

Effect of Virtual Balance Practice along with Sport Rehabilitation on the Balance of Athletes after Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament of Knee Joint

Manouchehr Haydari^{1*} 

1. Assistant Professor, Sport Injury and Corrective Exercises, Sport Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 2020.August.10 Revised: 2020.August.29 Accepted: 2020.September.06 Published Online: 2020.September.12

ABSTRACT

Background and Aims: Recently, the effects of modern rehabilitation equipment, especially virtual balance practice, has attracted the attention of clinical researchers. The purpose of the current study was to investigate the effect of virtual balance practice on the dynamic and static balance of athletes after knee joints reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Materials and Methods: In the present clinical trial study, 30 patients were selected purposefully and randomly divided into two groups of control (n=15) and experimental (n=15). The experimental group performed rehabilitation practice prescribed by sports medicine specialists and virtual balance practice for 15 weeks, and the control group performed only equilibrium rehabilitation during this period. Before and after the interventions, the static balance and dynamic balance were evaluated using a Stabilometry device and Star Scursion Balance Test (SSBT), respectively. Data were analyzed using SPSS, version 22, running paired and independent sample t-test at a significance level of P=0.05.

Results: Comparison of static and dynamic balance indices that both groups had a significant statistical difference between pre-test and post-test in static (total COP sways, mediolateral COP sways, Anterior posterior Sways) and dynamic balance tests ($p < 0.05$). Moreover, pre-test to post-test mean differences for static balance values had significantly decreased ($P < 0.01$), but it increased for the dynamic balance ($P < 0.01$) compared with the control group.

Conclusion: According to the results, virtual balance exercises can be used as a challenging exercise that involves various stresses on several laps on ligation, musculoskeletal structures around the joints, and improves the balance and reduces knee ligament injuries, especially the anterior cruciate ligament.

Keywords: Virtual balance exercises; Rehabilitation; Anterior cruciate ligament

How to cite this article: Manouchehr Haydari, Effect of virtual balance practice along with sport rehabilitation on the balance of athletes after reconstruction of anterior cruciate ligament of knee joint. J Rehab Med. 2021; 9(4): 41-51.

*Corresponding Author: Manouchehr Haydari, Assistant Professor of Corrective Exercises and Sport Injuries, Physical Education Faculty, Razi University, Kermanshah Iran.

Email: mhaidary2000@yahoo.com

مطالعه اثر تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی ورزشی بر تعادل ورزشکاران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو

منوچهر حیدری^{*۱}

۱. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

بازنگری مقاله ۱۳۹۹/۰۶/۰۸

دریافت مقاله ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

چکیده

مقدمه و اهداف: امروزه اثربخشی تجهیزات توانبخشی نوین به‌خصوص تمرینات تعادلی مجازی مورد توجه محققین بالینی قرار گرفته است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی در تعادل پویا و ایستای ورزشکاران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو بود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه کارآزمایی بالینی حاضر، ۳۰ بیمار به‌صورت هدفمند انتخاب و به شکل تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و گروه تجربی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی تمرینات توانبخشی تجویز شده توسط متخصصین طب ورزش و تمرینات تعادلی مجازی را به مدت ۱۵ هفته انجام دادند و گروه کنترل در این مدت فقط تمرینات توانبخشی را اجرا کردند. قبل و پس از مداخلات تمرینی، تعادل ایستا با دستگاه *Stabilometry* و تعادل پویا با استفاده از *Star Scursion Balance Test (SSBT)* ارزیابی گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و آزمون تی تست زوجی و مستقل در سطح معناداری $P=0/05$ استفاده گردید.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که مقایسه شاخص‌های تعادلی ایستا (نوسانات مرکز فشار، نوسانات داخلی-خارجی، نوسانات قدامی-خلفی) و پویا در دو گروه و مقایسه میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه پس از دریافت مداخلات، در شاخص‌های نوسانات COP (تعادل ایستا) و SSBT (تعادل پویا) تفاوت آماری معناداری داشتند ($P<0/05$)؛ علاوه بر آن، میانگین تغییرات نمرات شاخص‌های تعادل ایستا بعد از انجام تمرینات تعادلی مجازی در گروه تجربی به‌طور معناداری نسبت به گروه کنترل کاهش ($P<0/01$) و تعادل پویا افزایش یافته بود ($P<0/01$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که تمرینات تعادلی مجازی می‌تواند تمرینی چالش‌برانگیز باشد که با اعمال استرس روی ساختمان‌های لیگامنتی، عضلانی-اسکلتی مفصل در چند صفحه حرکتی باعث بهبود تعادل و کاهش آسیب‌های لیگامنتی زانو به‌ویژه پارگی رباط‌های صلیبی قدامی مفصل زانو شود.

واژه‌های کلیدی: تمرینات تعادلی مجازی؛ توانبخشی؛ رباط صلیبی قدامی

نویسنده مسئول: منوچهر حیدری، استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

آدرس ایمیل: mhaidary2000@yahoo.com

مقدمه و اهداف

نسبت به روش‌های سنتی نشان می‌دهد.^[۱۱] توانبخشی حرکتی مجازی به‌عنوان یک بازی مفرح و لذت‌بخش مورد توجه و زمینه‌های افزایش انگیزش برای میل و رغبت بیشتر به تمرینات توانبخشی، بیمار از خود نشان می‌دهد. تمرینات حرکتی مجازی اطلاعاتی درباره موقعیت بدن در وضعیت‌های مختلف و مرکز فشار بدن برای بیماران فراهم می‌کند. این امر امکان تنظیم سیستم‌های توانبخشی مجازی برای افزایش و سنجش تعادل به وجود می‌آورد.^[۱۲] همچنین عنوان شده است که زمانی که کاربر به‌جای ناتوانی خود بر روی بازی تمرکز می‌کند، تمرین لذت‌بخش‌تر و مفرح‌تر شده و با انگیزه و پشتکار بیشتری دنبال خواهد شد.^[۱۳، ۱۴]

اگرچه مطالعات نشان داده‌اند که جلب کردن توجه در تمرینات واقعیت مجازی به نتایج حرکت نسبت به جزئیات حرکت باعث تسهیل یادگیری و تثبیت آن می‌شود، اما درمانگران تمایل دارند تاکید خود را روی بازخوردهای مرتبط با نتایج حرکت از طریق تمرینات واقعیت مجازی قرار دهند.

در واقع تمرینات واقعیت مجازی از سیستم بصری-ادراکی بهره جسته، اطلاعاتی درباره عملکرد فراهم آورده، جهت سرعت و تغییرات شتاب را نشان داده و تعاملی، انگیزاننده با دادن یک هدف به فرد، تمرکز او به نتایج حرکت معطوف شده و حرکت هدف‌محور خواهد شد؛ به این معنی که فرد عملکرد حرکتی خود را بر اساس بازخوردهایی که از نشان‌های بیرونی دریافت می‌کند، قضاوت خواهد کرد. سیستم تمرینات واقعیت مجازی بر جنبش و کنترل مبتنی است. این ویژگی‌ها در تمرینات تعادلی مبتنی بر غیر بازی‌های واقعیت مجازی مشاهده نمی‌شود. واقعیت مجازی به این صورت تعریف می‌شود: یک سیستم تعاملی دوجانبه که با ایجاد مجموعه‌ای از تصورات، کاربر را وارد دنیای مجازی می‌سازد.^[۱۵] یکی از بخش‌های اساسی و مهم در یک برنامه بازپروری بلندمدت، حفظ علاقه و انگیزه فرد برای انجام تمرین‌های تکرارشونده و اطمینان حاصل کردن از برنامه تمرینی می‌باشد. استفاده از فعالیت‌های تشویقی و بازخوردی دارای تاثیرات عملکردی و انگیزه‌ای مثبتی می‌باشد.^[۱۶، ۱۷] صفحه‌های تعادلی وی^۳ چهار مبدل دارد که وزن تعادل بدن را سنجیده، به تغییرات مکانی وضعیت بدن پاسخ داده و بازخورد شنوایی و بصری واقعی از مرکز فشار فرد ارائه می‌کند. با توجه به این ویژگی‌ها، احتمالاً صفحه‌های تعادلی ابزاری مهم در توانبخشی و تعادل می‌باشد.^[۱۸]

در این راستا، مطالعاتی انجام شده است از جمله حاجی‌پور و همکاران که تأثیر هشت هفته تمرین عصبی-

تعادل بخش جدایی‌ناپذیر اغلب فعالیت‌های روزانه بوده و همچنین شاخص تعیین‌کننده در بررسی توانایی عملکردی ورزشکاران به شمار می‌رود.^[۱، ۲] حفظ تعادل در وضعیت ایستا یا حین فعالیت، به تولید نیروی کافی عضلات نیازمند است که مستلزم تعامل پیچیده دستگاه عصبی-عضلانی است.^[۳] بر طبق یک تقسیم‌بندی کلی تعادل به ۳ نوع ایستا، نیمه‌پویا و پویا تقسیم می‌شود.^[۴] تعادل پویا به توانایی فرد در حفظ مرکز ثقل خود در محدوده سطح اتکای (Base of Support) متحرک اطلاق می‌شود.^[۵] تعادل به‌عنوان یک عامل مهم در بسیاری از رشته‌های ورزشی مانند ژیمناستیک، بسکتبال و والیبال شناخته می‌شود. ضعف در تعادل و کنترل پاسچر هنگام مواجهه با عوامل برهم‌زننده آن سبب وقوع آسیب‌هایی مانند ناپایداری یا درد در مچ پا و زانو، استئوآرتریت زانو و اسپرین‌های حاد مچ پا می‌شود.^[۶] حفظ تعادل، مهارت حرکتی پیچیده‌ای است که پویایی پاسچر بدن را در جلوگیری از افتادن توصیف می‌کند.^[۷] یکی از عوامل مورد توجه محققان، مسئله تاثیر اعمال برنامه‌های تمرینی بر بهبود تعادل و کنترل پاسچر بوده است.

در دهه‌های گذشته، نسبت به ارزیابی و توانبخشی گیرنده‌های عمقی مفاصل توجه بیشتری شده است. علت این مسئله به دلیل افزایش میزان شیوع آسیب‌های ورزشی به‌خصوص آسیب لیگامان متقاطع قدامی^۱ و همچنین افزایش توجهات اجتماعی اقتصادی نسبت به این‌گونه صدمات می‌باشد. مفصل زانو، یکی از مهمترین ساختارهای اندام تحتانی در انجام اعمال مختلف است و رباط صلیبی قدامی به‌عنوان یک ساختار ایستا نقش مهمی در ثبات مفصل زانو و سلامت جسمی و روحی ورزشکاران دارد. مهمترین پیامد این آسیب بی‌ثباتی و عدم تعادل در مفصل است که منجر به کاهش فعالیت عمومی، عملکرد نامطلوب مفصل زانو و افت قابل توجه کیفیت زندگی ورزشکاران در کوتاه‌مدت می‌شود.^[۸] نقش لیگامنت‌ها به‌خصوص صلیبی قدامی در حفظ ثبات عملکردی مفصل زانو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اخیراً به نقش حس عمقی این لیگامنت‌ها بعد از آسیب توجه زیادی شده است. گیرنده‌های مکانیکی این لیگامان به تغییر شکل بافت حساس هستند و سیگنال‌هایی را برای تعیین جهت و سرعت حرکت به سیستم اعصاب مرکزی می‌فرستند. با توجه به این مهم، آسیب لیگامان قدامی می‌تواند باعث اختلال در داده‌های آوران شود.^[۹]

^[۱۰] توانبخشی واقعیت مجازی^۲ یکی از تکنولوژی‌های نوین درمانی است که مسیرهای تازه‌ای را برای توانبخشی فراهم می‌کند که مطالعات اثربخشی آن را

³ Wii

¹ Anterior Cruciate Ligament

² Virtual Reality Rehabilitation

شامل ورزشکارانی بود که تحت بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو (اتوگرافت از تاندون کشککی) قرار گرفته بودند. آزمودنی‌ها شامل ۳۰ نفر بودند که در بیمارستان تخصصی و مرکز تحقیقات توانبخشی، پزشکی و ورزشی کشور روسیه شهر مسکو عمل جراحی شده بودند. آزمودنی‌ها به صورت هدفمند انتخاب و تصادفاً در دو گروه ۱۵ نفری کنترل (تمرینات توانبخشی ساخته شده توسط متخصصین طب ورزش بیمارستان) و تجربی (تمرینات توانبخشی ساخته شده توسط متخصصین طب ورزش بیمارستان و تمرینات تعادلی مجازی) قرار گرفتند. تمام آزمودنی‌ها در هر دو گروه مرد، از نظر عضو جراحی شده یکسان‌سازی شدند. آزمودنی‌ها شامل تمامی بازیکنان تیم باشگاه‌های سطح شهر مسکو بودند که در رشته‌های جودو، والیبال، فوتبال و ژیمناستیک بودند که حین بازی دچار پارگی کامل رباط صلیبی شده بودند. در طول یک سال با هماهنگی پزشکان ارتوپد به طور تدریجی، جراحی و با در نظر گرفتن محدودیت‌های تحقیق، وارد روند درمانی شدند. معیارهای ورود به مطالعه حاضر، عدم سابقه جراحی در زانوی درگیر بود که عملکرد نرمال در سایر مفاصل اندام تحتانی را تحت تاثیر قرار دهد، عدم شکستگی، بی‌ثباتی، درد و تورم غیرطبیعی، مشکل عروقی-عصبی، مشکل وستیبولار و بینایی، آسیب منیسک یا اعصاب، مشکل قلبی-تنفسی شدید و دیابت یا مصرف‌کننده دارویی موثر روی تعادل بود. همچنین معیار خروج در طول تحقیق وجود داشت. پس از انتخاب نمونه‌ها، تکمیل فرم رضایت آگاهانه برای پژوهش و دریافت مصوب کمیته اخلاق پزشکی دانشگاه تربیت بدنی، ورزش، توریسم و جوانان روسیه شهر مسکو و تشکیل گروه‌های تجربی و کنترل به صورت تصادفی، مشخصات فردی آنها شامل سن، وزن، قد، جنسیت، سابقه ورزشی، سابقه پزشکی، آسیب‌های شدید مفاصل (زانو، لگن، مچ پا، عمل بازسازی در زانو و غیره)، زمان وقوع آسیب و تاریخچه مختصری از نحوه وقوع آسیب با استفاده از پرسشنامه ثبت شد. بعد از ارزیابی اولیه بیمار (توسط پزشک ارتوپد، پزشک متخصص توانبخشی و محقق) و پذیرش برای شرکت در برنامه تمرینی وارد کلینیک توانبخشی شدند. گروه کنترل فقط برنامه و پروتکل توانبخشی طراحی شده توسط بیمارستان را انجام دادند، ولی گروه تجربی علاوه بر برنامه و پروتکل توانبخشی بیمارستان، پروتکل تمرینات تعادلی مجازی طراحی شده (توسط متخصص توانبخشی و محقق) را روی گروه تجربی که ۱۵ نفر بودند، از هفته هفتم تا ۲۲ هفته بعد از عمل بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو اجرا کردند. لازم به ذکر است آزمودنی‌ها قبل از عمل جراحی تمریناتی برای کاهش التهاب حاد انجام دادند.

عضلانی بر تعادل و پیشگیری از بروز آسیب لیگامان صلیبی قدامی در پسران نوجوان تکواندوکار را بررسی کردند و نشان دادند که تمرین عصبی-عضلانی، اثرات مثبتی بر تعادل ایستا و پویا نوجوانان پسر تکواندوکار دارد و ممکن است از بروز آسیب رباط صلیبی قدامی جلوگیری کند.^[۱۹] گرشبورگ^۱ و همکاران در بررسی یک دوره آموزش‌های حس عمقی در توانبخشی ورزشکاران بعد از عمل جراحی در آسیب‌های اندام تحتانی نشان دادند که آموزش حس عمقی با در نظر گرفتن مدت تمرین، ست‌ها، تکرارها در صورت تحمل پیشرفت می‌کند. این امر باعث بهبود تعادل، کاهش زمان توانبخشی ورزشکاران و برگشت سریعتر به میادین ورزشی می‌شود.^[۲۰] پوپوف^۲ و همکاران نیز تمرینات حس عمقی و پلايومتریک طبقه‌بندی و شبیه‌سازی شده در مراحل مختلف توانبخشی از ساده به پیچیده را بعد از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی مفصل زانو مطالعه نمودند و نتایج مبنی بر افزایش تعادل ایستا، پویا و توان انفجاری را گزارش نمودند.^[۲۱] اکبری و همکاران اثر آموزش تعادل در ثبات شاخص پاسچر استاتیک و پویا را پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی حاد نشان دادند که مقدار شاخص‌های پایداری استاتیک پس از آموزش تغییر نیافته، ولی شاخص‌های پایداری پویا در گروه آموزش تعادل کاهش یافته، اما بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود نداشته است.^[۲۲] حیدری و همکاران در تحقیقی نشان دادند که بازیابی کنترل حسی-حرکتی در ورزشکاران بعد از عمل جراحی و آسیب‌های سیستم اسکلتی-عضلانی خطر آسیب مجدد و یا عود آسیب را به حداقل می‌رساند.^[۲۳، ۲۴]

بنابر آنچه که پژوهش‌ها نشان دادند، تمرینات تعادلی و حس عمقی باعث بهبود تعادل، جلوگیری از برگشت و عود آسیب و کاهش زمان توانبخشی می‌شود. توانبخشی واقعیت مجازی به منظور ایجاد بستری برای توانبخشی از راه دور، کاهش هزینه‌های کلینیکی و افزایش انگیزه‌های فردی ایجاد می‌گردد.^[۱۶، ۱۷، ۱۹] این موارد توجه پژوهشگران بالینی را به خود جلب کرده است. نتایج این تحقیق ممکن است بر جنبه‌های توانبخشی و تعادل ورزشکاران تاثیرگذار باشد و با فراهم آوردن فرصتی برای توانبخشی فعال و افزایش انگیزه آنها برای فعالیت جدید و لذت‌بخش ممکن می‌سازد؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر مطالعه تاثیر تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی ورزشی در تعادل ورزشکاران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت کارآزمایی بالینی پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شده است. جامعه آماری

² Popov

¹ Gershborg

دستیابی برحسب درصدی از اندازه طول پا به دست آید.^[۲۹]

مداخله

در اوایل دوره، ورزشکاران بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو از نوع اتوگرافت از تاندون، برنامه و پروتکل توانبخشی طراحی شده توسط متخصصین بیمارستان را انجام دادند. اهداف توانبخشی، کاهش درد، کاهش ادم بافتی، کم کردن تورم مفصل و استراحت اندام بود. برای راه رفتن از عصا استفاده شد. بعد از ۳ الی ۷ روز، اتل ۱ الی ۲ بار در روز باز و تمرینات کششی و ایزومتریک و تحریک الکتریکی برای تقویت عضلات ران و مفصل زانو انجام می‌شد.^[۲۰]

پنج هفته بعد از عمل جراحی، هر دو گروه توانبخشی فعال انجام دادند. اهداف این مرحله از بازتوانی، از بین بردن انقباض مفصل زانو، بهبود راه رفتن طبیعی، اعمال قدرت تثبیت‌کننده‌ها به وسیله بريس، استقامت عضلانی و آموزش حسی و حرکتی بود. آزمودنی‌ها حرکت درمانی، تمرینات در استخر، آموزش راه رفتن انجام دادند که شامل تمرینات سبک برای مفصل زانو، تمرینات بلند کردن پا نشسته^۴ تمرینات کششی استاتیک و دینامیک برای تقویت عضلات چهارسر رانو همسترینگ بود.^[۲۳، ۲۱] به‌طور کلی، تمرینات روزانه شامل (۱) گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه، (۲) تمرینات تعادلی از هفته هفتم از ساده به پیچیده به مدت ۱۰ دقیقه که شامل ایستادن دو پا و سپس تک‌پا روی تخته تعادل با چشمان باز، قرار گرفتن روی تخته تعادل با یک پا و با پای دیگر انجام حرکات به طرفین، عمل دریافت و پرتاب توپ بر روی زمین و سپس روی تخته تعادل، تمرینات شبیه‌سازی-شده بر روی تخته تعادل (۳) تمرینات تقویت عضلات مرکزی به مدت ۱۰ دقیقه که شامل حفظ تعادل در حالت شنای سوئدی، پلانک طرفی (هر دو طرف)، حفظ حالت شنای سوئدی روی توپ سوئیدی، حفظ حالت شنای سوئدی با دو توپ مدیسین، پلانک طرفی روی توپ سوئیدی (۴) تمرینات پیشرونده قدرتی به مدت ۲۰ دقیقه در این فاز با تمرینات زنجیره بسته شروع می‌شود و میزان باری که مرحله به مرحله اضافه می‌شود، کنترل شده است و بر اساس میزان تحمل و قدرت عضلانی بیمار می‌باشد. تقویت عضلات چهارسر ران، همسترینگ، عضلات دورکننده و نزدیک‌کننده، اسکات پا با دستگاه، بالا بردن پاشنه، بالا بردن پاشنه پا با وزنه در دست کرال‌آپ، پل دوپا، پل تک‌پا، لانچ اسکات و افزایش قدرت عضلات هیپ است که با استفاده از تمرینات زنجیره بسته و باز انجام شد. در صورتی که عضلات هیپ قوی نباشد، سبب ایجاد حرکات اضافی در صفحه فرونتال و باعث ضعیف شدن لیگامنت‌های اندام تحتانی، و در

ارزیابی تمرینات تعادلی ایستا (مرکز فشار) با استفاده از دستگاه استابیلومتری^۱ ساخت کشور آلمان، مدل PRO-KIN که از صفحه نیرو، کابل اتصال به دستگاه، مانیتور و چاپگر تشکیل شده بود، ثبت شد. در این دستگاه، اطلاعات تمرینی و تست رومبرگ^۲ را برای هر بیمار به صورت جداگانه از طریق نرم‌افزار ثبت و پردازش می‌گردید. در این آزمون یکبار بعد از هفته هفتم توانبخشی، زمانی که بیمار بتواند روی پای خود بایستد و یکبار بعد از پایان توانبخشی تا ۲۲ هفته، از بیمار خواسته شد به مدت ۲۰ ثانیه، بدون کفش با پاهای موازی، پاشنه کنار هم، پنجه دارای زاویه ۳۰ درجه، دست‌ها آویزان کنار بدن و چشم باز به نقطه‌ای روی دیوار روبه‌رو در ارتفاعی به اندازه دید بیمار که از قبل مشخص گردیده بود، نگاه کند.^[۲۳] بعد از اینکه بیمار وضعیت باثباتی کسب کرد، تست آغاز شد و در مرحله بعد با چشمان بسته انجام شد. دستگاه استابیلومتری زمان حفظ تعادل و مقدار نوسانات فرد در آن وضعیت را ثبت می‌کرد و نوسانات بیش از اندازه، اختلال تعادل یا گام برداشتن خطا محسوب می‌شد و تست مجدد تکرار می‌گردید.^[۲۵] پایایی این آزمون در افراد سالم با چشم باز ۰/۹۱ و با چشم بسته ۰/۷۷ گزارش شده است.^[۲۶]

برای ارزیابی تعادل پویا از تست ستاره استفاده گردید، این آزمون که برای اولین بار توسط گری^۳ معرفی شد، یک شبکه با ۸ خط در جهات مختلف با زاویه ۴۵ درجه است که فرد در مرکز شبکه با یک پا می‌ایستد و پای دیگر را در جهات ۸ خط تا جایی که امکان دارد، حرکت می‌دهد.^[۲۷] تست ستاره جایگزینی ساده، پایا و ارزان برای ابزارهای گران امروزی است.^[۲۸] در این پژوهش، بعد از ۱۰ هفته توانبخشی، زمانی که بیمار بتواند روی پای خود بایستد و بعد از پایان توانبخشی ۲۲ هفته، از تست ستاره برای ارزیابی تعادل پویا استفاده شد. در این آزمون، بیمار در صورتی که پای راست، اندام آسیب‌دیده بود، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ آسیب‌دیده بود، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌شد. آزمودنی در مرکز ستاره بر روی پای آسیب‌دیده قرار می‌گرفت و با پای دیگر عمل دستیابی بدون خطا انجام می‌شد. خطاها عبارت بود از حرکت پا از مرکز ستاره، تکیه با پای دیگر در نقطه تماس خط ستاره، افتادن شخص و جدا کردن دست‌ها از پهلوها (در هشت جهت ستاره). جهت‌ها را آزمونگر به صورت تصادفی تعیین می‌کرد. فاصله محل تماس پای آزاد آزمونگر تا مرکز ستاره، فاصله دستیابی بود. هر آزمودنی هر یک از جهت‌ها را سه بار انجام می‌داد و در نهایت میانگین آن‌ها محاسبه، بر اندازه طول پا برحسب سانتی-متر تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شد تا فاصله

² Romberg

³ Gary

⁴ Straight Leg Raising

¹ Stabilometer

آب و تخته تعادلی) از هفته هفتم بعد از عمل جراحی، هر جلسه همزمان با تمرینات تعادلی تحت نظارت درمانگر به مدت ۲۰ دقیقه بر روی دستگاه تعادلی بایودکس^۲ که بازی‌های مفرح و تفریحی متعلق به نمایشگر دستگاه و بدون امتیاز و بازخورد بود، به صورت انتخابی از تمرینات ساده به تمرینات پیچیده بر اساس پروتکل توانبخشی بعد از هفته هفتم بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی (ابتدا دوپا و بعد تک پا) اجرا شد.

ملاحظات اخلاقی

پروپوزال تحقیق حاضر، توسط کمیته اخلاق بیمارستان فوق تخصصی پزشکی ورزشی مسکو مورد تایید قرار گرفته است.

نتیجه شروع درد کشککی-رانی می‌شود و (۵) تمرینات پلائیومتریک ۱۵ هفته بعد از عمل جراحی به مدت ۱۵ دقیقه بود که ابتدا جهش، پرش درجا، جهش از پا به پای دیگر و غیره در آب و سپس پرش پا جمع، پرش طول، پرش جانبی، پرش هاپ ۹۰ درجه در جهت و خلاف جهت عقربه‌های ساعت، پرش از جعبه، پرش از مانع، پرش از روی مینی‌ترامپولین همراه با باز و بسته کردن زانو بر روی سطوح نرم بود. بعد از این مرحله در صورت نبود عوارض، ۱۷ هفته بعد از عمل جراحی، بیماران مطالعه حاضر شروع به انجام تمرینات پلائیومتریک^۱ با طناب کردند و گام بعدی پریدن آهسته، درجا و تمرینات دویدن بود که در سالن‌های ورزشی انجام گرفت.^[۲۴] گروه تجربی علاوه بر تمرینات گروه کنترل بازی‌های تعادلی مجازی (اسکی روی برف کوهستانی، اسکی روی

جدول ۱. خلاصه پروتکل توانبخشی بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی

شخص مراحل	اهداف توانبخشی ارزیابی تمرینات و تکرار ملاحظات کلی	کاهش درد پیشگیری از هماتوم افزایش موبیلیتی کشکک و افزایش دامنه حرکتی زانو	دامنه ۱۲۰-۰ مفصل زانو
مرحله اول ۵-۱ هفته بعد از عمل جراحی	راه رفتن با عصا با ۳۰ الی ۵۰ درصد تحمل وزن	بالا نگه داشتن، سرمادرمانی، موبیلیتی کشکک، دامنه حرکتی (۵ بار ۱۵ دقیقه)، کشش همسترینگ، عضلات ساق پا، تمرینات تقویتی (۵ بار ۱۵ دقیقه)، راه رفتن با عصا ۳ الی ۴ بار به مدت ۱۰ دقیقه	
مرحله دوم ۵-۱۰ هفته	راه رفتن با تحمل وزن ۱۰۰ درصد بدون کمک	دامنه حرکتی (۳ بار ۱۰ دقیقه) تمرینات تقویتی (۲ بار در روز ۲۰ دقیقه) اسکوات نیمه و غیره، تمرینات تعادلی با چشمان باز جفت پا یک محوره (۳ بار ۱۰ دقیقه) سرمادرمانی بعد از تمرینات توانبخشی	دامنه ۱۴۰-۰ دوره بهبود عملکرد حرکتی زانو و نرمال‌سازی الگوی راه رفتن
مرحله سوم ۱۰-۱۵ هفته	توانایی انجام فعالیت‌های روزانه، توانایی قدم زدن بدون درد و دامنه حرکتی نرمال	تمرینات هوازی (۲ بار در روز ۳۰ دقیقه)، دامنه حرکتی (۴ بار ۱۰ دقیقه)، تمرینات تقویتی (۴ بار ۲۰ دقیقه)، پرس پا (۷۰ و ۱۰ درجه)، تمرینات تعادلی با چشمان بسته، یک پا و چندمحوره (۳ بار ۱۰ دقیقه) و تمرین راه رفتن با باندهای مقاوم کشی و شنا کردن	افزایش قدرت و استقامت عضلانی، نرمال‌سازی طول عضلات و ثبات بدن
مرحله چهارم ۱۵ هفته به بعد	توان انجام فعالیت‌های ورزشی، دویدن و پایداری مفصل زانو بدون درد	تمرینات تقویتی (۳ الی ۴ بار به مدت ۳۰ دقیقه) شبیه‌سازی تمرینات تعادلی (۳ بار ۱۵ دقیقه) تمرینات هوازی تردمیل (۳۰ دقیقه) تمرینات اینتروال تمرینات عملکردی (۳ بار در هفته) تمرینات پلائیومتریک ۳ بار ۱۵ دقیقه	توانبخشی مهارت-های حرکتی تخصصی ورزشکار و تقویت حس عمقی، چابکی و تعادل

جدول ۲. نمونه‌ای از بازی‌های تعادلی مجازی

با شروع حرکت بازی آزمودنی با حرکت بدن به سمت راست و چپ سعی می‌کند به موانعی که در مسیر ماریچ قرار داشت، برخورد نکند و با حرکت بدن به جلو و عقب سرعت کم و زیاد می‌شد تا بازی به پایان برسد.	Snow Skies
با شروع حرکت بازی آزمودنی با حرکت بدن به سمت راست و چپ سعی می‌کند به دروازه‌ای که در مسیر روی آب قرار داشت، برخورد نکند و با حرکت بدن به جلو و عقب سرعت کم و زیاد می‌شد تا بازی با دستیابی به مسیر پایان برسد.	Ski Slalom
با شروع حرکت بازی آزمودنی با حرکت بدن به سمت راست و چپ بر روی یک پا و پای دیگر با انجام حرکت به طرفین سعی می‌کند تا تعادل خود را حفظ نماید تا زمان پایان یابد.	Balance Boards

² Biodex

¹ Plyometric

روش‌ها و تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون Shapiro-Wilks و جهت ارزیابی همگنی واریانس‌ها، از آزمون Leven's Test استفاده شد. برای ارزیابی درون-گروهی (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) از روش آماری t وابسته و برای ارزیابی و مقایسه بین دو گروه تجربی و کنترل از روش آماری t مستقل استفاده شد، به طوری که اختلاف بین پیش‌آزمون-پس‌آزمون-ها بین دو گروه مقایسه گردید. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل شد و سطح معناداری در پژوهش کنونی $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها شامل میانگین و انحراف استاندارد سن، وزن، قد و سابقه ورزشی دو گروه کنترل و تجربی در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که از جدول ۴ برمی‌آید، میانگین تعادل ایستا قبل و بعد از مداخله با چشمان باز، در شاخص‌های تعادلی از جمله دامنه کل نوسانات مرکز فشار،

دامنه نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی، دامنه نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی-خلفی در هر دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معناداری داشتند ($P < 0.05$). همچنین میانگین تعادل ایستا قبل و بعد از مداخله با چشمان بسته در شاخص‌های تعادلی از جمله دامنه نوسانات مرکز فشار کل، نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی، نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی-خلفی در هر دو گروه تجربی و کنترل هم در وضعیت چشم باز و هم در وضعیت چشم بسته کاهش معناداری یافته بود ($P < 0.05$).

همان‌طور که از جدول ۶ برمی‌آید، نتایج آزمون آماری تی وابسته نشان می‌دهد که هر دو گروه تجربی و کنترل در آزمون تعادل پویای SSBT در تمام جهات پس از دوره مداخلات تغییرات معناداری داشته‌اند ($P < 0.05$)، اما با توجه به نتایج آزمون آماری تست تی مستقل قابل‌درک است که تغییرات تعادل پویای SSBT (پیش‌آزمون به پس‌آزمون) در گروه تمرینات تعادلی مجازی به نسبت گروه کنترل در تمام جهات تست ستاره به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل است.

جدول ۳. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق (N=۳۰)

*Sig.	گروه تجربی	گروه کنترل	متغیر
۰/۱	۲۳/۸±۴/۸۲	۲۴/۲±۴/۸۲	میانگین سن (سال)
۰/۷	۱۶۳/۹۳±۲/۹۲	۱۶۵/۹۳±۲/۵۰	میانگین قد (cm)
۰/۴	۶۱/۲۲±۴/۷۵	۶۰/۱۲±۵/۶۲	میانگین وزن (kg)
۰/۲	۱۲/۸۱±۳/۸۷	۱۱/۳۱±۴/۱۴۱	سابقه ورزشی (سال)

*آزمودنی‌های دو گروه در ویژگی‌های جمعیت‌شناختی با همدیگر تفاوتی نداشتند.

جدول ۴. شاخص‌های استابیلومتری (تعادل ایستا)، قبل و بعد از مداخله در گروه‌ها با چشمان باز و بسته

p value	چشم باز (n=۱۵)		پیش‌آزمون گروه	شاخص‌های استابیلومتری
	Mean (SD)	پس‌آزمون Mean (SD)		
P=۰/۰۰۰۱	۱.۹۱ (۰/۴۹)	۶.۱۸ (۳.۱۲)	تجربی	نوسانات مرکز کل فشار
p=۰/۰۰۲	۴.۸۵ (۱.۷۳)	۶.۳۲ (۲.۱۶)	کنترل	
P=۰/۰۰۰۱	۱۳.۰۵ (۲.۹۸)	۱۹.۴۳ (۳.۱۸)	تجربی	نوسانات داخل-خارج COP
P=۰/۰۰۰۱	۱۶.۱۳ (۳.۷۹)	۱۹.۱۳ (۴.۹۳)	کنترل	
P=۰/۰۰۰۱	۱۲.۵۱ (۴.۸۰)	۱۹.۹۷ (۲.۵۷)	تجربی	نوسانات قدامی-خلفی COP
P=۰/۰۰۰۱	۱۶.۷۸ (۴.۸۵)	۲۱.۵۳ (۳.۵۴)	کنترل	
p value	چشم بسته (n=۱۵)		پیش‌آزمون گروه‌ها	شاخص‌های استابیلومتری
	Mean (SD)	پس‌آزمون Mean (SD)		
P=۰/۰۰۳۳	۲.۸ (۰/۴۹)	۶.۹۹ (۱.۹۹)	تجربی	مسیر مرکز کل فشار
P=۰/۰۰۲	۵.۴۶ (۱.۶۴)	۶.۹۲ (۲.۰۶)	کنترل	
P=۰/۰۰۰۱	۱۳.۷۸ (۲.۳۱)	۱۹.۷۲ (۴.۰۱)	تجربی	نوسانات داخل-خارج COP
P=۰/۰۰۰۱	۱۶.۹۸ (۵.۱۹)	۲۰.۳۹ (۶.۲۹)	کنترل	
P=۰/۰۰۰۱	۱۲.۵۲ (۲.۴۰)	۲۲.۰۲ (۶.۸۶)	تجربی	نوسانات قدامی-خلفی COP
P=۰/۰۰۰۱	۱۸.۴۵ (۴.۹۵)	۲۳.۵۹ (۵.۹۸)	کنترل	

جدول ۵. مقایسه تغییرات (Δ) نمرات تعادل ایستا بین گروه تجربی و کنترل

p-value	گروه کنترل Mean (SD)	گروه تجربی Mean (SD)	گروه ورزشکاران
P=۰/۰۰۵**	-۱/۴ (۲/۱۶)	-۴/۲۷ (۳/۲۲)	نوسانات مرکز کل فشار (چشم باز)
P=۰/۰۹۳	-۱/۴ (۱/۴۱)	-۱/۳۷ (۲/۲۱)	نوسانات مرکز کل فشار (چشم بسته)
P=۰/۰۰۶**	-۲/۹۹ (۱/۵۲)	-۶/۳۸ (۴/۱۸)	نوسانات داخلی-خارجی COP (چشم باز)
P=۰/۰۱۰*	-۳/۴۱ (۱/۶۹)	-۵/۹۴ (۳/۱۰)	نوسانات داخلی-خارجی COP (چشم بسته)
P=۰/۱۰	-۴/۶۱ (۳/۰۳)	-۷/۴۶ (۵/۸۴)	نوسانات قدامی-خلفی COP (چشم باز)
P=۰/۰۳۸*	-۵/۱۴ (۳/۶۲)	-۹/۵۰ (۶/۸۴)	نوسانات داخلی-خارجی COP (چشم بسته)

Δ : پیش‌آزمون نمرات منهای پس‌آزمون نمرات

** : معناداری در سطح ۰/۰۱

* : معناداری در سطح ۰/۰۵

معناداری سبب بهبود کنترل وضعیت بدن، کاهش زمان توانبخشی ورزشکاران و برگشت سریعتر به میادین ورزشی و در نتیجه موجب بهبود سطح عملکرد در ورزش‌های مختلف گردیده و از شیوع آسیب‌های اندام تحتانی جلوگیری می‌کند. هرچند در تحقیق حاضر، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از میزان نوسانات تعادل در راستای قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و کلی، تفاوت معناداری بین دو گروه مورد و شاهد با سطح معناداری برای متغیرها مشاهده شد. این مطالعات نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند، اما شرایط سنی آن متفاوت بوده و نمونه‌های آماری آن نیز ترکیبی از دو جنس انتخاب شده است. علاوه بر آن، در این پژوهش، دو گروه از زمان برابر برای تمرین استفاده نکرده‌اند و ممکن است زمان اضافی یک گروه باعث این تفاوت معنادار شده باشد. در مطالعه‌ای دیگر، حیدری و همکارانش (۲۰۱۳) در پژوهشی، عنوان نمودند که بازیابی کنترل حسی-حرکتی در ورزشکاران بعد از عمل جراحی و آسیب‌های سیستم اسکلتی-عضلانی، خطر آسیب مجدد و یا عود آسیب را به حداقل می‌رساند. این پژوهش از نظر برخی متغیرها مانند نزدیک بودن میانگین سنی، سوابق بازی، سطح مهارتی، زمان و حجم تمرینات عصبی-عضلانی، مقدار تمرینات آنان در طول هفته و هم‌زمانی شروع این تمرینات با شروع فصل مسابقات با پژوهش حاضر شباهت‌های زیادی دارد و تنها تفاوت آن نوع تمرین و رشته ورزشی است. این هم‌سویی در نتایج دو پژوهش ممکن است نشانگر آن باشد که بازی‌های تعادلی مجازی توانسته است اثر یکسانی بر عملکرد زانوی ورزشکاران داشته باشد.

دلایل احتمالی افزایش تعادل پویا متعاقب تمرینات تعادلی را می‌توان تغییر یافتن بازخورد مکانورسپتورها دانست که منجر به سازماندهی مجدد سیستم عصبی مرکزی و یکپارچگی حسی-حرکتی شده و موجب تغییر در پاسخ حرکتی می‌شود.^[۳۴] همچنین می‌توان به فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، آماده‌سازی نرون-های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای انجام حرکت، افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای

بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تاثیر تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی ورزشی بر تعادل ورزشکاران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو بود. نتایج حاصل از آزمون‌های رومبرگ برای سنجش تعادل ایستا در پارامترهای استابیلومتری (نوسانات مرکز فشار، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی) با چشمان باز و بسته و آزمون ستاره برای سنجش تعادل پویا در جهات مختلف پیشرفت قابل‌توجهی پس از تمرینات تعادلی مجازی در گروه تجربی نشان داد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند تمرینات تعادلی بعد از توانبخشی باعث ثبات تعادل ایستا و پویای دقیق‌تر و اجرای مهارت بهتر با حداقل نوسانات می‌شود. کنترل وضعیت بدن و تعادل به‌عنوان توانایی سازگاری برای حفظ مرکز ثقل بدن در تکیه‌گاه عنوان می‌شود.^[۳۰] این سازگاری که هم به‌صورت ایستا و هم به‌صورت پویا وجود دارد، در میچ‌پا، زانو و ران اتفاق می‌افتد و احتمال دارد در صورت معیوب بودن مرکز ثقل و سطح حمایتی، از بین برود.^[۳۱]

از جمله دلایل در افزایش تعادل ناشی از تمرینات تعادلی، تسهیل و هم‌زمان‌سازی واحدهای حرکتی تندانقباض و بزرگ^[۳۲]، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خودمهاری اندام‌های وتری گلژی و همچنین افزایش در هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم-انقباضی بیان شده است. با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب و ابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها، حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر به‌سزایی دارد.^[۳۳] به دلیل عدم وجود مطالعه مشابه، در بحث از شیوه-نامه‌های اجرایی مشابه دیگر تمرینات تعادلی و گروه-های سنی و جنسیتی استفاده گردید.

تحقیقات حاجی‌پور و همکاران (۲۰۱۷)، گرشبورگ^۲ و همکاران (۲۰۱۳)، پوپوف و همکاران (۲۰۱۳) و حیدری و همکاران (۲۰۱۳) همراستا است که نشان داده‌اند تمرینات تعادلی و آموزشی به‌طور

همراه با توانبخشی با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد.

نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی ورزشی منجر به بهبود تعادل ایستا و پویا ورزشکاران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو می‌شود. از جمله دلایل احتمالی در افزایش تعادل ناشی از تمرین عصبی-عضلانی، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خودمهارى اندام‌های وترى گلژی و همچنین افزایش در هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم‌انقباض بیان شده است. با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب و ابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها، حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر به‌سزایی دارد.^[۳۷]

بازی‌های تعادلی واقعیت مجازی به‌عنوان روشی جدید و مفرح که فرد با شور و شوق، آزادانه، لذت‌بخش و خوشایند علاقه به انجام آن دارد، می‌تواند موجب افزایش ثبات پویایی، حفظ تعادل، انتقال وزن، تحریک رفلکس‌های ضدجاذبه، هماهنگی و سبب تسهیل و ارتقای کارایی حس عمقی شود؛ لذا چنانچه در طراحی پروتکل‌های توانبخشی، بازی‌های تعادلی مجازی طبقه‌بندی شده متناسب با نوع رشته ورزشی، جنسیت و ویژگی‌های فردی گنجانده شود، می‌توان به الگوی جامعی در توانبخشی دست یافت. همچنین به مربیان ورزشی و درمانگران توصیه می‌شود با توجه به نیاز ویژه ورزشکاران به تعادل به‌عنوان عامل مهم در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی در طراحی برنامه‌های تمرینی و درمانی از مزایای این روش استفاده کنند.

حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف اشاره کرد.^[۳۵]

مطالعات گسترده در این حوزه حاکی از آن است که هرچند نتایج این تحقیق در بعضی متغیرها با تحقیقات قبلی همسو نیست، ولی باعث بهبود تعادل شده است؛ به‌طوری‌که اکبری و همکاران (۲۰۱۶) اثر آموزش تعادل در ثبات شاخص پاسچر استاتیک و پویا را پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی حاد نشان دادند که مقدار شاخص‌های پایداری استاتیک پس از آموزش تغییر نیافته است، ولی شاخص‌های پایداری پویا در گروه آموزش تعادل کاهش یافته، اما بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود نداشته است. می‌توان از دلایل احتمالی مطالعه با مطالعه حاضر اجرای آموزش تعادل و همچنین عدم استفاده از تمرینات تعادلی مجازی به نسبت مشابه با مؤلفه تمرینی (تمرینات تعادلی) به-کارگرفته‌شده در مطالعه حاضر بیان کرد. دوچرتی و همکاران (۱۹۹۸) در تحقیقات خود در زمینه تعادل، گزارش نمودند که از جمله دلایل افزایش تعادل ناشی از تمرینات قدرتی، تسهیل و همزمان‌سازی واحدهای حرکتی تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خودمهارى اندام‌های وترى گلژی و همچنین افزایش هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم‌انقباضی می‌باشد. با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب و ابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها، حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر به‌سزایی دارد.^[۳۶]

بررسی مقایسه بین گروهی تأثیر تمرینات تعادلی مجازی همراه با توانبخشی ورزشی بر بهبود تعادل ایستا و پویا ورزشکاران را پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی مفصل زانو نشان داد؛ در گروه تمرینات تعادلی مجازی

منابع

1. Akuthota, V., Nadler, S.F. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil, 2004; 5S:S86-92.
2. Prentice, W.E. Rehabilitation Techniques for Sports Medicine & Athletic Training, 2004;147-150.
3. Gribble, P., Hertel, J., Denegar, C., Buckley, W. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train, 2004;39(4), 321-329.
4. Punakallio, A. Balance abilities of workers in physically demanding jobs: With special reference to firefighters of different ages. J Sports Sci & Med, 2005; 4, 8, 7-14.
5. Ghasemi V. The comparison of dynamic balance in males with different foot . [MSc thesis]. Tehran University, 2009. [In Persian]
6. Kisner, Carolyn. Therapeutic exercise: foundations and techniques / Carolyn Kisner, Lynn Allen Colby. — 5th ed, 2007; 261-264.
7. Gribble P, Hertel J. Considerations for the normalizing measures of the star excursion balance test. Measurements Phys Educ Exer Sci, 2003; 7, 89-100.
8. Spindler KP, Wright RW. Anterior cruciate ligament tear. New England Journal of Medicine. 2008 Nov 13;359(20):2135-42.
9. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. The Journal of bone and joint surgery. American volume. 1984 Sep;66(7):1072-6.
10. Zimny ML, Schutte M, Dabezies E. Mechanoreceptors in the human anterior

- cruciate ligament. The Anatomical Record. 1986 Feb;214(2):204-9.
11. Saposnik G, Levin M, Stroke Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. Stroke. 2011 May;42(5):1380-6.
 12. Saposnik G, Levin M, Stroke Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. Stroke. 2011 May;42(5):1380-6.
 13. Bach-y-Rita P, Levin H, Grafman J. Conceptual issues relevant to present and future neurologic rehabilitation. Neuroplasticity and reorganization of function after brain injury. 2000:357-79.
 14. Wood SR, Murillo N, Bach-y-Rita P, Leder RS, Marks JT, Page SJ. Motivating, game-based stroke rehabilitation: a brief report. Topics in stroke rehabilitation. 2003 Jul 1;10(2):134-40.
 15. Heim M. Virtual realism. New York: Oxford University Press; 1998.
 16. Cunningham D, Krishack M. Virtual reality: a wholistic approach to rehabilitation. Studies in health technology and informatics. 1999;62:90-3.
 17. Nelson DL, Konosky K, Fleharty K, Webb R, Newer K, Hazboun VP, Fontane C, Licht BC. The effects of an occupationally embedded exercise on bilaterally assisted supination in persons with hemiplegia. American Journal of Occupational Therapy. 1996 Sep 1;50(8):639-46.
 18. Bainbridge E, Bevans S, Keeley B, Oriol K. The effects of the Nintendo Wii Fit on community-dwelling older adults with perceived balance deficits: A pilot study. Physical & Occupational Therapy in Geriatrics. 2011 May 23;29(2):126-35.
 19. Hajipoor S, Mohammadipour F, Nikooie R. The Effect of Eight Weeks of Neuromuscular Training on Balance and Prevention of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injury in Boy Adolescent Taekwondo Athletes. J Res Rehabil Sci (2017).7-271(5)13.
 20. Gershburg, M.E. Popov S.N., Haidary M. Proprioceptive training in the rehabilitation of athletes after surgeries and lower limb injuries". Journal of Physiotherapy and sports medicine . (2013). № 7 (115).- Pp:13-19.
 21. Popov S.N., Haidary M., Gershburg M.E., "Proprioceptive and plyometric exercises in the physical rehabilitation of athletes after reconstruction of the anterior cruciate ligament". Journal of "Doktor.Ru". hardware rehabilitation. 2013 № 10 (88).- pp: 31- 36.
 22. Akbari A, Ghiasi F, Mir M, Hosseinifar M. The effects of balance training on static and dynamic postural stability indices after acute ACL reconstruction. Global journal of health science. 2016 Apr;8(4):68.
 23. Haidary M., Gershburg M.E., Popov S.N., "Recovery of sensorimotor control in athletes after surgeries and injuries of the musculoskeletal system ". Journal of Theory and Practice of physical education. 2013. № (12). – Pp: 44.Haidary M. Prevention of recurrent lesions in the rehabilitation of athletes game species sports M., 2012. pp. 69-71.
 24. Sadeghi H, Norouzi H, Karimi Asl A, Montazer M. Functional training program effect on static and dynamic balance in male able-bodied elderly. Iranian Journal of Ageing. 2008 Jul 15;3(2):565-71.
 25. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, DeMaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE, Hannafin JA, Hewett TE. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. The American journal of sports medicine. 2006 Sep;34(9):1512-32.
 26. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. Measurement in physical education and exercise science. 2003 Jun 1;7(2):89-100.
 27. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. Journal of athletic training. 2002 Oct;37(4):501.
 28. Bashiri J, Hadi H, Bashiri M, Rostamkhany H. Comparison effect of six week resistancebalance, velocity- balance and balance training on dynamic balance in active elderly males. J Rehabil Sci. 2009;5(2):104-15. Persian.
 29. Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1995 Feb;21(2):90-3.
 30. Kean CO, Behm DG, Young WB. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jumpheight in recreationally active women. J Sports Sci Med 2006; 5(1): 138-48.
 31. Cynthia AT. The effects of strength and plyometric training on joint position, joint moments and joint stiffness at the knee. Dissertation. Faculty of Brigham young university (Canada), 2004.
 32. Docherty LC, Mopre JH. Effect of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankle. J Athl Train, 1998; 33(4): 315-14.
 33. Marsh Dw, Richard La, Williams LA, linch Kj. The relationship between balance and pitching in college baseball pitchers. J Strength Con Res, 2004; 18(4): 441-56.

34. Young, MD; and Jordan D. Metzl, MAY. Strength Training for the Young Athlete Warren K. MD PEDIATRIC ANNALS, 2010; 39:5 .
35. Docherty LC, Mopre JH. Effect of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankle. J Athl Train, 1998; 33(4): 315-14.
36. Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Kannus P. Effect of a neuromuscular warm-up programme on muscle power, balance, speed and agility: A randomised controlled study. Br J Sports Med 2009; 43(13): 1073-8.