



Original Article

The Effect of Task Constraints Manipulation Spatiotemporal Parameters of Gait of Elderly Adults

Masoumeh Ghiboalahi¹, Shahab Parvinpour², Marzieh Balalli³, Zahra Entezari³

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

* Corresponding Author: Shahab Parvinpour, E-mail: Shahabpr@khu.ac.ir

How to Cite: Ghiboalahi, M; Parvinpour, Sh; Balalli, M; Entezari, Z. (2024). The Effect of Task Constraints Manipulation Spatiotemporal Parameters of Gait of Elderly Adults. Sport Medicine Studies, 16(40), 81-94. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

Walking is a fundamental motor skill critical for maintaining independence and preventing falls among elderly adults. With advancing age, physiological and psychological changes—such as increased reaction time, reduced balance, diminished neuromuscular coordination, decreased muscle strength, and impaired postural control—often lead to altered gait patterns. These changes, which are not necessarily disease-related, result from a combination of physiological decline, environmental factors, and lifestyle choices, ultimately reducing physical fitness in the elderly. Declining physical fitness can disrupt mobility and increase fall risk, a major concern for this population. Walking, as a primary component of daily movement, is often affected by these age-related changes, making it a key indicator of functional independence in older adults.

Materials and Methods

Identifying factors influencing gait and developing effective interventions to mitigate age-related declines in walking performance have become important research areas. Previous studies have demonstrated that various training methods can positively influence gait patterns, including improvements in walking speed and related parameters. However, the role of environmental and task constraints in modifying gait parameters and reducing fear of falling remains poorly understood. While some research has explored task constraints manipulation, its specific effects on spatiotemporal gait parameters in elderly adults have not been thoroughly investigated.

This semi-experimental study included 30 healthy elderly men aged 59–80 years, randomly assigned to an intervention group (n = 15) or a control group (n = 15). Sample size was determined using G*Power software with an effect size of 0.9. Inclusion criteria included the ability to walk



independently, normal or corrected-to-normal vision, capacity to follow simple instructions, and a Mini-Mental State Examination (MMSE) score above 24 to exclude cognitive impairment. Exclusion criteria included history of injuries limiting movement, medical conditions or medications affecting balance and mobility, and missing more than two consecutive training sessions.

The intervention group participated in an 8-week training program (three sessions per week) involving task constraints manipulation, while the control group maintained normal daily activities. The intervention aimed to limit movement in all three dimensions at varying speeds, challenging participants to adapt their gait patterns. An experienced staff member supervised the program to ensure proper engagement. Gait parameters—including stride length (cm), cadence (steps/min), gait velocity (km/h), and variability of velocity (%)—were measured using the FDM gait analysis system (Zebris, Germany). Cognitive status was assessed using the Persian version of the MMSE. Data were analyzed using SPSS version 22. The Shapiro-Wilk test assessed normality, Levene's test evaluated homogeneity of variances, and one-way analysis of covariance (ANCOVA) compared pre- and post-test results between groups, with significance set at $p < 0.05$.

Results

ANCOVA results revealed significant improvements in the intervention group for several spatiotemporal gait parameters, including stride length ($p < 0.05$), cadence ($p < 0.05$), gait velocity ($p < 0.05$), and variability of velocity ($p < 0.05$). No significant change was observed in stride time ($p = 0.07$). These findings suggest that task constraints manipulation can effectively enhance gait performance in elderly adults by promoting adaptive movement strategies and improving motor control.

Conclusion

This study indicates that task constraints manipulation positively influences spatiotemporal gait parameters in elderly adults, potentially reducing fall risk and improving functional mobility. By creating training conditions that challenge participants to adapt their movement patterns, the intervention may enhance the performance of both peripheral and central systems involved in gait control. Improvements in stride length, cadence, and gait velocity suggest that task constraints manipulation facilitates the development of more efficient and stable walking patterns. These results align with previous research demonstrating the benefits of task-specific training in improving motor performance in older adults. The lack of significant change in stride time may indicate that this parameter is less sensitive to task constraints or may require a longer intervention period for measurable improvements.

In conclusion, task constraints manipulation is an effective intervention for improving gait performance in elderly adults. By promoting adaptive movement strategies and enhancing motor control, this approach may contribute to reducing fall risk and improving daily functional mobility. Future research should explore long-term effects and applicability to other populations, such as those with neurological or musculoskeletal impairments.

Keywords: Gait, Elderly, Falls, Task Constraints, Spatiotemporal Parameters, Balance

Article Message

Based on the findings of this study, training methods utilizing task constraints manipulation appear to be an effective approach for improving and facilitating daily activities, such as walking, in the elderly population. Implementing such methods in elderly training programs can enhance functional abilities and contribute to better overall mobility and quality of life.



تأثیر دستکاری قیود تکلیف بر پارامترهای فضایی زمانی راه رفتن سالمندان سالم

معصومه غیب الهی^۱، شهاب پروین پور^۲، مرضیه بلالی^۳، زهرا انتظاری^۳

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۷، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۷/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

* Corresponding Author: Shahab Parvinpour, E-mail: Shahabpr@khu.ac.ir

How to Cite: Ghiboalahi, M; Parvinpour, Sh; Balalli, M; Entezari, Z. (2024). The Effect of Task Constraints Manipulation Spatiotemporal Parameters of Gait of Elderly Adults. Sport Medicine Studies, 16(40), 81-94. In Persian.

چکیده

برنامه‌های تمرینی می‌توانند اثرات منفی سالمندی بر الگوهای راه رفتن را بهبود ببخشند. اما اثربخشی برنامه‌های تمرینی مبتنی بر دستکاری قیود تکلیف بر الگوهای راه رفتن نامشخص است. ازین‌رو، هدف تحقیق حاضر بررسی اثربخشی تأثیر دستکاری قیود تکلیف بر پارامترهای فضای زمانی راه رفتن سالمندان سالم است. تعداد ۳۰ مرد سالمند سالم به‌صورت تصادفی انتخاب و در دو گروه مداخله و کنترل تقسیم‌بندی شدند. گروه مداخله اقدام به انجام تمرینات دستکاری قیود تکلیف به مدت ۸ هفته و به‌صورت ۳ بار در هفته نمودند. گروه کنترل نیز، طی مدت اجرای تحقیق به فعالیت عادی خود ادامه دادند. پارامترهای کینماتیک راه رفتن با استفاده از تجزیه و تحلیل گامبرداری زیرپرس بررسی شدند. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس با حذف اثر پیش‌آزمون نشان داد شاخص‌های طول استراید، آهنگ، سرعت و تغییرپذیری سرعت در گروه مداخله بهبود معناداری را نسبت به گروه کنترل داشتند ($P < 0.05$). در حالی‌که در شاخص زمان استراید تفاوت معناداری دیده نشد ($P = 0.07$). تمرینات مبتنی بر دستکاری قیود در سالمندان می‌تواند موجب بهبود پارامترهای مرتبط با راه رفتن شده و ازاین‌طریق باعث کاهش میزان خطر سقوط و عوارض متعاقب آن در این گروه سنی شود.

واژگان کلیدی: راه رفتن، سالمندان، زمین خوردن، قیود تکلیف، تعادل.



مقدمه

راه رفتن را می‌توان بازبایی سطح اتکای جدید برای پیشگیری از سقوط‌های پیاپی عنوان نمود. همراه با افزایش سن، برخی تغییرات قابل مشاهده مانند افزایش زمان واکنش، کاهش تعادل، کاهش هماهنگی عصبی-عضلانی، کاهش قدرت عضلانی، کاهش انعطاف‌پذیری، کاهش کنترل قامت و به‌دنبال آن تغییرات در الگوهای راه رفتن به وجود می‌آید و منجر به سقوط و عوارض آن می‌شود (۱، ۲). این تغییرات نه بیماری است و نه نتیجه بیماری؛ بلکه در نتیجه تخریب فیزیولوژیکی، عوامل روان‌شناختی، شرایط محیطی، بیماری، سبک زندگی و یا ترکیبی از این موارد بروز می‌کند. این عوامل در نهایت سبب کاهش سطوح آمادگی جسمانی در افراد سالمند می‌شود. کاهش آمادگی جسمانی می‌تواند عملکرد و قابلیت‌های حرکتی سالمندان را مختل کرده و آن‌ها را در معرض خطراتی مانند افتادن قرار دهد (۳). راه رفتن به‌عنوان یک مهارت پایه محسوب شده و بیشترین بخش فعالیت حرکتی روزمره انسان را به خود اختصاص می‌دهد. این مهارت در دوره سالمندی با مشکلاتی همراه شده و از این منظر به‌عنوان شاخصی برای تعیین میزان دستیابی به استقلال در انجام امور روزمره این گروه سنی محسوب می‌شود. از همین‌رو شناسایی عوامل و محدودیت‌های راه رفتن در سنین سالمندی و روش‌های مؤثر در به تأخیر انداختن بروز مشکلات یاد شده مورد توجه محققان قرار گرفته است (۴). افراد سالمند با افزایش سن دچار تغییراتی در عملکرد عضلانی اندام تحتانی و به تبع آن اختلالاتی در الگوی بیومکانیکی راه رفتن و پارامترهایی نظیر طول گام و سرعت گام می‌شوند و این تغییرات باعث بروز افتادن‌ها، صدمات ناشی از آن و اختلال در راه رفتن می‌شود (۵، ۶). تحقیقات که نشان داده‌اند که انواع روش‌های تمرین می‌تواند بر الگوهای راه رفتن تأثیرگذار باشد و همچنین تمرین می‌تواند سرعت راه رفتن و پارامترهای وابسته به آن را افزایش دهد (۷). نتایج یک بررسی جامع بیانگر این بود که یکی از رویکردهای مؤثر برای کاهش وقوع سقوط ارزیابی و اصلاح محیطی است (۸). با این‌وجود، در این زمینه بررسی‌های بیشتر لازم است زیرا مداخلات متفاوت محیطی، منجر به نتایج مختلفی شده است (۹). قیود تکلیف و محیط در فعالیت‌های شناختی، ادراکی، تصمیم‌گیری و رفتارهای تاکتیکی بسیار حائز اهمیت است. این رویکرد در طراحی تمرین، به جای تکرار مداوم، تأکید بر قرار دادن فرد در محیط پویا دارد (۱۰). قیود تکلیف در زمینه‌های اجرا از قیود محیطی اختصاصی‌ترند و شامل اهداف تکلیف، قوانین ویژه مرتبط با فعالیت، ابزارها یا اسباب مربوط به فعالیت، سطوح فضای زمین، اندازه‌ها و حدود مرزهای مشخص شده مثل تور، خطوط می‌شوند. تغییر عملکرد حرکتی طبق زمینه‌های گوناگون عمل، بخش جدایی‌ناپذیر اکتساب مهارت است و یادگیری سازگار، به افراد اجازه می‌دهد از عهده قیود بدیع مانند تغییر شرایط اجرا برآیند (۱۱). با وجود اینکه از مزایای دستکاری این محیط‌ها ادعاهای زیادی در پشینه پژوهش بیان شده است، اما اثر آن بر میزان ترس از افتادن و پارامترهای راه رفتن هنوز به‌صورت روشن مشخص نشده است. مطالعات دیگر توجه خود را به غنی کردن محیط از طریق دستکاری قیودی تکلیف منعطف کرده‌اند. در این زمینه، شفیع‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که محیط‌های غنی شده با فعالیت بدنی از طریق دستکاری قیود تکلیف باعث کاهش شاخص توده بدنی دانش‌آموزان با اضافه وزن می‌شود (۱۲).

همچنین پژوهشگران بیان کردند آموزش تکالیف عملکردی بر عملکرد شناختی، فعالیت‌های زندگی روزمره و آمادگی عملکردی در سالمندان دارای بیماری آلزایمر تأثیری ندارد؛ هرچند که در عملکردهای اجرایی و در قدرت اندام فوقانی پیشرفت‌های قابل‌توجهی مشاهده شد (۱۳). هرچند که مطالعاتی در حوزه دستکاری قیود تکلیف انجام شده است، اما تأثیر

این نوع مداخلات بر عملکرد بر پارامترهای راه رفتن سالمندان تاکنون به صورت روشنی بیان نشده است. از این رو هدف این تحقیق بررسی تأثیر دستکاری قیود تکلیف بر پارامترهای راه رفتن در سالمندان سالم می باشد.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی، با پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل می باشد. برای این منظور، ۳۰ مرد سالمند سالم وارد تحقیق شده و به صورت تصادفی به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. حجم نمونه ها با استفاده از نرم افزار G power به دست آمد. اندازه اثر آزمون برابر با ۰.۹ بود.

معیارهای ورود به تحقیق شامل: قرارگیری در دامنه سنی بین ۵۹ تا ۸۰ سال، توانایی راه رفتن به طور مستقل، دید طبیعی یا اصلاح شده طبیعی، توانایی دنبال کردن دستورات ساده و مبتلا نبودن به دمانس حافظه (کسب نمره بیش از ۲۴ در آزمون کوتاه وضعیت ذهنی MMSE1)، می شد. معیارهای خروج از تحقیق شامل وجود هرگونه سابقه آسیب و صدمه که باعث ایجاد محدودیت حرکتی شود (۱۴، ۱۵). داشتن بیماری یا مصرف داروهای اثرگذار بر تعادل و حرکت (۱۰) و از دست دادن دو جلسه تمرین پشت سر هم و یا بیش از دو جلسه در طول دوره تمرینی می شد. بعد از انتخاب آزمودنی ها و کسب رضایت نامه از کتبی، آن ها به دو گروه ۱۵ نفره مداخله و کنترل تقسیم شدند. گروه مداخله اقدام به انجام هشت هفته (سه جلسه در هفته) تمرینات دستکاری قیود کرده و گروه کنترل به زندگی عادی خود ادامه دادند.

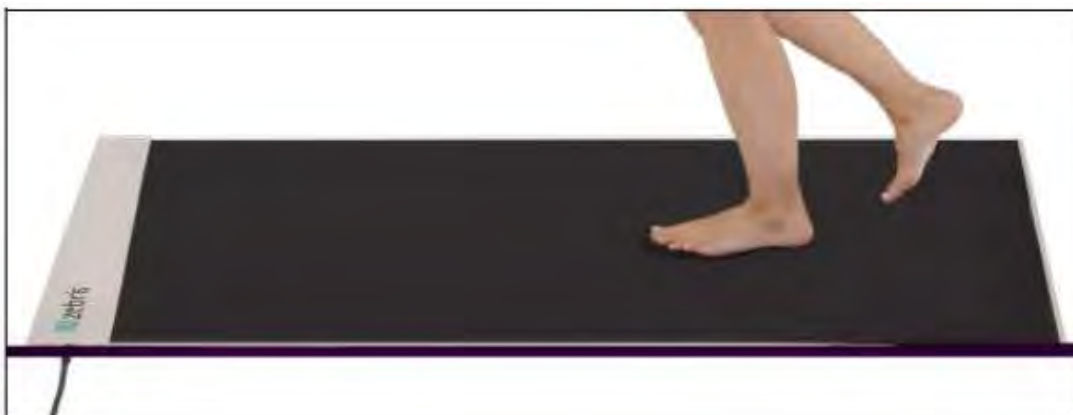
ابزارهای مورد استفاده

پرسشنامه ارزیابی مختصر وضعیت شناختی: برای ارزیابی وضعیت شناختی سالمندان از نسخه فارسی پرسشنامه استاندارد معاینه مختصر وضعیت شناختی فلوستین که در سال ۱۹۷۵ طراحی گردید، استفاده شد. این پرسشنامه به عنوان یک روش عملکردی برای درجه بندی سطوح شناختی به کار میرود که دارای بخش های جهت یابی (ده سؤال)، ثبت اطلاعات (سه سؤال)، توجه و محاسبه (پنج سؤال)، یادآوری (سه سؤال)، مهارت های زبانی (هشت سؤال) و سازندگی (یک سؤال) است. در این پرسشنامه، به هر پاسخ صحیح یک امتیاز تعلق می گیرد و حداکثر نمره کسب شده ۳۰ امتیاز است. فروغان و همکاران روایی این پرسشنامه را ۰/۷۸ و پایایی آن را ۰/۸۴ بیان کردند. افرادی که حداقل نمره ۲۴ را از این پرسشنامه کسب کردند وارد تحقیق شدند (۱۶).

اندازه گیری پارامترهای راه رفتن

همچنین از دستگاه تجزیه و تحلیل گام برداری افدی ام ۲ ساخت شرکت زبریس آلمان ۳ برای اندازه گیری پارامترهای کینماتیکی گام برداری آزمودنی ها استفاده شد. این دستگاه شامل صفحه ای است در ابعاد ۲۱۲ سانتی متر × ۶۰/۵ سانتی متر × ۲/۵ سانتی متر (طول × عرض × ارتفاع) و وزنی حدود ۲۲ کیلوگرم با ۱۵۳۶۰ عدد حسگر فشاری که سطحی با مساحت ۲۰۳/۲ × ۵۴/۲ سانتی متر را پوشانده است. این صفحه اطلاعات مربوط به پارامترهای گام برداری از جمله طول استراید (سانتی - متر)، آهنگ گام برداری (تعداد استراید در دقیقه)، سرعت (کیلومتر بر ساعت) و تغییرپذیری سرعت گام برداری (درصد) را دریافت و از طریق یک کابل برای ثبت در رایانه ارسال می کند (۱۷) (شکل ۱).

1. Mini-Mental State Examination (MMSE)
2. Gait Analysis FDM System
3. Zebris Company



شکل ۱- دستگاه تجزیه و تحلیل گام برداری افدی ام

Figure 1 - FDM Gait Analysis Device

پروتکل تمرینی

از شرکت کنندگان خواسته شد که مداخله ۸ هفته‌ای را انجام دهند. مداخله مبتنی بر اصول آموزش غیرخطی بود که بر دستکاری محدودیت‌های وظیفه به عنوان اشکالی از مهارت‌های حرکتی با حداقل دستورالعمل‌های صریح تأکید داشت (۱۸). طول دوره مداخله ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته، هر جلسه ۵۰ دقیقه بود. در هر جلسه و پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن استاندارد، گروه مداخله در وظایف خاصی شرکت خواهند کرد که فرصت‌های بیشتری برای کشف حرکات بدن فراهم می‌کند. نوع کار به صورت هفتگی تغییر می‌کند (شکل ۱). هدف اصلی همه کارها محدود کردن سالمندان به حرکت در هر سه بعد با سرعت‌های مختلف بود. یکی از کارکنان باتجربه در حیطه کار با سالمندان بر برنامه مداخله نظارت خواهد کرد تا سالمندان را در تکالیف مختلف تمرینی درگیر کند.

جدول ۱- مداخله به کار رفته در پژوهش

Table 1- Intervention used in the study

تغییرات	تکلیف	ابزار	هفته
• سرعت راه رفتن	• سالمندان روی چوب موازنه راه می‌روند	• چوب موازنه (پایه کوتاه- ۵ متری)	اول
• فاصله بین استپ‌ها	• سالمندان از تشک شیب‌دار بالا می‌روند سپس روی استپ‌ها که با فاصله از هم چیده شده- اند قدم برمی‌دارند. در انتها همین مسیر را برمی‌گردند طوری که از شیب بالا به پایین گام بردارند.	• تشک شیب‌دار ژیمناستیک • استپ‌های سایز بزرگ	دوم
• فاصله بین استپ‌ها • چیدمان استپ‌ها	• سالمندان روی استپ‌ها بزرگ و کوچک که با فاصله از هم چیده شده اند گام برمی‌دارند.	• استپ‌های سایز بزرگ • استپ‌های سایز کوچک	سوم

هفته	ابزار	تکلیف	تغییرات
چهارم	• توپ بزرگ پارچه‌ای نرم • توپ کوچک پارچه‌ای نرم	• سالمندان دوتایی در حالی که رو به روی یکدیگر قرار می‌گرفتند توپ را گرفته و روی توری که بین آن‌ها قرار می‌گرفت و با حلقه‌ها محدود می‌شد، پرتاب می‌کردند.	• فاصله‌ی بین حلقه‌ها • ارتفاع نت • توپ‌ها
پنجم	• بوسوبال	• سالمندان از روی بوسوبال که حالت ارتجاعی دارد گام برمی‌دارند	• فاصله بین بوسوبال‌ها
ششم	• استپ‌های بزرگ	• سالمندان از استپ‌های که به حالت پله چیده شده‌اند بالا و پایین می‌روند.	• ارتفاع پله‌های ایجاد شده به وسیله استپ
هفتم	• حلقه	• حلقه‌ها روی زمین کاشته می‌شوند که سالمندان از درون هر حلقه به حلقه بعد می‌پرند	• فاصله بین حلقه‌ها
هشتم	• چوب موازنه • مانع‌های ۵۰ سانتی‌متری	• سالمندان به پهلوی از روی چوب موازنه راه می‌روند و سپس از بین مانع‌های چیده عبور می‌کنند	• سرعت راه رفتن به پهلوی • فاصله بین مانع‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نسخه ۲۲ نرم افزار SPSS انجام شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و همچنین بررسی همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون شاپیرو-ویلک و آزمون لون استفاده شد. برای ارزیابی همگنی شیب خط رگرسیون و برای مقایسه میانگین اطلاعات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌های کنترل و آزمایش از آزمون آنالیز کوواریانس یک‌طرفه استفاده شد. سطح معناداری در سراسر تحقیق کوچکتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار شاخص‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها و همچنین اطلاعات مربوط به تعیین همسانی گروه‌ها در این خصوصیات که به‌وسیله آزمون تی مستقل جمع‌آوری شده، در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج این آزمون نشان داد گروه‌های مطالعه در متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی همگن هستند و بین این گروه‌ها اختلاف معناداری وجود ندارد ($P < 0/05$).

جدول ۲- ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

Table 2- Demographic characteristics of subjects

P-value	Df	t	گروه کنترل Control Group میانگین $\pm$ انحراف استاندارد Mean $\pm$ SD	گروه تجربی Experimental Group میانگین $\pm$ انحراف استاندارد Mean $\pm$ SD	گروه متغیر Group Variable
0.279	28	1.10	57.61 $\pm$ 5.86	52.46 $\pm$ 6.00	سن (سال) Age (years)
0.271	28	1.12	160.00 $\pm$ 5.41	160.00 $\pm$ 6.84	قد (سانتی‌متر) Height (cm)
0.610	28	0.517	74.00 $\pm$ 11.46	72.00 $\pm$ 7.95	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
0.609	28	0.518	28.99 $\pm$ 4.93	28.15 $\pm$ 3.09	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع) Body Mass Index (kg/m ²)

همچنین نتایج آزمون تی مستقل که در جدول شماره ۳ برای بررسی متغیرهای اصلی تحقیق در پیش‌آزمون آمده است، حاکی از آن است که داده‌های مربوط به پارامترهای راه رفتن آزمودنی‌ها در بین دو گروه همسان بوده و تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود ندارد ($P < 0.05$).

جدول ۳- نتایج آزمون تی مستقل برای بررسی پارامترهای راه رفتن

Table 3- Results of independent t-test to check walking parameters

P-value	Df	t	گروه کنترل Control Group میانگین $\pm$ انحراف استاندارد Mean $\pm$ SD	گروه تجربی Experimental Group میانگین $\pm$ انحراف استاندارد Mean $\pm$ SD	گروه متغیر Group Variable
0.28	28	1.54	1.12 $\pm$ 0.84	1.11 $\pm$ 0.6	طول استراید (متر) Stride Length (m)
0.482	28	-0.577	43.22 $\pm$ 5.74	42.15 $\pm$ 6.50	آهنگ (تعداد گام در دقیقه) Cadence (steps per minute)
0.63	28	-0.85	0.74 $\pm$ 0.04	0.7 $\pm$ 0.02	سرعت (متر بر ثانیه) Speed (m/s)
0.55	28	1.75	16.3 $\pm$ 4.52	17.9 $\pm$ 3.32	تغییرپذیری سرعت (درصد) Speed Variability (%)
0.39	28	1.88	1.22 $\pm$ 0.04	1.31 $\pm$ 0.06	زمان استراید Stride Time

نتایج آزمون آنالیز کوواریانس که در جدول شماره ۴ ارائه شده است، نشان داد که پارامترهای راه رفتن آزمودنی‌ها در پس‌آزمون بین دو گروه آزمایش و کنترل در ارتباط با طول استراید ($F=0/836$, $P=0/02$)، نوسانات آهنگ گام‌برداری ($P=0/001$)، سرعت گام‌برداری ($F=27/87$, $P=0/001$) و تغییرپذیری سرعت ($F=33/35$, $P=0/003$) اختلافات معناداری وجود داشت ولی در پارامتر زمان استراید ($F=8/46$, $P=0/007$) اختلاف معناداری وجود نداشت.

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای بررسی اثر مداخله تمرینی بر پارامترهای راه رفتن آزمودنی‌ها
Table 4- The results of the covariance analysis test to investigate the effect of exercise intervention on the subjects' walking parameters

partial η^2	P-value	F	آزمون Post-test Mean $\pm$ SD		گروه Group متغیر Variable
			گروه کنترل Control Group	گروه تجربی Experimental Group	
0.20	0.02	0.836	1.14 $\pm$ 0.34	1.22 $\pm$ 0.05	طول استراید (متر) Stride Length (m)
0.48	0.001	27.875	42.12 $\pm$ 4.34	48.65 $\pm$ 7.30	آهنگ (تعداد گام در دقیقه) Cadence (steps per minute)
0.19	0.014	6.82	0.79 $\pm$ 0.09	1.03 $\pm$ 0.2	سرعت (متر بر ثانیه) Speed (m/s)
0.33	0.003	33.35	15.35 $\pm$ 3.62	8.9 $\pm$ 2.25	تغییرپذیری سرعت (درصد) Speed Variability (%)
0.11	0.07	8.46	1.20 $\pm$ 0.06	1.29 $\pm$ 0.1	زمان استراید Stride Time

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر تمرین دستکاری قیود تکلیف بر پارامترهای فضایی-زمانی راه رفتن سالمندان سالم بود. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی نشان داد، تمرینات دستکاری قیود تکلیف بر پارامترهای راه رفتن شامل طول استراید، آهنگ، سرعت و تغییرپذیری سرعت راه رفتن در گروه مداخله، اثرات مثبت معناداری داشت.

در این رابطه، زیلسترا (۲۰۱۴) طی مطالعه‌ای به بررسی و مقایسه پارامترهای فضایی-زمانی گام‌برداری بین آزمودنی‌های جوانان و سالمندان پرداخت و نشان داد که سالمندان نسبت به جوانان سرعت محدودتر، طول گام کوتاه‌تر و تغییرپذیری بیشتر در پارامترهای زمانی دارند (۱۹). همچنین مطالعات صادقی و همکاران نیز طول گام کوتاه‌تر، آهنگ گام کندتر و سرعت کمتر در بین افراد سالمند نسبت به افراد جوان را گزارش کردند (۲۰). آن‌ها همچنین نشان دادند سرعت راه رفتن نسبت به جوانان ۲۱ درصد کمتر، آهنگ گام‌برداری نسبت به جوانان ۱۳ درصد و طول گام نسبت به جوانان ۱۲ درصد در افراد مسن کمتر است. مرحله اتکا نسبت به جوانان ۲ درصد و زمان آغاز حرکت به جلو ۴ درصد نسبت به جوانان بیشتر است؛ درحالی‌که

در زمان اتکای دوگانه دو گروه تفاوت معناداری دیده نشد. آن‌ها بیان کردند تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان به فاکتورهای مانند کاهش انعطاف‌پذیری عضلات، دامنه حرکت مفاصل و کنترل عصبی-عضلانی سالمندان مرتبط دانستند (۲۱).

با افزایش سن، تغییرات فیزیولوژیکی، اسکلتی - عضلانی و روان‌شناختی بروز می‌کند و در نتیجه محدودیت‌های حرکتی و جسمانی در سیستم‌های مختلف بدن فرد سالمند به وجود می‌آید. به این ترتیب، توانایی افراد مسن در حفظ تعادل و راه رفتن کاهش یافته و راه رفتن فرد آرام‌تر و گام‌هایش کوتاه‌تر می‌شود که هر دو مؤلفه در مقابل تهدیدهای تعادل مهم و ضروری هستند (۲۲).

سرعت یکی از جنبه‌های مهم راه رفتن است. از نظر کلینیکی، کاهش زیاد سرعت راه رفتن، شاخص مهمی برای ارزیابی مشکلات تعادلی بیماران و ریسک افتادن می‌باشد. از آنجا که سرعت راه رفتن به ریتم گام‌برداری وابسته می‌باشد، بهبود ریتم تندتر راه رفتن می‌تواند به افزایش سرعت راه رفتن منجر شود.

برای برداشتن گام سریع‌تر و افزایش تعداد گام در دقیقه، علاوه بر جنبه‌های تعادلی به مجموعه همکاری گروه‌های مختلف عضلانی و کنترل عصبی-عضلانی فعال نیاز می‌باشد. میزان حرکت خم شدن، باز شدن، دور شدن و نزدیک شدن‌ها برای برداشتن یک گام به میزان قدرت و استقامت عضلانی و دامنه حرکتی کافی سبب می‌شود تا طول گام‌ها متناسب با اندازه بدن برداشته شود (۲۳، ۲۴).

از این‌رو، بخشی از بهبود در فاکتورهای مربوط به راه رفتن که خود یکی از مهارت‌های بنیادی انسان است را می‌توان به قانون تمرین نیز مرتبط دانست که این قانون عنوان می‌دارد ارائه تمرین می‌تواند باعث بهبود مهارت‌های حرکتی شود و اگر باقی عوامل موثر را ثابت نگه داریم، میزان پیشرفت در یک مهارت خاص به مقدار تمرین مرتبط است (۲۵).

به نظر می‌رسد ایجاد شرایط تمرینی از طریق دستکاری قیود یا ایجاد تعامل مناسب بین قیود به واسطه استفاده از تمرینات مختلف در سطوح مختلف، موجب تسهیل مهارت، بهبود عملکرد و تشویق سالمندان برای ایجاد انواع راه‌حل‌های حرکتی مناسب برای تسهیل راه رفتن شود. در نتیجه، به یادگیری معنادار و بهبود پارامترهای مختلف راه رفتن در آن‌ها می‌انجامد. همچنین به نظر می‌رسد نیازهای متغیر محیط، تحمیل‌کننده عواملی است که به لحاظ شناختی تأثیر متفاوتی بر فعالیت حرکتی زندگی روزمره‌ای مانند راه رفتن دارند (۲۶). همچنین به نظر می‌رسد ایجاد شرایط تمرینی از طریق دستکاری قیود و یا ایجاد تعامل و رابطه مناسب بین قیود به واسطه استفاده از تمرینات مختلف در سطوح مختلف، موجب تسهیل مهارت، بهبود عملکرد و تقویت سالمندان برای ایجاد انواع راه‌حل‌های حرکتی مناسب برای حفظ بهتر تعادل و در نتیجه بهبود فاکتورهای مختلف راه رفتن می‌شود، در نتیجه، به یادگیری معنادار برای بهبود استراتژی‌های به کارگرفته شده برای راه رفتن در آن‌ها می‌انجامد (۲۷، ۲۸).

کاهش در عملکرد اجزای درگیر در حس عمقی، پاسخ‌های قامتی را کاهش می‌دهد و باعث کندی زمان واکنش حرکات و افزایش خطر افتادن می‌شود. تأثیرات حسی پیکری بر روی کنترل قامتی، به ویژه در اندام تحتانی، که یکی از درگیرترین بخش‌ها در حرکات روزمره انسان است، مشهودتر است. تغییرات این حس می‌تواند به دلیل اختلال مرکزی مانند کاهش توانایی پایش اطلاعات توسط سیستم اعصاب مرکزی باشد و یا به دلیل اختلال در گیرنده‌های محیطی باشد که می‌تواند به دلیل افزایش سن یا ضایعات گوناگون ایجاد شود.

این تغییرات در کل می‌تواند منجر به افزایش میزان نوسان شخص گردد و میزان تطابق شخص با تغییرات محیط کاهش یابد که در نتیجه آن، شخص دچار بی‌ثباتی قامتی و همچنین کاهش توانایی‌های حرکتی مانند راه رفتن شود (۲۹).

به نظر می‌رسد نیازهای متغیر محیط، مانند آنچه در تمرینات دستکاری قیود به کار گرفته می‌شود، می‌تواند تحمیل‌کننده عواملی رشد شناختی محسوب شوند (۳۰) و از این طریق با بهبود عملکرد شناختی و عملکرد کلی سیستم اعصاب مرکزی منجر به بهبود کنترل حرکتی و در نتیجه بهبود پارامترهای راه رفتن در افراد سالمند شود.

پژوهش حاضر نیز همانند تمامی تحقیقات دارای محدودیت‌هایی بوده است. از جمله محدودیت زمانی در اعمال مداخله که تنها امکان اعمال هشت هفته تمرینات بود. شاید اگر تمرینات در بازه طولانی‌تری اجرا می‌شد، نتایج بهتری نیز به دنبال داشت. همچنین محدودیت در کنترل فعالیت‌های بدنی روزانه آزمودنی‌ها، سطح انگیزش هر کدام از آن‌ها و عوامل روحی روانی آزمودنی‌ها که قابل کنترل نبودند.

به نظر می‌رسد ایجاد شرایط تمرینی از طریق دستکاری قیود یا ایجاد تعامل مناسب بین قیود به واسطه استفاده از تمرینات مختلف در سطوح مختلف، موجب بهبود عملکرد سیستم‌های محیطی و مرکزی دخیل در عملکرد جسمانی سالمندان برای ایجاد انواع راه‌حل‌های حرکتی مناسب برای تسهیل راه رفتن می‌شود.

پیام مقاله

در نهایت می‌توان این‌گونه بیان کرد که بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های تمرینی مبتنی بر دستکاری قیود تکلیف می‌تواند راهکار مناسبی در شیوه تمرین در سالمندان برای بهبود و تسهیل فعالیت‌های روزمره مانند راه رفتن و بهره‌مندی از فواید آن باشد.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی سالمندان شرکت‌کننده در این پژوهش و تمامی عواملی که در اجرای پژوهش ما را یاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ribeiro F, Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. Arch Gerontol Geriatr. 2010;51(1):64-7.
2. Mozaffari N, Mohammadi MA, Samadzadeh S. Effect of fall care behaviors training on fear of falling among the elderly people referred to health centers: A double-blind randomized clinical trial. 2018; 24(3):220-32. (Persian)
3. Dal U, Erdogan T, Resitoglu B, Beydagi H. Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. Gait Posture. 2010;31(3):366-9.
4. Blumen HM, Holtzer R, Brown LL, Gazes Y, Verghese J. Behavioral and neural correlates of imagined walking and walking-while-talking in the elderly. Hum Brain Mapp. 2014;35(8):4090-104.
5. Ghasempour H, Sadeghi H, Tabatabai Ghomshe F. The effects of eight weeks muscular endurance training on some kinematics gait parameters in male elderly. Razi J Med Sci. 2017;24(156):49-55. (Persian)
6. Candow DG, Forbes SC, Chilibeck PD, Cornish SM, Antonio J, Kreider RB. Effectiveness of creatine supplementation on aging muscle and bone: focus on falls prevention and inflammation. J Clin Med. 2019;8(4):488.
7. Frankel JE, Bean JF, Frontera WR. Exercise in the elderly: research and clinical practice. Clin Geriatr Med. 2006;22(2):239-56.

8. Gillespie L, Handoll H. Prevention of falls and fall-related injuries in older people. *Inj Prev*. 2009;15(5):354-5.
9. Clemson L, Stark S, Pighills AC, Torgerson DJ, Sherrington C, Lamb SE. Environmental interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;2019(2).
10. Shafizadeh M, Manson J, Fowler-Davis S, Ali K, Lowe AC, Stevenson J, et al. Effects of enriched physical activity environments on balance and fall prevention in older adults: a scoping review. *J Aging Phys Act*. 2020;29(1):178-91.
11. Kaczurkin AN, Foa EB. Cognitive-behavioral therapy for anxiety disorders: an update on the empirical evidence. *Dialogues Clin Neurosci*. 2022.
12. Shafizadeh M, Parvinpour S, Balali M, Pazhuh FS, Broom D. Effects of locomotion task constraints on running in boys with overweight/obesity: The mediating role of developmental delays. *Gait Posture*. 2021; 86:354-9.
13. Pedrosa RV, Ayán C, Fraga FJ, da Silva TM, Cancela JM, Santos-Galduròz RF. Effects of functional-task training on older adults with Alzheimer's disease. *J Aging Phys Act*. 2018;26(1):97-105.
14. Orishimo KF, Kremenik IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(11):1587-93.
15. del Pozo-Cruz B, Gusi N, Adsuar JC, del Pozo-Cruz J, Parraca JA, Hernandez-Mocholí M. Musculoskeletal fitness and health-related quality of life characteristics among sedentary office workers affected by sub-acute, non-specific low back pain: a cross-sectional study. *Physiotherapy*. 2013;99(3):194-200.
16. Foroughan M, Jafari Z, Shirin BP, Ghaem MFZ, Rahgozar M. Validation of mini-mental state examination (MMSE) in the elderly population of Tehran. 2008;2(10):29-37. (Persian)
17. Aung N, Bovonsunthonchai S, Hiengkaew V, Tretriluxana J, Rojasavastera R, Pheung-Phrarattanatrai A. Concurrent validity and intratester reliability of the video-based system for measuring gait poststroke. *Physiother Res Int*. 2020;25(1):e1803.
18. Nithianantharajah J, Hannan AJ. Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nat Rev Neurosci*. 2006;7(9):697-709.
19. Zijlstra W. Assessment of spatio-temporal parameters during unconstrained walking. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(1):39-44.
20. Sadeghi H, Prince F, Zabjek KF, Allard P. Sagittal-hip-muscle power during walking in old and young able-bodied men. *J Aging Phys Act*. 2001;9(2):172-83.
21. Sadeghi H, Norouzi HR. Spatio-Temporal Parameters' Changes in Gait of Male Elderly Subjects. *Iran J Ageing*. 2010;4(2). (Persian)
22. Yamaguchi T, Suzuki A, Hokkirigawa K. Required coefficient of friction in the anteroposterior and mediolateral direction during turning at different walking speeds. *PLoS One*. 2017;12(6):e0179817.
23. Doi T, Makizako H, Shimada H, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Sawa R, et al. Effects of multicomponent exercise on spatial-temporal gait parameters among the elderly with amnesic mild cognitive impairment (aMCI): Preliminary results from a randomized controlled trial (RCT). *Arch Gerontol Geriatr*. 2013;56(1):104-8.
24. Aboutorabi A, Arzpour M, Bahramizadeh M, Hutchins SW, Fadayevatan R. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. *Aging Clin Exp Res*. 2016;28(3):393-405.
25. Moy B, Renshaw I, Davids K, Brymer E. Overcoming acculturation: physical education recruits' experiences of an alternative pedagogical approach to games teaching. *Phys Educ Sport Pedagog*. 2016;21(4):386-406.
26. Buszard T, Farrow D, Reid M, Masters RS. Scaling sporting equipment for children promotes implicit processes during performance. *Conscious Cogn*. 2014;30:247-55.
27. Hill K, Womer M, Russell M, Blackberry I, McGann A. Fear of falling in older fallers presenting at emergency departments. *J Adv Nurs*. 2010;66(8):1769-79.
28. Roos PE, Dingwell JB. Neuronal noise influences gait variability and fall risk in a dynamic walking model. 2010: Citeseer.

29. Lövdén M, Schaefer S, Pohlmeier AE, Lindenberger U. Walking variability and working-memory load in aging: a dual-process account relating cognitive control to motor control performance. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 2008;63(3):P121-P8.
30. Hong S, Huang H, Yang M, Wu H, Wang L. Enriched environment decreases cognitive impairment in elderly rats with prenatal mobile phone exposure. *Front Aging Neurosci.* 2020; 12:162.

