

Research Paper

Investigating the Effectiveness of Balance Exercises Based on Virtual Reality on the Cognitive Performance of Older Adults With Parkinson Disease and Mild Cognitive Impairment



Ali Mehraban¹ , *Azadeh Sadat Zendeabad¹ , Fereidoun Nowshiravan Rahatabad²

1. Department of Geriatric Health, Faculty of Medicine, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Biomedical Engineering, Faculty of Medicine, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



Citation Mehraban A, Zendeabad AS, Nowshiravan Rahatabad F. [Investigating the Effectiveness of Balance Exercises Based on Virtual Reality on the Cognitive Performance of Older Adults With Parkinson Disease and Mild Cognitive Impairment (Persian)]. *Iranian Journal of Ageing*. 2025; 20(1):98-109. <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.3337.1>

<http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.3337.1>

ABSTRACT

Objectives Parkinson disease is associated with a broad spectrum of cognitive, psychological, and behavioral impairments. This study assesses the effectiveness of balance exercises based on virtual reality on the cognitive performance of older adults with Parkinson disease and mild cognitive impairment.

Methods & Materials This research employed a randomized clinical trial design with a pretest-posttest design. The statistical population under investigation comprised older adults seeking rehabilitation at a center in Tehran City, Iran, specifically subjects diagnosed with Parkinson's disease and mild cognitive impairment. From this population, 30 patients were selected through random sampling and subsequently assigned to two groups (control and experimental group) using a random assignment procedure. While both groups received conventional rehabilitation, the intervention group additionally underwent balance exercises utilizing a virtual reality system. The control group exclusively underwent standard rehabilitation procedures. The data were gathered through the utilization of the Hoehn and Yahr scale and the Parkinson disease cognitive rating scale. Meanwhile, subsequent data analysis involved the application of correlated t tests and independent t tests, executed using the SPSS software, version 26, considering a significance level of 0.05.

Results There was a statistically significant improvement in cognitive performance among the older adults with Parkinson disease and mild cognitive impairment following balance exercises based on virtual reality ($P < 0.001$). The cognitive enhancement was multifaceted, encompassing improvements in executive functions, attention, working memory, and verbal fluency. The Parkinson disease cognitive rating scale scores indicated significant improvements in sustained attention, working memory, and verbal memory.

Conclusion Virtual reality technology proves effective in the rehabilitation of cognitive functions in older adults with Parkinson disease and mild cognitive impairment.

Keywords Parkinson disease, Cognitive dysfunction, Circuit-based exercise, Virtual reality

Article Info:

Received: 25 Nov 2023

Accepted: 14 May 2024

Available Online: 01 Apr 2025

* Corresponding Author:

Azadeh Sadat Zendeabad, Assistant Professor.

Address: Department of Biomedical Engineering, Faculty of Medicine, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 44865179

E-mail: zendeabad@srbiau.ac.ir



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

The Parkinson disease is the most prevalent progressive neurological disorder after Alzheimer disease, associated with a wide range of cognitive, psychological, and behavioral impairments. At present, there is no definitive cure for the disease, and patients generally do not respond significantly to medications and surgeries. Hence, increasing attention is being paid to multidisciplinary rehabilitation strategies, which are less invasive and yield more sustainable long-term effects. Among these, virtual reality (VR) has emerged as a promising rehabilitative tool in recent years. While VR is considered effective, few studies have specifically investigated its cognitive and behavioral benefits for patients with Parkinson disease. Accordingly, this study evaluates the effectiveness of VR-based balance training on the cognitive performance of elderly individuals with Parkinson disease and mild cognitive impairment.

Methods & Materials

This semi-experimental study used a pretest/posttest design. The statistical population consisted of elderly individuals with Parkinson disease and mild cognitive impairment who attended a rehabilitation center in Tehran City, Iran. The participants were selected based on inclusion criteria, such as being in stages 1 to 4 of Parkinson disease and having a confirmed diagnosis of mild cognitive impairment by a geriatric specialist. A total of 30 patients were conveniently sampled and randomly assigned into two equal groups, namely an intervention group and a control group. The intervention group received routine rehabilitation along with VR-based balance training using a system developed at the Smart Neurorehabilitation Technologies Research Center (affiliated with [Sharif University of Technology](#)).

This system included a monitor, sensor-equipped camera, and a stand. The camera detected patient movements and projected them into a virtual environment, with task difficulty customized to individual capabilities based on speed, quality, angle, and object distance. The program consisted of two weekly sessions for eight weeks (16 sessions total), each lasting 45 min. The control group received only standard rehabilitation care. Data collection tools included the Hoehn and Yahr scale (for staging Parkinson disease) and the Parkinson disease cognitive rating scale for assessing cognitive performance. Data analysis was conducted using the SPSS software, version 26, with paired and independent t tests at a significance level of 0.05.

Results

Descriptive statistics were used to summarize demographic and intervention variables. The Shapiro-Wilk test and Levene test confirmed normal data distribution and variance homogeneity. Meanwhile, the Chi-square test showed no significant differences between the groups regarding gender, education level, age, height, weight, disease history, or stage, indicating group equivalence. Also, the paired t tests showed no significant pre-post differences in the control group, while significant improvement was observed in the intervention group. Independent t tests also revealed a significant difference in posttest cognitive scores between the groups, affirming the effectiveness of the intervention.

The paired t test results for the Parkinson disease cognitive rating scale scores showed that in the control group, the pretest mean was 67.46 (standard deviation [SD]=2.06) and the posttest mean was 67.73 (SD=1.15), with a t value of 1.00 and a P value of 0.33, indicating no significant change. In the intervention group, the pretest mean was 68.46 (SD=2.38), and the posttest mean increased to 72.26 (SD=2.40), with a t value of -6.20 and a P value of 0.001, reflecting a significant improvement. The independent t test comparing posttest scores between groups showed that the control group had a mean of 67.73 (SD=1.15) and the intervention group had a mean of 72.26 (SD=2.40), with a t value of -5.43 and a P value of 0.001, indicating a significant difference between the groups. These results provide strong evidence that the VR-based balance training significantly enhanced cognitive performance in the intervention group.

Conclusion

The study demonstrated that 8 weeks of VR-based balance training led to cognitive improvement. These findings align with previous research supporting the positive role of VR in cognitive rehabilitation for Parkinson disease. The training appeared especially beneficial in the early stages of the disease. Further studies suggest that prolonged cognitive-motor VR training could lead to even greater cognitive gains. One possible mechanism behind the cognitive improvements is neural plasticity, the brain's capacity to reorganize and form new neural pathways in response to training and stimulation. The exercises may slow cognitive decline and enhance executive functioning by activating healthy brain regions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study has received approval from the Ethics Committee of [Islamic Azad University, Science and Research Branch](#), Tehran (Code: IR.IAU.FRB.REC.1402.55)

Funding

This study is part of Ali Mehraban's master's thesis. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, writing—original draft preparation: Ali Mehraban; Writing—review & editing, visualization, supervision, project administration: Azadeh Sadat Zendehbad and Fereidoun Nowshiravan Rahatabad.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors extend his sincere thanks to Dr. Zendehbad and Dr. Rahatabad for their guidance, and to all participants and staff at the Tabassom Clinic, especially Dr. Kazemi, for their support and collaboration.

مقاله پژوهشی

بررسی اثربخشی تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی بر عملکرد شناختی سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی

علی مهربان^۱، آزاده سادات زنده‌باد^۱، فریدون نوشیروان راحت‌آباد^۲

۱. گروه سلامت سالمندی، دانشکده پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Mehraban A, Zendeabad AS, Nowshiravan Rahatabad F. [Investigating the Effectiveness of Balance Exercises Based on Virtual Reality on the Cognitive Performance of Older Adults With Parkinson Disease and Mild Cognitive Impairment (Persian)]. *Iranian Journal of Ageing*. 2025; 20(1):98-109. <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.3337.1>

doi <http://dx.doi.org/10.32598/sija.2024.3337.1>

چکیده

اهداف: بیماری پارکینسون با طیف وسیعی از آسیب‌های شناختی، روانی و رفتاری مرتبط است. هدف تحقیق حاضر تعیین اثربخشی تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی بر عملکرد شناختی سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی می‌باشد و در آن از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر را تمامی سالمندان مراجعه‌کننده به یک مرکز توانبخشی در شهر تهران که دارای تشخیص بیماری پارکینسون و اختلال خفیف شناختی بودند، تشکیل دادند. از بین اعضای جامعه تعداد ۳۰ بیمار به‌صورت دردسترس انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه مساوی کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش علاوه بر توانبخشی رایج، تمرینات تعادلی را با استفاده از یک سیستم واقعیت مجازی نیز دریافت کردند، درحالی‌که گروه کنترل صرفاً توانبخشی رایج را دریافت کرد. جهت گردآوری داده‌ها از مقیاس هوئن و یار و مقیاس رتبه‌بندی شناختی بیماری پارکینسون استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تی همبسته و تی مستقل با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ در سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی باعث ارتقای عملکرد شناختی ($P < 0/001$) در سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی می‌شود. بهبود عملکرد شناختی چندوجهی بود و شامل بهبود در عملکردهای اجرایی، توجه، حافظه کاری و روانی کلامی بود. نمرات مقیاس رتبه‌بندی شناختی بیماری پارکینسون نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در توجه پایدار، حافظه کاری و حافظه کلامی بود.

نتیجه‌گیری: فناوری واقعیت مجازی جهت توانبخشی و بازتوانی عملکرد شناختی سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی مؤثر است.

کلیدواژه‌ها: پارکینسون، اختلال شناختی، تمرینات تعادلی، واقعیت مجازی

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲ آذر ۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳ اردیبهشت ۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴ فروردین ۱۲

* نویسنده مسئول:

دکتر آزاده سادات زنده‌باد

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده پزشکی، گروه سلامت سالمندی.

تلفن: ۴۴۸۶۵۱۷۹ (۲۱) +۹۸

پست الکترونیکی: zendeabad@srbiau.ac.ir



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

سیستم واقعیت مجازی تأثیر مثبتی را بر توانایی‌های حرکتی و تعادلی افراد با وضعیت بدنی سالم دارد. در همین ارتباط با مروری بر پیشینه تحقیق، پژوهش‌هایی در رابطه با تأثیر تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی بر بازتوانی اندام فوقانی و تحتانی سالمندان دارای مشکلات حرکتی صورت گرفته است و همگی به سودمندی این تمرینات در مرحله بازتوانی بر روی سالمندان و افراد سالم دست یافته‌اند [۶، ۷]. همچنین در افرادی که از بازی‌های ویدئویی استفاده می‌کنند نتایجی مبنی بر بهبود در زمان پاسخگویی [۷]، عملکرد حرکتی و تعادل [۸] و توجه و تمرکز [۹] گزارش شده است.

تکنولوژی استفاده از واقعیت مجازی یک ابزار توانبخشی امیدوارکننده است، زیرا می‌تواند تحریک چندحسی را برای ایجاد یک محیط واقعی و بهبود انگیزه و تعلق بیماران به برنامه توانبخشی فراهم کند. براساس مطالعات سیستم‌های واقعیت مجازی با نتایج مثبت در عملکرد جسمی به‌ویژه در تعادل، کاهش افتادن، و راه رفتن و عملکرد شناختی به‌ویژه در عملکردهای اجرایی و بینایی-فضایی همراه بوده است. به‌عنوان مثال، در یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل نشان داده شد واقعیت مجازی اثرات مثبتی بر روی عملکرد شناختی و حرکتی در افراد سالمند با اختلال خفیف شناختی دارد [۱۰]. در مطالعه دیگری نیز گزارش شد مداخله شناختی مبتنی بر واقعیت مجازی برای بهبود عملکرد شناختی، افسردگی و استرس درک‌شده در این جمعیت مؤثر است [۱۱]. علاوه بر این، یک مرور روایتی نیز پتانسیل واقعیت مجازی را برای بازیابی حافظه و توانبخشی در سالمندان نشان داد و به تأثیر مثبت آن در اختلالات حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت اشاره کرد [۱۲].

با این حال، مطالعات کمی در مورد اثربخشی واقعیت مجازی در اختلالات شناختی و رفتاری بیماران مبتلا به پارکینسون انجام شده است. علاوه بر این در کشور ما به علت وجود کمبود و در نتیجه محدودیت در دسترسی به مراکز و متخصصین خبره در حیطه توانبخشی بیماران پارکینسون به‌ویژه توانبخشی شناختی این بیماران، اولویت‌بندی درست در ارائه خدمات و انتخاب بهینه‌ترین و جامع‌ترین نوع مداخلات اهمیت دو چندان دارد، زیرا می‌تواند باعث سهولت در دسترسی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه بیماران شود. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی این موضوع است که آیا اجرای پروتکل‌های تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی که نوع شایع‌تر استفاده از این تکنولوژی‌ها می‌باشد، می‌تواند موجب پیشرفت عملکردهای شناختی بیماران دارای پارکینسون و اختلال خفیف شناختی نیز شود یا خیر؟

روش مطالعه

این مطالعه یک مطالعه نیمه‌آزمایشی همراه با پیش‌آزمون و پس‌آزمون می‌باشد که در مرکز توانبخشی تبسم شهر تهران

بیماری پارکینسون مهم‌ترین بیماری عصبی پیش‌رونده پس از آلزایمر می‌باشد. این بیماری حدود ۸ میلیون نفر در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار داده است که بیشتر آن‌ها افراد بالای ۵۰ سال هستند [۱]. در بیماری پارکینسون سلول‌های تولیدکننده دوپامین در ناحیه مشخصی از مغز تحت عنوان جسم سیاه واقع در مغز میانی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. جسم سیاه بخشی از عقده‌های قاعده‌ای است که اهمیت زیادی در تنظیم و کنترل فعالیت‌های حرکتی دارد و زمانی که نورون‌های این ناحیه تخریب می‌شوند، توانایی مغز برای تولید حرکت مختل می‌شود و این تخریب علائم و نشانه‌های خاص پارکینسون را ایجاد می‌کند [۲].

عموماً عوارض و مشکلات بیماری پارکینسون، اختلالات حرکتی هستند، اما این بیماری مشکلات دیگری چون مشکلات شناختی، حسی و رفتاری و افسردگی را نیز به دنبال دارد. برادیکینز یا کندی حرکت در تمام بیماران پارکینسون مشاهده می‌شود و مشکل‌سازترین عارضه این بیماری است که می‌تواند استقلال فرد را تهدید کند. اختلالات دیگر همچون لرزش هنگام استراحت و سفتی عضلات جزء اختلالات حرکتی محسوب می‌شوند. در مراحل بعدی بیماری، اختلالات در کنترل وضعیتی بسیار شایع هستند که به مشکل حفظ تعادل و افتادن منجر می‌شود و در ادامه باعث شکستگی استخوان، عدم اعتماد به نفس و کاهش تحرک خواهد شد [۲].

درمان بیماری پارکینسون به سه صورت جراحی، درمان‌های دارویی و درمان‌های توانبخشی است. جراحی پر هزینه است و خطر بالایی دارد، در حالی که داروهای دوپامینرژیک عوارض جانبی زیادی دارد و برای حفظ عملکرد بدن، فعالیت‌های روزانه و تحرک، در مقابل پیشرفت بیماری کافی نیست [۳]. در نتیجه توجه زیادی به سمت استراتژی‌های توانبخشی چندجانبه معطوف شده است [۴]. زیرمجموعه‌ای از این مداخلات چندجانبه، ورزش درمانی است. ورزش درمانی به‌عنوان یک نسخه منحصربه‌فرد برای بازگرداندن سلامت و پیشگیری از بیماری بیشتر یا اختلال، شناخته شده که باید توسط یک پزشک و یا متخصص توانبخشی باتوجه به وضعیت پزشکی و مشاوره در مورد نوع ورزش، شدت، مدت و فرکانس آن طراحی شود. هرچند نتایج بعضی از مطالعات نشان دادند که دوره‌های طولانی‌تر تمرین به بهبود ثبات و تعادل وضعیتی و عملکردهای شناختی در این بیماران منجر می‌شود [۵]. با وجود این، ممکن است برای این جمعیت سخت باشد که به یک برنامه آموزشی طولانی‌مدت پایبند باشند.

یکی از راه‌های تقویت تعادل افراد استفاده از تکنولوژی‌های نوینی از قبیل واقعیت مجازی می‌باشد [۲]. این بازی‌ها، چالش‌های تعادلی بسیاری را پیش روی فرد استفاده‌کننده از آن قرار می‌دهند. تمرینات با استفاده از

در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. در این مطالعه علاوه بر دریافت کد اخلاق پس از انتخاب افراد جهت شرکت در پژوهش، جلسه‌ای جهت بیان اهداف مطالعه تشکیل شد و روال انجام پژوهش به‌طور کامل برای آنان توضیح داده شد و رضایت آگاهانه و کتبی از سالمندان اخذ شد.

مشارکت‌کنندگان و محیط مطالعه

شرکت‌کنندگان در این پژوهش را تمامی سالمندان دارای تشخیص بیماری پارکینسون و اختلال خفیف شناختی مراجعه‌کننده به مرکز توانبخشی تبسم در شهر تهران تشکیل دادند.

محاسبه حجم نمونه

با بررسی تحقیقات مشابه و با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور^۱ با توان ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۵۴ و خطای ۰/۰۵ برای هر گروه ۱۵ نفر و در مجموع ۳۰ نفر در نظر گرفته شد [۱۳]. نمونه‌گیری این تحقیق به‌صورت در دسترس بود. از بین اعضای جامعه تعداد ۳۰ بیمار به‌صورت در دسترس و براساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند و در دو گروه کنترل و آزمایش (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود به پژوهش شامل قرار داشتن در مرحله ۱ تا ۴ بیماری پارکینسون براساس مقیاس هوئن و یار^۲ و تشخیص اختلال خفیف شناختی برای این افراد توسط پزشک متخصص طب سالمندی، داشتن سن بالای ۶۰ سال، عدم جراحی باز در ۶ ماه تا ۱ سال اخیر و توانایی ایستادن (داشتن وسیله کمکی مانند عصا مانعی نداشت) بود. تصویر شماره ۱، دیگرام کانسورت را نمایش داده است.

مداخله

پس از تخصیص تصادفی افراد به روش جایگشت به دو گروه کنترل و آزمایش، از شرکت‌کنندگان پیش‌آزمون به عمل آمد. برنامه تمرینی گروه مداخله شامل ۸ هفته مداخله، ۲ جلسه در هفته (مجموعاً ۱۶ جلسه) و ۴۵ دقیقه تمرین در هر جلسه بود که افزون بر توانبخشی رایج، آن را دریافت می‌کردند. جهت انجام تمرینات تعادلی از یک سیستم واقعیت مجازی که در مرکز تحقیقات فناوری‌های توانبخشی عصبی هوشمند دکتر جواد موفقیان (وابسته به دانشگاه صنعتی شریف) ساخته و توسعه یافته بود، استفاده شد که شامل صفحه نمایش، پایه نگهدارنده، دوربین سنسوردار بود. در این سیستم، دوربین موقعیت و حرکات بیمار را تشخیص و آن‌ها را در یک فضای واقعیت مجازی قرار می‌دهد. سطح سختی تمرینات در محیط واقعیت مجازی براساس میزان سرعت، کیفیت، زاویه و فاصله اشیا بسته به شرایط بیمار قبل از

شروع تمرین توسط آزمونگر تنظیم می‌شود. نویسندگان مقاله هیچ ارتباطی با مرکز سازنده این دستگاه نداشتند. در این مدت گروه کنترل برنامه عادی توانبخشی رایج خود را دنبال کرد. در پایان از همه شرکت‌کنندگان پس‌آزمون به عمل آمد.

برنامه

برنامه ۱۶ جلسه‌ای شامل انواع تمرینات تعادلی بود که شامل موارد زیر است:

تمرینات ثبات وضعیتی

شرکت‌کنندگان در فعالیت‌هایی با تمرکز بر حفظ ثبات و تعادل در هر دو حالت ایستا و پویا در محیط مجازی شرکت می‌کردند.

چالش‌های بصری-فضایی

اشیای مجازی با شکل‌ها، اندازه‌ها و آرایش‌های فضایی مختلف گنجانده شده بودند که شرکت‌کنندگان را ملزم می‌کرد تا پاسخ دهند و حرکات خود را براین اساس تنظیم کنند تا آگاهی بصری-فضایی را افزایش دهند.

فعالیت‌های حرکتی پویا

این تمرینات برای شبیه‌سازی سناریوهای دنیای واقعی، به چالش کشیدن شرکت‌کنندگان به‌وسیله حرکات پویا و تغییر جهت و ارتقای تطابق و هماهنگی طراحی شده بودند.

فعالیت‌های ویژه کار^۳

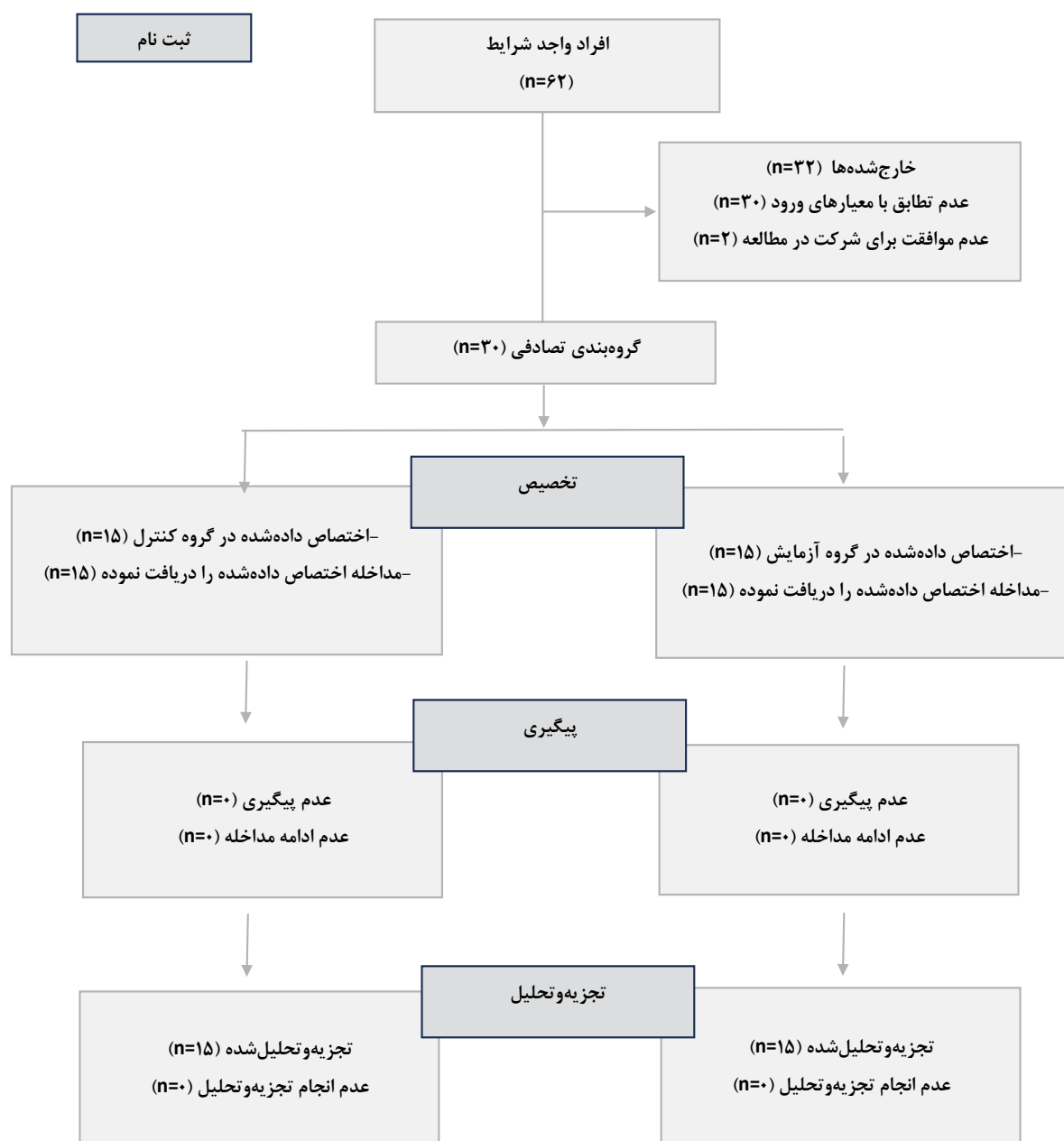
سناریوهای مجازی تقلید از فعالیت‌های روزانه معرفی شدند (شامل باز کردن در خودرو) و شرکت‌کنندگان را تشویق می‌کردند و وظایف خاصی را انجام دهند که به ترکیبی از پردازش شناختی و مهارت‌های حرکتی نیاز داشت.

اجرای مداخله شامل یک پیشرفت سیستماتیک در پیچیدگی تمرینات در طول ۱۶ جلسه بود که از رویکردی تدریجی و متناسب با قابلیت‌های هر شرکت‌کننده اطمینان حاصل می‌کرد. گروه کنترل در این مدت بدون مداخله اضافی به برنامه توانبخشی رایج خود (۲ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه) پایبند بودند. این برنامه رایج شامل تمرینات فیزیوتراپی و کاردرمانی نظیر تمرین راه رفتن، فعالیت‌هایی با تمرکز بر تحرک و انعطاف‌پذیری، تمرینات تعادلی و هماهنگی حرکتی بود که معمولاً در توانبخشی بیماری پارکینسون تجویز می‌شوند. انجام مداخلات به‌صورت رایگان صورت گرفت.

1. G*Power

2. Hoeh & Yahr

3. Task-Specific Activities



سالمند

تصویر ۱. دیاگرام کانسورت از تخصیص شرکت‌کنندگان به دو گروه آزمایش و کنترل

مقیاس هوئن و یار (Yahr و Hoehn)

مقیاس Yahr و Hoehn یک شاخص قابل قبول برای طبقه‌بندی پارکینسون می‌باشد که در آن بیماری به ۵ مرحله تقسیم می‌شود. مرحله ۱ نشانه‌ها یک طرفه و خفیف است. مرحله ۲ نشانه‌ها دوطرفه است و اختلال در وضعیت محوری بدن وجود ندارد. مرحله ۳ نشانه‌ها دو طرفه است، بیمار ناپایداری وضعیتی دارد، کار روزانه را انجام می‌دهد اما به کمک مختصری نیاز دارد. مرحله ۴ درگیری دوطرفه است، بدن خمیده شده است و بیمار برای کارهای روزانه به کمک مختصری نیاز دارد. مرحله

ابزارهای مورد استفاده

پرسش‌نامه ثبت اطلاعات جمعیت‌شناختی

در این فرم کلیه اطلاعات آزمودنی‌ها از قبیل مشخصات جمعیت‌شناختی (سن، جنس، قد، وزن، سابقه بیماری، مرحله بیماری و تحصیلات) ثبت شد. سابقه بیماری شامل تعداد سال‌های ابتلا به پارکینسون بود و از لحاظ مرحله بیماری (شدت) کلیه شرکت‌کنندگان در هر دو گروه بین مراحل ۱ تا ۴ بیماری پارکینسون بودند.

از روش‌های آماری توصیفی جهت داده‌های جمعیت‌شناختی و متغیرهای مداخله به‌صورت میانگین و انحراف معیار و فراوانی و درصد استفاده شد. ابتدا برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس، به‌ترتیب از آزمون شاپیرو ویلک^۵ و آزمون لون^۶ استفاده شد که نتایج حاکی از نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها بود. در قسمت استنباطی از آزمون کای‌اسکوئر^۷ جهت مقایسه تحصیلات و جنسیت در دو گروه، تی همبسته^۸ جهت مقایسه تغییرات نمره‌ها قبل و بعد از مداخله در هر گروه و تی مستقل^۹ جهت مقایسه نمرات بین دو گروه از آزمون استفاده شد.

یافته‌ها

همان‌طور که در **جدول شماره ۱** مشاهده می‌شود، بیشترین فراوانی جنسیت در هر دو گروه کنترل و آزمایش مربوط به مردان به‌ترتیب با ۷۳/۳ و ۸۰ درصد و بیشترین فراوانی سطح تحصیلات در هر دو گروه مربوط به مقطع کارشناسی بود و تفاوت معنی‌داری میان دو گروه از نظر جنسیت، تحصیلات، سن، قد، وزن، سابقه و مرحله بیماری (شدت) وجود نداشته و گروه‌ها در موارد فوق همگن به حساب می‌آیند.

5. Shapiro-Wilk Test

6. Levene's Test

7. Chi-squared test

8. Paired Samples T Test

9. Independent Samples T-Test

۵ نشانه‌ها فراگیر و دوطرفه است، بیماری به‌طور کامل پیشرفته است و بیمار برای همه کارهای شخصی و روزمره خود به کمک و مراقبت نیاز دارد یا زمین‌گیر می‌باشد [۱۴]. این مقیاس دارای پایایی بین آزمودنی‌ها ۰/۹۳ و پایایی آزمون بازآزمون ۰/۹۷ است و از روایی محتوایی مناسبی برخوردار است [۱۵].

مقیاس رتبه‌بندی شناختی بیماری پارکینسون^۴ (PD-CRS)

مقیاس رتبه‌بندی شناختی بیماری پارکینسون یک مقیاس شناختی ۹ تکلیفی ویژه بیماران پارکینسون است که به صراحت برای امتیازدهی مختصر و جداگانه تکالیف اجرایی پیشانی- زیرقشری (توجه پایدار، حافظه کاری، روانی کلامی متناوب و کنشی، ترسیم ساعت، حافظه کلامی فراخوان آزاد فوری و با تاخیر) طراحی شده است. مقیاس رتبه‌بندی شناختی بیماری پارکینسون به‌عنوان ابزاری قابل‌اعتماد و معتبر با حساسیت بالا (۹۴ درصد) و ویژگی (۹۴ درصد) برای تشخیص مشکلات شناختی بیماران پارکینسون (دقت تشخیصی بهینه، نمره کل ۶۴) اعتبارسنجی شد [۱۶]. در این مطالعه از نسخه فارسی این مقیاس که در ایران روایی پایایی شده است، استفاده می‌شود [۱۷].

4. Parkinson's Disease-Cognitive Rating Scale

جدول ۱. اطلاعات توصیفی متغیرهای جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیرهای جمعیت‌شناختی	گروه	تعداد (درصد) / میانگین $\pm$ انحراف معیار	آزمون	P
جنسیت	زن	۴(۲۶/۷)	$\chi^2=0/18$	۰/۶۶
	آزمایش	۳(۲۰/۰)		
	کنترل	۱۱(۷۳/۳)		
	مرد	۱۲(۸۰/۰)		
تحصیلات	دیپلم	۲(۱۳/۳)	$\chi^2=1/33$	۰/۷۲
	آزمایش	۲(۱۳/۳)		
	کنترل	۵(۳۳/۳)		
	فوق دیپلم	۵(۳۳/۳)		
	آزمایش	۷(۴۶/۷)		
	کنترل	۵(۳۳/۳)		
	کارشناسی	۱(۶/۷)		
	کارشناسی ارشد	۳(۲۰/۰)		
سن (سال)	کنترل	۶۶/۷۳ $\pm$ ۱/۷۰	$t=1/29$	۰/۲۰
	آزمایش	۶۵/۸۰ $\pm$ ۲/۲۱		

متغیرهای جمعیت شناختی	گروه	تعداد (درصد) / میانگین $\pm$ انحراف معیار	آزمون	P
قد (سانتی متر)	کنترل	۱۷۳/۲۳ $\pm$ ۱/۹۸	$t=1/81$	۰/۰۸
	آزمایش	۱۷۱/۵۱ $\pm$ ۳/۲۹		
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۶۸/۹۳ $\pm$ ۲/۴۳	$t=-0/41$	۰/۶۸
	آزمایش	۶۹/۳۳ $\pm$ ۲/۸۹		
سابقه بیماری	کنترل	۵/۵۳ $\pm$ ۱/۶۸	$t=-1/87$	۰/۰۷
	آزمایش	۶/۶۶ $\pm$ ۱/۶۳		
مرحله بیماری (شدت)	کنترل	۲/۲۶ $\pm$ ۰/۹۶	$t=-0/97$	۰/۳۳
	آزمایش	۲/۶۰ $\pm$ ۰/۹۱		

سالمند

جدول ۲. مقایسه میانگین و انحراف معیار نمره عملکرد شناختی در ۲ گروه کنترل و آزمایش

متغیر	گروه‌ها	میانگین $\pm$ انحراف معیار			P
		قبل از مداخله	بعد از مداخله	درون گروهی	بین گروهی
PD-CRS	کنترل	۶۷/۴۶ $\pm$ ۲/۰۶	۶۷/۷۳ $\pm$ ۱/۱۵	۰/۳۳	۰/۳۳
	آزمایش	۶۸/۴۶ $\pm$ ۲/۲۸	۷۲/۲۶ $\pm$ ۲/۴۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

سالمند

بحث

پژوهش حاضر با هدف تعیین اثربخشی تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی بر عملکرد شناختی سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی انجام شد. باتوجه به نتایج پژوهش، ۸ هفته تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی باعث بهبود عملکرد شناختی در سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی شد.

این نتایج با یافته‌های ماگیو و همکاران که نشان دادند تمرین واقعیت مجازی باعث بهبود عملکرد شناختی در بیماران پارکینسون می‌شود، همسو بود [۱۸]. این نتایج همچنین با یافته‌های لیائو و همکاران که نشان دادند آموزش مبتنی بر

همان‌طور که اطلاعات جدول شماره ۲ نشان می‌دهد، دو گروه از نظر عملکرد شناختی با یکدیگر مشابهت داشتند، اما انجام تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی در گروه آزمایش به بهبود عملکرد شناختی منجر شد ($P < 0/001$)، درحالی که این تغییرات در گروه کنترل مشاهده نشد.

همان‌گونه که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون عملکرد شناختی در گروه کنترل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما در گروه آزمایش اختلاف معنی‌دار است.

همان‌طور که در جدول شماره ۴ آمده است بین پس‌آزمون نمره عملکرد شناختی در دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۳. آزمون تی همبسته برای بررسی تفاوت پیش‌آزمون و پس‌آزمون عملکرد شناختی در دو گروه

متغیر	گروه	مرحله	میانگین $\pm$ انحراف معیار	T	P
PD-CRS	کنترل	پیش‌آزمون	۶۷/۴۶ $\pm$ ۲/۰۶	۱/۰۰	۰/۳۳
		پس‌آزمون	۶۷/۷۳ $\pm$ ۱/۱۵		
	آزمایش	پیش‌آزمون	۶۸/۴۶ $\pm$ ۲/۲۸	-۶/۲۰	۰/۰۰۱
		پس‌آزمون	۷۲/۲۶ $\pm$ ۲/۴۰		

سالمند

جدول ۴. آزمون تی مستقل برای مقایسه پس‌آزمون عملکرد شناختی در دو گروه در دو آزمون

ابزار	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	t	P
PD-CRS	کنترل	۶۷/۷۳ $\pm$ ۱/۱۵	-۵/۴۳	۰/۰۰۱
	آزمایش	۷۲/۲۶ $\pm$ ۲/۴۰		

سالمند

می‌شود که در حقیقت، ویژگی ذاتی سیستم عصبی مرکزی است و منعکس‌کننده ظرفیت این سیستم برای پاسخ‌گویی پویا به محیط از طریق اصلاح مدارهای عصبی می‌باشد. این فرآیند با فرآیندهای رشدی و عملکردی مغز در طول عمر مرتبط است. در زمینه رشدی، شکل‌پذیری عصبی یک ویژگی مفید می‌باشد که تغییرات تطبیقی را برای پاسخ به محرک‌های محیطی مانند آموزش‌های معمول یا خاص تسهیل می‌کند [۲۴].

نتیجه‌گیری نهایی

یافته‌های پژوهش نشان داد تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی باعث بهبود عملکرد شناختی در سالمندان مبتلا به پارکینسون و اختلال خفیف شناختی می‌شود. نتایج مطالعه حاضر بر اهمیت انجام مداخلات مبتنی بر ورزش در سالمندان مبتلا به پارکینسون تأکید دارد. با توجه به اثربخشی استفاده از ورزش‌های بر پایه تکنولوژی در بهبود تناسب جسمی و بهبود عملکرد روزانه و همچنین با در نظر گرفتن برخی از ویژگی‌های مثبت ورزش‌های مبتنی بر تکنولوژی، از جمله امکان استفاده راحت از آن‌ها در مراکز توانبخشی، هزینه کمتر آن‌ها نسبت به برخی از روش‌های درمانی و پذیرش بهتر مداخلات توسط افراد با توجه به جذاب بودن، می‌توان استفاده از این ورزش‌ها را در منزل و مراکز توانبخشی مدنظر قرار داد.

با وجود این همچنان مطالعات بیشتری جهت بررسی انواع ورزش‌های مجازی و تأثیر آن‌ها بر جنبه‌های مختلف وضعیت جسمی و روانی بیماران پارکینسون و همچنین مقایسه آن‌ها با ورزش‌های سنتی مورد نیاز است. همچنین این مطالعه در مرکز توانبخشی انجام شد و پژوهشگران و شرکت‌کنندگان در خصوص گروه‌ها کورسازی نشده بودند، بنابراین در تعمیم‌پذیری این نتایج باید احتیاط کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه دارای تأییدیه از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران با کد اخلاق (IR.IAU.FRB. REC.1402.55) می‌باشد.

واقعیت مجازی باعث بهبود عملکرد شناختی، در سالمندان با اختلال خفیف شناختی می‌شود، همسو بود [۱۹]. این نتایج با یافته‌های اژدر و همکاران که نشان دادند تمرینات تعادلی باعث بهبود عملکردهای شناختی مثل حل مسئله، حافظه کاری و همچنین عملکرد کاری (عملکرد، رضایتمندی) سالمندان شد، همسو بود [۲۰].

علاوه بر این، این مطالعه بر پیشرفت زمانی اختلال عملکرد شناختی به ویژه در رابطه با عملکردهای اجرایی در پارکینسون تأکید دارد. بدتر شدن عملکردهای اجرایی در مراحل اولیه بیماری که به کاهش دوپامین در نواحی پشتی و جانبی مدار پیشانی استریاتال نسبت داده می‌شود، بر رابطه پیچیده بین سطوح دوپامین و عملکرد شناختی تأکید می‌کند. پیشرفت‌های مشاهده‌شده در عملکردهای اجرایی مانند حافظه کاری، برنامه‌ریزی و توجه، نشان می‌دهد تمرین‌های واقعیت مجازی ممکن است تأثیر محافظتی بر این حوزه‌های شناختی در مراحل اولیه بیماری پارکینسون داشته باشند [۲۱].

پلوسین و همکاران همچنین از این یافته‌ها پشتیبانی کردند و نشان دادند که مدت طولانی‌تر تمرین تردمیل شناختی-حرکتی با واقعیت مجازی به بهبودی بیشتر در عملکردهای شناختی منجر می‌شود و بر مزایای مشارکت پایدار در مداخلات واقعیت مجازی تأکید کردند [۲۲].

نتایج مطالعه‌ای با استفاده از تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی نشان داد انتقال‌دهنده‌های عصبی دوپامین در استریاتوم در طول انجام تکالیف کارکرد اجرایی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابند. بنابراین، ممکن است این افزایش سطح دوپامین در استریاتوم به دنبال تمرین تکالیف کارکردهای اجرایی در طول تمرینات شناختی، بر روی مدارهای فرونتو استریال اثر گذار بوده باشد. بدین ترتیب شاهد ارتقای عملکردهای مربوط به بخش فرونتال مغز (کارکردهای اجرایی) در گروه آزمایش خواهیم بود [۲۳].

به نظر می‌رسد یکی دیگر از دلایل بهبود کارکردهای اجرایی در گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، فعال شدن مکانیسم‌های شکل‌پذیری مغزی و کند شدن سرعت پیشرفت اختلالات شناختی در پی شرکت در تمرینات واقعیت مجازی می‌باشد. شکل‌پذیری عصبی، ظرفیت سیستم عصبی مرکزی برای سازماندهی مجدد به دنبال ضایعه و ایجاد دوباره کارکردهای از دست‌رفته می‌باشد که معمولاً توسط نواحی عصبی سالم انجام

حامی مالی

این مطالعه برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد علی مهربان گروه سلامت سالمندی، دانشکده پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است و هیچ گونه کمک مالی از سازمانی های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی، روش شناسی، اعتبارسنجی، تحلیل، تحقیق و بررسی، منابع، نگارش پیش نویس: علی مهربان؛ ویراستاری و نهایی سازی نوشته، بصری سازی، نظارت، مدیریت پروژه: آزاده سادات زنده باد و فریدون نوشیروان راحت آباد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از زحمات اساتید گرامی و بزرگوار دکتر زنده باد و دکتر نوشیروان راحت آباد و همچنین تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش که پژوهشگر را یاری رساندند، صمیمانه سپاسگذاری می شود. از جناب آقای دکتر کاظمی مسئول فنی کلینیک تبسم و تمامی پرسنل دلسوز و همکار این مجموعه تشکر و قدردانی می شود.

References

- [1] Dorsey ER, Constantinescu R, Thompson JP, Biglan KM, Holloway RG, Kieburtz K, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*. 2007; 68(5):384-6. [DOI:10.1212/01.wnl.0000247740.47667.03] [PMID]
- [2] Wu J, Zhang H, Chen Z, Fu R, Yang H, Zeng H, et al. Benefits of virtual reality balance training for patients with Parkinson disease: systematic review, meta-analysis, and meta-regression of a randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*. 2022; 10(1):e30882. [DOI:10.2196/30882] [PMID]
- [3] Church FC. Treatment options for motor and non-motor symptoms of Parkinson's disease. *Biomolecules*. 2021; 11(4):612. [DOI:10.3390/biom11040612] [PMID]
- [4] Post B, van der Eijk M, Munneke M, Bloem BR. Multidisciplinary care for Parkinson's disease: Not if, but how! *Postgraduate Medical Journal*. 2011; 87(1031):575-8. [DOI:10.1136/pgmj.2011.241604rep] [PMID]
- [5] Kord I, Seyedahmadi M, Ghofrani M. The effect of water-based exercise on balance and quality of life compared to land-based exercise and usual care in Parkinson's Patients: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Marine Medicine*. 2021; 3(3):119-27. [Link]
- [6] Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: A review. *NeuroRehabilitation*. 2009; 25(1):29-44. [DOI:10.3233/NRE-2009-0497] [PMID]
- [7] Baram Y, Miller A. Virtual reality cues for improvement of gait in patients with multiple sclerosis. *Neurology*. 2006; 66(2):178-81. [DOI:10.1212/01.wnl.0000194255.82542.6b] [PMID]
- [8] Liu W, Zeng N, McDonough DJ, Gao Z. Effect of active video games on healthy children's fundamental motor skills and physical fitness: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(21):8264. [DOI:10.3390/ijerph17218264] [PMID]
- [9] Auccahuasi W, Díaz M, Sernaque F, Flores E, Aiquipa G, Rojas G, et al. Analysis of the comparison of the levels of concentration and meditation in the realization of academic activities and activities related to videogames, based on brain computer interface. *Proceedings of the 5th International Conference on Communication and Information Processing*. 2019; 154-7. [DOI:10.1145/3369985.3370017]
- [10] Zhu S, Sui Y, Shen Y, Zhu Y, Ali N, Guo C, et al. Effects of virtual reality intervention on cognition and motor function in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021; 13:586999. [DOI:10.3389/fnagi.2021.586999] [PMID]
- [11] Zhu K, Zhang Q, He B, Huang M, Lin R, Li H. Immersive virtual reality-based cognitive intervention for the improvement of cognitive function, depression, and perceived stress in older adults with mild cognitive impairment and mild dementia: Pilot pre-post study. *JMIR Serious Games*. 2022; 10(1):e32117. [DOI:10.2196/32117] [PMID]
- [12] Catania V, Rundo F, Panerai S, Ferri R. Virtual reality for the rehabilitation of acquired cognitive disorders: A narrative review. *Bioengineering*. 2023; 11(1):35. [DOI:10.3390/bioengineering11010035] [PMID]
- [13] Torpil B, Şahin S, Pekçetin S, Uyanık M. The effectiveness of a virtual reality-based intervention on cognitive functions in older adults with mild cognitive impairment: A single-blind, randomized controlled trial. *Games for Health Journal*. 2021; 10(2):109-14. [DOI:10.1089/g4h.2020.0086] [PMID]
- [14] Bhidayasiri R, Tarsy D. Parkinson's disease: Hoehn and Yahr scale. In: Bhidayasiri R, Tarsy D, editors. *Movement Disorders: A Video Atlas*. Humana, Totowa: Current Clinical Neurology; 2012. [DOI:10.1007/978-1-60327-426-5_2]
- [15] Martinez-Martin P, Skorvanek M, Rojo-Abuin JM, Gregova Z, Stebbins GT, Goetz CG, et al. Validation study of the hoehn and yahr scale included in the MDS-UPDRS. *Movement Disorders*. 2018; 33(4):651-2. [DOI:10.1002/mds.27242] [PMID]
- [16] Pagonabarraga J, Kulisevsky J, Llebaria G, García-Sánchez C, Pascual-Sedano B, Gironell A. Parkinson's disease cognitive rating scale: A new cognitive scale specific for Parkinson's disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*. 2008; 23(7):998-1005. [DOI:10.1002/mds.22007] [PMID]
- [17] Mahmoudi Asl A, Mehdizadeh M, Kulisevsky J, Sabet A, Taghavi Azar Sharabiani P, Mehdizadeh H, et al. Reliability, validity, and diagnostic accuracy of Parkinson's Disease-Cognitive Rating Scale in Iranian patients with idiopathic Parkinson's disease. *Disability and Rehabilitation*. 2022; 44(10):2091-8. [DOI:10.1080/09638288.2020.1813337] [PMID]
- [18] Maggio MG, De Cola MC, Latella D, Maresca G, Finocchiaro C, La Rosa G, et al. What about the role of virtual reality in Parkinson disease's cognitive rehabilitation? Preliminary findings from a randomized clinical trial. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*. 2018; 31(6):312-8. [DOI:10.1177/0891988718807973] [PMID]
- [19] Liao YY, Tseng HY, Lin YJ, Wang CJ, Hsu WC. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2020; 56(1):47-57. [DOI:10.23736/S1973-9087.19.05899-4] [PMID]
- [20] Azhdar M, Mirzakhani N, Irani A, Baghban A, Daryabor A, Sangi S, et al. The effect of balance training on cognitive and occupational performance of the elderly. *Caspian Journal of Pediatrics*. 2022; 24(1):41. [Link]
- [21] Vandenbossche J, Deroost N, Soetens E, Coomans D, Spildooren J, Vercruysse S, et al. Freezing of gait in Parkinson's disease: Disturbances in automaticity and control. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013; 6:356. [DOI:10.3389/fnhum.2012.00356] [PMID]
- [22] Pelosin E, Ponte C, Putzolu M, Lagravinese G, Hausdorff JM, Nieuwboer A, et al. Motor-cognitive treadmill training with virtual reality in Parkinson's Disease: The effect of training duration. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2022; 13:753381. [DOI:10.3389/fnagi.2021.753381] [PMID]
- [23] Nombela C, Bustillo PJ, Castell PF, Sanchez L, Medina V, Herrero MT. Cognitive rehabilitation in Parkinson's disease: evidence from neuroimaging. *Frontiers in Neurology*. 2011; 2:82. [DOI:10.3389/fneur.2011.00082] [PMID]
- [24] Chapman SB, Aslan S, Spence JS, Hart JJ Jr, Bartz EK, Didehban N, et al. Neural mechanisms of brain plasticity with complex cognitive training in healthy seniors. *Cerebral Cortex*. 2015; 25(2):396-405. [DOI:10.1093/cercor/bht234] [PMID]