Research Paper

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

Zahra Mokhtari Fard¹ , Mehdi Sabbagh langeroudi^{1}

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Citation 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 (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(3):546-561. <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.14>

<https://doi.org/10.32598/sjrm.10.3.14>

Received: 04 Nov 2019

Accepted: 28 Jul 2020

Available Online: 23 Jul 2021

ABSTRACT

Background and Aims This study aimed at the effects of 8 weeks TRX exercises and core stability exercises in the stable level on the landing pattern, the stability of the core area, and the balance of girls football players.

Methods Thirty athletes with trunk defects were screened by Tuck Jump test and selected as a statistical sample. Finally, assigned to two groups of 15 subjects at a stable level and varying level training. Both groups participated in pretest and post-test. Both groups training sessions for 8 weeks and three weeks each week on core stability training at both sustained (stable) and unstable (TRX). This study used the core stability practice protocol in the training section at a stable and unstable level. The static and dynamic balance were evaluated by BESS and Y tests, respectively. McGill's endurance tests also evaluated the endurance of the core region. In addition, landing mechanics were assessed using the Landing Error Score System test. ANCOVA test was used to compare the differences between the research variables by two types of training. The stability of the core body was used in two groups of training (stable and TRX) and a t-test for correlating the changes within the group.

Results The results of the analysis of t-test showed that in the results of the stable training ($P \leq 0.001$) and TRX ($P \leq 0.001$) effect on score of the error of landing error, LESS, flexion 60°, Sorensen, Right Plank, static balance and total dynamic balance score. In the post-test, there are significant differences between the two groups in the TRX and stable levels in LESS, Sorensen, static balance in the state stand on two legs on a soft surface and stand in the Tandem on a soft surface ($P \leq 0.05$).

Conclusion the results of this study showed that the use of core stability training at a stable and unstable level by helping to improve the landing jump activity, as well as improving muscular balance and endurance, can be eliminated by modifying some of the risk factors associated with an ACL injury to prevent Lower limb non-limiting injury in athletes with trunk defects.

Keywords:

Endurance, Balance, Core

* Corresponding Author:

Zahra Mokhtari Fard, MSc.

Address: Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Tel: +98 (921) 0331813

E-Mail: z.mokhtarifard@gmail.com

Extended Abstract

1. Introduction

The increase in the number of athletes and sports enthusiasts has also led to a rise in sports-related injuries. Injury can occur as a result of a simple accident or from a complex interaction of internal and external risk factors. On average, more than 10,000 Americans need medical treatment daily for injuries from sports and recreational activities. According to researchers, about 50 to 80 percent of these injuries are overuse injuries and noncontact injuries. These injuries can occur due to weakness, lack of muscle coordination, and previous injuries. Due to the importance of injury prevention, the present study was conducted to investigate the effect of 8 weeks of TRX training and core stability on the jump-landing pattern, core region stability, and balance of girls football players.

2. Methods

Thirty athletes with trunk defects were screened by tuck jump test and selected as a statistical sample of the study. In two groups of 15 persons, core stability exercises (Mean±SD: age: 25.33±3.22 years, height: 168±8.25 cm, weight: 61.50±7.61 kg, sports history: 4.53±1.06 years) and TRX exercises (Mean±SD: age: 24.93±0.70 years, height: 167.8±22.28 cm, weight: 57.13±10.08 kg, sports history: 4.60±0.91 years). Both groups participated in pretest and post-test and performed core stability and TRX exercises for eight weeks and three sessions per week. The static and dynamic balance were assessed by BESS and Y tests, respectively. McGill endurance tests also set the Core endurance. In addition, the landing mechanics were evaluated using the LESS test. ANCOVA test was used to compare the differences between research variables due to two types of selected exercises of core body stability between the two training groups. A correlated t-test was used to evaluate changes within the group.

3. Results

The correlated t-test showed that core stability exercises ($P=0.001$) and TRX ($P=0.001$) significantly affected the LESS landing error score, 60° flexion test results, Sorensen Plank test. Right Plank and left Plank, total endurance score, BESS balance error scoring system test, Y balance test for anterior direction, Y balance test for Posteromedial direction, Y balance test for Posterolateral balance, and total Y balance test score. The results of covariance analysis showed a significant difference in the results of Sorensen,

LESS landing error score, static balance in standing position on two legs on a soft surface, and standing in tandem position on a soft surface in post-test between groups. Detailed information is provided in Table 1.

4. Discussion and Conclusion

The primary purpose of this study was to compare the effect of core stability exercises and TRX on the core endurance, balance, and landing mechanics of female football players with trunk defects. The present study results showed that eight weeks of core stability and TRX training in female athletes with neuromuscular defects of trunk control could significantly improve core endurance, balance, and landing mechanics and thus modulate the biomechanical risk factors for cruciate ligament injury. Anteriorly and ultimately reduce the risk of injury. Considering the effect of core stability and TRX exercises on core endurance and balance, as well as reducing the risk of Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury, which the results of the LESS test showed, it seems that the use of these exercises can improve balance and reduce the risk of ACL injury in female football players with trunk defects are helpful. Therefore, the use of these exercises is recommended for female athletes with trunk defects.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The ethical principles observed in the article, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, the permission of the participants to cancel their participation in the research. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of the Institute of Physical Education and Sports Sciences Research Center (Code: R.SSRI.REC.1399.832)

Funding

This study was extracted from the MSc. thesis of first author at Department of Sport Injuries & Corrective Exercises of Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University.

Authors' contributions

Authors contributed equally in preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Table 1. Results of analysis of ANCOVA the effect of independent and predictive variables on the post-test

Variables	Time	Group	F	df	P	Eta
Knee valgus	Post-test	TRX	20.45	1	0.001	0.43
	Post-test	Core stability				
60° flexion	Post-test	TRX	1.61	1	0.21	0.05
	Post-test	Core stability				
Sorensen	Post-test	TRX	2.30	1	0.14	0.07
	Post-test	Core stability				
Plank	Post-test	TRX	0.54	1	0.44	0.02
	Post-test	Core stability				
Right plank	Post-test	TRX	0.07	1	0.78	0.003
	Post-test	Core stability				
Left plank	Post-test	TRX	0.08	1	0.77	0.003
	Post-test	Core stability				
Total endurance	Post-test	TRX	0.20	1	0.65	0.008
	Post-test	Core stability				
BESS	Post-test	TRX	16.93	1	0.001	0.38
	Post-test	Core stability				
Y balance ant	Post-test	TRX	0.56	1	0.45	0.02
	Post-test	Core stability				
Y balance postero-medial	Post-test	TRX	1.76	1	0.19	0.06
	Post-test	Core stability				
Y balance posteroexternal	Post-test	TRX	0.53	1	0.47	0.01
	Post-test	Core stability				
Total Y balance	Post-test	TRX	1.99	1	0.16	0.06
	Post-test	Core stability				

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر هشت هفته تمرینات TRX و ثبات مرکزی بر الگوی پرش - فرود، ثبات ناحیه مرکزی و تعادل دختران فوتبالیست

*زهرا مختاری فرد^۱، مهدی صباغ لنگرودی^۲

۱. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳ آبان ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۰۷ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۰

مقدمه و اهداف: هدف از این تحقیق بررسی اثر هشت هفته تمرینات TRX و ثبات مرکزی بر الگوی پرش فرود، ثبات ناحیه مرکزی و تعادل دختران فوتبالیست بود.

مواد و روش ها: سی ورزشکار دچار نقص تنه توسط آزمون تاک جامپ غربالگری و به صورت انتخابی به عنوان نمونه آماری تحقیق انتخاب شدند و در دو گروه پانزده نفری تمرینات ثبات مرکزی و تمرینات TRX قرار گرفتند. هر دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون شرکت کرده و به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه، تمرینات ثبات مرکزی و TRX را انجام دادند. تعادل ایستا و پویا به ترتیب به وسیله آزمون آزمون های BESS و Y ارزیابی شد. استقامت ناحیه مرکزی نیز به وسیله آزمون های استقامت مک گیل ارزیابی شد. علاوه بر این، مکانیک فرود با استفاده از آزمون LESS ارزیابی شد. از آزمون آنکوا برای مقایسه تفاوت های بین متغیرهای تحقیق در اثر دو نوع تمرین منتخب ثبات ناحیه مرکزی بدن در بین دو گروه تمرینی و همچنین از آزمون تی هم پسته برای ارزیابی تغییرات درون گروهی استفاده شد.

یافته ها: نتایج آزمون تی هم پسته نشان داد که هر دو تمرینات ثبات مرکزی ($P=0/001$) و TRX ($P=0/001$) تأثیر معناداری بر نمره خطای فرود LESS، نتایج آزمون فلکشن شصت درجه، آزمون سورنسن، آزمون پلانک از شکم، پلانک از راست و چپ، نمره استقامت کل، آزمون سیستم نمره دهی خطای تعادل BESS، جهت قدمی آزمون تعادلی وای، جهت خلفی داخلی آزمون تعادلی وای جهت خلفی خارجی آزمون تعادلی وای و نمره کل آزمون تعادل وای آزمودنی ها داشتند. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که در میزان نتایج نمره خطای فرود LESS، سورنسن، تعادل ایستا در وضعیت ایستادن روی دو پا روی سطح نرم و ایستادن در وضعیت تاندوم روی سطح نرم در پس آزمون بین دو گروه تمرینات و TRX اختلاف معناداری وجود دارد.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج به نظر می رسد استفاده از تمرینات ثبات مرکزی و TRX از طریق کمک به اصلاح فعالیت پرش فرود و همچنین بهبود تعادل و استقامت عضلانی، بتواند با حذف و تعدیل برخی فاکتورهای خطر ساز مرتبط با آسیب لیگامان صلیبی قدامی به پیشگیری از آسیب های غیربرخوردی اندام تحتانی، در ورزشکاران دچار نقص تنه کمک کند.

کلیدواژه ها:

استقامت، تعادل، مرکزی، پایدار، ناپایدار

مقدمه

این آسیب ها از نوع آسیب های استفاده بیش از حد^۱ و از نوع غیربرخوردی است [۳] که این آسیب ها می تواند به علت ضعف، عدم هماهنگی عضلاتی و بروز آسیب های قبلی اتفاق بیفتد [۴]. یکی از علل آسیب های ورزشی، نقص در تعادل^۲ است. تعادل یکی از اجزای جداناپذیر و کلیدی تقریباً همه فعالیت های روزانه برای عملکردهای ورزشکاران است. تعادل بخشی از توانایی ورزشکار است و تقریباً در هر شکلی از فعالیت ها درگیر است. تعادل، مهارت حرکتی پیچیده ای است که پویایی وضعیت بدن را در

افزایش تعداد ورزشکاران و علاقه مندان به ورزش موجب افزایش میزان آسیب های وابسته به ورزش نیز شده است. شاید آسیب به علت حادثه ای ساده رخ دهد یا نتیجه ی تعامل پیچیده ریسک فاکتورهای داخلی و خارجی باشد [۱]. به طور میانگین روزانه بیش از ده هزار آمریکایی به دلیل صدمات ناشی از فعالیت های ورزشی و فعالیت های تفریحی نیازمند درمان های پزشکی هستند [۲]. بر اساس یافته های محققین حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد

1. Overuse
2. Balance

* نویسنده مسئول:

زهرا مختاری فرد

نشانی: اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۰۲۳۱۸۱۳ - (۹۲۱) ۹۸+

رایانامه: z.mokhtarifard@gmail.com

شاید نقص در کنترل عصبی عضلانی تنه طی فرود و برش به حرکت جانبی غیرکنترلی تنه منجر شود. این نقص ممکن است حرکت و گشتاور ابداعش زانو را از طریق سازوکارهای مکانیکی (حرکت جانبی نیروی عکس العمل زمین یا حرکت جانبی مرکز فشار) و عصبی عضلانی (افزایش گشتاور ابداعش هیپ) افزایش دهد [۱۴]. احتمال دارد کنترل عصبی ناکافی تنه پایداری پویای اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش استرس وارد بر لیگامان‌های زانو به بروز آسیب منجر شود [۱۴]. ضعف عضلات مرکزی در ورزش‌هایی که نیاز به پرش، جهش و دویدن‌های سریع دارند، نسبت مستقیمی با وقوع آسیب در اندام تحتانی دارد [۱۵]. این اختلال به عنوان نقص تنه شناخته شده که از آزمون تاک جامپ برای ارزیابی این نقص استفاده می‌شود و وجود خطاهایی همچون عدم توانایی فرد در فرود از پرش در ناحیه مورد نظر، عدم قرارگیری ران‌ها موازی هم در نقطه اوج پرش و انجام پرش‌های با وقفه در طول ده ثانیه در تشخیص افراد با این نقص استفاده می‌شود [۱].

در افراد با نقص تنه که عدم توانایی در کنترل فلکشن تنه (افزایش زاویه فلکشن بین ران و تنه) و نیز عدم توانایی در کنترل لترال فلکشن تنه هنگام انجام تست از عوامل تشخیصی این اختلال است اختلال نسبت قدرت عضلات فلکسور به اکستنسور و نیز عضلات طرفین نسبت به یکدیگر عاملی مؤثر در ایجاد این اختلالات است [۱۶] و همچنین در تحقیقات مختلف به تأثیر هریک از این عوامل در ایجاد آسیب اندام تحتانی اشاره شده به گونه‌ای که رد^۲ و همکاران افزایش لترال فلکشن تنه را عاملی مرتبط با افزایش خطر ایجاد آسیب ACL در پسران نوجوان فوتبالیست دانست [۱۷].

در زمینه پیش‌بینی خطر ایجاد آسیب ACL آزمون‌های مختلفی وجود داشته که یکی از این آزمون‌ها، آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS) بوده که با بررسی مکانیک فرود به تشخیص افراد در معرض آسیب ACL کمک می‌کند و در تحقیقات مختلف از این آزمون جهت شناسایی افراد در معرض آسیب ACL استفاده شده است [۱۸]. تمرینات مختلف ناحیه مرکزی در سطح پایدار و ناپایدار انجام می‌شود که از تی آر ایکس برای انجام تمرینات ناحیه مرکزی در سطح ناپایدار استفاده می‌شود. در زمینه مقایسه تأثیر تمرینات در سطح پایدار و ناپایدار احسانی و همکاران در یک مطالعه نظام‌مند اثر تمرینات روی سطوح ناپایدار را بر متغیرهای درد، ناتوانی و الگوی فعالیت عضلانی در بیماران مبتلا به کمردرد بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که تمرینات روی سطوح ناپایدار در مقایسه با سطوح پایدار اثر مثبت و معناداری بر کنترل درد، ناتوانی و افزایش فعالیت عضلات تنه، به‌خصوص عضلات عمقی شکمی داشتند [۱۹].

جلوگیری از افتادن توصیف می‌کند [۵]. حفظ تعادل به عنوان یک امتیاز مهم برای انجام فعالیت‌ها در میادین ورزشی قلمداد می‌شود و ضعف آن به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد آسیب در ورزشکاران به حساب می‌آید و همچنین یکی از متغیرهای مهم بالینی که پزشکان تیم‌های ورزشی برای بازگرداندن ورزشکاران به میادین ورزشی به دنبال یک آسیب‌دیدگی در نظر می‌گیرند، ارزیابی میزان تعادل و کنترل پاسچر است [۶]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند ضعف تعادل به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل خطر افتادن و در پی آن وقوع آسیب به حساب می‌آید [۶].

از سوی دیگر، توازن بین قدرت و ثبات در زنجیره حرکتی اندام تحتانی برای پیشگیری از آسیب‌های ورزشی بسیار حیاتی است. ثبات ناحیه مرکزی بدن نقش مهمی در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی ایفا می‌کند [۷]. ثبات ناحیه مرکزی بدن^۳ با کنترل حرکت و ظرفیت عضلانی مجموعه کمر، لگن و ران توصیف می‌شود [۸]. حفظ راستای موقعیتی و تعادل وضعیتی در طول فعالیت‌های عملکردی از وظایف ناحیه مرکزی بدن است که به جلوگیری از الگوهای غلط کمک می‌کند [۹]. عدم تقارن در موقعیت و حرکت اجازه نمی‌دهد که ناحیه مرکزی ثبات داشته باشد [۹].

ثبات ناحیه مرکزی به عنوان یک رابط با انتقال مؤثر نیروی تولیدشده در اندام تحتانی به اندام فوقانی از طریق تنه به اجرای بهتر ورزشی کمک می‌کند [۱۰]. کاهش قدرت عضلات پروگزیمال (لگن و ران) باعث ایجاد یک بنیان ضعیف و بی‌ثبات برای توسعه و کاربرد نیرو در اندام تحتانی می‌شود که این بی‌ثباتی ناحیه مرکزی می‌تواند به عنوان پیش‌بینی‌کننده آسیب اندام تحتانی باشد [۱۱]. همچنین ضعف عضلات ناحیه مرکزی نسبت مستقیمی با وقوع بیشتر آسیب در اندام تحتانی، به‌ویژه در ورزش‌هایی که نیاز به پرش، جهش و دویدن‌های سریع دارند، دارد [۱۲].

از سویی افزایش ثبات ناحیه مرکزی، فراخوانی عصبی عضلانی را در جهت کاهش درد ناحیه پایین و پشت کمر و جلوگیری از آسیب اندام تحتانی افزایش می‌دهد [۱۲]. نقص در کنترل عصبی عضلانی ناحیه مرکزی بدن در طول فعالیت‌های ورزشی، افزایش جابه‌جایی‌های کنترل‌نشده تنه را به دنبال دارد. هرگونه عدم تقارن در فعالیت عضلات پروگزیمال زانو می‌تواند وضعیت مفصل زانو را هنگام فرود یا هنگام حرکات برشی تحت تأثیر قرار دهد. کاهش فعالیت عضلات ثبات‌دهنده هیپ و تنه، راستاگیری نامناسب اندام تحتانی را به دنبال دارد که در نتیجه ظرفیت تحمل بار مفصل زانو را کاهش می‌دهد. اختلال عملکرد ناحیه مرکزی بدن به طور ساده ناتوانی در کنترل دقیق تنه در سه بُعد تعریف می‌شود [۱۳].

سال و نیز عدم اختلال در تعادل بود. آزمودنی همگی سالم بوده و سابقه کمردرد نداشتند. همچنین ورزشکارانی وارد تحقیق شدند که دچار نقص تنه بودند. در ارزیابی آزمون‌ها تمام ارزیابی‌ها توسط کارشناس ارشد تربیت بدنی که در فرایند آماری و تمرین دخیل نبوده، در سالن ورزشی انجام شد. علاوه بر این، ارزیابی‌های آماری توسط متخصص آماری انجام شد که در فرایند ارزیابی آزمون‌ها و اعمال برنامه تمرینی دخیل نبود.

ارزیابی نقص تنه

آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون پرش تاک ارزیابی شدند تا افراد مبتلا به نقص عصبی عضلاتی کنترل تنه شناسایی شوند. برای اجرای پرش تاک، ورزشکار با پاهای باز به اندازه عرض شانه می‌ایستاد و به صورت عمودی شروع به پرش می‌کرد و زانوهای خود را تا جایی که امکان داشت، بالا می‌آورد. در بالاترین نقطه پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار دارند. هنگام فرود، ورزشکار باید پرش تاک بعدی را شروع کند. این آزمون برای ده ثانیه اجرا شد. برای بهبود دقت ارزیابی از دو دوربین فیلم برداری دیجیتال مدل W200 SONY DSC، ساخت کره استفاده شد. دوربین‌ها با توجه به قد آزمودنی و به موازات صفحات عرضی و سهمی نسبت به آزمودنی در فاصله سه متری تنظیم شدند تا در طول پرش فرود مکرر فرد از کادر دوربین خارج نشده و فیلم قابل تحلیل باشد [۱].

پس از انجام آزمون، برای بررسی سکانس‌های پرش از نرم‌افزاری کینووا استفاده شد. فردی که قادر نبود در محل شروع پرش فرود بیاید، در نقطه اوج پرش ران‌هایش موازی زمین قرار نمی‌گرفت و پرش‌هایش در طول ده ثانیه با وقفه انجام می‌شد، به عنوان فرد مبتلا به نقص کنترل تنه در نظر گرفته شد. جهت حصول اطمینان در مورد وجود نقص تنه در زنان، قبل از انجام تحقیق طرح آزمایشی یا پایلوت آزمون پرش تاک به عمل آمد و وجود نقص تنه در ورزشکاران تأیید شد (تصویر شماره ۱) [۱].

ارزیابی الگوی پرش فرود

از آزمون LESS جهت ارزیابی مکانیک فرود استفاده شد [۱]. در جلسه پیش‌آزمون، افراد از روی سکوی سی سانتی‌متری حرکت پرش را انجام داده و در جلوی سکو و در فاصله‌ای تقریباً برابر با ۵۰ درصد قد خود فرود آمدند. سپس بلافاصله یک پرش عمودی حداکثری را انجام دادند. هنگام آموزش آزمون تأکید شد که فرد به محض فرود از سکو، حتی‌الامکان به سمت بالا بپرد. در هنگام انجام آزمون هیچ بازخورد یا آموزشی به فرد داده نمی‌شد، مگر اینکه آزمون را اشتباه انجام می‌داد. پس از آموزش آزمون، افراد اجازه داشتند دو پرش تمرینی داشته باشند تا آن را فرا بگیرند. سپس افراد سه پرش درست را انجام دادند.

در صورتی که فرد به فاصله افقی تعیین شده نمی‌رسید یا

در زمینه تأثیر تمرینات تی آر ایکس^۵ سائر و اسکو^۶ که به مقایسه اثر این تمرینات و تمرینات مقاومتی روی میزان قدرت، استقامت ناحیه مرکزی بدن، انعطاف‌پذیری، تعادل و ترکیب بدنی انجام داده بودند، نشان دادند که تمرینات تی آر ایکس تناسب اندام عضلاتی را در بزرگسالان جوان و میان سال بهبود می‌بخشد [۲۰].

در زمینه تمرینات در سطح پایدار نیز کارپس^۷ و همکاران با تقویت عضلات مرکز، بهبود در تعادل را نشان دادند [۲۱]. همچنین پتروفسکی^۸ و همکاران نشان دادند که یک ماه برنامه تمرینی تقویت عضلات مرکزی بر افزایش تعادل و ثبات و کاهش لرزش در سالمندان تأثیر معناداری داشت [۲۲].

با وجود آنکه تمرینات عصبی عضلاتی چندگانه به طور موفقیت‌آمیزی در کاهش میزان بروز آسیب رباط متقاطع قدامی اثرگذار بوده‌اند [۱۱]، بسیاری از محققان توصیه می‌کنند که اثربخشی تمرینات ثباتی در کاهش عوامل خطر و میزان بروز آسیب رباط متقاطع قدامی ارزیابی شود [۱۴]، طبق بررسی‌های محقق، تحقیقی یافت نشد که با انجام غربالگری مناسب و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها به مقایسه تأثیر این تمرینات در تی آر ایکس و ثبات مرکزی بر تغییرات استقامت و اصلاح الگوی پرش فرود و تعادل به صورت هم‌زمان پرداخته باشد. علاوه بر این، تاکنون مطالعه‌ای که از سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS) به منظور بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی روی مکانیک فرود بهره برده باشد، یافت نشده است. با توجه به مطالب گفته‌شده، محقق در این پژوهش سعی دارد به مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و TRX بر استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و مکانیک فرود دختران فوتبالیست مبتلا به نقص تنه بپردازد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی بوده که جامعه آماری آن بر اساس تحقیقات قبلی [۲۳] شامل سی نفر از دختران فوتبالیست مبتلا به نقص تنه تشکیل دادند که به صورت تصادفی ساده در گروه‌های آزمایش (پانزده نفر در هر گروه) قرار گرفتند. قبل از آغاز تحقیق، تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در آزمون‌های تحقیق را امضا کرده و سپس طی یک جلسه نحوه انجام آزمون‌ها برای آزمودنی‌ها تشریح شد.

از معیارهای ورود به تحقیق حاضر، وجود اختلال نقص تنه (ترکیبی از اختلال لترال فلکشن تنه، عدم توانایی فرود در نقطه پرش و موازی نبودن ران با زمین و مداوم نبودن پرش‌ها پشت سر هم و انجام با وثقه آن)، فعالیت در رشته فوتبال به مدت سه

5. Total Body Resistance Exercise
6. Snarr & Esco
7. Carpes
8. Petrofsky

طوب توانبخش

تصویر ۱. آزمون پرش تاک

اجرا می‌کرد که به عنوان مقیاسی برای ارزیابی قدرت عضلات جانبی قسمت مرکزی بدن، به‌ویژه مربع کمری به‌کار می‌رود. ورزشکار در وضعیت جانبی درازکش به راست قرار می‌گرفت، به طوری که پای بالایی در جلوی پای پایینی قرار می‌گرفت و مفاصل ران ورزشکار هیچ‌گونه فلکشنی نداشت. سپس از ورزشکار خواسته شد تا ران‌ها را از تخت بلند کرده، درحالی‌که تنها از پاها و آرنج راست خود برای حمایت استفاده می‌کرد. بازوی چپ فرد باید بر روی سینه قرار گرفته، طوری که دست او روی شانه راست باشد. زمان کلی که ورزشکار قادر به بالا نگه داشتن ران از تخت بود، به وسیله کرومومتر ثبت می‌شد. برای سنجش پل زدن به بغل در سمت مخالف، همانند روش مشابه بالا استفاده می‌شد (تصاویر شماره ۱ و ۲)؛ ICC آزمون‌های پلانک پل از طرفین برابر با ۰/۹۹ گزارش شده است [۲۲].

هدف آزمون فلکشن تنه در زاویه شصت درجه ارزیابی ظرفیت استقامت عملکردی عضلات قدامی ناحیه مرکزی بدن (راست شکمی) بود. جهت سنجش استقامت عملکردی عضلات قدامی ناحیه مرکزی بدن، ابتدا از ورزشکار خواسته شد که در وضعیت تکیه، درحالی‌که پشت او روی تخته شصت درجه قرار داشت، هر دو مفصل ران را از زاویه نود درجه خم کرده و دست‌ها را به حالت ضربدری روی سینه قرار دهد. با استفاده از نواربندی بر روی مچ پا یا به‌وسیله ثابت کردن مچ پا به‌وسیله دست یک فرد کمکی، به ثبات بدن ورزشکار کمک می‌کنیم. برای شروع آزمون، درحالی‌که ورزشکار در وضعیت تکیه به تخته شصت درجه قرار داشت، تخته را ده سانتی‌متر از قسمت پشت ورزشکار دور کرده و از ورزشکار خواسته می‌شد تا حد امکان این وضعیت را حفظ کند.

مدت زمانی که ورزشکار قادر بود تا این وضعیت را حفظ کند، توسط کرومومتر ثبت می‌شد. زمانی که پشت آزمودنی با تخته تماس حاصل می‌کرد، آزمون متوقف می‌شد. ضریب همبستگی درون گروهی (ICC) آزمون فلکسور تنه برابر با ۰/۹۷ است [۱۹].

ارزیابی تعادل ایستا

در این تحقیق، تعادل ایستا به وسیله آزمون ارزیابی خطاهای تعادل (BESS) ارزیابی شد. در این آزمون، شش وضعیت مختلف

پس از فرود پرش عمودی حداکثری را انجام نمی‌داد، آن نوبت حذف و مانور پرش فرود یک بار دیگر تکرار می‌شد. دو دوربین فیلمبرداری پایه‌دار جهت ضبط تصاویر پرش افراد از نمای فرونتال و ساجیتال به ترتیب در فاصله ۴/۸ و ۴ متری قرار داشتند. آزمون LESS هفده آیتم دارد. یک مجموعه از این سؤالات در ارتباط با وضعیت اندام تحتانی و تنه در لحظه اولین برخورد با زمین می‌باشد (آیتم‌های ۶-۱).

مجموعه دیگر، به ارزیابی خطاهای موجود در وضعیت پا پرداخته (آیتم‌های ۱۱-۷) و در لحظه اولین برخورد با زمین (آیتم ۱۱)، لحظه‌ای که تمام کف پا در تماس با زمین است (آیتم‌های ۷ و ۸) و در بین زمان اولین برخورد و حداکثر زاویه فلکشن زانو (آیتم‌های ۹ و ۱۰) به بررسی این خطاها می‌پردازد. مجموعه سوم، حرکات اندام تحتانی و تنه را در بین زمان‌های اولین برخورد با زمین و حداکثر زاویه فلکشن زانو (آیتم‌های ۱۴-۱۲) یا زمان حداکثر والگوس زانو (آیتم ۱۵) ارزیابی می‌کند. امتیاز نهایی برای هر فرد، از مجموع امتیازات تمامی آیتم‌ها (۰-۱۵) محاسبه می‌شد، به طوری که امتیازات بیشتر (خطاهای بیشتر) نشانگر تکنیک‌های فرود خطرناک بود. البته دو آیتم شانزده و هفده به علت عدم هم‌راستایی با سایر آیتم‌ها و به دلیل کلی بودن، در زمان تجربه و تحلیل آماری حذف شدند. در انتها میانگین امتیازات سه پرش به عنوان امتیاز نهایی برای هر فرد ثبت شد [۱].

ارزیابی استقامت ناحیه مرکزی

توانایی عضلات خلفی ناحیه مرکزی بدن با استفاده از آزمون اصلاح‌شده بایرینگ سورنسن سنجیده شد. ورزشکار به حالت دمر، به شکلی که لگن در لبه تخت درمائی بود، قرار می‌گرفت. از فرد دیگری، برای تثبیت ورزشکار با تخت در نواحی پا و لگن کمک گرفته شد. ورزشکار بالاتنه خود را با قرار دادن دست‌ها روی نیمکت در مقابل تخت حمایت می‌کرد تا بتواند توانایی قرار دادن دست‌ها به صورت ضربدری و کسب موقعیت افقی را یاد بگیرد. ورزشکار باید این وضعیت را حفظ می‌کرد و زمان برای او ثبت می‌شد؛ ICC آزمون استقامت اکستنسور تنه برابر با ۰/۹۷ گزارش شده است [۲۲].

در ارزیابی استقامت، ورزشکار آزمون پل زدن به پهلو را همان‌طور که به وسیله مک‌گیل و همکاران توصیف شده است

9. Intraclass Correlation Coefficient
10. Balance Error Scoring System

الف: روش ارزیابی تعادل ایستا

ب: روش ارزیابی پویا

تصویر ۲. روش ارزیابی تعادل ایستا و پویا

تمرین ثبات مرکزی

برنامه تمرینی تحقیق حاضر از مطالعه موک و همکاران گرفته شده است. این پروتکل شامل هشت هفته تمرین و همچنین سه جلسه تمرین در هر هفته بوده که در سطح پایدار و روی زمین انجام شد [۲۶]. بر اساس شدت تمرین و میزان زمان صرف شده برای هر تمرین استراحت بین ست‌ها و پایان ست‌ها متغیر بوده که با توجه به توان آزمودنی‌ها و نیز بر اساس ویژگی‌های فردی آنها قابل تغییر بود (جدول شماره ۱).

برنامه تمرینی TRX

پروتکل تمرینی TRX از مطالعه یو و همکاران گرفته شد که شامل هشت هفته تمرین با TRX و همچنین سه جلسه تمرین در هر هفته بود [۲۷]. بر اساس شدت تمرین و میزان زمان صرف شده برای هر تمرین استراحت بین ست‌ها و پایان ست‌ها متغیر بود که با توجه به توان آزمودنی‌های تحقیق بر اساس ویژگی‌های فردی آنها قابل تغییر بود (جدول شماره ۲).

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و جهت توصیف متغیرها از آمار توصیفی استفاده شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها آمار استنباطی استفاده شد. تجزیه و تحلیل استنباطی و بیان تفاوت‌های احتمالی در مراحل مختلف تحقیق با آزمون‌های آماری تحلیل کوواریانس و آزمون تی هم‌بسته انجام شد. همچنین جهت مقایسه متغیرهای توصیفی تحقیق از آزمون تی مستقل استفاده شد. آنالیز داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در جدول شماره ۳ آورده شده است. بررسی نتایج مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریک در دو گروه با آزمون آماری تی مستقل نشان داد اختلاف معناداری بین دو گروه وجود ندارد.

با توجه به نرمال بودن داده‌ها که با آزمون شاپیرو ویلک مشخص

که شامل سه وضعیت ایستادن (ایستادن روی دو پا، ایستادن به صورتی که یک پا در جلو و پای دیگر در عقب قرار دارد و ایستادن روی یک پا) روی دو سطح نرم و سخت بوده، در نظر گرفته شد. در هر وضعیت چشم‌های آزمودنی‌ها بسته بوده و دست‌های آنها روی کمر قرار داشت. آزمودنی هر وضعیت را به مدت بیست ثانیه انجام داده و تعداد کل خطاهایی که در این شش وضعیت مرتکب می‌شود به عنوان نمره آزمودنی محاسبه شد. خطاها عبارت‌اند از: دست‌ها از کمر جدا شوند، چشم‌ها باز شوند یا تعادل به هر دلیل به هم بخورد. قبل از اجرا آزمودنی سه بار آزمون را انجام داد تا با سطوح آزمون آشنا شود [۲۴] (تصویر شماره ۲الف).

ارزیابی تعادل پویا

جهت شروع آزمون تعادل پویا، طول واقعی پا یعنی از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی پا جهت نرمال کردن داده‌ها و مقایسه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. برای هر آزمودنی دو مرتبه تکرار و میانگین گرفته شد؛ سپس میانگین محاسبه شده به عنوان طول پا استفاده شد. همچنین پای برتر با استفاده از این اطلاعات که آزمودنی با کدام اندام تحتانی تمایل بیشتری برای زدن شوت فوتبال دارد، تعیین شد [۲۵]. از تست تعادلی ۷ جهت ارزیابی تعادل پویا استفاده شد [۲۵]. آزمودنی در مرکز جهات می‌ایستاد و سپس روی یک پا قرار گرفته و با پای دیگر عمل دستیابی را به ترتیب در جهات قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی انجام و به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گشت. آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هریک از جهات تعیین‌شده لمس کرده، فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دست‌یابی بوده که به سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. به منظور به حداقل رساندن اثرات یادگیری هر آزمودنی شش بار این آزمون را در جهات‌های سه‌گانه تمرین می‌کرد (تصویر شماره ۲ب).

جهت به دست آوردن نمره تعادل پویا در هر جهت به صورت جداگانه از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$100 \times \frac{\text{فاصله دست‌یابی}}{\text{طول اندام}} = \text{امتیاز}$$

جدول شماره ۱. برنامه تمرینی ثبات مرکزی

تمرین	ست	زمان/تکرار هر ست	استراحت		ست	زمان/تکرار هر ست	استراحت	
			پایان ست (ثانیه)	بین ست (ثانیه)			پایان ست (ثانیه)	بین ست (ثانیه)
هفته اول و دوم			هفته سوم و چهارم					
پل زدن به شکم	۳	(S) ۴۵	۴۵	۳۰	۳	(S) ۶۰	۹۰	
پل زدن به طرفین (چپ و راست)	۳	(S) ۴۵	۴۵	۳۰	۳	(S) ۶۰	۹۰	
پل زدن به پشت	۳	(S) ۴۵	۴۵	۳۰	۳	(S) ۶۰	۹۰	
چرخش روسی	۳	(R) ۲۰	۳۰	۳۰	۳	(R) ۲۵	۹۰	
تمرین قیچی پل	۳	(R) ۲۰	۳۰	۰۳	۳	(R) ۲۵	۹۰	
هفته پنجم			هفته ششم					
پل زدن به شکم	۴	(S) ۶۰	۳۰	۲۰	۴	(S) ۶۰	۷۵	
پل زدن به طرفین (چپ و راست)	۴	(S) ۶۰	۳۰	۲۰	۴	(S) ۶۰	۷۵	
پل زدن به پشت	۴	(S) ۶۰	۳۰	۲۰	۴	(S) ۶۰	۷۵	
چرخش روسی	۴	(R) ۲۵	۳۰	۲۰	۴	(R) ۲۵	۷۵	
تمرین قیچی پل	۴	(R) ۲۵	۳۰	۲۰	۴	(R) ۲۵	۷۵	
هفته هفتم			هفته هشتم					
پل زدن به شکم	۳	(S) ۶۰	۳۰	۳۰	۴	(S) ۶۰	۹۰	
پل زدن به طرفین (چپ و راست)	۳	(S) ۶۰	۳۰	۳۰	۴	(S) ۶۰	۹۰	
پل زدن به پشت	۳	(S) ۶۰	۳۰	۷۵	۴	(S) ۶۰	۹۰	
چرخش روسی	۴	(R) ۲۵	۲۰	۷۵	۴	(R) ۳۰	۷۵	
تمرین قیچی پل	۴	(R) ۲۵	۲۰	۷۵	۴	(R) ۳۰	۷۵	

طب توانبخشی

جهت مقایسه متغیرهای تحقیق درون گروه‌های پژوهش و بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تی هم‌بسته استفاده شد. نتایج در **جدول شماره ۵** گزارش شده‌اند. نتایج **جدول شماره ۵** نشان می‌دهد که تمرینات ثبات مرکزی و TRX تأثیر معناداری بر تعادل الگوی پرش فرود، استقامت ناحیه مرکزی و تعادل داشتند ($P \leq 0.05$).

بحث

هدف اصلی از انجام این پژوهش، مقایسه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و TRX بر استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و مکانیک فرود دختران فوتسالیست با نقص تنه بود. مطالعات اندکی به

شد از آزمون تحلیل کوواریانس و تی هم‌بسته برای بررسی تأثیر تمرینات و مقایسه آنها استفاده شد. جهت مقایسه میزان استقامت، تعادل و نمره آزمون LESS بین دو گروه در پس‌آزمون از آزمون تحلیل کوواریانس با در نظر گرفتن پیش‌آزمون کوریت استفاده شد. نتایج در **جدول شماره ۴** گزارش شده‌اند.

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه تمرینی در آزمون‌های خطای پرش فرود و تعادل ایستا وجود دارد ($P < 0.01$) که با بررسی میانگین نمرات مشخص شد آزمودنی‌های گروه تمرینی TRX عملکرد بهتری در الگوی پرش فرود و تعادل ایستا نسبت به آزمودنی‌های گروه تمرینی در ثبات مرکزی داشتند.

جدول شماره ۲. برنامه تمرینی TRX

تمرین	ست	زمان/تکرار در هر ست	استراحت بین ست (ثانیه)	ست	زمان/تکرار در هر ست	استراحت بین ست (ثانیه)	استراحت پایان ست (ثانیه)
هفته اول و دوم				هفته سوم و چهارم			
پلانک روی ساعد	۳	۶۰ (S)	۳۰	۳	۶۰ (S)	۳۰	۹۰
On leg squat	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
Overhead extension	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
پلانک پهلو روی دو دست	۳	۴۵ (S)	۳۰	۳	۶۰ (S)	۳۰	۹۰
Kneeling roll out	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
Hamstring curl-hip up	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
هفته پنجم				هفته ششم			
پلانک روی ساعد	۴	۶۰ (S)	۳۰	۴	۶۰ (S)	۲۰	۷۵
On leg squat	۴	۱۲ (R)	۳۰	۴	۱۲ (R)	۲۰	۷۵
Overhead extension	۴	۱۲ (R)	۳۰	۴	۱۲ (R)	۲۰	۷۵
پلانک پهلو روی دو دست	۴	۶۰ (S)	۳۰	۴	۶۰ (S)	۲۰	۷۵
Kneeling roll out	۴	۱۲ (R)	۳۰	۴	۱۲ (R)	۲۰	۷۵
Hamstring curl-hip up	۴	۱۲ (R)	۳۰	۴	۱۲ (R)	۲۰	۷۵
هفته هفتم				هفته هشتم			
پلانک پهلو روی دو دست	۴	۶۰ (S)	۲۰	۴	۶۰ (S)	۲۰	۷۵
On leg squat	۴	۱۲ (R)	۲۰	۴	۱۴ (R)	۲۰	۷۵
Overhead extension	۳	۱۲ (R)	۲۰	۳	۱۴ (R)	۲۰	۷۵
Kneeling roll out	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
Hamstring curl-hip up	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰
Hip press	۳	۱۰ (R)	۳۰	۳	۱۲ (R)	۳۰	۹۰

طب توانبخش

گناناچلم [۳۰] هم‌راستا است. همچنین در تحقیق حاضر پس از شش هفته تمرین ثبات مرکزی در گروه‌های تمرینی فلکشن تنه در اولین لحظه برخورد و فلکشن جانبی تنه در اولین تماس پا با زمین به طور معناداری افزایش پیدا کرد، اما این کاهش در گروه تمرینات در تمرینات TRX مطلوب‌تر بود. فلکشن تنه استراتژی مهمی است که به کارگیری آن موجب سینماتیک ایمن ران و زانو در صفحه ساجیتال برای جذب انرژی طی فرود می‌شود.

مشخص شده است که فلکشن رو به جلو کمتر تنه در افراد ورزشکار، آن‌ها را بیشتر در معرض خطر آسیب رباط صلیبی قدامی قرار می‌دهد. با فلکشن کمتر تنه طی فعالیت‌های تحمل

بررسی اثر تمرینات ثبات مرکزی روی مکانیک فرود پرداخته‌اند و تحقیقی یافت نشد که به مقایسه تمرینات ثبات مرکزی و TRX بپردازد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی و TRX در ورزشکاران زن با نقص عصبی عضلانی کنترل تنه می‌تواند سبب بهبود قابل ملاحظه استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و مکانیک فرود و در نتیجه تعدیل عوامل بیومکانیکی خطر آفرین آسیب رباط متقاطع قدامی و نهایتاً کاهش خطر بروز آسیب شود.

در زمینه استقامت ناحیه مرکزی با تحقیق تحقیق صاحب الزماني و همکاران [۲۸]، حدادنژاد و همکاران [۲۹] و فیز و

جدول ۳. شاخص‌های آنتروپومتریک مربوط به دو گروه

شاخص اندازه‌گیری	گروه	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	T	P
سن (سال)	ثبات مرکزی	۲۵/۳۳ $\pm$ ۳/۲۲	۲/۲۷	۰/۴۲
	TRX	۲۴/۹۳ $\pm$ ۰/۷۰		
قد (سانتی‌متر)	ثبات مرکزی	۱۶۸ $\pm$ ۸/۲۵	۱/۲۸	۰/۹۸
	TRX	۱۶۷/۹۳ $\pm$ ۸/۲۲		
وزن (کیلوگرم)	ثبات مرکزی	۶۱/۵۰ $\pm$ ۷/۶۱	۰/۴۵	۰/۲۱
	TRX	۵۷/۱۳ $\pm$ ۱۰/۰۸		
سابقه ورزشی (سال)	ثبات مرکزی	۴/۵۳ $\pm$ ۱/۰۶	۰/۱۸	۰/۴۱
	TRX	۴/۶۰ $\pm$ ۰/۹۱		

طب توانبخشی

این عضلات بر عملکرد اندام تحتانی توجه کرد. عضلات مرکزی قوی‌تر، ثبات بیشتری را در ناحیه تنه ایجاد می‌کند و این عامل اندام‌های فوقانی و تحتانی را برای تحرک‌پذیری آماده می‌سازد. مجموعه عضلات شکمی که شامل عضله عرضی شکمی، عضله مایل داخلی و خارجی و عضله راست شکمی هستند با انقباض خود به ستون فقرات ثبات داده و تکیه‌گاه محکم‌تری برای حرکات اندام تحتانی فراهم می‌کند [۳۷].

زمانی که عضله عرضی شکمی منقبض می‌شود فشار داخل شکمی و تنش فاسیا سینه‌ای کمتری افزایش پیدا کرده و این انقباضات قبل از حرکت اندام باعث ایجاد تکیه‌گاه محکمی برای حرکت و فعال‌سازی عضلانی می‌شود [۳۸]. عضله راست شکمی و عضلات مورب داخلی و خارجی نیز در الگوی حرکتی خاص بر اساس حرکت اندام فعال شده و باعث کنترل قامت می‌شوند [۳۸].

با توجه به یافته‌های کیلبر، فعال‌سازی عضلات ناحیه مرکزی در الگوی حرکتی اندام‌های انتهایی باعث بهبود کنترل قامت شده و بدن از فعال‌سازی عضلات ثبات‌دهنده مرکزی برای تولید گشتاور نیروی چرخشی حول بدن و ایجاد حرکت اندام‌ها استفاده می‌کند [۳۸].

هماهنگی بین تمامی عضلات تنه و ران برای کنترل و موقعیت طبیعی ستون فقرات ضروری است و عضله‌ای که به صورت منحصر به فرد در افزایش ثبات مرکزی نقش داشته باشد، وجود ندارد [۳۹] و تعادل بین عضلانی در چهار طرف ستون فقرات مهم‌ترین عامل پایداری ستون فقرات است [۱۵].

عضلات ثبات‌دهنده ناحیه لگن و ران مسئول حفظ راستای صحیح اندام تحتانی هنگام انجام حرکات پویا هستند [۴۰]؛ بنابراین ضعف و کاهش استقامت عضلات ثبات‌دهنده خلفی، قدامی و جانبی تنه باعث کاهش قدرت و کارایی عضلات اطراف ران می‌شود که با توجه به یکپارچگی اندام فوقانی و تحتانی

وزن، فشار وارد بر عضلات چهارسر برای حفظ مرکز ثقل بدن افزایش می‌یابد [۳۱]، به عنوان مثال طی فرود، در صفحه ساجیتال بردار نیروی عمودی عکس العمل زمین بین ران و زانو قرار می‌گیرد که موجب ایجاد گشتاور فلکشن در این مفاصل می‌شود [۳۲]. فلکشن تنه طی فرود موجب جذب بیشتر انرژی می‌شود و نیروی کمتری را به زانو منتقل می‌کند [۳۳].

در این خصوص جکسون نشان داد چهار هفته تمرینات ثبات مرکزی در مقایسه با تمرینات پلايومتریک نتوانستند سینماتیک تنه را تغییر دهند. همچنین در این پژوهش مشخص شد که کنترل ضعیف تنه، آسیب لیگامان‌های زانو (هرلیگامان زانو) و آسیب رباط صلیبی قدامی را پیش‌بینی می‌کند [۹] و تحقیقات نشان داده‌اند که نقص عصبی عضلانی کنترل تنه یا تسلط تنه، موجب اختلال در عملکرد مرکز بدن و ناتوانی در کنترل دقیق تنه در سه بُعد می‌شود. همچنین نتایج تحقیقات ویلسون و همکاران نشان داد که ارتباط روشنی بین ثبات عضلات مرکزی و بروز آسیب در اندام تحتانی و همچنین عملکرد اندام تحتانی وجود دارد [۳۴].

در زمینه تعادل نیز نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق میرجمالی و همکاران [۱۸]، جان و همکاران [۳۵] و آرجو و همکاران [۳۶] هم‌راستا است. نتایج این پژوهش در زمینه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی با نتایج تحقیق ساتو و موخا [۱۹] که پس از اجرای شش هفته تمرینات ثبات مرکزی روی دوندگان، پیشرفت معناداری در تعادل آزمودنی‌ها به دست نیاوردند، در تناقض است که علت آن می‌تواند نوع رشته ورزشی یا جنس آزمودنی‌ها باشد، زیرا آزمودنی‌های تحقیق ساتو و موخا را مردان دونده تشکیل دادند، درحالی‌که آزمودنی‌های تحقیق حاضر را زنان ورزشکار رشته فوتبال تشکیل دادند.

در زمینه تأثیر تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل باید به نقش

جدول ۴. نتایج تحلیل کواریانس تاثیر متغیر مستقل و پیش بین بر پس آزمون

متغیر	مرحله آزمون	گروه	F	df	P	Eta squared
LESS	پس آزمون	TRX	۲۰/۴۵	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۳
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
فلکشن ۶۰ درجه	پس آزمون	TRX	۱/۶۱	۱	۰/۲۱	۰/۰۵
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
سورنسن	پس آزمون	TRX	۲/۳۰	۱	۰/۱۴	۰/۰۷
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
پلانک از شکم	پس آزمون	TRX	۰/۵۴	۱	۰/۴۴	۰/۰۲
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
پلانک از راست	پس آزمون	TRX	۰/۰۷	۱	۰/۷۸	۰/۰۰۳
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
پلانک از چپ	پس آزمون	TRX	۰/۰۸	۱	۰/۷۷	۰/۰۰۳
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
استقامت کل	پس آزمون	TRX	۰/۲۰	۱	۰/۶۵	۰/۰۰۸
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
BESS	پس آزمون	TRX	۱۶/۹۳	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۸
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
جهت قدامی تعادل پویا	پس آزمون	TRX	۰/۵۶	۱	۰/۴۵	۰/۰۲
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
جهت خلفی داخلی تعادل پویا	پس آزمون	TRX	۱/۷۶	۱	۰/۱۹	۰/۰۶
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
جهت خلفی خارجی تعادل پویا	پس آزمون	TRX	۰/۵۳	۱	۰/۴۷	۰/۰۱
	پس آزمون	ثبات مرکزی				
نمره کل تعادل پویا	پس آزمون	TRX	۱/۹۹	۱	۰/۱۶	۰/۰۶
	پس آزمون	ثبات مرکزی				

طوبتوانبخش

و سه سررانی از طریق فاشیای تورا کولومبار که در عملکرد اندام فوقانی نیز دخیل است و لیگامان ساکروتوبروس در ارتباط است [۴۱]؛ بنابراین عضلات خلفی مرکزی ضعیف باعث کاهش قدرت و استقامت عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ می شوند. از آنجا که عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ به نوار ایلئوتیبیال متصل هستند [۴۲]، ضعف در ساختار عضلات ناحیه مرکزی بدن می تواند منجر به کاهش اثرگذاری الگوهای حرکتی صحیح، بروز الگوهای حرکتی جبرانی، کشیدگی عضلاتی، پرکاری و نهایتاً آسیب شود [۷].

ممکن است عملکرد در اندام فوقانی نیز دچار اختلال شود. عضلات ران نقش مهمی در انتقال نیرو از اندام تحتانی به سمت بالا، ستون فقرات و در حین اجرای فعالیت هایی که به صورت عمودی یا ایستاده هستند، ایفا می کند [۴۰] و در نتیجه ضعف عضلات ثبات دهنده مرکزی می تواند راستای صحیح اندام تحتانی هنگام انجام حرکات پویا بر هم زند و الگوی حرکتی را در اندام تحتانی دچار اختلال کند [۴۰].

ستون فقرات کمری به طور محکمی با عضلات سرینی بزرگ

جدول ۵. تفاوت میانگین فاکتورها در آزمودنی ها قبل و بعد از اعمال پروتکل های تمرینی

میانگین ± انحراف معیار							
ثبات مرکزی (۱۵ نفر)				TRX (۱۵ نفر)			
گروه	پیش آزمون	پس آزمون	T	P	پیش آزمون	پس آزمون	T
LESS	۱۱/۰۶±۱/۵۷	۶/۶۰±۰/۹۱	۱۱/۴۹	۰/۰۰۱	۱۰/۴۰±۱/۲۴	۴/۸۶±۱/۰۶	۱۱/۶۰۶
فلکشن ۶۰ درجه	۱۹/۵۷±۸/۵۹	۲۵/۵۷±۹/۸۴	۷/۴۸۳	۰/۰۰۱	۲۱/۰۶±۸/۸۹	۴۱±۱۱/۹۱	۸/۷۸۶
آزمون سورنسن	۶/۱۳±۲/۲۵	۱۳/۲۶±۲/۴۹	-۱۱/۳۳۴	۰/۰۰۱	۸/۰۶±۱/۵۳	۱۵/۶۶±۲/۲۵۰	-۹/۳۲۱
آزمون پلانگ از شکم	۲۵/۰۶±۱۲/۳۳	۴۴/۳۳±۱۷/۸۲	-۵/۷۰۸	۰/۰۰۱	۲۶/۴۰±۸/۶۶	۴۸/۶۰±۹/۲۸	۹/۲۳۲
آزمون پلانگ از راست	۲۲/۴۰±۹/۶۰	۴۰/۴۰±۰/۹۱	-۱۰/۲۳۱	۰/۰۰۱	۲۴/۴۶±۷/۶۲	۴۱/۱۳±۱/۰۶	۹/۰۶۸
آزمون پلانگ از چپ	۱۷/۱۳±۴/۴۸	۴۰/۵۳±۱۴/۳۶	-۵/۷۴۹	۰/۰۰۱	۲۱/۷۲±۵/۵۸	۴۰/۶۰±۷/۸۱	۹/۳۴۶
نمره کل آزمون استقامت	۱۸/۵۳±۶/۷۱	۳۵/۷۱±۹/۷۴	-۹/۴۸	۰/۰۰۱	۲۰/۶۵±۴/۴۶	۳۸/۳۸±۶/۱۸	-۱۱/۳۲
BESS	۵/۳۳±۰/۶۱	۰/۶۶±۰/۶۰	۱۲/۶۴	۰/۰۰۱	۵/۴۶±۰/۹۱	۱/۷۳±۰/۵۹	۱۲/۴۴
جهت قلبی آزمون وای (طول اندام تحتانی)	۹۴/۲۷±۲/۹۲	۹۷/۹۰±۴/۴۹	-۱۳/۱۵۰	۰/۰۰۱	۹۳/۹۰±۱۰/۵۸	۹۷/۱۹±۱/۸۰	-۱۶/۲۰۶
جهت خلفی داخلی آزمون وای (طول اندام تحتانی)	۹۲/۸۹±۱۱/۳۴	۹۴/۷۹±۹/۳۳	-۰/۸۵۸	۰/۴۰	۸۹/۷۰±۱۱/۴۲	۹۵/۱۱±۱۱/۱۲	-۱۲/۸۲۴
جهت خلفی خارجی آزمون وای (طول اندام تحتانی)	۸۷/۸۹±۸/۴۲	۹۳/۰۹±۸/۳۲	-۱۵/۲۵۵	۰/۰۰۱	۸۹/۸۳±۸/۸۹	۹۵/۳۲±۸/۵۱	-۱۴/۸۳۰
نمره کل آزمون وای (طول اندام تحتانی)	۹۱/۶۸±۷/۶۷	۹۵/۵۹±۷/۴۸	-۵/۱۵	۰/۰۰۱	۹۱/۱۵±۸/۸۹	۹۶/۲۱±۸/۷۷	-۲۰/۳۶

طوبتوانبخش

با توجه به مطالب بیان شده، می توان این گونه استنباط کرد که تمرینات ثبات مرکزی استفاده شده در تحقیق حاضر با افزایش ثبات ناحیه مرکزی بدن، احتمالاً استراتژی فراخوانی عضلات این ناحیه را بهبود داده که موجب به کارگیری استراتژی بهتر جذب نیرو از طریق افزایش میزان فلکشن تنه شده است.

نتایج تحقیق حاضر شواهدی مبنی بر اثر مثبت تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل ایستا و نمرات آزمون LESS و به طور ویژه تأثیر بیشتر تمرینات TRX بر این فاکتور است و می تواند نشان دهنده این موضوع باشد که پیشرفت های بالقوه در گروه های تمرینات پایداری ناحیه مرکزی بدن با سطح فعال سازی ساختمان عضلات ناحیه مرکزی بدن مرتبط است [۱۸]، هر چند که نیاز به تحقیقات بیشتری در مورد این تمرینات احساس می شود، اما نتایج تحقیق پیشنهاد می کند که با توجه به تفاوت بین دو نوع تمرین در اثر گذاری بر مؤلفه های تعادل ایستا و نمرات LESS، تمرینات TRX می توانند برای بهبود این فاکتورها، به وسیله تقویت عضلاتی که اغلب با کنترل ستون فقرات و لگن مرتبط هستند، نسبت به تمرینات ثبات مرکزی مفیدتر باشند.

همچنین استقامت عضلانی عنصری اساسی برای نشان دادن میزان آمادگی جسمانی و توانایی عملکرد ساختار بدن انسان هستند. از این رو، کاهش استقامت گروه های عضلانی می تواند باعث حرکت یا جابه جایی غیرطبیعی در بخش های مختلف بدن شود. در این میان نقش عضلات تنه در محافظت از ستون فقرات در برابر فشارهای مضر اغلب در تحقیقات ارزیابی شده است. عضلات اطراف ستون فقرات، عضلات وضعیتی بوده که به نگهداشتن بدن به طور مستقیم در هنگام ایستادن و کنترل بدن در هنگام خم و راست شدن کمک می کنند. این نظریه وجود دارد که کاهش استقامت عضلات تنه باعث خستگی عضلاتی و افزایش فشار بر بافت نرم و ساختارهای غیرفعال ستون فقرات کمری می شود. همچنین از آنجا که ظرفیت استقامتی عضلات، نشانه ای از ظرفیت خستگی آنهاست، تصور می شود که افرادی با استقامت عضلانی کمتر در عضلات تنه، بیشتر در معرض فشارهای ساختاری هستند که این امر شاید به فشارهای نامناسب بر ستون فقرات و ایجاد کمردرد منجر شود [۴۳]؛ بنابراین استفاده از تمرینات ثبات دهنده ناحیه مرکزی بدن با توجه اثر بخشی آنها در بهبود استقامت عضلات تنه، می تواند در پیشگیری و توان بخشی مشکلات مربوط به ستون فقرات مهم باشند [۴۲].

نتیجه گیری نهایی

نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده اثر معنادار هر دو برنامه ثبات مرکزی و TRX بر استقامت ناحیه مرکزی، تعادل و الگوی پرش فرود ورزشکاران زن مبتلا به نقص تنه بود. با توجه به تأثیر تمرینات ثبات مرکزی و TRX بر استقامت ناحیه مرکزی و تعادل و نیز کاهش خطر ایجاد آسیب ACL که نتایج آزمون LESS نشان دهنده آن بود، به نظر می رسد استفاده از این تمرینات بتواند در بهبود تعادل و نیز کاهش خطر ایجاد آسیب ACL در زنان فوتبالیست مبتلا به نقص تنه مفید باشد. بر این اساس، استفاده از این تمرینات به ورزشکاران زن با اختلال نقص تنه توصیه می شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی در نظر گرفته شد و کد اخلاق به شماره R.SSRI.REC.1399.832 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی نویسنده اول در گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

محقق از تمام ورزشکاران شهر شیراز که در این تحقیق شرکت کردند و همچنین مربیانی که با محقق همکاری کردند، کمال تشکر را دارد.

References

- [1] Padua DA, DiStefano LJ. Sagittal plane knee biomechanics and vertical ground reaction forces are modified following ACL injury prevention programs: A systematic review. *Sports Health*. 2009; 1(2):165-73. [DOI:10.1177/1941738108330971] [PMID] [PMCID]
- [2] Moore MK. Upper crossed syndrome and its relationship to cervicogenic headache. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2004; 27(6):414-20. [DOI:10.1016/j.jmpt.2004.05.007] [PMID]
- [3] Almeida SA, Williams KM, Shaffer RA, Brodine SK. Epidemiological patterns of musculoskeletal injuries and physical training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1999; 31(8):1176-82. [DOI:10.1097/00005768-199908000-00015] [PMID]
- [4] Wiczorkowski MP. Functional movement screening as a predictor of injury in high school basketball athletes [MSc. Thesis]. Ohio: University of Toledo; 2010. https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=toledo1273517778
- [5] Sadeghi H, Sarshin A, Hovanloo F. [The effect of whole body vibration training on dynamic balance in athletic students (Persian)]. *Journal of Movement Science & Sports*. 2010; 7(14):9-19. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=260388>
- [6] Guskiewicz KM, Perrin DH, Gansneder BM. Effect of mild head injury on postural stability in athletes. *Journal of Athletic Training*. 1996; 31(4):300-6. [PMCID]
- [7] Fredericson M, Moore T. Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle-and long-distance runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2005; 16(3):669-89. [DOI:10.1016/j.pmr.2005.03.001] [PMID]
- [8] Bobbert MF, Van Zandwijk JP. Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1999; 31(2):303-10. [DOI:10.1097/00005768-199902000-00015] [PMID]
- [9] Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: Prospective biomechanical-epidemiologic study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007; 35(7):1123-30. [DOI:10.1177/0363546507301585] [PMID]
- [10] Nesser TW, Lee WL. The relationship between core strength and performance in division I female soccer players. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2009; 12(2):21-8. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=221655>
- [11] Park HC, Kim YS, Seok SH, Lee SK. The effect of complex training on the children with all of the deformities including forward head, rounded shoulder posture, and lumbar lordosis. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2014; 10(3):172-5. [DOI:10.12965/jer.140113] [PMCID]
- [12] Mannion AF, Dvorak J, Taimela S, Müntener M. [Increase in strength after active therapy in chronic low back pain (CLBP) patients: Muscular adaptations and clinical relevance (German)]. *Schmerz (Berlin, Germany)*. 2001; 15(6):468-73. [DOI:10.1007/s004820100034] [PMID]
- [13] Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*. 2010; 5(4):234. [PMCID]
- [14] Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: A systematic review of neuromuscular training interventions. *The Journal of Knee Surgery*. 2005; 18(1):82-8. [DOI:10.1055/s-0030-1248163] [PMID]
- [15] Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004; 85(3 S 1):S86-92. [DOI:10.1053/j.apmr.2003.12.005] [PMID]
- [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. [DOI:10.1016/j.pts.2017.08.076] [PMID]
- [17] Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Croix MB, Belshaw A, Lloyd RS. Altered landing mechanics are shown by male youth soccer players at different stages of maturation. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 33:48-53. [DOI:10.1016/j.pts.2018.07.001] [PMID] [PMCID]
- [18] 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 (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 8(1):61-70. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=746336>
- [19] Ehsani F, Mohseni-Bandpei MA, Shanbeh-Zadeh S. [The effect of stabilization exercises on objective outcome measures in patients with chronic non-specific low back pain: A systematic review with particular emphasis on randomized controlled clinical trial (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2013; 14(2):8-21. <https://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-1272-en.html>
- [20] Snarr RL, Esco MR. Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. *Journal of Human Kinetics*. 2013; 39:75-83. [DOI:10.2478/hukin-2013-0070] [PMID] [PMCID]
- [21] Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2008; 12(1):22-30. [DOI:10.1016/j.jbmt.2007.05.001.] [PMID]
- [22] Petrofsky JS, Cuneo M, Dial R, Pawley AK, Hill J. Core strengthening and balance in the geriatric population. *Journal of Applied Research in Clinical and Experimental Therapeutics*. 2005; 5(3):423. <http://www.jarcet.com/articles/Vol5Iss3/Petrofsky3.pdf>
- [23] Daneshjoo A, Eslami Soukht Abandani A, Mousavi SK. [The effect of core stability training on the balance and FMS scores of adolescent soccer players (Persian)]. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 9(2):61-70. [DOI:10.22037/jrm.2019.111518.2053]

- [24] Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*. 2005; 40(1):41-6. [PMCID]
- [25] Sipe CL, Ramey KD, Plisky PP, Taylor JD. Y-balance test: A valid and reliable assessment in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2019; 27(5):663-9. [DOI:10.1123/japa.2018-0330] [PMID]
- [26] 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. [DOI:10.1016/j.jsams.2014.01.002] [PMID]
- [27] You YL, Su TK, Liaw LJ, Wu WL, Chu IH, Guo LY. The effect of six weeks of sling exercise training on trunk muscular strength and endurance for clients with low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(8):2591-6. [DOI:10.1589/jpts.27.2591] [PMID] [PMCID]
- [28] Sahebozamani M, Firouzjah MA, Daneshmandi H. [Effect of core stability training on the trunk endurance of indoor soccer players (Perian)]. *Studies in Sport Medicine*. 2014; 6(15):15-28. https://smj.ssrc.ac.ir/article_35_en.html
- [29] Hadadnezhad M, Rajabi R, Jamshidi AA, Shirzad E. [Effect of stabilization training on trunk muscle activation of females with trunk control deficit (Perian)]. *Studies in Sport Medicine*. 2015; 7(17):68-51. https://smj.ssrc.ac.ir/article_572.html?lang=en
- [30] Faiz A, Gnanachellam CJ. Effect of Swiss ball training on cardiovascular endurance and abdominal strength of physical education students. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*. 2018; 3(1):1378-81. <https://www.journalofsports.com/pdf/2018/vol3issue1/Par-TY/3-1-319-269.pdf>
- [31] Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, De-Maio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(9):1512-32. [DOI:10.1177/0363546506286866] [PMID]
- [32] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010; 40(2):42-51. [DOI:10.2519/jospt.2010.3337] [PMID]
- [33] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2009; 17(7):705-29. [DOI:10.1007/s00167-009-0813-1] [PMID]
- [34] Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2005; 13(5):316-25. [DOI:10.5435/00124635-200509000-00005] [PMID]
- [35] Jain PS, Bathia K, Kanse-patil S, Rayjade A, Patel G, Deshpande V. Effectiveness of Swiss ball exercises and mini stability ball exercises on core strength, endurance and dynamic balance in mechanical low back pain. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2019; 10(5):70-5. [DOI:10.5958/0976-5506.2019.00970.7]
- [36] Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: A pilot study. *Journal of Human Kinetics*. 2015; 45:27-37. [DOI:10.1515/hukin-2015-0004] [PMID] [PMCID]
- [37] 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. [DOI:10.2519/jospt.2006.36.3.131] [PMID]
- [38] Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*. 2006; 36(3):189-98. [DOI:10.2165/00007256-200636030-00001] [PMID]
- [39] Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2003; 33(11):647-60. [DOI:10.2519/jospt.2003.33.11.647] [PMID]
- [40] Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007; 21(4):1300-4. [DOI:10.1519/00124278-200711000-00056] [PMID]
- [41] Rackwitz B, de Bie R, Limm H, von Garnier K, Ewert T, Stucki G. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 2006; 20(7):553-67. [DOI:10.1191/0269215506cr977oa] [PMID]
- [42] Bolgla LA, Malone TR, Umberger BR, Uhl TL. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2008; 38(1):12-8. [DOI:10.2519/jospt.2008.2462] [PMID]
- [43] Shojaeddin S, Sadeghi H, Bayat M. [The relationship between muscle endurance and anthropometric characteristics of athletes with lumbar pain in lumbar disorders (Persian)]. *Movement Sciences*. 2009; 6(12):23-33. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=131531>