Sport Medicine Studies **Volume 14, No 33, 2022, Page 59-80**

Research Paper

The Effect of Eight Weeks Reactive Neuromuscular Training on Lower Extremity Kinematics during Landing in Female Basketball Players

A. Yadollahi[1], M. Zarei[2], M. Ghietasi[3]

1. MSc., Department of Health and Sport Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Associated Professor, Department of Health and Sport Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences & Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)
3. Assistant Professor, Department of Health and Sport Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences & Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received Date: 2022/04/17 **Accepted Date: 2022/07/12**

Abstract

Recently the reactive neuromuscular training (RNT) has received increasing attention due to its function in decreasing the sport injuries. These exercises help athletes to quickly correct their faulty motor patterns. The aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of reactive neuromuscular training on landing kinematics in Female Basketball Players. Thirty three players from the three teams of the Tehran Female's Basketball Premier League participated in this study. The teams were randomly divided into three groups: experimental 1 (n=11), experimental 2 (n=11), and control group (n=11). Experimental group 1 performed injury prevention and enhancement of performance (PEP) exercises for eight weeks and experimental group 2 performed PEP exercises with RNT instead of regular warming up. The control group performed their regular exercises. The kinematics of the trunk and lower extremity joints during landing were evaluated by pre- and post-test. Three-dimensional lower-extremity kinematics was measured during drop jump with a single leg landing. Data were analyzed by two-way repeated measures analysis of variance. The results showed that eight weeks of reactive neuromuscular training had a significant effect on hip flexion angle at landing ($F(2,27)=3.40$, $P=0.04$, $\eta p2=0.20$). However, there was no significant effect on knee valgus, knee flexion, ankle dorsiflexion, and trunk flexion at the moment of landing following RNT training. In addition, the results indicated that the injury prevention program using reactive neuromuscular exercises could well modify the athletes' motor patterns toward a lower risk of anterior cruciate ligament injury. Therefore, it is highly recommended that

1. Email: anoosheyadollahi@gmail.com
2. Email: zareeimostafa@yahoo.com
3. Email: mehdi.gheitasi@googlemail.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

basketball coaches use RNT training program instead of regular warming up to prevent anterior cruciate ligament injuries.

Keywords: Kinematics, Basketball, Landing, Reactive Neuromuscular Training, Anterior Cruciate Ligament

Extended Abstract

Background and Purpose

Basketball is one of the most popular sports in the world and one of the most widely viewed. With the sport's growing popularity and the rapid growth of participants, especially among youth, sports injuries in the field are also increasing. Studies have shown that 10-25% of all sports injuries occur in the knee, and among these injuries, about 45% are related to ligaments. Among the ligaments of the knee joint, the anterior cruciate ligament is injured more than other ligaments (1). According to studies, the prevalence of this ligament injury in women is 2 to 8 times that of male athletes (3). Considering these issues, it seems necessary to design and develop programs to prevent anterior cruciate ligament injury.

Studies have shown that neuromuscular deficits are associated with anterior cruciate ligament injury rates in female athletes (2). Neuromuscular deficiency due to impaired muscle strength and activation patterns causes an increase in load on the knee joint and as a result injury to the anterior cruciate ligament (3). For this reason, injury prevention programs focus on modulating the risk of modifiable neuromuscular factors associated with non-contact knee injuries (1). One of the most successful ACL injury prevention programs is the PEP program (4). The implementation of this program in elite female soccer players was able to reduce the occurrence of anterior cruciate ligament injuries by 88% (4).

Recently, the use of reactive neuromuscular training in the prevention of sports injuries has been considered. These exercises help to quickly correct wrong movement patterns in people (4). According to limited studies, they have investigated the effect of using reactive neuromuscular training in the form of an injury prevention program on the risk factors of anterior cruciate ligament injury during landing, so the purpose of this study is to determine the effect of eight weeks of reactive neuromuscular training on the landing kinematics of female basketball players.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Materials and Methods

The present research method was a semi-experimental pre-test-post-test type. The statistical population of this research was made up of female athletes aged 18 to 25 who participated in the Iranian women's basketball premier league in 2019.

All clubs competing in the Iranian premier league (8 clubs) were invited to participate in the study. Three of the 8 interested clubs were selected randomly. Players randomly divided into the first experimental group (11 players), the second experimental group (11 players) and the control group (11 players). In this randomized controlled trial, 33 female basketball players (age range, 18–25 years) from these 3 teams fulfilled the inclusion criteria and volunteered to participate. The first experimental group after the pre-test for two months (8 weeks and 24 training sessions) performed PEP+RNT exercises instead of their previous warm-up exercises, and the second experimental group after the pre-test for two months performed PEP exercises instead of their previous warm-up exercises. Control group did not do any special injury prevention program during this period and only continued their previous sports training. Before the start of the research, the coaches of the intervention groups were fully trained by the researcher. Also, all the exercises along with the poster of Persian exercises of these exercises were provided to the trainers.

Players who met the inclusion criteria were invited to a laboratory to perform the pre-intervention tests. The participants were asked to warm up their bodies for 5 minutes using a treadmill and kinetic movements. Then, infrared markers were attached to their bodies using the plug-in-gait method of the lower limbs (5) and they were asked to perform the jump-landing task from a 30 cm platform. The landing jump kinematic was analyzed by the 3D motion analysis system, which consists of 8 infrared cameras capable of 240 frames per second, and was analyzed using Cortex software.

Findings

The results of the Mixed model ANOVA showed that eight weeks of neuromuscular injury prevention exercises have a significant effect on the thigh flexion angle at the moment of landing ($F(2,27)=3.40$, $P=0.04$, $\eta p2=0.20$). However, no significant effect was observed in knee valgus angles, knee flexion, ankle dorsiflexion, and trunk flexion at the moment of landing following the implementation of reactive neuromuscular training for female basketball players.

Discussion

The aim of this research was to investigate the effect of eight weeks of reactive neuromuscular training on the landing kinematics of female basketball players.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

The results of the research showed that performing eight weeks of reactive neuromuscular injury prevention exercises has a significant effect on the thigh flexion angle at the moment of landing. However, no significant effect was observed on knee valgus angle, knee flexion, and ankle dorsiflexion and trunk flexion at the moment of landing following the performance of neuromuscular exercises in basketball players.

Most of the anterior cruciate ligament injuries are of non-contact type, and the valgus angle of the knee is one of the predictors of non-contact injury of this ligament, which is also related to the abductor torque on the knee joint (6). The valgus angle of the knee in the PEP+RNT group improved by about 4 degrees compared to the pre-test. According to previous studies, very small changes in the frontal plane of the knee at the moment of landing are highly effective at the threshold of anterior cruciate ligament injury (7). As a result, it can be said that PEP+RNT exercises can be effective in preventing injury to this ligament by reducing the valgus angle by 4 degrees. In order to improve the knee valgus angle, there are studies consistent with the present results. Carrasco et al. (2019) reported that a neuromuscular training as an alternative to warm-up reduced knee valgus in a young female basketball player (8)

Conclusion

The presented results indicated that the injury prevention program using reactive neuromuscular exercises could well modify the athletes' movement patterns toward a lower risk of anterior cruciate ligament injury. Therefore, it is highly recommended that basketball coaches use RNT training program instead of regular warming to prevent anterior cruciate ligament injuries.

Keywords: Kinematics, Basketball, Landing, Reactive Neuromuscular trainig, Anterior Cruciate Ligament

References

1. Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. Journal of athletic training. 2018;53(1):5-19.
2. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. The American journal of sports medicine. 2005;33(4):492-501.
3. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. Journal of athletic

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

training. 2004;39(4):352.
4. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. The American journal of sports medicine. 2005;33(7):1003-10.
5. 5. Duffell LD, Hope N, McGregor AH. Comparison of kinematic and kinetic parameters calculated using a cluster-based model and Vicon's plug-in gait. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine. 2014 Feb;228(2):206-10.
6. McLean SG, Huang X, van den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. Clinical Biomechanics. 2005;20(8):863-70.
7. Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. Journal of biomechanics. 2006;39(2):330-8.
8. Carrasco-Huenulef C, Moran J. Effects of a neuromuscular training program on anterior cruciate ligament injury risk factors in youth female basketball players: a pilot study. Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche. 2019;178(3):137-44.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۴، شماره ۳۳، پاییز ۱۴۰۱. صص ۸۰-۵۹

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی–عضلانی واکنشی بر کینماتیک اندام تحتانی حین فرود در زنان بسکتبالیست

انوشه یدالهی[۱]، مصطفی زارعی[۲]، مهدی قیطاسی[۳]

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه شهید بهشتی

۲.دانشیار گروه بازتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول)

۳. استادیار گروه بازتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ ارسال ۱۴۰۱/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۴/۲۱

چکیده

اخیراً کاربرد تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی (RNT) در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی مورد توجه قرار گرفته است. این تمرینات به اصلاح سریع الگوهای غلط حرکتی در افراد کمک می‌کند. بنابراین، هدف از مطالعهٔ حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر کینماتیک فرود زنان بسکتبالیست بود. ۳۳ بازیکن از سه تیم لیگ برتر بسکتبال بانوان استان تهران در این مطالعه شرکت کردند. تیم‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه تجربی اول (۱۱ نفر)، تجربی دوم (۱۱ نفر) و گروه کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی اول به مدت هشت هفته تمرینات برنامهٔ پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد EPP و گروه تجربی دوم تمرینات RNT +PEP را به‌جای گرم کردن اجرا کردند. گروه کنترل تمرینات عادی خود را اجرا می‌کردند. کینماتیک تنه و اندام تحتانی در حین حرکت فرود به‌وسیلهٔ سیستم آنالیز حرکت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بررسی شد. داده‌ها به‌وسیلهٔ آزمون تحلیل واریانس تکراری دو در سه آنالیز شدند. نتایج نشان داد انجام هشت هفته تمرینات پیشگیری از آسیب عصبی-عضلانی واکنشی در میزان زاویهٔ فلکشن ران در لحظه فرود اثر معناداری دارد ($F(2,27)=3.40, P=0.04, \eta p2=0.20$). اما در زوایای والگوس زانو، فلکشن زانو، دورسی فلکشن مچ پا و فلکشن تنه در لحظه فرود متعاقب اجرای تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری مشاهده نشد. این نتایج به‌طور کلی نشان داد برنامهٔ پیشگیری از آسیب با استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی نمی‌تواند در شاخص‌های پیشگیری از آسیب‌های لیگامنت متقاطع قدامی مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: کینماتیک، بسکتبال، فرود، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی، لیگامنت متقاطع قدامی

1. Email: anoosheyadollahi@gmail.com
2. Email: zareeimostafa@yahoo.com
3. Email: mehdi.gheitasi@googlemail.com

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مقدمه

مطالعات نشان داده‌اند ۱۰ الی ۲۵ درصد از کل آسیب‌های ورزشی در زانو رخ می‌دهد و در میان این آسیب‌ها، حدود ۴۵ درصد مربوط به لیگامنت‌هاست. در بین لیگامنت‌های مفصل زانو، لیگامنت صلیبی قدامی بیش از سایر لیگامنت‌ها آسیب می‌بیند (۱-۳). طبق آمار، در ایالات‌متحدهٔ آمریکا سالانه حدود ۲۰۰۰۰۰ آسیب لیگامنت صلیبی قدامی رخ می‌دهد (۲). بر اساس مطالعات انجام‌شده شیوع آسیب این لیگامنت در زنان دو تا هشت برابر مردان ورزشکار است که این میزان در زنان ورزشکار جوانی که در رشته‌های خاص ورزشی مانند بسکتبال، فوتبال و سافت‌بال فعالیت می‌کنند، ۵/۱ تا ۶/۴ برابر بیشتر از مردان گزارش شده است (۳). در سالیان اخیر میزان شیوع آسیب لیگامنت صلیبی قدامی رشد فزاینده‌ای داشته که این مسئله نگرانی‌های عمومی را افزایش داده است (۴). از طرفی، دورهٔ بازتوانی این آسیب حدود شش تا نه ماه به طول می‌انجامد و درمان و بازسازی آسیب لیگامنت صلیبی قدامی سالیانه حدود ۳ میلیارد دلار در آمریکا هزینه دارد (۵). به‌علاوه افزایش احتمال از دست دادن حضور در فصل مسابقه، ناتوانی‌های طولانی‌مدت، ایجاد آسیب‌های ثانویه‌ای مانند پارگی مینیسک، استئوآرتریت زودرس و تغییرات مخرب مفصلی در افراد آسیب‌دیده جزء سایر پیامدهای آسیب لیگامنت صلیبی قدامی است (۶). احتمال ابتلا به استئوآرتریت بعد از آسیب زانو حدوداً چهار برابر می‌شود و میزان استئوآرتریت بعد از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی ۱۰ تا ۹۰ درصد در سنین ۱۰ تا ۲۰ سال افزایش می‌یابد (۷). همچنین مطالعات نشان داده است که بعد از عمل جراحی و توان‌بخشی لیگامنت صلیبی قدامی، تنها حدود ۴۴ درصد از ورزشکاران به مسابقات ورزشی خود برمی‌گردند (۸). ازاین‌رو، با توجه به این مسائل، طراحی و تدوین برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی ضروری به نظر می‌رسد.

حدود دوسوم آسیب‌های لیگامنت صلیبی قدامی به‌صورت غیربرخوردی و طی حرکاتی از قبیل پرش، چرخش، افزایش و کاهش شتاب اتفاق می‌افتد. زانو تا حد زیادی مسئول تضعیف انرژی اندام تحتانی هنگام فرود آمدن از یک پرش است. مطالعات نشان داده‌اند هنگام پرش فرود، زمانی که زانو در وضعیت صفر تا ۲۵ درجه فلکشن است، مقدار نیروهای عکس‌العمل زمین به اوج می‌رسد و احتمال آسیب لیگامنت صلیبی قدامی افزایش می‌یابد. ورزشکارانی که به آسیب غیربرخوردی ACL دچار می‌شوند، معمولاً شاخص‌های بیومکانیکی مشترکی ازجمله فرودهایی با فلکشن کم زانو و ران دارند. آسیب‌های لیگامنت صلیبی قدامی معمولاً با چرخش خارجی یا داخلی تیبیا[1]، فرود، حرکات برشی و

1. Internal or External Rotation of Tibia

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

دویدن رخ می‌دهد (۹). این مکانیسم‌ها در ورزش‌هایی مانند بسکتبال، به‌ویژه در زنان به‌وفور دیده می‌شود. به همین دلیل میزان شیوع آسیب لیگامنت صلیبی قدامی در بسکتبال بیش از سایر رشته‌های ورزشی گزارش شده است (۱۰). مطالعات نشان داده‌اند نقص عصبی-عضلانی با میزان آسیب لیگامنت صلیبی قدامی در زنان ورزشکار مرتبط است (۱۱). نقص عصبی-عضلانی به علت اختلال در قدرت عضلانی و الگوهای فعال‌سازی سبب افزایش بار در مفصل زانو و درنتیجه آسیب لیگامنت صلیبی قدامی می‌شود (۱۲). به همین دلیل برنامه‌های پیشگیری از آسیب بر تعدیل ریسک فاکتورهای عصبی-عضلانی قابل‌تغییر مرتبط با آسیب‌های غیربرخوردی زانو تمرکز دارد (۳).

رایج‌ترین برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامنت زانو در ورزشکاران زن شامل اسپرت متریک[1]، برنامهٔ پیشگیری از آسیب زانو[2]، برنامهٔ پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد[3]، برنامهٔ پیشگیری از آسیب لیگامانی زانو[4]، و برنامهٔ جامع فیفا ۱۱+ است، اما یکی از موفق‌ترین برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی، برنامه PEP[5] است (۱۳). اجرای این برنامه در بازیکنان فوتبال زن نخبه توانست وقوع آسیب لیگامنت صلیبی قدامی را حدود ۸۸ درصد کاهش دهد (۱۳).

اخیراً کاربرد تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی مورد توجه قرار گرفته است. این تمرینات به اصلاح سریع الگوهای غلط حرکتی در افراد کمک می‌کند (۱۴). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اولین بار توسط کوک و وایت[6] معرفی شد (۱۵). پژوهشگران از این تمرینات برای بازگرداندن ثبات عملکردی و افزایش مهارت‌های کنترل حرکتی در ورزشکاران آسیب‌دیده استفاده کردند (۱۶). تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر اساس کمترین نیاز به دستورالعمل‌های کلامی از طرف مربی ورزشی طراحی می‌شود (۱۷). تکنیک‌های تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اختلالات الگوی غیرارادی ناکارمد حرکتی را با استفاده از یک بار بیرونی با لود پایین، به‌صورت واکنشی اصلاح می‌کند. این تمرینات با استفاده از باندهای کشی با لود پایین، الگوی غلط حرکتی فرد را افزایش می‌دهد و به مجری حرکت گفته می‌شود که اجازه ندهد تا مربی ناراستایی حرکتی او را تشدید کند. این باند برای افزایش قدرت عضلانی استفاده نمی‌شود، بلکه برای ایجاد تنش‌هایی است که بر پاسچر

1. Sports-metric Program
2. Knee Injury Prevention Program(KIPP)
3. Prevent Injury and Enhance Performance Program (PEP)
4. Knee Ligament Injury Prevention Program (KLIP)
5. Prevent Injuries Enhance Performance
6. Cook and Voight

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

و پوزیشن صحیح بدن برای بهبود ثبات عضلانی پویا در طول فعالیت تمرکز دارد (۱۴)؛ بنابراین اجازه می‌دهد حرکات غیرطبیعی مفصل در طول فعالیت کنترل شوند (۱۶, ۱۸). درواقع، با تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی خطا با سطح ادراکی واضح‌تر به سیستم عصبی مرکزی انتقال داده می‌شود؛ درنتیجه اشتباه واضح‌تر باعث ایجاد پیام‌هایی برای اصلاح آن حرکت و خنثی شدن الگوی حرکتی می‌شود (۱۴).

گری کوک و همکاران با یک هفته توان‌بخشی از طریق تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی ازبین‌رفتن تعادل عضلانی ران و زانو را به‌طور چشمگیری کاهش دادند و در طول مدت کوتاهی از درمان، ورزشکار توانایی‌های قابل‌توجهی به دست آوردند و به سطح رقابتی خود بازگشت (۱۹). ملیندا پیتمن[1] و همکاران اثر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را بر تغییرات بیومکانیکی زانوی ۲۹ زن سنجیدند. نتایج این پژوهش نشان داد هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی باعث کمک به ثبات بیشتر در فاز اول فرود و کاهش والگوس پویا می‌شود و بیان کرد اگر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی قبل از تمرینات خاص ورزشی انجام شوند عملکرد را بهبود می‌بخشند و احتمالاً آسیب لیگامنت صلیبی قدامی را کاهش می‌دهند (۲۰). با توجه مطالعات محدودی که به بررسی اثر استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی در قالب یک برنامهٔ پیشگیری از آسیب بر عوامل خطر بروز آسیب لیگامنت صلیبی قدامی در هنگام فرود پرداخته‌اند، هدف از این مطالعه تعیین اثر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر کینماتیک فرود زنان بسکتبالیست بود.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و به‌صورت پیش‌آزمون- پس‌آزمون بود. جامعهٔ آماری این پژوهش را ورزشکاران زن ۱۸ تا ۲۵ سالهٔ حاضر در لیگ برتر بسکتبال زنان ایران در سال ۹۸ تشکیل می‌دادند. از تیم‌های حاضر در لیگ برتر بسکتبال زنان ایران سال ۹۸ دعوت شد در این مطالعه شرکت کنند. سه تیم شرایط شرکت در این مطالعه را پذیرفتند. از این سه تیم، به‌صورت در دسترس و بر اساس معیارهای ورود ۳۳ ورزشکار به‌عنوان آزمودنی انتخاب و به‌صورت تصادفی در سه گروه تجربی اول (۱۱ نفر)، گروه تجربی دوم (۱۱ نفر) و گروه کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی اول پس از اجرای پیش‌آزمون به مدت دو ماه (هشت هفته و معادل ۲۴ جلسهٔ تمرینی) تمرینات PEP+RNT را به‌جای تمرینات گرم کردن قبلی خود انجام دادند و گروه تجربی دوم پس از اجرای پیش‌آزمون به

1 Melinda Pettman

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مدت دو ماه (هشت هفته معادل ۲۴ جلسه تمرینی) تمرینات PEP را به‌جای تمرینات گرم کردن قبلی خود انجام دادند. این دو گروه در این مدت تحت نظارت کامل آزمونگر بودند و گروه کنترل در این مدت هیچ برنامهٔ خاص پیشگیری از آسیب انجام ندادند و فقط تمرینات ورزشی سابق خود را ادامه دادند. پژوهشگر قبل از آغاز پژوهش به‌طور کامل به مربیان تیم‌های گروه‌های مداخله آموزش داد. همچنین کلیهٔ تمرینات به همراه پوستر تمرینات فارسی این تمرینات در اختیار مربیان قرار داده شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل: عضویت در یکی از تیم‌های لیگ برتر بسکتبال زنان ایران، شرکت در دست‌کم سه جلسه تمرین در هفته، نداشتن سابقهٔ جراحی تنه یا اندام تحتانی و نداشتن پارگی لیگامنت‌های زانو بود. تکمیل نکردن دورهٔ پروتکل PEP، وقوع آسیب ورزشی منجر به غیبت، شرکت نکردن در پس‌آزمون و غیبت بیش از سه جلسه در تمرینات منجر به خروج از مطالعه می‌شد (نمودار شمارهٔ ۱).

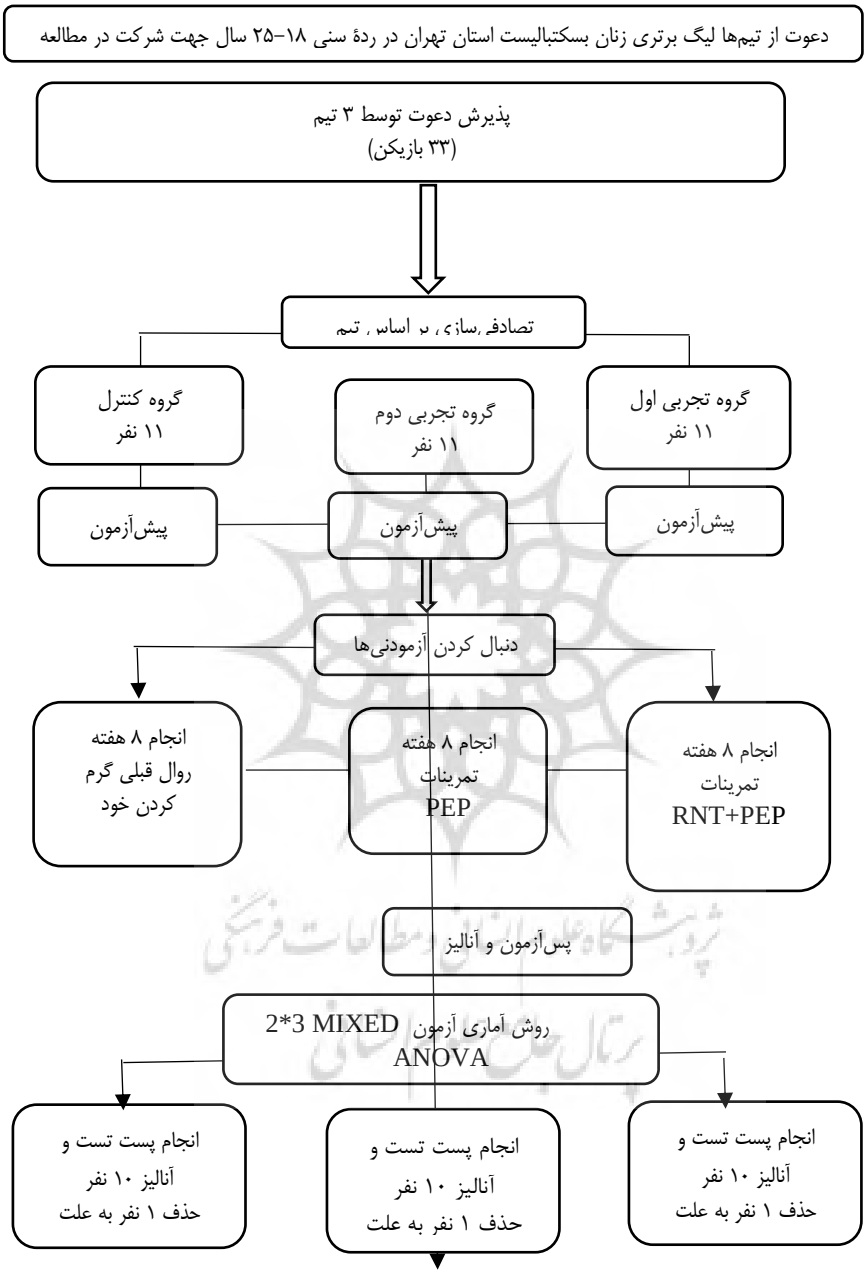
نتایج ارائه‌شده در جدول شمارهٔ ۱ نشان می‌دهد در اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها مانند سن، وزن و قد تفاوت معناداری بین سه گروه وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مشخصات آنتروپومتری آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
RNT+PEP	۱۰ نفر	۲.۱۱±۲۱.۷۰	۵.۷۳±۱۷۱.۵۰	۷.۵۲±۶۵.۳۰
PEP	۱۰ نفر	۲.۴۹±۲۳	۷.۱۱±۱۷۲.۲	۷.۴۸±۶۳.۸۰
کنترل	۱۰ نفر	۲.۳۷±۲۱.۱۰	۵.۶۷±۱۶۶.۶	۱۲.۰۸±۵۸.۱۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License



شکل ۱- مراحل انجام پژوهش

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

شرکت‌کنندگان برای اجرای پیش و پس‌آزمون به آزمایشگاه دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه شهید بهشتی تهران مراجعه کردند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا به مدت ۵ دقیقه با استفاده از تردمیل و حرکات جنبشی بدن خود را گرم کنند. سپس مارکرهای مادون قرمز به روش plug-in-gait اندام تحتانی به بدنشان چسبانده شد (۲۱) و از آن‌ها خواسته شد تکلیف پرش-فرود را از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری اجرا کنند. به‌منظور آشنایی با تکلیف، به کلیهٔ بازیکنان آموزش‌های لازم داده شد. حرکت پرش-فرود به‌وسیلهٔ سیستم آنالیز حرکت سه‌بعدی که از هشت دوربین مادون قرمز با قابلیت ۲۴۰ فریم در ثانیه تشکیل شده است و با استفاده از نرم‌افزار کورتکس تجزیه‌وتحلیل شد. این نرم‌افزار داده‌های کینماتیکی حرکت از قبیل: جابه‌جایی، سرعت خطی، شتاب خطی و زاویه‌ای، دامنهٔ حرکت مفاصل بدن را فراهم می‌کند.

برای انجام حرکت پرش-فرود آزمودنی‌ها از سکوی چوبی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به سمت مانعی کنزی که در فاصله‌ای تقریباً برابر با نصف قدشان قرار داشت می‌پریدند و سپس بلافاصله یک پرش عمودی حداکثری را انجام می‌دادند. نحوهٔ اجرای حرکت پرش-فرود در این پژوهش همانند پروتکل سیستم امتیازدهی خطای فرود[1] (LESS) بود. شرکت‌کنندگان اجازه داشتند سه تلاش تمرینی را انجام دهند و پس از انجام تلاش‌های تمرینی از آن‌ها خواسته شد تا سه فرود اصلی را انجام دهند. زوایای والگوس زانو، زاویهٔ خم شدن ران، زاویهٔ خم شدن زانو، زاویهٔ دورسی فلکشن مچ پا و خم شدن تنه در لحظه فرود ثبت شد. برای به دست آوردن لحظهٔ برخورد پا با سطح زمین، از مختصات مکان مارکر سر متارتارسال دوم در محور Z در فریمی که کمترین فاصلهٔ مکانی را با سطح زمین داشت استفاده شد. برای اطمینان، از عدم حرکت مارکر سر متارتارسال دوم، این مارکر به‌صورت فریم به فریم تا لحظهٔ فرود با مشاهده کپچر استفاده شد. به‌منظور فیلتر کردن داده‌ها از فیلتر پایین گذر باثرورث[2] با قطع ۶ هرتز استفاده شد.

گروه‌های تجربی پس از پیش‌آزمون به مدت دو ماه (هشت هفته و معادل ۲۴ جلسهٔ تمرینی)، به‌جای تمرینات گرم کردن معمول از تمرینات پیشگیری از آسیب RNT+PEP و PEP استفاده کردند و گروه‌های کنترل به تمرینات قبلی خود ادامه دادند. برنامهٔ تمرینات این گروه‌ها در قالب پوستر به پیوست ارائه شده است. سرانجام بعد از هشت هفته تمرینات پیشگیری از آسیب به‌عنوان گرم کردن، آزمودنی‌ها دوباره با همان شرایط قبل به آزمایشگاه دانشگاه شهید بهشتی مراجعه کردند.

1. Landing Erorr Scoring System
2. Butterworth

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

برای توصیف آماری متغیرهای پژوهش از میانگین و خطای معیار میانگین استفاده شد. قبل از آزمون فرضیه‌ها، ابتدا توزیع طبیعی داده‌ها در متغیر وابسته با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. برای آزمون فرضیه‌ها، در صورت برقراری پیش‌شرط‌ها، از آزمون آنوای ترکیبی ۳ (گروه) ×۲ (زمان: پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و در سطح معناداری P<0/05 استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخهٔ ۲۴ تجزیه‌وتحلیل شدند.

نتایج

نتایج آزمون تحلیل واریانس ترکیبی با فرض کرویت آزمون موخلی در جدول شمارهٔ ۲ نشان می‌دهد انجام هشت هفته تمرینات پیشگیری از آسیب عصبی-عضلانی واکنشی بر میزان زاویهٔ فلکشن ران در لحظهٔ فرود اثر معناداری دارد ($F(2,27)=3.40, P=0.04, \eta p2=0.20$)، اما اثر معناداری در زوایای والگوس زانو، خم شدن زانو، دورسی فلکشن مچ پا و فلکشن تنه در لحظهٔ فرود متعاقب اجرای تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی مشاهده نشد.

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در بررسی متغیرهای پژوهش

میزان هر متغیر (درجه)	گروه RNT+PEP		گروه PEP		گروه کنترل		F	Sig
	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
والگوس زانو	۶/۷۹ ± ۵/۲۲	۴/۰۸ ± ۱/۰۱	۴/۴۷ ± ۳/۷۹	۳/۴۲ ± ۰/۷۴	۳/۴۲ ± ۲/۷۲	۲/۷۸ ± ۱/۳۵	۱/۱۶	۰/۳۸
فلکشن ران	± ۳۸/۸۹ ۷/۷۰	± ۳۲/۷۸ ۷/۸۳	± ۳۵/۰۲ ۳/۹۸	± ۳۷/۰۷ ۷/۳۱	± ۳۶/۶۵ ۴/۳۷	± ۳۵/۴۸ ۵/۱۴	۳/۴۰	۰/۰۴ *
فلکشن زانو	± ۲۸/۴۳ ۸/۱۲	± ۲۹/۳۳ ۹/۲۱	± ۲۷/۹۳ ۴/۲۸	± ۳۲/۱۵ ۴/۴۸	۴ ± ۳۱/۲۹	± ۳۱/۵۷ ۴/۹۶	۱/۲۳	۰/۳۰
پلانتار فلکشن مچ پا	± ۷/۴۱ ۳۶.۲۹	± ۸/۹۶ ۳۶/۳۸	± ۴/۶۱ ۴۰/۳۱	± ۹/۷۳ ۳۵/۷۵	± ۲۲/۹۴ ۲۹/۴۶	± ۳۳/۸ ۲۶/۲۲	۱/۹۸	۰/۱۵
فلکشن تنه	± ۵/۹۵ ۱۱/۸۷	۱۳/۷۴ ± ۴/۴	± ۳/۸۷ ۱۴/۴۹	± ۴/۶۶ ۱۵/۳۸	۱۲/۸۶ ± ۵	± ۵/۱۵ ۱۲/۸۶	۰/۶۲	۰/۵۵

* اختلاف در سطح P≤۰/۰۵ معنادار

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر کینماتیک فرود زنان بسکتبالیست بود. نتایج پژوهش نشان داد انجام هشت هفته تمرینات پیشگیری از آسیب عصبی-عضلانی واکنشی بر میزان زاویهٔ فلکشن ران در لحظهٔ فرود اثر معناداری دارد، اما در میزان زاویهٔ والگوس زانو، خم شدن زانو، دورسی فلکشن مچ پا و فلکشن تنه در لحظهٔ فرود متعاقب اجرای تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری مشاهده نشد.

بیشتر آسیب‌های رباط صلیبی قدامی از نوع غیربرخوردی‌اند که زاویهٔ والگوس زانو یکی از عوامل پیش‌بین آسیب غیربرخوردی این رباط است که با گشتاور ابداکتوری وارد بر مفصل زانو نیز در ارتباط است (۲۲). زاویه والگوس زانو در گروه PEP+RNT حدوداً ۴ درجه نسبت به پیش‌آزمون بهبود یافت. با توجه به پژوهش‌های قبلی تغییرات خیلی کم در راستای زانو در صفحه فرونتال در لحظه فرود به‌شدت در آستانه آسیب لیگامان صلیبی قدامی مؤثر است (۲۳). درنتیجه می‌توان گفت احتمالاً تمرینات PEP+RNT با کاهش چهار درجه زاویهٔ والگوس بتواند در پیشگیری از آسیب این لیگامنت مؤثر باشد. در راستای بهبود زاویهٔ والگوس زانو مطالعاتی هم‌سو با نتایج حاضر وجود دارد. کاراسکو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند یک دوره تمرینات عصبی-عضلانی به‌عنوان جایگزینی برای گرم کردن باعث کاهش والگوس زانو در یک زن جوان بسکتبالیست شده است (۲۴).

در این پژوهش تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی سعی در کنترل والگوس در صفحهٔ فرونتال داشت و تمرینات کمتری در صفحهٔ ساجیتال انجام شد. هاپر و همکاران (۲۰۱۷) نیز اثر تمرینات عصبی-عضلانی (NMT) بر بیومکانیک اندام تحتانی را در ارتباط با آسیب زانو هنگام فرود در بازیکنان زن جوان نتبال بررسی کردند و دریافتند شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی می‌تواند حرکت زانو را در صفحه فرونتال کاهش دهد که ممکن است به دلیل بهبود بیومکانیک فرود درنتیجهٔ مداخلهٔ NMT باشد (۲۵). اپریل[1] (۲۰۱۵) مشاهده کرد که استفاده از مینی باندها در صفحهٔ فرونتال زانو در طول تمرینات باعث تغییر پاسخ‌های عصبی-عضلانی و درنتیجه کنترل زانو می‌شود. او بیان کرد وجود مینی باندها در تمرینات تأثیری معنادار و قابل‌توجه در کاهش زاویهٔ اوج والگوس در مرحلهٔ فرود ۲۷ بازیکن زن فعال داشت (۳۶). کیتو و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر چهار هفته برنامهٔ پیشگیری را که ترکیبی از تمرین‌های اسکات، لانچ جلو، فرود پرش، تمرینات تعادلی روی یک‌پا و دوپا روی تختهٔ بوسوبال بود

1. April

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

در زنان ورزشکار بسکتبالیست مطالعه کرد و نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش زاویهٔ مفصل زانو در صفحهٔ فرونتال بعد از چهار هفته تمرین بود (۲۶). ملیندا پیتمن (۲۰۱۳) اثر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را در ۲۹ زن در تغییرات بیومکانیکی زانو بررسی کرد. نتایج این پژوهش نشان داد هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بر ثبات بیشتر در فاز اول فرود و کاهش والگوس پویا اثر معناداری داشته است و بیان کردند اگر تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی قبل از تمرینات خاص ورزشی انجام شوند عملکرد را بهبود می‌بخشند و احتمالاً آسیب لیگامنت صلیبی قدامی را کاهش می‌دهند؛ ازاین‌رو، تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را به افرادی پیشنهاد کرده‌اند که لیگامنت صلیبی قدامی سالمی دارند اما دارای والگوس در لحظهٔ فرودند (۲۰). هرینگتون و همکاران (۲۰۱۱) نیز با تأثیرهشت هفته برنامهٔ پیش‌روندهٔ عصبی-عضلانی به نتایج بهبود پرش تک‌پای راست و چپ، کاهش والگوس تک پای راست و چپ، کاهش والگوس هنگام اجرای پرش شوت در پای راست و چپ دست یافتند (۲۷).

اما شاید یکی از علت‌های بهبود والگوس در تمرینات پیشگیری از آسیب، قدرت ابداکتورها به‌وسیله تمرینات قدرتی موجود در این نوع تمرینات پیشگیری است. در این مورد هرمن و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود بیان کردند که تمرینات قدرتی به‌تنهایی نمی‌توانند تغییری در بیومکانیک اندام تحتانی ایجاد کند. این پژوهشگران گشتاور والگوس زانو و گشتاورهای ران زنان والیبالیست، بسکتبالیست و فوتبالیست را در حین فرود بررسی و گزارش کردند تمرینات قدرتی به میزان سه بار در هفته به افزایش قدرت عضلانی منجر شد، ولی تغییری در بیومکانیک اندام تحتانی ایجاد نکرد (۲۸). میر و همکاران (۲۰۰۷) یک برنامهٔ عصبی-عضلانی را در میان زنان فوتبالیست و بسکتبالیست در دو گروه پرخطر و کم خطر اجرا کردند و نتایج نشان داد گشتاور ابداکشن زانو در گروه پرخطر کاهش یافته است (۲۹). همچنین آن‌ها دوسال قبل در پژوهشی دیگر با استفاده از یک برنامهٔ عصبی-عضلانی (NMT) متشکل از شش هفته تمرینات پلایومتریک، تعادلی، قدرتی، مقاومتی و سرعتی، افزایش در فلکشن زانو و کاهش گشتاور والگوس را در فرود زنان فوتبالیست، بسکتبالیست و والیبالیست گزارش کردند (۳۰).

از سوی دیگر پولار و همکاران (۲۰۰۶) نتایج متناقضی را گزارش کردند. این پژوهشگران بیان کردند انجام تمرینات پیشگیرانه که شامل تمرینات کششی، قدرتی، پلایومتریکی و چابکی بود اثر مثبتی بر میزان زاویهٔ والگوس نداشت. این تمرینات به مدت یک فصل انجام شد و فقط در کینماتیک مفصل ران اثر معنادار داشت (۳۱).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

پس از هشت هفته تمرینات پیشگیری از آسیب عصبی-عضلانی واکنشی، زاویهٔ خم شدن ران در مرحلهٔ فرود افزایش یافت. افزایش این زاویه در این پژوهش معنادار و بیش از شش درجه بود. بهبود زاویهٔ فلکشن ران در این مطالعه با یافتهٔ اریکسون و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد. این پژوهشگران به مدت چهار هفته تمریناتی با هدف پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی انجام دادند که نتیجه افزایش معنادار زاویهٔ خم شدن مفصل ران و کاهش نیروی عکس‌العمل زمین بود (۳۲). همچنین گری کوک و همکاران (۱۹۹۹) یک پروتکل توان‌بخشی مبتنی برحس عمقی با استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی را روی یک دختر بسکتبالیست دبیرستانی اجرا کردند که دچار آسیب لیگامنت صلیبی قدامی شده بود. توان‌بخشی این پژوهش بر ازبین رفتن تعادل عضلانی در لگن، زانو و مچ پا متمرکز شده بود و هدف آن اثبات یک مدل تمرینی حس عمقی در یک دورهٔ توان‌بخشی یک‌هفته‌ای بود. نتایج پژوهش نشان داد این ورزشکار تنها با یک هفته توان‌بخشی از طریق تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی بی‌تعادلی عضلانی ران و زانو را به‌طور چشمگیری کاهش داد. او در طول مدت کوتاهی پس از شروع درمان، توانایی‌های قابل‌توجهی به دست آورد و تحت نظارت جراح به رقابت‌های قبلی خود بازگشت (۱۹).

در این پژوهش در میزان زاویهٔ خم شدن زانو، دورسی فلکشن مچ پا و فلکشن تنهٔ زنان بسکتبالیست در لحظهٔ فرود متعاقب اجرای تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی اثر معناداری مشاهده نشد. پژوهش‌های دیگر نتایج متناقضی را در میزان افزایش زاویهٔ خم شدن مفصل زانو بعد از برنامه‌های پیشگیری از آسیب گزارش کرده‌اند (۳۳,۳۴). ماکاروک و همکاران[1] (۲۰۱۲) نیز توانستند افزایش معناداری در زاویهٔ خم شدن زانو در مانور فرود بعد از اجرای تمرینات پلایومتریک به وجود آورند (۳۵).

شایان ذکر است که به علت ترکیبی بودن نوع تمرینات در برنامهٔ گرم کردن RNT+PEP (تمرینات قدرتی، پلایومتریک، کششی و چابکی) در تعمیم‌پذیری نتایج این پژوهش محدودیت وجود دارد. بنابراین، با توجه به آثار متفاوت هر کدام از این نوع تمرینات باید به‌صورت جداگانه اثر آن‌ها را بر کینماتیک اندام تحتانی و آسیب‌های زانو، به‌خصوص لیگامنت صلیبی قدامی مشخص کرد و پیشنهاد می‌شود اثر این تمرینات علاوه بر کینماتیک بر کینتیک و نیروی عضلات هم بررسی شود. همچنین از دیگر محدودیت‌های پژوهش در آزمایشگاه نبود دستگاه صفحه نیرو برای تشخیص دقیق لحظهٔ فرود بود و پژوهشگران ناگزیر از روش فریم به فریم استفاده کردند که در روش پژوهش ذکر شد.

1. Mackarok et al.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

این نتایج به‌طورکلی نشان داد برنامهٔ پیشگیری از آسیب با استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی نمی‌تواند بر شاخص‌های پیشگیری از آسیب‌های لیگامنت متقاطع قدامی مؤثر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خانم انوشه یداللهی با راهنمایی آقای دکتر مصطفی زارعی در دانشگاه شهید بهشتی است. بدین‌وسیله از کلیهٔ بازیکنان و کادر فنی تیم‌های بسکتبال شرکت‌کننده در این پژوهش و مسئولان آزمایشگاه دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه شهید بهشتی تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Fong DT-P, Lam M-H, Lai P-K, Yung PS-H, Fung K-Y, Chan K-M. Effect of anticipation on knee kinematics during a stop-jump task. Gait & posture. 2014;39(1):75-9.
2. Marshall S, Padua D, McGrath M. Incidence of ACL injury. Understanding and preventing noncontact ACL injuries Champaign, IL: Human Kinetics. 2007:5-29.
3. Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. Journal of athletic training. 2018;53(1):5-19.
4. Dodwell ER, LaMont LE, Green DW, Pan TJ, Marx RG, Lyman S. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State. The American journal of sports medicine. 2014;42(3):675-80.
5. Mather III RC, Koenig L, Kocher MS, Dall TM, Gallo P, Scott DJ, et al. Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. The Journal of bone and joint surgery American volume. 2013;95(19):1751.
6. Richmond SA, Fukuchi RK, Ezzat A, Schneider K, Schneider G, Emery CA. Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2013;43(8):515-B19.
7. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan K. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. Osteoarthritis and cartilage. 2010;18(1):24-33.
8. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. The American journal of sports medicine. 2011;39(3):538-43.
9. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? Orthopedic Clinics. 2002;33(4):637-51.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

10. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. Journal of athletic training. 2013;48(6):810-7.
11. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. The American journal of sports medicine. 2005;33(4):492-501.
12. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. Journal of athletic training. 2004;39(4):352.
13. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. The American journal of sports medicine. 2005;33(7):1003-10.
14. Cook G, Burton L, Kiesel K, Bryant M, Torine J. Movement: functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies: On Target Publications Aptos, CA; 2010.
15. Voight ML, Cook G. Clinical application of closed kinetic chain exercise. Journal of Sport Rehabilitation. 1996;5(1):25-44.
16. Guido Jr JA, Stemm J. Reactive neuromuscular training: a multi-level approach to rehabilitation of the unstable shoulder. North American journal of sports physical therapy: NAJSPT. 2007;2(2):97.
17. Thomas CL. Taber's Cyclopedic Medical Dictionary. FA Davis. Philadelphia, PA. 2017.
18. Lephart S. Reestablishing proprioception, kinesthesia, joint position sense, and neuromuscular control in rehabilitation. Rehabilitation Techniques in Sports Medicine 2th edition USA: Mosby, St Louis, Missouri. 1994:118-37.
19. Cook G, Burton L, Fields K. Reactive neuromuscular training for the anterior cruciate ligament-deficient knee: a case report. Journal of athletic training. 1999;34(2):194.
20. Pittman M. Biomechanical Differences at the knee after two types of hip abductor training: Traditional vs. Reactive neuromuscular training: California State University, Fullerton; 2013.
21. 21. Duffell LD, Hope N, McGregor AH. Comparison of kinematic and kinetic parameters calculated using a cluster-based model and Vicon's plug-in gait. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine. 2014 Feb;228(2):206-10.
22. McLean SG, Huang X, van den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. Clinical Biomechanics. 2005;20(8):863-70.
23. Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. Journal of biomechanics. 2006;39(2):330-8.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

24. Carrasco-Huenulef C, Moran J. Effects of a neuromuscular training program on anterior cruciate ligament injury risk factors in youth female basketball players: a pilot study. Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche. 2019;178(3):137-44.
25. Hopper AJ, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular training improves lower extremity biomechanics associated with knee injury during landing in 11–13 year old female netball athletes: a randomized control study. Frontiers in physiology. 2017;8:883.
26. Kato S, Urabe Y, Kawamura K. Alignment control exercise changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. The Knee. 2008;15(4):299-304.
27. Herrington L. Knee valgus angle during landing tasks in female volleyball and basketball players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(1):262-6.
28. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. The American journal of sports medicine. 2008;36(4):733-40.
29. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects onACL injury risk factors in" high-risk" versus" low-risk" athletes. BMC musculoskeletal disorders. 2007;8(1):39.
30. Myer GD, Ford KR, PALUMBO OP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2005;19(1):51-60.
31. Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, Powers CM. The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. Clinical Journal of Sport Medicine. 2006;16(3):223-7.
32. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Armstrong C, Rice M, Pietrosimone B. Jump–landing biomechanics following a 4-week real-time feedback intervention and retention. Clinical Biomechanics. 2016;32:85-91.
33. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2018;138(1):51-61.
34. Pappas E, Shiyko MP, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Biomechanical deficit profiles associated with ACL injury risk in female athletes. Medicine and science in sports and exercise. 2016;48(1):107.
35. Makaruk H, Porter J, Czaplicki A, Sadowski J, Sacewicz T. MINERVA MEDICA COPYRIGHTŨ. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2012;52: 319-27.
36. April SM. The use of resistance bands and a verbal cue on the frontal plane knee kinematics and kinetics during a drop vertical jump task. California State University, Fullerton; 2015.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

ارجاع‌دهی

یدالهی انوشه، زارعی مصطفی، قیطاسی مهدی. تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی-عضلانی واکنشی برکینماتیک اندام تحتانی حین فرود در زنان بسکتبالیست. مطالعات طب ورزشی. پاییز ۱۴۰۱؛ ۱۴(۳۳)، ۸۰-۵۹.
شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.12556.1594

Yadollahi A, Zarei M, Ghietasi M. The Effect of Eight Weeks Reactive Neuromuscular Training on Lower Extremity Kinematics during Landing in Female Basketball Players. Sport Medicine Studies. Fall 2022; 14 (33): 59-80. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2022.12556.1594

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

پیوست

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License