

Effect of Eight Weeks of Selected Aquatic Exercises on Landing Error in Male Athletes Prone to Anterior Cruciate Ligament Damage

Mohsen Shahidi¹, Homan Mino-Nejad^{2*}, Reza Rajabi³, Foad Seyedi⁴

1. PHD student in Sport Injuries & Corrective Exercise of the Tehran University, Alborz Campus, Iran
2. Assistant Professor, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2018.May.23

Revised: 2018. August.21

Accepted: 2018.October.20

Abstract

Background and Aim: The purpose of the present study was to investigate the effect of eight weeks of selected aquatic exercises on the amount of landing error in active men susceptible to anterior cruciate ligament injury.

Materials and Methods: A total of 30 male students of Physical Education susceptible to injury were divided in to two groups of control (no= 15, with the average age of 20.11 ± 1.66 years, height: 178.34 ± 4.67 cm, and weight: 66.68 ± 7.69 kg) and experimental (no= 15, with the mean age of 21.63 ± 2.9 years, height: 179.38 ± 5.24 cm, and weight: 69.01 ± 6.75 kg). Prior to and after the exercise protocol, the LESS error rating system was used to evaluate the risk factors. Then, the experimental group performed the selected exercises in water for eight weeks. In order to analyze the data, paired and independent t-tests were used to examine the differences between and within groups.

Results: The results of statistical analyses showed that selected exercises in aquatic would improve the landing error rate in male athletes susceptible to anterior cruciate ligament injury, while no significant changes were observed in the control group.

Conclusion: The results showed that water practice improves the landing error rate. So, the use of selected exercises in water, along with other training methods, is recommended to improve the rate of landing error and reduce the amount of damage in people who are prone to damage to the anterior cruciate ligament.

Keywords: Exercise in water; Anterior cruciate ligament; Landing error; Active men

Cite this article as: Mohsen Shahidi, Homan Mino-Nejad, Reza Rajabi, Foad Seyedi. Effect of Eight Weeks of Selected Aquatic Exercises on Landing Error in Male Athletes Prone to Anterior Cruciate Ligament Damage. J Rehab Med. 2019; 8(1): 109-118.

Corresponding Author: Homan Minoonejad, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
Email: h.minoonejad@ut.ac.ir

DOI: 10.22037/jrm.2018.111080.1744

اثر هشت هفته تمرین منتخب در آب بر میزان خطای فرود در مردان فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی

محسن شهیدی^۱، هومن مینونژاد^{۲*}، رضا رجبی^۳، فواد صیدی^۴

۱. دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه تهران، پردیس البرز، ایران
۲. استادیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران
۳. استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۰۷/۱۷

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۰۶/۱۵

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۵/۱۸

چکیده

مقدمه و اهداف

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین منتخب در آب بر میزان خطای فرود در مردان فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی بود.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر ۳۰ نفر از دانشجویان پسر رشته تربیت بدنی در معرض خطر آسیب ACL در دو گروه ۱۵ نفره کنترل (با میانگین سنی $20/11 \pm 1/66$ سال، قد $178/34 \pm 4/67$ سانتی‌متر و وزن $66/68 \pm 7/69$ کیلوگرم) و تجربی (با میانگین سنی $21/63 \pm 2/09$ سال، قد $179/38 \pm 5/24$ سانتی‌متر و وزن $69/01 \pm 6/75$ کیلوگرم) قرار گرفتند. قبل و بعد از اجرای پروتکل تمرینی جهت ارزیابی عوامل خطر ساز از آزمون‌های سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS) استفاده شد. سپس گروه تجربی به مدت هشت هفته تمرینات منتخب در آب را انجام دادند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون t زوجی جهت بررسی تفاوت درون گروهی و همچنین از آزمون تی مستقل جهت بررسی میزان تغییرات تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تمرینات منتخب در آب به طور معناداری سبب تغییرات در خطای فرود مردان فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی شد ($P \leq 0/05$)، در حالی که هیچ‌گونه تغییر معناداری در گروه کنترل مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تمرین در آب سبب بهبود میزان خطای فرود می‌گردد؛ لذا کاربرد تمرینات منتخب در آب در کنار سایر روش‌های تمرینی جهت بهبودی میزان خطای فرود و کاهش میزان آسیب در افراد مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی

تمرین در آب؛ رباط صلیبی قدامی؛ خطای فرود؛ مردان فعال

نویسنده مسئول: دکتر هومن مینونژاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه

تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: h.minoonejad@ut.ac.ir

مقدمه و اهداف

آسیب لیگامان صلیبی قدامی شایع‌ترین آسیب لیگامانی زانو می‌باشد^[۱] که در ورزشکاران جوان ۱۵ تا ۲۵ ساله شیوع بیشتری داشته و سازوکار آن حدود ۷۰ درصد به صورت غیربرخوردی و ۳۰ درصد برخوردی است.^[۲] این آسیب علاوه بر هزینه درمان زیاد، سالیانه موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مانند استئوآرتریت (افزایش بیش از ۱۰ برابر)، پارگی مینیسک و نیز مشکلات و مسائل روحی و روانی در ورزشکار می‌گردد.^[۳] آسیب‌های غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی احتمالاً بر اثر افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال است که به صورت چندسطحی اتفاق می‌افتد.^[۴] عوامل خطرزا در این آسیب به دو گروه عوامل درونی و بیرونی تقسیم می‌شود؛ عوامل بیرونی به عوامل انسانی (مانند: حرکات ورزشی خطرناک بازیکنان)، شرایط محیطی (مانند: سطح زمین)، تجهیزات ورزشی (مانند: کفش)، تجهیزات حفاظتی (مانند: ساق بند) بستگی دارد و عوامل درونی به تفاوت‌های آناتومیکی، هورمونی، عصبی-عضلانی و بیومکانیکی اشاره دارد.^[۵] نقص‌های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی عضلاتی هستند که به افزایش بارهای مفصل زانو و رباط صلیبی قدامی منجر می‌شوند.^[۶]

بررسی راستای زانو حین حرکات عملکردی احتمالاً می‌تواند در برآورد تشخیص رباط صلیبی قدامی مهم باشد، اما نکته قابل توجه این است که نتایج برخی پژوهش‌ها^[۶] نشان می‌دهد افزایش زاویه والگوس یا مقدار گشتاور ابدانکتوری زانو نمی‌تواند به تنهایی دلیلی بر انتقال درشتنی به جلو یا به بیرون در یک فرود تلقی شود. اگرچه شواهدی وجود دارد مبنی بر این که افزایش زاویه والگوس و مقدار گشتاور ابدانکتوری زانو، عامل آسیب‌دیدگی رباط صلیبی قدامی است.^[۷] از سوی دیگر نقص و آسیب رباط صلیبی قدامی تأثیر شدیدی بر عملکرد حرکتی زانو و اندام تحتانی فرد می‌گذارد و این نقص موجب فیدبک حسی مؤثری در زانوی آسیب‌دیده می‌شود که می‌تواند کاهش عملکرد و تخریب مفصل زانو را به دنبال داشته باشد.^[۸-۱۰] توجه به عوامل خطر قابل تعدیل، احتمال اثرگذاری تمرینات ویژه بر کنترل این آسیب را پررنگ‌تر می‌سازد. با توجه به مطالعات انجام‌شده^[۱۱-۱۴]، برنامه‌های توانبخشی مختلفی برای اصلاح نقص‌هایی که منجر به آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی می‌شود، طراحی شده است. در تحقیقات پیشین، کنترل عضلانی^[۱۱]، راه رفتن، فعالیت‌های عملکردی و حس عمقی^[۱۲] بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی ارزیابی شده است، در صورتی که اثر عوامل خطرزا آسیب همچون میزان خطای فرود در افراد که مستعد این آسیب باشند کمتر در تحقیقات بررسی شده است.

تمرین درمانی در آب یکی از روش‌های درمانی آسیب رباط صلیبی قدامی است^[۱۴] و دارای ویژگی‌هایی است که آن را از دیگر روش‌ها متمایز می‌سازد. تمرین در محیط آب نیز این امکان را به فرد آسیب‌دیده می‌دهد تا در وضعیتی دور از درد، به انجام تمرینات و فعالیت بدنی بپردازد. خواص فیزیکی و دمای آب نقش مهمی در افزایش یا حفظ دامنه حرکتی مفصل ایفا می‌کنند؛ از این رو حرکت در آب آسان‌تر و با درد کمتری انجام می‌شود. نیروهای برهم‌زننده ثابت و تعادل در آب نیز محیط مناسبی را برای فعالیت‌های تعادلی و به چالش کشیدن سیستم‌های درگیر در تعادل فراهم می‌کنند.^[۱۴] همچنین به علت افزایش زمان عکس‌العمل، تمرینات در محیط آب برای افراد دچار نقصان در تعادل مناسب است، زیرا به دلیل خاصیت ویسکوزیته آب، حرکات آهسته‌تر انجام می‌شود و در نتیجه افراد مدت زمان بیشتری برای ایجاد پاسخ و عکس‌العمل در اختیار دارند.^[۱۵] همچنین نشان داده شده است که به دلیل چگالی آب انجام هر حرکتی در این محیط با مقاومت روبه‌رو می‌شود و این مقاومت باعث کاهش سرعت انجام حرکات و افزایش فعالیت عضلات نسبت به محیط خشکی می‌شود. کاهش تورم و نیروهای وارد بر مفاصل در آب، موجب انجام آسان حرکات در دامنه‌های حرکتی بیشتر می‌شود و اثرات روانی مثبتی مانند افزایش روحیه و اعتمادبه‌نفس افراد را به دنبال دارد.^[۱۵] از آنجا که عضلات در آب برای تثبیت موقعیت‌های مختلف بدن به طور مداوم فعال هستند و حالت استراحت ایستایی وجود ندارد، انجام تمرینات در آب موجب تقویت عضلات می‌شود.^[۱۴-۱۵]

Prentice و همکاران (۲۰۱۱) عنوان کردند که فشار هیدرواستاتیک آب موجب تحریک گیرنده‌های مکانیکی لیگامان‌ها شده که این امر می‌تواند موجب افزایش بهبودی حس عمقی مفاصل شود.^[۱۶] نتایج تحقیق Kim و همکاران (۲۰۱۰) که به مطالعه اثرات تمرین در آب و خشکی بر پارامترهای آسیب زانو پرداختند، در محیط آب و خشکی در فاز اولیه دوران بهبود بعد از صدمات حاد رباط‌های اندام تحتانی در ورزشکاران نخبه تفاوت شایان توجهی را در بین گروه‌های تمرینی نشان داد. با این حال نمودار خطی پیشرفت افراد گروه تمرین در آب نسبت به گروه تمرین در خشکی سرعت بیشتری را نشان داد. این مطالعه نشان داد تمرین در آب موجب بازگشت سریع‌تر ورزشکار به فعالیت ورزشی می‌شود.^[۱۷] همچنین گزارش شده است که فعالیت در آب می‌تواند اختلالات فیزیولوژیکی همراه با استئوآرتریت چون ضعف عضلانی، حس عمقی، تعادل، آمادگی قلبی-عروقی و محدودیت دامنه حرکتی مفصل را بهبود بخشد و از طریق تقویت عضلات اطراف مفصل و کاهش فشار وارد بر آن، در کاهش درد و بهبود کیفیت زندگی مؤثر است.^[۱۸]

پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی به دلیل جلوگیری از ایجاد آسیب‌های ثانویه این آسیب مانند پارگی مینیسک و استئوآرتریت زانو اهمیت ویژه‌ای دارد. مسائل مالی متعاقب آسیب رباط صلیبی قدامی مانند هزینه جراحی، توانبخشی و عوامل روانی-اجتماعی، لزوم به-کارگیری برنامه‌های پیشگیری از آسیب را پررنگ‌تر کرده است. علاوه بر هزینه‌های مالی، از دست دادن کل فصل ورزشی و ناتوانی در

درازدت از عواقب وقوع آسیب رباط صلیبی قدامی می‌باشد. با توجه موارد ذکر شده می‌توان بیان کرد با توجه به بررسی و دانش محقق تاکنون پژوهشی به بررسی اثر تمرین در آب بر عوامل خطرزای آسیب رباط صلیبی قدامی افراد در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی نپرداخته‌اند و همچنین با توجه به نقص پیش آمده در کنترل عصبی-عضلانی زانو در افراد در معرض آسیب رباط صلیبی قدامی محقق بر آن است تا اثر هشت هفته تمرین منتخب در آب را بر میزان خطای فرود (که از عوامل خطرزای آسیب رباط صلیبی قدامی است) در مردان فعال مستعد آسیب رباط متقاطع قدامی زانو بررسی نماید و به این سوال پاسخ دهد که آیا تمرین در آب می‌تواند سبب کاهش خطای فرود شود یا خیر.

مواد و روش‌ها

با توجه به اعمال مداخله، تقسیم‌بندی تصادفی آزمودنی‌ها و وجود گروه کنترل، تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق حاضر، دانشجویان مرد رشته تربیت بدنی دانشگاه پیام نور مرکز قم در معرض خطر آسیب زانو و با سابقه سه سال ورزشی، بودند که از بین آن‌ها ۳۰ نفر از افرادی که دارای شرایط ورود به مطالعه بودند و همچنین در معرض خطر بالا برای آسیب‌های اندام تحتانی (افراد دارای نمره زیر ۱۴ در نمرات آزمون‌های غربالگری عملکردی کوک و همکاران)^[۲۰] بودند، انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره کنترل و تجربی تقسیم‌بندی شدند. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل آسیب قابل توجه منیسک و غضروف مفصلی (گزارش توسط پزشک)، جراحی تنه یا اندام تحتانی، ناهنجاری‌های ستون فقرات (اسکولیوز، کایفوز و لوردوز) (ارزیابی بصری توسط محقق و به وسیله آزمون ارزیابی پوسچر نیویورک)، پارگی لیگامان‌های زانو، وجود آسیب ماندگار در اندام تحتانی مانند تغییرات دژنراتیو در مفصل زانو، میچ پای بی‌ثبات و بدراستایی‌های اندام تحتانی قابل رؤیت (شامل ژنو والگوم، ژنو واروم، ژنو رکورواتوم، کف پای صاف و کف پای گود، مشکلات تعادل و هر گونه بدراستایی‌های اندام تحتانی و وجود آسیب در یک سال گذشته) بودند. پس از شناسایی افراد دارای خطر آسیب-پذیری بالا، آزمودنی‌ها در دو گروه ۱۵ نفره همگن کنترل (با میانگین سنی $20/11 \pm 1/66$ سال، قد $178/34 \pm 4/67$ سانتی‌متر و وزن $69/01 \pm 6/75$ کیلوگرم) به صورت تصادفی، قرار گرفتند. قبل از انجام پروتکل تمرین از همه آزمودنی‌ها جهت بررسی متغیر وابسته آزمون به عمل آمد. سپس هشت هفته پروتکل تمرینات منتخب در آب بر روی نمونه‌های گروه تجربی انجام شد. گروه کنترل نیز در طول اجرای تحقیق تنها به فعالیت‌های روزمره پرداختند.

برنامه تمرینی: پس از گروه‌بندی، آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته) تمرینات خود را انجام دادند، در حالی که گروه کنترل در طول مطالعه از انجام سایر روش‌های تمرینی به جز فعالیت‌ها روزانه (که همزمان با گروه تجربی علاوه بر پروتکل تمرینی انجام دادند) اجتناب کردند. قبل و بعد از پروتکل تمرینی به منظور ثبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون از همه آزمودنی‌ها، آزمون LESS به عمل آمد.

پروتکل تمرینی منتخب در آب، توسط محقق و همکاران و با بهره‌گیری از تحقیقات و مستندات موجود بر اساس اصل ویژگی تمرین متناسب با توانمندی آزمودنی‌های شرکت‌کننده در تحقیق طراحی شد (پیوست ۱). تمرینات کششی برای جلوگیری از وارد شدن آسیب‌های احتمالی به سیستم اسکلتی-عضلانی و آماده‌سازی عضلات و مفاصل برای انجام دادن تمرینات قدرتی انجام می‌شود و به صورت گرم کردن در ابتدا و بازگشت به حالت اولیه در انتهای هر جلسه تمرینی بود. هر جلسه تمرین در آب سه مرحله داشت: مرحله اول، تطابق با محیط آب و گرم کردن شامل حرکات کششی و انعطاف‌پذیری در تمامی مفاصل و گروه‌های عمده عضلانی با تاکید بر اندام تحتانی. مرحله دوم، مرحله انجام تمرینات اصلی (تقویتی، تعادلی و ثبات مرکزی) و مرحله سوم، انجام حرکات کششی، تنفس عمیق و تمرینات شناوری. تمرینات اصلی با هدف تقویت عضلات فلکسور و اکستنسور مفصل زانو، ابدکتور، اداکتور، فلکسور، اکستنسور و روتاتورهای مفصل ران طراحی و انجام شد.^[۱۴] در هنگام اجرای این تمرینات هر آزمودنی بین هر ست یک دقیقه استراحت و بین هر تمرین هم یک تا دو دقیقه استراحت کردند. همچنین در جلسات آخر اجرای پروتکل، مدت زمان اجرای تمرینات اصلی از ۴۰-۳۰ دقیقه به ۵۰ تا ۶۰ دقیقه و تعداد تکرار هر کدام از حرکات منتخب از ۱۵ به ۲۰ تا ۳۰ تکرار افزایش یافت. همچنین هر تمرین در سه ست انجام شد. تمرینات ارائه شده طوری طراحی شد که اصل افزایش بار و شدت تدریجی رعایت شد؛ به طوری که شدت تمرینات در طی پروتکل ثابت ولی حجم (تعداد تکرار و مدت زمان حفظ انقباض) آن‌ها به مرور افزایش پیدا کرد (پیوست ۱).

به منظور ارزیابی خطای فرود از آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS: The Landing Error Scoring System) استفاده شد. برای اجرای این آزمون، به آزمودنی‌ها آموزش داده شد تا به صورت دو پا از یک سکو به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در فاصله ۵۰٪ قد آزمودنی دورتر از سکو که با یک برچسب مشخص می‌شد، پرش داشته باشند و بلافاصله یک پرش عمودی حداکثری پس از فرود انجام دهند (شکل ۱).^[۲۱] آزمودنی باید بین فرود روی سطح زمین و شروع به پرش عمودی مکث نکند. آزمودنی‌ها بازخوردی در مورد تکنیک دریافت نکردند، اما در صورتی که با هر دو پا از روی سکو پرش نداشتند، یا پس از پرش هر دو پای آن‌ها از برچسب مشخص شده عبور نمی‌کردند

و یا تکلیف را در حرکتی روان کامل نکنند، تلاش دیگری را باید جایگزین می کردند. برای اجرای صحیح و راحت به آزمودنی‌ها اجازه داده شد تکلیف پرش-فرود استاندارد شده را در تعدادی که نیاز می بینند (دو تا سه حرکت) تکرار و سپس برای ثبت تلاش‌ها اعلام آمادگی کنند. تکالیف پرش-فرود توسط دو دوربین ویدیویی (دوربین دیجیتال کانن مدل EOS 750D) در صفحه‌های فرونتال و ساجیتال در فاصله سه متری و ارتفاع یک و نیم متر ثبت ویدیویی شد. فیلم‌های ثبت شده توسط آزمونگر با استفاده از فرم امتیازدهی استاندارد LESS و با استفاده از نرم افزار کینوا تجزیه و تحلیل ویدیویی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نهایتاً هر سه تلاش هر آزمودنی به صورت یک امتیاز مرکب، میانگین گیری و به عنوان امتیاز آزمودنی از جمع ۱۷ گزینه در جدول شماره ۱ ثبت شد.^[۲۱]

در جدول شماره ۱ نحوه امتیازدهی این آزمون ارائه شده است. آزمونگر هر دو اندام تحتانی را مورد بررسی قرار داد و اگر یکی از اندام‌های تحتانی خطایی (به عنوان مثال چرخش خارجی پا) نمایش می داد و اندام دیگر نه، در امتیازدهی آزمونگر آن خطا را برای همان گزینه خاص محسوب می کرد. امتیاز نهایی با جمع گزینه‌ها ثبت شد.^[۲۲] پایایی این آزمون در مطالعه حاضر ($r=0.91$) گزارش شد.



تصویر ۱: آزمون LESS

جدول ۱: نحوه امتیازدهی در آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود

خطا	صحیح	گزینه‌ها
نمای ساجیتال		
ارزیابی در اولین تماس پا با زمین		
1=خیر	بله	۱- فلکشن زانو: 30° درجه
1=خیر	بله	۲- فلکشن ران: مفصل ران حالت خمیده داشته باشد.
1=خیر	بله	۳- فلکشن تنه: تنه بر روی ران‌ها خمیده باشد.
1=خیر	بله	۴- پلانتر فلکشن مچ پا: اول پنجه و بعد پاشنه
ارزیابی بین اولین تماس پا و ماکزیمم فلکشن زانو		
1=خیر	بله	۵- جابه‌جایی فلکشن زانو: 45° درجه
1=خیر	بله	۶- فلکشن تنه: خمیدگی تنه بیشتر از لحظه اولین تماس
1=خیر	بله	۷- فلکشن ران: خمیدگی ران بیشتر از لحظه اولین تماس
برداشت کلی		
۱=متوسط ۲=فرود خشک	فرود نرم	۸- جابه‌جایی مفصل در نمای ساجیتال
نمای فرونتال		
ارزیابی در اولین تماس پا با زمین		
1=بله	خیر	۹- فلکشن جانبی تنه: تنه به سمت چپ یا راست خم شده است.
1=خیر	بله	۱۰- والگوس زانو: زانوها بالای پا (Foot) هستند.
1=خیر	بله	۱۱- تماس اولیه پا با زمین: به صورت قرینه و یکسان
ارزیابی در لحظه تماس کامل پا با زمین		
1=بله	خیر	۱۲- موقعیت پا: پنجه به سمت خارج 30° درجه
1=بله	خیر	۱۳- موقعیت پا: پنجه به سمت داخل 30° درجه
1=بله	خیر	۱۴- پهنای ایستادن: کمتر از عرض شانه
1=بله	خیر	۱۵- پهنای ایستادن: بیشتر از عرض شانه
ارزیابی بین اولین تماس پا و ماکزیمم فلکشن زانو		
1=بله	خیر	۱۶- جابه‌جایی والگوس زانو: زانوها به سمت داخل انگشت بزرگ پا
۱=متوسط ۲=ضعیف	عالی	۱۷- برداشت کلی

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون t زوجی جهت بررسی تفاوت درون گروهی و همچنین از آزمون t مستقل جهت بررسی میزان تغییرات تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد. سطح اطمینان ۰/۰۵ برای رد یا قبول فرضیات در نظر گرفته و کلیه محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد. همچنین از آزمون دی-کوهن (Cohen's d) جهت برآورد اندازه اثر (Effect Size) استفاده شد. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ به عنوان اندازه اثر ناچیز، بین ۰/۲ تا ۰/۵، اندازه اثر کم، بین ۰/۵ تا ۰/۸، اندازه اثر متوسط و بیش از ۰/۸ اندازه اثر زیاد ارزیابی شد.

یافته‌ها

جدول ۲ مشخصات توصیفی و همچنین نتایج همگنی گروه‌های مطالعه را نشان می‌دهد. در بخش آمار استنباطی، قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای کسب اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده نرمال بودن داده‌ها بود. جدول ۳ آزمون تی زوجی و میزان تغییرات درون گروهی در گروه‌های تحقیق و همچنین جدول ۴ نتایج آزمون تی مستقل و تغییرات بین گروهی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

شاخص اندازه‌گیری	گروه	M±sd	t	P
سن (سال)	کنترل	۲۰/۱۱±۱/۶۶	۱/۹۴	۰/۱۶۳
	تجربی	۲۱/۶۳±۲/۰۹		
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۷۸/۳۴±۴/۶۷	۱/۷۲۲	۰/۱۹۸
	تجربی	۱۷۹/۳۸±۵/۲۴		
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۶۶/۶۸±۷/۶۹	۱/۸۵۴	۰/۱۷۶
	تجربی	۶۹/۰۱±۶/۷۵		

جدول ۳: مقایسه میزان تغییرات درون گروهی متغیر وابسته "میزان خطای فرود" (گروه کنترل n=۱۵ و تجربی n=۱۵)

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	میزان تغییرات	t	P	اندازه اثر
میزان خطای فرود (آزمون LESS)	تجربی	۹/۱±۱/۴۸	۶/۴±۱/۶۴	-۲۹/۶۷	۲/۶۷۸	*۰/۰۱۸	۰/۶۶
	کنترل	۸/۷±۱/۲۵	۸/۳±۱/۳۰	-۴/۵۹	۰/۱۷۹	۰/۸۶	۰/۰۳

* سطح معناداری $P \leq 0.05$

ابتدا برای بررسی میزان تغییرات درون گروهی گروه‌های تحقیق در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از آزمون t زوجی استفاده شد که تفاوت معناداری در میزان تغییرات درون گروهی میزان خطای فرود در گروه تجربی وجود داشت ($P \leq 0.05$)، اما هیچ‌گونه تفاوت معناداری در گروه کنترل وجود نداشت ($P \leq 0.05$).

جدول ۴: مقایسه میزان تغییرات میانگین بین گروهی میزان خطای فرود (آزمون t مستقل) (گروه کنترل n=۱۵ و تجربی n=۱۵)

متغیر	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	t	P	t	P
میزان خطای فرود (LESS)	۱/۴۸۸	۰/۱۴۹	۲/۳۶۶	*۰/۰۲۶

* سطح معناداری $P \leq 0.05$

همچنین نتایج آزمون t مستقل نشان داد تفاوت معناداری بین میزان تغییرات میزان خطای فرود بین گروه کنترل و تجربی وجود داشت ($P \leq 0.05$).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین منتخب در آب بر میزان خطای فرود در ورزشکاران مرد مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی بود. نتایج تحقیق نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینات منتخب در آب، در میزان خطای فرود (LESS) در گروه تجربی تفاوت معناداری در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون ایجاد شده است که به علت عدم تغییرات در گروه کنترل، این میزان کاهش در میزان خطای فرود را می‌توان به تأثیر تمرین منتخب در آب نسبت داد.

برخی مطالعات نشان داده‌اند آسیب‌های غیربرخوردی زانو، به زوایای آن در سطوح مختلف حرکتی در لحظه فرود از یک پرش وابسته است. نوییس و همکارانش (۲۰۰۷) در مطالعه خود در دختران و پسران بین ۱۹-۱۱ سال گزارش کردند پس از تمرینات عصبی-عضلانی، فاصله بین دو زانو در لحظه پرش و هنگام فرود در هر دو جنسیت به طور معناداری افزایش یافته و به حالت طبیعی خود نزدیک‌تر شده است.^[۲۳] اسپرین رباط صلیبی قدامی در فلکشن ۴۵ درجه زانو و یا کمتر و کاهش در فلکشن ۶۰ درجه زانو و یا بیشتر، افزایش می‌یابد.^[۲۴] محققین گزارش کرده‌اند که آسیب رباط صلیبی قدامی بین زوایای صفر تا ۳۰ درجه رخ می‌دهد. در این زوایای فلکشن پایین، عضلات چهارسر بر خلاف همسترینگ برای کشیدن قدامی تیبا منقبض می‌شود، در حالی که در زوایای فلکشن بیشتر، عضلات چهارسر برای کشیدن خلفی تیبا به صورت سینرژی منقبض می‌شود و در نتیجه استرین اعمالی بر رباط صلیبی قدامی کاهش می‌یابد.^[۲۴] در یک فعالیت سریع که در آن انقباض اکسترنیک عضله چهارسر وجود دارد، به نظر می‌آید یک پیش‌انقباض همسترینگ برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی ضروری باشد. در مانور کاتینگ انقباض قسمت داخلی همسترینگ برای جلوگیری از افزایش والگوس زانو بسیار مهم به نظر می‌آید.

زمانی که فعالیت نامتوازن عضلات فلکسور و اکستنسور زانو باعث عدم انجام فلکشن مناسب حین فرود می‌شود، زانو به ناچار به سمت طرفین (والگوس) تغییر الگوی حرکتی می‌دهد که سبب آسیب‌دیدگی می‌شود.^[۲۵] عدم تعادل در الگوی فعال‌سازی تنها به صورت قدامی

خلفی رخ نمی‌دهد، بلکه به صورت داخلی-خارجی نیز رخ می‌دهد. این فراخوانی نامتعادل بخش خارجی و داخلی چهارسرران و افزایش فعال‌سازی بخش خارجی همسترینگ، موجب فشردگی بخش خارجی مفصل و افزایش نیروی برشی قدامی می‌شود.^[۲۵] هم‌انقباضی عضلات همسترینگ و چهارسرران برای ایجاد ثبات مفصل زانو و پیشگیری از جابه‌جایی قدامی ناشی از اجرای حرکت تیپا لازم است که احتمالاً در اثر اجرای تمرینات منتخب در آب، سبب بهبود در زمان هم‌انقباضی این عضلات و در نهایت سبب کاهش میزان خطای فرود در این افراد شده است.^[۲۵]

از دلایل بهبودی احتمالی کاهش خطای فرود پس از هشت هفته تمرین در آب، می‌توان کاهش محدودیت‌های به وجود آمده برای سیستم حسی-حرکتی در نتیجه اجرای تمرینات را ذکر کرد. در مورد تأثیر مثبت اجرای تمرینات در آب در ورزشکاران مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی، باید به برخی خصوصیات درمانی آب نیز توجه کرد. نیروهای برهم‌زننده تعادل و ثبات در محیط آب امکان فعالیت‌های تعادلی و همچنین به چالش کشیدن سیستم‌های درگیر در تعادل را فراهم می‌کند.^[۱۴] به دلیل افزایش زمان واکنش، تمرینات در محیط آب برای افراد دچار نقصان در تعادل مناسب است، همچنین به علت خاصیت ویسکوزیته آب، حرکات آهسته‌تر صورت می‌گیرد و افراد فرصت بیشتری برای ایجاد پاسخ و عکس‌العمل در اختیار دارند.^[۱۵] همچنین از سازوکارهای احتمالی اثر تمرین در آب می‌توان بیان کرد که انجام تمرینات باعث بهبود عملکرد عضلات می‌شود. قدرت با تولید سفتی در عضله، افزایش حساسیت گیرنده‌های حسی در برابر کشش و کاهش در تأخیر الکترومکانیکی رفلکس کششی دوک‌های عضلانی می‌تواند به بهبود کنترل عصبی-عضلانی منجر و در بهبود کاهش خطای فرود سهیم شود.^[۱۸]

در خصوص تأثیر مثبت انجام تمرینات در آب بر ورزشکاران مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی باید به برخی خصوصیات درمانی ویژه آب توجه کرد؛ شناوری بر ضد جاذبه عمل می‌کند و به وسیله کاهش نیروهای فشارآورنده روی مفصل، وزن بدن را کاهش می‌دهد. آب اندام آسیب‌دیده را به گونه‌ای حمایت می‌کند که بدون افزایش درد در وضعیت راحتی قرار گیرد.^[۱۸] همچنین خواص فیزیکی و دمای آب نقش مهمی در افزایش یا حفظ دامنه حرکتی مفصل ایفا می‌کند؛ از این رو حرکت در آب آسان‌تر و با درد کمتری انجام می‌شود.^[۱۴-۱۵] نیروهای برهم‌زننده ثبات و تعادل در آب نیز محیط مناسبی را برای فعالیت‌های تعادلی و به چالش کشیدن سیستم‌های درگیر فراهم می‌کند. از سوی دیگر، به دلیل چگالی آب انجام هر حرکتی در این محیط با مقاومت روبه‌رو می‌شود و این مقاومت باعث کاهش سرعت انجام حرکات و افزایش فعالیت عضلات نسبت به محیط خشکی می‌شود. کاهش تورم و نیروهای وارد بر مفاصل در آب، موجب انجام آسان حرکات در دامنه‌های حرکتی بیشتر می‌شود و اثرات روانی مثبتی مانند افزایش روحیه و اعتمادبه‌نفس ورزشکاران را به دنبال دارد.^[۱۸] از آنجا که عضلات در آب برای تثبیت موقعیت‌های مختلف بدن به طور مداوم فعالان هستند و حالت استراحت ایستایی وجود ندارد، انجام تمرینات در آب موجب تقویت عضلات و در نتیجه احتمالاً سبب کاهش خطای فرود می‌شود.^[۱۹]

تحقیقات نشان داده که آسیب رباط صلیبی قدامی در حدود کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه رخ می‌دهد، در حالی که فعال‌سازی عضلات رفلکسی حدوداً ۱۲۸ میلی‌ثانیه به طول می‌انجامد. این نتایج بیانگر این است که آسیب رباط صلیبی قدامی خیلی سریع‌تر از پاسخ رفلکسی عضلانی برای پیشگیری رخ می‌دهد.^[۲۷] این فعالیت عضلانی اولیه ممکن است از طریق عملکرد دوک‌های عضلانی فعالیت رفلکسی عضلات را بهبود بخشیده و با شناسایی سریع‌تر اغتشاشات غیرمنتظره ریسک آسیب لیگامانی را کاهش دهد. احتمالاً تمرینات استفاده‌شده در مطالعه، تغییراتی در فعال‌سازی عضلانی و برنامه‌ریزی فیدفوراردی را از طریق سازگاری‌های عصبی-عضلانی به رفلکس کششی، الاستیسیته عضلات و ارگان‌های گلژی تاندونی ایجاد کند.^[۲۷] احتمالاً تمرینات آبی مورد استفاده در مطالعه حاضر منجر به کاهش نیروی عکس‌العمل زمین، کاهش ابداعش ران و گشتاور داکشن ران در حین فرود، افزایش توان عضلانی اندام تحتانی و کاهش رخداد آسیب‌های جدی زانو شود. با توجه به نقص‌های عصبی-عضلانی و تسلط کوادرپسپس، شاید تمرینات استفاده‌شده در مطالعه حاضر توانسته باشد این عوامل خطر را کنترل کند. البته مشخص نیست که تمرین منتخب در آب به صورت منحصر به فرد، آیا می‌تواند عواملی چون زمان عکس‌العمل و انقباض‌پذیری را افزایش دهد یا خیر که در این زمینه نیاز به تحقیقات بیشتر می‌باشد. در نهایت می‌توان بیان کرد ماهیت تمرینات و مدت اجرای آن‌ها عامل بسیار مهمی است که در بیشتر مطالعات، به ویژه مطالعاتی که در موقعیت‌های خاصی مانند محیط آب انجام می‌شود با محدودیت‌های بسیاری روبرو است.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر شواهدی مبنی بر اثر مثبت تمرینات منتخب در آب بر عوامل خطرزای آسیب رباط صلیبی قدامی ارائه داد؛ از این رو با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد تمرینات منتخب در آب در ورزشکاران مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی می‌تواند عوامل خطر قابل تعدیل آسیب رباط صلیبی قدامی نظیر عوامل بیومکانیکی و عصبی-عضلانی را کاهش دهد. همچنین از تمرینات منتخب در آب می‌توان به عنوان یک روش تمرینی کم‌هزینه، ایمن، انجام‌پذیر و ثمربخش در کنار سایر روش‌های تمرینی جهت کاهش خطر آسیب لیگامنت صلیبی قدامی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از کلیه دانشجویان عزیز و سایر همکاران و اساتید گرانقدر که ما را در انجام پژوهش حاضر یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Nagano Y, H Ida, Akai M, Fukubayashi T. Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *The Knee*, 2007; 14(3): 218-223.
2. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynonn BD, DeMaio M. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sport Med*, 2006; 34(9): 1512.
3. Norris CM. *sports injuries: Diagnosis and management*: Butterworth Heinemann, 2004: 33- 45.
4. Boden BP, Torg JS, Knowles SB. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sport Med*, 2009; 37:252-259.
5. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD, Ford KR. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sport Med*, 2005; 33(4): 492-501.
6. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *J Athl Train*, 2004; 39(4): 352-364.
7. 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): 352-364.
8. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am. J. Sports Med*; 1982; 10: 329-335.
9. DiStefano, L. J. Padua, D. A. DiStefano, M. J. Marshall, S. W. Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. *Am J Sports Med*. 2009; 37: 495-505.
10. Dennis, J. C. Harmer, P. Schiff, M. *Epidemiology of injury in Olympic Sports*. An IOC Medical Commission Publication by Blackwell Publishing Ltd, City of Hoboken, the state of New Jersey, 2010.
11. Ghez C. Posture. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. *Principles of Neural Science*. New York, NY: Elsevier Science. 1991; 596-607.
12. Lephart SM, Kocher MS, Fu FH, Borsa PA, Harner CD. Proprioception following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil*.1992; 1:188-196.
13. Olsen, O. E. Myklebust, G. Engebretsen, L. Bahr, R. Injury pattern in youth team handball: A comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports*, 2006; 16:426-432.
14. Babakhani F, Roomiani S, Khamoshian K, Rezaei J. Effect of aquatic and land-based exercise programs on the pain and motor function of weight lifters with patellofemoral pain syndrome, *J Kermanshah Univ Med Sci*. 2015; 19(4): 173-80. [In persain]
15. Yalfani A, Raeisi Z. Comparison of two methods of strengthening the quadriceps muscle in drought and water environment on pain, performance, static and dynamic balance of women with patellofemoral pain syndrome. *Sports Medicine Studies*, 2013, 13: 91-108. [In prsaiian]
16. Prentice. William E. *Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training*. McGraw-Hill Humanities, 2011; PP: 318-336.
17. Kim E, Kim T, Kang H, Lee J, Childers MK.(2010). Aquatic Versus Land-based Exercises as Early Functional Rehabilitation for Elite Athletes with Acute Lower Extremity Ligament Injury: A Pilot Study.*Journal of PM R*; 2: 703-712.
18. Malekzadeh M, Ghasemi B, Mirmasuri R. Effect of aquatic exercises on the motor performance and the quality of life in patients with knee joint osteoarthritis, *Hormozgan Medical Journal*, 18(3): 212-218. [In Persian]
19. Hinman RS, Heywood SE, Day AR. Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of a singleblind randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2007;87: 32-43.
20. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *N Am J Sports Phys Ther* 2006; 1(2): 62-72.
21. Padua DA. et al. The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury-Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *Journal of Athletic Training* 2015;50(6):589-595.
22. Mohammadi H, Daneshmani M, Shams-Majalan A. Investigating neuromuscular screening tests that are effective in non-invasive injury of the anterior cruciate ligament (marijuana article), *Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*.2014; 20(2): 85-105. [In persian]
23. Noyes, F. R. Barber-Westin, S. D. 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. *Is J Sports Med*. 2005; 33: 378-387.
24. Chappell, J. Yu, B. Kirkendall, D. Garrett, W. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American Journal of Sports Medicine*; 2002; 30: 261-7.

25. Rozzi S, Lephart S, Gear W, and Fu F. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 1999(27): 312-319.
26. Ford, K. Myer, G. Hewett, T. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*; 2003; 35(10): 1745-1750.
27. proprioception on knee injury. *The American Journal of Sports Medicine*; 2007; 35(3): 368-73.
28. Krosshaug T, Nakamae A, and Boden BP. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *American Journal of Sports Medicine*, 2007. 35(3): 359-367.