۰	۳×۴۰	۳×۲۵	۳×۲۵	
۱۸	۶ _۲	۶ _۲	۶ _۱	۵ _۶	۵ _۵	
	۳×۲۵	۳×۲۰	۳×۴۰	۳×۲۵	۳×۳۰	

جدول ۳: ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق به همراه نتایج آزمون تی مستقل

متغیر	گروه TRX (n=15) میانگین ± انحراف معیار	گروه کنترل (n=15) میانگین ± انحراف معیار	p- مقدار
وزن (kg)	۸۳/۰۴ ± ۶/۰۲	۸۴/۸۷ ± ۴/۳۵	۰/۴۵۴
قد (cm)	۱۸۲/۶۱ ± ۶/۹۵	۱۸۵/۳۷ ± ۴/۵۳	۰/۳۳۹
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	۲۳/۸۴ ± ۴/۱۶	۲۴/۰۷ ± ۵/۲۵	۰/۹۴۱
سن (سال)	۲۱/۵۲ ± ۲/۵۶	۲۲/۰۱ ± ۲/۰۷	۰/۶۷۱

جدول ۴: نتایج آزمون شاپیروویلیک جهت بررسی نرمال بودن داده‌های مربوط به اطلاعات دموگرافیک

متغیر	p- مقدار پیش آزمون	p- مقدار پس آزمون
وزن (kg)	۰/۱۴۷	۰/۲۱۶
قد (cm)	۰/۱۸۱	۰/۱۶۷
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	۰/۳۲۷	۰/۱۱۹
سن (سال)	۰/۲۵۲	۰/۱۴۲

جدول ۵: نتایج آزمون آنالیز کوواریانس برای مقایسه میانگین آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف معیار	F	p- مقدار	اتا اسکوتر
جهش جانبی (ثانیه)	کنترل	۸/۳۴ ± ۲/۱۵	۲۴/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۳۹
	TRX	۵/۷۹ ± ۱/۳۲			
جهش هشت لاتین (ثانیه)	کنترل	۱۰/۷۱ ± ۳/۰۹	۳۱/۴۶	۰/۰۰۱	۰/۸۵
	TRX	۷/۶۴ ± ۲/۲۵			
سه جهش تک‌پا (سانتیمتر)	کنترل	۳۴۵ ± ۱۵/۶۷	۲۹/۷۹	۰/۰۰۱	۰/۲۷
	TRX	۳۹۸ ± ۲۱/۳۴			

پروتکل تمرینی و همچنین آزمون‌های عملکردی مورد استفاده در دو تحقیق دانست. آزمون‌های تحقیق Seo و همکاران (۲۶)، افراد نظامی بودند که فعالیت‌های جسمانی خاص و محدودی را دنبال می‌کنند، اما در تحقیق حاضر ورزشکاران رشته‌های توپی که دچار آسیب بی‌ثباتی عملکردی می‌باشند، آزمون‌های تحقیق را تشکیل داده‌اند. پروتکل تمرینی مورد استفاده در تحقیق Seo و

شده است، بصورت غیرمستقیم با نتایج تحقیق حاضر مورد مقایسه و بررسی قرار داد. لذا نتایج تحقیق حاضر با نتایج اصلانی (۲۲)، Rasha و همکاران (۲۳) و Janot و همکاران (۲۴) همسو و با نتایج Bouteraa و همکاران (۲۵) و Seo و همکاران (۲۶) ناهمسو می‌باشد. از جمله دلایل عدم توافق نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق Seo و همکاران را می‌توان در آزمون‌های دو تحقیق، نوع

روی عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن خود دارند و توانایی ایجاد ثبات در بخش های مرکزی بدن را ندارند، به میزان بیشتری در معرض بروز آسیب های مختلف می باشند (۱۸). این درحالی است که اصلانی و همکاران (۲۲) به نقل از Janson پیشنهاد کرده اند تمریناتی که بهبود ظرفیت های ثبات مرکزی بدن را باعث می شوند، می تواند موجب افزایش آگاهی حس عمقی در بخش های مختلف بدن شده و به مرور زمان بهبود عملکرد را در پی داشته باشد (۲۲). نادری (۱۰) بیان می دارد که تمرینات ثبات مرکزی، نقایص سیستم عصبی-عضلانی را برطرف کرده که این امر موجب ایجاد آرتروکینماتیک (Arthrokinematic) بهینه در مجموعه کمری-لگنی-رانی در طول حرکات زنجیره جنبشی- عملکردی، افزایش و کاهش شتاب مطلوب و تعادل بهینه عضلانی می شود. همچنین پایداری بخش های پروگزیمال را برای انجام حرکت در بخش دیستال (Distal) فراهم می آورد (۱۰). بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر و همچنین گفته های فوق، تمرینات TRX را می توان ابزاری مناسب جهت بهبود عملکرد و همچنین پیشگیری از بروز آسیب معرفی کرد.

حرکات عملکردی همچون پرش، فرود، چرخش و برش، به عنوان بخشی از خزانه عملکردی خاص هر فرد تعریف می شود. ظرفیت عملکردی قسمتی از بخش خزانه حرکتی مغز است که در آن برخی از حرکات به عنوان مهارت های عمومی (راه رفتن، نشستن، دویدن و...) و برخی دیگر به عنوان مهارت های ویژه (حرکات تخصصی در ورزش های مختلف) جای دارند. بازتوانی عملکردی به عنوان فرآیند کمک به افراد برای بازیابی ظرفیت عملکردی با استفاده از خزانه حرکتی مغز آن هاست (۲۲). Lederman (۱۵) در خصوص بازتوانی آسیب های ورزشی پیشنهاد می کند که بهتر است تمریناتی در فاز بازتوانی آسیب مورد استفاده قرار بگیرند که در خزانه حرکتی فرد وجود داشته باشند و فرد آشنایی نسبی با آن حرکات داشته باشد (۱۵). وی بیان می دارد که تمرینات عصبی-عضلانی که در فاز بازتوانی آسیب مورد استفاده قرار می گیرند، می بایست دارای پنج ویژگی باشند؛ اول تمریناتی که انتخاب می شود می بایست برای فرد شناخته شده باشد و فرد با آگاهی کامل از هدف اجرای تمرین، حرکات را اجرا کند. در تحقیق حاضر سعی شد از حرکاتی استفاده شود که حرکات رایج رشته های ورزشی هندبال، بسکتبال و والیبال می باشد و فرد تجربه و

همکاران (۲۶)، تمرینات هاپینگ (Hoping) می باشد، اما پروتکل تمرینی تحقیق حاضر از نوع تمرینات تعلیقی TRX می باشد. تمرینات هاپینگ بیشتر ماهیت پرشی دارند و بخشی از تمرینات پلايومتریک را تشکیل می دهد و تمرکز اصلی آن بیشتر بر انجام پرش های پرتکرار و با ارتفاع کم می باشد. اما تمرینات TRX مورد استفاده در تحقیق حاضر، دارای تنوع تمرینی بالایی بوده و ترکیبی از تمرینات عصبی-عضلانی، قدرتی، پلايومتریک و ثبات دهنده مرکزی می باشد. شاید بتوان گفت همین عامل ترکیبی بودن تمرینات موجب بهبود عملکرد آزمودنی های تحقیق شده باشد. تفاوت در نوع آزمون های عملکردی مورد استفاده در دو تحقیق می تواند عاملی دیگر در عدم توافق نتایج باشد. Seo و همکاران (۲۶) از آزمون های چابکی ایلینویز (Illinois) و پرش ارتفاع جهت ارزیابی عملکرد آزمودنی ها استفاده کردند؛ اما در تحقیق حاضر از آزمون های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک پا استفاده شد. Bouteraa و همکاران (۲۵) نیز همسو با نتایج Seo و همکاران (۲۶)، عدم تاثیرگذاری تمرینات پلايومتریک را بر آزمون های اسکات جامپ (Squat Jump) و کانترموومنت جامپ (Countermovement Jump) در زنان بسکتبالیست مشاهده کردند (۲۵).

Janot همسو با نتایج تحقیق حاضر بیان می کند که اجرای یک دوره تمرینات تعلیقی می تواند موجب بهبود تعادل آزمودنی های تحقیق از طریق افزایش قدرت عضلانی و همچنین افزایش میزان فعال سازی عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن شود (۲۴). تمرینات TRX این قابلیت را دارد که علاوه بر تقویت عضلات مسئول در حرکت، عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن را نیز در طول اجرای حرکت بصورت مداوم درگیر کرده و به حفظ ثبات بدن در حین اجرای فعالیت های عملکردی مختلف کمک کند (۱۱). فعالیت مداوم عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن موجب ایجاد یک پایگاه محکم و قابل اتکا برای اندام های فوقانی و تحتانی به هنگام اجرای تکالیف عملکردی مختلف شده که این امر خود نقش بسزایی در جلوگیری از بروز آسیب خواهد داشت (۱۳). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که نتایج تحقیقات نشان داده است که ارتباط مستقیمی بین عملکرد بخش مرکزی بدن و عملکرد اندام های فوقانی و تحتانی و بروز آسیب های احتمالی وجود دارد (۱۳). ثابت شده است که افرادی که کنترل کمتری بر

مجدد جلوگیری می کند. لذا به کلیه مربیان ورزشی و افراد درمان گر پیشنهاد می شود که جهت بهبود عملکرد ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا از تمرینات TRX مورد استفاده در این تحقیق استفاده نمایند.

سپاسگزاری

تحقیق حاضر برگرفته از پایان نامه دکترای در رشته آسیب-شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه تهران می باشد. بدین وسیله از تمامی عزیزانی که جهت اجرای این تحقیق مساعدت و همکاری داشتند کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم. تحقیق حاضر دارای تائیدیه کد اخلاق از کمیته ملی اخلاق در پژوهش های زیست پزشکی با شناسه IR.UT.SPORT.REC.1397.025 می باشد.

منابع

1. Thompson C, Schabrun S, Romero R, Bialocerkowski A, et al. Factors contributing to chronic ankle instability: a systematic review and meta-analysis of systematic reviews. *Sports Medicine* 2018; 48(1): 189-205.
2. Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports medicine* 2000; 29(5): 361-371.
3. Kalantariyan M, Minoonejad H, Rajabi R, Beyranvand R, et al. The comparison of the electromyography activity of selected muscles of the ankle joint in athletes with ankle dorsiflexion range of motion limitation with healthy athletes during the single-leg jump landing. *Rehabilitation Medicine* 2014; 2(2): 14-23. [Persian]
4. Samadi H, Rajabi R. Comparing the Onset of Pre-Activity of Leg Muscles between Athletes with Functional Ankle Instability and Healthy Athletes During Landing from a Jump. *Journal of Babol University of Medical Sciences* 2017; 19(11): 7-13. [Persian]
5. Wright CJ, Arnold BL, Ross SE. Altered kinematics and time to stabilization during drop-jump landings in individuals with or without functional ankle instability. *Journal of athletic training* 2016; 51(1): 5-15.

آگاهی کامل را در اجرای حرکات داشته باشد. در این خصوص می توان به حرکات پرشی و برشی متنوع که در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت، اشاره داشت. دوم تمرینات باید به صورت فعال انجام شود و خود فرد در اجرای حرکات درگیر باشد. سومین ویژگی بیان شده از جانب Lederman (۱۵)، ارائه بازخورد به ورزشکار می باشد. دریافت بازخوردهای کلامی، مشاهده ای و یا بازخورد داخلی (حس عمقی) در طول زمان انجام تمرینات، موجب اثرگذاری بیشتر تمرینات و اجرای صحیح حرکات به وسیله ورزشکار خواهد شد. در تحقیق حاضر نیز سعی شد که بخصوص در هفته های اول تمرین، از بازخوردهای کلامی و مشاهده ای (اجرای نحوه صحیح انجام حرکات به وسیله مربی) استفاده شود. ویژگی چهارم، افراد باید تمرینات را با تکرار لازم انجام دهند تا به اثربخشی مطلوبی دست پیدا کنند. آخرین ویژگی که یکی از مهم ترین ملزومات تمرینات عصبی عضلانی است، اصل مشابهت تمرینات می باشد. بدین معنی که تمرینات باید شبیه به تکلیفی باشد که فرد در زمین مسابقه و یا به هنگام فراخوانی نیازهای حرکتی، آن را انجام می دهد (۱۵). تمرینات طراحی شده در تحقیق حاضر به گونه ای می باشد که تا حدود بسیار زیادی قابلیت شبیه سازی حرکات مورد استفاده در رشته های ورزشی هندبال، بسکتبال و والیبال را فراهم آورد.

در پروتکل مورد استفاده در تحقیق حاضر، سعی شده است حرکاتی طراحی شوند که در هر سه سطح و محور حرکتی انجام شوند. علاوه بر آن، در تمامی حرکات طراحی شده، رعایت ویژگی های تمرینات بازتوانی مورد نظر Lederman (۱۵) که در بالا گزارش شدند، مورد توجه قرار گرفت تا تمرینات بیشترین اثرگذاری را داشته باشند. آزمون های عملکردی مورد استفاده در تحقیق حاضر نیز به صورتی است که نیازمند درگیری عضلات در تمامی محورهای حرکتی می باشند؛ بنابراین اثرگذاری مثبت تمرینات TRX را می توان به نوعی به رعایت عوامل موثر در کیفیت تمرینات عصبی-عضلانی نسبت داد.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می توان نتیجه گیری کرد که انجام تمرینات TRX از آنجایی که می تواند موجب افزایش قدرت و کارایی عضلات ثبات - دهنده مرکزی بدن شود، عملکرد ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا را بهبود بخشیده و از بروز آسیب

6. 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: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2019; 29(6): 509-522.
7. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Ankle function during hopping in subjects with functional instability of the ankle joint. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2007; 17(6): 641-648.
8. Mohammadi A, Shojaedin S, Letafatkar A, Hadadnejad M. Comparative Effects of Impacts and Stainabilities of NASM and Combined Exercises (Neuromuscular and Core Stability) on Functional Characteristics and Balance of Individuals with Unilateral Chronic Ankle Injury. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018; 7(3): 34-47. [Persian]
9. Loudon JK, Santos MJ, Franks L, Liu W. The effectiveness of active exercise as an intervention for functional ankle instability. *Sports Medicine* 2008; 38(7): 553-563.
10. 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): 61-72. [Persian]
11. 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): 80-89 [Persian]
12. 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): 224-233.
13. Sheikhhassani S, Rajabi R, Minoonejad H. The effect of core muscle fatigue on measurements of lower extremity functional performance in male athletes. *Journal Of Research In Rehabilitation Sciences* 2013; 9(4), 638-668. [Persian].
14. 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* 2017; 57(6): 744-51.
15. Lederman E. *Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapy*. Edinburgh: Churchill Livingstone 2010; chapter 4: 121-128.
16. 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.
17. Fong SS, Tam Y, Macfarlane DJ, Ng SS, et al. 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; 16(3): 1-6.
18. Abbasi H, Alizadeh MH, Daneshmandi H, Barati A. Comparing The Effect Of Functional, Extra-Functional And Combined Exercise On Dynamic Balance In Athletes With Functional Ankle Instability. *Sport Mediciene Studies Spring-* 2015; 17(2): 15-34. [Persian]
19. 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.
20. Mazzetti SA, Kraemer WJ, Volek JS, Duncan ND, et al. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2000; 32(6): 1175-84.
21. Børshheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports medicine* 2003; 33(14): 1037-60.
22. 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): 241-250. [Persian]
23. Essam-Eldeen RM. 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 and Sport/Science, Movement and Health* 2017; 17(1): 59-66.
24. Janot J, Heltne T, Welles C, Riedl J, et al. Effects of TRX versus traditional resistance training programs on measures of muscular performance in adults. *Journal of Fitness Research* 2013; 2(2): 23-38.
25. Bouteraa I, Negra Y, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of combined balance and plyometric training on athletic performance in female basketball players. *Journal of strength and conditioning research* 2020; 34(7): 1967-73.
26. Seo S-G, Ji Y-S, Woo D-Y, Yoon J-H. Effects of 6 Weeks Plyometric Training on Isokinetic Leg Strength, Agility, and Vertical Jump and in Korea ROTC Cadets 2016; 23(4): 519-26.