Advances in Cognitive Sciences
Vol 24, No. 3, Autumn 2022
Research Article
Pages 1-16

The effect of eight weeks of virtual reality-based physical training on kinematic indicators of gait, muscle strength, and balance in women with Multiple Sclerosis

Somayeh Taheri [1], Shahab Parvinpour [2*], Marzieh Balali[1]

1. Department of Motor Behavior, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Recieved: 10 Feb. 2022
Revised: 9 Jun. 2022
Accepted: 14 Jun. 2022

Keywords
Multiple sclerosis
Kinematic gait indices
Balance
Muscle strength
Virtual reality

Corresponding author
Shahab Parvinpour, Assistant Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Email: Shahabpr@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.3.1

Abstract

Introduction: Multiple sclerosis (MS) is one of the most common myelin-destroying diseases of the central nervous system, causing many movement complications for people. Such inconveniences highlight the need for practical interventions. The present study aimed to investigate the effect of virtual reality-based physical training on muscle strength, balance, and kinematic gait indices in women with MS.

Methods: The research was quasi-experimental with pre-test and post-test designs. The statistical population included the patients referred to the Iranian MS Association. Twenty patients with an age range of 20-40 years (M=32.40; SD=5.38) and EDSS disability level 2-5 were voluntarily selected to participate and randomly divided into experimental and control in the study. The training group received Xbox intervention for eight weeks and three weekly sessions for 45 minutes. The control group was asked not to participate in any sports activities during the study period. One week before the start of the study and 48 hours after the last training session, muscle strength, balance, and kinematic gait indices were measured from the subjects of both groups.

Results: The results showed that muscle strength, balance, and kinematic gait indices variables in the exercise group significantly improved compared to the control group.

Conclusion: Therefore, performing virtual reality-based physical exercises is recommended as a beneficial method in preventing and reducing the complications of MS.

Citation: Taheri S, Parvinpour Sh, Balali M. The effect of eight weeks of virtual reality-based physical training on kinematic indicators of gait, muscle strength, and balance in women with Multiple Sclerosis. Advances in Cognitive Sciences. 2022;24(3):1-16.

Extended Abstract

Introduction

Multiple sclerosis is an autoimmune disease and one of the most common myelin-destroying diseases in the central nervous system. Approximately 2.5 million people are globally affected by this disease, and the number of infected people is increasing daily. Although no known method is available for treating MS, several strategies have been proposed to improve the function of the locomotor system and prevent disease progression. Tempo-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

rarily, it has been well established that traditional exercise programs, including aerobic and resistance training programs, play an essential role in increasing muscle strength, improving balance, mental health, social relationships, and self-reliance in patients with MS. On the other hand, in recent years, researchers have considered virtual technologies and have achieved beneficial results in other patients. However, few studies have been done until a decade ago to examine the effect of virtual reality-based physical exercise on the physical health of patients with MS. Therefore, the current aimed to investigate the effect of a virtual reality-based physical training course on kinematic parameters of gait, muscle strength, and balance in patients with MS.

Methods

The present study is applied in terms of purpose and quasi-experimental in terms of method. The statistical population consisted of all women with MS referred to the MS Association, Tehran, Iran, in 1400. The sampling method was purposeful and available, and eventually, 20 participants were selected based on the inclusion criteria with an age range of 20 to 40 years and divided into two groups of ten equal by simple random sampling. Then, the researcher measured the subjects of the two groups of pre-test measurements, including muscle strength, kinematic gait indices, dynamic, and static balance. Forty-eight hours after the pre-test measurements, the subjects in the training group performed sports activities according to the designed protocol for eight weeks, 3-weekly sessions, and each session for 45 minutes. Forty-eight hours after the last training session, post-test measurements were performed under the same pre-test conditions. A motion analysis device made by the American company Motion Analysis and the software of the German Cortex device with six cameras were used to measure the kinematic indices of patients' gait. A standard isokinetic dynamometer was used to assess the strength of the lower body muscles. This study measured isokinetic power in two ways, eccentric and concentric, at two angular speeds of 60 and 180 degrees per second in the superior leg. Static and dynamic equilibrium was measured using a Biodex balance meter (Model 590-32). An independent t-test was used to analyze and compare the data between groups. The significance level was considered for statistical comparisons ($P<0.05$).

Results

The present study's results revealed that the mean maximum strength of knee extensor muscles at angles of 60 degrees (P=0.014) and 180 degrees (P=0.007) was significantly higher than in the control group. In the training group, the strength of the knee flexor muscles at angles of 60 degrees (P=0.003) and 180 degrees (P=0.034) was significantly higher than in the control group. Furthermore, the training group's kinematic indices of stride length (P=0.006) and stride speed (P=0.001) were significantly higher than in the control group. In the training group, Kinematic indices of step time (P=0.031) and dual support (P=0.013) at the end of the study period were significantly lower than in the control group. Static balance in three general levels (P=0.001), anterior-posterior (P=0.032), and middle-lateral (P=0.001) in the training group were significantly better than in the control group. Correspondingly, dynamic balance at three levels (P=0.002), anterior-posterior (P=0.001), and middle-lateral (P=0.004) at the end of the study in the training group were significantly better than in the control group.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Table 3. Mean and standard deviation of muscle strength of training and control groups in the pre-test and post-test

Variables	Control Group		Training Group		P-Value
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	
Step length (cm)	65.2 ±7.2	74.1 ±3.6	66.4 ±6.3	64.2 ±8.2	0.006
Step time (seconds)	0.56 ±0.8	0.52 ±0.5	0.58 ±0.3	0.55 ±0.4	0.031
Dual support (percentage)	36.7 ±4.3	32.8 ±7.2	37.6 ±5.6	36.1 ±8.3	0.013
Walking rhythm (steps per minute)	48.6 ±4.6	51.1 ±7.3	47.3 ±8.2	46.4 ±9.7	0.001

Conclusion

The present study concluded that eight weeks of virtual reality physical training significantly increased strength, balance, and kinematic gait indices in patients with MS. One of the main reasons for the positive effect of virtual reality-based physical exercises is the new and exciting nature of this type of exercise. Auditory and visual stimuli in virtual exercises are attractive to the patient. In addition, when the patient wins or loses, they can receive appropriate feedback information from the device, which encourages the patient to repeat the movement. In these exercises, the patient, knowing that the activity environment is a virtual environment, tries to adapt to and interact constructively with it and overcome the limitations of the real world. Thus, virtual reality has various positive features that can increase motivation, performance, satisfaction, and engagement and encourage the person to continue as much exercise as possible, including the following: 1- Frequent and intense exercises in a simple, colorful, attractive and motivating environment in the game text. 2- Introducing new games in each treatment session and increasing the game's complexity following the development of the patient's ability level because new motor skills can lead to better learning and functional plasticity of the nervous system. 4- The activity causes sensory-motor and visual and rapid auditory feedback during or after the game.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study included ethical principles such as obtaining informed consent, the confidentiality of participants keeping their information confidential, and the coding of participants' names. The study also provided sufficient information on how to conduct the research. In addition, participants were free to leave the study at any phase of this study.

Authors' contributions

Article writing: Somayeh Taheri; Analysis of statistical findings and scientific and literary editing of the article: Shahab Parvinpour and Marzieh Balali.

Funding

No financial support was received from any institution in conducting this study.

Acknowledgments

We would like to thank all the participants in this study for their cooperation and sincere cooperation, as well as all the managers and staff of MS centers, Tehran, Iran who cooperated with us in collecting the findings of the present study. It is worth mentioning that this article is taken from the PhD dissertation of the first author with the code 14350402972008 at Islamic Azad University, Central Tehran Branch.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Conflict of interest

The authors of the present article state that there is no conflict of interest in writing this research.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۱۶-۱
مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر هشت هفته تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر شاخص‌های کینماتیکی راه رفتن، قدرت عضلانی و تعادل زنان مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس

سمیه طاهری[۱]، شهاب پروین‌پور[۲*]، مرضیه بلالی[۱]

۱. گروه رفتار حرکتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱
اصلاح نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۱۹
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴

واژه‌های کلیدی
مولتیپل اسکلروزیس
راه رفتن
تعادل
قدرت عضلانی
واقعیت مجازی

نویسنده مسئول
شهاب پروین‌پور، استادیار رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
ایمیل: Shahabpr@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.3.1

چکیده

مقدمه: مولتیپل اسکلروزیس جزو شایع‌ترین بیماری‌های تخریب‌کننده میلین در سیستم اعصاب مرکزی است؛ که مشکلات حرکتی بسیاری را برای افراد ایجاد می‌کند. چنین مشکلاتی ضرورت انجام مداخلات موثر را برجسته می‌کند. هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر یک دوره تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر قدرت عضلانی، تعادل و شاخص‌های کینماتیک راه رفتن در زنان مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس است.

روش کار: پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری شامل بیماران مراجعه‌کننده به انجمن مولتیپل اسکلروزیس ایران بودند. از بین آنها تعداد ۲۰ بیمار با دامنه سنی ۴۰-۲۰ سال (میانگین: ۳۲/۴۰ و انحراف معیار: ۵/۳۸) و سطح ناتوانی بین ۵-۲ به طور داوطلبانه برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند و به طور تصادفی به دو گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند. گروه تمرین به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه به مدت ۴۵ دقیقه مداخله ایکس باکس را دریافت کردند. از گروه کنترل خواسته شد که در طول دوره مطالعه در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی شرکت نکند. یک هفته قبل از شروع مطالعه و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، قدرت عضلانی، تعادل و شاخص‌های کینماتیک راه رفتن از آزمودنی‌های دو گروه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد متغیرهای قدرت عضلانی، تعادل و شاخص‌های کینماتیک راه رفتن در گروه تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی به طور معناداری در مقایسه با گروه کنترل بهبود یافته است.

نتیجه‌گیری: در کل می‌توان گفت که انجام تمرینات جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی به عنوان یک روش سودمند در جلوگیری و کاهش عوارض ناشی از ابتلا به بیماری مولتیپل اسکلروزیس توصیه می‌شود.

مقدمه

مولتیپل اسکلروزیس (Multiple Sclerosis (MS)) یک بیماری خود ایمنی و جزء شایع‌ترین بیماری‌های تخریب‌کننده میلین در سیستم اعصاب مرکزی است؛ که تقریباً ۲/۵ میلیون نفر در سرتاسر دنیا به این بیماری مبتلا هستند و روز به روز به تعداد مبتلایان افزوده می‌شود. آنچه اهمیت توجه به این بیماری را دوچندان می‌کند، شیوع رو به رشد آن در سال‌های اخیر است. میزان شیوع MS در زنان دو تا چهار برابر مردان و سن شیوع آن ۲۰ تا ۴۰ سالگی است و اغلب در سنین جوانی آشکار می‌گردد (۱). به طور کلی از مهم‌ترین علائم این بیماری می‌توان به خستگی مزمن، حساسیت به گرما، اختلال در راه رفتن، دو بینی، ضعف عضلانی و کاهش ثبات بدن اشاره کرد (۲)؛ که این اختلالات می‌تواند با کاهش فعالیت بدنی تشدید شود (۳). از میان عوامل نام برده در بالا اختلال در تعادل و ضعف عضلانی در بیماران نورولوژیک با

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

افزایش احتمال افتادن این بیماران یا حتی ترس از افتادن همراه است که موجب کاهش رضایت از خود، کاهش اعتماد به نفس، وابستگی و محدودیت در اجرای فعالیت‌های روزمره زندگی می‌شود (۳). ضعف عضلانی در افراد مبتلا به MS می‌تواند به دلیل کاهش قابلیت در سیستم عصبی مرکزی برای فعال‌سازی عضلات، و یا به دلیل نداشتن تمرین کافی ناشی از کاهش شرکت در فعالیت بدنی به دلیل علائم مرتبط با بیماری باشد (۳). بنابراین، تمرین و تقویت عضلات می‌تواند از مشکلات عضلانی این افراد جلوگیری کرده و اثرات مفیدی بر ضعف حرکتی آنها داشته باشد (۳). جدای از مشکلات عضلانی در این افراد، مشکلات در تعادل و راه رفتن یکی دیگر از محدودیت‌های بیماران MS می‌باشد. در صورتی که سیستم اسکلتی انسان در حالتی متعادل و متناسب قرار داشته باشد، دستگاه اهرمی بدن در حداکثر کارایی و حداقل انرژی مصرفی قرار می‌گیرد. تحت چنین شرایطی عضلات انرژی کمتری را مصرف کرده و رباط‌ها کمتر تحت فشار قرار خواهند گرفت (۴). ضعف در تعادل و مشکل در راه رفتن قابلیت فرد را برای اجرای کارهای روزمره با اختلال مواجه می‌کند (۳). بنابراین، تمام بیماران MS استقلال در فعالیت‌های روزمره زندگی بسیار مهم است و تمامی درمان‌های توان‌بخشی وقتی نتیجه بخش خواهد بود که بیمار بتواند از توانایی‌های باقی مانده طی درمان خود در فعالیت‌های روزمره زندگی به نحو مطلوبی استفاده کند و استقلال یابد (۴). با وجود مشکلات حرکتی در این افراد، در گذشته اعتقاد بر این بود که افراد MS برای جلوگیری از مشکلات بیشتر به استراحت بپردازند؛ اما مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که ورزش برای افراد مبتلا به MS بی‌خطر بوده و می‌تواند منجر به بهبود عملکرد آنها شود (۵). بنابراین، ورزش ممکن است فرآیندهای نورولوژیکی را افزایش دهد که سلامت مغز را در پیری و بیماری تقویت می‌کند (۴).

با این وجود، تاکنون روش شناخته شده‌ای برای درمان MS وجود ندارد؛ اما چندین راه‌کار برای بهبود عملکرد سیستم‌های حرکتی و جلوگیری از پیشرفت بیماری پیشنهاد شده است. در این بین، به خوبی ثابت شده است که برنامه‌های تمرینی سنتی شامل برنامه‌های تمرین هوازی و مقاومتی، نقش مهمی در افزایش قدرت عضلانی، بهبود تعادل، سلامت روانی، روابط اجتماعی و خوداتکایی بیماران مبتلا به MS دارد (۶). همچنین اخیرا در یک مقاله مروری انجام شده توسط Proschinger و همکاران (۲۰۲۲) مزیت انجام فعالیت بدنی و برنامه‌های آمادگی جسمانی را مورد تایید قرار دادند (۷). آنها در این مقاله مروری گزارش کردند که هر چه سطح فعالیت بدنی و آمادگی جسمانی افراد مبتلا به MS بالاتر باشد؛ این افراد از مشکلات ناشی از MS رنج کمتری را می‌برند. بنابراین آنها نشان دادند که تمرینات مقاومتی، هوازی و ترکیبی می‌تواند جدای از کاهش مشکلات این افراد در افزایش سطح فعالیت بدنی، بهبود قدرت، تعادل کمک کرده و منجر به بهبود سیکل راه رفتن بهتری گردد (۷). با وجود اثرات مثبت و مفید تمرینات سنتی در بهبود کارکردهای افراد مبتلا به MS، از سوی دیگر، از اشکالات تمرینات سنتی در توان‌بخشی بیماران مبتلا به MS می‌توان به انجام تمرینات تکراری در یک محیط ثابت اشاره کرد که به دلایل مختلفی از جمله عدم وجود جذابیت، انگیزه بیمار را برای ادامه شرکت در برنامه‌های بازتوانی کاهش می‌دهد که این امر به نوبه خود پایبندی فرد به برنامه‌های توان‌بخشی را کاهش می‌دهد. همچنین یکی دیگر از اشکالات این روش‌های تمرینی، وابستگی زیاد فرد بیمار به حضور درمانگر برای اطمینان از انجام صحیح حرکات است (۸). بنابراین، این عوامل ممکن است منجر به خستگی، دلزدگی و حتی بی‌انگیزگی فرد نسبت به تمرینات شود و به تبع آن چنین عواملی منجر به تشدید علائم MS در این افراد کمک کند.

از این رو، در سال‌های اخیر استفاده از فناوری فضای مجازی برای توان‌بخشی بیماران از جمله زمینه‌های علمی است که مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. واقعیت مجازی یک فناوری نوین است که به فرد امکان می‌دهد تا با یک محیط شبیه‌سازی شده رایانه‌ای تعامل داشته باشد. در این روش فرد می‌تواند وظایفی را که در محیط مجازی از او خواسته شده است در یک محیط واقعی انجام دهد و عملکرد خود را از طریق بازخوردهای لحظه‌ای دریافت شده از محیط مجازی ارزیابی و اصلاح نماید و همچنین اتفاقات محیط را پیش‌بینی کرده و در برابر آنها از خود واکنش مناسب نشان دهد (۹). این روش به تازگی در درمان اختلال طیف اوتیسم، اختلالات اضطراب و بیماران مبتلا به آسیب‌های عصبی عضلانی مانند سکته مغزی و پارکینسون (۱۰) و اختلالات رشدی و عصبی_شناختی (۱۱) به کار برده می‌شود. این حوزه مطالعاتی بسیار جدید که توجه زیادی را در درمان جسمانی به خود جلب کرده است، از ابزارهایی مانند کنسول‌های بازی برای درمان بیماران استفاده می‌کند. در این زمینه، پژوهش‌های اندکی تا قبل از یک دهه گذشته در زمینه بررسی تأثیر تمرینات جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر سلامت جسمانی بیماران مبتلا به MS طراحی شده است. برای نمونه، Baroni و همکاران (۲۰۲۱) اثرات توان‌بخشی بازی ویدئویی را بر تعادل و تحرک‌پذیری و عوامل روان‌شناختی (استرس، اضطراب) افراد مبتلا به MS بررسی کردند. نتایج این پژوهش نیز حاکی از اثرات سودمند مداخله واقعیت مجازی بر عوامل حرکتی و روان‌شناختی بود (۹). Meca-Lallana و همکاران (۲۰۲۰) در

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

پژوهشی یک مطالعه آزمایشی را برای بررسی رضایت بیمار با یک برنامه توان‌بخشی مجازی در مولتیپل اسکلروزیس بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مداخله واقعیت مجازی می‌تواند برای بهبود علائم حرکتی (تعادل)، علائم شناختی و بهبود فعالیت‌های روزانه افراد مبتلا به MS مناسب باشد (۱۲). Streicher و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی اثرات و امکان‌سنجی سیستم واقعیت مجازی در مقابل آموزش فیزیوتراپی سنتی در بیماران مبتلا به MS پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که گروه واقعیت‌های مجازی بر تعادل، آزمون بلند شدن و راه رفتن، راه رفتن ۲۵ فوتی (۷ متر و ۶۰ سانتی‌متر) و آزمون راه رفتن ۶ دقیقه تاثیر معناداری داشت؛ در صورتی که گروه توان‌بخشی سنتی که مداخلات کششی، تعادلی، گام‌برداری و مقاومتی را دریافت کرده بودند فقط در مقیاس تعادل برگ بهبود معناداری را نشان دادند (۱۳). بنابراین گروه واقعیت مجازی در تمامی متغیرهای مذکور غیر از تعادل برگ نسبت به توان‌بخشی سنتی عملکرد بهتری را از خود نشان دادند. همچنین، Casuso-Holgado و همکاران (۲۰۱۸) نیز در یک مقاله مروری بر روی افراد مبتلا به MS نشان دادند که تمرین واقعیت مجازی را می‌توان حداقل به اندازه تمرین‌های معمولی و مؤثرتر از عدم مداخله برای درمان اختلالات تعادل و راه رفتن در توان‌بخشی MS در نظر گرفت (۱۴).

بنابراین، در سال‌های اخیر، فناوری‌های بازی‌های ویدیویی فعال به عنوان یک ابزار درمانی در توان‌بخشی با توجه به هزینه کم، قابلیت حمل بالا، و توانایی انتقال اطلاعات، پر تکرار، تکلیف محور، استاندارد شده و درمان‌های یادگیری فعال استفاده می‌شوند (۱۰). علاوه بر این، افراد مبتلا به MS تجربه بازی را به عنوان عناصر مهم، سرگرم‌کننده، چالش‌برانگیز و خود انگیزشی برای یادگیری موفقیت‌آمیز حرکتی در نظر می‌گیرند (۱۵). بازخورد چندحسی بازی‌های ویدیویی فعال که به بیماران ارائه می‌شود، ممکن است فرآیندهای انعطاف‌پذیری مغز را در قشر حسی حرکتی تقویت کند و باعث بهبود عملکرد شود (۱۶). شواهد تمرین‌های درمانی بازی‌های ویدیویی برای بهبود تعادل و سایر عملکردهای حرکتی در MS قطعی نیست، حتی اگر چه مطالعات کمی تأثیر مثبت احتمالی را بر تعادل و سایر عملکردهای حرکتی نشان داده‌اند (۹، ۱۲، ۱۴). علاوه بر این، به نظر می‌رسد که انگیزه بیماران در طول این مدت افزایش می‌یابد (۱۶). بنابراین، از این رو با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در مورد روش‌های تمرینی معمول (عدم وجود جذابیت، انگیزه بیمار را برای ادامه شرکت در برنامه‌ها) در بهبود بیماران مبتلا به MS و مطالعات محدود در زمینه بررسی تاثیر تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی در بیماران مبتلا به MS که بیشتر در خارج از کشور و نه در داخل کشور مورد توجه پژوهشگران بوده است (۹، ۱۲، ۱۴)؛ و به دلیل افزایش انگیزه بیماران در طول مدت مداخله واقعیت مجازی (۱۶) و همچنین با توجه به اهمیت کاهش قدرت عضلانی و اختلال تعادل و آثار این عوارض بر راه رفتن و کیفیت زندگی فرد بیمار (۳)، مطالعه حاضر در صدد است که با پژوهشی بنیادی در این زمینه به بررسی تاثیر یک دوره تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر شاخص‌های کینماتیک راه رفتن، قدرت عضلانی و تعادل بیماران مبتلا به MS بپردازد.

روش کار

پژوهش حاضر به لحاظ هدف جزء پژوهش‌های کاربردی و به لحاظ روش از نوع نیمه تجربی است. جامعه آماری این پژوهش را تمامی زنان مبتلا به MS مراجعه‌کننده به انجمن MS شهر تهران در سال ۱۳۹۷ تشکیل دادند. شیوه نمونه‌گیری به صورت هدفمند و در دسترس بود که در نهایت از بین آنها تعداد ۲۰ نفر با دامنه سنی ۲۰ تا ۴۰ سال (میانگین: ۳۲/۴۰ و انحراف معیار: ۵/۳۸) و بر اساس معیارهای ورود انتخاب شدند و به روش تصادفی ساده به ۲ گروه مساوی ۱۰تایی تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: نمره ناتوانی جسمانی توسعه‌یافته (Expanded Disability Status Scale ((EDSS))، بین ۲ تا ۵، سیکل قاعدگی منظم، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی و تنفسی و مشکلات ارتوپدی، عدم مشارکت در برنامه‌های ورزشی منظم بود. معیارهای خروج نیز شامل موارد زیر بود: اختلالات شناختی که به عقیده پژوهشگر ممکن است برای درک و اجرای سیستم واقعیت مجازی مشکل ایجاد کند، بیمارانی که وضعیت بیماریشان عود کرده و در طول مداخله مجبور به مصرف دارو بودند؛ هر گونه اختلال بینایی یا شنوایی که مانع استفاده صحیح از سیستم واقعیت مجازی شود. ابتدا در جلسه‌ای در مورد موضوع پژوهش، هدف و روش اجرای آن، پروتکل و عوارض احتمالی طرح با آزمودنی‌ها صحبت شد. سپس همه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه را امضا کردند. قبل از هر اقدامی، سلامت جسمانی آزمودنی‌ها توسط پزشک متخصص مغز و اعصاب تایید و معیار ناتوانی آنها توسط پزشک تعیین شد. لازم به ذکر است که کمیته اخلاق دانشگاه انجام پژوهش حاضر را از نظر اخلاقی تایید نمود. سپس از آزمودنی‌های دو گروه، اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون شامل اندازه‌گیری قدرت عضلانی، شاخص‌های کینماتیکی راه رفتن، تعادل پویا و ایستا اندازه‌گیری شد. ۴۸ ساعت پس از اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تمرین بر اساس پروتکل طراحی شده به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه به

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

انجام بازی‌های واقعیت مجازی پرداختند. پس از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی، اندازه‌گیری‌های پس‌آزمون در شرایط مشابه پیش‌آزمون انجام شد.

ابزار

دستگاه آنالیز حرکت (Motion Analysis)

برای اندازه‌گیری شاخص‌های کینماتیکی راه رفتن بیماران، از دستگاه آنالیز حرکتی ساخت شرکت Motion Analysis آمریکا و نرم‌افزار دستگاه Cortex آلمان، با شش دوربین در آزمایشگاه دانشگاه علوم تحقیقات استفاده شد. اندازه‌گیری کینماتیکی از طریق شامل قرار دادن مارکرها روی بدن انجام شد. از مدل استاندارد برای تعیین نحوه مارکرگذاری و نصب مارکرها استفاده شد. در این مطالعه تعداد مارکرهای نصب شده بر روی بدن بیمار ۱۲ عدد بود و که در مناطق زانوی راست و چپ، خار خاصره‌ای قدامی_فوقانی راست و چپ، ساق پای راست و چپ، استخوان خاجی راست و چپ، مچ پای راست و چپ و در نهایت بین متاتارسال دوم و سوم پای راست و چپ نصب شد. پس از قرار دادن مارکرها، حجم اندازه‌گیری که شامل مسیر پیاده‌روی بود، با استفاده از دوربین‌ها تعیین شد و سپس کالیبراسیون استاتیک و دینامیک برای اندازه‌گیری سه بعدی انجام شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، از آزمودنی‌ها خواسته شد چند مرحله به صورت آزمایشی و با هدف بهبود تعادل راه رفتن مسیر مشخص شده را قدم بزنند. سپس، اندازه‌گیری و ثبت راه رفتن انجام شد. پردازش اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۴ انجام شد (۱۷).

دستگاه نیروسنج آیزوکنتیک (Biodex, Systems III)

برای ارزیابی قدرت عضلات پایین‌تنه از دستگاه استاندارد نیروسنج آیزوکنتیک (Biodex, Systems III) استفاده شد. این نیروسنج یک ابزار اندازه‌گیری بسیار دقیق به شمار می‌رود که حداکثر نیروی عضلانی را تحت عنوان اوج گشتاور به صورت نیوتن بر متر (همانند یک تکرار بیشینه در دستگاه‌های آیزوتونیک) اندازه‌گیری می‌نماید. روایی و پایایی این دستگاه برای ارزیابی قدرت عضلانی در کلیه گروه‌های سنی توسط پژوهش‌های قبلی به اثبات رسیده است (۱۸). در این مطالعه قدرت ایزوکنتیک به دو صورت اکسنتریک و کانسنتریک و در دو سرعت زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه در پای برتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. قبل از انجام آزمون اصلی آزمودنی‌ها به صورت جداگانه با دستگاه و نحوه انجام تست به طور دقیق و عملی آشنا شدند و پس از یک ساعت استراحت، ارزیابی اصلی انجام گرفت. برای انجام آزمون سه انقباض در نظر گرفته شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد که با تمام توان خود این سه حرکت را هم در جهت باز کردن مفصل و هم در جهت خم کردن مفصل زانو انجام دهند. آزمودنی در وضعیت مناسب بر روی صندلی قرار گرفته و از استرپ‌هایی به صورت ضرب در جهت ثابت کردن بدن در جلوی تنه و یک استرپ بر روی ران جهت ثابت کردن آن استفاده شد. قوس حرکتی مفصل زانو در ۹۰ درجه تنظیم شد. یعنی فرد در ابتدا پای خود را در حالت قائم نسبت به سطح زمین قرار می‌داد و این حالت ثبت می شد. سپس زانوی خود را باز نموده و مچ پا را تا حد امکان که نهایتاً ۹۰ درجه می‌باشد جهت تعیین قدرت عضلات اطراف زانو بالا می‌آورد و در نهایت اوج گشتاور آنها ثبت می‌گردید (۱۹). همچنین اطلاعات مرتبط با طول گام، زمان گام، اتکای دوگانه و آهنگ گام‌برداری استخراج گردید.

دستگاه تعادل سنج بایودکس

تعادل ایستا و پویا با استفاده از دستگاه تعادل سنج بایودکس (مدل ۵۹۰-۳۲) اندازه‌گیری شد. این دستگاه میزان چرخش و لغزش را حین شرایط دینامیک ارزیابی کرده و در نهایت شاخص ثبات داخلی خارجی و شاخص ثبات قدامی خلفی و نیز شاخص کلی ثبات را می‌دهد. این ایندکس در واقع نشان‌دهنده نوسان حول نقطه صفر مرکز می‌باشد. روایی دستگاه مذکور به دلیل استاندارد بودن آن توسط شرکت بایودکس آمریکا تأیید شده و در سایر پژوهش‌ها نیز با استفاده از معیار طلایی و مقایسه با دستگاه فورس پلیت مجدداً مورد تأیید قرارگرفته است (۲۰). پایایی با استفاده از روش آزمون_آزمون مجدد بر روی تعداد ۱۵ آزمودنی محاسبه شد. نتایج نشان داد که مقدار ضریب همبستگی درون‌گروهی بین ۰/۶۷ تا ۰/۸۹ متغیر بود (۲۰). این دستگاه شامل یک صفحه قابل تنظیم زیر پا (سطح اتکا) بود که سطح پایدار (ایستا) و ناپایدار (سطح ۸-۵) به ترتیب برای اندازه‌گیری تعادل ایستا و پویا بکار گرفته شد. نمره هر یک از آزمون‌ها شامل شاخص‌های کلی (Overall)، قدامی_خلفی (Anterior Posterior Index) و میانی_جانبی (Medial Lateral Index) بود که نمرات کمتر نشانگر تعادل بهتر می‌باشند (۲۱).

دستگاه XBOX ۳۶۰ کینکت

دستگاه XBOX ۳۶۰ کینکت با استفاده از اشعه مادون قرمز، الگویی سه بعدی و دیجیتالی از حرکات بدن فرد بازیکن ترسیم می‌کند. این فناوری همچنین مجهز به دوربین ویدیویی (کینکت) جهت ثبت جزئیاتی مانند حالت‌های چهره افراد و میکروفونی برای تشخیص و

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

مکان‌یابی صدا است. برنامه‌نویسی و طراحی بازی‌ای که بتواند وضعیت‌ها و حرکات متعدد و نامحدود بدن انسان را تشخیص دهد مسئله محاسباتی پیچیده‌ای است. هر یک از حرکات بدن، جز اطلاعات ورودی دستگاه محسوب می‌شود. مؤسسه تحقیقاتی مایکروسافت در کمبریج انگلستان، الگوریتمی به همین منظور ابداع کرده که ژست‌های بدن را تشخیص داده و بر اساس آنها، تصویری دقیق و سه‌بعدی با سرعت ۳۰ فریم در ثانیه نمایش می‌دهد. ایکس باکس‌های مجهز به کینکت، حرکات بدن را به صورت آنی تحلیل می‌کنند و برای ثبت حرکات دیگر نیازی به لباس مخصوص و نصب حسگر روی بدن نیست. لذا مستقیماً تغییر در وضعیت بدن را به بازی منتقل می‌کند. این خاصیت موجب ایجاد یک تعامل بین دنیای واقعی و بازی مجازی می‌شود. جدای از این، برای ایجاد مداخله بازی‌های ویدئویی غیرفعال در گروه مربوطه از دسته همراه با این دستگاه (و بدون استفاده از کینکت) و بازی‌های غیرکینکتی که قابلیت استفاده از طریق دسته را دارا می‌باشند، استفاده شد. ذکر این نکته لازم به ذکر است که دستگاه‌های تجاری که به صورت گسترده توسط کاربران استفاده می‌شود و لایسنس‌های مختلف تولید و کاربرد را دارا می‌باشند، به نظر می‌رسد نیازی به ارائه روایی و پایایی در تحقیقات نداشته باشند. در بسیاری از پیشینه‌های خارجی و داخلی، برای این دستگاه، روایی و پایایی ذکر نشده است (۲۲، ۲۳).

مقیاس وضعیت ناتوانی جسمانی توسعه‌یافتهٔ EDSS

وضعیت ناتوانی جسمانی بیماران با استفاده از ابزار EDSS و توسط متخصص مغز و اعصاب اندازه‌گیری شد. این پرسشنامه حالات و عملکردهای مختلف سیستم اعصاب مرکزی را می‌سنجد. عملکرد سیستم راه‌های هرمی، عملکرد سیستم راه‌های مخچه‌ای، عملکرد سیستم راه‌های ساقهٔ مغز، عملکرد سیستم راه‌های حسی، عملکرد سیستم راه‌های روده و مثانه، عملکرد سیستم راه‌های بینایی و عملکرد سیستم راه‌های مغزی. این مقیاس نمره‌ای بین ۰ تا ۱۰ را برای بیماران (بسته به میزان آسیب وارده به سیستم اعصاب مرکزی) خواهد داد. هرچه آسیب بیشتر باشد نمرهٔ کسب شده بیشتر است (۲۴).

شیوه اجرا

بیماران در ابتدا یک جلسه ۳۰ دقیقه‌ای آموزش نحوه انجام بازی ایکس باکس را گذراندند و پس از آن هفته‌ای سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای و به مدت هشت هفته مداخله ایکس باکس را دریافت کردند. بازی‌هایی که در گروه مداخله انجام شد، از بازی‌های کینیکت بود که در آنها بیمار رو به روی نمایش‌گر قرار می‌گرفت و بازی‌های ارائه شده را که بر اساس میزان تأثیرگذاری بر قدرت، تعادل و راه رفتن این بیماران انتخاب شد. سیستم واقعیت مجازی مورد استفاده در این مطالعه سیستم XBOX ۳۶۰ بود. این دستگاه یک سیستم ارزیابی و تمرینی جامع رایانه‌ای همراه با نرم‌افزار و سخت افزارهای الکترونیکی، جهت تمرینات فعال و مقاومتی انواع فوقانی و تحتانی، گرفتن ظریف اشیاء، گرفتن درشت اشیاء و تمرینات دامنه حرکتی است. این سیستم با دارا بودن بازی‌های جالب و مشوق به نحوه‌ای تعاملی سبب افزایش انگیزش و تحمل انجام بازی‌های مختلف می‌گردد. در این پژوهش صفحه نمایش این سیستم بر روی یک صفحه بزرگ و توسط یک ویدیو پروژکتور ارائه می‌گردید. فیدبک شنوایی نیز توسط یک اسپیکر ارائه می‌شد. گروه تمرین مجازی تمرینات حرکتی را در محیط مجازی که توسط سیستم XBOX ۳۶۰ فراهم می‌شد دریافت می‌کردند. تمامی جنبه‌های بازی‌های درون سیستم شامل دامنه حرکتی، قدرت، سرعت، دقت و پیچیدگی بر اساس سن و توانایی‌های آزمودنی‌ها تطبیق می‌گردید و پیچیدگی این بازی‌ها با پیشرفت توانایی‌های آزمودنی‌ها افزایش می‌یافت. تمرینات به شکل بازی‌های تأثیرگذار بر قدرت عضلانی و تعادل آزمودنی مانند بازی کات میوه، بولینگ، صخره‌نوردی و شلیک فضایی بود (۲۵). لازم به ذکر است که گروه کنترل نیز فعالیت های روزمره خود را اجرا کردند.

از آزمون کلوموگروف_اسمیرنوف (K-S) برای تعیین نرمال بودن توزیع متغیرها و از آزمون لوین برای بررسی همگنی متغیرها در گروه‌های تحقیق استفاده شد. برای تحلیل استنباطی داده‌ها و از جهت مقایسه بین گروهی داده‌ها، از آزمون T مستقل استفاده شد. سطح معناداری برای مقایسه‌های آماری (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد. ضمنا برای انجام محاسبات از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد.

یافته‌ها

یافته‌های جدول ۱ مرتبط با اطلاعات پایه آزمودنی‌ها می‌باشد. یافته‌های این جدول نشان داد که دو گروه در شروع مطالعه از نظر ویژگی‌های سن، قد، وزن با یکدیگر همگن بوده و از لحاظ آماری اختلاف معناداری نداشتند.

یافته‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون مربوط به قدرت عضلانی در گروه‌های تمرین و کنترل در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از آزمون T وابسته نشان داد که تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی شاخص‌های قدرت عضلات بازکننده و خم‌کننده مفصل زانو در زاویه‌های ۶۰ و ۱۸۰ درجه در گروه تمرین معنادار (P<۰/۰۵) و در گروه کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود (P>۰/۰۵). همچنین نتایج حاصل از آزمون T مستقل بین مجذور میانگین‌های پیش‌آزمون

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

از پس‌آزمون دو گروه نشان داد که در گروه تمرین حداکثر قدرت عضلات بازکننده زانو در زاویه‌های ۶۰ درجه (P=۰/۰۱۴) و ۱۸۰ درجه (P=۰/۰۰۷) به طور معناداری از گروه کنترل بیشتر بود. در گروه تمرین، قدرت عضلات خم‌کننده زانو در زاویه‌های ۶۰ درجه (P=۰/۰۰۳) و ۱۸۰ درجه (P=۰/۰۳۴) به طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود.

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه تمرین	گروه کنترل	مقدار P
سن (سال)	۳۶/۴±۳/۵	۳۴/۳±۵/۴	۰/۶۴۷
قد (سانتی‌متر)	۱۵۹/۸±۷/۲	۱۵۸/۹±۸/۹	۰/۲۴۷
وزن (کیلوگرم)	۶۳/۷±۴/۲	۶۰/۲±۹/۳	۰/۳۷۹

جدول ۲. مقایسه تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص‌های قدرت عضلانی دو گروه تمرین و کنترل

متغیرها	گروه	مراحل		تغییرات درون‌گروهی			مجذور تغییرات پیش‌آزمون- پس‌آزمون	تغییرات بین گروهی		
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P		آماره T	درجه آزادی	مقدار P
قدرت عضلات بازکننده زانو در زاویه ۶۰ درجه	تمرین	۷۹/۶±۲/۴	۸۵/۳±۴/۸	-۲/۷۸	۹	۰/۰۰۲	-۵/۷±۶/۲	۱/۲۵	۱۸	۰/۰۱۴
	کنترل	۷۷/۶±۸/۴	۷۶/۴±۷/۳	۱/۲۴	۹	۰/۱۴۷	۱/۲±۳/۴			
قدرت عضلات بازکننده زانو در زاویه ۱۸۰ درجه	تمرین	۴۶/۵±۳/۷	۵۷/۲±۵/۷	-۶/۵۴	۹	۰/۰۰۶	-۱۰/۷±۷/۳	۲/۴۱	۱۸	۰/۰۰۷
	کنترل	۵۰/۸±۷/۶	۵۰/۳±۱۰/۷	۱/۱۲	۹	۰/۰۲۳	۰/۵±۴/۱			
قدرت عضلات خم‌کننده زانو در زاویه ۶۰ درجه	تمرین	۲۱/۴±۶/۲	۲۶/۱±۸/۴	-۵/۶۴	۹	۰/۰۳۱	-۴/۷±۸/۶	-۱/۴	۱۸	۰/۰۰۳
	کنترل	۲۲/۴±۵/۹	۲۲/۸±۶/۱	۳/۲۴	۹	۰/۱۸۹	-۰/۴±۲/۲			
قدرت عضلات خم‌کننده زانو در زاویه ۱۸۰ درجه	تمرین	۱۹/۵±۷/۳	۲۴/۲±۶/۱	-۲/۶۴	۹	۰/۰۱۷	-۴/۷±۱/۵	۱/۵۵	۱۸	۰/۰۳۴
	کنترل	۲۰/۷±۶/۳	۲۰/۳±۷/۹	۱/۲۴	۹	۰/۳۴۱	۰/۴±۱/۳			

جدول ۳ مربوط به یافته‌های کینماتیکی می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون T وابسته نشان داد که تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی تمامی شاخص‌های کینماتیکی راه رفتن در گروه تمرین معنادار (P<۰/۰۵) و در گروه کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود (P>۰/۰۵). همچنین نتایج حاصل از آزمون T مستقل بین مجذور میانگین‌های پیش‌آزمون از پس‌آزمون دو گروه نشان داد که در گروه تمرین شاخص‌های کینماتیکی طول گام (P=۰/۰۰۶) و آهنگ گام‌برداری (P=۰/۰۰۱) به طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود. همچنین شاخص‌های کینماتیکی زمان گام (P=۰/۰۳۱) و اتکای دوگانه (P=۰/۰۱۳) در پایان دوره مطالعه در گروه تمرین به طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود.

جدول ۴ مربوط به نتایج تعادل آزمودنی‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون T وابسته نشان داد که تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی تمامی شاخص‌های تعادل ایستا و پویا در گروه تمرین معنادار (P<۰/۰۵) و در گروه کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود (P>۰/۰۵). همچنین نتایج حاصل از آزمون T مستقل بین مجذور میانگین‌های پیش‌آزمون از پس‌آزمون دو گروه نشان داد که تعادل ایستا در سه سطح کلی (P=۰/۰۰۱)، قدامی_خلفی (P=۰/۰۳۲) و میانی_جانبی (P=۰/۰۰۱) در گروه تمرین به طور معناداری بهتر از گروه کنترل بود. همچنین تعادل پویا در سه سطح کلی (P=۰/۰۰۲)، قدامی_خلفی (P=۰/۰۰۱) و میانی_جانبی (P=۰/۰۰۴) در پایان مطالعه در گروه تمرین به طور معناداری بهتر از گروه کنترل بود.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

جدول ۳. مقایسه تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص های کینماتیکی راه رفتن دو گروه تمرین و کنترل

متغیرها	گروه	مراحل		تغییرات درون گروهی			مجذور تغییرات	تغییرات بین گروهی		
		پیش آزمون	پس آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P	پیش آزمون- پس آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
طول گام (سانتی-متر)	تمرین	۶۶/۴±۶/۳	۷۴/۱±۳/۶	-۱/۲۴	۹	۰/۰۰۱	-۷/۷±۲/۵	-۲/۶۱	۱۸	۰/۰۰۶
	کنترل	۶۵/۲±۷/۲	۶۴/۲±۸/۲	-۰/۷۶	۹	۰/۱۳۹	۱/۰±۱/۴			
زمان گام (ثانیه)	تمرین	۰/۵۸±۰/۳	۰/۵۲±۰/۵	-۴/۱۴	۹	۰/۰۲۷	۰/۰۶±۰/۲	۱/۲۲	۱۸	۰/۰۳۱
	کنترل	۰/۵۶±۰/۸	۰/۵۵±۰/۴	۱/۰۶	۹	۰/۳۴۱	۰/۰۱±۰/۰۴			
اتکای دوگانه (درصد)	تمرین	۳۷/۶±۵/۶	۳۲/۸±۷/۲	۳/۵۴	۹	۰/۰۱۷	۴/۸±۲/۱	۱/۵۴	۱۸	۰/۰۱۳
	کنترل	۳۶/۷±۴/۳	۳۶/۱±۸/۳	۱/۸۱	۹	۰/۰۸۷	۰/۶±۰/۷			
آهنگ گام‌برداری (گام بر دقیقه)	تمرین	۴۷/۳±۸/۲	۵۱/۱±۷/۳	-۳/۹۳	۹	۰/۰۰۱	-۳/۸±۱/۷	-۱/۲۴	۱۸	۰/۰۰۱
	کنترل	۴۸/۶±۴/۶	۴۶/۴±۹/۷	۲/۲۴	۹	۰/۶۲۱	۲/۲±۱/۰۴			

جدول ۴. مقایسه تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص‌های تعادل ایستا و پویا دو گروه تمرین و کنترل

متغیرها	گروه	مراحل		تغییرات درون گروهی			مجذور تغییرات	تغییرات بین گروهی		
		پیش آزمون	پس آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P	پیش آزمون- پس آزمون	آماره T	درجه آزادی	مقدار P
تعادل ایستا (کلی)	تمرین	۳/۴۸±۰/۵۴	۳/۱۴±۱/۲۴	۰/۱۴	۹	۰/۰۲۴	۰/۳۴±۰/۷۴	۱/۲۲	۱۸	۰/۰۰۱
	کنترل	۳/۴۷±۲/۵۲	۳/۴۱±۱/۲۷	۱/۶۹	۹	۰/۱۸۵	۰/۰۶±۰/۲۵			
تعادل ایستا (قدامی_خلفی)	تمرین	۲/۳۱±۱/۶۴	۲/۰۱±۱/۴۷	۲/۲۵	۹	۰/۰۰۵	۰/۳±۰/۱۴	۱/۳۶	۱۸	۰/۰۳۲
	کنترل	۲/۲۹±۱/۶۴	۲/۲۵±۱/۷	۱/۱۹	۹	۰/۱۲۶	۰/۰۴±۰/۱۷			
تعادل ایستا (میانی_جانبی)	تمرین	۱/۶۲±۱/۰۲	۱/۳۷±۰/۵۵	۰/۲۷	۹	۰/۰۳۶	۰/۲۵±۰/۰۶	۱/۴۷	۱۸	۰/۰۰۱
	کنترل	۱/۶۳±۰/۴۱	۱/۶۸±۰/۵۲	۱/۸۴	۹	۰/۳۴۷	-۰/۰۵±۰/۲۹			
تعادل پویا (کلی)	تمرین	۶/۱۴±۱/۲۷	۵/۳۴±۱/۱۲	۱/۲۲	۹	۰/۰۱۹	۰/۸±۱/۰۴	۱/۶۲	۱۸	۰/۰۰۲
	کنترل	۶/۲۴±۴/۲۸	۶/۲۹±۳/۱۲	۰/۱۸	۹	۰/۳۴۱	-۰/۰۵±۰/۶۴			
تعادل پویا (قدامی_خلفی)	تمرین	۵/۳۴±۱/۱۷	۴/۲۲±۱/۵۲	۱/۵۵	۹	۰/۰۰۲	۱/۱۲±۰/۷۴	۲/۵۹	۱۸	۰/۰۰۱
	کنترل	۵/۶۲±۳/۴۲	۵/۶۶±۲/۲۱	۱/۶۷	۹	۰/۲۱۴	-۰/۰۴±۰/۱۸			
تعادل پویا (میانی_جانبی)	تمرین	۳/۱۲±۱/۴۱	۲/۸۵±۱/۱۳	۲/۴۷	۹	۰/۰۰۱	۰/۲۷±۰/۰۸	۱/۷۴	۱۸	۰/۰۰۴
	کنترل	۳/۴۲±۲/۶۴	۳/۴۷±۲/۳۶	۰/۵۹	۹	۰/۳۵۴	-۰/۰۵±۱/۰۱			

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر شاخص‌های کینماتیکی راه رفتن، قدرت عضلانی و تعادل زنان مبتلا به MS بود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، هشت هفته تمرین جسمانی با استفاده از سیستم واقعیت مجازی موجب افزایش معنادار قدرت عضلات بازکننده و خم‌کننده مفصل زانو، بهبود معنادار تعادل پویا و ایستا و بهبود شاخص‌های کینماتیک راه رفتن در بیماران مبتلا به MS شد.

یافته‌های این پژوهش با نتایج Baroni و همکاران (۲۰۲۱) (۹)، Meca-Lallana و همکاران (۲۰۲۰) (۱۲)، Streicher و همکاران (۲۰۱۹) و Casuso-Holgado و همکاران (۲۰۱۸) (۱۴) همخوان می‌باشد. Baroni و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که مداخله واقعیت مجازی بر بهبود گام‌برداری و تعادل در افراد MS موثر بود (۹). Meca-Lallana و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند که مداخله واقعیت مجازی می‌تواند برای بهبود علائم حرکتی (تعادل)، علائم شناختی و بهبود فعالیت‌های روزانه افراد مبتلا به MS مناسب باشد (۱۲). همچنین، Streicher و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که مداخله واقعیت مجازی می‌تواند برای بهبود علائم حرکتی (تعادل و گام‌برداری)، علائم شناختی و بهبود فعالیت‌های روزانه افراد مبتلا به MS مناسب باشد (۱۳). مشابه یافته‌های بالا Casuso-Holgado و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که گروه واقعیت‌های مجازی بر تعادل، آزمون بلند شدن و راه رفتن، راه رفتن ۲۵ فوتی (۷ متر و ۶۰ سانتی‌متر) و آزمون راه رفتن ۶ دقیقه تاثیر معناداری داشت (۱۴). یک تفسیر مناسب در مورد این یافته‌ها و علت همسویی با یافته‌ها را می‌توان به اثرات روانی تمرینات نسبت داد. مطابق با پژوهش‌ها، جلسات توان‌بخشی بیماران MS مطابق با رویکرد واقعیت مجازی یک شیوه جذاب و لذت می‌باشد و همین ماهیت شیوه مجازی برای بیماران MS ممکن است مشارکت و پایبندی به روند توان‌بخشی را افزایش دهد؛ به طوری که افزایش مشارکت و انگیزه قبلاً در افراد MS تحت درمان با آموزش واقعیت مجازی مشاهده شده بود (۲۶). با این وجود، رویکردهای توان‌بخشی سنتی اغلب تکراری و کسل‌کننده بوده و باعث کاهش علاقه و مشارکت بیمار در ورزش می‌شود. با این حال، رضایت بیماران یکی از ویژگی‌های کلیدی برای پیروی از درمان و موفقیت در توان‌بخشی، به ویژه در افراد مبتلا به MS است که در رویکرد توان‌بخشی واقعیت مجازی نشان داده شده است (۸). علاوه بر این، درمان مبتنی بر واقعیت مجازی برای غلبه بر معایب توان‌بخشی مرسوم پیشنهاد شده است که، بازخورد افزوده مناسبی را در طول تمرین برای فرد فراهم می‌کند، و چنین چیزی به یادگیری حرکتی مؤثرتر کمک خواهد کرد (۱۲). جدای از این، ماهیت مهم دیگر تمرینات واقعیت مجازی ایجاد یک شرایط محیطی غنی شده برای افراد مبتلا به MS و سایر اختلالات دیگر می‌باشد (۲۷). بنابراین، بازی‌های ویدیویی فعال نه تنها بیماران را در فعالیت‌های حرکتی درگیر می‌کند، بلکه همزمان از آزمودنی‌ها می‌خواهد که از توانایی‌های شناختی برای مدیریت ورودی‌ها در یک محیط غنی شده استفاده کنند (۲۸). مطابق با پژوهش‌های انجام شده بر روی مداخلات واقعیت مجازی نشان داده شده است که این شیوه تمرینات شدیدا با محرک‌های بینایی در ارتباط می‌باشند؛ و از طرفی چون افراد مبتلا به MS در بینایی مشکلات بالایی دارند و این مشکل به دلیل تخریب پوشش سلول‌های عصبی (غلاف میلین) مرتبط با چشم اتفاق می‌افتد (۱۳)، شاید بتوان گفت که علت بهبود تعادل و راه رفتن در افراد مبتلا به MS همین فراهم بودن محرک بینایی توسط این بازی‌ها باشد. تفسیر دیگر در مورد موثر بودن تمرینات واقعیت مجازی چالش‌های تمرینی ایجاد شده نسبت به شرایط واقعی می‌باشد. بازی‌های واقعیت مجازی به بیماران اجازه می‌دهد تا با مجموعه‌ای از دشواری‌های محیطی مواجه شوند که چنین چیزی در شرایط تمرین واقعی مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این، سیستم واقعیت مجازی امکان تکرار چندین کار، از جمله انجام تکالیف دوگانه را برای بیمار فراهم می‌کند، که انجام آنها در یک باشگاه (شرایط واقعی) در همان سطح از شدت و ایمنی می‌تواند دشوارتر باشد (۱۳). همچنین، سیستم واقعیت مجازی توانایی ارائه بازخورد بینایی، حسی و شنیداری را به بیماران برای کمک به سنجش بهبود در حین انجام تکالیف تعادلی یا راه رفتن دارد (۱۳). همچنین، در بازی‌های واقعیت مجازی، آواتارها بلافاصله به تغییرات مرکز فشار همان‌طور که آنها در جهات متفاوت حرکت می‌کنند، پاسخ می‌دهد. این را می‌توان نوعی بازخورد افزوده در نظر گرفت. اطلاعات مربوط به تغییرات مرکز فشار از طریق تغییر وزن در صفحه تعادل ممکن است به بیمار کمک کند تا یک جفت شدن بینایی_حرکتی و حس حرکت را ایجاد کند و این تغییرات را به تنظیم دقیق نیروها و گشتاورهای تولید شده مرتبط کند (۲۹). چنین چیزی می تواند یک پشتوانه قوی در مورد علت بهبود تعادل و قدرت اندام تحتانی در افراد MS باشد. بنابراین، این تفاسیر می‌توانند مهر تاییدی بر یافته‌های این مطالعه باشند.

جدای از این می‌توان به اساس سلولی کاربرد تمرینات واقعیت مجازی نیز برای تایید یافته‌های این پژوهش استفاده کرد. اساس سلولی کاربرد واقعیت مجازی، پلاستیسیته سیستم عصبی از طریق سیستم

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

نورون‌های آینه‌ای است (۳۰)؛ زیرا این روش قادر به یکپارچه کردن مزایای مثبت روش‌های درمانی از جمله تمرینات مکرر، مشاهده حرکت، تصویر حرکت و تقلید حرکتی می‌باشد (۳۱). بر اساس نظریه یادگیری حرکتی، آموختن مهارت حرکتی با تمرینات زیاد فعالیت‌های عملکردی در شرایط محیطی مختلف و با وجود بازخوردهای مناسب انجام می‌شود (۳۱). تمرینات مکرر در سیستم کینکت مبتنی بر واقعیت مجازی به وسیله انجام فعالیت‌های هدفمند به شکل بازی با نگاه کردن به صفحه نمایش و توجه به مراحل پیشرفت بازی ایجاد می‌شود. مکانیسم سیستم تمرینات بدنی مبتنی بر واقعیت مجازی در بازتوانی بیماران مبتلا به اختلالات عصبی_عضلانی ممکن است به دلیل سازمان‌دهی مجدد قشر حسی_حرکتی اولیه مربوط شود. در کل، می‌توان گفت که تمرین مجازی مبتنی بر کینکت حرکت فعال بیماران را تقویت می‌کند؛ و به دنبال این تقویت حرکات می‌تواند بهبودهای معنادار را در فاکتورهای حرکتی از قبیل قدرت، تعادل و راه رفتن مشاهده کرد (۳۰).

از طرف دیگر، یکی از جنبه‌های دیگر تمرین که باعث ایجاد سازگاری‌های مثبت بیشتر می‌شود، زمینه اجرای مداخلات تمرینی است، به طوری که شرایط و محیط‌های ایجادکننده انگیزه و جذاب باعث افزایش مشارکت و تشویق بیمار به ادامه بیشتر تمرینات می‌گردد. تمرینات به شکل بازی در سیستم کینکت مبتنی بر واقعیت مجازی سبب افزایش انگیزش، بهبود عملکرد و رضایت بیمار می‌شود؛ بنابراین شاید یکی از دلایل بهبود قدرت عضلانی، تعادل و راه رفتن بیماران مبتلا به MS متعاقب انجام مداخله تمرینات مجازی در این مطالعه، اشتیاق به مشارکت و تشویق بیمار به انجام هرچه بیشتر تمرینات به دلیل جذاب بودن این برنامه‌های تمرینی باشد. بنابراین یکی از دلایل عمده تأثیر مثبت تمرینات جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی، ماهیت دیداری و شنیداری جدید و هیجان‌انگیز این نوع تمرینات است. محرک‌های شنوایی و بینایی در تمرینات مجازی برای بیمار جذاب است و همچنین هنگامی که بیمار برنده یا بازنده می‌شود آنها می‌توانند اطلاعات بازخوردی مناسبی از را از دستگاه دریافت کنند که باعث می‌شود فرد بیمار برای تکرار حرکت تشویق شود. در این تمرینات بیمار با علم به این موضوع که محیط فعالیت یک محیط مجازی است سعی می‌کند خود را با آن وفق دهد و تعامل سازنده‌ای نیز با آن برقرار کند و محدودیت‌های دنیای واقعی را از پیش‌رو بردارد. ویژگی‌های گرافیکی و تعاملی جالب و جذاب این فناوری به برانگیختگی و هیجان این بیماران منجر می‌شود و توانمندی‌های فرد را در قالبی چالش‌برانگیز با ایجاد انگیزه مناسب برای مدتی به کار می‌گیرد. همچنین از آن جایی که در این تکنولوژی افراد در حین انجام حرکات بدنی احساس افزایش توانایی بدنی می‌کنند، خودپنداره مثبت فرد قدرتمندتر از گذشته شده و در مقابل برخی از مشکلات حرکتی و ناراحتی‌ها و دردها مقاوم‌تر می‌گردد که این مورد از لحاظ روانی نیز فرد را در موقعیت خوب و واکنش‌های فیزیولوژیکی مناسب برای مواجه و مقابله با استرس و یا اضطراب ناشی از فعالیت‌های بدنی قرار می‌دهد (۳۲).

نکته بسیار مهم دیگر در بیماران مبتلا به MS ترس از شکست خوردن در این بیماران می‌باشد زیرا یکی از اصلی‌ترین عوامل عدم شرکت بیماران مبتلا به MS در فعالیت‌های ورزشی، ترس و خجالت از انجام نامناسب فعالیت‌ها است. در سیستم کینکت مبتنی بر واقعیت مجازی بیمار با هر سطح ناتوانی می‌تواند با اعتماد به نفس و کنترل بر شرایط به بازی بپردازد بنابراین شاید یکی دیگر از جنبه‌های تأثیرگذار تمرین مجازی بر بهبود قدرت و تعادل بیماران افزایش اعتماد به نفس و نداشتن ترس از شرکت در برنامه‌های ورزشی باشد (۳۳).

بنابراین واقعیت مجازی از ویژگی‌های مثبت مختلفی برخوردار است که می‌تواند سبب افزایش انگیزش، عملکرد، رضایت، جلب مشارکت و تشویق فرد به ادامه هرچه بیشتر تمرینات گردد که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- تمرینات مکرر و شدید در محیطی ساده، رنگارنگ، جذاب و انگیزاننده در متن بازی، ۲- عدم وجود ترس از شکست و ناامیدی از ناتوانی؛ چرا که بیمار با هر سطح از ناتوانی می‌تواند با اعتماد به نفس و کنترل بر شرایط به بازی بپردازد، ۳- ارائه بازی‌های جدید در هر جلسه درمانی و افزایش پیش‌رونده پیچیدگی بازی مطابق با پیشرفت سطح توانایی بیمار، چرا که مهارت‌های حرکتی جدید می‌توانند سبب یادگیری بهتر و پلاستیسیته عملکردی سیستم عصبی گردند، ۴- فیدبک‌های حسی_حرکتی و بینایی و شنوایی سریع در حین انجام بازی و یا پس از اتمام آن که ناشی از انجام خود فعالیت و نه ناشی از یک عامل بیرونی مثل درمانگر بودند، ۵- ارایه فعالیت‌ها در الگوی فعالیت مدارکه یک فعالیت هدفمند به صورت کامل ارایه و بیمار در جهت حل مشکلات پیش‌رو تا رسیدن به توانایی در انجام صحیح فعالیت تلاش می‌کند و ۶- تشابه واحدهای عصبی درگیر در حین تمرین در محیط مجازی با محیط واقعی (۳۰، ۳۲، ۳۳).

نظریه‌های کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی بر اهمیت انگیزه، تکرار و تمرینات هدفمند، بازی‌ها و سرگرمی بر بهبود بیماران مبتلا به MS تأکید می‌کنند. در جلسات درمانی مشتاق کردن بیمار و تشویق او برای مشارکت در برنامه‌های درمانی بسیار سخت است؛ بنابراین درمانگران به روش‌های مختلف انگیزه‌دهنده جهت مفید بودن تمرینات برای بهبود استفاده از اندام نیاز دارند. از این رو بازی‌های مجازی می‌توانند به گروه بیماران برای شرکت در فعالیت‌های بدنی انگیزه دهند و باعث تعامل

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

بیشتر و حفظ علاقه آنها در طی درمان شوند (۳۴). روش‌های سنتی و متداول توان‌بخشی برای بیماران طی زمان طولانی، خسته‌کننده و کسل‌کننده است ولی بازی‌های مجازی باعث افزایش انگیزه بیماران می‌شود و چنانچه بخشی از فعالیت روزمره زندگی بیمار شود، بیماران این فعالیت‌های را داوطلبانه و با اشتیاق انجام می‌دهد (۳۵). بنابراین می‌توان با فراهم آوردن شرایط واقعیت مجازی نیازهای حرکتی افراد مبتلا به MS را فراهم کرد.

از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر با مطالعه Winkels و همکاران (۲۰۱۳) (۳۴) و Acar و همکاران (۲۰۱۶) (۳۵) که اثربخشی بازی‌های مجازی بر عملکرد و کیفیت مهارت‌های اندام‌های فوقانی را مورد بررسی قرار داده بودند ناهمسو است. دلیل ناهمسویی ممکن است به دلیل نوع بازی‌های انتخابی و مدت زمان کم مداخلات به کار گرفته شده باشد. از نقطه نظر مدت زمان مداخله، مطالعات نشان داده است که مداخله‌های با بیشتر از ۱۵ ساعت تاثیر مثبت بیشتری به همراه دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرچه مدت زمان مداخله بیشتر باشد این تأثیر بیشتر خودش را نشان می‌دهد. در مطالعه Winkels و همکاران (۲۰۱۳) (۳۴) و Acar و همکاران (۲۰۱۶) (۳۵) بازی‌های به کار گرفته شده با تاکید بر گروه‌های عضلانی بالاتنه بود. باید توجه داشت که در بیماران مبتلا به MS ضعف عضلات پایین تنه نسبت به عضلات بالاتنه بسیار مشهودتر است و اساس کاهش قدرت در بیماران مبتلا به MS به دلیل ضعف عضلات پایین تنه است. بنابراین شاید بتوان یکی دیگر از دلایل ناهمسویی را عدم توجه این پژوهشگران در انتخاب بازی‌هایی که گروه‌های عضلانی پایین تنه را درگیر کند نسبت داد. در حال حاضر مشخص نیست که کدام ویژگی‌های واقعیت مجازی اهمیت بیشتری دارند و این روش در چه شرایطی بیشترین تأثیر را در بهبود بیماران دارند. اکثرا در پژوهش‌ها به جزئیات بازی‌ها و تکالیفی که در مداخله تمرین مجازی استفاده کرده بودند اشاره نشده بود. نحوه انجام این تکالیف می‌تواند جزء ویژگی‌های قابل بررسی و مؤثر در نتایج مداخلات باشد.

این پژوهش دو محدودیت عمده داشت: ۱) تعداد کم جامعه مورد بررسی، ۲) مطالعه فقط بر روی جنسیت مونث. بنابراین پژوهش‌های آینده می‌توانند از تعداد نمونه بیشتر و همچنین استفاده از آزمودنی‌های مذکر و یا استفاده از جنسیت به عنوان یک متغیر موثر جهت بررسی تفاوت‌های جنسیتی جهت تعمیم هر چه بهتر یافته‌ها استفاده کنند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر مشخص شد که هشت هفته تمرین جسمانی مبتنی بر واقعیت مجازی بر قدرت عضلانی، تعادل و شاخص‌های کینماتیک راه رفتن زنان مبتلا به MS تاثیر مثبت دارد. از این رو انجام تمرینات بدنی با استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی به عنوان یک روش سودمند در جلوگیری و کاهش عوارض ناشی از ابتلا به بیماری MS توصیه می‌شود. بهره‌گیری از بازی‌های دیجیتالی تجاری به عنوان یک ابزار برای توان‌بخشی، بازتوانی مبتنی بر بازی یا بازی درمانی نامیده می‌شود. این حوزه مطالعاتی بسیار جدید، توجه زیادی را در درمان جسمانی به خود جلب کرده است. با توجه به روند رو به رشد بیماران MS و نبود درمان قطعی برای آنها، توان‌بخشی نقش بسزایی در جهت بهبود سلامتی و افزایش عملکرد آنها در کارهای روزمره دارد. در آینده می‌توان از طراحی تمرین‌های بیشتر در حوزه درمان و توان‌بخشی برای بیماران MS برای ارتقا سطح کیفی زندگی این بیماران استفاده کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

پژوهش حاضر اصول اخلاقی را که شامل، کسب رضایت‌نامه آگاهانه، اصل رازداری شرکت‌کنندگان جهت محرمانه بودن اطلاعات آنها، کدگذاری بودن نام شرکت‌کنندگان بود رعایت نموده است. همچنین در این پژوهش اطلاعات کافی در مورد چگونگی اجرای پژوهش داده به آزمودنی‌ها داده شد؛ و شرکت‌کنندگان جهت خروج از مطالعه آزاد بودند.

مشارکت نویسندگان

سمیه طاهری: ارائه طرح اولیه، جمع‌آوری داده‌ها و نگارش اولیه مقاله، شهاب پروین‌پور: تحلیل داده‌ها و بازبینی دست نوشته، مرضیه بلالی: بازبینی دست نوشته و مشاور پژوهشی.

منابع مالی

این پژوهش از هیچ سازمان و مؤسسه‌ای حمایت مالی دریافت نکرده است.

تشکر و قدردانی

مراتب سپاس خود را از همکاری و همگامی صمیمانه تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش و نیز از تمامی مدیران و پرسنل انجمن MS شهر تهران که در گردآوری یافته‌های پژوهش حاضر با ما نهایت همکاری را داشتند به عمل می‌آوریم. لازم به ذکر است که این مقاله

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با کد ۱۴۳۵۰۴۰۲۹۷۲۰۰۸ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی می‌باشد.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله حاضر هیچ‌گونه تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

References

1. Azami M, YektaKooshali MH, Shohani M, Khorshidi A, Mahmudi L. Epidemiology of multiple sclerosis in Iran: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*. 2019;14(4):e0214738.

2. Inojosa H, Schriefer D, Ziemssen T. Clinical outcome measures in multiple sclerosis: A review. *Autoimmunity Reviews*. 2020;19(5):102512.

3. Horton S, MacDonald DJ, Erickson K. MS, exercise, and the potential for older adults. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2010;7(1):49-57.

4. Nilsagard Y. Walking ability, balance and accidental falls in persons with Multiple Sclerosis [PhD Dissertation]. Orebro, Sweden:Orebro University;2008.

5. Freeman J, Fox E, Gear M, Hough A. Pilates based core stability training in ambulant individuals with multiple sclerosis: Protocol for a multi-centre randomised controlled trial. *BMC Neurology*. 2012;12:19.

6. Sadeh MR, Sharifatpour R. The effect of eight weeks of aerobic exercise on balance function and physiological cost index in Multiple Sclerosis patients. *Journal of Community Health Research*. 2020;9(4):273-281. (Persian)

7. Proschinger S, Kuhwand P, Rademacher A, Walzik D, Warnke C, Zimmer P, et al. Fitness, physical activity, and exercise in multiple sclerosis: A systematic review on current evidence for interactions with disease activity and progression. *Journal of Neurology*. 2022;269:2922-2940.

8. Jeong IC, Liu J, Finkelstein J. Factors affecting adherence with telerehabilitation in patients with multiple sclerosis. In: Lau F, Bliss G, Bartle-Clar JA, editors. Improving usability, safety and patient outcomes with health information technology. Amsterdam, Netherlands:IOS Press;2019. pp. 189-193.

9. Baroni A, Fregna G, Milani G, Severini G, Zani G, Basaglia N, et al. Video game therapy on mobility and dual tasking in multiple sclerosis: Study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2021;11(10):e052005.

10. Maples-Keller JL, Bunnell BE, Kim SJ, Rothbaum BO. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders. *Harvard Review of Psychiatry*. 2017;25(3):103-113.

11. Merlo EM, Myles LA, Pappalardo SM. The VESPA project: Virtual reality interventions for neurocognitive and developmental disorders. *Journal of Mind and Medical Sciences*. 2022;9(1):16-27.

12. Meca-Lallana V, Prefasi D, Alabarcez W, Hernandez T, Garcia-Vaz F, Portana A, et al. A pilot study to explore patient satisfaction with a virtual rehabilitation program in Multiple Sclerosis: The RehabVR study protocol. *Frontiers in Neurology*. 2020:900.

13. Streicher MC, Alberts JL, Sutliff MH, Bethoux F. Effects and feasibility of virtual reality system vs traditional physical therapy training in multiple sclerosis patients. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*. 2018;25(10):522-528.

14. Casuso-Holgado MJ, Martin-Valero R, Carazo AF, Medrano-Sanchez EM, Cortes-Vega MD, Montero-Bancalero FJ. Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2018;32(9):1220-1234.

15. Forsberg A, Nilsagard Y, Bostrom K. Perceptions of using videogames in rehabilitation: A dual perspective of people with multiple sclerosis and physiotherapists. *Disability and Rehabilitation*. 2015;37(4):338-344.

16. Maggio MG, Russo M, Cuzzola MF, Destro M, La Rosa G, Molonia F, et al. Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *Journal of*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Clinical Neuroscience. 2019;65:106-111.

17. Amini MM, Arabameri E, Alizadeh MH, Tabatabaee Ghamsheh F. Motor coordination of instep soccer kick in elite soccer players after ACL re-construction surgery. *Motor Behavior*. 2020;12(40):145-164. (Persian)

18. Dvir Z. Isokinetics muscle testing, interpretation and clinical application. New York:Churchill Livingstone;1995. pp.45-55.

19. Azizi S, Kargarfard M, Azizi R. Effects of 8 weeks of water-based exercise on the lower limb muscles strength in Parkinson's. *Koomesh*. 2014;16(1):60-66. (Persian)

20. Salavati M, Shojaee M, Aslankhani M, Azimzadeh E. Impact of balance and nondisturbed balance exercises on the static and dynamic balance of elderly women. *Motor Behavior*. 2013;2(13):95-108. (Persian)

21. Aref N, Tahmasebi Boroujeni S, Arab Ameri E. The effect of swim training intervention on balance and systems involved in balance in adolescents with hearing impairment and vestibular disorder. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2018;6(11):53-64. (Persian)

22. Ye S, Lee JE, Stodden DF, Gao Z. Impact of exergaming on children's motor skill competence and health-related fitness: A quasi-experimental study. *Journal of Clinical Medicine*. 2018;7(9):261.

23. Gao Z, Zeng N, Pope ZC, Wang R, Yu F. Effects of exergaming on motor skill competence, perceived competence, and physical activity in preschool children. *Journal of Sport and Health Science*. 2019;8(2):106-113.

24. Ezabadi A, Alijani E, Moeini Shabestari M. The effect of 8 weeks aquatic aerobic training on speed of walking and expanded disability statues scale (EDSS) in women with multiple sclerosis. *Journal of Sport Biosciences*. 2015;7(3):489-502.

25. Ozdogar AT, Ertekin O, Kahraman T, Yigit P, Ozakbas S. Effect of video-based exergaming on arm and cognitive function in persons with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2020;40:101966.

26. Dalmazane M, Gallou-Guyot M, Compagnat M, Magy L, Montcuquet A, Billot M, et al. Effects on gait and balance of home-based active video game interventions in persons with multiple sclerosis: A systematic review. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2021;51:102928.

27. Mura G, Carta MG, Sancassiani F, Machado S, Prosperini L. Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2017;54(3):450-462.

28. Prosperini L, Sbardella E, Raz E, Cercignani M, Tona F, Bozzali M, et al. Multiple sclerosis: White and gray matter damage associated with balance deficit detected at static posturography. *Radiology*. 2013;268(1):181-189.

29. Smits-Engelsman BC, Jelsma LD, Ferguson GD. The effect of exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. *Human Movement Science*. 2017;55:327-337.

30. You SH, Jang SH, Kim YH, Kwon YH, Barrow I, Hallett M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 2005;47(9):628-635.

31. Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: A review. *NeuroRehabilitation*. 2009;25(1):29-44.

32. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation. *Cyberpsychology & Behavior*. 2005;8(3):187-211.

33. Reid DT. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: A pilot study. *Pediatric Rehabilitation*. 2002;5(3):141-148.

34. Winkels DG, Kottink AI, Temmink RA, Nijlant JM, Buurke JH. Wii™-habilitation of upper extremity function in children with cerebral palsy. An explorative study. *Developmental Neurorehabilitation*. 2013;16(1):44-51.

35. Acar G, Altun GP, Yurdalan S, Polat MG. Efficacy of neurodevelopmental treatment combined with the Nintendo® Wii in patients with cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(3):774-778.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.