Arch Scientific Journal of Rehabilitation Medicine

June, July 2021 Vol 10. Num 2

Research Paper

Effect of Plyometric Training on Electromyographic Activity of Hip Abductor and Adductor Muscles in Women With Ligament Dominance: A Randomized Clinical Trial

Farzaneh Ramezani[1], ***Farzaneh Saki**[1], **Behdad Tahayori**[2]

1. Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. College of Rehabilitative Sciences, University of Saint Augustine, Miami, USA.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ramezani F, Saki F, Tahayori B. [Effect of Plyometric Training on Electromyographic Activity of Hip Abductor and Adductor Muscles in Women With Ligament Dominance: A Randomized Clinical Trial (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(2):202-219. https://dx.doi.org/10.22037/jrm.2020.113754.2428

http://dx.doi.org/10.22037/jrm.2020.113754.2428

CC BY NC

Received: 30 May 2020
Accepted: 07 Jun 2020
Available Online: 01 Jun 2021

Keywords:
Plyometric training, Electromyography, Feedback, Anterior cruciate ligament injury

ABSTRACT

Background and Aims Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury is one of the most common non-contact lower extremity injuries among athletes. Ligament dominance is considered as one of the modifiable factors of ACL injury. This study aimed to evaluate the effect of plyometric training on electromyographic activity of hip abductor and adductor muscles in women with ligament dominance.

Methods This is a randomized clinical trial conducted on 24 female athletes with ligament dominance, (Dynamic knee valgus angle >12 degrees), who were purposefully selected and randomly divided into two groups of training (n=12) and control (n=12). The training group performed plyometric training with verbal feedback for eight weeks, while the control group performed their regular training. The feedforward and feedback activity of hip abductor (gluteus maximus, gluteus medius, and tensor fascia latae) and adductor muscles (adductor longus) were assessed during a single-leg countermovement jump task 100 milliseconds before and after foot-ground contact. Paired t-test and multivariate covariance analysis were used to analyze the collected data. The significance level was set at 0.05.

Results A significant increase in gluteal muscles activity and a decrease in adductor longus muscle activity was reported in the training group (P<0.05), but not in the control group (P>0.05). In comparing the mean scores of the two study groups, a significant difference was observed in gluteal muscles' feedforward activity (P<0.05).

Conclusion Eight weeks of plyometric training with verbal feedback can improve the electromagnetic activity of hip abductor and adductor muscles in women with ligament dominance and thus reduce the risk of ACL injury.

Extended Abstract

1. Introduction

Lower limb injuries account for more than 50% of injuries in young athletes, with the knee being one of the most vulnerable area. In this regard, most studies in this field is devoted to injury prevention. The studies on Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury indicate that injury prevention programs should consider modifiable factors among the various risk factors. In recent years, researchers have focused on biomechanical and neuromuscular modifiable risk factors to reduce ACL injury. Defects in neuromuscular and biomechanical control of the lower extremities, especially knee movement in the frontal plane, cause dangerous patterns when performing dynamic movements [1]. Studies show that female athletes have hip adduction in the frontal plane

* *Corresponding Author:*
Farzaneh Saki, PhD.
Address: Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
Tel: +98 (81) 38381422
E-Mail: f_saki@basu.ac.ir

www.SID.ir

Table 1. Demographic characteristics of the participants and their t-test results

Characteristics	Mean±SD		Mean Diff.	df	t	Sig.
	Training Group	Control Group				
Age (year)	19.91±1.88	19.33±2.70	0.583	22	0.613	0.546
Height (cm)	163.25±5.39	166.58±7.16	-3.333	22	-1.287	0.211
Weight (kg)	57.90±7.55	62.85±11.98	-4.941	22	-1.208	0.240
BMI (kg/m^2)	21.79±3.08	22.62±3.96	-0.834	22	0.575	0.571
Sports experience (year)	6.00±2.89	5.25±2.63	0.750	22	0.664	0.513
Pre-test DKV angle (degree)	17.26±2.50	14.99±3.20	2.275	22	1.935	0.066
Post-test DKV angle (degree)	10.59±4.16	18.41±6.94	-7.825	22	-3.347	0.003

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

in addition to having more angles in knee abduction when performing a single-leg landing task [2]. Increased hip adduction in the frontal plane during exercise is probably related to the Dynamic Knee Valgus (DKV), which can put the athlete at risk for knee injury [3, 4]. In order to correct this defect, the trainer should teach the athletes to use their knee as a hinge joint. The trainer should use exercises that facilitate the identification and correction of unwanted knee movement in the frontal plate. The present study aims to investigate the effect of plyometric training with feedback on electromyographic activity of hip muscles in active women with a DKV angle >12 degrees. The question is whether plyometric training with verbal feedback can play a role in improving the electromyographic activity of the adductor and abductor muscles of the hip in women with ligament dominance during a Single Leg Counter Movement Jump (SLCMJ) task.

2. Methods

This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design. The study population consisted of active women aged 16-26 years who had at least two years of experience in basketball or volleyball and had a DKV angle >12 degrees [5]. The sample size was determined using the following formula and according to the standard deviation and mean values of variables reported in Chimera et al.'s study [6] at 95% confidence interval and 85% test power (Table 1):

$$1.\ N= [(Z_{1\text{-alpha}}/2 + Z_{1\text{-beta}})^2 (S_1^2 + S_2^2)] / (M_1 - M_2)^2$$

This study was performed in four phases: screening, pre-test, training, and post-test. In screening phase, the SLL test was used to diagnose athletes with DKV. Based on the results, 27 athletes with DKV angle of more than 12 degrees were identified using a convenience sampling method. Then, based on inclusion/exclusion criteria, 24 athletes were selected using a purposive sampling method. They are randomly divided into training and control groups such that the average DKV was almost the same in both groups. In the pre- and post-test phases, the activity of gluteus maximus [7], gluteus medius [7], tensor fasciae latae [8] and adductor longus [9] of all subjects were recorded during the SLCMJ test. In these phases, one-leg landing test was used to evaluate the DKV angle. After the initial evaluation, the subjects in the training group performed plyometric training with verbal feedback for eight weeks, 3 sessions per week. The protocol was according to Baldwin et al.'s study [10] along with verbal feedback. The subjects in the control group did not receive any intervention and they just performed their sports activities during this period. Descriptive and inferential statistics were used to analyze the collected data in SPSS v. 24 software. To determine the normality of data distribution, Shapiro-Wilk test was used, and to compare the differences between groups, MANCOVA was used. The significance level was set at 0.05.

3. Results

The demographic characteristics of all participants are given in Table 1. There was no difference between the groups in terms of these characteristics (P≥0.05) (Table 2).

4. Discussion and Conclusion

The purpose of this study was to investigate the effect of eight weeks of plyometric exercises with verbal feedback on feed forward and feedback activity of gluteus maximus, gluteus medius, tensor fasciae latae, and adductor longus in active women with a DKV angle >12 degrees during a SLCMJ

www.SID.ir

Table 2. Results of MANCOVA from comparing the mean post-test scores of study variables between training and control groups

Variable	Stages	Post-test Mean	F	Sig.	Eta Squared
Gluteus maximus feedforward activity (MVIC%)	Training group	130.60	18.621	0.000*	0.470
	Control group	50.57			
Gluteus medius feedforward activity (MVIC%)	Training group	104.98	10.133	0.004*	0.325
	Control group	56.0			
Tensor fasciae latae feedforward activity (MVIC%)	Training group	133.73	0.293	0.594	0.014
	Control group	118.15			
Adductor longus feedforward activity	Training group	75.19	0.292	0.595	0.014
	Control group	81.3			
Gluteus maximus feedback activity (MVIC%)	Training group	114.32.114	3.151	0.090	0.130
	Control group	84.47			
Gluteus medius feedback activity (MVIC%)	Training group	113.62	1.294	0.268	0.058
	Control group	90.47			
Tensor fasciae latae feedback activity (MVIC%)	Training group	95.11	0.254	0.620	0.012
	Control group	103.20			
Adductor longus feedback activity (MVIC%)	Training group	85.39	0.202	0.658	0.010
	Control group	77.07			

Scientific Journal of Rehabilitation Medicine

P<0.05*

task. The results showed that plyometric training increased electromyographic activity of gluteus muscles in 100 milliseconds before and after the foot touched the ground and, thus, improved the kinematics of lower limbs in women with ligament dominance. Eight weeks of training resulted in a 6.67 degree decrease in DKV angle in the training group and an increase of 3.42 degrees in the control group. This indicates the effect of plyometric training with verbal feedback on the activity of lower limb muscles in women with DKV.

Plyometric training plays an important role in muscle feedforward activity and dynamic restraint mechanisms through muscle adaptation in tensile and elastic reflexes and Golgi tendon organ receptors [11]. Rapid changes in length/tension in the eccentric phase of plyometric training lead to adaptation in the spindles and Golgi tendon organ [12]. These exercises reduce the sensitivity of Golgi tendon organ receptors as a stress-limiting factor and thus increase the level of inhibition. In fact, as the level of inhibition increases, more load is applied to the musculoskeletal system, resulting in an increase in the ability to produce force. Moreover, these exercises increase the sensitivity of muscular spindle afferent inputs to the central nervous system and improve proprioception. Plyometric training requires predictive muscle activity due to the unexpected type of movement during jumping and landing. When the muscles are repeatedly stimulated, the proprioception increases and, as a result, the awareness of the sense of joint position increases [13]. On the other hand, considering the presentation of feedback such as maintaining body in the vertical direction, landing on the toe with the knee bent, and preventing the formation of knee valgus and varus during training in this study, it is possible that with repetition and intensity control, muscle activity gradually progressed from conscious to unconscious control and the involved muscles were strengthened and their activity increased [13].

To perform simple exercises such as jumping and landing, the central nervous system must adjust the muscular forces before and after contact with the ground and adapt its muscular activity to the magnitude of the ground reaction force and its time. Before the foot touches the ground during landing, the lower limb muscles are activated to absorb the forces exerted during the contact [14]. The role of pre-land-

www.SID.ir

ing muscle activity in preparing the muscle tendon complex to deal with post-landing forces is necessary to create rapid and strong traction after the foot touches the ground and during joint rotation. The activity of the muscles after the foot touches the ground is to respond to the applied forces and torques resulted from the ground reaction force [15]. The muscles are activated during the joint movement after the foot touches the ground, and their activity continues until stopping and maintaining the body position. Therefore, a suitable training program for people with knee valgus is a program that can reduce the activity of hip adductors and increase the activity of abductor muscles and hip external rotator muscles [16, 17]. In the present study, increased gluteus muscles activity as abductors and hip external rotators and decreased adductor muscle activity indicate that eight weeks of plyometric training with verbal feedback could prevent knee valgus by motion prediction. Another possible mechanism is neuromuscular coordination. These exercises improve the muscle contraction and performance by creating neuromuscular coordination and with initial explosive traction. Increased gluteus muscles activity and decreased Longus adductor muscle activity during the SLCMJ task in our study indicate that gluteus muscles are activated more and adductor muscle are activated less by predicting movement. This led to a reduction in knee valgus angle after eight weeks of plyometric training with verbal feedback in the training group. Thus, it can be stated that plyometric training with verbal feedback improve the electromyographic activity of the hip muscles, leading to control of movement in the frontal plane and internal rotation and hip adduction. This can prevent knee valgus and ACL injury.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study obtained its ethical approval from the Ethics Committee of Hamadan University of Medical Sciences (Code: IR.UMSHA.REC.1397.1000) and was registered by the Iranian Registry of Clinical Trials (Code: IRCT20190224042827N1). This research was conducted in accordance with the 2013 Helsinki Declaration. All participants signed an informed consent form.

Funding

The paper was extracted from the MA. thesis of the first author at the Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan. It received financial support from Bu-Ali Sina University.

Authors' contributions

Conceptualization and supervision: Farzaneh Saki; Methodology: Farzaneh Saki and Farzaneh Ramezani; Investigation, writing original draft, data analysis, and editing & review: All authors; Data collection: Farzaneh Ramezani.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

www.SID.ir

Archive of SID

This Page Intentionally Left Blank

www.SID.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات پلایومتریک بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات ابداکتور و اداکتور هیپ در زنان دارای نقص غلبه لیگامانی: کارآزمایی بالینی تصادفی کنترل‌شده

فرزانه رمضانی[۱]، *فرزانه ساکی[۱]، بهداد تحیری[۲]

۱. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.

۲. دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه سنت آگوستین، میامی، ایالات متحده آمریکا.

تاریخ دریافت: ۱۰ خرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۱۸ خرداد ۱۳۹۹

تاریخ انتشار: ۱۱ خرداد ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

تمرینات پلایومتریک، الکترومایوگرافی سطحی، فیدبک، آسیب لیگامان صلیبی قدامی

چکیده

اهداف پارگی لیگامان صلیبی قدامی یکی از متداول‌ترین آسیب‌های غیربرخوردی اندام تحتانی بین ورزشکاران است. نقص غلبه لیگامانی به عنوان یکی از عوامل قابل تعدیل این آسیب به شمار می‌رود؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات ابداکتور و اداکتور هیپ در زنان دارای نقص غلبه لیگامانی است.

مواد و روش‌ها تحقیق حاضر از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی است. جامعه آماری شامل ۲۴ زن ورزشکار دارای نقص غلبه لیگامانی، با زاویه والگوس دینامیک زانو بیش از ۱۲ درجه بود که به صورت هدفمند وارد تحقیق شده و به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. گروه آزمایش، تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی را به مدت هشت هفته انجام دادند و گروه کنترل به تمرینات عادی باشگاهی خود پرداختند. فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات ابداکتور (عضله سرینی بزرگ، سرینی میانی و تنسورفاشیالاتا) و اداکتور (ادکتورلانگوس) هیپ در این افراد حین پرش کانترموومنت تک‌پا ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل و بعد از تماس پا با زمین ارزیابی شد. از آزمون‌های تحلیل کوواریانس چندمتغیره و تی زوجی برای تحلیل داده‌ها استفاده شد ($P<0/05$).

یافته‌ها در گروه آزمایش یافته‌ها به صورت معناداری در فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات سرینی افزایش و در فعالیت فیدفورواردی عضله اداکتور لانگوس کاهش را نشان داد ($P<0/05$)، اما در گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد ($P<0/05$). همچنین با مقایسه میانگین نتایج دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معناداری در فعالیت فیدفورواردی عضلات سرینی مشاهده شد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نه‌تنها یک برنامه هشت هفته‌ای پلایومتریک همراه با فیدبک کلامی می‌تواند فعالیت الکترومایوگرافی عضلات ابداکتور و اداکتور هیپ را در افراد با والگوس دینامیک زانو بهبود بخشد، بلکه چنین برنامه‌ای می‌تواند موجب بهبود در کینماتیک اندام تحتانی این افراد شود و از این طریق عوامل خطر قابل تعدیل آسیب ACL را کاهش دهد و از آسیب آن جلوگیری کند.

مقدمه

سالانه بیش از دویست هزار پارگی رباط صلیبی قدامی[1] در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهد [۱]. هزینه درمان این آسیب یک تا دو میلیارد دلار در سال تخمین زده می‌شود [۲] که با توجه به عوارض طولانی‌مدت این آسیب، هزینه‌های اقتصادی آن می‌تواند بیشتر از این برآورد باشد.

بر اساس این آمار، متخصصان به دنبال تهیه یک برنامه پیشگیری کارآمد برای آسیب ACL جهت کاهش خطر آسیب و هزینه‌ها هستند. بیش از ۷۰ درصد از آسیب‌های ACL غیربرخوردی است [۳] و ورزشکاران زن دو تا ده برابر بیشتر از مردان در معرض خطر آسیب پارگی ACL قرار دارند [۴].

این آسیب به احتمال زیاد هنگام انجام مانور پرش[2]، فرود[3] و برش[4] رخ می‌دهد که شامل کاهش سرعت و تغییر ناگهانی جهت

1. Anterior Cruciate Ligament

2. Jumping
3. Landing
4. Cutting

* نویسنده مسئول:

دکتر فرزانه ساکی

نشانی: همدان، دانشگاه بوعلی‌سینا، دانشکده تربیت‌بدنی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۳۸۳۸۱۴۲۲ (۸۱) ۹۸+

رایانامه: f_saki@basu.ac.ir

www.SID.ir

در پای ثابت است. در طول این مانورها، زنان ورزشکار تمایل دارند والگوس زانو، چرخش داخلی استخوان ران و چرخش خارجی استخوان تیبیای بیشتری را نشان دهند که در مجموع از آن به عنوان والگوس دایناميک زانو یاد می‌شود [۵].

فونگ و ژانگ با استفاده از بررسی‌های خود روی جسد، نشان دادند که والگوس دایناميک زانو می‌تواند فشار بیش از حدی را بر ACL وارد کند [۶]. یکی از عوامل اصلی والگوس دایناميک زانو کنترل ضعیف عصبی‌عضلانی مفصل ران و زانو است که زنان را بیشتر از مردان تحت تأثیر قرار می‌دهد [۷].

زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی، نقص‌های کنترل عصبی‌عضلانی را نشان می‌دهند که موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی و آسیب ACL می‌شود [۸، ۹]. هوت و همکاران چهار نقص عصبی‌عضلانی شامل غلبه لیگامان، غلبه چهارسر، غلبه پا و غلبه تنه را توصیف کردند که اعتقاد بر این است نقص‌های یادشده با مکانیسم‌های زیربنایی آسیب ACL ارتباط دارند [۴].

غلبه لیگامان زمانی رخ می‌دهد که استراتژی‌های کنترل عصبی‌عضلانی به‌کار گرفته‌شده توسط ورزشکار پایداری پویای کافی را برای زانو فراهم نمی‌کند؛ بنابراین هنگام فعالیت‌های ورزشی مقدار زیادی از نیروی عکس‌العمل زمین توسط لیگامان‌های زانو جذب می‌شود. کنترل عصبی‌عضلانی مسئول حفظ ثبات دینامیک مفصل است و با دو الگوی فعال‌سازی فیدفورواردی و فیدبکی به سفتی عضلانی کمک می‌کند [۱۰].

در مکانیسم فیدفورواردی، سیستم عصبی با به‌کارگیری حس‌های مختلف با توجه به تجربیات قبلی و مدل‌های درونی، حرکت و وضعیت بدنی را کنترل می‌کند. فراخوانی و زمان‌بندی مناسب عضلات نقش قابل‌توجهی در ایجاد ثبات مفصلی بر عهده دارد [۱۱].

در مکانیسم فیدبکی، سیستم عصبی با پالایش سیگنال‌های حسی اندام و تلفیق چنین اطلاعاتی به طور مستقیم بر عملکرد اندام تأثیر می‌گذارد. این کنترل لحظه به لحظه برای تصحیح خطاها را کنترل فیدبکی می‌گویند [۱۲].

در مواجهه با مکانیسم‌های آسیب مفصلی و لیگامانی، کنترل فیدفورورارد اهمیت و نقش بیشتری در تأمین ثبات دینامیکی مفصل زانو دارد، چراکه مشخص شده در طی حرکات سریع و شرایط ورزشی، زمان وقوع آسیب به لیگامان بسیار کمتر از آن است که سیستم کنترل فیدبکی فرصت پیدا کند به مقابله با نیروهای وارده بپردازد و قبل از فعال شدن عضله به صورت فیدبکی آسیب اتفاق افتاده است [۱۳].

زانو اغلب قربانی مفصل ران است. شواهدی وجود دارد که بیان می‌کند فعال‌سازی عضلات لگن در الگوهای حرکتی اندام تحتانی نقش دارد. لیتون و همکاران از ضعف عضلات ابداکتور و اکسترنال روتیتور هیپ به عنوان فاکتورهای خطر برای آسیب اندام تحتانی یاد کردند [۷]. در مطالعه‌ای دیگر، بین فعالیت عضلات سرینی و اداکشن و اینترنال روتیشن هیپ در زنان با درد پتلافمورال ارتباط معناداری یافت شد [۱۴]. علت آسیب ACL در زنان ورزشکار یک موضوع چندبُعدی است که ممکن است ناشی از عوامل آناتومیکی /ساختاری، هورمونی، عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی باشد [۱۵].

عوامل آناتومیکی / ساختاری و هورمونی که می‌تواند منجر به آسیب زنان ورزشکار شود، به طور کلی قابل اصلاح نیست، این در حالی است که عوامل عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی قابل تغییر و اصلاح هستند؛ از این رو، مورد توجه تحقیقات بسیاری قرار گرفته‌اند.

معمولاً حرکات اندام تحتانی و الگوهای فعالیت عضلات زنان، آن‌ها را در معرض آسیب ACL قرار می‌دهد. برای توضیح این الگوها و نقش آن‌ها در آسیب ACL، ایرلند دو موقعیت «ایمن» و «در معرض آسیب» را توصیف کرده است [۱۶].

در موقعیت «ایمن»، ران و زانو در حالت خمیده قرار دارند که این موضوع چرخش خارجی و ابداکشن عضلات هیپ، اکستنشن ستون فقرات کمری و فعالیت عضلات همسترینگ را برای فرود ایمن با هیپ و زانو خمیده آسان می‌کند.

در موقعیت «در معرض آسیب» بدن در حالت قائم‌تر، هیپ در ابداکشن و اکسترنال روتیشن و زانو در فلکشن کمتری قرار دارد که منجر به کاهش مزیت مکانیکی عضلاتی می‌شود که در موقعیت «ایمن» فعال می‌شود.

مطالعات بسیاری نقش تمرینات مختلف بر پیشگیری از آسیب ACL را نشان داده‌اند که یکی از این تمرینات، تمرینات پلایومتریک است. پلایومتریک اصطلاحی است که معمولاً به تمرین پرش یا تمرین‌های کشش انقباض اشاره دارد. ویلک و همکاران، تمرینات پلایومتریک را به عنوان «تمرین واکنش عصبی‌عضلانی» توصیف کردند [۱۷].

این تمرینات به طور کلی برای تقویت عملکرد ورزشی، کمک به ورزشکاران در آماده‌سازی برای بازگشت به ورزش در مرحله پیشرفته توان‌بخشی و در برنامه‌های آموزش پیشگیری از آسیب ACL استفاده می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از یک برنامه پلایومتریک با طراحی خوب و مناسب می‌تواند میزان صدمات ناشی از ACL را در زنان ورزشکار کاهش دهد [۱۸، ۱۹].

لیفارت و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات پلایومتریک و مقاومتی بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات واستوس لترالیس، سرینی میانی، همسترینگ داخلی و خارجی ۲۷ ورزشکار دبیرستانی پرداختند.

نتایج این مطالعه از بهبود فعالیت عضله سرینی میانی و

www.SID.ir

همسترینگ داخلی در گروه آزمایش‌های پلایومتریک نسبت به گروه آزمایش‌های مقاومتی خبر داد [۲۰].

همچنین کیمرا و همکاران، تأثیر شش هفته تمرینات پلایومتریک بر تغییرات الکترومایوگرافی اندام تحتانی هجده ورزشکار دانشگاهی سالم را بررسی کردند که نتایج این مطالعه، افزایش معنادار فعالیت عضلات ابداکتور ران و هم‌انقباضی عضلات ابداکتور و اداکتور هیپ طی عمل فرود پرش گروه آزمایش را نشان داد [۲۱].

رضایی‌منش و همکاران نیز با بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات پلایومتریک بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات دوسررانی و پهن داخلی اعلام کردند که افزایشی در فعالیت عضله دوسررانی طی حرکت پرش مشاهده نشد [۲۲].

استفانو و همکاران به بررسی یک برنامه پیشگیری از آسیب ACL متناسب با افراد دامنه سنی پانزده تا هفده سال پرداختند. مطالعه آن‌ها تغییر الگوی فعالیت عضلانی را در پی تمرینات آزمایشی ACL در طی فعالیت برش گزارش کرد [۲۳].

به طور کلی، تمرینات پلایومتریک از چرخه کشش انقباض عضلات برای ایجاد انقباض کانسنتریک قوی‌تر بعدی استفاده می‌کنند. نکته مهم این است که تمرینات پلایومتریک اندام تحتانی باید روی تکنیک‌های مناسب و مکانیک قرارگیری بدن تمرکز داشته باشد تا بتواند برای کاهش خطر آسیب مناسب باشد.

به عنوان مثال، موقعیت صحیح بدن و زانو در مرحله فرود تمرینات پلایومتریکی بسیار مهم است و ورزشکار باید با فلکشن زانو و کنترل حرکت والگوس مفصل زانو فرود بیاید. علاوه بر این، باید به ورزشکار آموزش داده شود که فرود با ابداکشن و اکسترنال روتیشن هیپ از ایجاد والگوس در زانو هنگام فرود جلوگیری می‌کند.

کوروش‌فرد و همکاران، تأثیر دو هفته تمرین اصلاحی دویدن روی تردمیل همراه با فیدبک کلامی و بصری را روی ۲۳ آزمودنی زن بررسی کردند. گروه آزمایش شامل دوازده نفر با ناراستایی پویای زانو و گروه کنترل شامل یازده نفر با راستای طبیعی بود.

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین اصلاحی فیدبکی حین دویدن تأثیراتی هرچند جزئی بر بهبود کنترل نوروماسکولار در افراد دارای والگوس دینامیک زانو دارد؛ به نحوی که پس از تمرین، فعالیت عضلانی این افراد به گروه کنترل نزدیک شد، هرچند این تغییرات معنادار نبوده است [۲۴].

از این رو، مطالعه حاضر سعی در بررسی نقش تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اندام تحتانی زنان فعال دارای نقص غلبه لیگامانی دارد و این سؤال مطرح می‌شود که آیا تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی می‌تواند در بهبود فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اداکتور و ابداکتور هیپ در زنان دارای نقص غلبه لیگامانی نقش داشته باشد یا خیر؟

با توجه به عدم وجود مطالعه‌ای در این زمینه، هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات هیپ زنان فعال دارای والگوس دینامیک زانو طی تکلیف کانترموومنت تک‌پا[5] است. با این فرضیه که هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی می‌تواند فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات اداکتور و ابداکتور هیپ زنان دارای نقص غلبه لیگامانی را بهبود بخشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح تحقیق پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل (کارآزمایی کنترل‌شده تصادفی) است. این مطالعه یک مطالعه یک‌سوکور است که در آن فقط شرکت‌کنندگان از تخصیص گروه‌های مطالعه بی‌اطلاع بودند.

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل زنان فعال با دامنه سنی ۱۶ تا ۲۶ سال بود که حداقل سابقه دو سال ورزش در یکی از رشته‌های بسکتبال یا والیبال را داشته و مبتلا به عارضه والگوس دینامیک زانو با زاویه بیش از ۱۲ درجه هستند [۲۵].

تعداد نمونه‌های آماری با استفاده از فرمول شماره ۱ و با توجه به مقادیر انحراف استاندارد و میانگین متغیرهای تحقیق کیمرا و همکاران با ضریب اطمینان ۹۵ درصد و توان آزمون ۸۵ درصد، ۱۰ نفر تعیین شد [۲۱].

در غربالگری اولیه که به منظور تشخیص ورزشکاران دارای والگوس دینامیک زانو به صورت تک‌بُعدی و با استفاده از آزمون فرود تک‌پا انجام شد، تعداد ۲۷ نفر از میان جامعه آماری با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس شناسایی و بر اساس معیارهای ورود و خروج نمونه‌ها از تحقیق، تعداد ۲۴ نفر به صورت هدفمند به عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب شدند و به صورت تصادفی در دو گروه دوازده نفری آزمایش و کنترل قرار گرفتند، به طوری که میانگین میزان ناهنجاری افراد در هر دو گروه تقریباً یکسان باشد (فرمول شماره ۱).

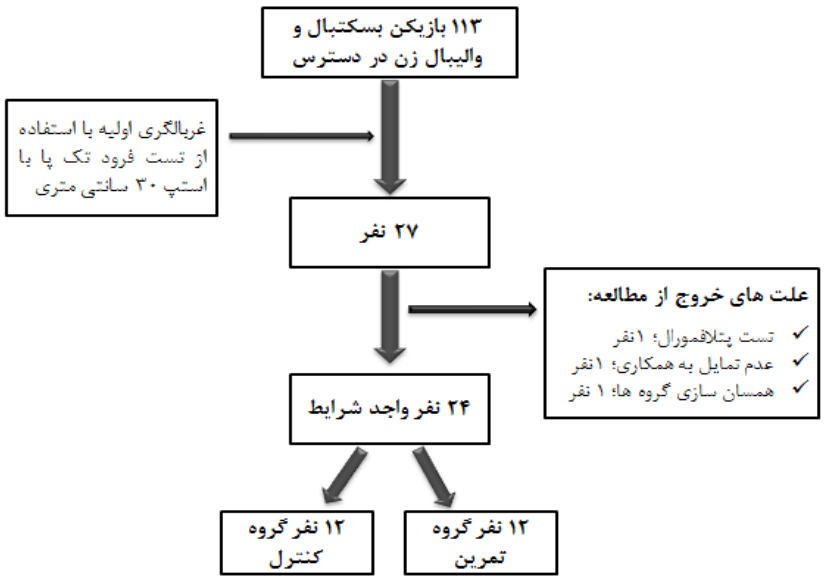
۱.

$$N=[(Z_{1-alpha}/2+Z_{1-beta})^2(S^2_1+S^2_2)]/(M_1-M_2)^2$$

معیارهای ورود به مطالعه حاضر شامل زنان فعال در محدوده سنی ۱۶ الی ۲۶ سال دارای زاویه والگوس دینامیک زانو بیشتر از

5. Single Leg CounterMovement Jump

www.SID.ir



طب‌توانبخشی

تصویر ۱. فلوچارت انتخاب آزمودنی‌ها

۱۲ درجه [۲۵] و داشتن حداقل دو سال سابقه ورزشی منظم بود.

معیارهای خروج از مطالعه عبارت‌اند از: شرکت در برنامه تمرینی اصلاحی در یک سال گذشته، وجود سابقه آسیب‌دیدگی جدی در یک سال گذشته در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود درد و سابقه جراحی در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود سابقه زایمان، ابتلا به سندرم درد کشکی رانی (بررسی با استفاده از تست کلارک و گلاید)، نداشتن پیش‌شرط‌های لازم برای اجرای آزمون و تمرینات پلایومتریک، سابقه کمردرد مکانیکی در یک سال گذشته، سابقه هرگونه آسیب جدی در شش ماه گذشته که نیازمند مراجعه به پزشک بوده و منجر به دوری از جلسات تمرینی شده باشد، عدم رضایت آزمودنی‌ها و عدم تمایل آن‌ها به ادامه روند تحقیق، غیبت آزمودنی‌ها در دو جلسه متوالی در تمرینات و غیبت آزمودنی‌ها در سه جلسه غیرمتوالی در تمرینات بود (تصویر شماره ۱).

تمام شرکت‌کنندگان قبل از ثبت‌نام در مطالعه اطلاعاتی کلی در مورد هدف تحقیق دریافت کردند و رضایت آگاهانه ارائه دادند. مشخصات جمعیت‌شناختی همه شرکت‌کنندگان در جدول شماره ۱ آورده شده است. در داده‌های توصیفی، اختلافی بین گروه‌ها وجود نداشت ($P\leq ۰/۰۵$).

روش‌ها

تمام آزمون‌ها در آزمایشگاه علوم ورزشی دانشگاه بوعلی‌سینا گرفته شد. شرکت‌کنندگان در دو گروه آزمایش و گروه کنترل قرار گرفتند.

فرایند تصادفی‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Random Number Generator ورژن ۱/۴ انجام شد و سپس بر اساس پنهان‌سازی تخصیص به روش SNOSE[6] به گروه‌های تمرین (تمرینات پلایومتریک همراه با فیدبک کلامی) و کنترل سازمان‌دهی شدند.

شرکت‌کنندگان در ابتدا و پس از هشت هفته مورد ارزیابی قرار گرفتند. اقدامات انجام‌شده در ارزیابی‌های قبل و بعد از آزمایش شامل ارزیابی زاویه والگوس زانو با استفاده از تست فرود تک‌پا و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات منتخب هیپ با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی بود.

تست فرود تک‌پا

از تست فرود تک‌پا با پایایی ۰/۸۷ به منظور ارزیابی زاویه والگوس زانو مورد استفاده قرار گرفت [۲۶]. در این تست، از آزمودنی خواسته شد برای جلوگیری از حرکات اضافی دست، در حالی که بالای یک جعبه ۳۰ سانتی‌متری قرار گرفته است، دست‌هایش را روی قفسه سینه خود قرار دهد و روی یک پای خود قرار بگیرد و پاشنه پای معلق را برای جلوگیری از حرکات اضافی بر لبه جعبه قرار دهد و با دستور آزمونگر روی پای معلق خود فرود بیاید و این حالت را به مدت ۳ ثانیه حفظ کند.

بین هر تست فرود، فرد ۱۵ ثانیه استراحت می‌کند. آزمودنی این فعالیت را سه بار به طور صحیح تکرار می‌کند. اگر فرد نتواند این وضعیت را حفظ کند و یا روی زمین در حین فرود لِی‌لِی کند، این تلاش فرد به عنوان تلاش ناموفق محسوب شده و حذف می‌شود [۲۷].

برای ضبط عمل فرود از یک دوربین فوجی فیلم مدل HS55 ساخت کشور چین که روی سه‌پایه در فاصله دو متری از آزمودنی

6. Sequentially Numbered, Opaque Sealed Envelopes

www.SID.ir

جدول ۱. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های دو گروه

متغیر	میانگین±انحراف استاندارد		اختلاف میانگین	درجه آزادی	t	P
	گروه آزمایش	گروه کنترل				
سن (سال)	۱۹/۹۱±۱/۸۸	۱۹/۳۳±۲/۷۰	۰/۵۸۳	۲۲	۰/۶۱۳	۰/۵۴۶
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۲۵±۵/۳۹	۱۶۶/۵۸±۷/۱۶	-۳/۳۳۳	۲۲	-۱/۲۸۷	۰/۲۱۱
وزن (کیلوگرم)	۵۷/۹۰±۷/۵۵	۶۲/۸۵±۱۱/۹۸	-۴/۹۴۱	۲۲	-۱/۲۰۸	۰/۲۴۰
BMI (kg/m^2)	۲۱/۷۹±۳/۰۸	۲۲/۶۲±۳/۹۶	-۰/۸۳۴	۲۲	۰/۵۷۵	۰/۵۷۱
سابقه ورزشی (سال)	۶/۰۰±۲/۸۹	۵/۲۵±۲/۶۳	۰/۷۵۰	۲۲	۰/۶۶۴	۰/۵۱۳
پیش‌آزمون انحراف زانو (درجه)	۱۷/۲۶±۲/۵۰	۱۴/۹۹±۳/۲۰	۲/۲۷۵	۲۲	۱/۹۳۵	۰/۰۶۶
پس‌آزمون انحراف زانو (درجه)	۱۰/۵۹±۴/۱۶	۱۸/۴۱±۶/۹۴	-۷/۸۲۵	۲۲	-۳/۳۴۷	۰/۰۰۳

P≥ ۰/۰۵

طب توانبخشی

قرار داشت، استفاده شد. جهت تعیین زاویه والگوس داینامیک زانو از نرم‌افزار کینوویا با پایایی ۰/۹۸ استفاده شد [۲۸، ۲۹].

نحوه محاسبه زاویه والگوس زانو بدین شکل بود که با بررسی فریم به فریم تصاویر ویدئویی گرفته‌شده در نرم‌افزار کینوویا لحظه فرود کامل، یعنی فریمی که در آن فرد در پایین‌ترین ارتفاع (پیک فلکشن زانو) قرار داشت، مشخص می‌شد [۲۴]. در این فریم زاویه والگوس محاسبه می‌شد. منظور از این زاویه، تعیین زاویه حاده بین خط کشیده‌شده از خار خاصره‌ای قدامی به مرکز کشکک و از مرکز کشکک به نقطه وسط دو قوزک است [۳۰].

اگر مقدار حاصله از ۱۸۰ درجه بزرگ‌تر باشد، این زاویه واروس و اگر عدد به‌دست‌آمده کمتر از ۱۸۰ درجه باشد، به عنوان زاویه والگوس در نظر گرفته می‌شود. جهت به دست آوردن مقدار این زوایا عدد به‌دست‌آمده از ۱۸۰ درجه تفریق می‌شود. میانگین زوایای سه کوشش صحیح جهت تجزیه و تحلیل استفاده شد.

فعالیت الکترومایوگرافی عضلات

جهت بررسی فعالیت عضلات از دستگاه الکترومایوگرافی سطحی (مدل Data Log p3 X8) هشت کانال متعلق به کارخانه بایومتریکس انگلیس استفاده شد. در این تحقیق، از الکترودهای بی‌سیم مدل LE230 ساخت کارخانه Biomet-rics انگلستان با قطر یک سانتی‌متر فاصله مرکز به مرکز دو سانتی‌متر استفاده شد.

این سیگنال‌ها با فرکانس نمونه‌برداری هزار هرتز جمع‌آوری شد. جهت محاسبه فعالیت الکتریکی عضلات از سیگنال‌های ثبت‌شده در تکلیف SLCMJ استفاده شد. برای این کار سیگنال‌های الکترومایوگرافی بین بازه ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل و بعد از برخورد پا با زمین به وسیله نرم‌افزار متلب مورد پردازش قرار گرفت، زیرا بر اساس مطالعات صورت‌گرفته آسیب ACL در کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه رخ می‌دهد [۳۱].

در پردازش سیگنال‌های الکترومایوگرافی، برای اینکه امکان مقایسه بین عضلات مختلف و آزمودنی‌های متفاوت فراهم شود، فعالیت عضله باید به یک مقدار مرجع نرمال شود. در این تحقیق برای نرمال کردن داده‌ها از حداکثر انقباض ارادی[7] استفاده شد.

هر وضعیت سه‌بار و به مدت ۵ ثانیه تکرار شد و سپس میانگین داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به منظور دریافت و ثبت مناسب سیگنال‌ها به صورت سطحی از روی پوست، مراحل آماده‌سازی و نصب الکترودهای سطحی، به طریق زیر انجام شد: پوست قسمت بالک عضله در محل چسباندن الکترودها، ابتدا به وسیله تیغ‌های یکبار مصرف برای کاهش مقاومت پوست، تراشیده و با استفاده از الکل ۷۰ درصد و پنبه تمیز شد.

پنبه و الکل تا حدی روی پوست کشیده می‌شد تا در رنگ پوست رنگ قرمز کمرنگ ایجاد شود. پس از آن، با یک ورقه سمباده مانند به آرامی روی پوست کشیده شد و درنهایت با پنبه آغشته به الکل پاک شد و محل مورد نظر برای نصب الکترود روی عضلات مشخص شد.

الکترود عضله سرینی بزرگ در نقطه ۵۰درصدی خط میان مهره ساکرال و تروکانتر بزرگ قرار داده شد. با انجام یک مقاومت ایزومتریک به صورت مقاومت در برابر هایپراکستنشن ران همراه با فلکشن زانو و مشاهده فعالیت الکتریکی عضله محل الکترودگذاری تأیید و به همین روش حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضله ثبت شد [۳۲].

همچنین با انجام یک انقباض ایزومتریک در جهت دور کردن مفصل ران و مشاهده فعالیت الکتریکی عضله سرینی میانی محل الکترودگذاری تأیید و الکترودها در وسط خطی در صفحه ساجیتال

7. Maximum Voluntary Isometric Contraction

www.SID.ir

جدول ۲. پروتکل آزمایش

فاز	هفته	آزمایش	مدت
۱	۱-۲	اسکات ایستا، اسکات پرشی، لانج پرشی، پرش عمودی، پرش افقی، پرش به سمت جلو و عقب، جامپ با چرخش ۱۸۰درجه‌ای، پرش به سمت چپ و راست، فرود تک‌پا، پرش از روی بلوک‌های ده سانتی‌متری، پرش به جانب و پرش عمودی	۵ تا ۸ تکرار برای هر تمرین، زمان تمرین بین ۵ تا ۱۵ ثانیه
۲	۳-۵	اسکات تک‌پا ایستا، اسکات پرشی، لانج پرشی، پرش عمودی، سه پرش افقی متوالی و پرش عمودی، جامپ با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای، پرش از روی بلوک‌های ده سانتی‌متری و جامپ روی سکو، پرش به سمت جلو و عقب از روی بلوک، پرش به سمت چپ و راست از روی بلوک، فرود پرش قدامی، فرود پرش جانبی	۶ تا ۱۰ تکرار برای هر تمرین، بعضی از تمرین‌ها تکرار در دو ست، زمان تمرین بین ۲ تا ۱۵ ثانیه
۳	۶-۸	اسکات تک‌پا ایستا، جامپ در جا، جامپ با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای، لانج پرشی همراه با چرخش تنه، حداکثر پرش به سمت جلو و بالا، پرش تک‌پا به سمت جلو و عقب، پرش تک‌پا به سمت چپ و راست، پرش افقی تک‌پا، فرود تک‌پا به جانب و حداکثر پرش به بالا و جلو، پرش تک‌پا به سمت جلو از روی بلوک‌های ده سانتی‌متری و جامپ بر روی سکو، پرش تک‌پا به سمت جانب از روی بلوک‌های ده سانتی‌متری و جامپ روی سکو، فرود تک‌پا و حداکثر پرش عمودی تک‌پا	۴ تا ۱۰ تکرار برای هر تمرین، زمان تمرین بین ۵ تا ۲۰ ثانیه

طب توانبخشی

که تروکانتر بزرگ را به تاج خاصره متصل می‌کند، قرار داده شد. به همین روش حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضله ثبت شد [۳۲].

همچنین با انجام یک انقباض ایزومتریک در جهت دور کردن مفصل ران با فلکشن ۴۵ درجه و ابداکشن ۳۰ درجه و مشاهده فعالیت الکتریکی عضله محل الکترودگذاری عضله تنسورفاشیالاتا تأیید و الکترودها در وسط خطی که قسمت دیستال و کمی جانب خار خاصره قدامی فوقانی را به قسمت میانی و فوقانی تروکانتر بزرگ متصل می‌کند، قرار داده شد. به همین روش حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضله ثبت شد [۳۳].

الکترود عضله اداکتور لانگوس در ناحیه داخلی ران، در جهت تارهای عضلانی و چهار سانتی‌متر زیر پوبیس قرار داده شد. با انجام یک مقاومت ایزومتریک به صورت مقاومت در جهت نزدیک کردن مفصل ران و مشاهده فعالیت الکتریکی عضله محل الکترودگذاری تأیید و به همین روش حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضله ثبت شد [۳۴].

تکلیف Single Leg Countermovement Jump: پس از مشخص شدن محل الکترودها، آماده‌سازی محل آن‌ها، نصب الکترودها روی بدن و گرفتن حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک هر عضله، از هر آزمودنی تکلیف SLCMJ با پایایی ۰/۹۹۷ [۳۵] گرفته می‌شد؛ بدین صورت که فرد در یک وضعیت متعادل روی یک پا، در حالی که زانو و لگن در اکستنشن کامل و دست‌ها روی لگن بود، قرار می‌گرفت.

پای مورد آزمون که الکترودها به آن متصل است، روی زمین قرار دارد و وزن فرد به طور کامل روی آن است. برای شروع حرکت، فرد از وضعیت ایستاده به سمت پایین می‌آید و بدون مکث به سمت بالا پرش انجام می‌دهد. از سوئیچ پایی به منظور ثبت لحظه تماس پا با زمین استفاده شد.

قبل از انجام آزمون اصلی و نصب الکترودها روی بدن، آزمودنی چند پرش به صورت تمرینی انجام می‌داد تا جایی که احساس راحتی در انجام تکلیف کند. به فرد هیچ آموزشی در مورد نحوه فرود داده نشد. هر آزمودنی سه‌بار تکلیف SLCMJ را با یک دقیقه استراحت بین هر آزمون انجام می‌داد و فعالیت الکتریکی عضلات مختلف هنگام این سه تکرار ثبت شد.

میانگین سه تکرار صحیح برای محاسبه فعالیت عضلات مورد استفاده قرار گرفت. در صورتی که فرود همراه با بی‌تعادلی و یا جهش اضافی باشد و دست‌ها از لگن جدا شود، آزمون مجدداً تکرار می‌شود.

برنامه آزمایش

پس از ارزیابی اولیه، آزمودنی‌های گروه آزمایش به مدت هشت هفته و در هر هفته، سه جلسه به انجام تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی پرداختند. آزمودنی‌های گروه کنترل هیچ آزمایشی دریافت نکردند و تمام آزمودنی‌ها در این مدت فعالیت‌های ورزشی خود را انجام می‌دادند.

پروتکل مورد استفاده در این تحقیق، تمرینات پلایومتریک بالدون و همکاران [۳۶]، همراه با فیدبک کلامی است. فیدبک کلامی با هدف افزایش آگاهی، کنترل وضعیت و راستای زانو و بدن هنگام انجام تمرینات انجام شد.

برای انجام این کار آزمونگر با مشاهده وضعیت و راستای اندام تحتانی ورزشکار او را در کنترل و حفظ راستای ایمن راهنمایی می‌کرد تا آگاهی وضعیتی افزایش یابد و بدن به سمت بهبود کنترل عضلانی و حرکتی هدایت شود.

این پروتکل شامل سه فاز متفاوت تمرینی است (فاز اول؛ فاز تمرینات تکنیکی (هفته اول و دوم) – فاز دوم؛ تمرینات بنیادی (هفته سوم تا پنجم) – فاز سوم، فاز تمرینات عملکردی (هفته ششم تا هشتم).

اجرای حرکات تمرینی با تکرار و زمان متفاوت و با وزن بدن انجام شد (جدول شماره ۲). پیش از شروع برنامه تمرینی، برنامه گرم کردن عمومی شامل نرم دویدن، حرکات ایستا و پویای اندام تحتانی به مدت ۱۰ دقیقه، تمرینات پلایومتریکی همراه با

www.SID.ir

فیدبک کلامی به مدت ۳۰ دقیقه و تمرینات سرد کردن جهت بازگشت به حالت اولیه به مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌گرفت.

همچنین نحوه پیشرفت تمرینات به این صورت بود که تمرینات از سطح آسان شروع و به سطح دشوار می‌رسید. در هر جلسه تمرینی با توجه به توانایی فرد، میزان تکرارهای تمرین افزوده می‌شد تا تکرارهای هر تمرین در هر ست به عدد پروتکل برسد.

شدت، مدت و تکرار حرکات مورد استفاده در این تمرینات با توجه به اصل اضافه‌بار تغییر یافته است. همچنین از فیدبک مناسب برای آگاهی ورزشکار از حرکات بدن خود در حین تمرینات استفاده شد. تمرینات در محل سالن کشتی دانشگاه بوعلی‌سینا و با حضور محقق انجام گرفت.

حضور محقق باعث اطمینان از انجام صحیح تمرینات می‌شد. قبل از شروع هر جلسه تمرین، توضیحات کافی در مورد نحوه انجام تمرین به آزمودنی داده شد. پس از اتمام دوره تمرینات، تمام آزمودنی‌ها تحت ارزیابی ثانویه که مطابق ارزیابی اولیه بود، قرار گرفتند.

روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شده است. جهت تشخیص نرمال بودن داده‌ها، آزمون شاپیرو ویلک و همچنین برای مقایسه متغیرهای اصلی مطالعه قبل و بعد از تمرینات در گروه‌ها از آزمون‌های تی زوجی و برای مقایسه تغییرات بین گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطح معناداری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شده است تا مشخص شود که آیا متعاقب هشت هفته تمرینات پلایومتریکی فیدبکی، تفاوت معناداری در متغیرهای مورد بررسی در دو گروه آزمایش و کنترل و همچنین در درون هریک از گروه‌های تحقیق، بین پیش‌آزمون پس‌آزمون وجود دارد یا خیر.

یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره با رعایت

جدول ۳. نتایج آزمون تی زوجی جهت بررسی میزان تغییر متغیرها در بین پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیر	گروه	میانگین±انحراف استاندارد		t	P
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
فعالیت فیدفوروارد سرینی بزرگ (MVIC%)	آزمایش	۴۳/۵۲±۲۰/۳۱	۱۰۶/۱۱±۴۶/۱۲	-۵/۵۷۲	۰/۰۰۰*
	کنترل	۸۸/۸۳±۳۷/۰۰	۷۵/۰۶±۴۸/۷۴	۱/۵۷۴	۰/۱۴۴
فعالیت فیدفوروارد سرینی میانی (MVIC%)	آزمایش	۵۴/۱۰±۲۲/۸۴	۹۸/۴۸±۳۴/۶۹	-۴/۰۸۳	۰/۰۰۲*
	کنترل	۸۵/۰۸±۳۸/۹۵	۶۲/۵۴±۳۶/۱۷	۲/۰۶۹	۰/۰۶۳
فعالیت فیدفوروارد تنسورفاشیالاتا (MVIC%)	آزمایش	۱۵۰/۴۲±۷۸/۳۵	۱۳۳/۳۸±۷۸/۲۹	۰/۵۹۲	۰/۵۶۶
	کنترل	۱۵۷/۷۸±۷۶/۰۵	۱۱۸/۴۹±۵۸/۶۰	۱/۴۱۳	۰/۱۸۵
فعالیت فیدفوروارد اداکتور لانگوس (MVIC%)	آزمایش	۱۲۳/۷۸±۶۹/۵۲	۷۶/۸۰±۳۳/۲۸	۲/۲۸۴	۰/۰۴۳*
	کنترل	۱۰۰/۴۸±۶۱/۶۰	۷۹/۷۴±۲۲/۲۷	۰/۳۶۴	۰/۲۰۰
فعالیت فیدبک سرینی بزرگ (MVIC%)	آزمایش	۶۶/۴۷±۲۹/۱۱	۱۱۴/۰۲±۳۶/۹۰	-۳/۰۹۳	۰/۰۱۰*
	کنترل	۹۶/۶۹±۵۰/۶۷	۸۴/۷۶±۳۸/۲۸	۰/۷۲۲	۰/۴۸۵
فعالیت فیدبک سرینی میانی (MVIC%)	آزمایش	۵۱/۷۸±۲۰/۸۰	۱۱۰/۰۳±۳۸/۰۷	-۴/۳۰۱	۰/۰۰۱*
	کنترل	۹۰/۱۶±۴۸/۶۰	۹۴/۰۶±۴۸/۲۷	-۰/۲۳۴	۰/۸۱۹
فعالیت فیدبک تنسورفاشیالاتا (MVIC%)	آزمایش	۱۱۶/۸۶±۵۹/۶۸	۹۵/۴۴±۳۵/۶۹	۱/۰۷۳	۰/۳۰۶
	کنترل	۱۰۹/۱۲±۳۸/۷۲	۱۰۲/۸۷±۴۱/۱۶	۰/۴۴۳	۰/۶۶۶
فعالیت فیدبک اداکتور لانگوس (MVIC%)	آزمایش	۶۴/۱۳±۳۲/۳۲	۶۵/۵۷±۵۱/۶۵	-۰/۱۰۳	۰/۹۲۰
	کنترل	۱۰۹/۲۵±۷۰/۶۹	۹۶/۹۰±۷۲/۹۳	۱/۳۲۱	۰/۲۱۳

P<۰/۰۵

طب توانبخشی

www.SID.ir

جدول ٤. نتایج آزمون آنالیز کوواریانس چندمتغیره برای مقایسه متغیرهای تحقیق در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیر	میانگین در پس‌آزمون (تنظیم‌شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون (کوریت))		F	P	مجذور اتا
فعالیت فیدفوروارد سرینی بزرگ (MVIC%)	گروه آزمایش	۱۳۰/۶۰	۱۸/۶۲۱	۰/۰۰۰*	۰/۴۷۰
	گروه کنترل	۵۰/۵۷			
فعالیت فیدفوروارد سرینی میانی (MVIC%)	گروه آزمایش	۱۰۴/۹۸	۱۰/۱۳۳	۰/۰۰۴*	۰/۳۲۵
	گروه کنترل	۵۶/۰۵			
فعالیت فیدفوروارد تنسورفاشیالاتا (MVIC%)	گروه آزمایش	۱۳۳/۷۳	۰/۲۹۳	۰/۵۹۴	۰/۰۱۴
	گروه کنترل	۱۱۸/۱۵			
فعالیت فیدفوروارد اداکتور لانگوس (MVIC%)	گروه آزمایش	۷۵/۱۹	۰/۲۹۲	۰/۵۹۵	۰/۰۱۴
	گروه کنترل	۸۱/۳۵			
فعالیت فیدبک سرینی بزرگ (MVIC%)	گروه آزمایش	۱۱۴/۳۲	۳/۱۵۱	۰/۰۹۰	۰/۱۳۰
	گروه کنترل	۸۴/۴۷			
فعالیت فیدبک سرینی میانی (MVIC%)	گروه آزمایش	۱۱۳/۶۲	۱/۲۹۴	۰/۲۶۸	۰/۰۵۸
	گروه کنترل	۹۰/۴۷			
فعالیت فیدبک تنسورفاشیالاتا (MVIC%)	گروه آزمایش	۹۵/۱۱	۰/۲۵۴	۰/۶۲۰	۰/۰۱۲
	گروه کنترل	۱۰۳/۲۰			
فعالیت فیدبک اداکتور لانگوس (MVIC%)	گروه آزمایش	۸۵/۳۹	۰/۲۰۲	۰/۶۵۸	۰/۰۱۰
	گروه کنترل	۷۷/۰۷			

طب توانبخشی

P<۰/۰۵

پیش‌فرض‌ها بررسی شد. نتایج آزمون لون نشان داد که شرط برابری واریانس‌های بین‌گروهی رعایت شده و میزان واریانس خطای متغیرهای وابسته در گروه‌ها مساوی بوده است. همچنین برای نشان دادن همبستگی بین متغیرهای وابسته و متغیر مستقل از شاخص مجذور اتا استفاده شد.

بر اساس جدول شماره ۳، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تحت تمرینات اصلاحی منتخب، مقایسه پیش‌آزمون پس‌آزمون میانگین‌ها در فعالیت فیدبکی و فیدفورواردی عضلات سرینی بزرگ و میانی در گروه آزمایش تفاوت معناداری مشاهده می‌شود (P<۰/۰۵).

بر اساس جدول شماره ۴، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مقایسه میانگین نتایج دو گروه آزمایش و کنترل پس از هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی تفاوت معناداری در فعالیت فیدفورواردی عضلات سرینی مشاهده شد.

بحث

هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی بر میزان فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات سرینی بزرگ، سرینی میانی، تنسورفاشیالاتا و اداکتور لانگوس زنان فعال دارای نقص غلبه لیگامانی در طی تسک SLCMJ بود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی منجر به افزایش فعالیت الکترومایوگرافی عضلات سرینی در ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل و بعد از برخورد پا با زمین و درنتیجه بهبود در کینماتیک اندام تحتانی زنان با نقص غلبه لیگامانی می‌شود.

همچنین با توجه به میانگین داده‌ها در پیش‌آزمون پس‌آزمون در گروه آزمایش، فعالیت عضله اداکتور لانگوس کاهش و فعالیت عضله تنسورفاشیالاتا تغییر معناداری نکرده است. تغییرات ایجادشده در فعالیت عضلات گروه آزمایش پس از هشت هفته تمرین و عدم تغییر در فعالیت عضلات گروه کنترل منجر به کاهش ۶/۶۷ درجه‌ای زاویه والگوس در گروه آزمایش و افزایش ۳/۴۲ درجه‌ای زاویه والگوس در گروه کنترل شده است. این موضوع اثرگذاری تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی بر میزان فعالیت عضلات اندام تحتانی زنان با والگوس داینامیک زانو را نشان می‌دهد. تمرینات پلایومتریک از طریق تطابق عضلانی در رفلکس‌های کششی، الاستیکی و گیرنده‌های وتری‌گلژی نقش مهمی را در فعالیت فیدفورواردی عضلات و مکانیسم‌های

www.SID.ir

محدودکننده پویا ایفا می‌کنند [۳۷].

تغییرات سریع طول / تنشن در فاز اکسنتریک تمرینات پلایومتریک منجر به ایجاد تطابق در دوک عضلانی و ارگان‌های وتری‌گلژی می‌شود [۳۸]. این تمرینات حساسیت گیرنده‌های وتری‌گلژی را به عنوان یک عامل محدودکننده تنشن کاهش داده و درنتیجه سطح مهارشدگی را بالا می‌برد.

درواقع چنانچه سطح مهارشدگی افزایش یابد، بار بیشتری بر سیستم اسکلتی عضلانی اعمال می‌شود و درنتیجه توانایی تولید نیرو افزایش پیدا می‌کند. همچنین این تمرینات حساسیت دوک‌های عضلانی ورودی‌های آوران به سیستم عصبی مرکزی را افزایش داده و حس عمقی را نیز بهبود می‌بخشد.

تمرینات پلایومتریک به دلیل غیرمنتظره بودن نوع حرکت حین پرش‌ها و فرودها، نیازمند فعالیت پیش‌بین عضلات است. هنگامی که عضلات به طور مکرر تحریک می‌شوند، حس عمقی افزایش پیدا کرده و درنتیجه آگاهی نسبت به حس موقعیت مفصل افزایش پیدا می‌کند [۳۹].

از طرفی دیگر، با توجه به ارائه فیدبک‌هایی مانند حفظ راستای قائم بدن، فرود روی پنجه با زانوی خم و جلوگیری از ایجاد والگوس و واروس زانو در تمرینات این پژوهش، احتمال می‌رود که با تکرار و شدت کنترل‌شده، فعالیت عضلانی به‌تدریج از کنترل هوشیارانه به غیرهوشیارانه پیشرفت کرده و عضلات درگیر تقویت و فعالیت آن‌ها افزایش یافته است [۳۹].

برای انجام حرکات ورزشی به ظاهر ساده مانند پرش و فرود سیستم عصبی مرکزی باید نیروهای عضلانی قبل و بعد از تماس با زمین را تنظیم کند و فعالیت عضلانی خود را با میزان بزرگی نیروی عکس‌العمل زمین و زمان آن تطبیق دهد. قبل از تماس پا با زمین هنگام فرود، عضلات اندام تحتانی فعال می‌شود تا نیروهایی که در هنگام تماس اعمال می‌شوند را جذب کند [۱۳].

نقش فعالیت عضلانی قبل از فرود در آماده‌سازی مجموعه تاندونی عضلانی برای مقابله با نیروهای ایجادشده پس از فرود برای ایجاد کشش سریع و قوی بعد از تماس پا با زمین و هنگام چرخش در مفاصل لازم و ضروری است. فعالیت عضلات پس از برخورد پا با زمین به منظور پاسخ به نیروها و گشتاورهای اعمال‌شده درنتیجه نیروی عکس‌العمل زمین است [۴۰].

عضلات پس از برخورد پا با زمین هنگام حرکت مفاصل فعال می‌شود و فعالیت آن‌ها تا مرحله توقف و ثبات در وضعیت بدن ادامه می‌یابد؛ از این رو، بر اساس مطالعات برنامه تمرینی مناسب افراد والگوسی برنامه‌ای است که بتواند فعالیت عضلات اداکتور هیپ را کاهش و فعالیت عضلات ابداکتور و اکسترنال روتیتور هیپ را افزایش دهد [۴۱، ۴۲].

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، افزایش فعالیت عضلات سرینی به عنوان ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای هیپ و کاهش فعالیت عضله اداکتور نشان‌دهنده این است که هشت هفته تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی با پیش‌بینی حرکت می‌تواند از ایجاد والگوس در زانو جلوگیری کند.

مکانیسم احتمالی دیگری که به وسیله آن تمرینات پلایومتریک می‌تواند توانایی تولید نیرو را افزایش دهد، هماهنگی عصبی‌عضلانی است. این تمرینات با ایجاد هماهنگی عصبی‌عضلانی و با کشش اولیه انفجاری، سرعت انقباض و درنتیجه کارایی عضلات را بهبود می‌بخشد.

با توجه به اینکه مطالعات محدودی به بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک بر فعالیت الکتریکی عضلات اداکتور و ابداکتور هیپ پرداخته‌اند، نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های مطالعات حدادنژاد و همکاران [۴۳]، لیفارت و همکاران [۲۰] و روان و همکاران [۴۴] هم‌خوانی دارد، اما با یافته‌های زیبس و همکاران [۴۵] ناهم‌خوان است. از علت‌های ناهم‌خوان بودن یافته‌ها می‌توان به نوع تسک اشاره کرد.

افزایش فعالیت عضلات سرینی و کاهش فعالیت عضله اداکتور لانگوس در طی تسک SLCMJ حاکی از آن است که با پیش‌بینی حرکت، عضلات سرینی بیشتر و عضله اداکتور کمتر فعال شده و این موضوع منجر به کاهش زاویه والگوس پس از هشت هفته تمرین پلایومتریک همراه با فیدبک کلامی شده است.

بدین ترتیب می‌توان بیان کرد که تمرینات پلایومتریکی همراه با فیدبک کلامی با بهبود فعالیت الکترومایوگرافی عضلات هیپ منجر به کنترل حرکت در صفحه فرونتال و چرخش داخلی و اداکشن ران می‌شود که این موضوع می‌تواند از ایجاد والگوس در زانو جلوگیری و از آسیب ACL پیشگیری کند.

نتیجه‌گیری

کنترل حرکت و فعال شدن مناسب عضلات برای پیشگیری از آسیب در طی انجام فعالیت‌های حرکتی امری ضروری است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات پلایومتریک همراه با فیدبک کلامی با افزایش فعالیت عضلات ابداکتور و کاهش فعالیت عضلات اداکتور هیپ تمرینات مناسبی جهت پیشگیری از وقوع آسیب ACL در افراد با نقص غلبه لیگامانی است.

این تمرینات با بهبود فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات هیپ به تنظیم سفتی و ثبات داینامیک مفصل زانو کمک کرده و خطر بروز آسیب ACL را کاهش می‌دهد. با توجه به مطالب بیان‌شده و نتایج حاصل از تحقیق به مربیان و توان‌بخشان ورزشی توصیه می‌شود در طراحی پروتکل‌های تمرینی و توان‌بخشی از تمرینات پلایومتریک همراه با فیدبک کلامی استفاده کنند.

www.SID.ir

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

فرایند انجام تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شماره کد IR.UMSHA.REC.1397.1000 و مرکز ثبت کارآزمایی بالینی با کد IRCT20190224042827N1 تأیید شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان است. دانشگاه بوعلی سینا تأمین‌کننده بودجه این طرح پژوهشی بوده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی و نظارت: فرزانه ساکی؛ روش‌شناسی: فرزانه ساکی و فرزانه رمضانی؛ تحقیق و بررسی، ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: همه نویسندگان؛ گردآوری داده‌ها: فرزانه رمضانی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

www.SID.ir

Refrence

[1] Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach Jr BR, et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. The American Journal of Sports Medicine. 2014; 42(10):2363-70. [DOI:10.1177/0363546514542796] [PMID]

[2] McCullough KA, Phelps KD, Spindler KP, Matava MJ, Dunn WR, Parker RD, et al. Return to high school- and college-level football after anterior cruciate ligament reconstruction: A Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort study. The American Journal of Sports Medicine. 2012; 40(11):2523-9. [DOI:10.1177/0363546512456836] [PMID] [PMCID]

[3] 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]

[4] Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and prevention ACL injuries: Current biomechanical and epidemiological consideration. North American Journal of Sports Physical Therapy. 2010; 5(4):234-51. [PMID] [PMCID]

[5] 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. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]

[6] Fung DT, Zhang LQ. Modeling of ACL impingement against the intercondylar notch. Clinical Biomechanics. 2003; 18(10):933-41. [DOI:10.1016/S0268-0033(03)00174-8]

[7] Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2004; 36(6):926-34. [DOI:10.1249/01.MSS.0000128145.75199.C3] [PMID]

[8] 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):352-64. [PMID] [PMCID]

[9] Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. The American Journal of Sports Medicine. 2010; 38(10):1968-78. [DOI:10.1177/0363546510376053] [PMID] [PMCID]

[10] Grillner S. The role of muscle stiffness in meeting the changing postural and locomotor requirements for force development by the ankle extensors. Acta Physiologica Scandinavica. 1972; 86(1):92-108. [DOI:10.1111/j.1748-1716.1972.tb00227.x] [PMID]

[11] Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. The importance of sensory-motor control in providing core stability. Sports Medicine. 2008; 38(11):893-916. [DOI:10.2165/00007256-200838110-00002] [PMID]

[12] Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Biochemistry Do, Jessell MBT, Siegelbaum S, et al. Principles of neural science, 4th edition. New York: McGraw-hill; 2000. https://www.google.com/books/edition/_/yMtpAAAAMAAJ?hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjOlunkqbDxAhVRKBoKHUZVAtQQ7_IDegQIChAD

[13] Santello M. Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. Gait & Posture. 2005; 21(1):85-94. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2004.01.005] [PMID]

[14] Willson JD, Kernozek TW, Arndt RL, Reznichek DA, Straker JS. Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. Clinical Biomechanics. 2011; 26(7):735-40. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2011.02.012] [PMID]

[15] Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen A-D, Chaudhari AM, Padua DA, McLean SG, et al. ACL research retreat V: An update on ACL injury risk and prevention, March 25-27, 2010, Greensboro, NC. Journal of Athletic Training. 2010; 45(5):499-508. [DOI:10.4085/1062-6050-45.5.499] [PMID] [PMCID]

[16] Ireland ML. The female ACL: Why is it more prone to injury? Orthopedic Clinics. 2002; 33(4):637-51. [DOI:10.1016/S0030-5898(02)00028-7]

[17] Wilk KE, Voight ML, Keirns MA, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ. Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1993; 17(5):225-39. [DOI:10.2519/jospt.1993.17.5.225] [PMID]

[18] LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: Cluster randomized controlled trial. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine. 2011; 165(11):1033-40. [DOI:10.1001/archpediatrics.2011.168] [PMID]

[19] 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. [DOI:10.1177/0363546504272261] [PMID]

[20] Lephart SM, Abt J, Ferris C, Sell T, Nagai T, Myers J, et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: A plyometric versus basic resistance program. British Journal of Sports Medicine. 2005; 39(12):932-8. [DOI:10.1136/bjsm.2005.019083] [PMID] [PMCID]

[21] Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. Journal of Athletic Training. 2004; 39(1):24-31. [PMID] [PMCID]

[22] Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Saidian S. The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2011; 15:3138-42. [DOI:10.1016/j.sbspro.2011.04.260]

[23] DiStefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Guskiewicz KM, Garrett WE, Padua DA. Effects of an age-specific anterior cruciate ligament injury prevention program on lower extremity biomechanics in children. The American Journal of Sports Medicine. 2011; 39(5):949-57. [DOI:10.1177/0363546510392015] [PMID]

www.SID.ir

[24] Koorosh-Fard N, Alizadeh MH, Rajabi R, Shirzad E. Effect of feedback corrective exercise on knee valgus and electromyographic activity of lower limb muscles in single leg squat. Archives of Rehabilitation. 2015; 16(2):138-47. https://rehabilitationj.uswr.ac.ir/browse.php?a_id=1547&sid=1&slc_lang=en

[25] Herrington L, Munro A. Drop jump landing knee valgus angle: Normative data in a physically active population. Physical Therapy in Sport. 2010; 11(2):56-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2009.11.004] [PMID]

[26] Herrington L, Alenezi F, Alzhrani M, Alrayani H, Jones R. The reliability and criterion validity of 2D video assessment of single leg squat and hop landing. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2017; 34:80-5. [DOI:10.1016/j.jelekin.2017.04.004] [PMID]

[27] Barrios JA, Heitkamp CA, Smith BP, Sturgeon MM, Suckow DW, Sutton CR. Three-dimensional hip and knee kinematics during walking, running, and single-limb drop landing in females with and without genu valgum. Clinical Biomechanics. 2016; 31:7-11. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2015.10.008] [PMID]

[28] Hamdan M, Ismail SI, Hassan H, Ismail H, Bukry SA, Raja Azidin RMF. How reliable is kinovea vs. templo in knee and hip kinematics assessment during side cutting tasks? Knee. 2017; 2:1. [DOI:10.13140/RG.2.2.26675.32807]

[29] Youssif RS, Fayaz NA, Hassan KA. Frontal plane projection angle during step down test in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. The Medical Journal of Cairo University. 2019; 87:1233-9. [DOI:10.21608/mjcu.2019.53343]

[30] Munro A, Herrington L, Carolan M. Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. Journal of Sport Rehabilitation. 2012; 21(1):7-11. [DOI:10.1123/jsr.21.1.7] [PMID]

[31] Palmieri-Smith RM, Wojtys EM, Ashton-Miller JA. Association between preparatory muscle activation and peak valgus knee angle. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008; 18(6):973-9. [DOI:10.1016/j.jelekin.2007.03.007] [PMID]

[32] Turner C, Crow S, Crowther T, Keating B, Saupan T, Pyfer J, et al. Preventing non-contact ACL injuries in female athletes: What can we learn from dancers? Physical Therapy in Sport. 2018; 31:1-8. [DOI:10.1016/j.ptsp.2017.12.002] [PMID]

[33] Farbod H, Abbasi A, Letafatkar A. Comparison of electrical activity ratio in gluteus maximus and gluteus medius reletive to tensor fascia lata in participants with non-specific chronic low back pain and healthy participants during selected rehabilitation exercises. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2018; 7(2):158-68. https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=747824

[34] Lovell GA, Blanch PD, Barnes CJ. EMG of the hip adductor muscles in six clinical examination tests. Physical Therapy in Sport. 2012; 13(3):134-40. [DOI:10.1016/j.ptsp.2011.08.004] [PMID]

[35] Hammami R, Granacher U, Makhlouf I, Behm DG, Chaouachi A. Sequencing effects of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2016; 30(12):3278-89. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001425] [PMID]

[36] de Marche Baldon R, Lobato DFM, Yoshimatsu AP, dos Santos AF, Francisco AL, Santiago PRP, et al. Effect of plyometric training on lower limb biomechanics in females. Clinical Journal of Sport Medicine. 2014; 24(1):44-50. [DOI:10.1097/01.jsm.0000432852.00391.de] [PMID]

[37] Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: Lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. British Journal of Sports Medicine. 2009; 43(6):417-22. [DOI:10.1136/bjsm.2009.059162] [PMID] [PMCID]

[38] Swanik KA, Swanik CB, Lephart SM, Huxel K. The effect of functional training on the incidence of shoulder pain and strength in intercollegiate swimmers. Journal of Sport Rehabilitation. 2002; 11(2):140-54. [DOI:10.1123/jsr.11.2.140]

[39] Prentice WE. Rehabilitation techniques in sports medicine. Boston: WCB/McGraw-Hill; 1999. https://www.google.com/books/edition/Rehabilitation_Techniques_in_Sports_Medi/NPwPmIU17uMC?hl=en

[40] Vescovi JD, Canavan PK, Hasson S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. Physical Therapy in Sport. 2008; 9(4):185-92. [DOI:10.1016/j.ptsp.2008.08.001] [PMID]

[41] Mauntel TC, Begalle RL, Cram TR, Frank BS, Hirth CJ, Blackburn T, et al. The effects of lower extremity muscle activation and passive range of motion on single leg squat performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013; 27(7):1813-23. [DOI:10.1519/JSC.0b013e318276b886] [PMID]

[42] Rostami KD, Naderi A, Thomas A. Hip abductor and adductor muscles activity patterns during landing after anterior cruciate ligament injury. Journal of Sport Rehabilitation. 2019; 28(8):871-6. [DOI:10.1123/jsr.2018-0189] [PMID]

[43] Hadadnezhad M, Rajabi R, Ashraf JA, Shirzad E. The effect of plyometric training on trunk muscle pre-activation in active females with trunk neuromuscular control deficit. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services. 2014; 21(6):705-15. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=352451

[44] Ruan M, Li L. Approach run increases preactivation and eccentric phases muscle activity during drop jumps from different drop heights. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2010; 20(5):932-8. [DOI:10.1016/j.jelekin.2009.08.007] [PMID]

[45] Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Døssing S, Alkjær T, Magnusson SP, et al. The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. Clinical Journal of Sport Medicine. 2008; 18(4):329-37. [DOI:10.1097/JSM.0b013e31817f3e35] [PMID]

www.SID.ir

Archive of SID

This Page Intentionally Left Blank

www.SID.ir