




## Effect of Corrective Exercises Program on Strength, ROM, and Performance in Basketball Players with Dynamic Knee Valgus

Hemn Mohammadi\*<sup>1</sup> , Hassan Daneshmandi<sup>2</sup> , Mohammadhosein Alizadeh<sup>3</sup> 

1. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanity Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. Professor, Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Professor, Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2018. July.13

Revised: 2019. January.10

Accepted: 2019. January.22

### Abstract

**Background and Aims:** The most common mechanism of anterior cruciate ligament injury in basketball is non-contact and dynamic knee valgus is the key risk factor of these injuries. The purpose of the present study was to investigate the effect of corrective exercise program on strength, ROM, and performance in basketball players with dynamic knee valgus.

**Materials and Methods:** A total of 32 basketball players (age:  $20.8 \pm 1.7$  years, weight:  $74.0 \pm 5.2$  kg, height:  $183.9 \pm 5.0$  cm) with dynamic knee valgus participated in the current study and were randomly divided into two groups of exercise ( $n=16$ ) and control ( $n=16$ ). Assessment included ROM (dorsiflexion, abduction, and external rotation of the hip), strength (dorsiflexion, plantar flexion, abduction, and external rotation of the hip), and performance (balance and hop test) in dominant leg.

**Results:** Data analysis via ANCOVA showed that the exercise groups experienced significant reduction ( $P < 0/01$ ) in dynamic knee valgus ( $6/51$  degree) during drop-jump task, significant improvement ( $P < 0/01$ ) in ROM ( $3/43$  degree dorsiflexion with the knee flexion,  $2/25$  degree dorsiflexion with the knee extension,  $2/38$  degree abduction, and  $1/75$  degree external rotation of the hip), strength ( $2/32$  kg dorsiflexion,  $4/87$  kg plantarflexion,  $1/82$  kg abduction and  $1/58$  kg external rotation of the hip), balance ( $3/33$  cm), and hop tests ( $13/25$  cm).

**Conclusion:** It can be concluded that participation in this corrective exercises program can lead to significant improvement in strength and ROM distal and proximal knee joint and performance, and it seems that it can help for prevention of lower extremity injuries caused by dynamic knee valgus during functional activity.

**Keywords:** Corrective Exercises; Knee Valgus; Basketball Player; ROM, Performance

**Cite this article as:** Hemn Mohammadi, Hassan Daneshmandi, Mohammadhosein Alizadeh. Effect of Corrective Exercises Program on Strength, ROM, and Performance in Basketball Players with Dynamic Knee Valgus. *J Rehab Med.* 2019; 8(3): 29-41.

\* **Corresponding Author:** Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanity Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

**Email:** hemn.uk.ac.ir@gmail.com

**DOI:** 10.22037/jrm.2019.111286.1887

## تأثیر یک برنامه تمرینات اصلاحی بر قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد بسکتبالیست‌های دارای والگوس پویای زانو

هیمن محمدی<sup>۱\*</sup>، حسن دانشمندی<sup>۲</sup>، محمدحسین علیزاده<sup>۳</sup>

۱. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲. استاد، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. استاد، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۱۱/۰۲ \*

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۲۰

\* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۴/۲۲

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

سازوکار آسیب لیگامان صلیبی قدامی در بسکتبال اغلب به صورت غیربرخوردی بوده و عامل خطرساز کلیدی آن والگوس پویای زانو است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر یک برنامه تمرین اصلاحی بر قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد بسکتبالیست‌های دارای والگوس پویای زانو انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر ۳۲ بسکتبالیست با میانگین سنی  $20.8 \pm 1.7$  سال، قد  $1.83 \pm 0.05$  متر، وزن  $74.0 \pm 5.2$  کیلوگرم و دارای والگوس پویای زانو، به عنوان آزمودنی شرکت نمودند که به صورت تصادفی در دو گروه (تمرین ۱۶، کنترل ۱۶ نفر) قرار گرفتند. ارزیابی‌ها شامل دامنه حرکتی (دورسی فلکشن، آبداکشن، چرخش خارجی ران)، قدرت ایزومتریک (دورسی فلکشن، پلانتر فلکشن، آبداکشن و چرخش خارجی ران) و عملکرد (آزمون‌های لی و تعادل) در پای برتر بود.

#### یافته‌ها

نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که اعمال برنامه تمرین اصلاحی موجب کاهش معنادار ( $P < 0.01$ ) والگوس پویای زانو در لحظه حداکثر فلکشن ( $6/51$  درجه)، بهبود معنادار ( $P < 0.01$ ) دامنه حرکتی (دورسی فلکشن زانو خم  $3/43$  درجه، دورسی فلکشن زانو صاف  $2/25$  درجه، آبداکشن  $2/38$  درجه و چرخش خارجی ران  $1/75$  درجه)، قدرت (دورسی فلکشن  $2/32$  کیلوگرم، پلانتر فلکشن  $4/87$  کیلوگرم، آبداکشن  $1/82$  کیلوگرم و چرخش خارجی ران  $1/58$  کیلوگرم)، تعادل ( $3/33$  سانتی‌متر) و عملکرد لی ( $13/25$  سانتی‌متر) می‌گردد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ارائه این تمرین اصلاحی نه تنها می‌تواند باعث بهبود معنادار قدرت و دامنه حرکتی مفاصل دیستال و پروگزیمال زانو و عملکرد شود، بلکه به نظر می‌رسد بتواند به پیشگیری از آسیب‌های ناشی از والگوس پویای زانو طی فعالیت‌های عملکردی در اندام تحتانی نیز کمک نماید.

#### واژه‌های کلیدی

تمرین اصلاحی؛ والگوس زانو؛ بازیکنان بسکتبال؛ عملکرد؛ دامنه حرکتی

نویسنده مسئول: هیمن محمدی، استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان،

سنندج، ایران

آدرس الکترونیکی: [hemn.uk.ac.ir@gmail.com](mailto:hemn.uk.ac.ir@gmail.com)

قرارگیری مفصل زانو در نقطه میانی زنجیره حرکتی اندام تحتانی باعث می‌شود در حین انجام فعالیت‌های ورزشی به ویژه فعالیت‌های همراه با تحمل وزن بدن، فشار بیش از حدی به آن وارد گردد. رفتار مکانیکی اختصاصی مفاصل پروگزیمال و دیستال مفصل زانو، تعیین‌کننده توزیع درست یا نادرست نیروهای تحمیل‌شده بر سیستم عضلانی-اسکلتی این مفصل است.<sup>[۱]</sup> بر همین اساس توانایی ورزشکار در حفظ راستای پویای صحیح سگمنت‌های اندام تحتانی در صفحات حرکتی، می‌تواند عاملی بسیار مهمی در وقوع آسیب زانو طی فعالیت‌های ورزشی باشد. عملکرد عصبی-عضلانی غیرطبیعی اندام تحتانی می‌تواند میزان والگوس زانو و متعاقباً آسیب ACL را افزایش دهد.<sup>[۲،۳]</sup> به عبارتی دیگر، نقص‌های عملکرد عصبی-عضلانی یک عامل اصلی آسیب غیربرخوردی ACL در ورزشکاران است<sup>[۴]</sup> که در طی فعالیت‌های ورزشی، بار وارده بر مفاصل اندام تحتانی و میزان آسیب ACL را افزایش می‌دهد.<sup>[۴]</sup>

شایع‌ترین آسیب لیگامانی زانو، پارگی لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد.<sup>[۵]</sup> طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ در نروژ ۱/۱۶۸ آسیب لیگامان صلیبی قدامی به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر گزارش شد. در سال ۲۰۰۶ میزان ۱۲۷۴۶۶ عمل جراحی آن در کشور آمریکا انجام گردید که متوسط هزینه هر عمل جراحی حدود ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ دلار بود.<sup>[۶]</sup> به طور کلی صرف نظر از هزینه‌های تشخیص و توانبخشی، به ازای هر آسیب لیگامان صلیبی قدامی، هزینه پزشکان متخصص و بیمارستان حدود ۱۲۷۴۰ دلار برآورد شده است.<sup>[۷]</sup> این آسیب علاوه بر هزینه درمان زیاد (سالانه ۶۲۵ میلیون دلار)، موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مثل استئوآرتریت (افزایش بیش از ۱۰ برابر)، پارگی منیسک و نیز مشکلات و مسائل روحی و روانی در ورزشکاران می‌گردد.<sup>[۸]</sup> والگوس پویای زانو حین فعالیت‌هایی از قبیل فرود از پرش<sup>۱</sup>، تغییر مسیر ناگهانی<sup>۲</sup>، کاهش یا افزایش شتاب<sup>۳</sup> و حرکات برشی<sup>۴</sup> و پیوت<sup>۵</sup> به عنوان یک عامل خطر ساز کلیدی در اکثر آسیب‌های زانو<sup>[۹-۱۱]</sup>، به ویژه پارگی لیگامان صلیبی قدامی<sup>[۴]</sup> محسوب می‌شود.

نقص‌های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعالسازی که منجر به افزایش بارهای وارده بر مفصل زانو و ACL می‌شود، تعریف شده‌اند.<sup>[۱۲]</sup> هووت و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه آنالیز ویدئویی آسیب‌های ACL در ورزشکاران، چهار نقص عصبی-عضلانی را به عنوان سازوکارهای زیربنایی آسیب‌های غیربرخوردی ACL معرفی کردند که شامل غلبه لیگامان<sup>۶</sup> (نقص والگوس)، غلبه چهارسر<sup>۷</sup>، غلبه پا<sup>۸</sup> و غلبه تنه<sup>۹</sup> می‌باشد.<sup>[۱۳]</sup> نقص والگوس عملکرد عضلات اندام تحتانی در صفحه فرونتال را تغییر می‌دهد و این احتمال وجود دارد که افزایش والگوس زانو ناشی از تغییرات الگوهای انقباضی نزدیک‌کننده‌ها و دورکننده‌های ران و خم‌کننده‌های زانو (همسترینگ و دوقلو) باشد.<sup>[۲]</sup> بارهای وارده بر اندام فوقانی از طریق مفصل ران به پا منتقل می‌شود و بر همین اساس نحوه انقباض عضلات ناحیه ران می‌تواند بر بارگذاری زانو اثر داشته باشد.<sup>[۱۴]</sup> زمانی که مفصل ران در معرض بار قرار می‌گیرد، کاهش میزان فعالیت و قدرت عضلات بخش خلفی-جانبی ران به ویژه دورکننده‌ها و چرخش‌دهنده‌های خارجی ران منجر به کاهش ثبات و در نتیجه عدم توانایی حفظ راستای طبیعی مفاصل ران و زانو می‌گردد.<sup>[۲]</sup> این تئوری منجر به افزایش نیروهای والگوس و چرخشی در زانو می‌شود. ورزشکاران دارای دورکننده‌ها و چرخش‌دهنده‌های خارجی ران قوی‌تر در مقایسه با ورزشکاران دارای قدرت کمتر، گشتاور دورشدن ران و نیروی عکس‌العمل زمین کمتری را متحمل می‌شوند.<sup>[۱۵]</sup> از طرف دیگر نیروی عکس‌العمل زمین باعث وارد شدن نیروها و گشتاورهایی به مفصل مچ پا می‌شود؛ بر همین اساس فعالیت عضلات ناحیه مچ پا (هنگام کنترل وضعیت پا در حین فرود) نیز ممکن است بر میزان بارگذاری مچ پا و در نهایت زانو مؤثر باشد.<sup>[۱۶]</sup>

پژوهشگران عوامل خطر ساز اصلاح‌پذیر و اصلاح‌ناپذیر متعددی را برای آسیب‌های زانو بیان کرده‌اند.<sup>[۱۷-۱۹]</sup> در بررسی مکانیک بدن و وضعیت آسیب در زنان و مردان در حین یا بلافاصله پس از پارگی ACL مولفه‌های آنالیز ویدئویی کاهش زاویه فلکشن زانو، افزایش زاویه فلکشن ران، والگوس کولایس زانو، کاهش زاویه پلانترفلکشن مچ پا، افزایش چرخش داخلی ران، افزایش چرخش داخلی یا خارجی تیبیا در حین آسیب غیربرخوردی ACL را گزارش نموده‌اند.<sup>[۲۰، ۲۱]</sup> در پژوهش کنونی از بین سازوکارهای شایع آسیب غیربرخوردی ACL، نقص والگوس به دلیل ارتباط قوی آن با آسیب غیربرخوردی ACL ( $r^2=0/18$ ) انتخاب شد.<sup>[۲]</sup> بررسی عوامل خطر ساز آسیب زانو به روش دینامیک معکوس نیازمند تکنیک‌های آزمایشگاهی سه‌بعدی گران‌قیمت و زمان‌بر است و نمی‌توان تمامی ورزشکاران را با این روش ارزیابی نمود. آزمون اسکات جفت پا بسیار کاربردی و سودمند بوده، به سهولت قابل اجرا است و پژوهشگران می‌توانند جهت شناسایی نقص‌های

1 Landing from Jump

2 Shifting

3 Deceleration or Acceleration

4 Cutting

5 Pivoting

6 Ligament Dominance

7 Quadriceps Dominance

8 Leg Dominance

9 Trunk Dominance

موجود در تکنیک ورزشکاران از آن استفاده کنند. در پژوهش حاضر نیز از این آزمون جهت غربالگری اولیه استفاده شده است. [۳۳، ۳۴] از طرفی دیگر، برنامه‌های تمرینی متفاوت برای ورزشکاران شناسایی شده به عنوان افرادی که بیشتر در معرض خطر آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی هستند، تنها در چند مورد از پژوهش‌های انگشت‌شمار لحاظ شده است. به عنوان مثال در مرور پیشینه پژوهش تنها یک مطالعه یافت شد که پس از شناسایی ورزشکاران دارای نقص والگوس، اثر تمرینات اصلاحی این نقص بر تعدیل فاکتورهای کینماتیکی آسیب لیگامان صلیبی قدامی را مورد بررسی قرار داده بود. [۳۲] در مطالعه مذکور اثر تمرینات اصلاحی بر تعدیل فاکتورهای کینماتیکی محدود، آن هم در گروه زنان ورزشکار، در حین اسکات جفت پا بررسی شده بود، در حالی که تاثیر تمرین بر گروه مردان مورد بررسی قرار نگرفته بود. همچنین پیشنهاد شده بود در حین فعالیت‌های پویاتری از قبیل فرود پرش که مکانیسم شایع آسیب است، اثر تمرینات اصلاحی بررسی شود؛ بر همین اساس پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر یک دوره تمرینات اصلاحی بر اصلاح والگوس پویای زانو طی فرود پرش، دامنه حرکتی، قدرت و فعالیت‌های عملکردی بازیکنان بسکتبال دارای والگوس پویای زانو انجام شد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر بر روی پسران بسکتبالیست استان گیلان انجام شد. طبق فرمول‌های تعیین حجم نمونه و مطالعه پایلوت، نمونه آماری ۳۲ نفر برآورد شد که به طور تصادفی به دو گروه تمرین و کنترل (هر گروه ۱۶ نفر) تقسیم شدند. همه آزمودنی‌ها قبل از شرکت در پژوهش فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را امضا و اعلام آمادگی نمودند. قبل از دریافت رضایت‌نامه، اطلاعات لازم در خصوص هدف و نحوه اجرای این پژوهش در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، اطلاعات فردی، سوابق پزشکی و ورزشی آزمودنی‌ها از طریق پرسش‌نامه و توسط مصاحبه و در ادامه متغیرهای آناتومیک و آنتروپومتریک جمع‌آوری گردید. جهت تعیین والگوس پویا از آزمون اسکات جفت پا استفاده گردید. معیارهای ورود شامل داشتن رده سنی ۱۸-۲۵ سال، سابقه حداقل ۵ سال فعالیت منظم در بسکتبال، شرکت در بسکتبال به طور متوسط ۳ جلسه در هفته، شاخص توده بدن نرمال ۲۰-۲۵، والگوس پویای زانو حین اسکات جفت پا و اصلاح والگوس زانو با بالا آوردن پاشنه بود. معیارهای خروج شامل وجود ناهنجاری‌های واضح اندام تحتانی (آنتی‌ورژن ران، زانو ضربدری، زانو پرانتری، چرخش تیبیا و کف پای صاف)، سابقه جراحی در تنه و اندام تحتانی، داشتن آسیب‌دیدگی ماندگار (از قبیل تغییرات دژنراتیو در مفصل زانو، مچ پای بی‌ثبات و غیره) در اندام تحتانی، داشتن آسیب لیگامان متقاطع قدامی، سابقه آسیب شدید اندام تحتانی در یک سال گذشته، شرکت در هرگونه برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب لیگامان متقاطع قدامی بود.

تمامی ارزیابی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در آزمایشگاه حرکات اصلاحی دانشگاه گیلان و پس از آشنایی ورزشکاران با آزمون‌های اسکات، فرود پرش، دامنه حرکتی، قدرت و آزمون‌های عملکردی صورت گرفت. پس از انجام ۱۰ دقیقه گرم کردن اولیه و آشنایی ورزشکاران با آزمون‌ها، اندازه‌گیری تمامی نمونه‌ها در سه کوشش صحیح در پیش‌آزمون ثبت شد. آزمون‌ها شامل اسکات جفت پا، فرود پرش، دامنه حرکتی دورسی فلکشن (زانو خم و زانوی صاف)، آبداکشن و چرخش خارجی ران، قدرت ایزومتریک ابداکتورها و چرخش-دهنده‌های خارجی ران، پلاننار فلکشن و دورسی فلکشن و آزمون‌های عملکردی تعادل، لی تک‌پا، لی سه‌گانه، لی سه‌گانه متقاطع و لی زمان‌دار بود. سپس آزمودنی‌های گروه کنترل بدون انجام هیچ تمرین خاصی و بدون اطلاع از شرایط نمونه‌های دیگر، به صورت عادی به زندگی روزمره خود ادامه دادند (هرگونه تغییر در زندگی روزانه را گزارش نمودند). در حالی که آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۱۰ جلسه تحت نظارت آزمونگر پژوهش در برنامه تمرینی شرکت نمودند. در نهایت پس از اعمال پروتکل تمرینات اصلاحی، آزمون‌های اندازه‌گیری فوق مجدداً برای هر دو گروه تمرین و کنترل انجام شد.

در طی آزمون اسکات جفت پا هر آزمودنی پنج اسکات متوالی در وضعیت استاندارد (فاصله پاها هم‌عرض شانه‌ها، راستای پا مستقیم رو به جلو و دست‌ها بالای سر و آرنج قفل شده و کاملاً باز) انجام داد. در صورت مشاهده والگوس زانو یک شی به ارتفاع پنج سانتی‌متر زیر هر دو پاشنه قرار گرفت و فرد پنج اسکات دیگر را انجام داد. [۲۵، ۲۴] بالا آوردن پاشنه در حین اسکات جهت متمایز نمودن عدم تعادل عضلانی نواحی هیپ و مچ پا است. بر اساس مطالعات انجام‌شده در مقایسه با افراد دارای تکنیک صحیح در آزمون غربالگری اسکات جفت پا، افراد دارای والگوس پویای زانو که حین بالا آوردن پاشنه والگوس آنها اصلاح می‌شود، دارای ضعف و سفتی پلاننارفلکسورهای مچ پا می‌باشند. [۲۶-۲۴] همه آزمودنی‌های انتخاب‌شده دارای والگوس زانوی مشهود بودند که در پنج اسکات بعدی حین بالا آوردن پاشنه اصلاح شدند. [۲۴]

دامنه حرکتی غیرفعال ران و مچ پا در یک راستای متعادل با استفاده از گونیامتر و به روش نورکین و وایت<sup>۱</sup> ارزیابی شد. [۲۳، ۴] پژوهشگران تمام اندازه‌گیری‌های دامنه حرکتی را انجام دادند. از هر حرکت مورد آزمون سه کوشش انجام شد و میانگین آنها برای تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان مثال دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانوی صاف، در وضعیت خوابیده به پشت با قرار دادن یک غلتک فومی زیر انتهای ساق پا جهت حفظ اکستنشن کامل زانو ارزیابی شد. دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانوی خم در همان

<sup>1</sup> Norkin and White

وضعیت، با قرار دادن یک غلتک فومی زیر زانو و آویزان کردن پا از انتهای تخت معاینه ارزیابی شد. در هر دو ارزیابی بازوی ثابت گونیامتر در راستای استخوان نازک‌نی و بازوی متحرک در راستای متاتارس پنجم قرار گرفت.

قدرت ایزومتریک پلانتر فلکشن و دورسی فلکشن معج‌پا، ابداکتورها، چرخش‌دهنده‌های خارجی ران پای غالب بازیکنان بسکتبال با قدرت-سنج دستی دیجیتال مطابق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. برای کنترل نیروی اعمال‌شده توسط آزمونگر از استرپ استفاده شد. حداکثر نیرو در سه کوشش جداگانه که هر یک پنج ثانیه به طول انجامید، ثبت گردید. میانگین این سه کوشش برای هر یک از عضلات تست‌شده محاسبه و برای تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. هر آزمون قدرت به مدت پنج ثانیه و سه بار تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین کوشش‌ها اندازه‌گیری شد.<sup>[۲۷]</sup> فاصله استراحت بین کوشش‌ها برای به حداقل رساندن تأثیر خستگی ۳۰ ثانیه بود. وضعیت قرارگیری در آزمون قدرت بر اساس روش کندال و همکاران صورت گرفت.<sup>[۲۸، ۲۴]</sup> به عنوان مثال برای اندازه‌گیری قدرت ابداکتورهای ران، آزمودنی در وضعیت خوابیده به پهلو و یک بالش بین پاهای او قرار گرفت. ران پای مورد آزمون (پای بالایی) تقریباً در صفر درجه ابداکشن قرار داده شد. دینامومتر در پنج سانتی‌متر پروگزیمال کندیل خارجی ران توسط استرپ ثابت شد. برای اجتناب از حرکات لگن از استرپ استفاده شد.<sup>[۲۹]</sup> در نهایت برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از قدرت، نرمال شدن داده‌ها بر اساس وزن بدن انجام شد.

در راستای انجام پژوهش حاضر از آزمون عملکردی تعادل Y، لی تک‌پا، لی سه‌گانه تک‌پا، لی سه‌گانه متقاطع و آزمون لی شش متر تک‌پا استفاده شد. آزمون تعادلی Y، ابزاری معتبر و پایا (پایایی ۰/۸۱ تا ۰/۹۶ و روایی ۰/۷۹ تا ۰/۹۱) جهت کمی‌سازی کنترل قامت پویا است.<sup>[۳۰-۳۲]</sup> جهت اجرای آن، طول واقعی پا از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی، جهت نرمال‌سازی اطلاعات اندازه‌گیری شد.<sup>[۳۱]</sup> آزمون‌های لی شامل اجرای لی به سمت جلو همراه با پیمودن حداکثر مسافت ممکن و فرود روی همان پا و نهایتاً حفظ فرود به مدت حداقل سه ثانیه می‌باشد. در آزمون لی تک‌پا فقط یک لی، آزمون لی سه‌گانه تک‌پا سه لی متوالی به سمت جلو و آزمون لی سه‌گانه متقاطع تک‌پا سه لی متوالی متقاطع به سمت جلو انجام می‌شود. آزمون لی شش متر تک‌پا نیز شامل لی رو به جلو با حداکثر سرعت ممکن و پیمودن مسافت شش متر و رسیدن به نقطه انتهایی نوار باریک روی زمین با لی، بدون از دست دادن تعادل می‌باشد.<sup>[۳۳، ۳۲]</sup>

کینماتیک فرود پرش بسکتبالیست‌ها توسط دو دوربین تصویری کاسیو ساخت ژاپن، مدل CASIO-Ex-F1، با قابلیت نمونه‌برداری ۳۰۰ فریم در ثانیه و با استفاده از نرم‌افزار کینوا در حین آزمون فرود پرش جمع‌آوری شد. یک دوربین جهت اندازه‌گیری کلی راستای اندام تحتانی در صفحه فروتال (والگوس زانو) و دوربین دیگری برای تعیین حداکثر فلکشن زانو در صفحه ساجیتال بر روی سه پایه نصب گردید.<sup>[۳۵، ۳۴]</sup> برای کالیبراسیون محیط، هشت عدد کره و لکور (۲/۵۴ سانتی‌متری) در چهار گوشه جعبه رو به هر یک از دوربین‌ها نصب گردید. همچنین برای آنالیز حرکتی ۶ عدد ماکر بر روی قوزک خارجی، مرکز کشکک، در راستای تروکانتر بزرگ ران، حد وسط دو قوزک، برجستگی استخوان ران (پشت کشکک) و در راستای خار خاصه قدامی تحتانی پای راست و چپ آزمودنی نصب شد.<sup>[۳۵، ۳۴]</sup> از پروتکل تعدیل‌شده هوت و همکاران (۲۰۰۵) برای ارزیابی فرود-پرش استفاده شد (شکل ۱)<sup>[۴]</sup>؛ بدین صورت که آزمودنی بالای جعبه‌ای با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر قرار گرفت، به نحوی که فاصله بین قوزک‌های داخلی پا ۳۵ سانتی‌متر باشد. از آزمودنی خواسته شد ابتدا فرود و سپس حداکثر پرش عمودی را انجام دهد و دست‌ها را شبیه به ریپاند بسکتبال بالا بیاورد. جهت محدود کردن حرکات افقی بدن از آزمودنی خواسته شد پاشنه پای مورد آزمون را در تماس با لبه جلویی جعبه قرار دهد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح با فاصله دو دقیقه را انجام داد. در پژوهش حاضر آزمون فرود-پرش به این دلیل انتخاب شد که طبق مطالعه نگانو و همکاران (۲۰۰۹) آزمون مذکور بهترین آزمون برای غربالگری ورزشکاران در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی معرفی شده است.<sup>[۳۶]</sup>



تصویر ۱: به ترتیب از راست به چپ: آزمون فرود-پرش، (الف) فرود از روی جعبه، (ب) پرش عمودی حداکثر

برای اصلاح والگوس پویا از پروتکل مداخله تمرینی بل و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد.<sup>[۲۲]</sup> که بر اساس روش‌های مطرح‌شده در کتاب راهبردهای تمرینات اصلاحی آکادمی ملی پزشکی ورزشی (جدول ۱) طراحی شده است.<sup>[۲۶]</sup> برای انجام تمرینات رهاسازی بافت مایوفاشیال از فورم رول در سه سطح و برای اجرای تمرینات مقاومتی در پژوهش حاضر از باندهای کش تمرینی در سه رنگ استفاده شد.<sup>[۲۲]</sup> بسکتبالیست‌های گروه تمرین، ده جلسه تمرینی زیر نظر پژوهشگر، در طی یک دوره سه هفته‌ای را کامل نمودند. به طور کامل در هر

جلسه به وسیله افزایش تعداد ست، تکرارها و یا مقاومت و یا تغییر به تمرینات جدید، آزمودنی بیشتر به چالش کشیده می‌شد. این برنامه اصلاحی رویکرد جامعی است که بر مفاصل پروگزیمال و دیستال زانو متمرکز گردیده است و پنج تمرین را به ساختار عضلانی هیپ و پنج تمرین را به ساختار عضلانی مچ پا اختصاص داده است. تمرینات در جهت اصلاح راستای اندام تحتانی حین انجام فعالیت‌های عملکردی انجام شد. لازم به ذکر است که تمرینات در یک توالی خاص صورت گرفت؛ به عبارتی دیگر، از استراتژی تمرینات اصلاحی که شامل ۱. مهار عضلات بیش فعال، ۲. افزایش طول عضلات سفت شده، ۳. تقویت عضلات ضعیف، و ۴. انجام تمرینات یکپارچه سازی با یک فرم و تکنیک مناسب بود، استفاده شد. همه شرکت کنندگان ۱۰ جلسه تمرینی را تکمیل نمودند. پس از آزمون یک تا دو روز پس از جلسه تمرین نهایی برگزار شد. آزمودنی‌های گروه کنترل سه هفته بعد از پیش آزمون برای پس آزمون بازگشتند.

داده‌های مربوط به ویژگی‌های آزمودنی‌ها (جدول ۱) و متغیرهای پژوهش (نمودار ۱ و جدول ۲) در نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت میانگین متغیرهای پژوهش قبل و بعد از اعمال برنامه تمرین اصلاحی (نمودار ۱) از آزمون T همبسته، برای ارزیابی اثر پیش آزمون و اثر تمرین بر متغیرهای گروه تمرین از آزمون تحلیل کواریانس (ANCOVA) (جدول ۲)، برای بررسی همگنی واریانس گروه‌ها از آزمون لون (جدول ۲) و برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری شاپیروویلیک استفاده شد. همچنین آزمون فرضیات در سطح معناداری ۹۵ درصد با آلفای کوچکتر از ۰/۰۵ انجام شد.

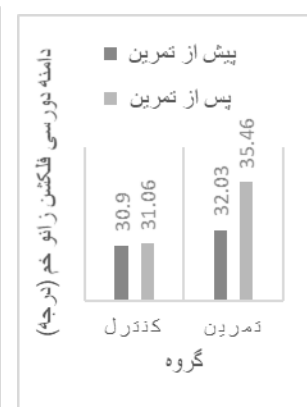
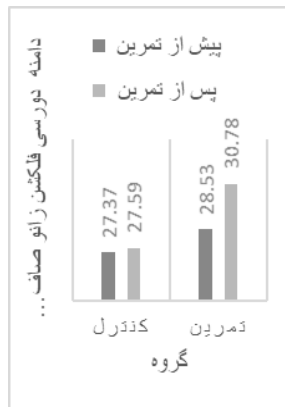
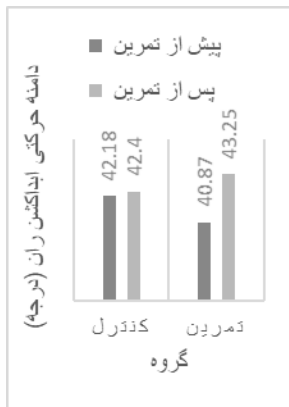
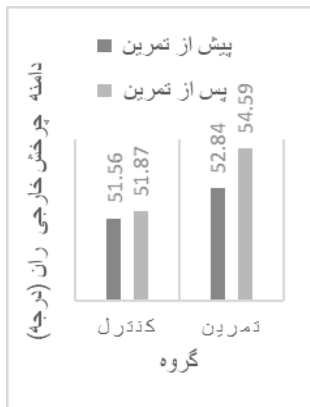
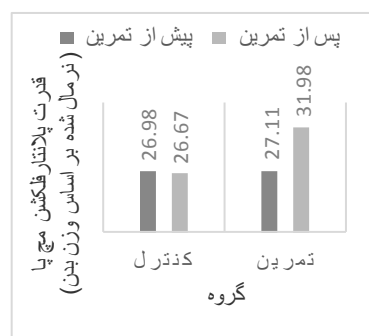
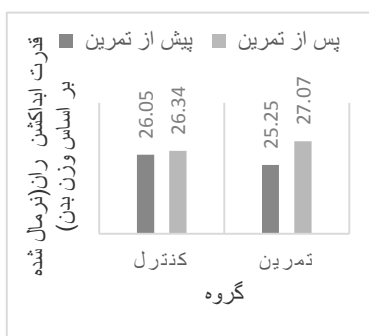
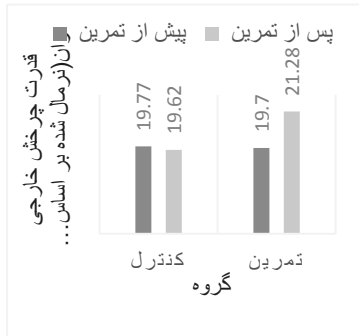
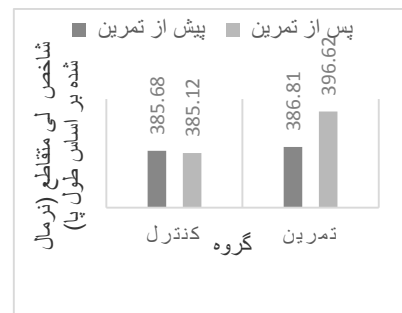
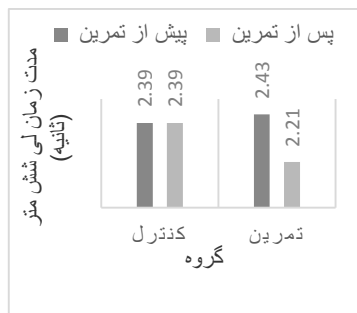
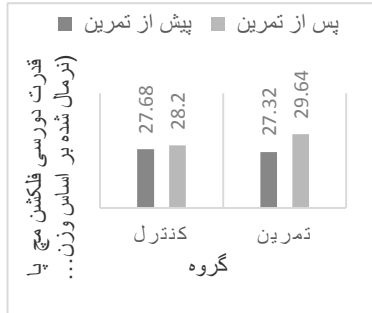
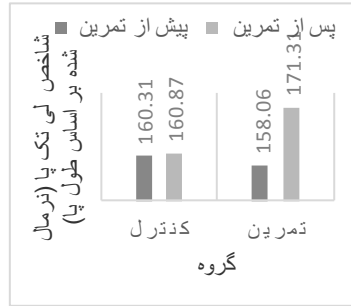
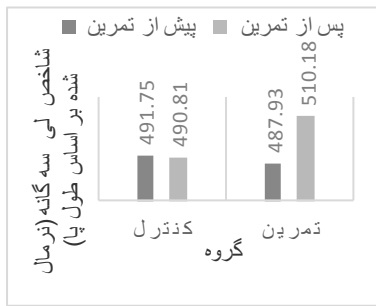
جدول ۱: اطلاعات فردی آزمودنی‌ها (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

متغیر	کل آزمودنی‌ها (۳۲ نفر)	گروه کنترل (۱۶ نفر)	گروه تمرین (۱۶ نفر)
سن (سال)	۲۰٫۸ $\pm$ ۱٫۷	۱۶٫۲۱ $\pm$ ۰٫۰	۲۰٫۶ $\pm$ ۱٫۹
وزن (کیلوگرم)	۷۴٫۰ $\pm$ ۵٫۲	۷۳٫۳ $\pm$ ۴٫۵	۷۴٫۷ $\pm$ ۵٫۸
قد (متر)	۱٫۸۳ $\pm$ ۰٫۰۵	۱٫۸۳ $\pm$ ۰٫۰۴	۱٫۸۴ $\pm$ ۰٫۰۵
BMI (کیلوگرم/متر مربع)	۲۱٫۸ $\pm$ ۱٫۱	۲۱٫۶ $\pm$ ۱٫۱	۲۲٫۰ $\pm$ ۱٫۲
سابقه ورزشی (سال)	۸٫۷ $\pm$ ۱٫۴	۸٫۸ $\pm$ ۱٫۴	۸٫۶ $\pm$ ۱٫۴۲

جدول ۲: نتایج بررسی همگنی واریانس گروه‌ها (آزمون لون) و تحلیل کواریانس

متغیرهای پژوهش	آزمون لون		تحلیل کواریانس "پیش آزمون"		تحلیل کواریانس "گروه‌ها"	
	معناداری	F	معناداری	حجم اثر	معناداری	حجم اثر
والگوس	۰/۳۸	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۸۶
خلفی داخلی	۰/۷۹	۰/۷۰	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۱۲
خلفی خارجی	۰/۵۴	۲/۴۳	۰/۰۱	۰/۸۴	۰/۰۱	۰/۵۷
تعادل قدامی	۰/۰۶	۳/۳۵	۰/۰۱	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۸۵
کلی تعادل	۰/۴۱	۱/۸۹	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۱	۰/۸۲
لی تک پا	۰/۱۶	۲/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۸۷
لی سه گانه	۰/۲۰	۱/۷۲	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۸۹
لی متقاطع	۰/۴۳	۱/۹۰	۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۷۵
لی شش متر	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۹۵
قدرت دورسی	۰/۱۴	۱/۹۲	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۱	۰/۴۳
قدرت پلاننار	۰/۱۶	۲/۰۸	۰/۰۱	۰/۸۷	۰/۰۱	۰/۸۲
قدرت آبداکشن	۰/۶۷	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۵۵	۰/۰۲	۰/۲۷
چرخش خارجی	۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۰۱	۰/۳۸	۰/۰۱	۰/۳۱
دورسی (خم)	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۸۹	۰/۰۱	۰/۶۸
دورسی (صاف)	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۰۱	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۵۴
آبداکشن	۰/۶۰	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۵۷
چرخش خارجی	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۰۱	۰/۸۵	۰/۰۱	۰/۳۱

تأثیرات متغیر مستقل و پیش‌آزمون بر پس‌آزمون



نمودار ۱. میانگین پیش و پس آزمون والگوس پویای زانو، دامنه حرکتی دورسی فلکشن (زانو خم و صاف)، آبداکشن و چرخش خارجی ران، قدرت ایزومتریک آبداکشن و چرخش خارجی ران، پلانتر فلکشن و دورسی فلکشن و شاخص استاندارد کلی تعادل، لی تک‌پا، لی سه‌گانه، لی سه‌گانه متقاطع و لی زمان‌دار

جدول ۳: راهبرد تمرینات اصلاحی آکادمی ملی پزشکی ورزشی برای اصلاح والگوس زانو

توالی تمرین	عضلات درگیر در ولگوس	پروتکل تمرینی
مهار عضلات بیش‌فعال "تکنیک رهاسازی مایوفشیال"	دوقلو بخش خارجی همسترینگ آداکتورها	فوم رول هر عضله به مدت ۲ دقیقه بر روی نواحی سفت‌شده یا دردناک اعمال گردد (۴ ست ۳۰ ثانیه‌ای).
انعطاف بخشیدن به عضلات سفت‌شده "تکنیک افزایش طول"	دوقلو نعلی بخش خارجی همسترینگ آداکتورها	کشش استاتیک: یک دقیقه (۲ ست، ۳۰ ثانیه‌ای)
تقویت عضلات ضعیف "تکنیک فعال‌سازی"	بخش داخلی دوقلو بخش داخلی همسترینگ تیبیالیس خلفی	هر تمرین باید برای ۷ بار و با سرعت کنترل‌شده و آهسته انجام شود: انقباض درونگرا (۱ بار)، انقباض ایزومتریک (۲ بار) و انقباض برونگرا (۴ بار)
تمرین یکپارچه‌سازی "تکنیک انسجام"		اسکات تک‌پا، تعادل ستاره، اسکات تک‌پا روی سطح ناپایدار، تعادل ستاره روی سطح ناپایدار، لی با حفظ تعادل (۱۰ تا ۱۵ تکرار)

## یافته‌ها

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که میانگین زاویه والگوس زانو گروه تمرین در در لحظه حداکثر فلکشن، از ۱۶/۱۶ پیش‌آزمون به ۱۰/۶۷ پس از اعمال تمرین اصلاحی، در پای برتر کاهش معناداری ( $P < 0/01$ ) یافته است. همچنین میانگین شاخص کلی تعادل گروه تمرین از ۹۲/۹۹ پیش‌آزمون به ۹۶/۳۲ پس از اعمال تمرین اصلاحی افزایش معناداری ( $P < 0/01$ ) یافته است. این افزایش ناشی از افزایش معنادار دو شاخص خلفی خارجی از ۹۲/۸۱ به ۹۴/۷۵ و قدامی از ۹۰/۱۲ به ۹۵/۶۹ بوده است. به علاوه پس از اعمال تمرین اصلاحی افزایش معناداری ( $P < 0/01$ ) در میانگین شاخص‌های استاندارد لی تک‌پا از ۱۵۸/۰۶ به ۱۷۱/۳۱، لی سه‌گانه، از ۴۸۷/۹۳ به ۵۱۰/۱۸، لی سه‌گانه متقاطع، از ۳۸۶/۸۱ به ۳۹۶/۶۲، و کاهش معنادار ( $P < 0/01$ ) شاخص استاندارد مدت زمان لی شش متر، از ۲/۴۳ به ۲/۲۱ اتفاق افتاد. نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که در شرایط کنترل اثر پیش‌آزمون بر نتایج پس‌آزمون مربوط به گروه‌ها نیز میزان افزایش شاخص کلی تعادل، شاخص استاندارد لی تک‌پا، لی سه‌گانه و لی سه‌گانه متقاطع، و همچنین کاهش مدت زمان لی شش متر معنادار ( $P < 0/01$ ) می‌باشد. همچنین پس از اعمال تمرین اصلاحی میانگین قدرت استاندارد پلانترفلکشن مچ پا گروه تمرین از ۲۷/۱۱ به ۳۱/۹۸، دورسی فلکشن مچ پا، از ۲۷/۳۲ به ۲۹/۶۴، آبداکشن ران، از ۲۵/۲۵ به ۲۷/۰۷ و چرخش خارجی ران، از ۱۹/۷۰ به ۲۱/۲۸ افزایش معناداری ( $P < 0/01$ ) یافت. به عبارتی دیگر، انجام تمرینات اصلاحی باعث افزایش معنادار ( $P < 0/01$ ) قدرت ایزومتریک مفاصل دیستال و پروگزیمال زانوی بسکتبالیست‌های گروه تمرین شده است. به علاوه افزایش معناداری ( $P < 0/01$ ) میانگین دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا زانو خم گروه تمرین از ۳۲/۰۳ به ۳۵/۴۶، دورسی فلکشن مچ پا زانو صاف، از ۲۸/۵۳ به ۳۰/۷۸، آبداکشن ران، از ۴۰/۸۷ به ۴۳/۲۵ و چرخش خارجی ران، از ۵۲/۸۴ به ۵۴/۵۹ پس از اعمال تمرین اصلاحی مشاهده شد. نتایج آنالیز کوواریانس نشان داد که در شرایط کنترل اثر پیش‌آزمون بر نتایج پس‌آزمون مربوط به گروه‌ها نیز، میزان افزایش دامنه حرکتی دورسی فلکشن زانو خم، دورسی فلکشن زانو صاف، آبداکشن ران، و چرخش خارجی ران معنادار ( $P < 0/01$ ) می‌باشد. به عبارتی دیگر، انجام تمرینات اصلاحی باعث افزایش معنادار دامنه حرکتی مفصل‌های مجاور زانوی بسکتبالیست‌های گروه تمرین شده است.

## بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی والگوس پویای زانو "برگرفته از راهبرد تمرینات اصلاحی آکادمی ملی پزشکی ورزشی" بر اصلاح والگوس، قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد بسکتبالیست‌های دارای والگوس پویای زانو انجام شد. هرینتون و همکاران<sup>[۳۷]</sup> کاهش ۹/۸ درجه والگوس پای چپ و ۱۲/۳ درجه پای راست را در آزمون فرود پرش و کاهش ۴/۵ درجه زاویه والگوس پای چپ و ۴/۳ درجه پای راست را در آزمون شوت پرش به دنبال یک دوره تمرینات پلائیومتریک بر روی بازیکنان بسکتبال حرفه‌ای گزارش نمودند. همچنین کیتو و همکاران<sup>[۳۸]</sup> بهبود اوج زوایای اندام تحتانی در صفحه کروئال از ۳۶/۹ به ۱۵/۱ درجه و زاویه چرخش در صفحه عرضی از



۲۲/۵ به ۱۷/۱ درجه را به دنبال یک دوره تمرینات عصبی-عضلانی بر روی بازیکنان بسکتبال گزارش نمودند. بهبود معنادار آماری میانگین کلی شاخص فاصله بین دو زانو به دنبال برنامه تمرینی Sportsmetric در ورزشکاران دبیرستانی در یکی از مطالعات ۶ سانتی-متر<sup>[۴۴]</sup> در مطالعه دیگر ۴٫۸ سانتی-متر<sup>[۴۹]</sup> در مطالعه سوم ۱۳٫۳ سانتی-متر<sup>[۴۰]</sup> و در مطالعه چهارم ۸٫۵ سانتی-متر<sup>[۴۱]</sup> گزارش شده است. گروه دیگری از ورزشکاران دانشگاهی بهبود میانگین ۳٫۲۵ سانتی-متر را به دنبال یک برنامه تمرینی PEP نشان دادند.<sup>[۴۲]</sup> اغلب این برنامه‌ها معطوف به تمرینات تعادلی یا پلايومتریك بوده و بیشتر گروه‌های عضلانی هیپ را هدف برنامه تمرینی قرار داده‌اند، در حالی که پژوهش حاضر بهبود والگوس زانوی را، با تمرکز بر تمرینات قدرت و انعطاف‌پذیری مچ پا مورد هدف قرار داد. توصیه پژوهش حاضر بر این است که در مداخلات تمرینی ویژه بهبود والگوس زانو تمرینات مچ پا نیز به عنوان بخشی از یک برنامه جامع لحاظ شود. تفاوت دیگر این است که در پژوهش حاضر افراد دارای الگوهای حرکتی ضعیف انتخاب شدند. پژوهش‌های قبلی صرف نظر از اینکه آزمودنی ممکن است در شروع مطالعه الگوی حرکتی ضعیف یا درست را از خود نشان دهد، پروتکل تمرینی خود را اعمال نموده بودند.

پژوهش حاضر در زمینه تأثیر برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی بر تعادل با یافته‌های مکلاود<sup>۱</sup> و همکاران<sup>[۴۳]</sup>، هلم<sup>۲</sup> و همکاران<sup>[۴۴]</sup>، پترنو<sup>۳</sup> و همکاران<sup>[۴۵]</sup>، دیستفانو و همکاران<sup>[۴۶]</sup> همسو است. در یکی از پژوهش‌ها<sup>[۴۴]</sup> بهبود معنادار آماری تعادل در هندبالبالیست‌های نخبه بالغ و مطالعه دیگر بهبود معنادار شاخص کلی و شاخص قدامی-خلفی تعادل تک‌پا و عدم بهبود شاخص داخلی-خارجی ثابت، با استفاده از دستگاه تعادلی بایودکس، پس از برنامه تمرینی ورزشکاران دبیرستانی گزارش شد. در پژوهش بر روی ورزشکاران دبیرستانی<sup>[۴۳]</sup> گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل و در مقایسه با قبل از تمرین کمترین میزان خطا را داشتند و بهبود معنادار سیستم امتیازدهی خطای تعادل، بهبود امتیاز آزمون تعادلی ستاره و دستیابی در جهات مختلف داخلی، خارجی، خلفی و قدامی داخلی گزارش شد. در مطالعه دیگر<sup>[۴۷]</sup> نیز بهبود زمان رسیدن به ثبات در طی آزمون فرود پرش تک‌پا در جهت قدامی-خلفی پس از اتمام یک دوره برنامه تمرینی مشاهده گردید. همچنین نتایج به دست آمده در زمینه آزمون‌های لی در پژوهش حاضر با یافته‌های باب وستن<sup>۴</sup> و همکاران<sup>[۴۷]</sup>، بارندرج و همکاران<sup>[۴۸]</sup>، چاپل<sup>۵</sup> و همکاران<sup>[۴۹]</sup>، هریتون و همکاران<sup>[۳۷]</sup> و مایر و همکاران<sup>[۵۰]</sup> که همگی آن‌ها بهبود معنادار مسافت و زمان در آزمون‌های مختلف لی تک‌پا را پس از اعمال برنامه‌های مختلف تمرینی پیشگیری از آسیب زانو گزارش نموده‌اند، همسو می‌باشد. مایر و همکاران<sup>[۵۰]</sup> به ترتیب افزایش ۱۰/۴ و ۸/۵ سانتی‌متر مسافت دستیابی در آزمون لی تک‌پا را برای پای راست و چپ گزارش نمودند؛ در حالی که بارندرج و همکاران<sup>[۴۸]</sup> به ترتیب افزایش ۴/۱ و ۶/۲ را برای پای برتر و پای غیربرتر گزارش نمودند. باب وستن و همکاران<sup>[۴۷]</sup> به ترتیب متوسط افزایش ۳۶/۳ و ۳۶/۱ سانتی‌متری مسافت دستیابی، در آزمون لی سه‌گانه متقاطع تک‌پا را برای تنیس‌بازهای جوان گزارش نمودند، در حالی که هریتون و همکاران<sup>[۳۷]</sup> متوسط افزایش ۱۱۰-۱۱۱ سانتی‌متری را در گروه بازیکنان بسکتبال نخبه ۱۸ تا ۲۲ ساله به دنبال برنامه تمرینی در آزمون لی سه‌گانه متقاطع تک‌پا مشاهده نمودند. همچنین چاپل و همکاران<sup>[۴۹]</sup> در طی آزمون مدت زمان لی تک‌پای شش متر به ترتیب بهبود ۰/۱۴ و ۰/۱۷ ثانیه را برای پای برتر و غیربرتر گزارش نمودند.

در این پژوهش مرحله پایانی تمرینات اصلاحی به تکنیک‌های انسجام اختصاص یافت. تمرینات انسجام جهت بازآموزی سیستم حرکتی برای بازگشت به یک الگوی حرکتی عملکردی و سینرژیک (حفظ راستای زانو در صفحه فرونتال و عدم والگوس) اعمال شد. استفاده از اعمال چندگانه مفصل، با کمک به بازیابی کنترل عصبی-عضلانی می‌تواند باعث بهبود حرکت هماهنگ در میان عضلات درگیر شود.<sup>[۲۶]</sup> انجام تمرینات منسجم پویا (تمرینات تعادل و لی در پژوهش کنونی) از طریق افزایش کنترل عصبی-عضلانی چندصفحه‌ای، موجب بهبود ظرفیت عملکردی سیستم حرکتی می‌شود. برای دستیابی به انجام حرکات چندمفصلی مطلوب (مثل آزمون و تمرین لی و تعادل در پژوهش حاضر)، هماهنگی بین عضلانی بیشتری لازم است و خود این حرکات باعث افزایش هماهنگی بین عضلانی می‌شود. در مجموع بهبود عملکرد (آزمون‌های تعادل و لی) به دنبال اعمال پروتکل اصلاحی در این پژوهش، به دلیل اینکه این آزمون‌ها خود بخشی از برنامه تمرینی بودند، امری قابل انتظار به شمار می‌رود. به نظر می‌رسد عدم دست دادن تعادل و تقویت آن می‌تواند به عنوان یک عامل پیشگیرانه در آسیب‌های غیربرخوردی اندام تحتانی به ویژه آسیب زانو تلقی شود، چرا که پیشینه پژوهش‌ها نشان داد که مسافت دستیابی در آزمون تعادلی ستاره در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ‌پا<sup>[۵۱]</sup> و نقص ACL<sup>[۵۲]</sup>، در مقایسه با گروه سالم کمتر است.

در مجموع پژوهش‌هایی که ارتباط قدرت ران را با کینماتیک صفحه فرونتال بررسی نموده‌اند، دارای نتایج متناقضی هستند.<sup>[۵۳، ۵۴]</sup> به نظر می‌رسد دلیل تناقض نتایج پژوهش‌های پیشین عدم غربالگری آزمودنی‌های پژوهش و شناسایی و بررسی یک گروه دارای نقص عصبی-عضلانی ویژه می‌باشد. در کل صرف نظر از ابزار، روش اندازه‌گیری، شاخص تغییرات قدرت و فعالیت عضلانی، یک یافته تکراری در مطالعات مختلف، افزایش معنادار آماری قدرت ایزومتریک و ایزوکینتیک اندام تحتانی است. بهبود قدرت عضلانی همسترینگ<sup>[۳۴، ۴۲، ۵۴-۵۷]</sup>،

<sup>1</sup> McLeod

<sup>2</sup> Holm

<sup>3</sup> Paterno

<sup>4</sup> Barber-westin

<sup>5</sup> Chappell

چهارسر رانی [۵۴-۵۶]، عضلات سرینی میانی و بزرگ [۳۷، ۵۵]، دور شدن ران [۴۲] و نسبت قدرت همسترینگ به چهارسر [۳۴، ۴۲، ۵۴-۵۷]، به دنبال شش تا نه هفته برنامه تمرینی گزارش شده است. کاهش قدرت عضلات یکی از عوامل مؤثر در ناتوانی افراد جهت کنترل حرکت اندام تحتانی در صفحه فرونتال حین فعالیت‌های پویا می‌باشد. [۱۵] بین قدرت ناکافی عضلات و آسیب غیربرخوردی ACL ارتباط قوی وجود دارد. [۵۸] از آنجایی که در افراد دارای والگوس پویای زانو حین اسکات، عضلات بخش داخلی دوقلو، بخش داخلی همسترینگ و تیبیالیس خلفی دچار ضعف و کم‌فعالی می‌شود [۲۵، ۳۴]، تقویت مجزای این عضلات در پژوهش حاضر هدف تمرینات اصلاحی قرار گرفت؛ لذا بر مبنای مطالب بیان شده و تقویت مجزای عضلات در طی تمرینات اصلاحی، افزایش قدرت پلانترفلکش (تمرین بلند شدن روی پاشنه پا همراه با چرخش داخلی انگشتان پا)، دورسی فلکشن (تمرین تیبیالیس خلفی با استفاده از کش مقاومتی)، چرخش خارجی و دور شدن ران (تمرین همسترینگ کرل همراه با چرخش داخلی تیبیا) موضوعی غیرقابل پیش‌بینی در نتایج این پژوهش محسوب نمی‌شود.

بسکتبالیتهای پژوهش حاضر دارای والگوس پویای زانو بودند که این خارج از راستا بودن زانو متعاقباً منجر به سفتی عضلات دوقلو، نعلی، بخش خارجی همسترینگ و نزدیک‌کننده‌ها ران و ضعف عضلات بخش داخلی دوقلو، بخش داخلی همسترینگ و تیبیالیس قدامی در آنها شده است. [۲۵، ۳۴] لوید و بوچانان [۵۹] گزارش نمودند که دوقلوی داخلی به عنوان یک تثبیت‌کننده پویای زانو در نقش جبران‌کننده گشتاور والگوس زانو عمل می‌کند. در تحقیق حاضر قدرت پلانتر فلکشن زانوی صاف مورد آزمون قرار گرفت که در این شرایط درگیری دوقلو به طور چشمگیری بیشتر است. بالا بردن پاشنه پا طی آزمون اسکات جفت پا، مچ پا را در وضعیت پلانترفلکشن قرار داده و به احتمال زیاد موجب افزایش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در طی فاز پایین رفتن اسکات می‌شود و با قرار دادن مچ پا در وضعیت پلانتر فلکشن، مشکل محدودیت حرکتی دورسی فلکشن حل شده و زانو می‌تواند بیشتر در راستای انگشتان پا باقی بماند. بر همین اساس به نظر می‌رسد بهبود قدرت پلانتر فلکشن و دورسی فلکشن مچ پا دو عامل اصلی اصلاح زاویه والگوس زانوی آزمودنی‌های پژوهش حاضر هستند.

اکثر مطالعاتی که ارتباط بین حرکت زانو در صفحه فرونتال و قدرت ران، از جمله چرخش خارجی ران [۶۰]، دور شدن ران، فلکشن زانو، و اکستنشن زانو [۶۱] را گزارش نموده‌اند، بر این باورند که ضعف عضلات ران مسئول افزایش جابه‌جایی این حرکت در صفحه فرونتال می‌باشد. در پژوهش حاضر و مطالعه پیشین پژوهشگران حاضر از قابلیت بالا بردن پاشنه برای تشخیص تمایز میان نقش عدم تعادل عضلانی ران و ساق پا در ایجاد والگوس زانو استفاده شد. همچنین پژوهش‌های پیشین به جای آزمون اسکات دوبا از آزمون اسکات تک‌پا استفاده نمودند که نیازمند کنترل عضلانی ران بیشتری است و همین امر تا حدی می‌تواند اختلافات یافته‌های پژوهش حاضر با مطالعات پیشین را توضیح دهد. در پژوهش حاضر ابتدا فرض شد که گروه دارای والگوس پویای زانو کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن زانو صاف و دورسی فلکشن زانو خم را از خود نشان دهند که بیانگر انعطاف‌پذیری کاهش یافته عضلات دوقلو و نعلی می‌باشد. سفتی این عضلات باعث افزایش تنش غیرفعال به عضلات می‌شود که ممکن است ایجاد گشتاور والگوس زانو را افزایش داده و منجر به والگوس پویای زانو شود. نتایج مطالعه پایلوت [۳۳] نیز نشان داد که تفاوت آماری معناداری بین دامنه حرکتی دورسی فلکشن زانو خم دو گروه وجود دارد و بازیکنان بسکتبال دارای والگوس پویای زانو، دامنه حرکتی دورسی فلکشن (زانو خم و زانو صاف) کمتری از خود نشان دادند، به ویژه مقدار تفاوت دامنه حرکتی اندازه‌گیری شده دورسی فلکشن زانو خم که از نظر آماری معنادار بود. به علاوه نتایج به‌دست‌آمده منعکس‌کننده اظهارات وسکای<sup>۲</sup> و همکاران [۶۲] است که در مقایسه افراد دارای والگوس زانو با افراد فاقد والگوس، کاهش ۲۵٪ دامنه حرکتی غیرفعال عضلات دوقلو را در افراد دارای والگوس زانو گزارش نمودند.

## نتیجه‌گیری

وجود والگوس پویای زانو بر ایجاد نقص‌های ویژه در قدرت و انعطاف‌پذیری مفاصل ران و مچ پا تأثیر می‌گذارد [۲۵]، به ویژه عدم تعادل عضلات مفصل ران آبدانورها و چرخش‌دهنده‌های خارجی ران که ممکن است باعث افزایش حرکت اداکشن و چرخش داخلی مفصل ران شود. [۶۱، ۶۰] حرکت اداکشن و چرخش داخلی ران در طی فعالیت‌های همراه با تحمل وزن بدن ممکن است منجر به جابه‌جایی داخلی بیش از حد و والگوس پویای زانو گردد. عدم تعادل عضلات ساق پا از جمله سفتی عضلات خارجی مچ پا از قبیل دوقلو خارجی، نعلی و نازکنی ممکن است به اداکشن و چرخش خارجی تیبیا منجر شود و در نتیجه والگوس پویا ایجاد گردد. از طرفی دیگر، ضعف دوقلو داخلی و درشت‌نی قدامی و خلفی ممکن است توانایی کنترل حرکات والگوس زانو و پرونیشن پا را کاهش دهد و به ایجاد جابه‌جایی داخلی بیش از حد زانو و موقعیت والگوس پویای زانو کمک نماید. [۳۶، ۳۵] با این حال، به نظر می‌رسد تاکنون در مطالعات مختلف نقش تمرینات مداخله‌ای اصلاح والگوس زانو بر قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری مفاصل ران و مچ پا بسیار اندک مورد بررسی قرار گرفته است و پژوهش حاضر اولین از نوع خود است. به نظر می‌رسد پروتکل تمرین اصلاحی اعمال شده از هر لحاظ می‌تواند به بهبود والگوس زانو و قدرت و دامنه

<sup>1</sup> Lloyd and Buchanan

<sup>2</sup> Vesci

حرکتی مفاصل دیستال و پروگزیمال زانو بیانجامد و شاید بتواند از این طریق به پیشگیری از آسیب این ناحیه از بدن در ورزشکاران دارای والگوس زانو منجر شود.

توصیه می‌شود با توجه به تفاوت‌های موجود میان دختران و پسران از نظر بروز آسیب‌های ورزشی به ویژه آسیب زانو و تفاوت‌های ساختاری و آناتومیکی میان دو جنسیت، تحقیقات مشابه بر روی نمونه زنان انجام گیرد. همچنین تحقیقات مشابه بر روی انواع دیگر فعالیت‌های ورزشی از قبیل حرکات برشی در سایر رشته‌های ورزشی دیگر مثل هندبال صورت گیرد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غربالگری ورزشکاران با استفاده از آزمون اسکات و در ادامه ارائه ده جلسه برنامه تمرینی به مدت حدود ۳۰ دقیقه، نه تنها می‌تواند به حذف اصلی‌ترین عامل آسیب غیربرخوردی زانو یعنی والگوس پویای زانو بیانجامد. بلکه می‌تواند باعث بهبود معنادار فعالیت عملکردی، تعادل، قدرت و دامنه حرکتی مفاصل دیستال و پروگزیمال زانو ورزشکاران دارای والگوس پویای زانو شود؛ بنابراین غربالگری با استفاده از آزمون اسکات جفت پا و ارائه این پروتکل اصلاحی برای این گروه از افراد اکیدا توصیه می‌شود.

### تشکر و قدردانی

از تمامی اساتید و پرسنل دانشکده تربیت بدنی گیلان به دلیل فراهم نمودن امکانات و فضای لازم برای اجرای پژوهش حاضر، به ویژه مسولین آزمایشگاه حرکات اصلاحی، همچنین تمامی مربیان محترم بسکتبال استان گیلان و به ویژه شهرستان رشت، کلبه بسکتبالیست‌های گرامی، دانشجویان تحصیلات تکمیلی گرایش حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی دانشگاه گیلان که بدون همکاری صمیمانه آنها انجام این تحقیق میسر نبود، کمال تشکر را دارم. تحقیق حاضر در دانشکده تربیت بدنی دانشگاه گیلان و بدون حمایت مالی هیچ نهاد یا ارگانی توسط محققان این پژوهش به عنوان بخشی از رساله دکتری نویسنده مسئول انجام گردید.

### منابع

1. Chuter VH, Janse de Jonge X. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait & Posture*. 2012;(36): 7-15.
2. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; 35(10): 1745-50.
3. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2007; 8(1): 1-7.
4. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, Van Den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(4): 492-501.
5. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*. 2007; 42(2): 311-19.
6. Genuario JW, Faucett SC, Boublik M, Schlegel TF. A cost-effectiveness analysis comparing 3 anterior cruciate ligament graft types: bone-patellar tendon-bone autograft, hamstring autograft, and allograft. *Am J Sports Med*. 2011;40(2):307-14.
7. Lubowitz JH, Appleby D. Cost-effectiveness analysis of the most common orthopaedic surgery procedures: knee arthroscopy and knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011; 27(10): 1317-22.
8. Mihelic R, Jurdana H, Jotanovic Z, Madjarevic T, Tudor A. Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison with non-operative treatment with a follow-up of 17-20 years. *International Orthopaedics*. 2011; 35(7): 1093-97.
9. Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, Myer GD. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports—Part I: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2014; 22(1): 3-15.
10. Hollman JH, Galardi CM, Lin I, Voth BC, Whitmarsh CL. Frontal and transverse plane hip kinematics and gluteus maximus recruitment correlate with frontal plane knee kinematics during single-leg squat tests in women. *Clinical Biomechanics*. 2014;29(4): 468-74.
11. Magalhães E, Fukuda TY, Sacramento SN, Forgas A, Cohen M, Abdalla RJ. A comparison of hip strength between sedentary females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(10): 641-47.
12. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(2): 345-53.
13. 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.

14. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? *The Orthopedic Clinics of North America* . 2002; 33(4): 637-51.
15. Lawrence RK, Kernozek TW, Miller EJ, Torry MR, Reuteman P. Influences of hip external rotation strength on knee mechanics during single-leg drop landings in females. *Clinical Biomechanics*. 2008; 23(6): 806-13.
16. Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. *Journal of Biomechanics*. 2006;39(2): 330-38.
17. Belanger L, Burt D, Callaghan J, Clifton S, Gleberzon BJ. Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*. 2013;57(1): 76-86.
18. Daneshmandi H, Saki F, Daneshmandi L, Daneshmandi MS. Lower extremity alignment in female athletes with ACL reconstruction. *Medicina dello Sport*. 2012; 65(2): 211-21.
19. Padua DA, Distefano LJ .Sagittal plane knee biomechanics and vertical ground reaction forces are modified following ACL injury prevention programs:a systematic review. *Sports Health*. 2009; 1 (2): 165-73.
20. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE.Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med*. 2009; 37(2):252-59.
21. Sheehan FT, Sipprell WH, Boden BP .Dynamic sagittal plane trunk control during anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 2012; 40(5):1068-74.
22. Bell DR, Clark MA, Padua DA. Two- and 3-Dimensional Knee Valgus Are Reduced After an Exercise Intervention in Young Adults With Demonstrable Valgus During Squatting. *Journal of Athletic Training*. 2013;48(4):442-49.
23. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh M .The Effect of Dynamic Knee Valgus during Overhead Squat on Distal and Proximal Knee Joints Muscle Strength and Range of Motion in Basketball Player. *J Sport Biomech*. 2018; 3 (4): 17-27.
24. Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(7):1323-28.
25. Hirth CJ, Padua DA. Clinical movement analysis to identify muscle imbalances and guide exercise. *Athl Ther Today*. 2007;12(4):10-14.
26. Clark M, Lucett S. *NASM Essentials of Corrective Exercise Training*. National Academy of Sports Med; Lippincott Williams & Wilkins 2011.
27. Willson JD, Davis IS. Lower extremity strength and mechanics during jumping in women with patellofemoral pain. *J Sport Rehabil*. 2009; 18(1): 76-90.
28. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(2): 345-53.
29. Bazett-Jones DM, Cobb SC, Joshi MN, Cashin SE, Earl JE. Normalizing hip muscle strength: establishing body-size-independent measurements. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011; 92(1): 76-82.
30. Delahunt E. Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *J of Body Works and Movement Therapies*. 2007;11: 203-13.
31. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006; 36(12):911-19.
32. Ross MD, Langford B, Whelan PJ. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests.*J Strength Cond Res*. 2002; 16(4):617-22.
33. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shamsimajlan A. Screening Tests for Neuromuscular Imbalance That Affecting the Non-Contact ACL Injury. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2015; 20(2): 85-105.
34. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med*. 2005;33(2):197-207.
35. Huston LJ, Vibert B, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. *Am J Knee Surg*. 2001; 14(4):215-19.
36. Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Biomechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury. *The Knee*. 2009; 16(2): 153-58 .
37. Herrington L. The effects of 4 weeks of jump training on landing knee valgus and crossover hop performance in female basketball players. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(14):3427-32.

38. Kato S, Urabe Y, Kawamura K. Alignment control exercise changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. *Knee*. 2008; 15(4):299-304.
39. Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular indices in female high school volleyball players. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(8): 2151–60.
40. Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Garrison TT. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school basketball players. *J Strength Cond Res*. 2012; 26(3):709–19.
41. Noyes FR, Barber-Westin SD, Tutalo Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):340-51.
42. Lim BO, Lee YS, Kim JG, An KO, Yoo J, Kwon YH. Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *Am J Sports Med*. 2009; 37(9):1728–34.
43. McLeod TC, Armstrong T, Miller M, Sauers JL. Balance improvements in female high school basketball players after a 6-week neuromuscular-training program. *J Sport Rehabil*. 2009; 18(4):465–81.
44. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clin J Sport Med*. 2004; 14(2):88–94.
45. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004; 34(6) :305–16.
46. Distefano LJ, Padua DA, Blackburn JT, Garrett WE, Guskiewicz KM, Marshall SW. Integrated injury prevention program improves balance and vertical jump height in children. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(2):332–42.
47. Barber-Westin SD, Hermeto AA, Noyes FR . A 6-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *J Strength Cond Res*.2010; 24(9):2372–82.
48. Barendrecht M, Lezeman HC, Duysens J, Smits-Engelsman BC. Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(3): 575–84.
49. Chappell JD, Limpisvasti O . Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *Am J Sports Med*. 2008; 36(6): 1081–86.
50. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res*. 2005; 19(1):51–60.
51. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006; 36(3):131–37.
52. Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee*. 2009; 16(2):149–52.
53. Bell DR, Vesci BJ, DiStefano LJ, Guskiewicz KM, Hirth C, Padua DA. Muscle activity and flexibility in individual with medial knee displacement during overhead squat. *Athletic Training and Sports Health Care* . 2012; 4(3): 117-25.
54. 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. *Am J Sports Med*. 2008; 36(4):733–40.
55. Herman DC, Oñate JA, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med*. 2009;37(7):1301–08.
56. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, Sell TC, Nagai T, Myers JB, Irrgang JJ. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med*. 2005; 39(12):932–38.
57. Tsang KK, Dipasquale AA . Improving the q:h strength ratio in women using plyometric exercises. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(10):2740–45.
58. Nagai T, Sell TC, House AJ, Abt JP, Lephart SM. Knee Proprioception and Strength and Landing Kinematics During a Single-Leg Stop-Jump Task. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(1): 31-38.
59. Lloyd DG, Buchanan TS. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *J Biomech*. 2001; 34:1257-67.
60. Willson JD, Ireland ML, Davis I . Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(5):945–52.
61. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *Journal of Applied Biomechanics*. 2006; 22(1): 41-50.