

New Technologies in the Rehabilitation of Patients with Parkinson's Disease: a Narrative Review

Daneshmand S¹, Zeinalzadeh A², Shahraki H³, Aalaei SH⁴

Abstract

Purpose: Parkinson's disease is a progressive neurological disorder that causes motor and behavioral symptoms. So far, no medicine has been discovered for definitive treatment, and physicians prescribe rehabilitation to improve movement disorders along with drug treatment. In the movement rehabilitation method, the patients do the exercises specified by the therapist. Exercise can improve daily life tasks and lead to less dependency on caregivers. However, over time, patients get bored and rarely participate in rehabilitation programs due to the repetitive, non-motivating, or difficulty of regular programs. The advancement of technology and integration in traditional rehabilitation is a promising option in the rehabilitation of Parkinson's patients. In this review, a brief overview of technological progress in the field of neurological and motor rehabilitation of patients with Parkinson's disease has been made and the role of virtual reality, Wii, Kinect, tablets, and robots have been discussed.

Methods: The present study is a narrative review. Scientific databases including PubMed and Google Scholar were searched based on the keywords 'rehabilitation', 'Parkinson's disease', 'virtual reality', 'robot', and 'tablet' between 2000 and 2022. Also, the medical informatics and physiotherapy experts' opinions were used to complete the topics.

Results: Among the sources found by removing duplicates and reading the full text, 38 sources met the desired entry criteria for use in the present study. A combination of the results of articles and the experts' opinions, showed that using new technologies including virtual reality, Wii, Kinect, tablets, and robots in the rehabilitation of people with Parkinson's disease can lead to greater improvement in motor function compared to conventional rehabilitation.

Conclusion: The results showed that despite the challenges in using new technologies to rehabilitate patients with Parkinson's disease, they can lead to significant improvement in motor function and individual independency compared to conventional rehabilitation in patients with Parkinson's disease.

Keywords: Rehabilitation, Parkinson Disease, Virtual Reality, Robot, Tablet

Received: 2023.01.25 Accepted: 2023.03.12

فناوری‌های نوین در توانبخشی بیماران مبتلا به پارکینسون: مروری روایتی

سمیه دانشمند^۱، افسانه زینل زاده^۲، هادی شهرکی^۳، شکوفه اعلائی^۴

هدف: بیماری پارکینسون یک اختلال عصبی پیش‌رونده است که منجر به بروز علائم حرکتی و رفتاری می‌شود. تاکنون دارویی برای درمان قطعی این بیماری کشف نشده و پزشکان استفاده از توانبخشی جهت بهبود اختلالات حرکتی را در کنار درمان دارویی تجویز می‌کنند. با انجام تمریناتی که در توانبخشی حرکتی توسط درمانگر مشخص می‌شود، پیشرفت در انجام کارهای روزمره زندگی و وابستگی کمتر به اطرافیان برای بیمار حاصل می‌شود. با این حال با گذشت زمان، بیماران خسته شده و به ندرت در برنامه‌های بازتوانی شرکت می‌کنند، زیرا محتوی برنامه‌های معمولی ممکن است تکراری، غیر انگیزشی و یا دشوار باشد. پیشرفت فناوری و گنجاندن آن در توانبخشی سنتی، گزینه‌ای امیدوارکننده در توانبخشی بیماران مبتلا به پارکینسون است. در این بررسی، مروری مختصر به پیشرفت فناوری در زمینه توانبخشی عصبی و حرکتی بیماران مبتلا به پارکینسون انجام شده و به نقش فن‌آوری‌های واقعیت مجازی، Wii، کینکت، تبلت و ربات پرداخته شده است.

روش بررسی: مقاله حاضر از نوع مروری روایتی بوده و جستجوی منابع بر اساس ترکیب کلیدواژه های "توانبخشی"، "بیماری پارکینسون"، "واقعیت مجازی"، "Wii"، "کینکت"، "تبلت" و "ربات" در مقالات منتشر شده در پایگاه های اطلاعاتی Google Scholar و PubMed بین سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ انجام شده است. همچنین از نظرات متخصصین انفورماتیک پزشکی و فیزیوتراپی برای تکمیل مباحث مربوطه استفاده شد.

یافته ها: از بین منابع یافت شده با حذف نسخه های تکراری و مطالعه متن کامل، تعداد ۳۸ منبع معیار های ورود مورد نظر را برای استفاده در مطالعه حاضر بدست آوردند. تجمیع نتایج مقالات و نظرات متخصصین نشان داد که استفاده از فناوری های نوین شامل واقعیت مجازی، Wii، کینکت، تبلت و ربات در توانبخشی افراد مبتلا به بیماری پارکینسون می تواند باعث بهبود بیشتر در عملکرد حرکتی نسبت به تمرینات توانبخشی مرسوم شود. اگرچه در کنار فرصت ها و مزایای استفاده از این فناوری ها، چالشهایی نیز وجود دارد.

نتیجه گیری: نتایج مطالعاتی که توسط محققین بر روی فناوری های نوین در توانبخشی انجام شده، نشان می دهند با وجود چالش هایی در استفاده از فناوری های نوین جهت توانبخشی بیماران مبتلا به پارکینسون، این فناوری ها باعث بهبود قابل توجهی در عملکرد حرکتی و استقلال فردی افراد نسبت به توانبخشی مرسوم در توانبخشی بیماران مبتلا به بیماری پارکینسون می شوند.

کلمات کلیدی: توانبخشی، بیماری پارکینسون، واقعیت مجازی، ربات، تبلت

نویسنده مسئول: شکوفه اعلائی، AalaeiSh@mums.ac.ir ORCID: 0000-0002-5295-9027

آدرس: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دانشکده پزشکی، گروه انفورماتیک پزشکی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته انفورماتیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۲- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پیراپزشکی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده صنعت و معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۴- استادیار گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

مقدمه

بیماری پارکینسون (Parkinson Disease; PD)، یک اختلال پیش رونده تخریبی سیستم عصبی است (۱). نقص در تولید دوپامین و کاهش سطح این ماده شیمیایی در مغز باعث بروز علائم حرکتی و رفتاری می شود (۲). علائم حرکتی با لرزش، سفتی عضلات، کندی حرکت و بی ثباتی شناخته می شوند و برای نشانه های رفتاری می توان به علائمی همچون بی تفاوتی، اضطراب، افسردگی و اختلالات شناختی اشاره کرد (۲). شروع این بیماری اغلب بین سن ۵۰ تا ۶۰ سالگی افراد رخ می دهد و به مرور زمان بیماری پیشرفت کرده، عملکرد و استقلال فردی را محدود می کند (۱). تاکنون هیچ روشی برای درمان قطعی این بیماری کشف نشده است، با این حال با مصرف بهینه دارویی تا حدودی از علائم آن کاسته می شود (۳). با توجه به پیامدهای پیشرفت بیماری همچون عوارض ثانویه سلامت، هزینه های درمانی بالاتر، کیفیت پایین زندگی و افزایش مرگ و میر، انتخاب روش های کنترل پیشرفت بیماری و

درمان مناسب برای بیماران پارکینسون بسیار حائز اهمیت است. به موازات درمان دارویی جهت بهبود اختلالات حرکتی، توانبخشی همراه با انجام تمرین های حرکتی به عنوان روش درمانی مورد توجه قرار گرفته است که معمولاً در کلینیک تحت نظر درمانگر انجام می شود. با گذشت زمان بیماران خسته شده و به ندرت در برنامه های ورزشی شرکت می کنند، زیرا محتوی برنامه های معمولی ممکن است تکراری، غیر انگیزشی و یا دشوار باشد. استفاده از فناوری های نوین در کنار توانبخشی سنتی این توانایی را دارد تا ساختار فعلی توانبخشی را ارتقا دهد (۴). پیشرفت فناوری و استفاده آن در توانبخشی بیماران دارای مشکلات عصبی، می تواند با استفاده از تشویق کاربران به انجام تمرینات ورزشی به شیوه ای شخصی، انگیزشی و سرگرم کننده، پایبندی به انجام حرکات توانبخشی را بهبود بخشد و همچنین باعث بهبود عملکرد حرکتی، تعادل، استقلال فردی و کیفیت زندگی شود و همین امر موجب شده است تا بسیار مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه تلاش بر این

است تا مروری جامع بر روی فناوری های موجود به کار گرفته شده در توانبخشی بیماران مبتلا به PD صورت پذیرد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مروری روایتی بوده که با هدف بررسی به کارگیری فناوری های نوین در توانبخشی بیماران مبتلا به PD انجام گردیده است. مقالات بررسی شده در تحقیق حاضر بین سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ انتشار یافته اند. تلاش محقق بر این بوده است تا از طریق پایگاه های اطلاعاتی Google Scholar و PubMed مقالات با کیفیت و مرتبط با موضوع را از طریق کلیدواژه های توانبخشی، بیماری پارکینسون، واقعیت مجازی، تبلت و ربات جستجو و استخراج کرده و همچنین از نظرات متخصصین در حوزه انفورماتیک پزشکی و فیزیوتراپی استفاده نماید. معیارهای ورود مقالات شامل مقالاتی در زمینه فناوری های به کار رفته در توانبخشی PD و دسترسی به متن کامل مقالات در پایگاه های اطلاعاتی بوده است. مقالاتی که فقط چکیده را شامل می شدند و یا به زبان غیر انگلیسی نگارش شده بودند به عنوان معیار خروج در نظر گرفته شدند.

یافته ها

با بررسی مقالات و استفاده از نظرات متخصصین، به نظر می رسد فناوری های نوین شامل واقعیت مجازی، Wii، کینکت، تبلت و ربات در بازتوانی بیماران مبتلا به PD مورد استفاده قرار می گیرند. یافته ها نشان می دهند که بخش اعظم مقالات بر استفاده از فناوری های واقعیت مجازی، Wii و کینکت جهت توانبخشی بیماران مبتلا به PD تمرکز داشته است. همچنین اکثر مطالعات بررسی شده به صورت مداخله ای انجام شده اند و ارزیابی های عملکرد حرکتی و کیفیت زندگی با استفاده از تست های BBS، TUG، PDQ-39 و بخش های دوم و سوم تست UPDRS انجام شده است. در ذیل به تفصیل در مورد هر فناوری توضیح داده شده است.

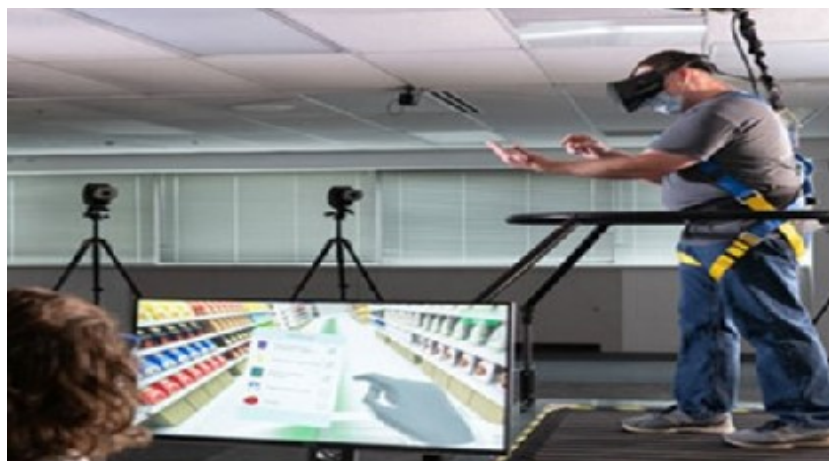
واقعیت مجازی (Virtual Reality)

واقعیت مجازی (Virtual Reality; VR) فناوری است

که به کاربر اجازه می دهد تا به طور مستقیم با یک محیط شبیه سازی شده توسط کامپیوتر، تعامل داشته باشد. در حالی که ما در دنیای واقعی از حواس پنج گانه برای کسب اطلاعات استفاده می کنیم، هدست های VR نیز با استفاده از تولید تصاویر، صداها و سایر احساسات واقعی با استفاده از یک رابط انسان - ماشین حضور فیزیکی افراد را در محیط مجازی شبیه سازی می کنند. هدست های VR از یک نمایشگر با صفحه نمایش کوچک که روی سر و در مقابل چشم ها قرار می گیرند و گوشی هایی برای دریافت صدا تشکیل شده اند (۵، ۶) (در تصویر ۱ به نمونه ای از استفاده از این ابزار اشاره شده است).

دلیل اصلی استفاده از مداخلات VR، توانایی آن ها در ارائه محیط های لذت بخش، جذاب و انگیزشی با استفاده از یک محیط شبیه سازی شده و ارائه بازخورد دقیق است (۷). همچنین با توجه به اینکه بیماران در حین استفاده از این فناوری کاملاً در بازی غوطه ور می شوند و توجه آن ها به احساس درد فیزیکی معطوف نمی شود، تمرینات خود را بهتر انجام می دهند. به مزایای دیگری همچون انعطاف پذیری، آموزش و انگیزش بیمار، تغییرپذیری بر اساس سابقه بیمار، شفافیت در ذخیره سازی داده ها و دسترسی به داده ها از طریق رسانه های آنلاین، امکان استفاده از این سیستم در محیط امن همچون منزل بیمار و امکان تعامل بهتر با محیط شبیه سازی شده می توان اشاره کرد (۸). از معایب سیستم VR می توان سطح و محتوای نامناسب تمرینات برای توانبخشی، استفاده از عملکردهای جبرانی و ایجاد صدمه بیشتر، اهمیت دادن به امتیازات بازی به جای اهمیت دادن به کیفیت تمرین نام برد. حالت تهوع، سردرد، تشنج، استرس، خطر زمین خوردن نیز باعث محدودیت استفاده از این ابزار می شود. سیستم های VR برای همه افراد مقرون به صرفه و قابل خرید نیستند (۶). هنگام استفاده از هدست VR، کاربر کاملاً در بازی غوطه ور شده و با محیط واقعی ارتباطی نداشته و آگاهی خود از محیط واقعی را از دست می دهد و همین امر باعث برخورد با اشیا یا زمین خوردن می شود (۹).

Hao Feng و همکاران (۱۰) به بررسی مطالعه ای با هدف بررسی تأثیر فناوری VR بر تعادل و راه رفتن افراد مبتلا به PD پرداختند. ۲۸ فرد مبتلا به PD به طور تصادفی به دو گروه مداخله (۱۴ نفر) و گروه کنترل (۱۴).



تصویر ۱: استفاده از فناوری واقعیت مجازی (Virtual Reality; VR) در توانبخشی

Hand) برای اندازه گیری عملکرد اندام فوقانی و پرسشنامه کیفیت زندگی (فرم کوتاه ۳۶ سوالی (SF-36)) برای ارزیابی کیفیت زندگی مورد استفاده قرار گرفت. این یافته ها نشان می دهد که برنامه توانبخشی VR نسبت به برنامه توانبخشی مرسوم در بهبود کلی مؤثرتر بود (۱۱). مطالعه ای توسط محمد کاشف و همکاران (۱۲) با هدف بررسی اثرات ترکیب فناوری VR و تصویرسازی حرکتی (Motor Imagery; MI) بر تعادل، عملکرد حرکتی و فعالیت روزانه زندگی بیماران (Activities of Daily Living; ADL) مبتلا به PD انجام شد. ۴۴ فرد مبتلا به PD به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. گروه کنترل درمان توانبخشی معمول را دریافت کردند و گروه مداخله از تمرینات ترکیبی VR و MI استفاده کردند. بخش دوم و سوم مقیاس UPDRS، مقیاس BBS، اطمینان به حفظ تعادل در فعالیت های خاص (Activities-specific Balance Confidenc; ABC) به عنوان معیار نتیجه برای عملکرد حرکتی، تعادل و ADL استفاده شد. گروه مداخله بهبود قابل توجهی در عملکرد حرکتی نسبت به گروه کنترل در بخش سوم UPDRS داشتند. همچنین نمرات BBS و ADL بهبود یافتند و نتیجه به این صورت بیان شد که ترکیب VR و MI علاوه بر توانبخشی مرسوم به طور قابل توجهی عملکرد حرکتی، تعادل و ADL را در بیماران مبتلا به PD بهبود می بخشد (۱۲).

وی (Wii)

توانبخشی با Wii شامل استفاده از کنسول Wii و ابزارهای جانبی آن برای ارائه فعالیت های مرتبط با اهداف توانبخشی

نفر) تقسیم شدند. گروه مداخله آموزش واقعیت مجازی و گروه کنترل توانبخشی مرسوم را دریافت کردند. بیماران ۴۵ دقیقه در هر جلسه، ۵ روز در هفته مورد مطالعه قرار گرفتند. افراد قبل و بعد از توانبخشی، با مقیاس تعادلی برگ (Berg Balance Scale; BBS)، تست بلند شدن، راه رفتن و برگشتن زمان بندی شده (Timed Up and Go) (Test; TUGT Unified Parkinson's Disease Rating Scale; UPDRS) و ارزیابی عملکردی راه رفتن (Functional Gait Assessment; FGA) مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از درمان، نمرات BBS و TUGT و FGA در هر دو گروه به طور قابل توجهی بهبود یافته بود. تمرین VR در مقایسه با گروه توانبخشی مرسوم به طور قابل - توجهی عملکرد بهتری داشت. نتایج این مطالعه نشان می دهد که ۱۲ هفته توانبخشی VR در مقایسه با توانبخشی مرسوم منجر به بهبودی بیشتر در تعادل و راه رفتن افراد مبتلا به PD می شود (۱۰).

Pazzaglia و همکاران (۱۱) با انجام مطالعه ای به مقایسه نتایج یک برنامه توانبخشی مرسوم و توانبخشی با استفاده فناوری VR پرداختند. ۵۱ فرد مبتلا به PD به طور تصادفی در یک برنامه توانبخشی VR و یک برنامه توانبخشی معمولی قرار گرفتند. هر دو برنامه به مدت ۶ هفته متوالی انجام شد. مقیاس تعادلی برگ (BBS) به عنوان پیامد اصلی برای اندازه گیری تعادل و شاخص راه رفتن پویا (Dynamic Gaiting Index) برای ارزیابی توانایی انطباق راه رفتن با حرکات پیچیده به عنوان پیامد ثانویه استفاده شد. پرسشنامه ناتوانی بازو، شانه و دست (Disabilities of the Arm, Shoulder and)



تصویر ۲ (ب): استفاده از ابزار Wii در توانبخشی اندام تحتانی

لذت بخش، بازخورد صوتی و تصویری، امتیازدهی به پیشرفت در تمرینات و نظارت توسط بازیکنان، گرافیک جذاب و بازی های ویدئویی سرگرم کننده که می تواند مشارکت و انگیزه بیمار در انجام حرکات توانبخشی را افزایش دهد (۱۶، ۱۵، ۱۴)، ظرفیت استفاده در توانبخشی از راه دور و همچنین معطوف شدن تمرکز آن ها به بازی و تمرکز کمتر روی اندام آسیب دیده (۱۴)، نیز از مزایای Wii برشمرده می شوند. مواردی نیز به عنوان محدودیت استفاده از Wii اشاره شده است. ممکن است برای همه بیماران مناسب نباشد و بیمار در هنگام استفاده از این سیستم به کمک و نظارت نیاز داشته باشد. همچنین بازی با این کنسول خود ممکن است آسیب هایی به افراد وارد کند. بازی بیش از حد منجر به آسیب های مختلف از جمله آسیب های اسکلتی - عضلانی می شود (۱۳). استفاده از این سیستم در افراد مستعد تشنج، باعث افزایش تشنج می شود (۱۸). افرادی که از دستگاه ضربان ساز استفاده می کنند باید حداقل ۹ اینچ کنترلرها را از خود دور نگه دارند (۱۵).

Pompeu و همکاران (۱۹) به بررسی تأثیر آموزش شناختی - حرکتی مبتنی بر ابزار Wii در مقابل تمرین درمانی تعادلی بر فعالیت های زندگی روزمره در بیماران مبتلا به PD پرداختند. ۳۲ بیمار مبتلا به PD که در مراحل خفیف تا متوسط این بیماری بودند، به دو گروه ۱۶ نفری مداخله و کنترل تقسیم شدند. گروه کنترل تمرینات معمول تعادلی را انجام دادند و گروه مداخله با استفاده از بازی های ابزار Wii آموزش دیدند. بخش دوم مقیاس یکپارچه رتبه بندی بیماری پارکینسون (UPDRS-II) به عنوان پیامد اصلی مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان مطالعه



تصویر ۲ (الف): استفاده از ابزار Wii در توانبخشی اندام فوقانی

است. Wii دارای دو دسته بازی یا کنترلر (Wii Remote) و یک برد تعادل است. حرکت توسط برد یا ریموت یا ترکیبی از هر دو کنترل می شود (۱۳). بازیکن ریموت را که شبیه کنترل تلویزیون است در دست گرفته مقابل صفحه نمایش قرار می گیرد. سنسوری که در بالا یا پایین صفحه نمایش قرار می گیرد، موقعیت دست بازیکن را تشخیص داده و سیگنال های دریافتی را به حرکت تبدیل می کند (۱۳) (با استفاده از تصویر ۲ الف و ب نمونه هایی از استفاده از این ابزار نشان داده شده است).

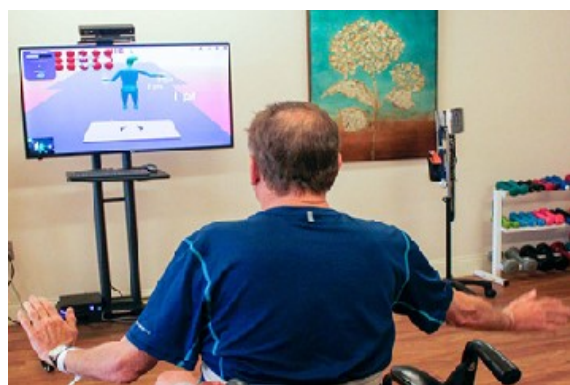
حسگرهایی که در این سیستم تعبیه شده اند به تغییرات جهت، سرعت و شتاب پاسخ می دهند و همین امر باعث می شود که بازیکنان در حین انجام حرکات بازو، دست و مچ با بازی تعامل برقرار کنند (۱۳). بسته ورزشی Wii شامل پنج فعالیت مختلف است: تنیس، بیس بال، بولینگ، گلف و بوکس. به عنوان مثال، حرکات مورد نیاز برای بازی تنیس شامل حرکات مختلف در مفصل شانه و آرنج است (۱۴). برد تعادل دارای ۴ حسگر تشخیص فشار بسیار دقیق است که به تغییر وزن روی برد بسیار حساس است و چنانچه کاربر مرکز ثقل خود را تغییر دهد، حسگرها از این تغییرات برای تبدیل به حرکت در بازی استفاده می کنند (۱۳). برد تعادل را می توان در درمان تعادل، ثبات تنه و مشکلات حرکتی اندام تحتانی و همچنین برای تحمل وزن بازو و شانه، حرکت بالاتنه و موارد دیگر استفاده کرد (۱۵). ویژگی Wii این است که تا ۴ کنترلر می توانند به دستگاه متصل شوند و اجازه کار گروهی و اجتماعی شدن افراد را فراهم می آورد و همین امر می تواند باعث کاهش افسردگی بیماران شود (۱۶، ۱۳).

قابلیت استفاده راحت در محیط منزل، ایجاد تجربه

عصبی مزمن مؤثر بود و بهبود عملکرد حرکتی و استقلال عملکردی را در افراد مبتلا به PD نشان داد (۲۱).

کینکت (Kinect)

کینکت یک سیستم تشخیص حرکت مبتنی بر دوربین است که با پوشش ۲۰ الی ۲۶ نقطه از مفاصل بدن این امکان را برای کاربران فراهم می کند تا بدون استفاده از کنترلر با محیط بازی ارتباط برقرار کنند (۲۳، ۲۲). حسگر کینکت دارای یک دوربین تشخیص تصاویر رنگی، یک دوربین تشخیص عمق و میکروفن چندمنظوره است. ترکیبی از این مؤلفه ها امکان تصویربرداری ۳ بعدی را فراهم می آورد و به کاربر امکان می دهد تا با روشی طبیعی با بازی ها تعامل داشته باشد (۲۳) (تصویر ۳ نمونه ای از استفاده از این ابزار را نشان می دهد).



تصویر ۳: استفاده از ابزار کینکت در توانبخشی

یک ویژگی منحصر به فرد کینکت این است که به نور، مغناطیس و سایر عوامل محیطی وابسته نیست و همین امر ارزش این کنسول را در توانبخشی تقویت می کند (۲۴). ویژگی دیگر که استفاده از این کنسول را در توانبخشی افزایش می دهد، نیاز نداشتن کاربر به هیچ وسیله متصل به بدن است زیرا حرکت کل اندام توسط حسگرها نظارت می شود (۲۵). برنامه های نرم افزاری را می توان به وسیله کینکت در کلینیک یا منزل بیماران استفاده کرد تا بتوانند برنامه های توانبخشی خود را ادامه دهند. جذاب تر و نوآورانه تر بودن بازی ها توانایی ایجاد انگیزه و مشارکت بیماران در انجام تمرینات توانبخشی را افزایش داده و منجر به نتایج بهتر برای بیماران می شود (۲۶، ۲۷). کینکت دارای دقت بالا در استفاده بالینی است (۲۸). از معایب این سیستم این است که برای همه بیماران قابل استفاده نیست

نتیجه این طور بیان شد که بعد از ۱۴ جلسه، بیماران گروه مداخله قادر به بهبود عملکرد خود در بازی ها بودند. تمرینات ادراکی و حرکتی بر پایه Wii، عملکرد مستقل شرکت کنندگان در فعالیت روزانه، تعادل و شناخت را بهبود بخشید و این اثرات تا ۶۰ روز پس از پایان بازی حفظ شد (۱۹).

Nathan و همکاران (۲۰) در سال ۲۰۱۳ به بررسی استفاده از ابزار Wii جهت بهبود علائم حرکتی و رفتاری بیماران مبتلا به PD پرداختند. ۲۰ بیمار مبتلا به PD که در مراحل خفیف تا متوسط بیماری بودند به مدت ۴ هفته مورد مطالعه قرار گرفتند. پیشرفت های قابل توجهی در معیار پیامد اولیه (تست فعالیت های توسعه یافته زندگی روزانه ناتینگهام (Nottingham extended Activity of Daily Living; NEADL)، تست کیفیت زندگی افراد مبتلا به پارکینسون (Parkinson's Disease Questionnaire -39; PDQ-39)، (UPDRS) و گرایش به سمت بهبود خلق و خو با استفاده از تست درجه بندی افسردگی همیلتون (Hamilton Depression Rating Scale -D; HDRS-D) پس از چهار هفته نشان داده شد. این مطالعه مزایای کوتاه مدتی برای بهبودهای حاصل شده نشان داد (۲۰). Gonçalves و همکاران (۲۱) مطالعه ای با هدف بررسی تاثیر فعالیت حسی- حرکتی با استفاده از ابزار Wii بر اختلالات راه رفتن در افراد مبتلا به PD انجام دادند. ۱۵ فرد مبتلا به PD به انجام تمرینات ایروبیک، حفظ تعادل و Wii plus پرداختند. تمرینات به مدت ۴۰ دقیقه، ۲ بار در هفته و در مجموع ۱۴ جلسه انجام شد. ارزیابی توسط تست های (UPDRS III)، مقیاس فعالیت های روزانه زندگی انگلستان (Schwab and England Activities of Daily Living Scale; SE Functional Independence Measure; FIM) و تجزیه و تحلیل بیومکانیکی راه رفتن با استفاده از تصاویر دیجیتالی انجام شد. انجام این تمرینات، عملکرد حسی- حرکتی را در راه رفتن افراد مبتلا به PD، با افزایش طول گام و سرعت راه رفتن، کاهش اختلال حرکتی، به ویژه در موارد سفتی و انعطاف پذیری اندام تحتانی، بهبود بخشید. بهبود در موارد مربوط به حرکت و بالا رفتن از پله نیز مشاهده شد. این تمرین در بهبود حرکتی بیماری های

و بیشترین کاربرد برای بیماران در مراحل خفیف تا متوسط می باشد (۲۶).

مطالعه ای توسط Nuic و همکاران (۲۹) با هدف تعیین امکان سنجی و مقبولیت توانبخشی با استفاده از بازی ویدیویی برای درمان اختلالات راه رفتن و تعادل در بیماران مبتلا به PD و ارزیابی اثرات آن بر علائم حرکتی ناتوان کننده انجام شد. ۱۰ بیمار به مدت ۱۸ جلسه تمرین، مورد مطالعه قرار گرفتند. مؤلفه هایی همچون افزایش طول گام، سرعت راه رفتن مورد بررسی قرار گرفت. حرکات استفاده شده در بازی های طراحی شده شامل حرکات سریع با دامنه بزرگ در اندام، لگن و بالا تنه، همراه با جابجایی عمودی، جانبی پاها برای تقویت کردن پاها و کنترل وضعیت بدن بودند. بهبود قابل توجهی در کنترل تعادل، کاهش میزان سقوط، اجتناب از موانع با استفاده از افزایش قابل توجه در طول و سرعت گام نشان داده شد و نتیجه این طور بیان شد که توانبخشی مبتنی بر یک بازی ویدیویی برای درمان اختلالات راه رفتن و تعادل بیماران مبتلا به پارکینسون می تواند امکان پذیر و مؤثر باشد (۲۹). Pachoulakis و همکاران (۳۰) به بررسی دو بازی تمرینی مبتنی بر کینکت که برای بیماران پارکینسون طراحی شده بود پرداختند. بازی "Balloon Goon" حرکات دست ها، پاها و انعطاف پذیری تنه، همچنین توانایی شناختی و زمان واکنش لازم را مورد بررسی قرار داد. بازی "Slope Creep" حرکات نیم تنه و بازوها را با هم ترکیب می کرد. این بازی به بررسی انعطاف پذیری، قدرت عضلانی، تعادل و واکنش های شناختی پرداخت. در این مطالعه انتخاب حسگر کینکت برای ایجاد سیستم های بازی جهت تسهیل نظارت بیمار در حین تمرینات با توجه به بازخوردهای صوتی و تصویری، فرصتی منحصر به فرد به شمار می رود (۳۰).

تبلت (Tablet)

تبلت توسط یک صفحه نمایش لمسی کنترل می شود که به حرکت انگشتان روی صفحه واکنش نشان می دهد. عملکرد دیگر تبلت امکان محاسبه واکنش نسبت به حرکت است. شتاب سنج، ژيروسکوپ، سیستم موقعیت یاب جهانی و دوربین تعبیه شده در تبلت امکان انجام واکنش یا محاسبات را می دهند. شتاب سنج، حرکت فیزیکی و جهت گیری دستگاه را تشخیص می دهد. ژيروسکوپ در کنار

شتاب سنج برای محاسبه جهت و چرخش استفاده می شود. ترکیب این دو مؤلفه امکان ضبط دقیق تری از فعالیت انجام شده فراهم می کند. سیستم موقعیت یاب این امکان را فراهم می کند تا به کاربر یا هر شخص دیگر اعلام کند که تبلت در چه موقعیتی از کره زمین قرار دارد. این امکان برای اندازه گیری مسافت پیاده روی مناسب است. دوربین، برای ارتباط با متخصصین حوزه سلامت یا ضبط جلسات درمانی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد (۳۱).

به مواردی همچون ارزان بودن، قابل حمل بودن، نیاز نداشتن به تجهیزات اضافی و اینکه برنامه های مورد نیاز توانبخشی به راحتی از طریق فروشگاه برنامه در iPad و Google Play در اندروید قابل دانلود هستند، می توان به عنوان مزایای این فناوری اشاره کرد (۳۱). گنجاندن بازی های مبتنی بر تبلت این امکان را فراهم می آورد تا بیماران به تنهایی یا همراه با اعضای خانواده خود از تمرینات استفاده کنند. تبلت ها همچنین می توانند اطلاعاتی همچون توصیه های درمانگران را به صورت متنی، تصویری یا صوتی دریافت کنند. منحصر به فردترین و بالقوه مهم ترین ویژگی مربی مجازی، توانایی آن در ایجاد و حفظ روابط اجتماعی- عاطفی با مردم است (۳۲).

Ellis و همکاران (۳۲) به بررسی امکان سنجی و مقبولیت در مورد اثربخشی استفاده از ابزار تبلت برای ترویج پیاده روی روزانه در افراد مبتلا به PD پرداختند. ۲۰ فرد مبتلا به این بیماری در این مطالعه شرکت کردند و به آن ها آموزش داده شد که به مدت ۵ دقیقه با مربی ورزش مجازی تعامل داشته باشند، روزانه به مدت ۱ ماه پیاده روی کنند. میزان ماندگاری، رضایت و سابقه تعامل در ۱ ماه ارزیابی شد. شش دقیقه راه رفتن و سرعت راه رفتن در ابتدا و بعد از مداخله ارزیابی شد. میانگین پایبندی به پیاده روی روزانه ۸۵٪ بود. سرعت راه رفتن و همچنین تست شش دقیقه راه رفتن به طور قابل توجهی بهبود یافتند. افراد کم تحرک مبتلا به PD با موفقیت از تبلت استفاده کردند و با یک مربی ورزش مجازی تعامل داشتند. حفظ رضایت و پایبندی به پیاده روی روزانه در طی یک ماه بالا بود و پیشرفت قابل توجهی در تحرک مشاهده شد. بازخورد مثبتی از بیماران مبتلا به PD در استفاده از تبلت گزارش شد و نتایج حاکی از اثربخشی در عملکرد حرکتی بیماران بودند (۳۲). Wanger و همکارانش (۳۳)، به پژوهشی با عنوان (برنامه آموزش فردی برای بیماران مبتلا به PD) با

از محدودیت های این ابزار می توان به هزینه بالای ساخت و استفاده از آن اشاره کرد. همچنین با توجه به اینکه این دستگاه با سیستم عصبی سروکار دارد کار با آن ممکن است مشکل باشد (۳۵). همچنین جهت استفاده از وسایل توانبخشی رباتیک به فضای فیزیکی زیادی جهت انجام تمرینات نیاز است و این خود چالشی برای افرادی که فضای فیزیکی محدود دارند ایجاد می کند (۳۶).

Lo و همکاران (۳۷) با هدف بررسی تأثیر بالقوه آموزش راه رفتن حسی - حرکتی به کمک ربات بر کاهش دوره های قفل شدن راه رفتن (Freezing Of Gait; FOG) و بهبود راه رفتن مطالعه ای را انجام دادند. چهار فرد مبتلا به PD و دارای علائم FOG، ۱۰ جلسه ۳۰ دقیقه ای آموزش راه رفتن با کمک ربات Lokomat دریافت کردند تا حرکات دو طرفه اندام تحتانی را تسهیل کنند. همه شرکت کنندگان کاهش FOG را از طریق گزارش خود و همچنین با امتیازدهی بالینی پس از اتمام آموزش نشان دادند. همچنین بهبودهایی در سرعت راه رفتن، طول گام و هماهنگی گام ها مشاهده شد. این مطالعه آزمایشی نشان داد که آموزش راه رفتن به کمک ربات ممکن است یک روش عملی و مؤثر برای کاهش FOG و بهبود راه رفتن باشد (۳۷). Capecchi و همکاران (۳۸) با هدف مقایسه آموزش راه رفتن با کمک ربات و تمرین با تردمیل بر استقامت و ظرفیت راه رفتن بر افراد مبتلا به PD انجام دادند. در این مطالعه به ارزیابی درمان های انجام شده بر روی قفل شدن راه رفتن و یا ناتوانی های شدید در راه رفتن و همچنین ارزیابی تغییرات در ناتوانی های کلی مرتبط با بیماری و کیفیت زندگی پرداخته شد. از ۹۶ فردی که وارد مطالعه شدند، ۴۸ نفر با کمک ربات و ۴۸ نفر با استفاده از تردمیل در طی ۲۰ جلسه آموزش دیدند. پیامدهایی شامل تست شش دقیقه راه رفتن، تست TUG، پرسشنامه FOG، UPDRS و PDQ-39 مورد ارزیابی قرار گرفت. هر دو گروه بهبود قابل توجهی در پیامدها نشان دادند. بیشترین مزیت این آموزش، با نمره پرسشنامه FOG مشاهده شد که پس از هر جلسه درمان ۲۰٪ کاهش یافت. مزایای آموزش راه رفتن با کمک ربات بیشتر از مزایای آموزش با تردمیل برای افرادی که ناتوانی مرتبط با راه رفتن دارند، نشان داده شد (۳۸). جدول ۱ تجمیعی از معایب و مزایای فناوری های ذکر شده را بیان می کند.

استفاده از برنامه مبتنی بر تبلت برای حمایت از خودآموزی افراد پرداختند. بیماران با استفاده از تبلت به مدت ۹ ماه از این برنامه استفاده کردند و سپس مصاحبه در مورد امکان سنجی، استفاده و رضایت از برنامه انجام شد. نتایج این برنامه به بیماران کمک کرد تا در طول دوره مداخله، انگیزه خود را جهت انجام تمرینات حفظ کنند و روال تمرینی خود را ادامه دهند. نظارت دقیق در طول دوره، مدیریت صحیح برنامه و امکان آموزش فردی به عنوان نکات مثبت این برنامه ثبت شد (۳۳).

ربات (Robot)

توانبخشی رباتیک شامل توسعه دستگاه های رباتیک برای کمک به عملکردهای مختلف حسی و حرکتی است (مانند بازو، دست، پا، مچ پا). ربات توانبخشی در روند بهبود بیماران دارای معلولیت در فعالیت های ایستادن، تعادل و راه رفتن استفاده می شود. آموزش راه رفتن با ربات، یکی از بهترین نوع درمان با کمک ربات در بیماران مبتلا به PD است. Lokomat و Gait Trainer GT و ربات G-EO از شناخته شده ترین این ربات ها هستند (۳۴). همچنین استفاده از ربات Bi-Manu-Track در عملکردهای اندام فوقانی این افراد می تواند مفید باشد. اگزواسکلتون ها (Exoskeletons; Ekso) ربات های قابل پوشیدن هستند که در توانبخشی عصبی برای تقویت توانایی حرکتی استفاده می شوند. یک شرکت تولیدکننده شناخته شده، Ekso Bionics است که ربات هایی را برای اندام تحتانی و EksoUE را برای اندام فوقانی عرضه می کند (۳۴) (تصویر ۴ استفاده از ربات های توانبخشی را نشان می دهد).



تصویر ۴: استفاده از ابزار ربات در توانبخشی

جدول ۱: مزایا و معایب فناوری های نوین در توانبخشی بیماران پارکینسون

فناوری	مزایا	معایب
واقعیت مجازی	افزایش انگیزه و تکرار تمرین ارائه بازخورد دقیق استفاده راحت با استفاده از یک محیط شبیه سازی شده	سطح و محتوای نامناسب تمرینات برای توانبخشی جهت استفاده همه بیماران باعث غوطه وری و عدم آگاهی از محیط اطراف باعث صدمه در صورت استفاده زیاد مقرون به صرفه نبودن نیاز به داشتن فضای فیزیکی مناسب
Wii	استفاده راحت با استفاده از یک محیط شبیه سازی شده گرافیک جذاب، توانایی ایجاد مشارکت و بالابردن انگیزه بیمار قابلیت استفاده راحت در محیط منزل	احتمال داشتن سطح و محتوای نامناسب تمرینات برای توانبخشی جهت استفاده همه بیماران نیاز به داشتن فضای محیطی مناسب
کینکت	استفاده راحت با استفاده از یک محیط شبیه سازی شده گرافیک جذاب، توانایی ایجاد مشارکت و بالابردن انگیزه بیمار عدم وابستگی به نور، مغناطیس و سایر عوامل محیطی نیاز نداشتن کاربر به هیچ وسیله متصل به بدن مقرون به صرفه در صورت داشتن تجهیزات جانبی مانند مانیتور دقت بالا در استفاده بالینی	احتمال داشتن سطح و محتوای نامناسب تمرینات برای توانبخشی جهت استفاده همه بیماران نیاز به داشتن فضای فیزیکی مناسب
تبلت	گرافیک جذاب، توانایی ایجاد مشارکت و بالابردن انگیزه بیمار مقرون به صرفه و ارزان قیمت و قابل دسترس دریافت توصیه کاربران به صورت متنی، تصویری یا صوتی	نداشتن حساسیت یکسان و عدم امکان فراهم کردن داده های حرکتی مناسب مقرون به صرفه نبودن سر و کار داشتن با سیستم عصبی نیاز داشتن به فضای فیزیکی زیادی جهت انجام حرکات
ربات	اندازه گیری های دقیقی از طریق حسگر عدم نیاز به صرف انرژی فیزیکی زیاد توسط درمانگران	

بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام این مطالعه، بررسی به کارگیری فناوری های نوین در بازتوانی بیماران مبتلا به PD بوده است. این مطالعه، مروری روایتی بوده و منابع مرتبط با موضوع استخراج شد. این تحقیق تجمیعی از مقالات و نظرات متخصصین حوزه انفورماتیک پزشکی و فیزیوتراپی می باشد. با تأکید بر این نکته که توانبخشی مبتنی بر فناوری به عنوان یک مکمل درمان است، بررسی ها نشان داده است که استفاده از فناوری های نوین در توانایی ایجاد مشارکت و بالا بردن انگیزه بیماران جهت انجام تمرینات بازتوانی مؤثر واقع شده است. ضمن اینکه طی بررسی مطالعات مشخص شد که فناوری های VR، Wii و کینکت، بیشتر از فناوری های ربات و تبلت مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده راحت با استفاده از محیط شبیه سازی شده به عنوان مزیت جهت استفاده از فناوری های VR، Wii و کینکت برشمرده می شوند. همچنین جنبه سرگرمی و انگیزشی برنامه های تعبیه شده در این فناوری ها باعث می شود انگیزه شخص برای تداوم انجام تمرینات توانبخشی بیشتر شده و همین امر در بهبود

عملکرد حرکتی نسبت به انجام تمرینات توانبخشی مرسوم مؤثر واقع شود. آنچه باعث تمایز ابزار تبلت می شود، امکان ارائه توصیه کاربران به صورت متنی، تصویری یا صوتی است. در این بین، ابزار کینکت با توجه به داشتن مزیت هایی همچون عدم وابستگی به نور، مغناطیس و سایر عوامل محیطی، داشتن دقت بالا و از همه مهمتر نیاز نداشتن به هیچ وسیله متصل به بدن جهت انجام تمرینات، از سایر ابزارها متمایز می شود. باید در نظر داشت فناوری های نوین VR، Wii، کینکت و همچنین ابزار ربات نیازمند فضای فیزیکی مناسب جهت استفاده در توانبخشی هستند و این امر ممکن است بر استفاده از این فناوری ها تأثیر بگذارد. نداشتن حساسیت یکسان در انواع تبلت و فراهم نشدن داده های حرکتی مناسب، به عنوان چالشی جهت استفاده از ابزار تبلت در نظر گرفته می شود.

با توجه به مطالعات انجام شده، به نظر می رسد با وجود چالش هایی در استفاده از فناوری های نوین جهت توانبخشی بیماران مبتلا به PD، مزایایی همچون مقرون به صرفه بودن، استفاده راحت در منزل، استفاده از یک محیط شبیه سازی شده، دقت بالا، قابل حمل بودن ابزارها و فراهم

منابع

1. Weintraub D, Comella CL, Horn S. Parkinson's disease--Part 1: Pathophysiology, symptoms, burden, diagnosis, and assessment. *Am J Manag Care* 2008; 14(2): 40-48.
2. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008;79(4): 368-376.
3. Dirksen MF, den Ouden HE, Aarts E, Timmer MH, et al. Dopamine controls Parkinson's tremor by inhibiting the cerebellar thalamus. *Brain*. 2017; 140(3): 721-734.
4. Uhrbrand A, Stenager E, Pedersen MS, Dalgas U. Parkinson's disease and intensive exercise therapy--a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Neurol Sci* 2015; 353(1): 9-19.
5. Dockx K, Bekkers EM, Van den Bergh V, Ginis P, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2016; 12(12): 1-21.
6. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8(3): 187-211.
7. Jack D, Boian R, Merians AS, Tremaine M, et al. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2001; 9(3): 308-318.
8. cognihab (2021). Using VR in Rehabilitation - Benefits and Use Cases. [https:// www. cognihab. com/blog/using-vr-in-rehabilitation-benefit](https://www.cognihab.com/blog/using-vr-in-rehabilitation-benefit).
9. Fagan K. Business Insider. [https:// www. businessinsider. com/virtual-reality-vr-side-effects-2018-3](https://www.businessinsider.com/virtual-reality-vr-side-effects-2018-3).
10. Feng H, Li C, Liu J, Wang L, et al. Virtual reality rehabilitation versus conventional physical therapy for improving balance and gait in Parkinson's disease patients: a randomized controlled trial. *Med sci monit* 2019; 25: 4184-4192.
11. Pazzaglia C, Imbimbo I, Tranchita E, Minganti C, et al. Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a

کردن امکان توصیه به کاربران به صورت متنی، تصویری و صوتی باعث به کارگیری بیشتر این فناوری ها در توانبخشی شده و می توانند برای بهبود وضعیت بازتوانی بیماران مبتلا به PD مؤثر واقع شوند. همچنین نیاز داشتن به فضای فیزیکی مناسب جهت انجام تمرینات، غوطه وری و عدم آگاهی از محیط اطراف، احتمال داشتن سطح و محتوای نامناسب جهت تمرینات، استفاده از این ابزارها را با چالش مواجه می کنند.

- randomised controlled trial. *Physiotherapy* 2020; 106: 36-42.
12. Kashif M, Ahmad A, Bandpei MAM, Gilani SA. Combined effects of virtual reality techniques and motor imagery on balance, motor function and activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr*. 2022; 22(1): 1-14.
13. Taylor MJ, McCormick D, Shawis T, Impson R, Griffin M. Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *J Rehabil Res Dev* 2011; 48(10): 1171-1186.
14. Halton J. Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy. *Occupational therapy now*. 2008; 9(6): 12-16.
15. Halton J. Rehabilitation with the Nintendo Wii: Experiences at a rehabilitation hospital. *Occupational therapy now* 2010; 12(3): 11-14.
16. da Silva Ribeiro NM, Ferraz DD, Pedreira É, Pinheiro Í, et al. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii® and conventional physical therapy effectively treat post-stroke hemiparetic patients. *Top Stroke Rehabil*. 2015; 22(4): 299-305.
17. Chao Y-Y, Scherer YK, Montgomery CA. Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: a review of the literature. *J Aging Health* 2015; 27(3): 379-402.
18. Tseklevs E, Warland A, Kilbride C, Paraskevopoulos I, Skordoulis D. The use of the Nintendo Wii in motor rehabilitation for virtual reality interventions: a literature review. *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1* 2014; 68: 321-344.
19. Pompeu JE, dos Santos Mendes FA, da Silva KG, Lobo AM, et al. Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy* 2012; 98(3): 196-204.
20. Herz NB, Mehta SH, Sethi KD, Jackson P, et al. Nintendo Wii rehabilitation ("Wii-hab") provides benefits in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord* 2013; 19(11): 1039-1042.
21. Gonçalves GB, Leite MA, Orsini M, Pereira JS. Effects of using the nintendo wii fit plus platform in the sensorimotor training of gait disorders in Parkinson's disease. *Neurol Int* 2014; 6(1): 1-3.
22. Alabbasi, Hesham. Human motion tracking & evaluation using Kinect V2 sensor. 2015 E-Health and Bioengineering Conference (EHB); IEEE: 2015.
23. Bawa A, Banitsas K, Abbod M. A review on the use of Microsoft Kinect for gait abnormality and postural disorder assessment. *J Healthc Eng* 2021; 2021: 1-18.
24. Mousavi Hondori H, Khademi M. A review on technical and clinical impact of microsoft kinect on physical therapy and rehabilitation. *J Med Eng* 2014; (2014): 1-17.
25. Zhang Z. Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia* 2012; 19(2): 4-10.
26. Lange, Belinda. Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the Microsoft Kinect sensor. 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; IEEE. 2011.
27. Ferraz DD, Trippo KV, Duarte GP, Neto MG, et al. The effects of functional training, bicycle exercise, and exergaming on walking capacity of elderly patients with Parkinson disease: a pilot randomized controlled single-blinded trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2018; 99(5): 826-833.
28. Obdržálek, Štěpán. Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population. 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; IEEE, 2012.
29. Nuic D, Vinti M, Karachi C, Foulon P, Van Hamme A, Welter M-L. The feasibility and positive effects of a customised videogame rehabilitation programme for freezing of gait and falls in Parkinson's disease patients: a pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2018; 15(1): 1-11.
30. Pachoulakis I, Papadopoulos N, Analyti A. Kinect-based exergames tailored to Parkinson patients.

- International Journal of Computer Games Technology 2018; (2018): 1-14.
31. Physiopedia (2013). Gaming Technology in Neurological Rehabilitation. [https:// www. physio-
pedia. com/ Gaming_ Technology_ in_
Neurological_Rehabilitation](https://www.physio-pedia.com/Gaming_Technology_in_Neurological_Rehabilitation).
32. Ellis T, Latham NK, DeAngelis TR, Thomas CA, et al. Feasibility of a virtual exercise coach to promote walking in community-dwelling persons with Parkinson disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2013; 92(6): 472- 485.
33. Wagner L, Deck R. Implementation of an individualized tablet-based training program in the domestic setting following complex treatment of Parkinson's disease—Success factors and barriers. *Der Nervenarzt* 2022; 93(6): 583-596.
34. Möller JC, Zutter D, Riener R. Technology-Based Neurorehabilitation in Parkinson's Disease—A Narrative Review. *Clin Transl Neurosci* 2021; 5(3): 1-7.
35. Gassert R, Dietz V. Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective. *J Neuroeng Rehabil* 2018; 15(1): 1-15.
36. Chen Y, Abel KT, Janecek JT, Chen Y, Zheng K, Cramer SC. Home-based technologies for stroke rehabilitation: A systematic review. *Int J Med Inform* 2019; 123: 11-22.
37. Lo AC, Chang VC, Gianfrancesco MA, Friedman JH, et al. Reduction of freezing of gait in Parkinson's disease by repetitive robot-assisted treadmill training: a pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2010; 7(1): 1-8.
38. Capecchi M, Pournajaf S, Galafate D, Sale P, et al. Clinical effects of robot-assisted gait training and treadmill training for Parkinson's disease. A randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med* 2019; 62(5): 303-315.