Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Summer 2024, Volume 10, Issue 4 10.22034/IJRN.10.4.4

Analysis of Spatio-Temporal Parameters of Gait in Parkinson's Disease: The Effect of Obstacle Crossing and Virtual Reality Environment

Rezvan Bakhtiyarian[1], Mahdi Majlesi[2*], Elaheh Azadian[3]

1- MSc Student of Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
2- Associate Professor of Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
3-Associate Professor of Motor Behavior, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

Corresponding Author: Mahdi Majlesi, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
Email: majlesi11@gmail.com

Received: 2023/2/7 Accepted: 2023/11/27

Abstract

Introduction: Disruptions in the gait patterns of individuals with Parkinson's disease lead to an increased risk of falls in these patients. The aim of the present study is to investigate spatiotemporal gait variables during obstacle crossing in both real and virtual reality environments in individuals with Parkinson's disease and compare them with healthy counterparts.

Methods: In this study, 15 Parkinson's disease and 17 healthy individuals with similar heights, weights, and ages participated through convenience sampling. In this study, four walking tasks were evaluated: normal walking, obstacle crossing, walking in a virtual reality environment, and obstacle crossing in a virtual reality environment. The spatiotemporal gait variables were recorded in terms of both invariant parameters and relative timing using the Vicon motion analysis system. The data were analyzed using independent t-tests, and repeated measures ANOVA, in the SPSS-25 software ($p< 0.05$).

Results: The results showed that variables such as step and stride time, single support time, stance and sway time were significantly higher in the Parkinson's group compared to the control group, while cadence and gait speed were lower in the Parkinson's group ($p < 0.05$). Walking in the virtual reality environment, with or without obstacles, led to decreased speed and increased step and stride time, single support time, and sway. However, relative timing in gait parameters did not change significantly ($p< 0.05$).

Conclusions: According to the results, the virtual reality environment did not have a significant impact on the relative timing of gait parameters. However, when it came to obstacle crossing, there was a noticeable reduction in relative timing variables. These findings suggest that there are distinct movement patterns involved in obstacle crossing, while the gait patterns in the virtual reality environment closely resemble those of normal walking. To validate these results, further studies are required.

Keywords: Parkinson's disease, Gait, Spatiotemporal variables, Obstacle crossing.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۳، دوره ۱۰، شماره ٤
10.22034/IJRN.10.4.4

تحلیل ویژگیهای گام برداری بیماران مبتلا به پارکینسون: تأثیر عبور از مانع و محیط واقعیت مجازی

رضوان بختیاریان[۱]، مهدی مجلسی[۲*]، الهه آزادیان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.
۲- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.
۳- دانشیار رفتار حرکتی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

نویسنده مسئول: مهدی مجلسی، دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.
ایمیل: majlesi11@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۸/ ۱۱/ ۱۴۰۱ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۷/۶

چکیده

مقدمه: اختلال در الگوی راه‌رفتن بیماران پارکینسون منجر به افزایش خطر سقوط در این بیماران می شود. هدف پژوهش حاضر بررسی متغیرهای فضایی-زمانی گام برداری در شرایط عبور از مانع و محیط واقعیت مجازی در افراد مبتلا به پارکینسون و مقایسه آن با همتایان سالم بود.

روش کار: تعداد ۱۵ بیمار مبتلا به پارکینسون و ۱۷ فرد سالم با قد، وزن و سن مشابه، به روش در دسترس در این مطالعه شرکت کردند. در این پژوهش چهار تکلیف راه رفتن عادی، عبور از مانع، محیط واقعیت مجازی و عبور از مانع در محیط واقعیت مجازی ارزیابی گردید. متغیرهای فضایی-زمانی گام برداری در دو بخش پارامترهای ثابت و زمان بندی نسبی با استفاده از سیستم تحلیل حرکتی Vicon ثبت شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون تی تست مستقل و تحلیل واریانس ویژه داده های تکراری در محیط نرم‌افزار SPSS-25 و ($p<۰/۰۵$) استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد متغیرهای زمان گام و قدم، زمان اتکای یک پا، زمان اتکا و نوسان در گروه پارکینسون نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی داری بیشتر است؛ اما کادنس و سرعت گام برداری در گروه پارکینسون کمتر بود ($p<۰/۰۵$). راه‌رفتن در محیط واقعیت مجازی با و بدون وجود مانع موجب کاهش سرعت و افزایش متغیرهای زمان گام و قدم، زمان اتکا و نوسان گردیده بود؛ اما زمان بندی نسبی در پارامترهای گام برداری تغییری نکرده بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: طبق نتایج محیط واقعیت مجازی بر زمان بندی نسبی گام برداری تأثیر معنی داری نداشت، درحالی‌که عبور از مانع – موجب کاهش معنی دار متغیرهای زمان بندی نسبی گردیده بود. این نتایج نشان دهنده متفاوت بودن الگوی حرکتی در عبور از مانع و مشابه بودن الگوی گام برداری در محیط واقعیت مجازی نسبت به راه‌رفتن معمولی می باشد. برای تأیید این نتایج مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

کلیدواژه‌ها: پارکینسون، گام برداری، متغیرهای فضایی زمانی، عبور از مانع.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

مقدمه

بیماری پارکینسون (PD)، یک بیماری مزمن و پیش‌رونده، در دستگاه عصبی مرکزی است که به‌طور عمده سیستم حرکتی بدن را مختل می‌کند (۱،۲). شیوع بیماری پارکینسون تقریباً حدود ۱ تا ۲ درصد در سالمندان بالای ۶۵ سال و ۳ تا ۵ درصد در افراد بالای ۸۵ سال است؛ همچنین سالانه حدود دو سوم از این مبتلایان، سقوط را تجربه می کنند (۳, ۴). یکی از مهم‌ترین عوارض بیماری پارکینسون اختلال در گام‌برداری است (۵-۷)، کاهش سرعت راه‌رفتن، کاهش طول قدم، کشیدن پا روی زمین به‌طوری‌که پا در مرحله نوسان به‌طور کامل از زمین بلند نشود و نیز تغییرپذیری بیشتر در حین راه‌رفتن در این بیماران گزارش شده است (۸, ۹).

مطالعات نشان داده اند عبور از مانع حتی در افراد جوان، با کاهش طول گام و سرعت راه‌رفتن همراه است (۱۰, ۱۱)، سالمندان نیز به دلیل اختلالات حرکتی و حسی مربوط به افزایش سن، در مواجهه با مانع به‌طور معنی داری سرعت راه‌رفتن را در مقایسه با افراد جوان کاهش می دهند (۱۲, ۱۳). راه‌رفتن و عبور از مانع به دلیل افزایش نیاز به حفظ تعادل و تقاضاهای پردازش اطلاعات بیشتر، موجب افزایش خطر سقوط در سالمندان می گردد (۱۴, ۱۵). مطالعات در افراد مبتلا به PD نشان دادند این افراد حین عبور از مانع، دارای عرض گام بیشتر و همچنین زمان بیشتر در متغیر حمایت دو پا بودند (۱۶, ۱۷). این تغییرات احتمالاً یک استراتژی برای به دست آوردن سطح اتکای بیشتر و در نتیجه افزایش ثبات و جلوگیری از سقوط حین گام برداری می باشد (۱۸).

اخیراً، با پیشرفت در فناوری واقعیت مجازی (VR)، کاربرد این روش برای آموزش و توان‌بخشی در افراد مبتلا به مشکلات گام برداری افزایش یافته است (۱۹-۲۳). تأثیر مثبت این روش در سالمندان و بیماران سکته مغزی برای بهبود کنترل قامت، افزایش تحرک و کاهش خطر سقوط نشان داده شده است (۲۴-۲۶). طبق مطالعات، کاربرد VR در توان‌بخشی موجب ایجاد مسیرهای عصبی-عضلانی می گردد که مسئول کنترل یک حرکت خاص هستند، درنتیجه به برقراری مجدد عملکرد حرکتی از دست رفته در افراد بیمار یا مجروح در سطوح جسمانی و ذهنی کمک می کند (۲۷, ۲۸). مطابق با یافته های گذشته، تمرین راه‌رفتن در محیط واقعیت مجازی می تواند منجر به بهبود قابل توجهی در سرعت، طول گام و ثبات راه‌رفتن گردد (۲۹, ۳۰). علاوه بر این، ماهیت همه جانبه و تعاملی VR تجربه جذابی را برای بیماران فراهم می کند که ممکن است منجر به افزایش انگیزه آن‌ها برای شرکت در جلسات درمانی شود (۳۱).

با اینکه روش VR در یک محیط کنترل شده و ایمن اجرا می گردد؛ اما می تواند با قرار دادن افراد در محیط های مختلف مجازی، موجب دستکاری سیستم های حسی ـ حرکتی در آن‌ها گردد و همچنین فرصتی برای مطالعه ویژگیهای گام برداری در افراد مختلف ارائه دهد (۲۸, ۳۲). طبق نظریه برنامه حرکتی تعمیم‌یافته، هر تکلیف حرکتی توسط دو پارامتر متغیر و ثابت کنترل می گردد؛ با تغییر پارامترهای ثابت، مانند زمان‌بندی نسبی، برنامه حرکتی تغییر می کند، اما هنگامی که یک برنامه در شرایط مختلف استفاده می شود، تغییرات فقط در پارامترهای متغیر ایجاد می شود (۳۳, ۳۴). پارامترهای ثابت در این مطالعه شامل زمان بندی نسبی مثل درصدی از زمان چرخه گام برداری که پای موافق یا مخالف از زمین جدا می شوند و پارامترهای متغیر مثل سرعت، کادنس، طول گام و ... بود. با توجه به این موضوع، یکی از اهداف این مطالعه مقایسه پارامترهای ثابت و متغیر گام برداری در شرایط راه رفتن در محیط VR و واقعی و نیز مقایسه بین راه رفتن حین عبور از مانع با راه‌رفتن معمولی بود. با توجه به پیشینه تحقیقات، مبتنی بر تأثیر مثبت تمرینات VR بر گام برداری گروه های مختلف دارای اختلال گام برداری (۳۲, ۳۵)، فرض اول این تحقیق بر این است که استفاده از VR تغییر معنی داری در زمان بندی نسبی ایجاد نمی کند. با توجه به پیشینه تحقیقات، فرض دوم این تحقیق این است که متغیرهای فضایی-زمانی گام‌برداری در افراد مبتلا به پارکینسون در تمام شرایط نسبت به افراد عادی دارای اختلاف هستند.

روش کار

این تحقیق از نوع توصیفی و در گروه مطالعات مقطعی بود. جامعه آماری این پژوهش شامل سالمندان ساکن شهرستان همدان بودند که با استفاده از نرم‌افزار G*Power با $\alpha=0/05$ و توان آماری ۸۰ درصد (۳۶, ۳۷) حداقل ۲۴ آزمودنی برای این مطالعه لازم بود، که با استفاده از نمونه گیری در دسترس انتخاب شدند. از بین مراجعه‌کنندگان به کلینیک تخصصی مغز و اعصاب بیمارستان بعثت همدان، تعداد ۱۵

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

بیمار مبتلا به پارکینسون به عنوان گروه تجربی انتخاب شدند. همچنین از بین سالمندان سالم که داوطلب شرکت در این پژوهش بودند، ۱۷ نفر به عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شد. از کلیه از افراد شرکت‌کننده در پژوهش آزمون کوتاه وضعیت ذهنی (MMSE) به عمل آمد، علاوه بر آن در افراد PD آزمون ارزیابی شناختی مونترال (MoCA) و پرسش‌نامه کیفیت زندگی افراد مبتلا به پارکینسون (PDQL) نیز به عمل آمد.

شرایط ورود برای هر دو گروه، دامنه سنی ۵۰ تا ۷۰ سال، توانایی راه‌رفتن مستقل بدون وسیله کمکی بود؛ در افراد مبتلا به پارکینسون، تشخیص PD اولیه و قرار گرفتن در سطح II و یا III بیماری بر اساس مقیاس هوهن و یاهر ، استفاده از داروها (قرار داشتن در مرحله ON)، بدون ایمپلنت‌های کار گذاشته شده یا تحریک عمیق مغز (۳۸) نیز از معیارهای ورود بودند. ملاک خروج برای هر دو گروه، داشتن سابقه جراحی ارتوپدی در اندام تحتانی طی یک سال گذشته، اختلال در سیستم شنوایی و بینایی که اصلاح‌نشده باشد، اختلال شناختی شدید، استفاده از مواد یا داروهای روان‌گردان، بعلاوه در گروه PD، داشتن اختلال پارکینسون غیرمعمول یا ثانویه و بیماری ها و داروهای مؤثر بر راه‌رفتن، همچنین کسب امتیاز کم تر از ۱۷ در آزمون شناختی MMSE و MoCA و کسب امتیاز زیر صد در پرسش‌نامه کیفیت زندگی (۳۸) نیز از معیارهای خروج بودند. شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه جهت شرکت در آزمون را تکمیل کرده و سپس مراحل انجام آزمون‌ها و چگونگی اندازه‌گیری متغیرها به‌طور کامل برای آن‌ها تشریح گردید. پروتکل این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با شناسه اخلاق IR.IAU.H.REC.1401.001 مورخ ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ مورد تأیید قرار گرفت.

دستگاه تحلیل حرکتی سه بعدی Vicon (Vicon Peak, Oxford, UK) با چهار دوربین سری T20 و با فرکانس ۱۰۰ هرتز، برای تصویربرداری از الگوی راه‌رفتن استفاده شد. مارکرها، کروی شکل و به قطر ۱۴ میلی متر بودند که با استفاده از چسب دو طرفه نواری و بر اساس مدل مارکرگذاری Plug- In Gait Marker Set, Vicon Peak,) Oxford, UK)، به نقاط خاص آناتومیکی هر دو پای شرکت کنندگان متصل شدند. این نقاط شامل خار خاصره قدامی فوقانی و خلفی فوقانی، اپی کندیل خارجی زانو، یک‌سوم پایینی ران، یک‌سوم پایینی ساق، قوزک خارجی، سر متاتارسال دوم و پشت استخوان پاشنه بودند (۳۹). یک مسیر پیاده‌روی ۱۲ متری، در طول آزمایشگاه در نظر گرفته شد که دو تخته نیروی کیستلر در میانه مسیر قرار داشت. یک فضای کالیبراسیون با ابعاد m ۱/۵×۳×۲ در نظر گرفته شد. به خاطر طول فضای کالیبره (۳ متر) آزمودنی می‌توانست دو استراید کامل چپ و راست در داخل فضای کالیبره داشته باشد. تصاویر مارکرها در حافظه کامپیوتر ذخیره و سپس با استفاده از این مختصات و اطلاعات تخته نیرو لحظات مختلف از مراحل گام برداری شناسایی شدند؛ این لحظات شامل تماس پاشنه، جدا شدن پنجه پا از زمین تا تماس مجدد پاشنه با زمین برای هر یک از پاهای چپ و راست می باشد. اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای Vicon Nexus نسخه ۱،۸،۲ و Polygan نسخه ۳،۵،۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده‌های کینماتیکی توسط فیلتر Butterworth مرتبه چهارم و با برش فرکانسی ۶ هرتز فیلتر شدند (۴۰). در همه متغیرها میانگین ۳ تکرار صحیح گام برداری برای محاسبات استفاده شد. اجرای گام برداری زمانی صحیح تلقی گردید که همه مارکرهای اندام تحتانی، طی چرخه گام برداری قابل رؤیت باشند. متغیرهای گام برداری به دو دسته تقسیم شدند: ۱) پارامترهای متغیر فضایی-زمانی شامل طول گام و قدم، زمان گام و قدم، زمان اتکا و نوسان، زمان اتکای تک پا و اتکای دو پایی، متغیرهای کادنس و سرعت راه رفتن، ۲) پارامترهای ثابت فضایی-زمانی شامل زمان بندی نسبی در تماس پای مخالف با زمین، جدا شدن پای مخالف از زمین و جدا شدن پا از زمین که به‌صورت درصدی از زمان چرخه راه‌رفتن استخراج می شوند. برای بدست آوردن زمان اتکا از فرمول ۱ استفاده گردید (۴۱). همچنین زمان نوسان در هر پا، بر اساس پیشینه، مساوی با مرحله اتکای یک پا در پای مخالف می باشد؛ سایر متغیرها نیز به طور مستقیم از نرم افزار Polygon استخراج شد.

1) Stance time x = double support time x + single support time x

فرمول محاسبه زمان اتکا در هر پا. X: برای پای راست یا چپ به صورت جداگانه استفاده گردد.

در این مطالعه چهار تکلیف به شرکت کنندگان ارائه گردید: الف) راه‌رفتن معمولی، ب) راه‌رفتن معمولی و عبور از مانع، ج) راه‌رفتن در محیط واقعیت مجازی طراحی شده در هدست VR، د) راه‌رفتن و عبور از مانع در محیط واقعیت

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

مجـازی طراحـی شـده در هدسـت VR. جنـس مانـع اسـتفاده شـده در ایـن پژوهـش از فـوم پلاسـتیکی قابل‌انعطـاف بـه ابعـاد ۱۵×۶×۶۰ cm بـود کـه در وسـط فضـای کالیبـره قـرار داده شـد (۸). برنامـه واقعیـت مجـازی طراحی‌شـده در هدسـت VR منطبـق بـر محیـط آزمایشـگاه بـود؛ به‌نحوی‌کـه آزمودنـی در حیـن راه‌رفتـن در مسـیر طراحی‌شـده دقیقـاً از روی صفحـه نیروهـا عبـور می‌کـرد. مانـع طراحـی شـده در واقعیـت مجـازی بـا همـان ابعـادی بـود کـه در شـرایط واقعـی اسـتفاده گردیـده بـود.

بـرای بررسـی نرمـال بـودن داده‌هـا و امـکان اسـتفاده از آزمون‌هـای پارامتریـک از آزمـون شـاپیرو ویلـک اسـتفاده شـد. در ایـن مطالعـه بـرای مقایسـه بیـن گروهـی از آزمـون تی تسـت مسـتقل و بـرای بررسـی تأثیـر عبـور از مانـع (OBS) و VR بـر متغیرهـای گام بـرداری از آزمـون آنالیـز واریانـس ویـژه داده‌هـای تکـراری در هـر گـروه اسـتفاده گردیـد. کلیـه مراحـل تحلیـل آمـاری در محیـط نرم‌افـزار SPSS ورژن ۲۵ و بـا سـطح معنـی داری $\alpha<0/05$ اسـتفاده شـد.

یافته ها

مشـخصات دموگرافیـک آزمودنـی هـا در جـدول ۱ نشـان داده شـده اسـت. همان‌طـور کـه مشـخص اسـت، ایـن افـراد در آزمـون MMSE دارای اختـلاف معنـی داری بودنـد.

جدول ۱. ویژگیهای دموگرافیک آزمودنی ها در گروه های مورد مطالعه (میانگین± انحراف استاندارد)

متغیرها	گروه		Sig.
	PD	کنترل	
سن (سال)	۶۱/۶۰ ± ۶/۲۳	۶۰/۵۲ ± ۶/۱۷	۰/۶۲
قد (متر)	۱/۶۴ ± ۰/۱۰	۱/۶۴ ± ۰/۰۹	۰/۸۶
جرم (کیلوگرم)	۶۷/۶۰ ± ۱۰/۵۶	۶۸/۸۸ ± ۱۱/۶۰	۰/۷۵
BMI	۲۵/۱۳ ± ۳/۳۹	۲۵/۷۱ ± ۳/۴۵	۰/۶۴
MMSE	۲۳/۰۰ ± ۳/۷۴	۲۷/۰۷ ± ۲/۴۰	۰/۰۰۲
MoCA	۲۲/۸۰ ± ۳/۱۴	-	
PDQL	۱۱۲/۴۰ ± ۱۲/۶۳	-	

نکته: BMI= شاخص جرم بدن (وزن / مجذور قد)، PD: گروه پارکینسون، MMSE: آزمون خلاصه معاینه روانی، MoCA: آزمون شناختی مونترال PDQL: پرسشنامه کیفیت زندگی پارکینسون

پارامترهای متغیر گام برداری

نتایـج مقایسـه درون گروهـی در جـدول ۲ نشـان داده شـده اسـت. مطابـق بـا نتایـج تأثیـر عامـل OBS و VR در متغیرهـای زمـان گام و قـدم، زمـان اتـکای یـک پـا، و زمـان اتـکا و نوسـان در هـر دو گـروه معنـی دار مـی باشـد ($p<0/05$). راه رفتـن و عبـور از مانـع و یـا راه‌رفتـن در محیـط VR، موجـب افزایـش معنـی داری در ایـن متغیرهـا گردیـد ($p<0/05$). همچنیـن سـرعت راه‌رفتـن در گـروه PD تحـت تاثیـر عبـور از مانـع کاهـش معنـی داری نشـان داد، درحالـی کـه در گـروه کنتـرل در تمـام شـرایط تغییـر معنـی داری نداشـت ($p<0/05$). همچنیـن عامـل OBS و VR در متغیـر کادنـس در هـر دو گـروه تأثیـر معنـی داری داشـتند ($p<0/05$). نتایـج مقایسـه درون‌گروهـی نشـان داد، عامـل OBS در گـروه PD موجـب افزایـش طـول قـدم گردیـد ($p=0/04$)؛ امـا در گـروه کنتـرل، هـر دو متغیـر طـول گام و قـدم در شـرایط OBS و VR افزایـش معنـی داری نشـان دادنـد ($p<0/0001$). بـه طـور کلـی راه رفتـن در محیـط VR همـراه بـا مانـع، بیشـترین تأثیـر بـر متغیرهـای گام بـرداری را نشـان داد.

نتایـج آزمـون بیـن گروهـی در جـدول ۳ نشـان داده شـده اسـت. در تمـام شـرایط گام بـرداری میانگیـن گـروه PD در متغیرهـای زمـان گام و قـدم، زمـان اتـکای دوپـا و یـک پـا، و زمـان اتـکا و نوسـان نسـبت بـه گـروه کنتـرل به‌طـور معنـی¬داری بیشـتر بـود ($p<0/05$)؛ امـا سـرعت و کادنـس در همـه تکالیـف در گـروه PD کمتـر از گـروه کنتـرل بـوده اسـت ($p<0/05$). مقایسـه بیـن گروهـی در متغیرهـای طـول گام و قـدم نشـان داد، ایـن دو متغیـر در گـروه کنتـرل بیشـتر از گـروه PD بـود؛ امـا در وضعیـت VR و همـراه بـا عبـور از مانـع، اختـلاف بیـن آن هـا معنـی دار بـود ($p<0/05$).

زمان بندی نسبی

جـدول ۲ نتایـج تحلیـل عاملـی را نشـان مـی دهـد؛ طبـق ایـن

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

یافته ها عامل OBS در هر دو گروه باعث تغییر معنی دار در متغیرهای فضایی-زمانی مربوط به زمان بندی نسبی گردیده است. مقایسه میانگین ها نشان می دهد راه‌رفتن در شرایط عبور از مانع باعث کاهش این درصدها نسبت به راه رفتن در سایر شرایط در هر دو گروه گردیده است (p<۰/۰۰۰۱). مقایسه بین گروهی نیز نشان داد اختلاف دو گروه در متغیر بلند شدن پای مخالف از زمین در شرایط راه‌رفتن معمولی معنی داری بود (p<۰/۰۵). با توجه به میانگین ها گروه PD به‌طور نسبی درصد زمان بیشتری را در مرحله قبل از بلند کردن پنجه طی کرده بودند و در بقیه شرایط اختلاف بین دو گروه معنی دار نبود.

جدول ۲. بررسی تأثیر عامل واقعیت مجازی و مانع بر متغیرهای فضایی-زمانی هر گروه به صورت مجزا

	گروه PD			گروه کنترل		
	VR	OBS	VR.OBS	VR	OBS	VR.OBS
	F (Sig)	F (Sig)	F (Sig)	F (Sig)	F (Sig)	F (Sig)
زمان گام	۷/۸۵ (۰/۰۱۴)*	۱۳/۴۵ (۰/۰۰۳)*	۱/۰۵ (۰/۳۲۲)	۳۱/۴۲ (۰/۰۰۰)*	۳۴/۱۸ (۰/۰۰۰)*	۱۶/۶۹ (۰/۰۰۱)*
زمان قدم	۴/۸۲ (۰/۰۴۹)*	۱۶/۷۰ (۰/۰۰۱)*	۰/۱۵۲ (۰/۷۰۳)	۲۱/۹۰ (۰/۰۰۰)*	۴۷/۶۶ (۰/۰۰۰)*	۹/۹۶ (۰/۰۰۶)*
زمان اتکای دوپایی	۰/۵۷۵ (۰/۴۶۸)	۱/۰۹ (۰/۳۱۳)	۰/۵۴۶ (۰/۴۷۲)	۲/۳۸ (۰/۱۴۳)	۰/۳۷۴ (۰/۵۴۹)	۱/۴۷ (۰/۲۴۳)
زمان اتکای یک پایی	۱۱/۳۱ (۰/۰۰۵)*	۱۳/۰۸ (۰/۰۰۳)*	۰/۴۲۴ (۰/۵۲۵)	۱۶/۷۹ (۰/۰۰۱)*	۱۱/۷۴ (۰/۰۰۳)*	۹/۲۲ (۰/۰۰۸)*
زمان اتکا	۶/۸۵ (۰/۰۲۰)*	۱/۵۲ (۰/۲۳۷)	۰/۹۰۳ (۰/۳۵۸)	۳۰/۵۹ (۰/۰۰۰)*	۷/۷۱ (۰/۰۱۳)*	۱۸/۸۷ (۰/۰۰۱)*
زمان نوسان	۸/۹۳ (۰/۰۱۰)*	۱۴/۶۵ (۰/۰۰۲)*	۰/۵۹۸ (۰/۴۵۲)	۱۵/۵۱ (۰/۰۰۱)*	۹/۲۰ (۰/۰۰۸)*	۸/۹۸ (۰/۰۰۹)*
کادنس	۶/۲۸ (۰/۰۲۵)*	۱۶/۹۷ (۰/۰۰۱)*	۲/۰۴ (۰/۱۷۵)	۳۸/۶۹ (۰/۰۰۰)*	۳۱/۴۴ (۰/۰۰۰)*	۱۲/۸۵ (۰/۰۰۳)*
سرعت	۰/۰۸ (۰/۷۸۰)	۱۰/۵۰ (۰/۰۰۶)*	۵/۵۹ (۰/۰۳۳)*	۱/۰۱ (۰/۹۲۳)	۲/۴۲ (۰/۱۳۸)	۲/۱۹ (۰/۱۵۸)
طول گام	۱/۸۲ (۰/۱۹۸)	۲/۸۵ (۰/۱۱۴)	۰/۸۱۴ (۰/۳۸۲)	۳۱/۰۱ (۰/۰۰۰)*	۹۱/۳۵ (۰/۰۰۰)*	۳/۸۲ (۰/۰۶۸)
طول قدم	۱/۹۷ (۰/۱۸۳)	۴/۸۹ (۰/۰۴۴)*	۰/۶۳۰ (۰/۴۴۱)	۲۳/۰۹ (۰/۰۰۰)*	۶۴/۹۳ (۰/۰۰۰)*	۱/۶۹ (۰/۲۱۱)
O.F.O	۱/۱۵ (۰/۳۰۲)	۲۳/۷۷ (۰/۰۰۰)*	۱/۶۵ (۰/۲۱۹)	۰/۱۹۷ (۰/۶۶۳)	۱۲/۴۵ (۰/۰۰۲)*	۰/۰۰۱ (۰/۹۸۰)
O.F.C	۱/۱۳ (۰/۳۰۵)	۲۲/۵۸ (۰/۰۰۰)*	۲/۱۶ (۰/۱۶۴)	۰/۲۵۶ (۰/۶۲۰)	۶۰/۴۲ (۰/۰۰۰)*	۰/۶۲۹ (۰/۴۳۹)
F.O	۰/۰۷ (۰/۷۹۰)	۸۲/۸۰ (۰/۰۰۰)*	۰/۳۷۸ (۰/۵۴۸)	۲/۶۴ (۰/۱۳۶)	۸۱/۴۳ (۰/۰۰۰)*	۰/۸۳۴ (۰/۳۷۵)

نکته: *: نشانه تأثیر معنی دار عامل های این پژوهش بر متغیرهای مورد بررسی، اختصارات: VR: عامل واقعیت مجازی، OBS: عامل عبور از مانع، VR.OBS: تعامل بین عامل واقعیت مجازی و مانع، O.F.O: درصدی از زمان که پای مخالف از زمین جدا می شود؛ O.F.C: درصدی از زمان که پای مخالف با زمین تماس می یابد؛ F.O: درصدی از زمان که پای موافق از زمین جدا می شود.

جدول ۳. اطلاعات توصیفی هر یک از متغیرها (میانگین± انحراف استاندارد)، نتایج مقایسه بین گروهی

	راه‌رفتن عادی			راه‌رفتن واقعیت مجازی			راه‌رفتن با مانع			مانع و واقعیت مجازی		
	PD	کنترل	Sig.	PD	کنترل	Sig.	PD	کنترل	Sig.	PD	کنترل	Sig.
زمان گام	۰/۳۰ ± ۱/۳۷	۰/۱۵ ± ۱/۱۵	۰/۰۰۹*	۰/۴۲ ± ۱/۴۶	۰/۱۹ ± ۱/۲۴	۰/۰۴۵*	۱/۳۲ ± ۱/۵۰	۰/۱۸ ± ۱/۱۹	۰/۰۰۱*	۰/۲۷ ± ۱/۶۴	۰/۲۰ ± ۱/۴۰	۰/۰۰۷*
زمان قدم	۰/۱۵ ± ۰/۶۸	۰/۷۷ ± ۰/۵۷	۰/۰۱۲*	۰/۲۳ ± ۰/۷۶	۰/۱۰ ± ۰/۶۳	۰/۰۴*	۰/۱۵ ± ۰/۷۹	۰/۰۱ ± ۰/۶۲	۰/۰۰۱*	۰/۱۵ ± ۰/۸۶	۰/۱۲ ± ۰/۷۴	۰/۰۱۳*
زمان اتکای دوپایی	۰/۱۵ ± ۰/۳۶	۰/۰۵ ± ۰/۲۷	۰/۰۱۳*	۰/۲۴ ± ۰/۳۹	۰/۰۷ ± ۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۱۴ ± ۰/۳۶	۰/۰۸ ± ۰/۲۷	۰/۰۲*	۰/۲۱ ± ۰/۳۸	۰/۰۸ ± ۰/۲۹	۰/۰۷

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

زمان اتکای یک پایی	۰/۴۹ ± ۰/۰۸	۰/۴۴ ± ۰/۰۶	۰/۳۸*	۰/۴۷ ± ۰/۰۹	۰/۴۷ ± ۰/۰۷	۰/۵۳ ± ۰/۱۲	۰/۴۷*	۰/۴۳ ± ۰/۰۷	۰/۵۲ ± ۰/۰۸	۰/۰۵*
زمان اتکا	۰/۸۶ ± ۰/۲۱	۰/۷۱ ± ۰/۱۰	۰/۱*	۰/۹۶ ± ۰/۳۴	۰/۷۵ ± ۰/۱۱	۰/۸۸ ± ۰/۳۴	۰/۴۸*	۰/۶۹ ± ۰/۱۳	۰/۸۱ ± ۰/۱۴	۰/۰۲
زمان نوسان	۰/۴۸ ± ۰/۰۸	۰/۴۵ ± ۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۵۸ ± ۰/۰۹	۰/۴۸ ± ۰/۰۷	۰/۵۲ ± ۰/۱۰	۰/۳*	۰/۴۵ ± ۰/۰۷	۰/۵۳ ± ۰/۱۱	۰/۱۸
کادنس	۹۱/۳۱ ± ۱۷/۷۳	۱۰۶/۰۴ ± ۱۳/۸۸	۰/۰۰۹*	۸۷/۶۹ ± ۱۹/۱۶	۹۹/۳۶ ± ۱۴/۶۰	۸۴/۰۶±۱۶/۰۹	۰/۰۴۱*	۱۰۳/۰۱ ± ۱۴/۷۵	۷۶/۲۱ ±۱۱/۵۴	۰/۰۰۱*	۰/۰۱*
سرعت	۰/۷۹ ± ۰/۲۵	۱/۰۰ ± ۰/۱۶	۰/۰۰۵*	۰/۸۱ ± ۰/۳۰	۱/۰۳ ± ۰/۲۱	۰/۷۵ ± ۰/۲۳	۰/۰۲*	۱/۰۱ ± ۰/۱۷	۰/۷۱ ± ۰/۲۳	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰*
طول گام	۱/۰۲ ± ۰/۴۸	۱/۱۳ ± ۰/۱۱	۰/۱	۱/۰۸ ± ۰/۲۹	۱/۲۵ ± ۰/۱۳	۱/۰۷ ± ۰/۲۰	۰/۰۷	۱/۱۹ ± ۰/۱۴	۱/۱۱ ± ۰/۳۲	۰/۰۷	۰/۰۲*
طول قدم	۰/۵۱ ± ۰/۱۰	۰/۵۷ ± ۰/۵۹	۰/۰۸*	۰/۵۵ ± ۰/۱۵	۰/۶۴ ± ۰/۰۶	۰/۵۳ ± ۰/۱۲	۰/۰۴۷*	۰/۶۰ ± ۰/۰۷	۰/۵۵ ± ۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۸*
O.F.O	۱۳/۷۲ ± ۳/۳۳	۱۱/۵۳ ± ۲/۵۵	۰/۰۴*	۱۱/۶۹ ± ۳/۱۳	۱۰/۹۰ ± ۲/۲۵	۱۱/۹۹ ± ۳/۲۸	۰/۳۹	۱۱/۳۳ ± ۳/۰۰	۱۱/۳۲ ± ۵/۲۴	۰/۵۶	۰/۴۲
O.F.C	۵۰/۲۴ ± ۳/۳۰	۵۰/۰۲ ± ۲/۰۴	۰/۷۷	۴۸/۳۸ ± ۲/۳۶	۴۸/۸۲ ± ۱/۸۹	۴۷/۰۷ ± ۳/۰۸	۰/۵۲	۴۷/۹۳ ± ۲/۱۵	۴۷/۴۰ ± ۳/۰۷	۰/۳۳	۰/۷۰
F.O	۶۲/۴۰ ± ۳/۲۹	۶۱/۲۹ ± ۲/۱۵	۰/۲۶	۶۱/۷۰ ± ۴/۱۶	۶۰/۵۶ ± ۲/۰۰	۵۸/۴۹ ± ۴/۲۸	۰/۳۱	۵۹/۲۰ ± ۳/۵۶	۵۸/۸۴ ± ۵/۲۱	۰/۶۷	۰/۲۱

نکته: *: نشانه اختلاف معنی دار بین دو گروه در متغیرهای مورد بررسی، اختصارات: O.F.O: درصدی از زمان که پای مخالف از زمین جدا می شود؛ O.F.C: درصدی از زمان که پای مخالف با زمین تماس می یابد؛ F.O: درصدی از زمان که پای موافق از زمین جدا می شود.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

بحث

در سال های اخیر استفاده از محیط واقعیت مجازی به‌عنوان یک شیوه تمرینی در افراد مبتلا به پارکینسون در حال افزایش است. نتایج این مطالعه هم راستا با این تحقیقات به‌منظور درک این موضوع بود که راه‌رفتن در شرایط معمولی و عبور از مانع تا چه حدی با شرایط گام برداری در محیط بازسازی‌شده VR مشابه می باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی تأثیر محیط VR بر ویژگی های فضایی- زمانی راه‌رفتن افراد مبتلا به پارکینسون در دو وضعیت گام برداری معمولی و گام برداری حین عبور از مانع بود.

مقایسه بین متغیرهای گام برداری بین افراد PD و گروه کنترل نشان داد، متغیرهای زمان قدم و گام، زمان اتکا و نوسان، زمان اتکای تک پا و همچنین متغیرهای سرعت و کادنس تحت تأثیر بیماری پارکینسون قرار می گیرند. سرعت و کادنس به‌طور معنی داری در این بیماران کاهش یافته اند و بقیه متغیرهای نام‌برده، افزایش معنی داری را نسبت به گروه کنترل نشان داده اند. این امر شاید نشان دهنده تأثیر اختلال در مراکز کنترل حرکتی واقع در قشر لوب قدامی مغز بر کنترل گام برداری باشد. همچنین نتایج مطالعات زیادی نشان داده اند که کاهش سرعت گام برداری نشانه ضعف تعادلی در سالمندان می باشد (۳۷, ۴۱, ۴۲). از سوی دیگر سرعت راه‌رفتن به‌عنوان یک علامت حیاتی در عملکرد جسمانی سالمندان محسوب می‌گردد، به‌طوری‌که کاهش ۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه در سرعت راه‌رفتن با افزایش خطر سقوط در افراد مسن مرتبط است (۴۳). از طرفی نمره آزمون MMSE در گروه PD زیر نقطه برش قرار داشت، که نشاندهنده ضعف شناختی در این گروه می باشد (۳۷, ۴۴). بنابراین ضعف تعادلی و شناختی این افراد ممکن است مهم‌ترین دلیل در ایجاد اختلاف بین متغیرهای گام برداری در گروه PD و گروه کنترل باشد. از طرفی اختلاف بین دو گروه در متغیرهای طول گام و قدم نزدیک به معنی داری و در برخی شرایط مثل راه رفتن معمولی معنی دار بود. متغیرهای طول گام و قدم بیشتر تحت تأثیر ساختار مفاصل، عضلات و اسکلت فرد می باشد که تغییرات آن ها با سالمندی و افزایش سن مرتبط می باشد (۴۵, ۴۶). از طرفی سرعت راه رفتن محصول کادنس و طول طول گام است. کاهش سرعت راه‌رفتن و کنترل قامت در بیماران پارکینسونی به عارضه برادی کینزی و افزایش سفتی عضلانی و پردازش حسی ضعیف مرتبط است (۴۷). پس می‌توان دلایل کاهش سرعت و طول گام را در بیماران پارکینسونی پوسچر خمیده، لرزش و دردهای عضلانی مداوم عنوان کرد که در نتیجه زمان بیشتری برای حفظ تعادل در حین راه‌رفتن صرف می‌شود (۴۸, ۴۹).

نتایج نشان دادند، شرایط مختلف راه‌رفتن یعنی راه‌رفتن حین عبور از مانع و راه‌رفتن در محیط VR تأثیر معنی داری بر تمام متغیرهای گام برداری، داشته اند. با توجه به جداول، عامل عبور از مانع نسبت به عامل VR تأثیر بیشتری بر ویژگی های گام برداری داشته است. مطابق با مطالعات گذشته دو دلیل برای کاهش سرعت راه‌رفتن و کادنس همراه با افزایش زمان گام و قدم در شرایط راه‌رفتن در محیط VR و یا حین عبور از مانع بیان شده است. یکی از دلایل ایجاد چالش شناختی در افراد در پاسخ به تغییرات محیطی می باشد. طبق گزارش ولف و همکاران (۱۹۸۱)، پیچیری و همکاران (۲۰۱۱) و همچنین هوسدروف و همکاران (۲۰۰۶)، راه رفتن در شرایط عادی به شکل ناهوشیار کنترل می شود، درحالی‌که با افزایش سن، بیماری، شرایط جدید و محیط متغیر، به سمت کنترل هوشیارانه انتقال می یابد (۵۰-۵۲). همسو با نتایج مطالعات ذکر شده گام برداری در شرایط جدید مثل محیط VR و یا در حضور مانع، ممکن است موجب کنترل هوشیارانه گام برداری و در نتیجه کاهش سرعت راه‌رفتن می گردد. همچنین دلیل دوم که برای این تغییرات می توان ذکر کرد اجرای راه رفتن محتاطانه در هر دو گروه به ویژه گروه PD می باشد. استفاده از الگوی راه‌رفتن محتاطانه موجب کاهش ریسک سقوط در حین عبور از مانع یا محیط ناآشنای VR می گردد (۱۶).

در این پژوهش فرض بر این بود که متغیرهای زمان بندی نسبی در محیط VR با راه‌رفتن عادی اختلاف معنی داری نداشته باشند. با توجه به نتایج این پژوهش اکثر ویژگی های گام برداری در راه‌رفتن VR نسبت به راه‌رفتن معمولی تغییر کرده است، اما ویژگی های درصدی که نشان دهنده زمان بندی نسبی رخدادهای گام برداری هستند، بدون تغییر باقی مانده‌اند. نتایج این پژوهش نیز مطابق با تئوری طرح‌واره حرکتی اشمیت (۳۳)، نشان دادند، متغیرهای درصدی در شرایط VR و گام برداری واقعی مشابه هستند، بنابراین می توان نتیجه گرفت راه‌رفتن در شرایط VR توسط برنامه حرکتی مشابه با راه‌رفتن عادی کنترل می شود. در نتیجه پیشنهاد می گردد، در توان‌بخشی بیماران PD از تمرینات VR استفاده گردد.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

طبق نتایج این پژوهش متغیرهای درصدی (زمان بندی نسبی) حین عبور از مانع نسبت به شرایط راه‌رفتن عادی کاهش معنی داری یافته بودند. بدین معنی که درصدی از زمان که پای موافق برای عبور از مانع از زمین جدا می شود و درصدی از زمان که پای مخالف با زمین تماس می یابد و یا از زمین جدا می شود نیز نسبت به راه‌رفتن عادی کاهش یافته بود. این امر ممکن است به‌منظور حفظ فاصله با مانع و عدم برخورد با آن ایجاد شود. پژوهش هالمن و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند عبور از مانع موجب تغییر در ویژگی های گام برداری می شود (۴۳). زمان بندی نسبی بین رخدادهای گام برداری در حین عبور از مانع نسبت به راه‌رفتن عادی اختلاف معنی داری داشتند؛ بنابراین طبق این نتایج می بایست برنامه حرکتی مجزایی برای کنترل عبور از مانع در حین گام برداری در سیستم عصبی وجود داشته باشد. نکته مهم دیگر که نتایج این مطالعه به آن اشاره می کنند عدم اختلاف زمان بندی نسبی بین رخدادهای گام برداری در شرایط عبور از مانع در محیط واقعیت مجازی نسبت به محیط واقعی بود، بدین معنی که زمان بندی نسبی مشابهی در عبور از مانع در محیط VR و واقعی وجود دارد و در نتیجه برنامه حرکتی مورد استفاده در محیط VR و محیط واقعی در عبور از مانع نیز یکسان می باشد. بنابراین پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی تأثیر تمرین طولانی مدت راه‌رفتن در محیط VR بر الگوی گام برداری با و بدون عبور از مانع مورد بررسی قرار گیرد، تا بتوان از این نتایج در جهت برنامه ریزی مداخلات درمانی در این افراد بهره برد. از طرفی راه‌رفتن در شرایط VR به دلیل امنیت بیشتر فرد به ویژه در حضور مانع می تواند تأثیر مثبتی بر توان‌بخشی این افراد داشته باشد.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد ضعف شناختی و تعادلی در افراد مبتلا به پارکینسون ممکن است بر متغیرهای گام برداری تأثیر داشته باشد. متغیرهای زمان بندی نسبی راه رفتن حین عبور از مانع نسبت به راه‌رفتن معمولی تغییر معنی داری داشت که نشان دهنده متفاوت بودن الگوی حرکتی در عبور از مانع می باشد. محیط واقعیت مجازی موجب ایجاد چالش و در نتیجه کاهش سرعت گام برداری و افزایش زمان اتکای دوگانه در مبتلایان به PD گردید، اما به دلیل شباهت بین الگوی گام برداری در محیط VR و عادی، پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی تأثیر تمرینات واقعیت مجازی را بر بهبود ظرفیت شناختی و تعادلی مبتلایان به پارکینسون مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رضوان بختیاریان دانشگاه آزاد همدان می باشد. بدین وسیله از تمام آزمونی ها که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

References

1. Hinkle JL, Cheever KH. Brunner and Suddarth's textbook of medical-surgical nursing: Wolters kluwer india Pvt Ltd; 2018.
2. Palmisano C, Brandt G, Vissani M, Pozzi NG, Canessa A, Brumberg J, et al. Gait initiation in Parkinson's disease: impact of dopamine depletion and initial stance condition. Frontiers in bioengineering and biotechnology. 2020;8:137. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00137
3. Alcock L, Galna B, Hausdorff JM, Lord S, Rochester L. Gait & Posture Special Issue: Gait adaptations in response to obstacle type in fallers with Parkinson's disease. Gait & posture. 2018;61:368-74. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.01.030
4. Singh JA, Cleveland JD. Gout and the risk of Parkinson's disease in older adults: a study of US Medicare data. BMC neurology. 2019;19(1):1-8. https://doi.org/10.1186/s12883-018-1234-x
5. García DS, de Deus Fonticoba T, Castro ES, Borrué C, Mata M, Vila BS, et al. Non-motor symptoms burden, mood, and gait problems are the most significant factors contributing to a poor quality of life in non-demented Parkinson's disease patients: Results from the COPPADIS Study Cohort. Parkinsonism & Related Disorders. 2019;66:151-7. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.07.031
6. da Silva DCL, Lemos T, de Sá Ferreira A,

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

Horsczaruk CHR, Pedron CA, de Carvalho Rodrigues E, et al. Effects of acute transcranial direct current stimulation on gait kinematics of individuals with Parkinson disease. Topics in Geriatric Rehabilitation. 2018;34(4):262-8. https://doi.org/10.1097/TGR.0000000000000203

7. Cury RG, Pavese N, Aziz TZ, Krauss JK, Moro E. Gaps and roadmap of novel neuromodulation targets for treatment of gait in Parkinson's disease. npj Parkinson's Disease. 2022;8(1):1-10. https://doi.org/10.1038/s41531-021-00276-6
8. Ambike S, Penedo T, Kulkarni A, Santinelli FB, Barbieri FA. Step length synergy while crossing obstacles is weaker in patients with Parkinson's disease. Gait & Posture. 2021;84:340-5. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.01.002
9. Caetano MJD, Lord SR, Allen NE, Song J, Paul SS, Canning CG, et al. Executive functioning, muscle power and reactive balance are major contributors to gait adaptability in people with Parkinson's disease. Frontiers in aging neuroscience. 2019;11:154. https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00154
10. Patla AE, Adkin A, Martin C, Holden R, Prentice S. Characteristics of voluntary visual sampling of the environment for safe locomotion over different terrains. Experimental brain research. 1996;112:513-22. https://doi.org/10.1007/BF00227957
11. Simieli L, Vitório R, Rodrigues ST, Zago PFP, Pereira VAI, Baptista AM, et al. Gaze and motor behavior of people with PD during obstacle circumvention. Gait & Posture. 2017;58:504-9. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.09.016
12. Orcioli-Silva D, Barbieri FA, Dos Santos PCR, Beretta VS, Simieli L, Vitorio R, et al. Double obstacles increase gait asymmetry during obstacle crossing in people with Parkinson's disease and healthy older adults: A pilot study. Scientific Reports. 2020;10(1):2272. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59266-y
13. Sakurai R, Kodama K, Ozawa Y, Pieruccini-Faria F, Kobayashi-Cuya KE, Ogawa S. Association of age-related cognitive and obstacle avoidance performances. Scientific Reports. 2021;11(1):12552. https://doi.org/10.1038/s41598-021-91841-9
14. Wang Y, Wang S, Bolton R, Kaur T, Bhatt T. Effects of task-specific obstacle-induced trip-perturbation training: proactive and reactive adaptation to reduce fall-risk in community-dwelling older adults. Aging clinical and experimental research. 2020;32:893-905. https://doi.org/10.1007/s40520-019-01268-6
15. Pieruccini-Faria F, Sarquis-Adamson Y, Montero-Odasso M. Mild cognitive impairment affects obstacle negotiation in older adults: results from "gait and brain study". Gerontology. 2019;65(2):164-73. https://doi.org/10.1159/000492931
16. Stegemöller EL, Buckley TA, Pitsikoulis C, Barthelemy E, Roemmich R, Hass CJ. Postural instability and gait impairment during obstacle crossing in Parkinson's disease. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2012;93(4):703-9. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.11.004
17. Galna B, Murphy AT, Morris ME. Obstacle crossing in Parkinson's disease: mediolateral sway of the centre of mass during level-ground walking and obstacle crossing. Gait & posture. 2013;38(4):790-4. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.03.024
18. Assad M, Galperin I, Giladi N, Mirelman A, Hausdorff J, Maidan I. Disease severity and prefrontal cortex activation during obstacle negotiation among patients with Parkinson's disease: Is it all as expected? Parkinsonism & Related Disorders. 2022;101:20-6. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2022.06.006
19. Winter C, Kern F, Gall D, Latoschik ME, Pauli P, Käthner I. Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. Journal of neuroengineering and rehabilitation. 2021;18(1):1-14. https://doi.org/10.1186/s12984-021-00848-w
20. Hadamus A, Błażkiewicz M, Wydra KT, Kowalska AJ, Łukowicz M, Białoszewski D, et al. Effectiveness of Early Rehabilitation with Exergaming in Virtual Reality on Gait in Patients after Total Knee Replacement. Journal of Clinical Medicine. 2022;11(17):4950. https://doi.org/10.3390/jcm11174950
21. Nagashima Y, Ito D, Ogura R, Tominaga T, Ono Y, editors. Development of virtual reality-based gait training system simulating personal home environment. 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

& Biology Society (EMBC); 2021: IEEE. https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9631077
22. D'Antonio E, Tieri G, Patané F, Morone G, Iosa M. Stable or able? Effect of virtual reality stimulation on static balance of post-stroke patients and healthy subjects. Human movement science. 2020;70:102569. https://doi.org/10.1016/j.humov.2020.102569
23. De Keersmaecker E, Lefeber N, Geys M, Jespers E, Kerckhofs E, Swinnen E. Virtual reality during gait training: does it improve gait function in persons with central nervous system movement disorders? A systematic review and meta-analysis. NeuroRehabilitation. 2019;44(1):43-66. https://doi.org/10.3233/NRE-182551
24. Duque G, Boersma D, Loza-Diaz G, Hassan S, Suarez H, Geisinger D, et al. Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. Clinical interventions in aging. 2013;8:257. https://doi.org/10.2147/CIA.S41453
25. Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. American Journal of physical medicine & rehabilitation. 2009;88(9):693-701. https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181b33350
26. Liao Y-Y, Yang Y-R, Cheng S-J, Wu Y-R, Fuh J-L, Wang R-Y. Virtual reality-based training to improve obstacle-crossing performance and dynamic balance in patients with Parkinson's disease. Neurorehabilitation and neural repair. 2015;29(7):658-67. https://doi.org/10.1177/1545968314562111
27. Kim N, Lee B, Kim Y, Min W. Effects of virtual reality treadmill training on community balance confidence and gait in people post-stroke: a randomized controlled trial. J Exp Stroke Transl Med. 2016;9:1-7. https://doi.org/10.4172/1939-067X.1000145
28. Liao Y-Y, Yang Y-R, Wu Y-R, Wang R-Y. Virtual reality-based Wii fit training in improving muscle strength, sensory integration ability, and walking abilities in patients with Parkinson's disease: a randomized control trial. International Journal of Gerontology. 2015;9(4):190-5. https://doi.org/10.1016/j.ijge.2014.06.007
29. Morizio C, Billot M, Daviet J-C, Baudry S, Barbanchon C, Compagnat M, et al. Postural Control Disturbances Induced by Virtual Reality in Stroke Patients. Applied Sciences. 2021;11(4):1510. https://doi.org/10.3390/app11041510
30. Yen H-Y, Chiu H-L. Virtual reality exergames for improving older adults' cognition and depression: A systematic review and meta-analysis of randomized control trials. Journal of the American Medical Directors Association. 2021;22(5):995-1002. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2021.03.009
31. Bond S, Laddu DR, Ozemek C, Lavie CJ, Arena R. Exergaming and virtual reality for health: implications for cardiac rehabilitation. Current Problems in Cardiology. 2021;46(3):100472. https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2019.100472
32. Lei C, Sunzi K, Dai F, Liu X, Wang Y, Zhang B, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: a systematic review. PloS one. 2019;14(11):e0224819. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224819
33. Schmidt RA, Lee TD, Winstein C, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: A behavioral emphasis: Human kinetics; 2018.
34. Shapiro DC, Zernicke RF, Gregor RJ, Diestel JD. Evidence for generalized motor programs using gait pattern analysis. Journal of motor behavior. 1981;13(1):33-47. https://doi.org/10.1080/00222895.1981.10735235
35. Sevcenko K, Lindgren I. The effects of virtual reality training in stroke and Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review and a perspective on usability. European Review of Aging and Physical Activity. 2022;19(1):4. https://doi.org/10.1186/s11556-022-00283-3
36. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior research methods. 2007;39(2):175-91. https://doi.org/10.3758/BF03193146
37. Azadian E, Taheri HR, Saberi Kakhki A, Farahpour N. Effects of dual-tasks on spatial-temporal parameters of gait in older adults with impaired balance. Iranian Journal of Ageing. 2016;11(1):100-9. https://doi.org/10.21859/sija-1101100
38. Wang Y, Gao L, Yan H, Jin Z, Fang J, Qi L, et al. Efficacy of C-Mill gait training for improving walking adaptability in

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]

early and middle stages of Parkinson's disease. Gait & Posture. 2022;91:79-85. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.10.010

39. Majlesi M, Farahpour N, Azadian E, Amini M. The effect of interventional proprioceptive training on static balance and gait in deaf children. Research in developmental disabilities. 2014;35(12):3562-7. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.001
40. Fukaya T, Mutsuzaki H, Wadano Y. Kinematic analysis of knee varus and rotation movements at the initial stance phase with severe osteoarthritis of the knee. The Knee. 2015;22(3):213-6. https://doi.org/10.1016/j.knee.2015.02.012
41. Azadian E, Torbati HRT, Kakhki ARS, Farahpour N. The effect of dual task and executive training on pattern of gait in older adults with balance impairment: A Randomized controlled trial. Archives of gerontology and geriatrics. 2016;62:83-9. https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.10.001
42. Smith-Ray RL, Hughes SL, Prohaska TR, Little DM, Jurivich DA, Hedeker D. Impact of cognitive training on balance and gait in older adults. Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2015;70(3):357-66. https://doi.org/10.1093/geronb/gbt097
43. Hollman JH, McDade EM, Petersen RC. Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. Gait & posture. 2011;34(1):111-8. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.024
44. Silsupadol P, Lugade V, Shumway-Cook A, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, et al. Training-related changes in dual-task walking performance of elderly persons with balance impairment: A double-blind, randomized controlled trial. Gait & Posture. 2009;29(4):634-9. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.01.006
45. Morio Y, Izawa KP, Omori Y, Katata H, Ishiyama D, Koyama S, et al. The relationship between walking speed and step length in older aged patients. Diseases. 2019;7(1):17. https://doi.org/10.3390/diseases7010017
46. Buddhadev HH, Smiley AL, Martin PE. Effects of age, speed, and step length on lower extremity net joint moments and powers during walking. Human Movement Science. 2020;71:102611. https://doi.org/10.1016/j.humov.2020.102611
47. Rennie L, Opheim A, Dietrichs E, Löfgren N, Franzén E. Highly challenging balance and gait training for individuals with Parkinson's disease improves pace, rhythm and variability domains of gait-A secondary analysis from a randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation. 2021;35(2):200-12. https://doi.org/10.1177/0269215520956503
48. Morris M, Iansek R, Matyas T, Summers J. Abnormalities in the stride length-cadence relation in parkinsonian gait. Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society. 1998;13(1):61-9. https://doi.org/10.1002/mds.870130115
49. O'Shea S, Morris ME, Iansek R. Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. Physical therapy. 2002;82(9):888-97. https://doi.org/10.1093/ptj/82.9.888
50. Wolff PH. Theoretical issues in the development of motor skills. Developmental disabilities: Theory, assessment, and intervention: Springer; 1982. p. 117-34. https://doi.org/10.1007/978-94-011-6314-9_9
51. Pichierri G, Wolf P, Murer K, de Bruin ED. Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. BMC geriatrics. 2011;11(1):1-19. https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-29
52. Hausdorff JM, Doniger GM, Springer S, Yogev G, Simon ES, Giladi N. A common cognitive profile in elderly fallers and in patients with Parkinson's disease: the prominence of impaired executive function and attention. Experimental aging research. 2006;32(4):411-29. https://doi.org/10.1080/03610730600875817

[Downloaded from ijm.ir on 2026-10-13]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.4.4]