Journal of Gorgan University of Medical Sciences

e-ISSN: 2008-4080 p-ISSN: 1562-4765

2025 / Vol 27 / No 2

Game-Based Telerehabilitation on Motor Function in Stroke Patients

Kimia Moradiani (M.Sc)[1], Vahideh Moradi (Ph.D)[2,3], Gholamreza Hassanzadeh (Ph.D)[4,5,6], Hamid Reza Asgari (Ph.D)[7], Ardalan Shariat (Ph.D)*[8]

1 M.Sc in Orthotics and Prosthetics. 2 Assistant Professor of Orthotics and Prosthetics, Iran-Helal Institute of Applied Science and Technology, Tehran, Iran. 3 Research Center for Health Management in Mass Gathering, Tehran, Iran. 4 Professor of Anatomical Sciences, Department of Anatomy, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 5 Department of Neuroscience and Addiction Studies, School of Advanced Technologies in Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 6 Department of Digital Health, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 7 Associate Professor of Anatomical Sciences, Department of Anatomy, School of Medicine Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 8 Assistant Professor of Telehealth, Department of Digital Health, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Review Article

Abstract

Stroke survivors often experience various motor complications, and sustained treatment is crucial for their recovery. Game-based telerehabilitation interventions appear to facilitate motor improvement in these patients by ensuring sustained treatment. Therefore, the present study aimed to evaluate game-based telerehabilitation on motor function in stroke patients. This narrative review involved a comprehensive search of the PubMed database up to August 2024, using the keywords "Game," "Games," "Serious games," "Telerehabilitation," and "Stroke," both individually and in combination. Out of 118 articles initially identified, duplicates and articles published before 2018 were excluded. Ultimately, 9 articles meeting the inclusion and exclusion criteria were selected for review. The full text of these English articles was then analyzed and compared in terms of study design and intervention outcomes on improving motor function. Of the 9 studies reviewed, 6 focused on improving upper extremity motor function, 2 on improving lower extremity motor function, and 1 on improving motor function in both upper and lower extremities. All 9 studies reported positive results regarding improving upper and lower extremity motor function through game-based telerehabilitation. However, most studies had small and varied sample sizes, and there was no consensus on the optimal frequency or duration of game use. Furthermore, the technology employed in these games was found to be expensive for less developed countries. Given the positive outcomes of this approach for stroke patients, developing affordable, localized games and integrating them into national rehabilitation programs could significantly benefit both patients and healthcare systems.

Keywords: Telemedicine, Telerehabilitation, Stroke, Gamification

***Corresponding Author:** Ardalan Shariat (Ph.D), **E-mail:** ardalansh2002@gmail.com

Received 9 Sep 2024 **Received in revised form** 18 Nov 2024 **Accepted** 18 Nov 2024 **Available Online** 3 Jul 2025

Cite this article as: Moradiani K, Moradi V, Hassanzadeh Gh, Asgari HR, Shariat A. [Game-Based Telerehabilitation on Motor Function in Stroke Patients]. J Gorgan Univ Med Sci. 2025; 27(2): 1-9. [Article in Persian]

© The author(s)

Owned: Golestan University of Medical Sciences **Publisher:** Deputy of Research and Technology

Journal of Gorgan University of Medical Sciences

Extended Abstract

2025 / Vol 27 / No 2

Introduction

Stroke is the second leading cause of death and the third leading cause of both disability and death combined globally. In recent decades, the incidence, prevalence, mortality, and disability associated with stroke have continuously increased, particularly in low-income countries. In Iran, this condition is on the rise, affecting 372 individuals per 100,000 population. Premature deaths and disabilities resulting from stroke have led to reduced productivity and increased social costs within the country. Almost all stroke survivors experience complications such as sensory impairments and limb paralysis, followed by reduced muscle strength and limb inability to move freely. Ultimately, these complications lead to a decreased ability to self-care and a reduced quality of life for these patients. A variety of pharmacological and non-pharmacological treatments, employing multidisciplinary approaches, are utilized for managing chronic post-stroke disorders. These treatments include rehabilitation-based interventions, such as exercise therapy, orthotic therapy, shockwave therapy, and brain stimulation. However, consistently providing these treatments with sufficient intensity and appropriate continuity has always been a challenge for healthcare systems due to their limited capacities. The coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic, given the high risk of infection for neurological patients, culminated in a significant transformation in neurological care.

Telerehabilitation is a dynamic and growing subfield of telemedicine that enables the remote delivery of comprehensive rehabilitation services and can be particularly valuable in low-income countries. Telerehabilitation offers a suitable alternative to traditional post-stroke rehabilitation treatments, especially in remote areas. It also leads to time and cost savings for the patient, their family, and the healthcare system. Continuity in practice is of significant importance in neurorehabilitation. The ability to perform treatment in the patient's home enhances the quality and continuity of care, thereby positively impacting the patient's quality of life and functional outcomes. Novel approaches in telerehabilitation, based on new and evolving technologies, can transform repetitive treatments into a more engaging experience for the patient. Game-based rehabilitation approaches in the homes of stroke patients can potentially increase patient motivation for regular participation in treatment sessions and culminate in improved motor function in these patients. Given the increase in clinical studies employing a telerehabilitation approach following the COVID-19 pandemic, the present study was conducted to evaluate game-based telerehabilitation on motor function in stroke patients.

Methods

In this narrative review, English keywords "Game," "Games," "Serious games," "Telerehabilitation," and "Stroke" were searched in the PubMed database using the AND operator between them, up to August 2024. A total of 118 articles were initially found. After removing duplicates and articles published before 2018, the number was reduced to 76 and then 59, respectively. Subsequently, the titles and abstracts of the remaining 59 articles were screened based on the study's inclusion and exclusion criteria, leading to the selection of 26 articles for full-text review according to these criteria. To minimize the potential for selection bias, the article review was conducted independently by two researchers who were blinded to each other's selections. Ultimately, 9 articles were included in the study after the aforementioned reviews. The articles were then evaluated concerning participant demographics and number, intervention design and type, intervention duration, parameter type, the outcomes of the intervention on limb movement improvement, and study limitations.

Discussion

The reviewed articles comprised 9 studies published from 2019 to 2022. In addition to examining the effects of interventions on improving motor function in stroke patients, these articles also investigated other parameters, such as motivation and treatment adherence, cognitive and emotional function, technology acceptance rate, intervention feasibility, and quality of life. However, given the objective of this study, which focuses on the effect of game-based telerehabilitation on motor function improvement in stroke patients, the results pertaining to these other parameters were not analyzed. Eight of the reviewed studies were conducted remotely in patients' homes. A study was conducted in a simulated telerehabilitation environment within a treatment center. It was included in this study due to its proper execution and investigation of balance, a factor not addressed in other studies. The intervention design in the conducted studies was based on the use of technologies, such as virtual reality, cameras, controllers, and internet-based communication tools. The studies exhibited considerable differences in their design, including the presence or absence of a control group, the type of comparative groups, the duration of each intervention session, the overall intervention duration, the design of the games, the type of therapist supervision, and the number of participants. Of the 9 studies reviewed, 6 focused on improving upper limb motor function, 2 on improving lower limb motor function, and 1 on improving motor function in both upper and lower limbs. In 2019, Fluet et al. investigated the effect of interactive telerehabilitation games on upper limb motor function in 11 individuals with unilateral stroke complications using the Fugl–Meyer Assessment of the Upper Extremity (FMA-UE) and the Box and Block Test (BBT), reporting a positive effect. In 2020, Burdea et al. investigated 8 patients, utilizing the FMA-UE, the Active Range of Motion (AROM) test measured with a goniometer, the Chedoke Arm and Hand Activity Inventory (CAHAI), the Jebsen-Taylor Hand Function Test (JHFT), the Grip and Pinch Strength Test measured with a dynamometer and pinchmeter, the Shoulder Strength Test measured with

Journal of Gorgan University of Medical Sciences

Extended Abstract

2025 / Vol 27 / No 2

graded weights, and the Upper Extremity Functional Index (UEFI). Cramer et al. also examined 13 patients using the FMA-UE and the BBT. In addition, Qiu et al. assessed 15 patients using the FMA-UE and reported positive effects of game-based telerehabilitation on improving upper extremity motor function. Cramer et al. also evaluated the effect of this intervention on the lower extremity using the Lower Extremity Fugl-Meyer (LE-FM) scale and by assessing gait speed, deeming its effect positive. In 2021, Chen et al. reported that a game-based telerehabilitation system improved the balance of 30 patients, using the Berg Balance Scale (BBS), the Timed Up and Go (TUG) test, the Modified Falls Efficacy Scale (MFES), the Motor Index (MI) scale, and the Functional Ambulation Categories (FAC). They found its efficacy to be equivalent to or better than traditional rehabilitation systems. In 2022, Allegue et al. investigated 11 patients, comparing the effects of game-based telerehabilitation with traditional home-based exercise rehabilitation. They demonstrated an improvement in upper extremity motor function in both groups using the FMA-UE, the Motor Activity Log (MAL) scale, and the Stroke Impact Scale (SIS). Moreover, in the same year, in another study investigating 51 patients using the FMA-UE, the MAL, and the SIS, Hernandez et al. reported an improvement in several parameters affecting upper extremity function in both the game-based telerehabilitation group and the home exercise program-based rehabilitation group. They further stated that there was no significant difference in this improvement between the two groups. Again, in the same year, Lim et al. explored the effect of game-based telerehabilitation on improving lower extremity motor function and gait in three patients using the Functional Gait Assessment (FGA) tools and gait speed analysis, reporting gait improvement. In another study, Gauthier et al. examined and compared 167 patients across four different intervention groups using the MAL tool and reported a greater clinical improvement in the upper extremity in the game-based telerehabilitation group with and without therapist supervision, compared to traditional rehabilitation.

According to the conducted studies, game-based telerehabilitation can have a positive effect on motor function in stroke patients. However, these studies exhibited limited generalizability, necessitating future research with larger and more diverse sample sizes in terms of age, gender, race, level of post-stroke disability, literacy level, and geographical location.

Ethical Statement

This study received approval from the Research Ethics Committee at the Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences (IR.TUMS.MEDICINE.REC.1403.277).

Funding

This study received no institutional funding.

Authors' Contributions

Kimia Moradiani: Project execution, data collection, data analysis, drafting of the initial manuscript, and approval of the final manuscript.

Vahideh Moradi: Project administration and design, project execution, data collection, drafting of the initial manuscript, and approval of the final manuscript.

Gholamreza Hassanzadeh: Project administration and design, interpretation of results, drafting of the initial manuscript, and approval of the final manuscript.

Hamid Reza Asgari: Project execution and data collection.

Ardalan Shariat: Project administration and design, project execution, data analysis, interpretation of results, drafting of the initial manuscript, and approval of the final manuscript.

Conflicts of Interest

No conflicts of interest.

Acknowledgments

We would like to thank all colleagues and individuals who supported us in conducting this study.

Given the reported positive outcomes of game-based telerehabilitation approaches on motor function of stroke patients, there is a clear need in our country for the design of games that are culturally and linguistically appropriate. These games should require minimal advanced equipment and be easy to use, enabling post-stroke rehabilitation to reach the remotest parts of the country at a reasonable cost, thereby increasing patient access to treatment.

مجله دانشگاه علوم پزشکی گرگان

تابستان ۱۴۰۴ / دوره ۲۷ / شماره ۲ (پی در پی ۹۴)

دارای رتبه علمی -پژوهشی از کمیسیون نشریات علوم پزشکی کشور

e-ISSN: ۲۰۰۸-۴۰۸۰ p-ISSN: ۱۵۶۲-۴۷۶۵

با دسترسی آزاد

مروری

توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی روی عملکرد حرکتی بیماران مبتلا به سکته مغزی

کیمیا مرادیانی[۱]، دکتر وحیده مرادی[۲و۳]، دکتر غلامرضا حسن زاده[۴و۵و۶]

دکتر حمیدرضا عسگری[۷]، دکتر اردلان شریعت*[۸]

۱ کارشناسی ارشد ارتوز و پروتز. ۲ استادیار ارتوز و پروتز، مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی هلال ایران، مؤسسه هلال ایران، تهران، ایران. ۳ مرکز تحقیقات مدیریت سلامت در تجمعات انبوه، تهران، ایران. ۴ استاد علوم تشریحی، گروه آناتومی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. ۵ گروه علوم اعصاب و مطالعات اعتیاد، دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. ۶ گروه سلامت الکترونیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. ۷ دانشیار علوم تشریحی، گروه آناتومی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. ۸ استادیار سلامت از دور، گروه سلامت الکترونیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

چکیده

بیماران نجات یافته از سکته مغزی از عوارض متعدد حرکتی رنج می‌برند که لازمه بهبود این عوارض استمرار در درمان است. مداخله توانبخشی از راه دور با رویکرد بازی به نظر می‌رسد بتواند با فراهم کردن استمرار در درمان، موجب بهبود حرکتی در این بیماران شود. از این رو مطالعه حاضر به منظور ارزیابی توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی روی عملکرد حرکتی بیماران مبتلا به سکته مغزی انجام شد. مطالعه مروری نقلی، با جستجو کلیدواژه‌های «Game»، «Games»، «Serious games»، «Telerehabilitations» و «Stroke» به‌صورت تکی و ترکیبی در پایگاه داده PubMed تا اوت ۲۰۲۴ انجام شد و از ۱۱۸ مقاله یافت شده پس از حذف موارد تکراری و مقالات منتشر شده قبل از سال ۲۰۱۸ میلادی، ۹ مقاله که با معیارهای ورود و خروج مطالعه همراستا بودند؛ وارد مطالعه شدند. سپس متن مقالات انگلیسی از منظر طراحی مطالعه و نتایج حاصل از مداخله بر بهبود حرکت بررسی و مقایسه شد. از ۹ مطالعه مورد بررسی ۶ مطالعه به بهبود حرکت در اندام فوقانی، ۲ مطالعه به بهبود حرکت در اندام تحتانی و یک مطالعه به بهبود حرکت در هر دو اندام پرداخته بودند. همه ۹ مطالعه مورد بررسی نتایج مثبتی بر بهبود حرکت اندام فوقانی و تحتانی با استفاده توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی گزارش کردند. حجم و تنوع نمونه مورد بررسی اکثر مطالعات کم بوده و در مورد میزان استفاده از بازی‌ها توافقی وجود نداشت. همچنین فناوری به‌کار رفته در بازی‌ها برای کشورهای کمتر توسعه یافته گران بود. با توجه به نتایج مثبت این رویکرد بر بیماران سکته مغزی، طراحی بازی مقرون به صرفه بومی و گنجاندن آن در برنامه توانبخشی کشور می‌تواند برای بیماران و سیستم درمانی سودمند باشد.

واژه‌های کلیدی: *سلامت از راه دور ، توانبخشی از راه دور ، سکته ، بازی*

* **نویسنده مسؤول:** دکتر اردلان شریعت ، **پست الکترونیکی:** ardalansh2002@gmail.com

نشانی: تهران، بلوار کشاورز، خیابان نادری، بن بست دولتشاهی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، معاونت آموزشی، طبقه دوم، تلفن ۸۸۹۶۵۹۰۹-۰۲۱

وصول ۱۴۰۳/۶/۱۹ اصلاح نهایی ۱۴۰۳/۸/۲۸ پذیرش ۱۴۰۳/۸/۲۸ انتشار ۱۴۰۴/۴/۱۲

مقدمه

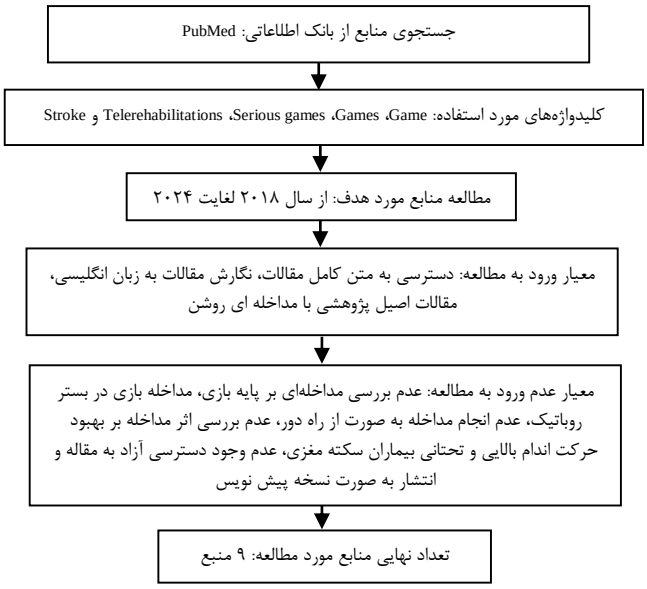
سکته مغزی دومین عامل مرگ و میر و سومین عامل ناتوانی و مرگ در ترکیب با هم در جهان بوده و همواره در دهه‌های گذشته بر تعداد موارد ابتلا، شیوع، مرگ و ناتوانی ناشی از آن به‌ویژه در کشورهای کم‌درآمد افزوده شده است. برآورد هزینه جهانی این عارضه معادل با ۰/۶۶ درصد تولید ناخالص جهانی است.[۱] سالیانه یک تا سه مورد سکته مغزی به ازای هر هزار نفر درکشورهای توسعه‌یافته رخ می‌دهد.[۲] در ایران نیز این عارضه در حال رشد، به ازای هر صدهزار نفر جمعیت ۳۷۲ فرد را درگیر کرده است.[۳] هر فرد مبتلا به سکته مغزی به‌طور سالیانه با ۱۲۳۵۰ دلار هزینه مواجه است و مرگ‌های زودرس و ناتوانی‌های ناشی از سکته مغزی موجب کاهش بهروری و افزایش هزینه‌های اجتماعی در کشور شده است.[۴] تقریباً همه بیمارانی که از سکته مغزی جان به در می‌برند؛ عوارضی مثل اختلالات حسی و فلج اندام و به دنبال آن کاهش قدرت عضلانی و ناتوانی اندام در انجام حرکت آزاد را تجربه می‌کنند که در نهایت این عوارض موجب کاهش توانایی مراقب از خود و کاهش کیفیت زندگی در این بیماران می‌شوند.[۵و۶] درمان‌های متنوع دارویی و غیردارویی با رویکردهای چند رشته‌ای برای مدیریت اختلالات مزمن پس از سکته مغزی به‌کار برده می‌شود که از جمله آنها می‌توان به رویکردهای مبتنی بر توانبخشی مثل تمرین درمانی، ارتوزدرمانی، شاک‌ویوتراپی و تحریک مغزی را نام برد؛[۷] اما همواره فراهم کردن این درمان‌ها به حد کافی و با استمرار مناسب برای سیستم‌های

درمانی با توجه به ظرفیت‌های محدود آنها یک چالش بوده است.[۸] همه‌گیری COVID-19 با توجه به خطر بالای ابتلا بیماران نورولوژیک، موجب تحولی شگرف در مراقب‌های نورولوژیک شد.[۹]

توانبخشی از راه دور یکی از زیرشاخه‌های پویا و در حال رشد پزشکی از راه دور است که امکان ارائه خدمات جامع توانبخشی را از راه دور فراهم می‌کند[۱۰] و به‌ویژه در کشورهای کم‌درآمد می‌تواند بسیار ارزشمند باشد.[۱۱] توانبخشی از راه دور می‌تواند جایگزینی مناسب برای درمان‌های توانبخشی سنتی پس از سکته مغزی به‌ویژه در مناطق دور افتاده باشد.[۱۲] همچنین موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه بیمار، خانواده بیمار و سیستم درمانی شود. استمرار در تمرین در توانبخشی عصبی اهمیت زیادی دارد.[۱۳] امکان انجام درمان در منزل بیمار موجب افزایش کیفیت و استمرار درمان شده و در نتیجه بر کیفیت زندگی و عملکرد بیمار اثری مثبت دارد.[۱۴] رویکردهای نوین در توانبخشی از راه دور که بر پایه تکنولوژی‌های جدید و در حال پیشرفت است؛ می‌تواند درمان‌های تکراری را به عملی مفرح برای بیمار تبدیل کند. برای مثال درمان‌های مبتنی بر واقعیت مجازی در کنار دیگر نتایج مثبتشان بر روند درمان بیماران، موجب مشارکت بیشتر بیماران شده‌اند.[۱۵و۱۶] همچنین امروزه افراد بخش زیادی از اوقات فراغت خود را به بازی‌های ویدیویی اختصاص می‌دهند.[۱۷] در نتیجه رویکردهای توانبخشی مبتنی بر بازی در منزل بیماران سکته مغزی به‌طور بالقوه می‌تواند بر انگیزه بیمار برای شرکت منظم در جلسات درمان بیافزاید و موجب بهبود عملکرد حرکتی در این بیماران شوند. با توجه به افزایش مطالعات بالینی با رویکرد توانبخشی از راه دور پس از همه‌گیری COVID-19، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی روی عملکرد حرکتی بیماران مبتلا به سکته مغزی انجام شد.

روش بررسی

در این مطالعه مروری نقلی برای یافتن مقالات در پایگاه داده PubMed کلیدواژه‌های انگلیسی «Game»، «Games»، «Serious games»، «Telerehabilitations» و «Stroke» همراه با کلمه AND در میان آنها تا اوت ۲۰۲۴ جستجو شدند. در مجموع ۱۱۸ مقاله یافت شد که با حذف مقالات تکراری و مقالات منتشر شده قبل از سال ۲۰۱۸ میلادی این تعداد به ترتیب به ۷۶ و ۵۹ مورد رسید. سپس به ترتیب عنوان و چکیده ۵۹ مقاله باقیمانده با توجه به معیارهای ورود و خروج مطالعه غربالگری شده و ۲۶ مقاله برای بررسی متن با توجه به این معیارها انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل دسترسی به متن کامل مقالات، نگارش مقالات به زبان انگلیسی، مقالات اصیل پژوهشی با مداخله‌ای روشن و معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم بررسی مداخله‌ای بر پایه بازی، مداخله بازی در بستر روباتیک، عدم انجام مداخله به صورت از راه دور، عدم بررسی اثر مداخله بر بهبود حرکت اندام بالایی و تحتانی بیماران سکته مغزی، عدم وجود دسترسی آزاد به مقاله و انتشار به صورت نسخه پیش‌نویس بودند. برای کاهش احتمال سوگیری در انتخاب مقالات، بررسی مقالات توسط دو محقق مستقل که نسبت به انتخاب یکدیگر آگاه نبودند؛ انجام شد. تعداد ۹ مقاله پس از بررسی‌های ذکر شده وارد مطالعه شدند (شکل یک). سپس متن مقالات از نظر جمعیت‌شناسی و تعداد شرکت‌کنندگان، طراحی و نوع مداخله، مدت زمان مداخله، نوع آزمودنی و نتایج حاصل از مداخله بر بهبود حرکت اندام و محدودیت‌های مطالعه ارزیابی شدند.



شکل ۱ : نحوه انتخاب منابع

بحث

مقالات بررسی شده شامل ۹ مقاله بودند که از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲ میلادی منتشر شده بودند. به‌نظر می‌رسد در سال‌های اخیر و پس از پاندمی COVID-19 بررسی‌های بیشتری در این زمینه انجام شده است. مقالات علاوه بر بررسی اثر مداخلات بر بهبود حرکت در بیماران سکته مغزی آزمودنی‌های دیگری مثل انگیزه و پایبندی به درمان،[۱۸-۲۰] عملکرد شناختی و عاطفی،[۱۹و۲۱] میزان پذیرش فناوری و امکان‌سنجی مداخلات[۲۱و۲۲] و کیفیت زندگی[۲۰] را نیز بررسی کرده بودند که با توجه به هدف این مطالعه در بررسی اثر توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی بر بهبود حرکت بیماران سکته مغزی نتایج این آزمودنی‌ها مورد بررسی قرار نگرفتند. تعداد ۸ مطالعه مورد بررسی به صورت از راه دور و در منزل بیماران انجام شده بودند.[۱۸-۲۵] یک مطالعه در محیط شبیه‌سازی شده توانبخشی از راه دور در مرکز درمانی انجام شد؛ اما به علت اجرا درست و بررسی آزمودنی تعادل که در مطالعات دیگر به آن پرداخته نشده بود؛ وارد مطالعه شد.[۲۶]

طراحی مداخله در مطالعات انجام شده بر پایه استفاده از فناوری مانند واقعیت مجازی، دوربین، کنترلر و ابزارهای ارتباطی بر پایه اینترنت انجام شده بود. مطالعات در طراحی مطالعه مانند داشتن و نداشتن گروه کنترل، نوع گروه‌های مقایسه شده، مدت زمان هر جلسه مداخله، مدت زمان کلی مداخله، نوع طراحی بازی، نوع نظارت درمانگر و تعداد شرکت‌کنندگان با هم تفاوت‌های زیادی داشتند. جدول یک خلاصه‌ای از مطالعات مورد بررسی را نشان می‌دهد. از ۹ مطالعه مورد بررسی ۶ مطالعه به بهبود حرکت در اندام فوقانی، ۲ مطالعه به بهبود حرکت در اندام تحتانی و یک مطالعه به بهبود حرکت در هر دو اندام پرداخته بودند.[۱۸و۲۰و۲۱و۲۵-۲۳] در سال ۲۰۱۹ Fluet و همکاران اثر بازی تعاملی از راه دور بر عملکرد اندام فوقانی ۱۱ فرد مبتلا به عوارض سکته مغزی یک طرفه با استفاده از ابزارهای مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer) و تست جعبه و بلوک (BBT) را سنجیدند و اثر آن را مثبت گزارش کردند.[۱۸] در سال ۲۰۲۰ مطالعه Burdea و همکاران[۲۱] در بررسی ۸ بیمار با استفاده از ابزارهای مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer)، تست دامنه حرکت فعال با استفاده ازگونیامتر، مقیاس فعالیت دست و بازو (CAHAI)، مقیاس عملکرد دست جبسن (JHFT)، تست قدرت گریب و پینچ با استفاده از دینامومتر و پینچمتر، تست قدرت شانه با وزنه مدرج و پرسشنامه شاخص عملکردی اندام فوقانی (UEFI)، مطالعه Cramer و همکاران[۱۹] در بررسی ۱۳ بیمار با استفاده از ابزارهای مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer) و تست جعبه و بلوک (BBT) و مطالعه Qiu و همکاران[۲۳] در بررسی ۱۵ بیمار با استفاده از ابزار مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer)، اثر توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی از را بر بهبود حرکت اندام فوقانی مثبت گزارش کردند. همچنین Cramer و همکاران اثر این مداخله بر اندام تحتانی را با استفاده از ابزارهای مقیاس حرکت اندام پایینی (LE-FM) و بررسی سرعت راه رفتن سنجیدند و اثر آن را مثبت ارزیابی کردند.[۱۹] در سال ۲۰۲۱ Chen و همکاران اثر سیستم توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی را بر بهبود تعادل ۳۰ بیمار با استفاده از ابزارهای مقیاس تعادل برگ (BBS)، تست اتمام زمان و رفتن (TUG)، مقیاس اثر بخشی سقوط تعدیل شده (MFES)، مقیاس شاخص حرکتی (MI) و دسته‌بندی عملکرد حرکتی (FAC) برابر یا بهتر از سیستم توانبخشی سنتی گزارش کردند.[۲۶] در سال ۲۰۲۲ Allegue و همکاران با بررسی ۱۱ بیمار اثر توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی را با توانبخشی تمرینی سنتی در خانه مقایسه کردند و بهبود عملکرد حرکتی اندام فوقانی را در هر دو گروه با استفاده از ابزارهای مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer)، مقیاس فعالیت موتور (MAL) و مقیاس اثر سکته مغزی (SIS) نشان دادند.[۲۰] همچنین در این سال Hernandez و همکاران در مطالعه‌ای دیگر و با بررسی ۵۱ بیمار با استفاده از ابزارهای مقیاس عملکرد اندام فوقانی (Fugl–Meyer)، مقیاس فعالیت موتور (MAL) و مقیاس اثر سکته مغزی (SIS)، بهبود برخی از پارامترهای موثر بر عملکرد اندام فوقانی را در هر دو گروه توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی و توانبخشی مبتنی بر برنامه تمرینی در منزل گزارش کردند و بیان کردند که در این بهبود بین دو گروه تفاوتی وجود نداشته است.[۲۴] همچنین در این سال، Lim و همکاران اثر توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی را در بهبود حرکت اندام تحتانی و راه رفتن سه بیمار را با استفاده از ابزارهای ارزیابی عملکردی راه رفتن (FGA) و بررسی سرعت راه‌رفتن سنجیدند و بهبود راه‌رفتن را گزارش کردند.[۲۲] در مطالعه‌ای دیگر Gauthier و همکاران، با بررسی ۱۶۷ بیمار و با مقایسه چهار گروه مداخله مختلف با استفاده از ابزار مقیاس فعالیت موتور (MAL)، بهبود بالینی بیشتری در اندام فوقانی در دو گروه توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی با و بدون نظارت درمانگر در مقایسه با توانبخشی سنتی گزارش کردند.[۲۵]

مطالعات انجام شده نشان دادند که توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی می‌تواند اثری مثبت بر حرکت بیماران سکته مغزی داشته باشد. اگرچه مطالعات تعمیم پذیری کمی داشتند و نیاز است مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر و متنوع‌تری از نظر سن، جنسیت، نژاد، سطح ناتوانی پس از سکته مغزی، سطح سواد و محل زندگی انجام شود. همچنین مطالعات بیشتری در آینده بایستی به بررسی اثر این رویکرد بر اندام تحتانی بپردازند. زیرا با توجه به مشکلات در حمل و نقل بیماران سکته مغزی با مشکلات حرکتی اندام تحتانی، به نظر می‌رسد این رویکرد توانبخشی از راه دور با کم کردن رنج بیمار و خانواده بیمار موجب تسهیل دسترسی به درمان شده و تاثیر بهتری در ادامه درمان بیماران داشته باشد. به‌نظر می‌رسد در این رویکرد نوع طراحی بازی شامل درجه بندی مراحل و نوع تمرینات، در کنار نوع نظارت و بازخورد درمانگر می‌تواند بر انگیزه بیمار و به دنبال آن نتایج درمان اثرگذار باشد.[۲۵] در نتیجه برای کسب نتایج بهتر در درمان، شخصی‌سازی بازی‌ها بایستی با توجه به محدودیت‌های بیمار انجام شده و نظارت و بازخورد مستمر درمانگر بایستی بخشی از برنامه درمانی در نظر گرفته شود. در مطالعات اتفاق نظری بر میزان استفاده از بازی وجود نداشت و برای استفاده درمانگران به‌طور گسترده از این رویکرد، نیاز است مطالعات آینده یک میزان قابل اطمینان بازی را برای گنجاندن در برنامه توانبخشی تعریف کنند. همچنین مطالعات آینده بهتر است هزینه تجهیزات مورد استفاده خود را با توجه به اهمیت این امر در تصمیم‌گیری سیستم درمانی، بیمار و خانواده بیمار گزارش کنند.[۲۷] اگرچه تلاش‌هایی برای مقرون به صرفه کردن مداخلات در مطالعات انجام شده بود؛[۲۳] اما همچنان این مداخلات برای کشورهای کمتر توسعه یافته‌ای مثل ایران گران

جدول ۱ : خلاصه مقالات بررسی شده

نویسندگان	شرکت‌کنندگان	مداخله و طراحی	مدت مداخله	آزمودنی	نتایج
Fluet و همکاران[۱۸]	۱۱ فرد مبتلا به عوارض سکته مغزی یک طرفه با سن ۴۰ تا ۸۰ سال	سیستم توانبخشی مجازی خانگی شامل: کنترلر، ارتوز حمایت کننده بازو غیرفعال و مجموعه‌ای از بازی‌های تعاملی به منظور ایجاد حرکات خاص در اندام فوقانی با و بدون روش‌های افزایش‌دهنده انگیزه در طراحی	حداقل ۲۰ دقیقه به‌طور روزانه یا بیشتر در مدت سه ماه	انگیزه، پایبندی، بهبود عملکرد حرکتی اندام فوقانی	سطح انگیزه در گروه دریافت کننده تکنیک‌های افزایش انگیزه بالاتر بود. هر دو گروه در مقایسه با مطالعات گذشته پایبندی بیشتری به تمرین داشتند. هر دو گروه بهبود در عملکرد اندام فوقانی را نشان دادند.
Burdea و همکاران[۲۱]	۸ فرد ۴۷ تا ۸۰ سال درگیر با عوارض مزمن پس از سکته مغزی	سیستم BrightBrainer و کنترلرهای بازی‌های ایجاد کننده حرکت در جهت تمرین اندام فوقانی و عملکرد شناختی	۵ جلسه درمانی درهفته به مدت یک ماه	عملکرد فیزیکی، شناختی، عاطفی و پذیرش فناوری	پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده بهبود در عملکرد حرکتی دو طرفه اندام فوقانی، قدرت گرفتن، افسردگی و شناخت را در کنار نرخ پذیرش خوب این فناوری نشان دادند.
Cramer و همکاران[۱۹]	۱۳ فرد مبتلا به عوارض مزمن سکته مغزی و ضعف اندام با میانگین سنی ۶۱ سال	توانبخشی از راه دور با استفاده از تمرین و بازی کاربردی همراه با واقیت افزوده و حسگر به اشیا واقعی در جهت تمرین اندام بالایی و پایینی	۶۰ دقیقه در روز در ۶ روز هفته به مدت سه ماه	انگیزه، عملکرد کلی، حرکتی، حسی، شناختی و روانی	در وضعیت حرکتی اندام فوقانی و تحتانی بهبود نشان داده شد.
Qiu و همکاران[۲۳]	۱۵ فرد ۴۰ تا ۸۹ سال مبتلا به عوارض مزمن سکته مغزی یک طرفه	سیستم واقعیت مجازی خانگی شامل کنترلر، حمایت‌کننده دست، نرم‌افزار نظارت و بایکانی اطلاعات، رابط بی‌سیم و بازی‌های طراحی شده به منظور تمرین اندام بالایی	۱۵ دقیقه در روزهای کاری هفته به مدت سه ماه	ارزیابی اندام فوقانی، کینتیک دست و بازو	در عملکرد اندام فوقانی و شش فاکتور کینتیک بهبود نشان داده شد.
Chen و همکاران[۲۶]	۳۰ فرد مبتلا به عوارض مزمن سکته مغزی و مشکلات حرکتی با میانگین سنی ۶۰ سال	سیستم توانبخشی از راه دور مبتنی بر دوربین، سنسور و بازی و تمرین به منظور بهبود تعادل در مقایسه با توانبخشی تمرین درمانی فرد به فرد سنتی	سه بار در هفته به مدت یک ماه	تعادل	سیستم توانبخشی از راه دور در بهبود تعادل کارایی برابر یا بهتر در مقایسه با سیستم سنتی نشان داد.
Allegue و همکاران[۲۰]	۱۱ فرد مبتلا به عوارض سکته مغزی	سیستم توانبخشی از راه دور مبتنی بر واقعیت مجازی همراه با بازی و تمرین به منظور تقویت اندام فوقانی در مقایسه با توانبخشی تمرینی سنتی در خانه	پنج جلسه ۳۰ دقیقه‌ای در هفته به مدت سه ماه	عملکرد حرکتی اندام فوقانی، کمیت و کیفیت استفاده، کیفیت زندگی و انگیزه	هر دو گروه بهبود در عملکرد حرکتبی اندام فوقانی را نشان دادند. گروه توانبخشی سنتی بهبود در فعالیت روزانه، عملکرد دست و تحرک را نشان داد. انگیزه در گروه توانبخشی از راه دور مبتنی بر واقعیت مجازی بالاتر بود.
Hernandez و همکاران[۲۴]	۵۱ فرد مبتلا به عوارض مزمن پس از سکته مغزی و ناتوانی خفیف تا متوسط اندام فوقانی	سیستم توانبخشی مبتنی برواقعیت مجازی و بازی به منظور تمرین اندام فوقانی با سیستم نظارت درمانگر در مقایسه با برنامه تمرینی خانگی بدون نظارت درمانگر	۵ جلسه بیشتر از ۲۰ دقیقه ای در هفته به مدت یک ماه در گروه واقعیت مجازی و به تعداد دفعات ممکن در هفته به مدت یک ماه در گروه برنامه تمرینی	عملکرد اندام فوقانی	بین دو گروه تفاوتی نشان داده نشد. هر دو گروه بهبود را در برخی پارامترهای موثر بر بهبود عملکرد اندام فوقانی نشان دادند.
Lim و همکاران[۲۲]	۳ فرد مبتلا به عوارض مزمن سکته مغزی ۴۰ تا ۸۰ سال	سیستم توانبخشی از راه دور دارای نظارت شامل بازی برای پرایمینگ کورتیکال مبتنی بر حرکت مچ پا و تمرینات حرکتی به منظور تمرین اندام تحتانی	۲۴ جلسه شامل ۲۰ دقیقه بازی و به دنبال آن ۳۰ دقیقه تمرین به مدت دو ماه	پذیرش و اماکن سنجی، حرکات اندام تحتانی و راه رفتن	مداخله پذیرش خوب داشته و بهبود در راه رفتن را نشان داد.
Gauthier و همکاران[۲۵]	۱۶۷ بیمار مبتلا به عوارض مزمن سکته مغزی با درگیری خفیف تا متوسط اندام فوقانی	مقایسات بین چهار مداخله شامل دو مداخله توانبخشی از راه دور شامل بازی های حرکتی همراه با خود مراقبتی به منظور تمرین اندام فوقانی با و بدون ارتباط از راه دور با درمانگر و دو برنامه توانبخشی در کلینیک شامل توانبخشی حرکتی سنتی و توانبخشی حرکت درمانی با ایجاد محدودیت	۳ ساعت در دو گروه مبتنی بر بازی با و بدون نظارت از راه دور، ۵ ساعت در گروه حرکتی سنتی و ۳۵ ساعت در گروه حرکت درمانی با ایجاد محدودیت در مدت سه هفته	استفاده روزمره از اندام فوقانی، سرعت حرکت و عملکرد	دو گروه مبتنی بر بازی از راه دور با و بدون نظارت از راه دور بهبود بیشتری در مقایسه با توانبخشی سنتی بهبودی بالینی بیشتری نشان دادند. درحالی که درمقایسه با توانبخشی حرکت درمانی با ایجاد محدودیت توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی بدون نظارت اثرگذاری کمتری داشت. همراه شدن این مداخله با نظارت از راه دور نتایج یکسانی را نشان داد.

محسوب شده و با توجه به مشکلاتی که کاربران در طول مداخله با برخی تجهیزات داشتند؛[۲۰] به‌نظر می‌رسد طراحی‌های آینده بایستی در جهت استفاده کاربری آسان‌تر و دسترسی بیشتر باشد. عدم نیاز به تجهیزات اضافی و قابل نصب بودن بازی بر گوشی موبایل یا رایانه کاربر می‌تواند بدون تحمیل هزینه اضافی بر بیمار، قابلیت استفاده از این رویکرد را در همه جهان آسان‌تر کند. بیماران به ویژه در مناطق کم برخوردار، برای دسترسی به خدمات توانبخشی پس از سکته مغزی مجبور به سفر بوده و رنج و هزینه زیادی متحمل می‌شوند که متاسفانه بسیاری را از ادامه درمان باز می‌دارد. همچنین فراهم کردن خدمات توانبخشی برای تعداد زیادی از مراجعه‌کنندگان موجب افزایش فشار کاری بر کادر درمان و افزایش هزینه در سیستم درمانی کشور می‌شود.[۴و۸]

محدودیت‌ها

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد؛ حجم نمونه مورد بررسی اکثر مطالعات به‌جز یک مورد[۲۵] بسیار کوچک بوده و اغلب تنوع نژادی و جنسیتی و سنی کمی دارند. همچنین اکثر مطالعات معیارهای ورودی داشتند که افراد مبتلا به عوارض سکته مغزی خفیف تا متوسط و بدون مشکلات دیگر را درخود جای داده بود که این می‌تواند از تعمیم‌پذیری مطالعات بکاهد. میزان استفاده از بازی‌ها در مطالعات تنوع زیادی داشته و اتفاق نظری برآن وجود ندارد. مشکلاتی در استفاده بیمار از تجهیزات و مشکلات اینترنت در برخی مطالعات گزارش شد.[۲۰] اگرچه اغلب مطالعات به هزینه تجهیزات استفاده شده در مطالعه خود اشاره ای نکرده بودند؛ اما بیشتر آنها برای کشورهای کمتر توسعه یافته‌ای مثل ایران بسیار گران محسوب می‌شوند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مثبت گزارش شده در رویکرد توانبخشی از راه دور مبتنی بر بازی بر حرکت بیماران سکته مغزی، نیاز است در کشور ما نیز بازی‌هایی متناسب با فرهنگ و زبان ما طراحی شوند که با کمترین نیاز به تجهیزات پیشرفته و با کاربری آسان بتوانند توانبخشی پس از سکته مغزی را به دورترین نقاط کشور با هزینه معقول برسانند و بیماران بیشتری بتوانند به درمان دسترسی داشته باشند.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه مورد تایید (IR.TUMS.MEDICINE.REC.1403.277) کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده پزشکی – دانشگاه علوم پزشکی تهران قرار گرفت.

حمایت مالی

این مطالعه مورد حمایت مالی نهادی قرار نگرفته است.

مشارکت نویسندگان

کیمیا مرادیانی: انجام پروژه، جمع‌آوری داده‌ها، آنالیز داده‌ها، نوشتن نسخه اولیه مقاله و تایید نسخه نهایی مقاله.

دکتر وحیده مرادی: مدیریت و طراحی پروژه، انجام پروژه، جمع‌آوری داده‌ها، نوشتن نسخه اولیه مقاله و تایید نسخه نهایی مقاله.

دکتر غلامرضا حسن‌زاده: مدیریت و طراحی پروژه، تفسیر نتایج، نوشتن نسخه اولیه مقاله و تایید نسخه نهایی مقاله.

دکتر حمیدرضا عسگری: انجام پروژه و جمع‌آوری داده‌ها.

دکتر اردلان شریعت: مدیریت و طراحی پروژه، انجام پروژه، آنالیز داده‌ها، تفسیر نتایج، نوشتن نسخه اولیه مقاله و تایید نسخه نهایی مقاله.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمام همکاران و عزیزان پشتیبان در انجام این مطالعه تشکر می‌گردد.

References

1. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, Martins S, Sacco RL, Hacke W, et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. Int J Stroke. 2022 Jan;17(1):18-29. https://doi.org/10.1177/17474930211065917.
2. Salter K, Zettler L, Foley N, Teasell R. Impact of caring for individuals with stroke on perceived physical health of informal caregivers. Disabil Rehabil. 2010;32(4):273-81. https://doi.org/10.3109/09638280903114394.
3. Dalvandi A, Heikkilä K, Maddah SS, Khankeh HR, Ekman SL. Life experiences after stroke among Iranian stroke survivors. Int Nurs Rev. 2010 Jun;57(2):247-53. https://doi.org/10.1111/j.1466-7657.2009.00786.x.
4. Movahed MS, Barghazan SH, Adel A, Rezapour A. Economic Burden of Stroke in Iran: A Population-Based Study. Value Health Reg Issues. 2021 May;24:77-81. https://doi.org/10.1016/j.vhri.2020.04.004.
5. Marque P, Gasq D, Castel-Lacanal E, De Boissezon X, Loubinoux I. Post-stroke hemiplegia rehabilitation: evolution of the concepts. Ann Phys Rehabil Med. 2014 Nov;57(8):520-29. https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.08.004.
6. Huang J, Ji JR, Liang C, Zhang YZ, Sun HC, Yan YH, et al. Effects of physical therapy-based rehabilitation on recovery of upper limb motor function after stroke in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Ann Palliat Med. 2022 Feb;11(2):521-31. https://doi.org/10.21037/apm-21-3710.
7. Suputtitada A, Chatromyen S, Chen CPC, Simpson DM. Best Practice Guidelines for the Management of Patients with Post-Stroke Spasticity: A Modified Scoping Review. Toxins (Basel). 2024 Feb;16(2):98. https://doi.org/10.3390/toxins16020098.
8. Agostini M, Moja L, Banzi R, Pistotti V, Tonin P, Venneri A, et al. Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis. J Telemed Telecare. 2015 Jun;21(4):202-13. https://doi.org/10.1177/1357633x15572201.
9. Bloem BR, Dorsey ER, Okun MS. The Coronavirus Disease 2019 Crisis as Catalyst for Telemedicine for Chronic Neurological Disorders. JAMA Neurol. 2020 Aug;77(8):927-28.

https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2020.1452.

10. Theodoros DG. Telerehabilitation for service delivery in speech-language pathology. J Telemed Telecare. 2008;14(5):221-24. https://doi.org/10.1258/jtt.2007.007044.

11. Nakhostin Ansari N, Bahramnezhad F, Anastasio AT, Hassanzadeh G, Shariat A. Telestroke: A Novel Approach for Post-Stroke Rehabilitation. Brain Sci. 2023 Aug;13(8):1186. https://doi.org/10.3390/brainsci13081186.

12. Tchero H, Tabue Teguo M, Lannuzel A, Rusch E. Telerehabilitation for Stroke Survivors: Systematic Review and Meta-Analysis. J Med Internet Res. 2018 Oct;20(10):e10867. https://doi.org/10.2196/10867.

13. O'Neil O, Fernandez MM, Herzog J, Beorchia M, Gower V, Gramatica F, et al. Virtual Reality for Neurorehabilitation: Insights From 3 European Clinics. PM R. 2018 Sep;10(9 Suppl 2):S198-S206. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.08.375.

14. Federico S, Cacciante L, Cieślik B, Turolla A, Agostini M, Kiper P, et al. Telerehabilitation for Neurological Motor Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis on Quality of Life, Satisfaction, and Acceptance in Stroke, Multiple Sclerosis, and Parkinson's Disease. J Clin Med. 2024 Jan;13(1):299. https://doi.org/10.3390/jcm13010299.

15. 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. J Clin Neurosci. 2019 Jul;65:106-11. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.03.017.

16. Truijen S, Abdullahi A, Bijsterbosch D, van Zoest E, Conijn M, Wang Y, et al. Effect of home-based virtual reality training and telerehabilitation on balance in individuals with Parkinson disease, multiple sclerosis, and stroke: a systematic review and meta-analysis. Neurol Sci. 2022 May;43(5):2995-3006. https://doi.org/10.1007/s10072-021-05855-2.

17. Nikghadam-Hojjati S, Rajabzadeh-Ghatari A, Alborzi M, Hassanzadeh G. How Simple Funny Video Games and Short Comedy Movies Impact Creative Idea Generation. Int J Innov Technol Manag. 2018;15(04):1850037. https://doi.org/10.1142/S0219877018500372.

18. Fluet GG, Qiu Q, Patel J, Cronce A, Merians AS, Adamovich SV. Autonomous Use of the Home Virtual Rehabilitation System: A Feasibility and Pilot Study. Games Health J. 2019 Dec;8(6):432-38. https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0012.

19. Cramer SC, Dodakian L, Le V, McKenzie A, See J, Augsburger R, et al. A Feasibility Study of Expanded Home-Based Telerehabilitation After Stroke. Front Neurol. 2021 Feb;11:611453. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.611453.

20. Allegue DR, Higgins J, Sweet SN, Archambault PS, Michaud F, Miller W, et al. Rehabilitation of Upper Extremity by Telerehabilitation Combined With Exergames in Survivors of Chronic Stroke: Preliminary Findings From a Feasibility Clinical Trial. JMIR Rehabil Assist Technol. 2022 Jun;9(2):e33745. https://doi.org/10.2196/33745.

21. Burdea GC, Grampurohit N, Kim N, Polistico K, Kadaru A, Pollack S, et al. Feasibility of integrative games and novel therapeutic game controller for telerehabilitation of individuals chronic post-stroke living in the community. Top Stroke Rehabil. 2020 Jul;27(5):321-36. https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1701178.

22. Lim H, Marjanovic N, Luciano C, Madhavan S. Feasibility and Acceptability of Game-Based Cortical Priming and Functional Lower Limb Training in a Remotely Supervised Home Setting for Chronic Stroke: A Case Series. Front Rehabil Sci. 2022 Feb;3:775496. https://doi.org/10.3389/fresc.2022.775496.

23. Qiu Q, Cronce A, Patel J, Fluet GG, Mont AJ, Merians AS, et al. Development of the Home based Virtual Rehabilitation System (HoVRS) to remotely deliver an intense and customized upper extremity training. J Neuroeng Rehabil. 2020 Nov;17(1):155. https://doi.org/10.1186/s12984-020-00789-w.

24. Hernandez A, Bubyr L, Archambault PS, Higgins J, Levin MF, Kairy D. Virtual Reality-Based Rehabilitation as a Feasible and Engaging Tool for the Management of Chronic Poststroke Upper-Extremity Function Recovery: Randomized Controlled Trial. JMIR Serious Games. 2022 Sep;10(3):e37506. https://doi.org/10.2196/37506.

25. Gauthier LV, Nichols-Larsen DS, Uswatte G, Strahl N, Simeo M, Proffitt R, et al. Video game rehabilitation for outpatient stroke (VIGoROUS): A multi-site randomized controlled trial of in-home, self-managed, upper-extremity therapy. EClinicalMedicine. 2021 Dec;43:101239. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101239.

26. Chen SC, Lin CH, Su SW, Chang YT, Lai CH. Feasibility and effect of interactive telerehabilitation on balance in individuals with chronic stroke: a pilot study. J Neuroeng Rehabil. 2021 Apr;18(1):71. https://doi.org/10.1186/s12984-021-00866-8.

27. Shariat A, Najafabadi MG, Nakhostin Ansari N, Anastasio AT, Bagheri K, Hassanzadeh G, et al. Outcome Measures Utilized to Assess the Efficacy of Telerehabilitation for Post-Stroke Rehabilitation: A Scoping Review. Brain Sci. 2023 Dec;13(12):1725. https://doi.org/10.3390/brainsci13121725.