



The Effectiveness of Using Virtual Reality Systems in Rehabilitation of People with Functional Ankle Instability: A Systematic Review

Aynollah Naderi^{1*} , Mohammad Rahimi² 

1. Faculty of Sports Sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran.
2. Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Received: 2022/04/11

Accepted: 2022/06/11

Abstract

Background and Aim: Given the high prevalence of functional ankle instability, its primary and secondary costs, and most importantly, the personal suffering of injured people, proposing an effective rehabilitation program is essential. Therefore, the aim of the present study was to review the effectiveness of VR-based interventions in the rehabilitation of patients with ankle instability.

Methods: Articles were searched on the SportDiscus, PubMed, Web of Science, Medline, Scopus and EMBASE databases without any time limit from the inception to Jun 2021. Selective keywords were virtual reality, ankle instability, and clinical outcomes such as balance, postural control, range of motion, pain, strength, function, and gait function. The Pedro scale was used to evaluate the methodological quality of the selected articles. The reporting of this systematic review was guided according to standards of the PRISMA statement.

Results: After removing duplicate and irrelevant articles, the full text of 10 articles was obtained from the databases and the required information was extracted. The results of studies that used within group analysis indicated that VR-based interventions had a significant effect on balance, postural control, and motor and self-report function of people with functional ankle instability. However, there is no significant difference between the effectiveness of VR-based interventions and traditional physiotherapy in terms of effects on balance, postural control, and self-report performance in people with functional ankle instability.

Conclusion: Although there is no evidence that virtual reality-based interventions are superior to traditional rehabilitation, the results of the present study suggest that virtual reality-based interventions are at least as effective as traditional exercises for people with ankle instability. However, due to methodological weaknesses of current studies, more detailed studies are needed to evaluate the effectiveness of VR-based interventions for patients with ankle instability.

Keywords: *Chronic Ankle Instability; VR-Based Interventions; Balance; postural control; performance*

Please cite this article as:

Naderi A, Rahimi M. The Effectiveness of Using Virtual Reality Systems in Rehabilitation of People with Functional Ankle Instability: A Systematic Review. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat.* 2022;10(3):223-35.

Doi: 10.22037/iipm.v10i3.38106

* **Corresponding Author:** ay.naderi@shahroodut.ac.ir

اثربخشی استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی در توان‌بخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا - مطالعه مروری نظامند

عین‌اله نادری^{*۱}، محمد رحیمی^۲

۱. گروه بهداشت و طب ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران.

۲. گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به شیوع بالای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، هزینه‌های اولیه و ثانویه ناشی از آن، و مهم‌تر از همه، رنج شخصی افراد مصدوم، پیشنهاد برنامه‌های توان‌بخشی اثربخش ضروری است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، مروری بر اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی در توان‌بخشی بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا است.

روش کار: جستجوی مقالات در پایگاه‌های اسپورت دیسکاس، پایمید، وب آف ساینس، مدلاین، اسکاپوس و ایمپیس بدون محدودیت زمانی تا جون سال ۲۰۲۱ صورت گرفت. کلیدواژه‌های انتخابی شامل واقعیت مجازی، بی‌ثباتی مچ پا و پیامدهای بالینی مانند دامنه حرکت، درد، قدرت، عملکرد، تعادل، کنترل پاسچر و راه رفتن بود. برای ارزیابی کیفیت مقالات انتخاب شده از مقیاس پدرو استفاده شد. گزارش‌دهی نیز بر اساس دستورالعمل‌های پریزما صورت گرفت.

یافته‌ها: متعاقب حذف مقالات تکراری و غیر مرتبط، متن کامل ۱۰ مقاله از پایگاه‌های موردنظر دریافت و اطلاعات مورد نیاز استخراج شد. نتایج مطالعاتی که از تحلیل‌های آماری درون‌گروهی استفاده کرده بودند نشان می‌دهد که مداخلات تمرینی مبتنی بر واقعیت مجازی تأثیر معنی‌داری بر روی تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی و خود گزارشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا دارد. با این حال، تفاوت معنی‌داری بین اثربخشی مداخلات تمرینی مبتنی بر واقعیت مجازی با توان‌بخشی سنتی از جهت تأثیر بر تعادل، کنترل پاسچر، قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد خود گزارشی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: هر چند که شواهدی دال بر برتری اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی در مقایسه با توان‌بخشی سنتی وجود ندارد، با این حال نتایج مطالعه حاضر گویای این است که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی حداقل به اندازه تمرینات سنتی در توان‌بخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا موثر هستند. با توجه به محدودیت‌ها و ضعف روش‌شناختی مطالعات کنونی، نیاز به انجام مطالعات دقیق‌تری در مورد بررسی اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی در توان‌بخشی بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا است.

واژگان کلیدی: بی‌ثباتی مزمن مچ پا؛ مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی؛ تعادل؛ کنترل پاسچر؛ عملکرد حرکتی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Naderi A, Rahimi M. The Effectiveness of Using Virtual Reality Systems in Rehabilitation of People with Functional Ankle Instability: A Systematic Review. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2022;10(3):223-35.
Doi: 10.22037/iipm.v10i3.38106

* نویسنده مسئول مکاتبات: ay.naderi@shahroodut.ac.ir

مقدمه

در وقت آزاد نشان می‌دهد. در این سناریو، اخیراً سیستم‌های واقعیت مجازی (Virtual reality) به یک روند نوظهور در زمینه‌های تمرین و توان‌بخشی تبدیل شده‌اند.

سیستم‌های واقعیت مجازی امکان انجام بازی فعال را به صورت فراگیر یا غیر فراگیر فراهم می‌کنند. در محیط فراگیر، کاربر با پوشیدن تجهیزات نمایشی روی سر یک شبیه‌سازی سه‌بعدی واقع‌بینانه (Realistic 3D simulation) را تجربه می‌کند. اما در محیط غیر فراگیر، کاربر در یک محیط تولیدشده توسط کامپیوتر، بدون احساس غوطه‌ور شدن در دنیای مجازی یک تجربه کمتر واقعی دارد. در کنار این فن‌آوری‌های شبیه‌سازی متفاوت، سیستم‌های واقعیت مجازی سرگرم‌کننده و چالش‌برانگیز نیز هستند و در پاره‌ای از موارد در مورد عملکرد بازخورد درجه‌بندی‌شده (Graded feedback) ارائه می‌دهند که باعث انگیزه بیمار جهت ادامه مشارکت طولانی‌مدت می‌شوند. علاوه بر این، از آنجاکه بیمار در حین انجام بازی‌ها تمرینات درمانی را انجام می‌دهد، تکراری بودن برخی از فعالیت‌های توان‌بخشی را جبران می‌کند. بنابراین سیستم‌های واقعیت مجازی هم‌زمان با تحریک تخیل و انگیزه می‌توانند یک درمان مؤثر را نیز فراهم کنند.

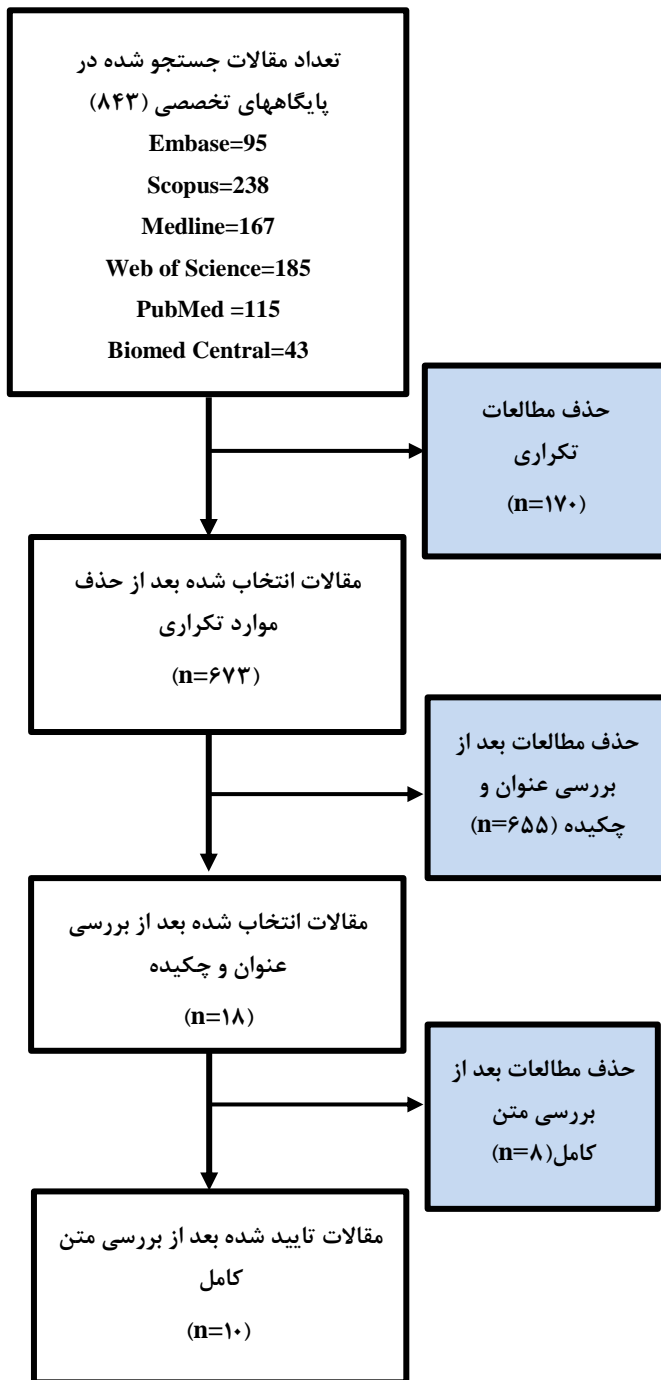
بسیاری از مطالعات مروری تأثیر سیستم‌های واقعیت مجازی را برای افراد سالم (۱۳، ۱۴) و مبتلا به اختلالات عصبی (۱۷-۱۵) بررسی کرده‌اند. به عنوان مثال آندراده (Andrade) و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نشان دادند که سیستم‌های واقعیت مجازی برای کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن یا چاق جذابیت بیشتر دارد و میتواند اثرات روانشناختی مثبتی همچون بهبود انگیزه درونی، تقویت عزت نفس، خودکارآمدی بیشتری را به دنبال داشته باشد (۱۳). فانگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی میتواند اثربخشی قابل توجهی بر عملکرد تعادلی و اعتماد به نفس افراد سالمند داشته باشد و ادغام سیستم‌های واقعیت مجازی در یک برنامه تمرین تعادلی سنتی به عنوان یک رویکرد مکمل میتواند برای بهبود تعادل افراد سالمند مفید باشد (۱۴). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی برای بیماران پارکینسونی می‌تواند برای مدیریت از راه دور و ارزیابی خودکار آنها مفید و مؤثر باشد (۱۵). استایانو (Staiano) و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای مروری

پیچ‌خوردگی مچ پا متداول‌ترین آسیب مرتبط با ورزش است و تقریباً ۱۵ درصد از تمام آسیب‌های ورزشی را شامل می‌شود (۱). غالباً یک سال بعد از اولین پیچ‌خوردگی مچ پا ۴۰ درصد از ورزشکاران دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا (Chronic ankle instability) می‌شوند (۲). بی‌ثباتی مزمن مچ پا با احساس خالی کردن مکرر مچ پا، عود اسپرین، شلی مفصلی درد، تورم و اختلال عملکرد مچ پا همراه است (۳). علاوه بر این، علائم باقی‌مانده سطح فعالیت روزمره و کیفیت زندگی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث افزایش خطر بیماری‌های مزمن می‌شود (۴). با توجه به شیوع بالای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، هزینه‌های اولیه و ثانویه ناشی از آن، و مهم‌تر از همه، رنج شخصی بازیکنان مصدوم، پیشنهاد برنامه‌های توان‌بخشی اثربخش ضروری است.

عوامل خطر بروز بی‌ثباتی مزمن مچ پا بسیار پیچیده هستند، اما بخش عمده‌ای از این عوامل با اختلال حسی حرکتی (Sensorimotor impairments) و تغییر الگوی حرکتی (Altered movement patterns) در ارتباط هستند شامل؛ نقص حس عمقی، کاهش کنترل پاسچر استاتیک و دینامیک (۵، ۶)، کاهش قدرت (۷) و تغییر تحریک‌پذیری رفلکس نخاعی (Altered spinal reflex excitability) (۸) هستند. این امر منجر به طراحی مداخلات درمانی مانند تمرینات تعادلی (۹)، تمرین تقویتی، موبیلیزیشن مفصلی، و توان‌بخشی چند مودال (۱۰) شده است که تمام این موارد منجر به بهبود نارسایی‌های که قبلاً ذکر شد می‌شوند.

دو مورد از مشکلات اصلی برنامه‌های تمرینی، پایبندی و اجرای ضعیف برخی از تکنیک‌های تمرینی است که مورد اخیر به‌ویژه در رابطه با برنامه‌های تمرین خانگی صدق می‌کند. هزینه‌ها و مشکلات سفر (به‌منظور انجام ورزش) و ماهیت بسیار تکراری تمرینات از دلایل ذکرشده برای سطح پایبندی ضعیف در برنامه‌های تمرینی تحت نظارت هستند (۱۱). افزایش سطح دشواری و ایجاد انگیزه و هیجان در طول تمرینات از استراتژی‌های اساسی حفظ پایبندی (Compliance) هستند (۱۲). جالب اینجاست که برخی از مطالعات مزایای بالقوه استفاده از بازی‌های ویدئویی تعاملی (Interactive video games) را برای ایجاد تحریک بیشتر در طول فرایندهای توان‌بخشی و همچنین کاهش هزینه‌ها و تشویق تمرین

(PRISMA) صورت گرفت. فرایند کامل جستجوی مطالعات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فرایند انتخاب مقالات طی جستجوی

مقالات مرتبط از طریق جستجوی اینترنتی در شش پایگاه داده مرتبط با سلامت، زیست پزشکی و روانشناسی (اسپورت دیسکاس، پابمد، وب آف ساینس، مدلاین، اسکاپوس و ایمیس) شناسایی شدند. جستجوی مقالات توسط دو محقق به صورت مستقل و بدون محدودیت زمانی تا تاریخ جون ۲۰۲۱ صورت گرفت. هیچ‌گونه فیلتر

تحت عنوان تاثیر درمانی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی، حدود ۶۴ مقاله را مورد بررسی قرار دادند که نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که سیستم های واقعیت مجازی برای جمعیت‌های مورد بررسی قابل قبول و لذت بخش است و میتواند به عنوان ابزاری امیدوارکننده برای بهبود تعادل، توانبخشی و مدیریت بیمارهای در نظر گرفته شود (۱۷). مطالعه ای دیگر به مقایسه تاثیر کمی و کیفی سیستم های واقعیت مجازی با درمان های مرسوم بر تعادل در بیمارانی که دچار سکته مغزی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که سیستم‌های واقعیت مجازی حداقل به اندازه تمرین تعادلی سنتی در بهبود تعادل بیماران دچار سکته مغزی موثر هستند (۱۸). در مجموع نتایج مطالعات مروری گذشته گویای این است که استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی میتواند اثرات درمانی مثبتی بر تعادل افراد سالم و مبتلا به اختلالات عصبی داشته باشد. با وجود اینکه در حوزه توان بخشی ارتوپدیک نیز مطالعاتی قبلاً تأثیر سیستم های واقعیت مجازی را در مورد مولفه های مرتبط با تعادل برای افراد مبتلابه اسپرین مچ پا بررسی کرده‌اند و نتایج این مطالعات نیز تا حدودی متناقضی است، تا کنون مطالعه مروری قدرت این شواهد را در مورد تأثیر سیستم‌های واقعیت مجازی برای افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا بررسی نکرده است. با توجه به اینکه یافته‌ها در مورد تأثیر سیستم‌های واقعیت مجازی بر روی تعادل افراد مبتلابه اختلالات عصبی امیدوارکننده است (۱۸، ۱۹)، احتمالاً افرادی که مبتلابه بی‌ثباتی مچ پا هستند نیز ممکن است از مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی، به‌ویژه در زمینه تعادل و کنترل پاسچر بهره‌مند شوند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، مروری بر اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی بر تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد بیماران مبتلابه بی‌ثباتی عملکردی مچ پا است. فرض بر این است که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی اثربخشی معنی داری بر روی تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد بیماران مبتلابه بی‌ثباتی عملکردی مچ پا داشته باشند.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع تحقیقات مروری است که طی اجرای آن غربالگری و انتخاب مطالعات مطابق با دستورالعمل پریزما

در ارتباط باشند به صورت دستی از طریق موتور جستجوگر گوگل اسکالر دریافت شدند.

یا محدودیتی در طول انجام جستجو پایگاه داده‌ها اعمال نشد. کلیدواژه‌های مربوطه با عملگرهای بولی (OR/AND) ترکیب شده و در سه سطح جستجو اعمال شد (جدول ۱). رفرنس مقالاتی یافت شده نیز بررسی شد و مقالاتی که ممکن بود با موضوع تحقیق

جدول ۱. سطوح و شرایط فرآیند جستجوی مقالات

Search level	Search terms with Boolean operators
Search #1	virtual OR virtual reality OR virtual environment OR exergame OR videogame OR video-based OR computer-based OR computer-interface OR Wii OR Nintendo OR X-box OR Kinect OR play-station OR cyberspace
Search #2	#1 AND (Ankle Injury OR Ankle injuries OR Ankle Sprain OR ankle instability OR Inversion sprain OR Repeated ankle sprain OR chronic ankle instability OR Mechanical ankle instability OR Functional ankle instability OR Perceived ankle instability OR Joint instability)
Search #3	#2 AND (physical therapy OR physiotherapy OR exercise OR therapeutic OR treatment OR training OR intervention OR rehabilitation)

مقالاتی که پیامدهای روانی و اجتماعی را ارزیابی کرده بودند و مقالاتی که از سیستم‌های واقعیت مجازی به عنوان ابزار ارزیابی استفاده کرده بودند، حذف می‌شوند. مقالات مروری، مقالاتی که تنها خلاصه آن‌ها در دسترس بود، مقالات کنفرانس و مقالاتی که به زبانی غیر انگلیسی بودند نیز حذف شدند.

حاصل جست‌وجوهای صورت گرفته بر اساس معیارهای ورود به تحقیق در نهایت به شناسایی ۱۰ مقاله شد که مورد بررسی قرار گرفتند. کیفیت مطالعات انتخاب شده توسط مقیاس پدرو (PEDro) ارزیابی شد (جدول ۲). مقیاس پدرو دارای ۱۱ آیتم است که برای رتبه بندی کیفیت روش شناختی (روایی درونی و اطلاعات آماری) کارآزمایی‌های بالینی طراحی شده است. در مقیاس پدرو، به جز آیتم شماره یک، هر آیتم ۱ امتیاز کسب می‌کند و محدوده امتیاز کل برای هر مطالعه بین صفر تا ۱۰ قرار می‌گیرد. پایایی و اعتبار مقیاس پدرو توسط مطالعات گذشته اثبات شده است (۲۰).

برای هر کدام از مقالات واجد شرایط یک فرم استاندارد استخراج داده‌ها طراحی شد. اطلاعات مربوط به نویسنده، سال، حجم نمونه و مداخلات هر گروه (هفته‌ها، فراوانی، مدت زمان هر جلسه) استخراج شد. اطلاعات مربوط به شاخص‌های مرتبط با تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد استخراج شد. ویژگی در دسترس مداخلات تمرینی (حجم، فراوانی، شدت، نوع) ذکر شد (جدول ۳).

بعد از انجام جستجو و شناسایی مقالات، موارد تکراری حذف شد. سپس، جهت یافتن مقالات مرتبط با موضوع تحقیق، عنوان و چکیده تمام مطالعات انتخابی غربالگری شد. در مرحله بعد، متن کامل مقالات دریافت شد و با در نظر گرفتن هدف مطالعه و معیارهای ورود و خروج مورد بررسی بیشتر قرار گرفتند. مقالات مرتبط به صورت مستقل توسط دو نویسنده غربالگری شدند. هر گونه اختلاف نظر بین نویسندگان با بحث و مشورت برطرف شد.

مقالاتی که دارای معیارهای زیر بودند، انتخاب شدند: (۱) طرح مطالعه از نوع مداخله‌ای کنترل شده تصادفی یا غیر تصادفی با پیش‌آزمون-پس‌آزمون باشد؛ (۲) شرکت‌کنندگان مطالعه، افراد بالغ مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا باشند؛ (۳) مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی استراتژی درمانی اصلی باشد (یا به عنوان یک درمان مستقل یا به عنوان درمان کمکی)؛ (۴) حداقل یک گروه کنترل وجود داشته باشد که هیچ مداخله‌ای دریافت نکرده باشد و یا اینکه یک مداخله درمانی دیگر دریافت کرده باشد؛ (۵) پیامدهای بالینی مانند دامنه حرکتی، درد، قدرت، عملکرد، تعادل و راه رفتن ارزیابی شده باشد؛ و (۶) متن کامل مقاله به زبان انگلیسی باشد و در مجلات معتبر منتشر شده باشد.

مقالاتی که شامل شرکت‌کننده‌های مبتلا به اختلال عملکرد عصبی (به‌عنوان مثال؛ آسیب تروماتیک مغز، سکته مغزی) یا سرطان بودند،

جدول ۲. ارزیابی کیفیت روش شناختی مطالعات واجد شرایط با استفاده از مقیاس پدرو

آیتم‌ها	کیم (۲۰۱۵)	کیم و همکاران (۲۰۱۹)	کیم و چوی (۲۰۱۹)	محمدی و هادیان (۲۰۲۰)	محمدی و همکاران (۲۰۲۱)	پونت و همکاران (۲۰۱۷)	پونت و زیلتنر (۲۰۱۶)	رنجبرزاده و لطافتکار (۲۰۲۱)	شوشا و همکاران (۲۰۲۱)	ورناداکیس و همکاران (۲۰۱۴)
معیارهای واجد شرایط بودن	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تخصیص تصادفی	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
تخصیص پنهان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
عدم اختلاف در پیش‌آزمون	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کورسازی آزمودنی‌ها	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کورسازی درمانگر	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰
کورسازی ارزیاب	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰
نرخ ریزش آزمودنی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
تحلیل به قصد درمان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مقایسه بین گروهی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کیفیت کلی مطالعه	۵/۱۰	۵/۱۰	۵/۱۰	۶/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۵/۱۰	۵/۱۰	۵/۱۰

یافته‌ها

فرایند جستجوی اولیه منجر به بازیابی ۸۴۳ مقاله بالقوه مرتبط شد. بعد از حذف مقالات تکراری، عنوان ۶۷۳ مقاله با دقت مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد، چکیده ۱۴۶ مقاله باقیمانده به صورت کامل مطالعه شد که ۱۸ مقاله واجد شرایط شناخته شدند. در مرحله آخر، متن کامل این مقالات بیشتر مورد مطالعه قرار گرفت که ۸ مورد از آن‌ها یا معیارهای ورود را برآورده نکردند یا بر اساس معیارهای خروج حذف شدند. بنابراین، در مجموع ۱۰ مقاله در ارزیابی کیفیت گنجانده شد که تمام مطالعات از سال ۲۰۱۴ به بعد منتشر شده بودند. فرآیند انتخاب مطالعات به صورت دقیق در نمودار پریزما ارائه شده است (شکل ۱).

میانگین امتیازات پدرو مربوط به مطالعات ۶ بود که در دامنه ۵ تا ۸ قرار می‌گرفت (جدول ۱). چهار مطالعه از نظر امتیاز پدرو دارای کیفیت روش شناختی بالا (۲۷، ۲۵، ۲۴) و شش مطالعه دارای کیفیت روش شناختی پایین بودند (۲۶، ۲۸، ۲۹، ۲۳-۲۰). برخی از محدودیت‌ها مطالعات بررسی شده عبارتند از عدم

تخصیص تصادفی آزمودنی‌ها، پنهان‌سازی تخصیص، کورسازی آزمودنی، درمانگر و ارزیاب بود. شایع‌ترین محدودیت در مطالعه مروری حاضر، تحلیل به قصد درمان بود که علیرغم ریزش آزمودنی در برخی مطالعات در هیچ کدام از مطالعات صورت نگرفته بود.

تمام مقالات انتخابی از نوع کارآزمایی بالینی بودند به‌جز یک مورد که از نوع مشاهده‌ای بود (۲۱). مجموع اندازه نمونه مقالات انتخاب‌شده ۵۲۸ نفر بود که از ۲۱ شرکت‌کننده تا ۹۳ شرکت‌کننده متغیر بودند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان مطالعات ۲۶/۳۷ سال بود (با دامنه تغییرات ۱۲-۶۴ سال). اکثر شرکت‌کنندگان مطالعات مردان (۷۶/۱ درصد) بودند. شرکت‌کنندگان ۵ مطالعه را مرد و زن تشکیل می‌دادند (۲۶-۲۲). درحالی‌که شرکت‌کنندگان ۵ مطالعه دیگر را تنها مردان تشکیل می‌دادند (۲۱، ۳۰-۲۷).

بررسی ما در مورد ادبیات تحقیق نشان‌دهنده افزایش علاقه به مداخلات سیستم‌های واقعیت مجازی برای افراد مبتلابه بی‌ثباتی

که مداخله تمرینی واقعیت مجازی را با توان بخشی سنتی مقایسه کرده بودند نشان دهنده این بود که از نظر تعادل، کنترل پاسچر، عملکرد خود گزارشی مچ پا، درد، پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن، سینماتیک مچ پا و میزان بروز آسیب مجدد تفاوتی معنی داری بین این دو مداخله وجود ندارد (۲۲، ۲۵-۲۸). برخی مطالعات نیز برتری تمرینات واقعیت مجازی را نسبت به توان بخشی سنتی از نظر تأثیر بر روی میزان درد در زمان استراحت (۲۵)، تعادل ایستا و پویا در جهت داخلی-خارجی (۲۴) و عملکرد عصبی شناختی (۲۸) گزارش کرده بودند. مطالعاتی که اثربخشی تمرینات واقعیت مجازی را با گروه کنترل بدون درمان مقایسه کرده‌اند، نتایج مطالعات متناقض را گزارش کرده بودند (۲۱، ۲۵، ۲۶، ۳۰). دو مطالعه بهبود معنی دار تعادل و عملکرد خود گزارشی مچ پا را برای شرکت کنندگان گروه تمرینات واقعیت مجازی در مقایسه با گروه کنترل بدون درمان گزارش کرده بودند (۲۱، ۳۰). درحالی که دو مطالعه دیگر تفاوتی را بین عملکرد خود گزارشی مچ پا، پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن و سینماتیک مچ پا برای شرکت کنندگان گروه واقعیت مجازی در مقایسه با گروه کنترل گزارش نکرده بودند (۲۵، ۲۶). باین وجود، محمدی و هادیان (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای پیشرفت معنی داری را در عملکرد افراد مبتلابه بی ثباتی مزمن مچ پا از نظر کاهش زمان سپری شده برای اجرای آزمون‌های لی لی شکل ۸ و لی لی جانبی (به ترتیب در سطح افقی و فرونتال) نسبت به گروه کنترل سالم نشان داده بودند (۲۹). بعلاوه، هنگامی که تمرینات تعادلی واقعیت مجازی با تمرینات تقویتی واقعیت مجازی مقایسه شد، شرکت کنندگانی که تمرین تعادلی را با استفاده از انجام داده بودند نسبت به شرکت کنندگانی که تمرین قدرتی را انجام داده بودند، امتیاز تعادل بهتری را کسب کرده بودند (۲۳). لازم به ذکر است که برخی مطالعات بین میزان پایبندی به تمرینات واقعیت مجازی با توان بخشی سنتی تفاوتی وجود ندارد (۲۵، ۲۶). مطالعاتی نیز وجود دارد که گزارش کرده‌اند که شرکت کنندگان گروه واقعیت مجازی از رژیم درمانی خود رضایت و لذت بیشتری می‌برند (۲۷، ۳۰).

مچ پا است (۲۱، ۲۷، ۲۹). در تمام مطالعات بررسی شده جهت ارائه مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی از نیترو وای فیت پلاس (Nintendo Wii Fit Plus) و ایکس باکس (Xbox) با تمرکز بر روی تمرینات قدرتی (لانگ، اکستنشن تک پا، ابداکشن پا در وضعیت درازکش به پهلو، چرخش بر روی یک پا و قایقی) و تمرینات تعادلی سرزدن (Heading)، طناب بازی، اسکی اسلوم (Ski slalom)، تیلت میز، اسنوبورد اسلوم (Snowboard slalom) استفاده شده بود (۲۹-۲۱). در برخی مطالعات، مداخلات تمرینی تحت نظارت یک متخصص فیزیوتراپی اجرا شده بود (۲۴-۲۱، ۲۷، ۲۹)، در برخی دیگر برنامه توان بخشی بدون نظارت به صورت خانگی انجام شده بود (۲۵، ۲۶). مدت اجرای مداخلات تمرینی واقعیت مجازی از ۴ هفته تا ۳ ماه، تعداد جلسات تمرینی ۲ تا ۳ جلسه در هفته و مدت زمان هر جلسه تمرینی بین ۲۰ دقیقه تا ۶۰ دقیقه در مطالعات مختلف گزارش شده بود.

در شش مطالعه، گروه توان بخشی سنتی (Conventional physical therapy) یک برنامه تمرینی را دریافت کرده بودند که شامل تمرینات موبیلیزیشن مفصلی، تقویتی و حس عمقی بود (۲۲، ۲۸-۲۴). در یکی از مطالعات نیز علاوه بر گروه توان بخشی سنتی، یک گروه سوم دیگر وجود داشت که تمرینات ویژه بایودکس را دریافت کرده بودند (۲۷). سه گروه کنترل نیز وجود داشت که هیچ گونه مداخله‌ای را دریافت نکرده بودند (۲۱، ۲۵، ۲۶). در یکی از مطالعات نیز تأثیر یک برنامه تمرین قدرتی مبتنی بر واقعیت مجازی (لانگ، اکستنشن تک پا، ابداکشن پا در وضعیت درازکش به پهلو، چرخش تک پا و تمرینات اسکات و حرکت قایقی) با یک برنامه تمرین تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی مقایسه شده بود (۲۳).

تقریباً در تمام مطالعات برای بررسی اثربخشی مداخلات کاربردی از طرح پیش و پس آزمون استفاده شده بود. نتایج مطالعاتی که از تحلیل‌های درون گروهی استفاده کرده بودند نشان دهنده این بود که تمرینات واقعیت مجازی تأثیر معنی داری بر روی تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی و خود گزارشی افراد مبتلابه بی ثباتی مچ پا دارد (۲۱، ۲۲، ۲۸-۲۴، ۳۰). یافته‌های مطالعاتی

جدول ۳. خلاصه یافته‌های مطالعاتی که اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی را برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بررسی کرده‌اند

نویسنده (سال)	نوع مطالعه و ویژگی‌های شرکت‌کننده‌ها	جزئیات مداخلات تمرینی	پیامدها	خلاصه نتایج تحقیق
کیم (۲۰۱۵)	کارآزمایی بالینی ۴ مرد و ۱۶ زن گروه توان بخشی: ۱۰ نفر ($22/6 \pm 1/4$) گروه واقعیت مجازی: ۱۰ نفر ($23/2 \pm 1/0$)	گروه تمرین قدرتی با واقعیت مجازی: ۳۰ دقیقه تمرینات تقویتی مربوط به اندام تحتانی را انجام دادند. گروه تمرین تعادلی با واقعیت مجازی: تمرینات تعادلی و ثبات پاسچر (نیترو وای فیت پلاس) تمام تمرینات ۳۰ دقیقه، ۳ جلسه در هفته و برای مدت زمان ۴ هفته انجام شدند.	عملکرد مچ پا (شاخص ثبات مچ پای کامبرلند) خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا در دو سطح هوریزونتال و ساجیتال (دینامومتر ایزوکینتیک)	متعاقب هر دو نوع تمرینات قدرتی و تعالی با استفاده از نیترو وای فیت پلاس حس عمقی و ثبات عملکردی مچ پا بهبود پیدا کرد. میزان بهبود حس عمقی متعاقب تمرینات تعالی نسبت به تمرینات قدرتی بهبود بیشتری پیدا کرد.
کیم و همکاران (۲۰۱۹) (۲۴)	کارآزمایی بالینی ۵ مرد و ۱۶ زن گروه توان بخشی سنتی: ۱۰ نفر ($24/1 \pm 1/75$) گروه واقعیت مجازی: ۱۱ نفر ($23/2 \pm 1/32$)	گروه توان بخشی سنتی: ۲۰ دقیقه تمرینات قدرتی را با استفاده از تراپاند و تمرینات تعادلی را با استفاده از ایرو استپ (Aero step) و پاسچرو مید (Posturomed) انجام دادند. گروه واقعیت مجازی: ۲۰ دقیقه تمرینات تقویتی و تعادلی را با استفاده از نیترو وای فیت پلاس انجام دادند. تمام تمرینات ۲۰ دقیقه، سه بار در هفته برای ۴ هفته انجام شدند.	تعادل استاتیک و دینامیک (بایودکس)	تعادل ایستا و تعادل پویا در جهت داخلی-خارجی برای شرکت کنندگان تمرینات واقعیت مجازی نسبت به تمرینات معمولی بهبود بیشتری پیدا کرد.
کیم و چوی (۲۰۱۹) (۲۲)	کارآزمایی بالینی ۴ مرد و ۱۶ زن گروه توان بخشی سنتی: ۱۰ نفر ($21/8 \pm 1/2$) گروه واقعیت مجازی: ۱۰ نفر ($22/1 \pm 2/4$)	گروه توان بخشی سنتی: تمرینات قدرتی را با استفاده از تراپاند و تمرینات تعادلی را با استفاده از ایرو استپ و پاسچرو مید انجام دادند. گروه واقعیت مجازی: تمرینات تقویتی و تعادلی را با استفاده از نیترو وای فیت پلاس انجام دادند. تمام تمرینات ۲۰ دقیقه، سه جلسه در هفته برای ۴ هفته انجام شدند.	قدرت عضلات پلانترفلکسور، دورسی فلکسور، اینورتور و اورتور (دستگاه ایزوکینتیک)	در گروه واقعیت مجازی تنها در حرکت پلانترفلکشن افزایش قدرت معنی‌داری مشاهده شد، در حالی که در گروه توان بخشی سنتی در تمام حرکات مچ پا افزایش قدرت معنی‌داری اتفاق افتاده بود. بین تأثیر برنامه تمرینی واقعیت مجازی و مداخله تمرینی سنتی بر روی قدرت عضلات مچ پا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.
محمدی و هادیان (۲۰۲۰) (۲۹)	کارآزمایی بالینی ۵۰ بسکتبالیست مرد گروه کنترل: ۲۵ نفر ($23/0 \pm 2/57$) گروه مداخله واقعیت مجازی: ۲۵ نفر ($22/16 \pm 1/95$)	گروه مداخله واقعیت مجازی: تمرینات تعادلی، حس عمقی و تقویتی را توسط نیترو وای فیت پلاس انجام دادند. گروه کنترل: ورزشکاران گروه کنترل سابقه پیچ خوردگی مچ پا نداشتند. تمام شرکت کنندگان تمرینات را ۳ بار در هفته برای مدت زمان چهار هفته انجام دادند.	تست لی‌لی به طرفین تست لی‌لی شکل ۸ تست لی‌لی تک‌پا	عملکرد افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا طی اجرای آزمون‌های لی‌لی به شکل ۸ و لی‌لی جانبی (به ترتیب در سطوح افقی و فرونتال) متعاقب استفاده از واقعیت مجازی بهبود پیدا کرده بود.
محمدی و همکاران (۲۰۲۱) (۲۸)	۵۴ بسکتبالیست مرد گروه توان بخشی سنتی: ۲۷ نفر ($21/7 \pm 2/4$) گروه واقعیت مجازی: ۲۷ نفر ($22/2 \pm 2/0$)	گروه توان بخشی سنتی: شامل تمرینات تقویتی عضلات پلانترفلکسور، دورسی فلکسور، اینورتور و اورتور مچ پا با استفاده از تراپاند و انجام تمرینات تعادلی با تخته تعادل بود. گروه واقعیت مجازی: تمرینات تقویتی و تعادلی را با استفاده از نیترو وای فیت پلاس انجام دادند. تمام تمرینات ۲۰ دقیقه، ۳ جلسه در هفته برای مدت زمان ۴ هفته انجام گرفتند.	تست لی‌لی به طرفین تست لی‌لی شکل ۸ تست لی‌لی تک‌پا عملکرد عصبی شناختی (neurocognitive function) (زمان واکنش ساده و انتخابی)	متعاقب استفاده از هر دو نوع مداخله تمرینی عملکرد افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا طی آزمون‌های لی‌لی جانبی و لی‌لی ۸ بهبود پیدا کرد. هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین اثربخشی مداخلات تمرینی بر روی عملکرد طی آزمون‌های لی‌لی جانبی و لی‌لی ۸ در هفته‌های چهارم و هشتم مشاهده نشد. از نظر تأثیر بر روی عملکرد عصبی شناختی، تفاوت معنی‌داری بین گروه مشاهده شد. ورزشکاران گروه واقعیت مجازی زمان واکنش کوتاه‌تر و خطاهای کمتری داشتند.

سرعت راه رفتن، ریتم قدم برداشتن و طول قدم برای تمام گروه‌ها بعد از ۶ هفته پیگیری بهبود پیدا کرد. مدت‌زمان مرحله سکون تک‌پا تنها برای گروه واقعیت مجازی بهبود پیدا کرد. شاخص تقارن برای هر دو گروه واقعیت مجازی و توان‌بخشی بهبود پیدا کرد. هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها برای پارامترهای زمانی-فضایی و سینماتیکی راه رفتن مشاهده نشد. میزان بروز آسیب مجدد نیز بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.	شاخص‌های زمانی-فضایی گیت مانند؛ سرعت راه رفتن، ریتم قدم برداشتن، طول قدم و مدت‌زمان اتکا تک‌پا (Single support time) و شاخص تقارن کینماتیک‌های مچ پا میزان آسیب مجدد (خود گزارشی)	گروه کنترل: مداخله توان‌بخشی دریافت نکردند. گروه توان‌بخشی سنتی: ۳۰ دقیقه تمرینات موبیلیزیشن مفصلی، قدرتی و حس عمقی مربوط به اندام تحتانی را دریافت کردند. در طی ۶ هفته ۹ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای تمرینات را دریافت کردند. گروه واقعیت مجازی: ۳۰ دقیقه تمرینات تعادلی، ثبات پاسچر و تقویتی با استفاده از نیترو وای فیت پلاس دریافت کردند. تمرینات شامل؛ اسکی اسلalom، اسلاید پنگوئن، تیلت میز، تمرین تخته تعادل بودند. در طی ۶ هفته حداقل ۲ جلسه در هفته برای ۳۰ دقیقه تمرینات را انجام دادند.	کارآزمایی بالینی ۹۰ شرکت‌کننده (۳۹ زن و ۵۱ مرد) گروه کنترل: ۳۰ نفر (۳۳/۵ ± ۹/۵) گروه توان‌بخشی سنتی: ۳۰ نفر (۳۴/۷ ± ۱۱/۳) گروه واقعیت مجازی: ۳۰ نفر (۳۴/۷ ± ۱۰/۷)	پونت و همکاران (۲۰۱۷) (۲۶)
شاخص توانایی مچ پا و پا و درد در طی راه رفتن برای تمام گروه‌ها بهبود معنی‌داری پیدا کرده بود. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. درد در وضعیت استراحت تنها برای گروه واقعیت مجازی کاهش معنی‌داری پیدا کرد.	عملکرد ذهنی مچ پا (شاخص توانی مچ پا و پا) مقیاس بصری درد زمان بازگشت به ورزش اثربخشی درک شده و رضایت درمانی	گروه کنترل: مداخله توان‌بخشی دریافت نکردند. گروه توان‌بخشی سنتی: ۳۰ دقیقه تمرینات موبیلیزیشن مفصلی، قدرتی و حس عمقی مربوط به اندام تحتانی را دریافت کردند. در طی ۶ هفته ۹ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای تمرینات را دریافت کردند. گروه واقعیت مجازی: ۳۰ دقیقه تمرینات تعادلی، ثبات پاسچر و تقویتی با استفاده از نیترو وای فیت پلاس دریافت کردند. تمرینات شامل؛ اسکی اسلalom، اسلاید پنگوئن، تیلت میز، تمرین تخته تعادل بودند. در طی ۶ هفته حداقل ۲ جلسه در هفته برای ۳۰ دقیقه تمرینات را انجام دادند.	کارآزمایی بالینی ۹۰ شرکت‌کننده (۳۹ زن و ۵۱ مرد) گروه کنترل: ۳۰ نفر (۳۳/۵ ± ۹/۵) گروه توان‌بخشی سنتی: ۳۰ نفر (۳۴/۷ ± ۱۱/۳) گروه واقعیت مجازی: ۳۰ نفر (۳۴/۷ ± ۱۰/۷)	پونت و زیلنتر (۲۰۱۶) (۲۵)
تعادل ایستا و پویا و عملکرد ورزشکاران مبتلابه بی‌ثباتی مچ پا بعد از هشت هفته تمرینات واقعیت مجازی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بهبود پیدا کرد.	آزمون استروک آزمون تعادل Y آزمون لی‌لی سه گام آزمون لی‌لی به پهلو	گروه کنترل: عدم دریافت برنامه توان‌بخشی گروه واقعیت مجازی: ۳۰ دقیقه تمرینات قدرتی تعادلی (تمرین تخته تعادل، تیلت میز، دریل با سر، هولاهوپ، اسلاید پنگوئن، طناب زدن، اسکی اسلalom، اسکات) را با استفاده از نیترو وای فیت پلاس انجام دادند.	مطالعه مشاهده‌ای ۳۰ مرد ورزشکار گروه کنترل: ۱۵ نفر (۲۴/۱ ± ۱۱/۷۵) گروه واقعیت مجازی: ۱۵ نفر (۲۳/۲ ± ۱۱/۳۲)	رنجبرزاده و لطافتکار (۲۰۲۱) (۲۱)
هر دو گروه واقعیت مجازی و گروه صفحه تعادل بهبود معنی‌داری در کنترل پاسچر و ثبات عملکردی مچ پا نسبت به گروه کنترل نشان دادند. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های واقعیت مجازی و صفحه تعادل برای شاخص‌های کنترل پاسچر و عملکرد مچ پا مشاهده نشد.	شاخص ثبات کلی، شاخص ثبات قدامی-خلفی و شاخص ثبات داخلی-خارجی (دستگاه بایودکس) ثبات عملکردی مچ پا	گروه کنترل: پروتکل ۶۰ دقیقه‌ای از تمرینات تعادلی، حس عمقی و تقویتی را انجام دادند. گروه واقعیت مجازی: ۳۰ دقیقه تمرینات گروه کنترل را همراه با ۳۰ دقیقه تمرینات واقعیت مجازی (نیترو وای فیت پلاس) انجام دادند گروه صفحه تعادل: ۳۰ دقیقه تمرینات تعادلی بر روی بایودکس را انجام دادند تمام تمرینات ۶۰ دقیقه، ۳ جلسه در هفته برای مدت ۳ ماه به صورت متوالی انجام شد.	کارآزمایی بالینی ۹۰ فوتبالیست مرد گروه توان‌بخشی سنتی: ۳۰ نفر (۱۵/۲ ± ۱۰/۸۴) گروه واقعیت مجازی: ۳۰ نفر (۱۵/۷ ± ۱۰/۹۵) گروه صفحه تعادل: ۳۰ نفر (۱۵/۳ ± ۱۰/۹۲)	شوشا و همکاران (۲۰۲۱) (۲۷)
تعادل در گروه واقعیت مجازی و توان‌بخشی سنتی در مقایسه با گروه کنترل به‌طور قابل توجهی بهبود یافت تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های واقعیت مجازی و توان‌بخشی سنتی از نظر تعادل و پایبندی به برنامه توان‌بخشی مشاهده نشد. گروه واقعیت مجازی نسبت به گروه توان‌بخشی سنتی لذت بیشتری از برنامه توان‌بخشی بردند.	شاخص ثبات کلی (Overall stability index) ثبات (Limits of stability) (سیستم بایودکس) پایبندی خود گزارشی (Self-reported compliance) لیکرت ۱۰ امتیازی) لذت از برنامه تمرینی (مقیاس اصلاح‌شده لذت فعالیت بدنی)	گروه کنترل: عدم دریافت برنامه توان‌بخشی گروه توان‌بخشی سنتی: تمرینات تعادلی پیش‌رونده بر روی ترامپولین و صفحه تعادل انجام دادند. گروه واقعیت مجازی: تمرینات تعادلی (تمرین تخته تعادل، تیلت میز، دریل با سر، هولاهوپ، اسلاید پنگوئن، طناب زدن، اسکی اسلalom، اسکات) را با استفاده از ایکس‌باکس کینکت انجام دادند. تمام تمرینات ۲۵ دقیقه، ۲ جلسه در هفته برای مدت‌زمان ۱۰ هفته انجام گرفتند.	۶۳ فوتبالیست مرد (میانگین سن ۱۶ ± ۱ سال) گروه کنترل: ۲۱ نفر گروه توان‌بخشی سنتی: ۲۱ نفر گروه واقعیت مجازی: ۲۱ نفر	ورناداکیس و همکاران (۲۰۱۴) (۳۰)

بحث

هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی اثربخشی استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی در توان‌بخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بود. یافته‌های مطالعات گویای این بود که شواهد قوی دال بر برتری اثربخشی تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی نسبت به توان‌بخشی سنتی در مورد تعادل، کنترل پاسچر، قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد راه رفتن وجود ندارد. با این حال، شواهد نشان‌دهنده این بود که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی حداقل به اندازه مداخلات تمرینی سنتی می‌توانند برای توان‌بخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا موثر باشند.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعاتی که در مورد سالمندان (۱۴)، بیماران پاراکینسونی (۱۵)، افراد مبتلا به ضربه مغزی (۱۸) و افراد مبتلا به فلج مغزی (۱۹) صورت گرفته است، همخوانی دارد. فانگ و همکاران (۲۰۲۰) همسو با نتایج مطالعه حاضر در مطالعه‌ای بر روی سالمندان نشان دادند که استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی می‌تواند اثربخشی قابل توجهی بر عملکرد تعادلی و اعتماد به نفس افراد سالمند داشته باشد و ادغام سیستم‌های واقعیت مجازی در یک برنامه تمرین تعادلی سنتی به عنوان یک رویکرد مکمل می‌تواند برای بهبود تعادل افراد سالمند مفید باشد (۱۴). ریوانی و همکاران نیز در مطالعه‌ای مروری نشان داده است که استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی می‌تواند در بهبود تعادل بیماران پاراکینسونی موثر باشد (۱۵). گارسیا و همکاران در مطالعه‌ای بر روی بیمارانی که دچار ضربه مغزی شده بودند و کوپر در مطالعه‌ای بر روی افرادی که دچار فلج مغزی بودند نشان دادند که سیستم‌های واقعیت مجازی حداقل به اندازه تمرین تعادلی سنتی در بهبود تعادل موثر هستند (۱۸، ۱۹).

در بیشتر مطالعات بررسی شده، تصادفی سازی یا انجام‌نشده بود یا فاقد جزئیات کامل بود (۲۴-۲۱، ۲۹، ۳۰). تقریباً در تمام مطالعات بررسی شده، مخفی کردن (Masking) شرکت‌کنندگان و درمانگر صورت نگرفته بود که می‌تواند منجر به سوگیری شود. بنابراین، مطالعاتی که در آینده در مورد اثر بخشی استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی بر پیامدهای مرتبط با بی‌ثباتی مچ پا صورت می‌گیرد، باید از گروه‌های کنترل با نمونه‌گیری تصادفی و کورسازی شرکت‌کنندگان و ارزیاب‌ها استفاده کنند. علاوه بر این، تعداد زیادی از مطالعات مورد بررسی، حجم نمونه کوچکی را انتخاب کرده بودند که بر اساس محاسبات نبود (۲۴-۲۱، ۲۹، ۳۰). همچنین، در این مطالعات، هیچ‌گونه محاسبه توان یا اندازه اثری انجام‌نشده بود، که برای ارزیابی دقیق اعتبار یک مطالعه ضروری است. در مطالعاتی که حجم نمونه را محاسبه کرده بودند، حداقل حجم نمونه لازم برای هر گروه را ۲۵ نفر گزارش کرده بودند

(۲۷) که تنها در چهار مطالعه این حجم نمونه رعایت شده بود (۲۷-۲۵، ۲۹). حجم نمونه کوچک، عدم محاسبه توان و وجود افت آزمودنی (Dropout rate) (۲۴-۲۲) می‌تواند خطای نوع دوم را افزایش دهد و به‌طور بالقوه به یافته‌های غیر معنی‌دار گزارش شده توسط برخی از مطالعات بررسی شده کمک کند.

در مطالعه مروری حاضر محققین تمام مطالعاتی که در زمینه اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی بر تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا صورت گرفته بود را به منظور بررسی انتخاب کرده‌اند که تقریباً ۶۰ درصد از مطالعات انتخابی دارای کیفیت روش شناختی پایینی هستند. بنابراین، این موضوع لزوم اجرای طرح‌های مطالعاتی قوی‌تری را در این زمینه نشان می‌دهد.

در مطالعاتی که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مداخله (توان‌بخشی سنتی و واقعیت مجازی) و گروه کنترل گزارش نشده بود (۲۵، ۲۶)، تعداد و شدت جلسات تمرینی برای گروه‌های مداخله کنترل نشده بود. بعلاوه، در این مطالعات برنامه توان‌بخشی بدون نظارت تخصصی به صورت خانگی انجام شده بود (۲۵، ۲۶). از آنجاکه هیچ نظارت مستقیمی بر تمرینات انجام شده در خانه وجود ندارد، شدت تمرینات واقعیت مجازی متناسب با پیشرفت بیمار تنظیم نمی‌شود که می‌تواند باعث یکنواختی برنامه تمرینی شود. احتمالاً یکی از دلایل عدم تفاوت بین میزان پایبندی به مداخلات واقعیت مجازی با تمرینات توان‌بخشی سنتی در این مطالعات نیز همین موضوع بوده باشد (۲۵، ۲۶). بنابراین، نظارت بر اجرای تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی توسط یک متخصص فیزیوتراپی یا علوم ورزشی، طوری که برنامه تمرینی متناسب با ویژگی‌های جسمانی و پیشرفت بیمار ارائه شود، فعالیت‌های تمرینی مختلف در برنامه تمرینی واقعیت مجازی گنجانده شود و اجرای صحیح تمرینات کنترل شود می‌تواند منجر به افزایش پایبندی به درمان شود. باین‌حال، برای ارزیابی اثربخشی و پایبندی طولانی‌مدت به برنامه تمرینی مبتنی بر واقعیت مجازی در این جمعیت هنوز نیاز به مطالعات بیشتری است.

بر اساس اطلاعات ما، این اولین مطالعه‌ای است که به صورت سیستماتیک اثربخشی استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی را برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بررسی کرده است. برخی از محدودیت‌های این مطالعه به شرح زیر می‌باشد: (۱) تنها مقالات به زبان انگلیسی بررسی شده است، (۲) مطالعاتی که پیامدهای روانی-اجتماعی را ارزیابی کرده بودند، حذف شدند، (۳) تأثیر دقیق مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی به توجه به شدت آسیب مشخص نیست، (۴) در مورد مدت، فراوانی و تعداد جلسات درمانی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی اتفاق نظر وجود ندارد. علاوه بر این، به خاطر محدود بودن تعداد

بی‌ثباتی مچ پا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی می‌توانند به عنوان یک برنامه توان‌بخشی مؤثر برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا در نظر گرفته شوند. اما با توجه به محدودیت‌ها و ضعف روش‌شناختی مطالعات کنونی، به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

هر چند که هیچگونه شواهدی در مورد برتری اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی در مقایسه با توان‌بخشی سنتی برای هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده وجود ندارد، با این حال نتایج مطالعه حاضر گویای این است که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی می‌تواند حداقل به اندازه تمرینات سنتی در توان‌بخشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا مؤثر باشد. لازم به ذکر است که بسیاری از مطالعات بررسی شده دارای استانداردهای کیفیتی مانند ایجاد توالی تصادفی، پنهان‌سازی تخصیص، و کور کردن ارزیاب نمی‌باشند. این موضوع لزوم اجرای طرح‌های مطالعاتی قوی‌تری را نشان می‌دهد. بنابراین، به خاطر فناوری نوآورانه‌ای که سیستم‌های واقعیت مجازی دارند و امکان شخصی‌سازی برنامه توان‌بخشی و ثبت پیشرفت بیماران را فراهم می‌کنند و با توجه به اینکه انگیزه و جذابیت بالای برای تمرین کردن ایجاد می‌کنند، متخصصین حوزه سلامت می‌توانند از سیستم‌های واقعیت مجازی به عنوان ابزاری مکمل برای تمرین تعادلی سنتی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمام کسانی که در انجام این مطالعه ما را یاری کردند، نهایت تشکر را داریم.

ملاحظات اخلاقی

تمام شرکت‌کنندگان از اهداف پژوهش آگاه شده و فرم رضایت آگاهانه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند.

تضاد منافع

بنا بر اظهار نویسندگان در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

نقش نویسندگان

هر دو نویسنده در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند.

مطالعات موجود، تمام مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته بود، مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به اینکه بخش اعظمی از این مطالعات از نظر روش‌شناختی تحقیق بر اساس مقیاس پدرو دارای کیفیت پایینی هستند، نتایج مطالعه حاضر را تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر این، با خاطر اینکه در مطالعات گذشته اثربخشی سیستم‌های واقعیت مجازی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا با توجه به جنسیت شرکت‌کننده‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است، محققان در مطالعه حاضر قادر به بررسی تاثیر جنسیت بر روی اثر بخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا نبودند. بنابراین محققان می‌توانند این موضوع را در مطالعات آینده مورد بررسی قرار دهند.

برخی مزایای بالقوه توان‌بخشی بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا توسط سیستم‌های واقعیت مجازی به خاطر فراهم‌سازی محیط درمانی استاندارد، تکرارپذیر و با قابلیت کنترل است (۳۱). علاوه بر این، سیستم‌های واقعیت مجازی دسترسی ایمن به موقعیت‌های تعاملی و واقعی را فراهم می‌کند که در شرایط دیگر به دلیل محدودیت‌های عملکردی امکان‌پذیر نیست. با توجه به اینکه بسیاری از افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا ممکن است تا چندین سال بعد از بروز اولین اسپرین مچ پا همچنان دچار محدودیت‌های عملکردی هستند (۳۲)، این ویژگی سیستم‌های واقعیت مجازی به‌ویژه با توان‌بخشی این افراد مطابقت دارد. علاوه بر این موارد سیستم‌های واقعیت مجازی امکان شخصی‌سازی برنامه توان‌بخشی و ثبت پیشرفت بیماران را فراهم می‌کنند (۳۲). این ممکن است بار کاری را بر روی پزشکان کاهش دهد، زیرا به حداقل نظارت نیاز دارد. از آنجاکه این سیستم‌ها عموماً به صورت تجاری در دسترس هستند می‌توان از آن‌ها برای توان‌بخشی خانگی نیز استفاده شود. لازم به ذکر است، معمولاً سیستم‌های واقعیت مجازی از نظر افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا جذاب، انگیزاننده و سرگرم‌کننده هستند که می‌تواند با افزایش سطح رضایت و پایبندی این افراد به برنامه تمرینی همراه باشد (۳۳).

بسیاری از سیستم‌های واقعیت مجازی طوری طراحی شده‌اند که نه تنها کنترل عضلانی ظریف (Fine muscular control)، بلکه عملکردهای حرکتی درشت (Gross motor function) همچون تعادل و کنترل پاسچر را نیز به چالش بکشند. نتایج مطالعاتی که از تحلیل‌های درون‌گروهی استفاده کرده بودند گویای این بود که مداخلات تمرینی مبتنی بر واقعیت مجازی تأثیر معنی‌داری بر روی تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد حرکتی و خود گزارشی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا دارد. باین‌حال، بین اثربخشی مداخلات تمرینی مبتنی بر واقعیت مجازی با توان‌بخشی سنتی از نظر توان‌بخشی افراد مبتلا به

References

1. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2019;54(6):603-10.
2. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery from a first-time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability: a prospective cohort analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016;44(4):995-1003.
3. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fouchet F, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2013;43(8):585-91.
4. Hiller CE, Nightingale EJ, Lin C-WC, Coughlan GF, Caulfield B, Delahunt E. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2011;45(8):660-72.
5. Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait & Posture*. 2007;25(1):33-9.
6. Ross SE, Guskiewicz KM. Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2004;14(6):332-8.
7. Wilkerson GB, Pinerola JJ, Caturano RW. Invertor vs. evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1997;26(2):78-86.
8. Palmieri-Smith RM, Ty Hopkins J, Brown TN. Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(5):982-8.
9. Wang J, Zhang D, Zhao T, Ma J, Jin S. Effectiveness of balance training in patients with chronic ankle instability: protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2021;11(9):e053755.
10. Kosik KB, McCann RS, Terada M, Gribble PA. Therapeutic interventions for improving self-reported function in patients with chronic ankle instability: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2017;51(2):105-12.
11. Holt CJ, McKay CD, Truong LK, Le CY, Gross DP, Whittaker JL. Sticking to it: a scoping review of adherence to exercise therapy interventions in children and adolescents with musculoskeletal conditions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2020;50(9):503-15.
12. Ambrosino P, Iannuzzi GL, Formisano R, Spedicato GA, D'Abrosca V, Di Gioia L, et al. Exergaming as an additional tool in rehabilitation of young patients with rheumatoid arthritis: a pilot randomized controlled trial. *Games for Health Journal*. 2020;9(5):368-75.
13. Andrade A, Correia CK, Coimbra DR. The psychological effects of exergames for children and adolescents with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2019;22(11):724-35.
14. Fang Q, Ghanouni P, Anderson SE, Touchett H, Shirley R, Fang F, et al. Effects of exergaming on balance of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Games for Health Journal*. 2020;9(1):11-23.
15. Rovini E, Maremmani C, Cavallo F. Automated systems based on wearable sensors for the management of Parkinson's disease at home: A systematic review. *Telemedicine and e-Health*. 2019;25(3):167-83.
16. Deutsch JE, Guarrera-Bowlby P, Myslinski MJ, Kafri M. Is there evidence that active videogames increase energy expenditure and exercise intensity for people poststroke and with cerebral palsy?. *Games for Health Journal*. 2015;4(1):31-7.
17. Staiano AE, Flynn R. Therapeutic uses of active videogames: a systematic review. *Games for Health Journal*. 2014;3(6):351-65.
18. Garcia-Munoz C, Casuso-Holgado M. Effectiveness of Wii Fit Balance board in comparison with other interventions for post-stroke balance rehabilitation. Systematic review and meta-analysis. *Revista de Neurologia*. 2019;69(7):271-9.
19. Cooper T, Williams JM. Does an exercise programme integrating the Nintendo Wii-Fit Balance Board improve balance in ambulatory children with cerebral palsy?. *Physical Therapy Reviews*. 2017;22(5-6):229-37.
20. Elkins MR, Moseley AM, Sherrington C, Herbert RD, Maher CG. Growth in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and use of the PEDro scale. *British Journal of Sports Medicine*; 2013;47(4):188-9.
21. Ranjbarzadeh Yamchi F, Letafatkar A, Esmaeilpour S. The Effect of 8 Weeks Virtual Reality Training on Static and Dynamic Balance and Performance in Male Athletes With Functional Ankle Instability. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2021;11(1):45-54.
22. 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;14(3):276-80.
23. Kim KJ. Effects of virtual reality programs on proprioception and instability of functional ankle instability. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2015;6(2):891-5.
24. Kim K-J, Heo M. Comparison of virtual reality exercise versus conventional exercise on balance in patients with functional ankle instability: a randomized

- controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2019;32(6):905-11.
25. Punt I, Ziltener JL, Monnin D, Allet L. W ii F it™ exercise therapy for the rehabilitation of ankle sprains: Its effect compared with physical therapy or no functional exercises at all. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2016;26(7):816-23.
26. Punt IM, Armand S, Ziltener J-L, Allet L. Effect of W ii F it™ exercise therapy on gait parameters in ankle sprain patients: A randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2017;58:52-8.
27. Shousha TM, Abo-zaid NA, Hamada HA, Abdelsamee MYA, Behiry MA. Virtual reality versus Biodex training in adolescents with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Archives of Medical Science*. 2021;1(2):1-10.
28. Mohammadi N, Hadian M-R, Olyaei G-R. Comparison of the effects of W ii and conventional training on functional abilities and neurocognitive function in basketball-players with functional ankle instability: Matched randomized clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. 2021;35(10):1454-64.
29. Mohammadi N, Hadian M-R, Olyaei G. The Effects of W ii Fit Plus Training on Functional Ability in Athletes with Functional Ankle Instability. *Sports Orthopaedics and Traumatology*. 2020;36(1):52-9.
30. Vernadakis N, Derri V, Tsitskari E, Antoniou P. The effect of Xbox Kinect intervention on balance ability for previously injured young competitive male athletes: a preliminary study. *Physical Therapy in Sport*. 2014;15(3):148-55.
31. Mantovani F, Castelnuovo G, Gaggioli A, Riva G. Virtual reality training for health-care professionals. *CyberPsychology & Behavior*. 2003;6(4):389-95.
32. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Naugle KE, Borsa PA. Self-assessed disability and functional performance in individuals with and without ankle instability: a case control study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009;39(6):458-67.
33. Schultheis MT, Rizzo AA. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology*. 2001;46(3):296.