Studies of Body Posture and Sports Injuries

The effect of virtual reality training on fear of re-injury and LESS score in people with ACL injury

Neda Mohajerinejad[1], Ahmad Nikravan[2*], Ataalah Barati[3]

1. Faculty of Human Sciences, Department of Sports Sciences, Semnan University, Semnan, Iran
2. Faculty of Human Sciences, Department of Sports Sciences, Semnan University, Semnan, Iran
3. Faculty of Sports and Health Sciences, Tehran University, Tehran, Iran

Abstract

Introduction and aim: The aim of the present study was to study the effect of virtual reality exercises on fear of re-injury and LESS score in people with ACL injury of the knee joint.

Methods: The statistical population of this research was all girls with ACL injury in Tehran city with an age range of 18-25 years. In this study, 30 people were selected purposefully and based on the criteria for entering the study to prevent the possible impact of dropping out of the subjects. Before and after the fear of re-injury training protocol, Tempa's fear of re-injury questionnaire and landing error scoring system test were used to evaluate movement pattern correction. The training protocol was carried out for six weeks in the experimental group. In order to check the intra-group difference, paired t-test was used, and to check the difference between groups, analysis of covariance test was used at the error level of 0.05 using SPSS software.

Results: The results of the paired t-test showed that in the experimental group before and after participating in the virtual reality training course, in the variable of fear of re-injury (P=0.001, t=7.632) and LESS score (P=0.001) , (t=3.506) there was a significant difference, but no significant difference was observed in the control group (P>0.05).

Conclusion: In general, the results of this study show the importance of using virtual reality exercises in improving the jump-landing pattern and reducing the fear of re-injury in female athletes with ACL injuries.

Key words: Athletes, ACL injury, movement pattern correction, fear of movement, virtual reality

* Corresponding Author; E-mail: ahmad_namnik@semnan.ac.ir
DOI: 10.48308/POSTURE.2024.234862.1024
Submit date : 2024/02/19 Accept date : 2024/03/06

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تأثیر تمرینات واقعیت‌مجازی بر میزان ترس از آسیب مجدد و نمرهٔ سیستم خطای فرود در افراد دارای آسیب ACL

ندا مهاجری نژاد[۱]، احمد نیک روان[۲*]، عطاالله براتی[۳]

۱. دانشکده علوم انسانی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
۲. دانشکده علوم انسانی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
۳. دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر مطالعهٔ تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر ترس از آسیب مجدد و نمرهٔ سیستم خطای فرود در افراد دارای آسیب **ACL** مفصل زانو بوده است.
روش شناسی: جامعهٔ آماری این پژوهش تمام دختران دارای آسیب **ACL** در شهر تهران با دامنهٔ سنی ۱۵ تا ۲۵ سال بود. در این پژوهش برای پیشگیری از تأثیر احتمالی ریزش آزمودنی‌ها، ۳۰ نفر به‌صورت هدفمند و براساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند. قبل و پس از پروتکل تمرینی ترس از آسیب مجدد به‌وسیلهٔ پرسش‌نامه ترس از آسیب مجدد تمپا و آزمون سیستم امتیازدهٔ خطای فرود برای ارزیابی اصلاح الگوی حرکتی استفاده شد. پروتکل تمرینی به‌مدت شش هفته در گروه تجربی انجام شد. برای بررسی تفاوت درون‌گروهٔ از آزمون تی زوجی و برای بررسی تفاوت بین‌گروهٔ از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح خطای ۰/۰۵ به‌وسیلهٔ نرم‌افزار **SPSS** استفاده شد.
یافته‌ها: نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که در گروه تجربی پیش و پس از شرکت در دورهٔ تمرینی واقعیت مجازی، در متغیر ترس از آسیب مجدد (**P**=۰/۰۰۱، **t**=۷/۶۳۲) و نمرهٔ سیستم خطای فرود (**P**=۰/۰۰۱، **t**=۳/۵۰۶) تفاوت معناداری وجود داشت، اما در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد (**P**>۰/۰۵).
نتیجه‌گیری: به‌صورت کلی نتایج این مطالعه نشان‌دهندهٔ اهمیت استفاده از تمرینات واقعیت مجازی در بهبود الگوی پرش– فرود و کاهش ترس از آسیب مجدد در ورزشکاران دختر دارای آسیب **ACL** بوده است.
واژگان کلیدی: ورزشکاران، آسیب **ACL**، اصلاح الگوی حرکت، ترس از حرکت، واقعیت مجازی

مقدمه

در دنیای امروزی با گسترش تعداد ورزشکاران و علاقه‌مندان به فعالیت بدنی و ورزش، مقدار آسیب‌های ورزشی نیز افزایش یافته است. آسیب لیگامنت صلیبی قدامی در بین ورزشکاران جوان و نوجوان یکی از بارزترین نمونه آسیب ورزشی محسوب می‌شود (۱). گزارش شده است که این آسیب در ورزشکاران جوان دامنهٔ سنی ۱۵–۲۵ ساله شیوع بیشتری داشته و ۷۰ درصد این نوع آسیب از نوع مکانیسم غیربرخوردی بوده است (۲). شیوع این آسیب در ایالت متحد امریکا به‌ازای هر ۳۰۰۰ نفر، یک آسیب است که در مجموع ۲۵۰ هزار نفر در سال به این آسیب مبتلا می‌شوند (۳). ازآنجاکه آسیب ACL[1] موجب محدودیت در فعالیت‌های روزمره و کاهش شرکت در فعالیت ورزشی ورزشکاران شده و در نهایت بر سطح کیفی زندگی فرد آسیب‌دیده اثرگذار است، توجه به عوارض کوتاه‌مدت فیزیکی- روانی و اجتماعی این آسیب ضروری است (۴).

نویسنده مسئول: دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
ایمیل: ahmad_namnik@semnan.ac.ir
تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

1. Anterior cruciate ligament

احتمالاً افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال از عوامل آسیب‌های غیربرخوردی ACL است که به‌صورت چندسطحی رخ می‌دهد. چندین سازوکار را برای وقوع آسیب ACL بیان کرده‌اند که به‌طور کلی در دو گروه عوامل داخلی (آناتومیکی هورمونی، نوروماسکولار) و عوامل خارجی (اغتشاشات بدنی و بصری، بریسینگ، نوع کفش، سطح زمین و مانند آن) تقسیم بندی می‌شوند (۵). آسیب‌های غیربرخوردی ACL معمولاً حین کاهش شتاب، فرود- پرش، یا هنگام چرخش و آماده شدن برای انجام مانورهای پرشی رخ می‌دهند. این آسیب علاوه‌بر هزینهٔ زیاد درمانی سالیانه، موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مثل استئوآرتریت[1] (افزایش بیش از ده برابر) پارگی مینیسک و نیز مشکلات و مسائل روانی در فرد شده است (۶). با وجود پیشرفت‌های مداوم در تکنیک‌های جراحی و توان‌بخشی، نتایج پس از جراحی کمتر از حد مطلوب بوده است و تقریباً ۴۰٪ افراد میزان کاهش فعالیت نسبت به قبل از آسیب و کاهش کیفیت زندگی پس از جراحی را نشان داده‌اند (۷). عوامل گوناگونی در بازگشت فرد به ورزش در هر آسیب، از جمله آسیب ACL وجود دارد و می‌توان به توان‌بخشی کافی بعد از عمل، توجه به مسائل روان‌شناختی و عملکردی ورزشکار اشاره کرد (۸). تلاش برای بازگشت فرد به ورزش یا همان توان‌بخشی پس از آسیب یک روند جسمانی و روانی است که باید هم مسائل روان‌شناختی و هم مسائل جسمانی را لحاظ کرد (۹).

به‌دلیل افزایش زمان روند توان‌بخشی آسیب ACL، افراد آسیب‌دیده به‌طور کامل آمادگی روانی برای شرکت در برنامهٔ توان‌بخشی را ندارند و عوامل روان‌شناختی، افکار، احساسات و اقدامات ممکن است از عوامل مؤثر بر پیامدهای فرایند بازگشت به ورزش تأثیرگذار باشد (۱۰). ترس از آسیب مجدد[2] از عوامل روان‌شناختی مهم در بهبودی بعد از جراحی ACL در نظر گرفته می‌شود (۱۱). ترس از آسیب مجدد یک احساس آسیب‌پذیری به آسیب دردناک یا آسیب مجدد است که موجب ایجاد یک ترس ناتوان‌کننده از فعالیت حرکتی و حرکت جسمانی می‌شود و از عوامل روان‌شناختی مؤثر محسوب می‌شود (۱۱) ورزشکارانی که به آسیب ACL مبتلا می‌شوند، به‌رغم جراحی بازسازی و توان‌بخشی، احتمال وقوع دوبارهٔ این آسیب در آن‌ها به‌شدت افزایش یافته است (۴). ورزشکارانی که تلاش می‌کنند به فعالیت بازگردند، در معرض خطر فوق‌العاده بالایی از آسیب مجدد، ۳۰ تا ۴۰ برابر بیشتر نسبت به افراد بدون سابقهٔ آسیب هستند (۱۲). ترس از آسیب مجدد در مشخص کردن بازهٔ زمانی بازگشت ورزشکاران به فعالیت ورزشی، مهم تلقی می‌شود و از جمله عوامل مرتبط با پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، توان‌بخشی و بازگشت به روند ورزش همین ترس از آسیب مجدد است (۱۳)؛ چون ممکن است سبب امتناع از اجرای حرکات فنی خاص و کاهش عملکرد حرکتی در ورزشکار شود

1. Osteoarthritis

2. fear of re-injury

(۸). الگوهای حرکتی جبرانی همانند کاهش فلکشن لگن و ران، افزایش ادداکشن ران و لترال فلکشن تنه در زمان فرود در اجراهای حرکتی است که افراد دارای ترس از حرکت اتخاذ می‌کنند (۱۴). این عملکردهای جبرانی از سازوکارهای متداول آسیب ACL است که میزان خطای فرود را افزایش می‌دهند (۱۴). ازاین‌رو می‌توان چنین اظهار داشت که ترس از آسیب مجدد یک احساس و عامل روان‌شناختی قدرتمند در بازگشت به ورزش و فعالیت بعد از بازسازی ACL است (۸).

برای رفع مشکلات روان‌شناختی، از جمله ترس از آسیب مجدد، علاوه‌بر درمان دارویی و جسمانی، مداخلات روان‌شناختی متعددی طی سال‌های متوالی ابداع شده است (۱۳). همچنین برنامه‌های توان‌بخشی مختلفی برای اصلاح نقص‌هایی که به آسیب غیربرخوردی ACL منجر می‌شود، طراحی شده است. در تحقیقات پیشین، کنترل عضلانی، راه رفتن، فعالیت‌های عملکردی، تعادل و حس عمقی بعد از بازسازی ACL ارزیابی شده است (۱۵)، درصورتی‌که اثر عوامل مؤثر در بروز آسیب مجدد همچون میزان خطای فرود در افراد که مستعد این آسیب باشند کمتر در تحقیقات بررسی شده است.

توان‌بخشی واقعیت مجازی[1] یکی از فنّاوری‌های نوین درمانی است که مسیرهای تازه‌ای را برای توان‌بخشی فراهم می‌کند که مطالعات، اثربخشی آن را نسبت به روش‌های سنتی نشان می‌دهد (۱۶). اگزرگیم‌ها[2] بازی‌های ویدئویی فعالی هستند که در آن بازیکنان از حرکات بدن خود برای کنترل آواتار استفاده می‌کنند، در شرایطی که آواتار حرکات بدن بازیکن را بر روی صفحه‌نمایش شبیه‌سازی می‌کند. با توجه به این ویژگی‌های فنی منحصربه‌فرد، اگزرگیم به‌طور گسترده‌ای در فیلم‌سازی، رسانه‌های سرگرم‌کننده، فعالیت‌های ورزشی، آموزش، تمرین و اوقات فراغت مورد استفاده قرار گرفته است (۱۷). توان‌بخشی حرکتی مجازی به‌عنوان یک بازی مفرح و لذت‌بخش مورد توجه قرار گرفته و بیمار به‌وسیلهٔ استفاده از آن، میل و رغبت بیشتری به تمرینات توان‌بخشی نشان می‌دهد. تمرینات حرکتی مجازی اطلاعاتی دربارهٔ موقعیت بدن در وضعیت‌های مختلف و مرکز فشار بدن برای بیماران فراهم می‌کند. این امر امکان تنظیم دستگاه‌های توان‌بخشی مجازی برای افزایش و سنجش تعادل به وجود می‌آورد (۱۶). همچنین عنوان شده است زمانی که کاربر به‌جای ناتوانی خود بر بازی تمرکز می‌کند، تمرین لذت‌بخش‌تر و مفرح‌تر شده و با انگیزه و پشتکار بیشتری دنبال خواهد شد (۱۸). 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 و درمانگران تمایل دارند تأکید خود را روی بازخوردهای مرتبط با نتایج حرکت از طریق تمرینات واقعیت مجازی قرار دهند.

این ویژگی‌ها در تمرینات تعادلی مبتنی بر غیر از بازی‌های واقعیت مجازی مشاهده نمی‌شود. براساس یک تعریف واقعیت مجازی یک سیستم تعاملی

1. virtual reality
2. Exergame

دوجانبه است که با ایجاد مجموعه‌ای از تصورات، کاربر را وارد دنیای مجازی می‌سازد (۴).

این روش توان‌بخشی نوین اخیراً در جوامع مختلف همانند سالمندان (۱۹)، افراد دارای آسیب مچ پا (۲۰)، افراد دارای آسیب اسکلتی- عضلانی (۲۱) و افراد مبتلا به ACL (۲۲) بررسی می‌شود و به‌اتفاق بر نتایج مؤثر این توان‌بخشی بر تعادل و عوامل مؤثر عملکرد حرکتی تأکید کرده‌اند. در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مطالعات گذشته علاوه‌بر توجه به عوامل جسمانی، سعی در بررسی عوامل روان‌شناختی نیز داریم؛ در پژوهش‌های گذشته به اهمیت بررسی اثر این پروتکل بر ترس از آسیب مجدد و نمرهٔ سیستم خطای فرود افراد دارای آسیب ACL پرداخته نشده است؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر مطالعه تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر ترس از آسیب مجدد و نمرهٔ سیستم خطای فرود در افراد دارای آسیب ACL مفصل زانو خواهد بود.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی هست که در آن تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر میزان ترس از آسیب مجدد و اصلاح الگوی حرکت در افراد دارای آسیب ACL بررسی شد. جامعهٔ آماری این پژوهش تمام دختران دارای آسیب رباط صلیبی قدامی زانو (ACL) در شهر تهران با دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۲۵ سال بود. حداقل حجم نمونهٔ آماری با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در مطالعات گذشته ۱۳ نفر بود؛ اما در این پژوهش برای پیشگیری از تأثیر احتمالی ریزش آزمودنی‌ها، ۳۰ نفر به‌صورت هدفمند و براساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند. در ادامه برای رعایت همگنی شرکت‌کنندگان دو گروه و اینکه گروه‌ها از نظر اطلاعات دموگرافیک یکسان باشند تا تفاوت‌های فردی بر نتایج تأثیر نگذارد، آزمودنی‌ها را براساس نمرات پیش‌آزمون و ویژگی‌های مورد نظر در بررسی اولیه، به روش تصادفی جفت‌شده، به دو گروه ۱۵ نفری تجربی (واقعیت‌مجازی) و ۱۵ نفری کنترل تقسیم شدند. درنهایت گروه‌بندی به‌نحوی بود که تفاوت‌های اولیهٔ گروه‌ها حداقل باشد و از سوگیری نتایج جلوگیری شود. در این راستا انتساب تصادفی هر زوج از شرکت‌کنندگان با نمرات یکسان پیش‌آزمون به روش تصادفی ساده با استفاده از پاکت مهروموم به یکی از دو گروه مورد نظر اختصاص یافت. معیارهای ورود به این پژوهش شامل ۱) جنسیت دختر با دامنهٔ سنی ۱۸–۲۵ سال، ۲) داشتن آسیب رباط صلیبی قدامی زانو، ۳) نداشتن درد و تورم در ناحیهٔ زانو، ۴) داشتن ترس از آسیب مجدد متوسط تا زیاد براساس مقیاس ترس از حرکت تمپا[1]، ۵) نداشتن ناهنجاری‌های واضح اندام تحتانی (آنتی‌ورژن ران، زانو ضربدری، زانو پرانتزی، چرخش درشت نی)، ۶) نداشتن سابقهٔ آسیب‌دیدگی ماندگار در اندام تحتانی در یک سال گذشته، ۷) عدم شرکت و حضور در برنامهٔ توان‌بخشی دیگر، ۸) توانایی اجرای پروتکل تمرینی در گروه تجربی واقعیت مجازی، ۹) تکمیل فرم رضایت‌نامه فردی شرکت در پژوهش و رضایت

1. Tempa

برای حضور منظم در فرایند پژوهش و معیارهای خروج از پژوهش شامل ۱) هرگونه اختلالی که کنترل عصبی عضلانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ۲) عدم رعایت پروتکل‌های بهداشتی، ۳) ایجاد آسیب در طول دورهٔ درمانی و یا در فعالیت‌های تمرینی، ۴) ابتلا به بیماری کرونا (کووید-۱۹) و غیبت از فرایند پژوهش، ۵) غیبت در دو جلسهٔ متوالی و یا سه جلسهٔ تمرینی از کل برنامهٔ تمرینی (۲۳)، ۶) نداشتن تمایل به ادامهٔ پژوهش و انصراف از فرایند پژوهش است.

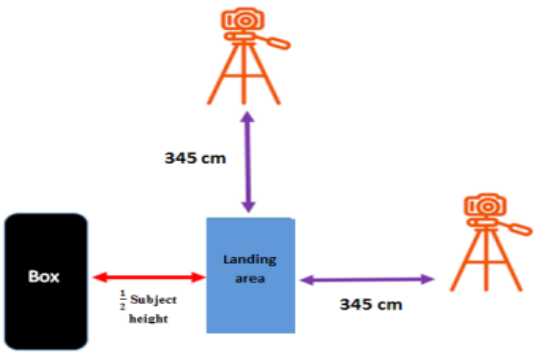
برای ثبت اطلاعات فردی آزمودنی‌ها از فرم ثبت اطلاعات فردی و برای اطمینان از رضایت آنها به‌منظور شرکت در پژوهش از فرم رضایت‌نامه برای شرکت در پژوهش استفاده شد. از قدسنج و ترازوی دیجیتالی SECA به‌ترتیب برای اندازه‌گیری قد و وزن استفاده شد. برای ارزیابی ترس از آسیب مجدد آزمودنی‌ها از پرسش‌نامهٔ ترس از آسیب مجدد تمپا استفاده شده است. ضریب آلفای کرونباخ برای کل آزمون با ۱۱ عبارت برابر است با a=۰/۸۲، برای باور به آسیب‌دیدگی که شامل ۶ عبارت است با a=۰/۸۲ و برای عامل اجتناب از فعالیت با ۵ عبارت برابر است با a=۰/۸۲ است (۲۴). همچنین در این پژوهش برای انجام تمرین رایانه‌ای حرکتی از ایکس‌باکس کینکت (Exergaming) که شامل حس‌گر کینکت[1] و کنسول است، استفاده شد. پس از اجرای مرحلهٔ پیش‌آزمون، آزمودنی‌های پژوهش که در گروه تجربی بودند، تمرینات واقعیت مجازی را به‌مدت شش هفته اجرا کردند. پروتکل تمرینی به‌مدت شش هفته، هر جلسهٔ ۴۰ تا ۵۰ دقیقه استفاده شد. برای پروتکل تمرینی استفاده‌شده در این پژوهش از تمرینات بوکس، تنیس روی میز، اسکی، فوتبال، گلف و فوتبال آمریکایی استفاده شد. همچنین گروه کنترل به فعالیت روزمره پرداختند (۲۵).

1. Kinect

جدول ۱ - پروتکل استفاده‌شده در این پژوهش

بازی	محتوای تمرینی بازی الکترونیکی	حرکات انجام شده
بوکس	بازیکنان تشویق شدند که از دست چپ و راست خود برای مشت زدن و دفاع کردن با هر دو دست در سر و سطح بدن استفاده کنند	حرکت فعال اندام فوقانی، تغییر وزن، تمرین تعادل و حرکت فعال اندام فوقانی
تنیس روی میز	بازیکنان تشویق شدند از اندام ها و تنه خود استفاده کنند تا به توپ با استفاده از یک راکت در میز مجازی ضربه بزنند	چرخش تنه، تغییر وزن و آموزش عدم تحمل وزن و تمرین تعادل
فوتبال	بازیکنان تشویق شدند از اندام تحتانیُ، سر و گردن و تنهٔ خود استفاده کنند و به یک توپ با پا ضربه بزنند، درحالی‌که توپ در زمین فوتبال مجازی قرار داشت	حرکت فعال اندام تحتانی (فلکشن ران، دور کردن و چرخش خارجی- داخلی، فلکشن و اکستنشن زانوُ، دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا)، تغییر وزن و آموزش عدم تحمل وزن و تمرین تعادل
گلف	بازیکنان تشویق به استفاده از یک حسگر برای جایگزینی برای باشگاه گلف در یک زمین مجازی شدند. پس از هر نوسان، حرکت به‌سمت پایین توپ گلف نشان داده می‌شود که از فایر عبور می‌کند. ازآنجاکه نوسان کامل و زدن توپ نیاز است انواع مختلف نوسان در دسترس‌اند	حرکت فعال اندام تحتانی، چرخش تنه، تغییر وزن و آموزش عدم تحمل وزن و تمرین تعادل
اسکی	بازیکنان تشویق می‌شوند وزن خود را به‌سمت راست و چپ و بالا و پایین تغییر دهند. شیب مجازی را می‌توان بر روی صفحه نمایش مشاهده کرد؛ بازیکنان باید از برخورد با موانع جلوگیری کنند و از شیب پیروی کنند.	حرکت فعال اندام تحتانی (فلکشن ران، دور کردن و چرخش خارجی- داخلی، فلکشن و اکستنشن زانوُ، دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا)، چرخش تنه، تغییر وزن و آموزش عدم تحمل وزن و تمرین تعادل
فوتبال آمریکایی	بازیکنان تشویق شدند اندام تحتانی خود را به حرکت درآورند. هنگامی که توپ را می‌گیرند، با سرعت ممکن به‌سمت خط پایان حرکت و از بازیکنان حریف در میدان عبور کنند.	حرکت فعال اندام تحتانی (فلکشن ران، دور کردن و چرخش خارجی-داخلی، فلکشن و اکستنشن زانوُ، دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا)، چرخش تنه، تمرین تعادل و تغییر وزن و آموزش عدم تحمل وزن

سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS) ابزار ارزان‌قیمتی است که خطاهای تکنیک فرود را در دامنه‌ای از گویه‌های مشهود در حرکت محاسبه می‌کند (۷). همچنین این سیستم یک ابزار بالینی مورد استفاده برای شناسایی ورزشکارن در معرض آسیب رباط صلیبی قدامی است که این موضوع با تحلیل یافته‌های حاصل از تحلیل کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی تأیید شده است (۲۶، ۲۷). از دو دوربین شرکت کاسیو مدل model EXILIM EX-ZR1000 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. این دوربین‌ها در فاصلهٔ ۳۴۵ سانتی‌متری از روبه رو و پهلو قرار داده شدند.



شکل ۱ – محل قرارگیری دوربین‌ها و فاصلهٔ محل فرود تا جعبه و دوربین‌ها

با بررسی فیلم‌های ضبط‌شده با نرم‌افزار کینوویا[1]، هر دو اندام تحتانی با توجه به ۱۷ مورد مولفهٔ آزمون LESS تحلیل و نمرات نهایی آزمودنی‌ها ثبت شد.

LESS Item	LESS Score
1. Knee-flexion angle at initial contact	Y = 0 N = 1
2. Hip flexion at initial contact	Y = 0 N = 1
3. Trunk-flexion angle at initial contact	Y = 0 N = 1
4. Ankle plantar-flexion angle at initial contact	Y = 0 N = 1
5. Knee-valgus angle at initial contact	Y = 1 N = 0
6. Lateral trunk-flexion angle at initial contact	Y = 1 N = 0
7. Stance width—wide	Y = 1 N = 0
8. Stance width—narrow	Y = 1 N = 0
9. Foot position—toe in	Y = 1 N = 0
10. Foot position—toe out	Y = 1 N = 0
11. Symmetric initial foot contact	Y = 0 N = 1
12. Knee-flexion displacement	Y = 0 N = 1
13. Hip-flexion displacement	Y = 0 N = 1
14. Trunk-flexion displacement	Y = 0 N = 1
15. Knee-valgus displacement	Y = 1 N = 0
16. Joint displacement	Soft = 0 Average = 1 Stiff = 2
17. Overall impression	Excellent = 0 Average = 1 Poor = 2

Abbreviations: N, no; NA, not applicable; Y, yes.

شکل ۲ – نحوهٔ نمره‌دهی مؤلفه‌های آزمون LESS

1. Kinovea

برای تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده از روش آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. در آمار توصیفی برای سازمان‌دهی کردن، خلاصه کردن و توصیف اطلاعات دموگرافیگ، نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون از جداول و نمودار و میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. برای کنترل مفروضات پژوهش و برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلک و برای بررسی برابر بودن واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. برای بررسی تفاوت درون‌گروهی بین میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه از آزمون تی‌زوجی استفاده و در نهایت برای بررسی تفاوت بین‌گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

در این قسمت به توصیف ویژگی‌های آزمودنی‌های تحقیق شامل قد، وزن، سن، شاخص تودهٔ بدنی، سابقهٔ فعالیت و میزان ترس از حرکت آنها پرداخته می‌شود. مشخصات آزمودنی‌ها و نتایج بررسی همگنی گروه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ - توزیع میانگین و انحراف معیار اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها در دو گروه

متغیر	گروه	تعداد	میانگین و انحراف استاندارد	T	سطح معناداری
سن (سال)	تجربی	۱۵	۲۲.۶۶±۳.۴۹	-۰/۴۵۲	۰/۶۵۵
	کنترل	۱۵	۲۳.۰۶±۲.۳۴		
قد (سانتی‌متر)	تجربی	۱۵	۱۶۶.۶۶±۳.۱۳	۰/۰۵۴۷	۰/۹۵۸
	کنترل	۱۵	۱۶۷.۶۰±۳.۶۶		
وزن (کیلوگرم)	تجربی	۱۵	۶۵.۵۳±۴.۵۳	-۰/۷۵۰	۰/۴۵۹
	کنترل	۱۵	۶۶.۶۶±۳.۶۹		
شاخص تودهٔ بدنی(kg/m^2)	تجربی	۱۵	۱۹.۶۶±۱.۳۴	-۰/۷۶۶	۰/۴۵۰
	کنترل	۱۵	۲۰.۰۱±۱.۱۸		
سابقهٔ ورزش (سال)	تجربی	۱۵	۴±۰.۸۴	۱/۶۰۶	۰/۱۲۰
	کنترل	۱۵	۳.۵۳±۰.۷۳		
ترس از آسیب مجدد	تجربی	۱۵	۲۶.۷۳±۲.۱۸	-۰/۷۱۹	۰/۴۷۸
	کنترل	۱۵	۲۷.۴۰±۲.۸۴		

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد تفاوت معناداری میان دو گروه از نظر قد، وزن، سن، شاخص تودهٔ بدنی، سابقهٔ فعالیت و میزان ترس از حرکت پیش از مداخلات وجود ندارد (P>۰/۰۵) و دو گروه در تمامی موارد فوق همگن به‌حساب می‌آیند.

جدول ۳ - نتایج آزمون شاپیرو- ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		آماره	P	آماره	P
ترس از آسیب مجدد	تجربی	۰/۹۳۸	۰/۳۶۳	۰/۹۱۵	۰/۱۶۲
	کنترل	۰/۹۶۰	۰/۶۹۸	۰/۹۴۶	۰/۴۶۶
امتیاز سیستم خطای فرود	تجربی	۰/۹۴۲	۰/۴۰۸	۰/۸۵۹	۰/۱۰۹
	کنترل	۰/۸۴۳	۰/۱۰۴	۰/۹۱۷	۰/۱۷۵

نتایج آزمون شاپیرو- ویلک نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال است (P>۰/۰۵). بررسی تأثیر تمرینات بر متغیرها در سطح بین‌گروهی دو گروه (کنترل و تجربی) از آزمون آنکوا (تحلیل کوواریانس) و در سطح درون‌گروهی از آزمون تی زوجی با سطح معناداری ۹۵٪ و آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ استفاده شد.

همچنین نتایج آزمون لون نشان داد واریانس‌های توزیع داده‌های ترس از آسیب مجدد (P=0/602) و نمرهٔ سیستم خطای فرود (P=0/882) همگن بوده‌اند.

جدول ۴ - نتایج تحلیل کواریانس تأثیر متغیر مستقل و پیش‌بین بر پس‌آزمون (ترس از آسیب مجدد)

متغیر	گروه	میانگین	اختلاف بین‌گروهی	F	Df	P	Eta Squared
ترس از آسیب مجدد	تجربی کنترل	۲۱/۲۶±۱/۹۸ ۲۷/۰۰±۲/۸۲	۵/۷۴	۳/۰۲۶	۱	۰/۰۰۶*	۰/۲۵۳

*مقادیر معنادار

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل در متغیر ترس از آسیب مجدد دختران دارای آسیب ACL وجود دارد (P=۰/۰۰۶) که با بررسی میانگین نمرات مشخص شد آزمودنی‌های گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل امتیاز کمتری را کسب کرده بودند.

جدول ۵ - تفاوت میانگین متغیر ترس از آسیب مجدد در آزمودنی‌ها قبل و پس از اعمال پروتکل تمرینی

متغیر	گروه تجربی			گروه کنترل		
	میانگین و انحراف معیار			میانگین و انحراف معیار		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P
ترس از آسیب مجدد	۲۶/۷۳±۲/۱۸	۲۱/۲۶±۱/۹۸	۰/۰۰۱*	۲۷/۴۰±۲/۸۴	۲۷±۲/۸۲	۰/۳۸۴

*مقادیر معنادار

برای بررسی تفاوت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه به‌صورت مجزا از آزمون تی زوجی استفاده شد که اطلاعات آن در جدول ۵ گزارش شده است. نتایج نشان داد که در گروه تجربی پیش و پس از شرکت در دورهٔ تمرینی واقعیت مجازی، میانگین پرسش‌نامهٔ ترس از آسیب مجدد به‌ترتیب برابر با (۲۶/۷۳±۲/۱۸) (۲۱/۲۶±۱/۹۸) بود و نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که این کاهش مقدار (۵/۴۷) معنادار است (P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که میانگین پرسش‌نامهٔ ترس از آسیب مجدد در گروه کنترل در مرحلهٔ پیش و پس‌آزمون معنادار نیست (P>۰/۰۵).

جدول ۶ – نتایج تحلیل کواریانس تأثیر متغیر مستقل و پیش‌بین بر پس‌آزمون (نمرهٔ سیستم خطای فرود)

متغیر	گروه	میانگین	اختلاف بین‌گروهی	F	Df	P	Eta Squared
نمرهٔ سیستم خطای فرود	تجربی کنترل	۴/۷۳±۱/۱۶ ۶/۴۶±۱/۱۸	۱/۷۳	۱۲/۶۱۰	۱	۰/۰۰۱*	۰/۴۱۶

*مقادیر معنادار

همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل در متغیر اصلاح الگوی حرکت دختران دارای آسیب ACL وجود دارد (P=۰/۰۰۱) که با بررسی میانگین نمرات مشخص شد آزمودنی‌های گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل امتیاز کمتری را کسب کرده بودند.

جدول ۷ – تفاوت میانگین متغیر نمرهٔ سیستم خطای فرود در آزمودنی‌ها قبل و پس از اعمال پروتکل تمرینی

متغیر	گروه کنترل			گروه تجربی		
	میانگین و انحراف معیار			میانگین و انحراف معیار		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P
نمرهٔ سیستم خطای فرود	۶/۸۶±۱/۴۵	۴/۷۳±۱/۱۶	۰/۰۰۳*	۶/۸۰±۱/۳۲	۶/۴۶±۱/۱۸	۰/۰۹۶

*مقادیر معنادار

برای بررسی تفاوت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه به‌صورت مجزا از آزمون تی زوجی استفاده شد که اطلاعات آن در جدول ۷ گزارش شده است. نتایج نشان داد که در گروه تجربی پیش و پس از شرکت در دورهٔ تمرینی واقعیت مجازی، میانگین نمرهٔ سیستم خطای فرود به‌ترتیب برابر با (۶/۱±۸۶/۴۵) (۴/۱±۷۳/۱۶) بود و نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که این کاهش مقدار (۲/۱۳) معنادار است (P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که میانگین نمرهٔ سیستم خطای فرود در گروه کنترل در مرحلهٔ پیش و پس‌آزمون معنادار نیست (P>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر مطالعهٔ تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر ترس از آسیب مجدد و نمرهٔ سیستم خطای فرود در افراد دارای آسیب ACL مفصل زانو خواهد بود.نتایج این پژوهش مشخص کرد که شش هفته تمرینات واقعیت مجازی بر

کاهش ترس از آسیب مجدد زنان دارای آسیب ACL مؤثر و تأثیر معناداری داشته است. با بررسی ادبیات تحقیق به موضوع مشابه با هدف بررسی اهمیت تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر ترس از حرکت آسیب ACL اشاره نشده است و نمی‌توان نتایج را با مطالعات گذشته مقایسه کرد؛ اما در چندین مطالعه، از جمله مطالعات ضیا و همکاران (۲۰۲۱) به اهمیت استفاده از تمرینات ورزشی با اهداف توان‌بخشی بر کاهش ترس از حرکت افراد آسیب‌دیده اشاره شده است که نتایج برگرفته از آن مطالعات با تحقیق حاضر همسو بوده است. ضیا و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تمرینات آرام‌سازی پیش‌روندهٔ عضلانی بر ترس از آسیب مجدد ورزشکاران حرفه‌ای با سابقهٔ بازسازی آسیب ACL تأثیر معناداری داشته است و توانسته که ترس از حرکت افراد آسیب‌دیده را کاهش دهد (۱۳).

احتمالاً مکانیسم اصلی تأثیرگذاری تمرینات واقعیت مجازی در این پژوهش به ویژگی مهم شبیه‌سازها برمی‌گردد. شبیه‌سازها تکلیفی را برای تمرین ارائه می‌کنند که به‌طور فرضی تا حدی با تکلیف معیار که هدف اصلی در فرایند یادگیری است ارتباط دارد (۲۸). یکی از اهداف روان‌شناختی آسیب‌های ورزشی، درگیر شدن مجدد در حرکات ترسناک از طریق قرار گرفتن در معرض شرایط واقعی است (۲۹). این اغلب چالش‌برانگیز است و محیط‌های مجازی فرصت امیدوارکننده‌ای فراهم می‌کنند تا با خیال راحت و تدریجی افراد آسیب‌دیده در معرض حرکاتی قرار بگیرند که در دنیای واقعی از آنها اجتناب می‌کنند. گفتنی است، در حال حاضر تحقیقاتی دربارهٔ استفاده از تمرینات واقعیت مجازی به‌صورت روان‌درمانی برای تأثیر روانی آسیب‌های ورزشی وجود ندارد. ازآنجاکه ترس از آسیب مجدد در آسیب‌های ورزشی می‌تواند اختلال روانی کلی آنها را تعدیل کند (۳۰)، توانایی واقعیت مجازی برای قرار دادن افراد آسیب‌دیده در محیط ورزشی خاص خود می‌تواند آسیب‌های مربوط به آنها به‌دلیل کاهش اضطراب و زمان آماده‌سازی آنها برای بازگشت به ورزش را کاهش دهد.

تمرینات واقعیت مجازی می‌تواند به‌عنوان یک روش کمکی در مداخلات مبتنی بر شواهد برای کمک به ارائه و پذیرش مهارت‌های خودمدیریتی عمل کند (۳۱). هنگامی که تمرینات واقعیت مجازی که با سطح عملکرد بیمار مطابقت دارد و در اثر زمان با شدت پیشرفت می‌کند، افراد را در برنامه‌ها غوطه‌ور می‌کند و اگر افراد به‌صورت آگاهانه در پروتکل فعالیت داشته باشد، می‌تواند به بهبود ترس از حرکت و ناتوانی کمک کند (۳۲). تاکنون، تحقیقات واقعیت مجازی به‌طور برجسته بر دو تکنیک رفتاردرمانی شناختی (۲۹) شامل حواس‌پرتی و قرار گرفتن در معرض درد و فعالیت تمرکز کرده است. به نظر می‌رسد که علاوه‌بر ویژگی شبیه‌سازها، توانایی قرار دادن فرد توسط تمرینات واقعیت مجازی در محیطی که به‌طور مستقیم فرد را در معرض انجام دادن فعالیت بدنی و همچنین در معرض انجام دادن فعالیت‌هایی قرار می‌دهد که قبلاً ترس از شرکت در آن را داشتند، توانسته است که از میزان ترس از حرکت ورزشکاران دارای آسیب ACL بکاهد؛ زیرا فرض تأیید شده است که حواس‌پرتی واقعیت مجازی باعث جلب توجه می‌شود و ظرفیت شناختی کمتری برای پردازش درد (۳۳) و ترس از حرکت

(۳۴) ایجاد می‌کند.

مواجهه‌درمانی از دیگر مکانیسم‌های احتمالی کاهش ترس از حرکت بوده است. واقعیت مجازی و مواجهه‌درمانی برای درد و ترس از حرکت برخلاف حواس‌پرتی، مواجهه‌درمانی توجه را بر محرک‌های ترسناک متمرکز می‌کند و احساس «آنجا بودن» را القا می‌کند (۳۵). یک مطالعهٔ تصادفی نشان داد که ادغام قرار گرفتن در معرض از طریق راه رفتن مجازی هدایت‌شده در فیزیوتراپی به کاهش قابل توجه ترس از حرکت و شدت درد در مقایسه با فیزیوتراپی بدون واقعیت مجازی منجر می‌شود (۳۶). علاوه‌بر این موارد نباید از اهمیت تمرینات واقعیت مجازی بر شادابی افراد چشم‌پوشی کرد. توان‌بخشی حرکتی مجازی به‌عنوان یک بازی مفرح و لذت‌بخش مورد توجه قرار گرفته و بیمار به‌وسیلهٔ استفاده از آن، میل و رغبت بیشتری به تمرینات توان‌بخشی نشان می‌دهند (۱۶) که خود می‌تواند دلیلی برای این باشد که ورزشکاران دارای آسیب ACLبا گذر زمان و لذت بردن از فعالیت، ترس از حرکت خود را که به نسبت قبل از استفاده از واقیعت مجازی داشتند، به فراموشی بسپارند یا آن را کاهش دهند.

همچنین نتایج این پژوهش مشخص کرد که شش هفته تمرینات واقعیت مجازی بر اصلاح الگوی حرکت زنان دارای آسیب ACL مؤثر و تأثیر معناداری داشته است. یافتن راهکارهای توان‌بخشی برای کاهش خطای فرود (کاهش والگوس دینامیک زانو و یا اصلاح الگوی حرکت) از مسائل مهم حیطهٔ توان‌بخشی افراد دارای آسیب ACL است که چندین مطالعه در این زمینه به پژوهش پرداختند و نتایج حاضر با آنها همسو بوده است. ضیا و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر تمرینات آرام‌سازی پیش‌روندهٔ عضلانی بر خطای فرود ورزشکاران حرفه‌ای با سابقهٔ بازسازی آسیب ACL (۳۷)، الموتی و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثربخشی تمرینات بازخوردی بر عملکرد حرکتی، تعادل و حس وضعیت زنان در معرض آسیب ACL (۳۸)، شهیدی و همکاران (۲۰۱۹) اثر تمرین منتخب در آب را بر میزان خطای فرود در افراد فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی (۳۹)، در تحقیقی که مظفری پور و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر هشت هفته برنامهٔ اصلاحی جامع بر حس عمقی مفصل زانو و کیفیت اجرای حرکت اسکات تک‌پا در افراد دارای ناهنجاری دینامیک ولگوس (۴۰)، محمدی و همکاران (۲۰۱۵) بررسی تأثیر تمرینات مداخله‌ای لیگامان صلیبی قدامی بر بهبود نقص‌های عصبی- عضلانی (۴۱) را مورد مطالعه قرار دادند.

در این پژوهش اثر تمرینات واقعیت مجازی بر نمرهٔ سیستم خطای فرود نیز بررسی شد که با پژوهش‌های گذشته مبنی بر مؤثر بودن تمرین‌درمانی با اهداف توان‌بخشی بر اصلاح الگوی حرکت همسو بوده است.

این روش توان‌بخشی نوین به‌تازگی در جوامع مختلف همانند سالمندان (۴۲)، افراد دارای استئوآرتریت زانو و ران (۴۳)، افراد دارای آسیب مچ پا (۴۴)، افراد دارای آسیب اسکلتی- عضلانی (۴۵) و افراد مبتلا به ACL (۴۶) مطالعه شده است. اسدزاده و همکاران (۲۰۲۱) در یک مطالعهٔ مروری، ارزیابی اثربخشی ورزش درمانی مبتنی بر واقعیت مجازی برای برجسته کردن زمینه‌های مطالعات آینده در توان‌بخشی را بررسی کردند. آنها دریافتند که اثرات مثبت ورزش‌درمانی مبتنی بر VR در انواع

شرایط یا اختلالات وجود دارد و با توجه به اهداف درمانی، ورزش‌درمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بیشتر برای بهبود درد (۴۱٪)، توانایی عملکردی (۳۱٪) و قدرت عضلانی (۲۴٪) در نظر گرفته شده است (۴۷) در خصوص مطالعات گذشته در زمینهٔ استفاده از تمرینات واقعیت مجازی بر بهبود اصلاح الگوی حرکت افراد دارای آسیب ACL به‌وسیلهٔ آزمون LESS مطالعه‌ای یافت نشد و به‌تازگی مطالعات در زمینهٔ تعادل، درد، بهبود عملکرد اندام تحتانی، دامنهٔ حرکتی مفصل زانو، کاهش آسیب لیگامنتی و زمان واکنش افراد دارای آسیب ACL بوده است. همانند مطالعات گذشته بر عملکرد جسمانی افراد دارای آسیب ACL، این پژوهش هم مشخص کرد که استفاده از تمرینات واقعیت مجازی می‌تواند بر بهبود اصلاح الگوی حرکت در تکلیف پرش و فرود مؤثر بوده است.

احتمالاً تأثیرپذیری عوامل مؤثر بر تکلیف پرش و فرود با هدف برجسته شبیه‌سازها بر اصلاح الگوی حرکتی برمی‌گردد. شبیه‌سازها تکلیفی را برای تمرین ارائه می‌کنند که به‌طور فرضی تا حدی با تکلیف معیار که هدف اصلی در فرایند یادگیری است، ارتباط دارد (۴۸). علاوه‌برآن نمی‌توان از عوامل در بهبود کنترل حرکتی مفصل زانو در آزمون LESS چشم‌پوشی کرد. عوامل زیادی با والگوس دینامیک زانو مرتبط‌اند و یکی از این موارد تعادل و حفظ وضعیت بدنی است. مطالعات پیشین حاکی از آن است که در ورزشکاران خطر بروز آسیب ACL به‌دلیل نقص در تعادل و کنترل عصبی- عضلانی ضعیف، افزایش پیدا می‌کند (۴۹) که بر تغییر الگوی حرکت اندام تحتانی مؤثر است. در پژوهش حیدری (۲۰۲۱) به مطالعهٔ تمرینات تعادلی مجازی همراه با توان‌بخشی ورزشی بر تعادل ورزشکار دارای آسیب رباط صلیبی قدامی مفصل زانو پرداخته شد. یافته‌ها نشان داد که مقایسهٔ تعادل ایستا و پویا در دو گروه و مقایسهٔ میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه پس از دریافت مداخلات، تفاوت معناداری وجود داشت. حیدری به این نتیجه رسید که به نظر می‌رسد که تمرینات تعادلی مجازی می‌تواند تمرینی چالش‌برانگیز باشد که با اعمال استرس روی ساختمان‌های لیگامنتی، عضلانی- اسکلتی مفصل در چند صفحهٔ حرکتی باعث بهبود تعادل و کاهش آسیب‌های لیگامنتی زانو به‌ویژه پارگی رباط‌های صلیبی قدامی مفصل زانو شود (۵۰). کاراکوک و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر توان‌بخشی مجازی به برنامهٔ توان‌بخشی تسریع شده پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی پرداختند. نتایج نشان داد که بهبودهای مشابهی در نمرات درد، عملکرد، تعادل دو گروه در پایان برنامهٔ درمانی تعیین شد (۵۰).

در یک جمع‌بندی نهایی باید گفت که استفاده از تمرینات واقعیت مجازی در این پژوهش می‌تواند بر کاهش ترس از حرکت و آسیب مجدد ورزشکاران دارای آسیب ACL تأثیر معناداری بگذارد. محققان احتمالاً ویژگی‌های منحصربه‌فرد تمرینات واقعیت مجازی شامل ویژگی شبیه‌سازها، قرار گرفتن در معرض شرایط واقعی، حواس‌پرتی و قرار گرفتن در معرض درد و فعالیت، مفرح و لذت‌بخش بودن استفاده از این ابزار را از دلایل این تأثیرگذاری نام برده‌اند.

منابع

1. Chen J, Lu SL. Prevention and intervention of sports knee joint injury in adolescents. InProceedings of the 2017 International Conference on Manufacturing Construction and Energy Engineering (MCEE 2017) 2017 (pp. 17-18).{Link}

2. 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.{Link}
3. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Doebel SC, Pietrosimone BG. Immediate effects of real-time feedback on jump-landing kinematics. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2015 Feb;45(2):112-8.{Link}
4. Gokeler A, Neuhaus D, Benjaminse A, Grooms DR, Baumeister J. Principles of motor learning to support neuroplasticity after ACL injury: implications for optimizing performance and reducing risk of second ACL injury. Sports Medicine. 2019 Jun 1;49:853-65.{Link}
5. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. The American journal of sports medicine. 2009 Feb;37(2):252-9.{Link}
6. Diekfuss JA, Grooms DR, Yuan W, Dudley J, Foss KD, Thomas S, Ellis JD, Schneider DK, Leach J, Bonnette S, Myer GD. Does brain functional connectivity contribute to musculoskeletal injury? A preliminary prospective analysis of a neural biomarker of ACL injury risk. Journal of science and medicine in sport. 2019 Feb 1;22(2):169-74.{Link}
7. Burland JP, Toonstra J, Werner JL, Mattacola CG, Howell DM, Howard JS. Decision to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction, part I: a qualitative investigation of psychosocial factors. Journal of athletic training. 2018 May 1;53(5):452-63.{Link}
8. Trigsted SM, Cook DB, Pickett KA, Cadmus-Bertram L, Dunn WR, Bell DR. Greater fear of reinjury is related to stiffened jump-landing biomechanics and muscle activation in women after ACL reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018 Dec;26:3682-9.{Link}
9. Ardern CL. Anterior cruciate ligament reconstruction—not exactly a one-way ticket back to the preinjury level: a review of contextual factors affecting return to sport after surgery. Sports health. 2015 May;7(3):224-30.{Link}
10. Forsdyke D, Smith A, Jones M, Gledhill A. Psychosocial factors associated with outcomes of sports injury rehabilitation in competitive athletes: a mixed studies systematic review. British journal of sports medicine. 2016 May 1;50(9):537-44.{Link}
11. Elferink-Gemser MT, Visscher C. SCM te Wierike, A van der Sluis, I van den Akker-Scheek. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2013;23:527-40.{Link}
12. Giesche F, Engeroff T, Wilke J, Niederer D, Vogt L, Banzer W. Neurophysiological correlates of motor planning and movement initiation in ACL-reconstructed individuals: a case–control study. BMJ open. 2018 Sep 1;8(9):e023048.{Link}
13. Zia M, Sahebalzamani M, Rouhollahi V. Effect of Progressive Muscle Relaxation Training in Fear of Re-injury in Professional Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2021 May 22;10(1):7-18.{Link}
14. Razi M, Sadeghi H, Takamejani EE, Shariatzade M. Effect of lower limb muscle fatigue on knee joint control strategies during landing in young men. Sci J Rehabil Med. 2018 Jun 22;7(2):1-0.{Link}
15. Alamouti G, Letafatkar A. Effect of Movement Pattern Correction on Performance, Balance, and Proprioception in Active Females Prone to Anterior Cruciate Ligament Injury. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020 Mar 20;9(1):102-13.{Link}
16. 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.{Link}
17. Huang HC, Wong MK, Lu J, Huang WF, Teng CI. Can using exergames improve physical fitness? A 12-week randomized controlled trial. Computers in Human Behavior. 2017 May 1;70:310-6.{Link}
18. 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.{Link}
19. Moradi H, Aslani M, Fazel Khakhoran J. Effect of virtual reality-based balance exercise on static, dynamic and functional balance in elderly. J Geriatr Nurs. 2018;4(2):93-102.{Link}
20. Kim K, Choi B, Lim W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. 2019 Apr 3;14(3):276-80.{Link}
21. Nambi G, Abdelbasset WK, Elsayed SH, Alrawaili SM, Abodonya AM, Saleh AK, Elnegamy TE. Comparative effects of isokinetic training and virtual reality training on sports performances in university football players with chronic low back pain-randomized controlled study. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2020 Jun 16;2020.{Link}
22. Karakoc ZB, Colak TK, Zubeyir SA, Polat MG. The effect of virtual rehabilitation added to an accelerated rehabilitation program after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. Clinical and Experimental Health Sciences. 2019 Jun 1;9(2):124-9.{Link}
23. Zehtab Najafi A, Vaez Mousavi SM, Taheri HR. EFFECTIVENESS OF SELECTED PSYCOLOGICAL INTERVENTIONS ON REDUCING COMPETITIVE STATE ANXITY OF ATHLETES. Research In Sport Management And Motor Behavior. 2018 Aug 10;8(15):19-27.{Link}
24. Khabiri M, Moghadam Zadeh A, Mehrsafar A, Abrisham-kar H. Comparison of the effectiveness of progressive muscle relaxation with imagery-based relaxation on cortisol levels, competitive anxiety and self-confidence in elite athletes.{Link}
25. Lee Y, Choi W, Lee K, Song C, Lee S. Virtual reality training with three-dimensional video games improves postural balance and lower extremity strength in community-dwelling older adults. Journal of aging and physical activity. 2017 Oct 1;25(4):621-7.{Link}
26. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, De La Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. 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 Jun;50(6):589-95.
27. Padua DA, Boling MC, DiStefano LJ, Onate JA,

Beutler AI, Marshall SW. Reliability of the landing error scoring system-real time, a clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. Journal of sport rehabilitation. 2011 May 1;20(2):145-56.
28. Zhou J, Yu G, Huang F. Supramolecular chemotherapy based on host–guest molecular recognition: a novel strategy in the battle against cancer with a bright future. Chemical Society Reviews. 2017;46(22):7021-53.{Link}
29. Murphy JL, McKellar JD, Raffa SD, Clark ME, Kerns RD, Karlin B2. Cognitive behavioral therapy for chronic pain among veterans: Therapist manual. Washington, DC: US Department of Veterans Affairs. 2014.{Link}
30. Sheinbein S. Psychological effect of injury on the athlete: a recommendation for psychological intervention. AMAA Journal. 2016 Sep 22;29(3):8-10.{Link}
31. Garrett B, Taverner T, Masinde W, Gromala D, Shaw C, Negraeff M. A rapid evidence assessment of immersive virtual reality as an adjunct therapy in acute pain management in clinical practice. The Clinical journal of pain. 2014 Dec 1;30(12):1089-98.{Link}
32. Parsons TD, Trost Z. Virtual reality graded exposure therapy as treatment for pain-related fear and disability in chronic pain. InVirtual, augmented reality and serious games for healthcare 1 2014 Apr 26 (pp. 523-546). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.{Link}
33. Hoffman HG, Richards TL, Van Oostrom T, Coda BA, Jensen MP, Blough DK, Sharar SR. The analgesic effects of opioids and immersive virtual reality distraction: evidence from subjective and functional brain imaging assessments. Anesthesia & analgesia. 2007 Dec 1;105(6):1776-83.{Link}
34. Trost Z, Zielke M, Guck A, Nowlin L, Zakhidov D, France CR, Keefe F. The promise and challenge of virtual gaming technologies for chronic pain: the case of graded exposure for low back pain. Pain management. 2015 May;5(3):197-206.{Link}
35. Matthew P, Page A. The role of presence in reality therapy. Journal of Anxiety Disorder. 2006;21(5):742-51.{Link}
36. Yilmaz Yelvar GD, Çırak Y, Dalkılınç M, Parlak Demir Y, Guner Z, Boydak A. Is physiotherapy integrated virtual walking effective on pain, function, and kinesiophobia in patients with non-specific low-back pain? Randomised controlled trial. European spine journal. 2017 Feb;26:538-45.{Link}
37. Zia, M. Sahebalzamani, M. & Rouhollahi, V. (2021). Effect of Progressive Muscle Relaxation Training in Fear of Re-injury in Professional Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation, 10(1), 7-18.
38. Alamouti, G. & Letafatkar, A. (2020). Effect of Movement Pattern Correction on Performance, Balance, and Proprioception in Active Females Prone to Anterior Cruciate Ligament Injury.
39. Shahidi, M. Mino-Nejad, H. Rajabi, R. & Seyedi, F. (2019). Effect of eight weeks of selected aquatic exercises on landing error in male athletes prone to anterior cruciate ligament damage. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 8(1), 109-18.
40. Mozafaripour, E., Seidi, F., Minoonejad, H., & Shirzad, E. (2019). Effect of 8 weeks' comprehensive corrective exercise program on knee proprioception and quality of one leg squat performance subjects with dynamic knee valgus. Studies in Sport Medicine, 11(25), 17-34.
41. Mohammadi, H., Daneshmandi, H. A. S. S. A. N., Alizadeh, M. H., & Shamsimajelan, A. (2015). The Effect of ACL Intervention Programs on the Improvement of Neuromuscular Deficiencies and Reducing the Incidence of ACL Injury: A Review Article. J Rehab Med, 4(2), 159-169.
42. Daneshmandi, H. (2021). The effect of virtual reality training program on the Functional Fitness of the elderly. Journal of Gerontology, 6(1), 0-0.
43. Byra, J., & Czernicki, K. (2020). The effectiveness of virtual reality rehabilitation in patients with knee and hip osteoarthritis. Journal of clinical medicine, 9(8), 2639.
44. Kim, K. Choi, B. & Lim, W. (2019). The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 14(3), 276-280.
45. Nambi, G. Abdelbasset, W. K. Elsayed, S. H. Alrawaili, S. M. Abodonya, A. M. Saleh, A. K. & Elnegamy, T. E. (2020). Comparative effects of isokinetic training and virtual reality training on sports performances in university football players with chronic low back pain-randomized controlled study. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2020.
46. KARAKOC, Z. B. COLAK, T. K. Zubeyir, S. A. R. İ. & POLAT, M. G. (2019). The Effect of Virtual Rehabilitation Added to an Accelerated Rehabilitation Program After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. Clinical and Experimental Health Sciences, 9(2), 124-129.
47. Asadzadeh, A., Samad-Soltani, T., Salahzadeh, Z., & Rezaei-Hachesu, P. (2021). Effectiveness of Virtual Reality-Based Exercise Therapy in Rehabilitation: A Scoping Review. Informatics in Medicine Unlocked, 100562.
48. Asadzadeh, A., Samad-Soltani, T., Salahzadeh, Z., & Rezaei-Hachesu, P. (2021). Effectiveness of Virtual Reality-Based Exercise Therapy in Rehabilitation: A Scoping Review. Informatics in Medicine Unlocked, 100562.
49. Emery, C. A. Cassidy, J. D. Klassen, T. P. Rosychuk, R. J. & Rowe, B. H. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. Cmaj, 172(6), 749-754
50. KARAKOC, Z. B. COLAK, T. K. Zubeyir, S. A. R. İ. & POLAT, M. G. (2019). The Effect of Virtual Rehabilitation Added to an Accelerated Rehabilitation Program After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. Clinical and Experimental Health Sciences, 9(2), 124-129.