

Original Research

## The Effect of Virtual Reality–Based Dual-Task Interventions on Postural Control and Reduction of Fear of Falling in Older Adults: A Systematic Review

Soghra Taherkhani<sup>1</sup>, Ahmad Nikrovan\*<sup>2</sup>

1. M.A. in Motor Behavior, Faculty of Humanities, Semnan University, Semnan, Iran.

2. *Corresponding Author*; Assistant Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Humanities, Semnan University, Semnan, Iran.

### ARTICLE INFO

Received: 2026/02/09  
Reviewed: 2026/03/17  
Revised: 2026/04/07  
Accepted: 2026/05/11

#### Keyword:

Older adults  
Dual-task training  
Virtual reality  
Postural control  
Fear of falling  
Fall prevention

### ABSTRACT

**Introduction:** The growing population of older adults has drawn increasing attention to problems related to balance, postural control, and fall risk in this group. One important factor contributing to these impairments is the reduced ability to perform cognitive and motor tasks simultaneously (dual-task performance). Virtual reality has emerged as a novel approach in motor rehabilitation, providing safe and interactive training environments. The aim of this study was to systematically review the effects of virtual reality–based dual-task training on postural control and fear of falling in older adults.

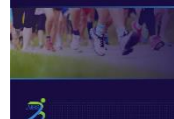
**Methodology:** This study was conducted as a systematic review following the PRISMA guidelines. Articles published between 2023 and 2026 were searched in major scientific databases. After screening based on predefined inclusion and exclusion criteria, eligible studies were selected. Extracted data included sample characteristics, type and duration of interventions, balance assessment tools, and indicators related to fear of falling. The methodological quality of the studies was evaluated using standard risk-of-bias assessment tools, and the results were analyzed through narrative synthesis.

**Results:** The findings indicated that virtual reality–based dual-task training can significantly improve balance, postural control, and the ability of older adults to manage simultaneous cognitive and motor tasks. Furthermore, these interventions increased balance confidence and reduced fear of falling.

**Conclusion:** Virtual reality–based dual-task training can be considered an effective approach for fall prevention and rehabilitation in older adults. However, longitudinal studies with larger sample sizes are needed to confirm long-term effects.

\* **Corresponding Author:** Ahmad Nikrovan

**Email:** ahmad\_namnik@semnan.ac.ir



## تأثیر مداخلات تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی بر کنترل قامتی و کاهش ترس از سقوط در سالمندان: یک مرور سیستماتیک

صغری طاهرخانی<sup>۲</sup>، احمد نیکروان<sup>۱\*</sup>

۱. کارشناسی ارشد رفتار حرکتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.  
۲. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

### اطلاعات مقاله

### چکیده

**مقدمه و هدف:** افزایش جمعیت سالمندان توجه پژوهشگران را به مشکلات تعادل، کنترل قامتی و خطر سقوط در این گروه جلب کرده است. یکی از عوامل مهم در این اختلالات، کاهش توانایی انجام همزمان تکالیف شناختی و حرکتی (تکلیف دوگانه) است. واقعیت مجازی به عنوان رویکردی نوین در بازتوانی حرکتی، امکان ایجاد محیط‌های تمرینی ایمن و تعاملی را فراهم می‌کند. هدف این پژوهش بررسی نظام‌مند تأثیر تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی بر کنترل قامتی و ترس از سقوط در سالمندان بود.

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰  
تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۱۲/۲۶  
بازنگری مقاله: ۱۴۰۵/۰۱/۱۸  
پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۲/۲۱

### کلید واژگان

سالمندان، تمرین دوگانه  
واقعیت مجازی، کنترل قامتی  
ترس از سقوط  
پیشگیری از سقوط

**روش‌شناسی:** این مطالعه به روش مرور سیستماتیک و بر اساس دستورالعمل PRISMA انجام شد. مقالات منتشر شده بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶ در پایگاه‌های علمی معتبر جست‌وجو شدند و پس از غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج، مطالعات واجد شرایط انتخاب شدند. داده‌های استخراج‌شده شامل ویژگی‌های نمونه‌ها، نوع و مدت مداخله، ابزارهای ارزیابی تعادل و شاخص‌های مرتبط با ترس از سقوط بود. کیفیت روش‌شناختی مطالعات با استفاده از ابزارهای استاندارد ارزیابی خطر سوگیری بررسی و نتایج به صورت سنتز روایی تحلیل شد.

**نتایج:** نتایج نشان داد تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی می‌توانند به طور معناداری تعادل، کنترل قامتی و توانایی مدیریت همزمان تکالیف شناختی و حرکتی سالمندان را بهبود بخشند. همچنین این مداخلات موجب افزایش اعتماد به تعادل و کاهش ترس از سقوط شدند.

**نتیجه‌گیری:** تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی می‌توانند به عنوان رویکردی مؤثر در پیشگیری از سقوط و بازتوانی سالمندان مورد استفاده قرار گیرند، هرچند انجام مطالعات طولی با حجم نمونه بیشتر برای تأیید اثرات بلندمدت ضروری است.

## مقدمه

شناختی و روانی در کنترل تعادل و خطر سقوط را به طور کامل منعکس نمی‌کنند. در سال‌های اخیر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کنترل قامتی در سالمندان تنها یک فرآیند خودکار وابسته به سیستم‌های حسی - حرکتی نیست، بلکه تا حد زیادی به منابع پردازش شناختی و توجه وابسته است. در زندگی روزمره، سالمندان اغلب مجبورند همزمان با راه رفتن یا حفظ تعادل، فعالیت‌های شناختی دیگری مانند صحبت کردن یا تصمیم‌گیری را نیز انجام دهند. این وضعیت که به عنوان «تکلیف دوگانه» شناخته می‌شود، می‌تواند به رقابت بر سر منابع توجهی منجر شده و پایداری قامتی را کاهش دهد (اسمیت و همکاران، ۲۰۲۴). بر اساس نظریه ظرفیت محدود توجه، انجام همزمان تکالیف شناختی و حرکتی در سالمندان باعث ایجاد تداخل شناختی - حرکتی شده و خطر سقوط را افزایش می‌دهد. در کنار رویکردهای سنتی تمرینی، پیشرفت فناوری‌های نوین به ویژه واقعیت مجازی افق‌های جدیدی را در حوزه بازتوانی سالمندان ایجاد کرده است (جانسون و همکاران، ۲۰۲۵). واقعیت مجازی با فراهم کردن محیط‌های تعاملی و غنی از محرک، امکان شبیه‌سازی شرایط واقعی زندگی را در محیطی ایمن فراهم می‌کند و از طریق ارائه بازخوردهای چندحسی، یادگیری حرکتی و سازگاری عصبی را تسهیل می‌سازد (براون و دیویس، ۲۰۲۳). این فناوری می‌تواند به بهبود تعادل، افزایش انگیزه تمرین و کاهش خطر سقوط در سالمندان کمک کند (لی و وانگ، ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر، ترکیب تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی با پارادایم تکلیف دوگانه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (مارتینز و همکاران، ۲۰۲۴)، زیرا این رویکرد شرایطی نزدیک به فعالیت‌های واقعی زندگی ایجاد کرده و همزمان سیستم‌های حرکتی و شناختی سالمندان را به چالش می‌کشد. با وجود افزایش پژوهش‌ها در این حوزه، هنوز شواهد یکپارچه‌ای درباره اثربخشی این مداخلات، ویژگی‌های بهینه پروتکل‌های تمرینی و میزان ماندگاری اثرات آن‌ها بر شاخص‌های کنترل قامتی و ترس از سقوط وجود ندارد (چن و تاناکا، گارسیا و میلر، ۲۰۲۴؛ کیم، ۲۰۲۵). بنابراین، انجام مطالعات مروری برای تجمیع یافته‌های موجود ضروری به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر بررسی نظام‌مند پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تأثیر تمرینات تکلیف دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی بر کنترل قامتی و ترس از سقوط در سالمندان است تا مشخص شود آیا این مداخلات در مقایسه با روش‌های سنتی می‌توانند بهبود معناداری در شاخص‌های تعادل، کنترل حرکتی و کاهش عوامل روانی مرتبط با سقوط ایجاد کنند یا خیر.

## روش شناسی

سالمندی یکی از مهم‌ترین دستاوردهای پیشرفت‌های بهداشتی و اجتماعی بشر محسوب می‌شود، اما افزایش امید به زندگی همزمان با شیوع بیماری‌های مزمن، کاهش توانایی‌های عملکردی و افت کیفیت زندگی در این دوره همراه است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های سلامت در سالمندان، زمین‌خوردن است که به‌عنوان مشکلی شایع شناخته می‌شود و می‌تواند ابعاد مختلف سلامتی جسمانی، روانی و اجتماعی سالمندان را تحت تأثیر قرار دهد (بنمن، ۲۰۲۱)؛ دومینگوس و همکاران، ۲۰۲۱). گزارش‌ها نشان می‌دهد حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد افراد بالای ۶۵ سال در طول یک سال حداقل یک بار سقوط را تجربه می‌کنند و بخش قابل‌توجهی از سالمندان نیز در معرض آسیب‌های جدی ناشی از آن قرار می‌گیرند (آمبروز و همکاران، ۲۰۱۳؛ مرتضی باقی و همکاران، ۱۳۹۶). افزون بر پیامدهای جسمانی، یکی از مهم‌ترین آثار سقوط، شکل‌گیری پدیده‌ای روان‌شناختی به نام «ترس از سقوط» است که حتی در سالمندانی که سابقه زمین‌خوردن ندارند نیز مشاهده می‌شود و می‌تواند به محدودیت فعالیت، کاهش تحرک و کاهش مشارکت اجتماعی منجر شود (پیری و همکاران، ۲۰۲۰؛ ساپماز و موجدسی، ۲۰۲۱). ترس از سقوط عاملی مهم در کاهش استقلال عملکردی سالمندان محسوب می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که بسیاری از سالمندان پس از تجربه سقوط از انجام برخی فعالیت‌های روزمره اجتناب می‌کنند و این موضوع می‌تواند به کاهش فعالیت بدنی، افت آمادگی جسمانی و افزایش خطر سقوط مجدد منجر شود (چوی و همکاران، ۲۰۱۷)؛ یوشیکاوا و همکاران، ۲۰۲۱). این چرخه معیوب در نهایت باعث کاهش کیفیت زندگی و افزایش وابستگی سالمندان می‌شود (شوئن و همکاران، ۲۰۱۹؛ تینتی و پاول، ۱۹۹۳). به همین دلیل، شناسایی عوامل مؤثر بر ترس از سقوط و ارزیابی دقیق آن در سالمندان از اهمیت زیادی برخوردار است. برای ارزیابی تعادل، خطر سقوط و اعتماد به توانایی‌های حرکتی سالمندان ابزارهای مختلفی توسعه یافته‌اند. از جمله مهم‌ترین این ابزارها می‌توان به مقیاس اطمینان به تعادل در فعالیت‌های ویژه (پاول و مایرز، ۱۹۹۵)، مقیاس کارآمدی سقوط (یاردلی و همکاران، ۲۰۰۵)، مقیاس تعادل برگ (برگ و همکاران، ۱۹۸۹)، شاخص راه‌رفتن پویا (چیو و همکاران، ۲۰۰۶)؛ مک‌کانوی و بنت، ۲۰۰۵)، آزمون برخاستن و راه رفتن زمان‌دار (موریس و همکاران، ۲۰۰۱) و آزمون رسیدن عملکردی (دانکن و همکاران، ۱۹۹۲) اشاره کرد. این آزمون‌ها برای سنجش جنبه‌های مختلف تعادل و خطر سقوط در سالمندان کاربرد گسترده‌ای دارند و می‌توانند اطلاعات ارزشمندی درباره توانایی‌های عملکردی آنان ارائه دهند (بوگل توربان و نیوتن، ۱۹۹۶)؛ کلارک و همکاران، ۱۹۹۷)؛ دیبل و لانگ، ۲۰۰۶)؛ پارک، ۲۰۱۸)؛ والمن، ۲۰۰۱). با این حال، بسیاری از این ابزارها بیشتر بر ارزیابی عملکرد حرکتی تمرکز دارند و نقش عوامل

از آزمون‌هایی مانند مقیاس تعادل برگ، آزمون برخاستن و راه رفتن زمان‌دار، و در برخی موارد از شاخص‌های عینی مانند مرکز فشار با استفاده از پلتفرم نیرو بهره گرفته شد. همچنین برای ارزیابی ترس از سقوط از پرسشنامه‌هایی مانند مقیاس کارآمدی سقوط-بین‌المللی و مقیاس اطمینان به تعادل در فعالیت‌های ویژه استفاده گردید. مداخلات تمرینی نیز با استفاده از سیستم‌های مختلف واقعیت مجازی شامل سیستم‌های غوطه‌ور (هدست‌های واقعیت مجازی) و غیرغوطه‌ور (نمایشگر یا سیستم‌هایی مانند کینکت و وی) اجرا شده بودند که امکان انجام همزمان تکالیف حرکتی و شناختی را فراهم می‌کردند.

#### روند اجرای

فرآیند اجرای این مرور سیستماتیک در چند مرحله انجام شد. ابتدا جست‌وجوی نظام‌مند مقالات در پایگاه‌های اطلاعاتی تعیین‌شده انجام گرفت و تمامی نتایج در نرم‌افزار مدیریت منابع وارد شدند. پس از حذف موارد تکراری، غربالگری عنوان و چکیده توسط دو ارزیاب مستقل صورت گرفت. در مرحله بعد، متن کامل مقالات بالقوه مرتبط بررسی شد و مطالعاتی که معیارهای ورود را داشتند انتخاب شدند. داده‌های مورد نیاز با استفاده از فرم استخراج داده از هر مطالعه گردآوری شد. سپس کیفیت روش‌شناختی و خطر سوگیری مطالعات ارزیابی گردید و در نهایت نتایج مطالعات منتخب برای انجام سنتز روایی و در صورت امکان تحلیل کمی آماده شدند.

#### روش آماری

در این پژوهش، تحلیل نتایج عمدتاً به صورت سنتز روایی انجام شد. در این روش، یافته‌های مطالعات بر اساس نوع مداخله، ویژگی‌های تمرینات دوگانه، نوع سیستم واقعیت مجازی و شاخص‌های پیامد طبقه‌بندی و مقایسه شدند. در صورتی که داده‌های مطالعات از نظر نوع طراحی، ابزار اندازه‌گیری و شاخص‌های گزارش شده همگنی کافی داشتند، امکان انجام فراتحلیل با استفاده از شاخص اندازه اثر<sup>۱</sup> فراهم می‌شد. ناهمگنی مطالعات با استفاده از شاخص  $I^2$  بررسی می‌شود و در صورت بالا بودن ناهمگنی از مدل اثرات تصادفی استفاده خواهد شد. سطح معناداری آماری نیز در اکثر مطالعات ۰,۰۵ در نظر گرفته شده بود.

این پژوهش به روش مرور سیستماتیک و با هدف تجمیع و ارزیابی شواهد علمی درباره تأثیر تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی بر کنترل قامتی و ترس از سقوط در سالمندان انجام شد. طراحی و گزارش این مطالعه بر اساس دستورالعمل موارد گزارش‌دهی ترجیحی برای مرورهای سیستماتیک و فراتحلیل‌ها ۲۰۲۰ صورت گرفت. سؤال پژوهش بر اساس چارچوب جمعیت، مداخله، مقایسه و پیامد تدوین شد؛ به‌گونه‌ای که جمعیت مورد مطالعه سالمندان با میانگین سنی ۶۰ سال و بالاتر، مداخله شامل تمرینات دوگانه (ترکیب همزمان تکالیف شناختی و حرکتی) در محیط واقعیت مجازی، مقایسه با مراقبت معمول یا تمرینات غیرواقعیت مجازی، و پیامدها شامل شاخص‌های کنترل قامتی و ترس از سقوط بودند. جست‌وجوی نظام‌مند مطالعات در پایگاه‌های اطلاعاتی پاب‌مد، اسکوپوس، وب‌آو‌ساینس، امبیس، مجموعه تجمعی شاخص پرستاری و متون وابسته به سلامت و کتابخانه کارکن در بازه زمانی ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶ انجام شد. همچنین برای کاهش سوگیری انتشار، منابع خاکستری در گوگل اسکالر و پایگاه‌های ثبت کارآزمایی‌ها مانند پایگاه ثبت کارآزمایی‌های بالینی دولت آمریکا بررسی گردید. پس از گردآوری مطالعات، موارد تکراری حذف شدند و فرایند غربالگری عنوان، چکیده و متن کامل مقالات توسط دو ارزیاب مستقل انجام شد. معیارهای ورود شامل مطالعات مداخله‌ای بر روی سالمندان (۶۰ سال و بالاتر)، استفاده از تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی و گزارش حداقل یکی از پیامدهای تعادل یا ترس از سقوط بود. داده‌های مورد نیاز از مطالعات منتخب استخراج و کیفیت روش‌شناختی آن‌ها با استفاده از ابزارهای استاندارد ارزیابی خطر سوگیری بررسی شد. در نهایت یافته‌های مطالعات به صورت سنتز روایی تحلیل شدند و در صورت وجود همگنی کافی میان داده‌ها، امکان انجام تحلیل کمی نیز در نظر گرفته شد.

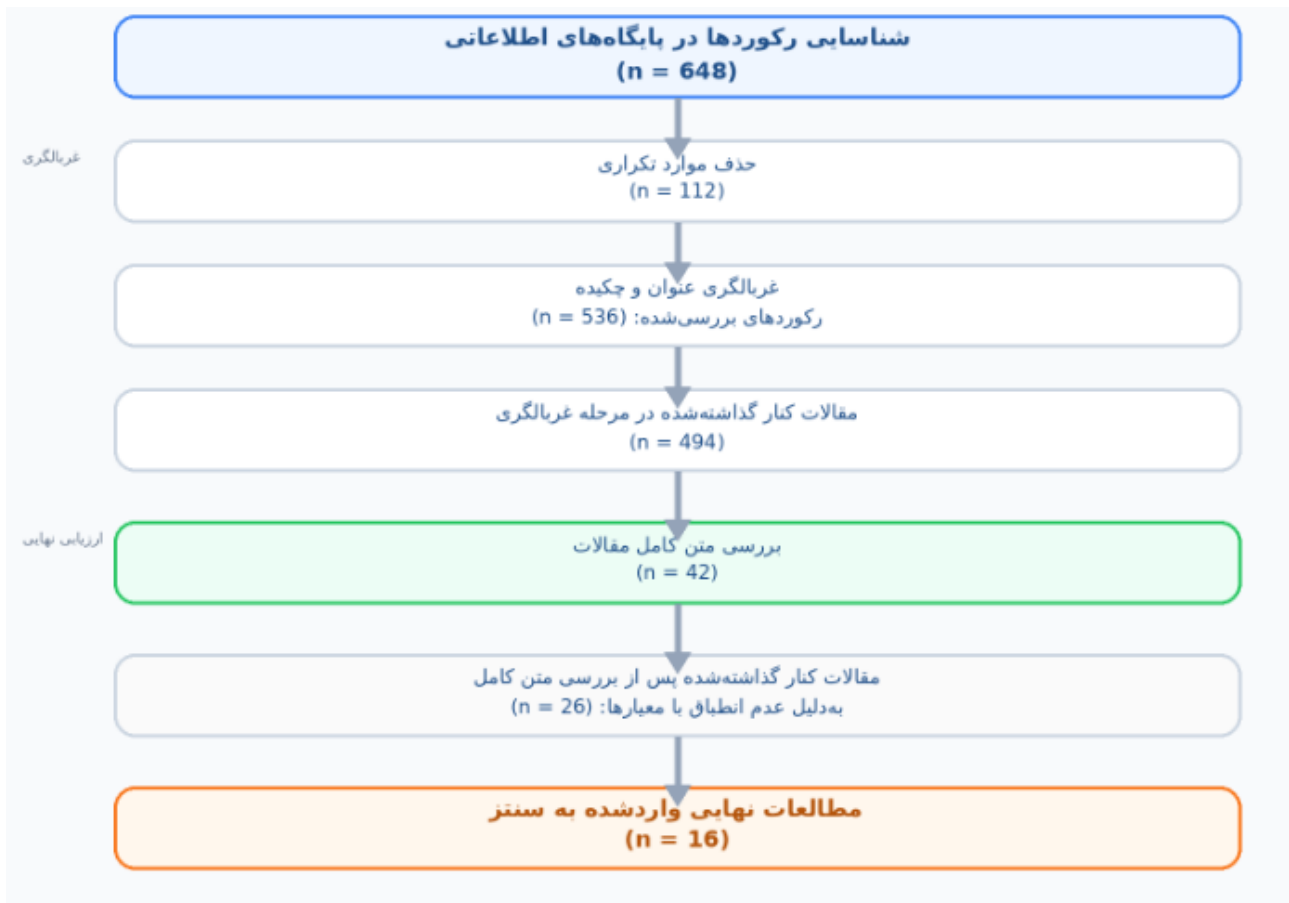
#### شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان این مرور را سالمندان شرکت‌کننده در مطالعات اولیه تشکیل دادند. بر اساس معیارهای ورود، مطالعاتی وارد مرور شدند که در آن‌ها میانگین سن شرکت‌کنندگان ۶۰ سال و بالاتر گزارش شده بود. این افراد ممکن بود در جامعه، مراکز نگهداری سالمندان یا مراکز توانبخشی زندگی کنند. در اغلب مطالعات، شرکت‌کنندگان سالمندانی با توانایی راه رفتن مستقل یا با حداقل کمک بودند و سابقه اختلالات شدید عصبی، شناختی یا اسکلتی-عضلانی که مانع اجرای تمرینات تعادلی شود نداشتند. حجم نمونه در مطالعات مختلف متفاوت بود و معمولاً بین ۱۵ تا ۶۰ نفر گزارش شده بود. شرکت‌کنندگان در بیشتر مطالعات به صورت تصادفی در گروه‌های مداخله (تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی) و گروه کنترل یا مقایسه تقسیم شده بودند.

#### ابزار

در مطالعات واردشده برای ارزیابی پیامدهای پژوهش از ابزارهای استاندارد و معتبر استفاده شده بود. برای سنجش کنترل قامتی و تعادل

شکل ۱: دیاگرام PRISMA فرایند انتخاب مطالعات



## یافته‌ها

پس از اجرای راهبرد جست‌وجوی نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی تعیین‌شده و بر اساس کلیدواژه‌های مرتبط، در مجموع ۶۴۸ رکورد اولیه شناسایی شد. پس از حذف موارد تکراری و انجام غربالگری بر اساس عنوان و چکیده، ۴۲ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. در مرحله ارزیابی نهایی و بر اساس معیارهای ورود و خروج، در نهایت ۱۶ مطالعه واجد شرایط وارد فرایند سنتز شدند که شامل ۱۲ مطالعه کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده و ۴ مطالعه نیمه‌تجربی بود. تمامی این مطالعات شامل شرکت‌کنندگانی با میانگین سنی ۶۰ سال یا بیشتر بودند و اثر مداخلات تمرین دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی بر شاخص‌های کنترل قامتی و یا ترس از سقوط مورد بررسی قرار گرفته بود. بررسی ویژگی‌های مداخلات نشان داد که حدود ۷۰ درصد از مطالعات از سامانه‌های واقعیت مجازی غیرغوطه‌ور (مانند نمایشگرهای تعاملی یا سامانه‌های مبتنی بر حسگر حرکتی کینکت) استفاده کرده‌اند، در حالی که حدود ۳۰ درصد از سیستم‌های واقعیت مجازی غوطه‌ور مبتنی بر هدست‌های نمایشگر سرپوشیده بهره‌برده‌اند (برای نمونه: «آکیولس کوئست»). در اغلب پروتکل‌ها، شرکت‌کنندگان به‌صورت همزمان درگیر تکالیف حرکتی و شناختی بودند؛ به‌گونه‌ای که فعالیت‌هایی نظیر ایستادن روی سطوح ناپایدار، راه رفتن یا گام‌برداری با تکالیف شناختی مثل محاسبات ذهنی، آزمون‌های توجه یا یادآوری کلمات ترکیب شد. میانگین مدت اجرای مداخلات در مطالعات حدود هشت هفته گزارش گردیده و بیشتر برنامه‌ها شامل سه جلسه تمرینی در هفته به مدت تقریبی چهار دقیقه بوده‌اند. نتایج سنتز مطالعات نشان داد که تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی به‌صورت کلی باعث بهبود معنادار شاخص‌های کنترل قامتی در سالمندان شده است. کاهش محسوسی در شاخص‌های نوسان مرکز فشار - شامل مساحت نوسان و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار - مشاهده شد که بیانگر افزایش پایداری ایستا و پویا بود (نوری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین برخی پژوهش‌ها گزارش کردند شرکت‌کنندگانی که در محیط‌های واقعیت مجازی غوطه‌ور تمرین کرده بودند، در آزمون‌های عملکردی تعادل مانند آزمون تعادل برگ و

## بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، تحلیل نظام‌مند مطالعات منتشرشده در سال‌های اخیر نشان داد که مداخلات تمرین دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی، تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود کنترل قامتی و کاهش ترس از سقوط در سالمندان دارند. ترکیب همزمان تکالیف شناختی و حرکتی در محیط‌های مجازی غوطه‌ور، موجب تحریک مؤثرتر سامانه‌های عصبی - عضلانی شده و هماهنگی میان ورودی‌های حسی‌پیکری، بینایی و دهلیزی را در مقایسه با روش‌های سنتی تقویت می‌کند

آزمون حدود پایداری عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل یا تمرینات سنتی نشان دادند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲). علاوه بر شاخص‌های بیومکانیکی، در چندین مطالعه اثر مداخلات واقعیت مجازی بر جنبه‌های روان‌شناختی مرتبط با حرکت نیز بررسی شد. نتایج ابزارهای سنجش ترس از سقوط، از جمله مقیاس بین‌المللی کارآمدی ترس از سقوط (که معادل کامل FES-I است) و پرسشنامه اطمینان از حفظ تعادل در فعالیت‌های روزمره (که معادل کامل ABC است)، نشان داد که شرکت‌کنندگان پس از مداخله کاهش معناداری در سطح ترس از سقوط و افزایش خودکارآمدی تعادلی داشته‌اند. در برخی مطالعات، میزان بهبود خودکارآمدی بین ۲۰ تا ۳۵ درصد گزارش شده است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۰). شواهد همچنین نشان می‌دهد که محیط‌های واقعیت مجازی غوطه‌ور، به‌دلیل ایجاد احساس حضور و شبیه‌سازی موقعیت‌های واقعی، تأثیر بیشتری بر کاهش ترس از سقوط نسبت به مداخلات غیرغوطه‌ور داشته‌اند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱). مرور مطالعات اخیر نیز تأیید کرده است که تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی، به‌طور مؤثر موجب بهبود عملکرد تعادلی و کاهش ترس از سقوط در سالمندان می‌شوند (احمدی، ۱۴۰۳؛ رضوی، ۱۴۰۲؛ شریفی، ۱۴۰۲). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیب فناوری واقعیت مجازی با تکالیف شناختی - حرکتی، علاوه بر بهبود شاخص‌های حرکتی، موجب ارتقای عملکرد شناختی و کاهش اضطراب مرتبط با حرکت در سالمندان می‌گردد (صادقی، ۱۴۰۲؛ شریفی، ۱۴۰۲). یافته‌های اخیر نیز حاکی است که استفاده از سامانه‌های واقعیت مجازی در محیط‌های خانگی باعث افزایش پایداری سالمندان به برنامه‌های تمرینی و تقویت احساس امنیت حرکتی آنان می‌شود (میرزاده، ۱۴۰۳؛ عباسی، ۱۴۰۳). در همین راستا، پژوهش‌های ترکیبی جدید نیز بر نقش فناوری‌های نوین مانند حسگرهای پوشیدنی و فناوری هوش مصنوعی در بهینه‌سازی و شخصی‌سازی تمرینات واقعیت مجازی تأکید دارند (ملکی، ۱۴۰۳؛ خالقی، ۱۴۰۳). به‌طور کلی، یافته‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تمرین دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی، رویکردی نوین و کارآمد برای بهبود کنترل قامتی و کاهش ترس از سقوط در سالمندان محسوب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان راهکاری اثربخش در برنامه‌های پیشگیری از سقوط و بازتوانی تعادلی و حرکتی مورد استفاده قرار گیرد.

(احمدی و همکاران، ۱۴۰۳). یافته‌های این مرور نشان داد که بخش عمده‌ای از مشکلات تعادلی سالمندان ناشی از محدودیت ظرفیت توجه و کاهش توانایی مدیریت همزمان چند محرک است؛ از این رو، تمرینات دوگانه در محیط‌های واقعیت مجازی با ایجاد موقعیت‌های شبه‌واقعی و کنترل‌شده، بازتوزیع منابع شناختی را در راستای حفظ تعادل بهبود می‌بخشند (رضوی و همکاران، ۱۴۰۲). کاهش نوسانات مرکز فشار، بهبود حدود پایداری، ارتقای عملکرد تعادلی و افزایش اعتماد به توانایی حفظ تعادل، از جمله پیامدهای مثبت و پایداری بودند

ترکیبی، توصیه می‌شود مراکز توانبخشی از سامانه‌های واقعیت مجازی برای شبیه‌سازی محیط‌های پرخطر - مانند پیاده‌روهای شلوغ یا پله‌های مجازی - استفاده کنند تا سالمندان بتوانند در محیطی ایمن، مهارت‌های بازیابی تعادل را همزمان با انجام تکالیف ثانویه تمرین کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از برنامه‌های خانگی واقعیت مجازی می‌تواند به‌عنوان مکمل درمانی مؤثر، میزان پایبندی سالمندان به تمرینات را افزایش دهد؛ زیرا ماهیت تعاملی و بازی‌گونه این تمرینات، انگیزه مشارکت را تقویت می‌کند (چن و تاناکا، ۲۰۲۵). همچنین طراحی مداخلات باید مبتنی بر اصل «تنوع تمرین» باشد؛ به‌گونه‌ای که تکالیف شناختی به‌تدریج از محاسبات ساده به سمت تصمیم‌گیری سریع در محیط‌های پویا سوق داده شوند تا انتقال یادگیری به موقعیت‌های واقعی افزایش یابد (کریمی و همکاران، ۱۴۰۰). از منظر پیشنهادها، پژوهشی، با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در این حوزه، هنوز خلأهای مهمی در دانش موجود دیده می‌شود. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده بر نقش «هوش مصنوعی در شخصی‌سازی مداخلات» تمرکز کنند؛ به‌طوری که دشواری تکالیف حرکتی و شناختی بر اساس بازخورد لحظه‌ای عملکرد سالمند تنظیم شود (ملکی و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین بررسی ماندگاری اثرات مداخله در دوره‌های طولانی‌تر، به‌ویژه بیش از شش ماه، برای ارزیابی پایداری تغییرات عصبی و عملکردی ضروری است. ترکیب فناوری‌های پوشیدنی با محیط‌های واقعیت مجازی نیز می‌تواند امکان ثبت دقیق‌تر شاخص‌های حرکتی و تحلیل عمیق‌تر راهبردهای کنترل قامتی را فراهم کند (خالقی و همکاران، ۱۴۰۳). در نهایت، انجام پژوهش‌هایی درباره تفاوت‌های جنسیتی و نقش سطح تحصیلات - به‌عنوان شاخصی از ذخیره شناختی - می‌تواند به تدوین پروتکل‌های دقیق‌تر، فردمحور و مؤثرتر در حوزه رفتار حرکتی سالمندان کمک نماید.

#### تشکر و قدردانی

از مطالعات پژوهشگران تقدیر و تشکر می‌نمایم.

#### تضاد و منافع

نویسندگان این پژوهش هیچگونه تضاد منافی ندارند.

که در اغلب مطالعات مورد تأیید قرار گرفتند (نوری و همکاران، ۱۴۰۱). از منظر روان‌شناختی، فناوری واقعیت مجازی توانایی ایجاد احساس «حضور» و قرار دادن سالمند در موقعیت‌هایی را دارد که در دنیای واقعی ممکن است استرس‌زا یا پرخطر تلقی شوند. این مواجهه کنترل‌شده در محیطی ایمن، موجب کاهش تدریجی ترس از سقوط و اصلاح الگوهای اجتناب از حرکت می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱). چنین تغییراتی نه‌تنها کیفیت زندگی سالمندان را ارتقا می‌دهد، بلکه می‌تواند خطر زمین‌خوردن‌های ناشی از اضطراب یا بی‌ثباتی شناختی را نیز کاهش دهد. نتایج مرور حاضر همچنین نشان داد که شدت، مدت و نوع مداخله در اثربخشی نهایی نقش تعیین‌کننده دارند؛ به‌گونه‌ای که پروتکل‌های مبتنی بر واقعیت مجازی غوطه‌ور و برنامه‌های تمرینی با دفعات بیشتر، اثربخشی بالاتری نسبت به مداخلات غیرغوطه‌ور و جلسات محدودتر داشتند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی، یکی از نوآورانه‌ترین و کارآمدترین رویکردهای بازتوانی سالمندان در سال‌های اخیر محسوب می‌شوند. این مداخلات با تلفیق تمرینات شناختی و حرکتی در بستری تعاملی و غنی، امکان افزایش انعطاف‌پذیری شناختی، بهبود سازوکارهای کنترل قامتی و کاهش مؤثر ترس از سقوط را فراهم کرده‌اند و در بسیاری از موارد نسبت به روش‌های مرسوم برتری نشان داده‌اند (شریفی، ۱۴۰۲). بر این اساس، پیشنهاد می‌شود مراکز توانبخشی، کلینیک‌های حرکتی و پژوهشگران حوزه رفتار حرکتی، استفاده از این نوع مداخلات را در برنامه‌های درمانی و پژوهشی خود مدنظر قرار دهند. همچنین توجه بیشتر به اثرات بلندمدت، تفاوت‌های فردی و نقش شدت و پیچیدگی تمرین در نتایج نهایی ضروری به نظر می‌رسد. افزون بر این، انجام کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی‌شده با حجم نمونه بالاتر و گزارش دقیق‌تر شاخص‌های حرکتی و کینماتیکی می‌تواند به تقویت شواهد علمی و تدوین استانداردهای دقیق‌تر برای مداخلات تمرین دوگانه مبتنی بر واقعیت مجازی کمک کند (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲). در نهایت، یافته‌های این مرور تأکید می‌کند که استفاده از فناوری‌های نوین، در صورت طراحی علمی و مبتنی بر شواهد، می‌تواند نقش مهمی در ارتقای استقلال عملکردی و کاهش خطر سقوط سالمندان ایفا کرده و به‌عنوان رویکردی آینده‌محور در بازتوانی حرکتی مطرح شود (میرزاده، ۱۴۰۳). در راستای بهره‌برداری عملی از یافته‌های این مرور سیستماتیک، کاربردهای متعددی برای متخصصان رفتار حرکتی و فیزیوتراپیست‌ها قابل طرح است. با توجه به اثربخشی پروتکل‌های

- .۱۱ Tinetti, M. E., & Powell, L. (۱۹۹۳). Fear of falling and low self-efficacy: A cause of dependence in elderly persons. *Journal of Gerontology*, ۴۸, ۳۵-۳۸
- .۱۲ Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C., & Todd, C. (۲۰۰۵). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and Ageing*, ۳۴, ۶۱۴-۶۱۹
- .۱۳ Park, S. H. (۲۰۱۸). Tools for assessing fall risk in the elderly: A systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, ۳۰, ۱-۱۶
- .۱۴ Berg, K., Wood-Dauphine, S., Williams, J. I., & Gayton, D. (۱۹۸۹). Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, ۴۱, ۳۰۴-۳۱۱
- .۱۵ Bogle Thorbahn, L. D., & Newton, R. A. (۱۹۹۶). Use of the Berg balance test to predict falls in elderly persons. *Physical Therapy*, ۷۶, ۵۷۶-۵۸۳
- .۱۶ Dibble, L. E., & Lange, M. (۲۰۰۶). Predicting falls in individuals with Parkinson disease: A reconsideration of clinical balance measures. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, ۳۰, ۶۰-۶۷
- .۱۷ McConvey, J., & Bennett, S. E. (۲۰۰۵). Reliability of the Dynamic Gait Index in individuals with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, ۸۶, ۱۳۰-۱۳۳
- .۱۸ Chiu, Y. P., Fritz, S. L., Light, K. E., & Velozo, C. A. (۲۰۰۶). Measurement properties and clinical validity of the Dynamic Gait Index. *Physical Therapy*, ۸۶, ۷۷۸-۷۸۷
- .۱۹ Morris, S., Morris, M. E., & Ianssek, R. (۲۰۰۱). Reliability of measurements obtained with the Timed Up and Go test in people with Parkinson disease. *Physical Therapy*, ۸۱, ۸۱۰-۸۱۸
- .۲۰ Duncan, P. W., Studenski, S., Chandler, J., & Prescott, B. (۱۹۹۲). Functional reach: Predictive validity in elderly male veterans. *Journal of Gerontology*, ۴۷, ۹۳-۹۸
- .۲۱ Wallmann, H. W. (۲۰۰۱). Comparison of elderly fallers and nonfallers on functional reach and limits of stability. *Journal of Gerontology Series A*, ۵۶, ۵۸۰-۵۸۳
- .۱ Domingos, C., Correia Santos, N., & Pêgo, J. M. (۲۰۲۱). Association between self-reported and accelerometer-based estimates of physical activity in Portuguese older adults. *Sensors*, ۲۱, ۲۲۵۸
- .۲ Banman, D. (۲۰۲۱). Decreasing fall risk in older adults: Understanding health care providers balance assessment practices in urban and rural settings in Saskatchewan (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).
- .۳ Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M. (۲۰۱۳). Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas*, ۷۵, ۵۱-۶۱
- .۴ Morteza Bagi, H. R., Ahmadi, S., & Hosseini, M. (۲۰۱۷). Demographics of fall-related trauma among the elderly presenting to emergency department: A cross-sectional study. *Emergency (Tehran)*, ۵, e.۸
- .۵ Sapmaz, M., & Mujdeci, B. (۲۰۲۱). The effect of fear of falling on balance and dual task performance in the elderly. *Experimental Gerontology*, ۱۴۷, ۱۱۱۲۵۰
- .۶ Pirrie, M., Saini, G., Angeles, R., Marzanek, F., Parascandolo, J., & Agarwal, G. (۲۰۲۰). Risk of falls and fear of falling in older adults residing in public housing in Ontario, Canada. *BMC Geriatrics*, ۲۰, ۱۱
- .۷ Yoshikawa, A., Smith, M. L., & Ory, M. G. (۲۰۲۱). Differential risk of falls associated with pain medication among community-dwelling older adults by cognitive status. *Age and Ageing*.
- .۸ Choi, K., Jeon, G. S., & Cho, S. I. (۲۰۱۷). Prospective study on the impact of fear of falling on functional decline among community-dwelling elderly women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ۱۴, ۴۶
- .۹ Schoene, D., Heller, C., Aung, Y. N., Sieber, C. C., Kemmler, W., & Freiburger, E. (۲۰۱۹). Influence of fear of falling on quality of life in older people: A systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, ۱۴, ۷۰۱-۷۱۹
- .۱۰ Powell, L. E., & Myers, A. M. (۱۹۹۵). The activities-specific balance confidence scale. *Journal of Gerontology Series A*, ۵۰, M۲۸-M.۳۴

۲۲Clark, S., Rose, D. J., & Fujimoto, K. (۱۹۹۷). Generalizability of the limits of stability test in evaluation of dynamic balance among older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, ۷۸, ۱۰۷۸-۱۰۸۴

۲۳Smith, R., Johnson, P., & Keller, M. (۲۰۲۴). Cognitive-motor interference and postural stability in aging: A neuroimaging perspective. *Neuropsychology Review*, ۳۴(۳), ۲۸۹-۳۰۴

۲۴Li, X., & Wang, Y. (۲۰۲۳). The impact of dual-task training on gait and balance in older adults: A meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, ۱۰۹, ۱۰۴۹۵۲

۲۵Johnson, T., Alvarez, J., & Müller, F. (۲۰۲۵). Virtual reality in motor rehabilitation: Next-generation protocols for fall prevention. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, ۲۲(۱), ۰۴۱

۲۶Brown, A., & Davis, L. (۲۰۲۳). Ecological validity in motor learning: How virtual reality bridges the gap between lab and life. *Journal of Aging and Physical Activity*, ۳۱(۴), ۵۴۲-۵۵۶

۲۷Martinez, M., López, R., Chen, Y., & Novak, D. (۲۰۲۴). AI-driven adaptive virtual environments for cognitive-motor rehabilitation: A pilot study on elderly participants. *Frontiers in Virtual Reality*, ۵, ۱۰۲۳۴۵. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024/102345>

۲۸Chen, H., & Tanaka, S. (۲۰۲۵). Adherence and efficacy of home-based immersive VR training for fall prevention in the oldest-old: A randomized controlled trial. *Digital Health & Geriatrics*, ۱۲(۱), ۸۹-۱۰۴

۲۹Kim, J. Y. (۲۰۲۵). Integrating wearable sensors and VR-DT protocols: A new frontier in postural control assessment. *Gait & Posture*, ۱۱۴, ۲۱۰-۲۲۵

۳۰Garcia, P., & Miller, K. (۲۰۲۴). Fear of falling and its relationship with motor control strategies in high-tech intervention environments. *Experimental Gerontology*, ۱۸۱, ۱۱۲۲۳۷