



Original Article

Effect of Single and Dual Task Balance Training with Fixed and Variable Priority on Gait Speed, Cognitive Function and Fear of Falling in Older Adults

Hamideh Iranmanesh^{1*} , Hesam Iranmanesh² , Nahid Ghasemi³  Setareh Gholami Nezhad⁴ 

1. Department of Sport Management and Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2. Department of Sport Management and Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.

4. MS in Motor Behavior, Tehran, Iran.

Received: 29/12/2023, Revised: 02/08/2024, Accepted: 11/09/2024

Abstract

Purpose: The aim of this study was to investigate the effects of single and dual-task training with fixed and variable priority on gait speed, cognitive performance, and fear of falling in older adults.

Methods: Forty-eight older adults aged over 65 years from Kerman city, were randomly assigned to four 12-per Forty-eight older adults (aged over 65 years) from Kerman city were randomly assigned to one of four groups (dual-task with fixed priority, dual-task with variable priority, single-task, and control). The experimental groups performed standing, transfer, and walking exercises over a four-week period (three sessions per week). Dependent variables were assessed using the Timed Up and Go (TUG) test under single- and dual-task conditions, a serial reaction time task, and the Falls Efficacy Scale (FES).

Results: Analysis of covariance revealed that all three experimental groups showed significant improvements across most measures compared to the control group ($P < 0.05$). Furthermore, the dual-task groups (both fixed and variable priority) demonstrated superior outcomes to the single-task group in most assessments, except for the single-task TUG condition and fear of falling ($P < 0.05$).

Conclusion: Both single- and dual-task balance training enhance motor and cognitive performance in older adults. This approach promotes faster information processing and reduces interference between concurrent tasks. Increasing the variability of prioritization in elderly exercise programs improves balance, coordination, and the transfer of skills to daily activities.

Keywords: Falling, Balance Training, Variability, Serial Reaction Time.

* Corresponding Author: Hamideh Iranmanesh, Tel: +98-9139962802, E-mail: h.iranmanesh@uk.ac.ir

How to Cite: iranmanesh, H., Iranmanesh, H., Ghasemi, N., GholamiNezhad, S. Effect of Single and Dual Task Balance Training with Fixed and Variable Priority on Gait Speed, Cognitive Function and Fear of Falling in Older Adults. *Sports Psychology*, 2024; 16(2): 325-350. In Persian.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Background and Purpose

Aging is accompanied by important changes in cognitive and motor functions, which can greatly impair the ability of older adults to carry out daily activities—particularly in complex or multitasking situations. One major consequence of these changes is an increased risk of falling, recognized as a leading cause of mortality, disability, and diminished quality of life among the elderly. Falls not only result in physical injuries such as bone fractures and concussions, but also lead to psychological effects, including fear of falling, reduced self-confidence, and decreased social participation. Recent research highlights the importance of the ability to perform cognitive and motor tasks simultaneously—referred to as "dual functioning"—in maintaining balance and preventing falls. However, older adults often experience a decline in performance under dual-task conditions due to diminished cognitive and motor capacities. As a result, dual-task balance exercises have emerged as a promising rehabilitation strategy to enhance these abilities.

The prioritization method used in these exercises—whether fixed or variable—may influence their effectiveness. Specifically, variable prioritization has the potential to improve cognitive flexibility and reduce task interference. Given the significance of this issue, the present study aims to evaluate the effectiveness of balance exercises performed as single and dual tasks, with both fixed and variable prioritization, on three key indicators related to fall risk in older adults: walking time, cognitive function, and fear of falling.

Materials and Methods

In this quasi-experimental study, 48 older adults over the age of 65 from Kerman, Iran, who met the inclusion criteria, were randomly assigned to four 12-person groups: single-task training, dual-task training with fixed prioritization, dual-task training with variable prioritization, and a control group. The intervention groups participated in balance training sessions three times per week for four weeks, with each session lasting 45 minutes. Training included standing, transitional, and walking activities designed with progressive motor difficulty and safety considerations. Walking time was assessed using the Timed Up and Go (TUG) test under both single-task and dual-task conditions. Cognitive performance was measured using the Serial Reaction Time Test, and fear of falling was evaluated using the Falls Efficacy Scale. Data were analysed using ANCOVA and Bonferroni post hoc tests at a significance level of 0.05.

Results

The analysis revealed significant improvements in all outcome measures for the intervention groups compared to the control group ($P < 0.05$). Furthermore, both dual-task groups outperformed the single-task group ($P < 0.05$). Notably, the dual-task group with variable prioritization showed superior performance in the dual-task TUG and reaction time tests compared to the fixed prioritization group ($P < 0.05$). However, no significant differences were observed between these two groups in single-task TUG or fear of falling scores ($P \geq 0.05$).

Conclusion

The findings of this study underscore the critical role of structured balance training in enhancing both motor and cognitive functions among the elderly. While all training modalities—single-task and dual-task—led to significant improvements across the measured indicators, dual-task training with variable priority demonstrated superior effectiveness. This approach not only improved walking speed and cognitive reaction time but also enhanced the ability to adapt to complex situations and perform cognitive and motor tasks simultaneously. Such capabilities are essential for older adults, particularly in unstable or unpredictable environments. The enhanced outcomes associated with variable priority training can be attributed to its dynamic and flexible nature, which engages key executive brain functions such as working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility. These functions, which naturally decline with age, are vital for fall prevention and maintaining independence.

Interestingly, the absence of a significant difference in fear of falling between dual-task groups suggests that while cognitive-motor training improves performance, additional interventions—such as cognitive-behavioural therapy or environmental modifications—may be necessary to effectively address psychological factors related to fall risk.

From a clinical and rehabilitation standpoint, the results advocate for the inclusion of dual-

task balance training with variable priority as a strategic component in fall prevention programs for older adults. These exercises can be tailored to individual capabilities and progressively intensified to sustain motivation and challenge. Furthermore, the study highlights the importance of integrating both physical and cognitive elements into intervention design, moving beyond traditional motor-centric approaches.

In summary, dual-task balance training with variable priority represents a novel, evidence-based method for improving functional mobility, cognitive processing, and motor safety in the elderly. Its implementation in rehabilitation settings and community programs holds promise for reducing fall-related injuries and fostering healthy aging.

Funding

This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement

We sincerely thank all the participant who collaborated in this research.



نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر تمرینات تعادلی تکلیف منفرد و دوگانه با اولویت ثابت و متغیر بر زمان راه رفتن، عملکرد شناختی و ترس از افتادن سالمندان

حمیده ایرانمنش^{۱*} , حسام ایرانمنش^۲ , ناهید قاسمی^۳ , ستاره غلامی نژاد^۴ 

۱. گروه مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲. گروه مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

۴. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۸، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

چکیده

هدف: هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر تمرینات تعادلی تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر بر سرعت راه رفتن، عملکرد شناختی و ترس از افتادن در سالمندان بود.

روش‌ها: در این مطالعه، ۴۸ سالمند ۶۵ سال و بالاتر به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۲ نفره (شامل گروه‌های تمرین تکلیف دوگانه با اولویت ثابت، تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، تکلیف منفرد و گروه کنترل) قرار گرفتند. گروه‌های تجربی به مدت ۴ هفته و هر هفته ۳ جلسه، تمرینات تعادلی (شامل تمرینات ایستادگی، انتقالی و راه رفتن) را اجرا کردند. متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون بلند شدن و راه رفتن در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه، آزمون زمان واکنش زنجیره ای و مقیاس کارآمدی افتادن مورد سنجش قرار گرفت. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که افراد در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل، بهبود معنی داری در عملکرد آزمون‌ها داشتند ($P < 0.05$). همچنین، گروه‌های تکلیف دوگانه در مقایسه با گروه تکلیف منفرد، اجرای بهتری را (به جز در آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد و مقیاس کارآمدی افتادن) نشان دادند ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها حاکی از آن است که هر دو نوع تمرین تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه منجر به بهبود عملکرد حرکتی و شناختی در سالمندان می‌شوند. با این حال، افزایش تغییرپذیری در اولویت‌دهی ضمن تمرین، تعادل، هماهنگی و قابلیت انتقال مهارت‌ها به فعالیت‌های روزمره را در سالمندان ارتقا می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: زمین خوردن، تمرینات تعادلی، تغییرپذیری، زمان واکنش زنجیره ای.

* Corresponding Author: Hamideh Iranmanesh, Tel: +98-9139962802, E-mail: h.iranmanesh@uk.ac.ir

How to Cite: Iranmanesh, H., Iranmanesh, H., Ghasemi, N., GholamiNezhad, S. Effect of Single and Dual Task Balance Training with Fixed and Variable Priority on Gait Speed, Cognitive Function and Fear of Falling in Older Adults. *Sports Psychology*, 2024; 16(2): 325-350. In Persian.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

افتادن به عنوان تغییر ناخواسته و وضعیت بدن اطلاق می گردد که منجر به تماس فرد با سطح زمین یا دیگر سطوح پایین تر می شود. این پدیده، دومین عامل مرگ و میر در جمعیت سالمندان محسوب شده و به عنوان یک چالش عمومی سلامت شناخته می شود که نادیده گیری آن، هزینه های اقتصادی قابل توجهی بر نظام های درمانی تحمیل می کند (۱). با توجه به چند بعدی بودن پدیده افتادن، شناسایی و درک عوامل مؤثر بر آن از اهمیت حیاتی برخوردار است. این عوامل به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: عوامل درونی که شامل اختلالات تعادل، کاهش عملکردهای شناختی وابسته به سن، و تغییرات روانشناختی مانند کاهش اعتماد به نفس حرکتی و افزایش ترس از افتادن عوامل بیرونی که شامل عوامل محیطی نظیر سطوح نامناسب، تجهیزات نایمن و موانع فیزیکی (۲). برخی پژوهشگران تأکید دارند که تدوین راهکارهای برای تعدیل و اصلاح این عوامل، نقشی تعیین کننده در ارتقای کیفیت زندگی سالمندان و کاهش پیامدهای ناشی از افتادن ایفا می کند (۳، ۴).

همان طور که پیش تر اشاره شد، کاهش اعتماد به نفس حرکتی و افزایش ترس از افتادن، از عوامل درونی مؤثر بر زمین خوردن سالمندان محسوب می شوند که تحرک پذیری^۱ آنها را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می دهد. نگرانی ناشی از

زمین خوردن، کیفیت زندگی سالمندان را کاهش می دهد (۵). این اثر به ویژه در فعالیتهای شناختی- حرکتی پیچیده، که نیازمند انجام همزمان چندین تکلیف هستند، تشدید می شود؛ فعالیتهایی که به فراوانی در زندگی روزمره افراد یافت می شوند (۶، ۳). علاوه بر این، اختلال در تعادل نیز به عنوان یکی از عوامل مهم درونی، منجر به افتادن در افراد سالمند می شود. تعادل عبارت است از توانایی حفظ موقعیت بدن بر روی سطح اتکا و ثبات مرکز ثقل بدن. سیستم کنترل وضعیت و تعادل یک مکانیزم مرکب و پیچیده است که هماهنگی سه سیستم تعادلی شامل سیستم بینایی سیستم دهلیزی و سیستم حسی پیکری در آن نقش بسزایی دارد (۷). اختلال در تعادل می تواند ناشی از تغییرات حرکتی وابسته به سن (مانند کاهش تراکم استخوانی، اختلالات بینایی و ضعف عضلانی) یا اختلال در عملکرد شناختی (شامل کنترل توجه، کارکردهای اجرایی و حافظه) باشد (۸). ضعف در عملکرد شناختی می تواند به صورت مستقیم بر تعادل و راه رفتن سالمندان تأثیر منفی بگذارد (۹).

با افزایش سن، اختلال در نواحی قشری که مسئول پردازش های حسی- حرکتی مربوط به تعادل هستند، منجر به افزایش منابع شناختی و توجهی بیشتری می شود. در این شرایط، سیستم عصبی مرکزی قادر به پردازش مناسب حجم بالای اطلاعات حسی وارده از منابع مختلف به صورت همزمان نیست (۱۰). روند

افزایش سن توانایی افراد برای مدیریت کردن اجزای تکلیف به صورت همزمان اجرا می شوند، کاهش پیدا می کند. همچنین، توانایی مدیریت اجزای تکلیف همزمان با افزایش سن کاهش می یابد. از این رو، نیازهای پردازشی فعالیت های شناختی در الگوی تکلیف دوگانه که همزمان با تکلیف حرکتی انجام می شوند؛ به مراتب بیشتر از زمان اجرای تکلیف منفرد (به صورت جداگانه) است (۱۱). این تداخل در اجرای تکلیف دوگانه هنگام راه رفتن، به عنوان یک چالش اساسی در تحرک سالمندان، نگرانی های جدی در زمینه سلامت عمومی ایجاد کرده و منجر به اختلال تعادل، افزایش ترس از زمین خوردن و در نتیجه بالا رفتن خطر زمین خوردن می شود (۱۲).

به منظور کاهش این تداخل، محققان از تمرینات تعادلی تکلیف دوگانه استفاده کرده اند. در این نوع تمرینات، فرد می بایست تکالیف شناختی و تعادلی را به صورت همزمان اجرا نماید. آنان نشان دادند که تمرینات تعادلی تکلیف دوگانه از طریق افزایش هماهنگی (۱۳)، کاهش نیازهای پردازشی (۱۴، ۱۵) و افزایش بار شناختی در حین تمرین (۸) به پردازش دقیق تر و کاهش تداخل در اجرای فعالیت های چندگانه روزمره منجر می شود (۱۶). در مقابل، برخی پژوهشگران معتقدند تمرینات تعادلی تکلیف منفرد (تمرکز صرف بر تکلیف تعادلی) با افزایش خودکاری وابسته به تکلیف، می تواند تداخل در اجرای تکالیف همزمان را کاهش دهد (۱۶، ۱۷).

بنابراین، این یافته های متناقض احتمالاً ریشه در نظریه های متفاوت در این حوزه دارد (۶). برخی پژوهشگران بر اساس نظریه ظرفیت محدود توجه^۲، پیشنهاد می کنند که تداخل در اجرای تکالیف دوگانه زمانی رخ می دهد که تکالیف برای اجرا بر سر منابع توجهی مشترک رقابت کنند؛ به ویژه زمانی که نیازهای توجهی تکالیف از ظرفیت منابع موجود فراتر رود. در این شرایط، عملکرد یک یا هر دو تکلیف همزمان مختل می شود (۱۸). بر اساس این دیدگاه، تمرین به روش تکلیف منفرد و دوگانه با افزایش خودکاری در اجرای تکلیف و کاهش نیازهای پردازشی (از طریق افزایش منابع در دسترس)، منجر به بهبود عملکرد تعادلی و کاهش ترس از زمین خوردن به یک میزان در سالمندان می شود (۲)، (۱۹). در مقابل، برخی محققان اشاره می کنند که علاوه بر نظریه ظرفیت محدود توجه و فرضیه خودکاری تکلیف، سازوکارهای دیگری در فرآیند تداخل ناشی از اجرای همزمان تکالیف نقش دارند. در این راستا، فرضیه یکپارچگی تکلیف^۳ این تفاوت ها را توجیه می کند که برخلاف نظریه قبلی، بر هماهنگی ساختاری بین تکالیف تأکید دارد (۲۰).

این فرضیه نشان می دهد که نیازهای توجهی در تکلیف دوگانه، لزوماً معادل با مجموع نیازهای توجهی در هر یک از اجزای تکالیف نیست. بر اساس این دیدگاه، دو تکلیف همزمان را نمی توان اعمالی

کاملاً مستقل دانست. سیستم حرکتی، از طریق برنامه‌ریزی یکپارچه، تکالیف همزمان را با یکدیگر تلفیق کرده و با تمرین، هماهنگی بین آن‌ها ایجاد می‌کند. از این رو، الگوی یکپارچگی تکلیف تأکید می‌کند که ایجاد هماهنگی و یکپارچگی مؤثر و کافی بین دو تکلیف در طول تمرینات تکلیف دوگانه، برای بهبود عملکرد در شرایط همزمان (تکلیف دوگانه) ضروری است. علاوه بر این، بر اساس این فرضیه، بهبود عملکرد در شرایط تکلیف دوگانه فقط در پی تمرینات همزمان (نه تمرینات منفرد) رخ می‌دهد. بنابراین، تمرین همزمان تکالیف حرکتی و شناختی (نه به صورت جداگانه)، به توسعه هماهنگی بین تکالیف و بهبود عملکرد در شرایط دوگانه منجر می‌شود (۱۳، ۲۱).

بر اساس این دیدگاه، مهارت‌هایی که در ابتدا از هم جدا هستند، با تمرین روش تکلیف دوگانه به یک مهارت رده بالاتر تبدیل می‌شوند. در این حالت، دیگر دو تکلیف مجزا وجود ندارد، بلکه یک تکلیف واحد تلفیق شده شکل می‌گیرد. در نتیجه، با کاهش تداخل در اجرای همزمان تکالیف، عملکرد حرکتی و شناختی فرد بهبود می‌یابد (۲). برخی از محققین با حمایت از این دیدگاه اشاره داشتند که تمرینات تعادلی به صورت تکلیف دوگانه از طریق افزایش هماهنگی (۱۳)، بهبود توانایی تقسیم توجه (۱۴)، تسهیل فرآیند انتقال حرکتی (۲۲، ۲۳) به صورت معناداری عملکرد تعادلی و شناختی سالمندان را

نسبت به تمرین تکلیف منفرد ارتقا می‌بخشد (۱۳)، (۲۴).

لذا با توجه به مطالب پیشین، یافته‌های متناقض و پراکنده‌ای در خصوص اثربخشی برنامه‌های تمرینی تعادلی تکلیف منفرد و دوگانه هم از نظر کاربردی و هم از جنبه نظری وجود دارد. از یک سو، اغلب پژوهش‌های گذشته بر روی سالمندان مبتلا به اختلال تعادل (۱، ۷)، دارای بیماری‌های خاص همانند پارکینسون (۲۵) و یا جامعه آماری کوچک (۱۶) متمرکز بوده است. از سوی دیگر، مطالعات محدودی بر سالمندان سالم انجام شده و نکته قابل توجه این است که اکثر این تحقیقات صرفاً اثربخشی برنامه‌های تمرینی تعادلی تکلیف منفرد و دوگانه را بر عوامل فیزیولوژیک مرتبط با تعادل سنجیده‌اند (۲۶). در حالی که عملکرد شناختی و روان‌شناختی مرتبط با زمین‌خوردن را نادیده گرفته‌اند.

افزون بر این، در اکثر برنامه‌های تمرینی تکلیف دوگانه، فرد ملزم به اجرای همزمان تکالیف شناختی و حرکتی با اولویت ثابت بوده است؛ به گونه‌ای که باید توجه خود را به‌طور مساوی بین هر دو فعالیت تقسیم کند (۱۵). برخی پژوهشگران مانند وولسن و همکاران (۲۰۱۹) رویکرد تقسیم توجه تکالیف شناختی و حرکتی به صورت مساوی در یک تکلیف را عامل اصلی افزایش خودکاری تکلیف و کاهش نیازهای پردازشی دانستند (۱۷).

کلیدی زمان راه رفتن، عملکرد شناختی و ترس از افتادن در این گروه جمعیتی طراحی شده است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی، با اهداف کاربردی و با طرح پیش آزمون پس آزمون با گروه کنترل انجام شد.

نمونه های پژوهش

جامعه آماری این تحقیق را سالمندان مرد ۶۵ تا ۸۰ ساله شهر کرمان تشکیل می دادند. از میان داوطلبان واجد شرایط ۴۸ نفر با استفاده از نرم افزار G*POWER به عنوان نمونه آماری انتخاب و به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۲ نفری تقسیم شدند. گروه ها شامل: گروه کنترل، گروه تکلیف منفرد، گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر بودند.

معیارهای ورود به پژوهش و معیارهای خروج:

معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از دید طبیعی، توانایی ایستادن به مدت حداقل یک دقیقه، توانایی راه رفتن مستقل (با عصای معمولی و یا بدون آن) به مسافت ده متر، توانایی درک و اجرای دستورالعمل های ساده، کسب نمره بالاتر از ۲۴ در آزمون معاینه کوتاه وضعیت روانی^۴ (MMSE) (۲۹)، عدم مصرف داروها یا ابتلا به بیماری های مؤثر بر

با این حال، پژوهش های اخیر نشان می دهند که افزایش تغییرپذیری در حین تمرین از طریق تمرین تکلیف دوگانه با اولویت متغیر (تخصیص متغیر و انعطاف پذیر توجه) می تواند عملکرد افراد را به طور معناداری نسبت به رویکرد اولویت ثابت ارتقا بخشد (۲۴). ترابینی-سوزا و همکاران (۲۰۲۳) نیز اشاره می کنند که افزایش تغییرپذیری در اجرای تکلیف دوگانه، منجر به پردازش معنادارتر و متمایزتر تکلیف شناختی و حرکتی می شود (۱۳). این فرآیند بر اساس اساس فرضیه بسط^۳ منجر به یادگیری و انتقال بهتر تکلیف تمرینی در اجرای فعالیت های پیچیده و چند بعدی روزمره می شود (۲۷). در نهایت، بایر و همکاران (۲۰۱۹) با تأکید بر اهمیت تغییرپذیری در یادگیری حرکتی، لزوم انجام پژوهش های بیشتر با در نظر گرفتن جنبه های متفاوت تکلیف دوگانه را برای درک مکانیسم های تأثیرگذار آن خاطرنشان می کنند (۲۸).

لذا، با در نظر گرفتن مطالب مذکور، با توجه به اهمیت پیشگیری از زمین خوردن در سالمندان سالم و نبود شواهد علمی کافی در خصوص اثربخشی رویکردهای متفاوت تمرین خصوصاً تکلیف دوگانه (با اولویت ثابت در مقابل متغیر) بر تعادل، عملکرد شناختی و روان شناختی مرتبط با زمین خوردن، این پژوهش با هدف مقایسه اثربخشی تمرینات تکلیف منفرد و دوگانه با اولویت ثابت و متغیر بر شاخص های

۱۰ ثانیه گزارش شده است. این آزمون از روایی و پایایی قابل قبولی برخوردار است به طوری که آزمون مذکور با میانگین 0.68 از روایی سازه ($P = 0.0001$) و پایایی زمانی مطلوبی ($P = 0.0005$) و ($t = 11/8$) و برای سالمندان برخوردار است ($r = 0.91$).

تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای^۶ (SRTT)

این آزمون یکی از روش‌های استاندارد در ارزیابی حافظه رویه‌ای و عملکرد شناختی است که ابتدا توسط نیسن و بولمر (۱۹۸۷) معرفی شد (۳۱). در این تکلیف، شرکت‌کنندگان باید به محرک‌های بصری ظاهرشده در مکان‌های مختلف صفحه، با فشار کلید متناسب با موقعیت محرک، هر چه سریع‌تر پاسخ دهند. این آزمون، دارای دو مؤلفه حرکتی و شناختی می‌باشد که لازم است شرکت‌کننده به یک محرک شناختی، پاسخ حرکتی دهد. نرم‌افزار طراحی‌شده در این پژوهش، امکان تنظیم پارامترهای مقابل را فراهم می‌کند؛ تعداد و موقعیت محرک‌ها، فاصله زمانی بین محرک‌ها، نوع توالی ارائه محرک‌ها، فاصله استراحت بین بلوک‌های آزمایشی، اندازه و فاصله محرک‌ها از یکدیگر. دارا بودن قابلیت‌های مذکور در این نرم‌افزار، آن را از سایر نسخه‌های موجود در بازار مجزا کرده است. روش ارائه شده در ویدئو ۱ ستودیدو نسخه ۲۰۱۵ با استفاده از زبان C# پیاده‌سازی و جهت ذخیره‌سازی اطلاعات تکلیف، از SQL نسخه ۲۰۱۶ استفاده شده است. بر اساس پژوهش ایرانمنش و همکاران (۲۰۲۲) پایایی ابزار با ضریب 0.91 تأیید شده است. هم‌چنین آنان عنوان داشتند با توجه به اینکه این ابزار تکلیف مورد نظر را با زمان سنج رایانه‌ای با دقت یک هزارم میلی ثانیه

تبادل (۲، ۱۰) لازم به ذکر است که افرادی دارای سابقه بیماری‌های نورولوژیک، قلبی عروقی، روماتیسمی و متابولیک و هم‌چنین اختلال و تغییر شکل‌های شدید در مفاصل اندام تحتانی بودند؛ از تحقیق حاضر حذف گشتند.

ابزار گردآوری داده‌ها

آزمون زمان راه رفتن و نشستن^۵ (TUG)

این آزمون به‌عنوان یک ابزار غربالگری سریع برای شناسایی مشکلات تعادلی مؤثر بر فعالیت‌های روزمره سالمندان طراحی شده است. در اجرای استاندارد آزمون، شرکت‌کننده با فرمان «برو» از روی یک صندلی دسته‌دار استاندارد (ارتفاع صندلی: ۴۶ سانتی‌متر، ارتفاع دسته: ۶۵ سانتی‌متر) برخاسته، به مسافت ۳ متری راه رفته، دور می‌زند و مجدداً روی صندلی می‌نشیند. شرکت‌کنندگان این آزمون را در دو شرایط متفاوت یک بار به طور همزمان با انجام تکلیف ثانویه و بار دیگر بدون انجام تکلیف ثانویه (روش تکلیف منفرد) انجام می‌دادند. برای انجام این آزمون در حالت تکلیف دوگانه از فرد خواسته می‌شد که این آزمون را در شرایطی که شمارش معکوس ۳ تایی از یک عدد تصادفی بین ۳۰ تا ۱۵۰ انجام می‌دهد، تکمیل نماید. دیگر شرایط مشابه آزمون اصلی بود (۲، ۱۵). زمان انجام آزمون با استفاده از کروномتر به ثانیه ثبت شد و داده‌های حاصل از هر دو شرایط وارد تحلیل گردید. زمان مرجع طبیعی برای این آزمون در سالمندان حدود

اندازه گیری می کند؛ دارای اعتبار صوری بوده است (۳۲).

آزمون کارمندی افتادن^۷

این ابزار به دلیل ساختار استاندارد، روایی و پایایی برجسته، به عنوان معیار طلایی سنجش ترس از زمین خوردن در سالمندان در پژوهش‌ها شناخته می‌شود. این مقیاس که توسط یاردلی و همکاران (۲۰۰۵) توسعه یافته، شامل ۱۶ گویه برای سنجش ترس از افتادن و زمین خوردن در فعالیت‌های روزمره سالمندان است. گویه های این آزمون دارای چهاردرجه‌ای لیکرت از "اصلاً نگران نیستم" تا "کاملاً نگرانم" می‌باشد. نمره کل فرد از مجموع امتیازات گویه‌ها محاسبه می‌شود (محدود ۱۶ تا ۶۴) که نمرات بالاتر نشان دهنده ترس بیشتر از زمین خوردن و خودکارآمدی پایین‌تر در اجرای فعالیت‌هاست (۳۷). برای تعیین روایی سازه، این مقیاس از تحلیل عاملی با چرخش واریماکس استفاده شد که روایی سازه این مقیاس مورد تایید قرار گرفت. برای تعیین پایایی زمانی، از ضریب همبستگی پیرسون و برای محاسبه پایایی درونی نیز از آلفای کرونباخ استفاده شد. نتایج همبستگی پیرسون (۰/۷۰) نشان دهنده پایایی زمانی مطلوب و نتایج آلفای کرونباخ (۰/۹۸) نشان دهنده پایایی درونی بسیار مطلوب این مقیاس بود (۳۳).

روش اجرا

پس از انتخاب شرکت کنندگان و تأیید ورود آن‌ها به مطالعه بر اساس معیارهای تعیین شده یک هفته قبل از شروع مطالعه ضمن تشریح کامل روند پژوهش، بیان اهداف ضرورت و اهمیت آن برای شرکت

کنندگان، فرم رضایتنامه آگاهانه و مشخصات فردی بین افراد توزیع و اطلاعات جمع آوری گردید و سپس افراد بر اساس نمره کسب شده در پیش آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد، به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۲ نفری گروه کنترل، گروه تکلیف منفرد، گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر تقسیم شدند (۲۰). پیش آزمون و پس آزمون تست های زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد و دوگانه، زمان واکنش سریالی و ترس از افتادن در روز قبل و بعد از پایان پروتکل تمرینی از تمامی شرکت کنندگان اخذ گردید (۲).

تکلیف زمان واکنش سریالی شامل یک توالی از پیش تعیین شده ۱۲ جزئی (۳، ۱، ۲، ۴، ۱، ۳، ۴، ۱، ۲، ۴، ۳، ۱، ۴) بود که به صورت شش تکرار متوالی در هر بلوک (۷۲ کوششی) اجرا می‌شد (۳۹). به شرکت کنندگان توضیح داده شد به محض مشاهده محرک کلید مربوطه را با حداکثر سرعت و دقت فشار دهند. با فشردن هر کلید صحیح توسط شرکت کننده، محرک از جایگاه فعلی خود ناپدید شده و بلافاصله در جایگاه بعدی ظاهر می‌شد. اولین واکنش شرکت کنندگان در فشردن کلید به عنوان زمان واکنش (فاصله ظهور محرک تا فشار کلید صحیح) ثبت شد در حالی فشار دادن کلید نادرست در پاسخ به محرک هدف، به عنوان خطا ثبت شد (۳۲).

افراد شرکت کننده در سه گروه تجربی (تکلیف منفرد، تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و تکلیف دوگانه با

اولویت متغیر) به مدت چهار هفته متوالی و در هر هفته سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای، تمرینات مربوطه را انجام دادند (۳۴، ۱۶)، تعداد و مدت جلسات تمرینی بر اساس یافته‌های تحقیقات پیشین تعیین شد که نشان داده‌اند ۱۰ تا ۱۲ ساعت تمرین تعادلی (۲، ۱۴) و نیز یک تا پنج ساعت تمرین تکلیف دوگانه (۷، ۱۵) می‌تواند منجر به بهبود عملکرد تعادلی و توانایی انجام تکلیف دوگانه در سالمندان شود. برنامه تمرینات تعادلی به مدت چهار هفته و بر پایه دو اصل دشواری تکلیف و ایمنی فرد طراحی شد. این برنامه بر مبنای تقسیم‌بندی تکالیف حرکتی جنتایل ساختار یافته و تمرینات آن شامل سه دسته فعالیت اصلی ایستادن، انتقالی و راه رفتن بود (۳۴، ۱۶). به‌منظور پیشگیری از آسیب‌های احتمالی، پنج دقیقه ابتدای هر جلسه به گرم کردن و پنج دقیقه پایانی به سرد کردن اختصاص داده شد. شایان ذکر است که افراد شرکت کننده در گروه کنترل فقط در مراحل پیش آزمون و پس آزمون مشارکت داشتند و هیچ‌گونه مداخله تمرینی دریافت نکردند.

پروتکل تمرینی شامل موارد زیر بوده است: ایستادن روی سطح اتکای باریک با چشمان باز و بسته، راه رفتن روی سطح اتکای باریک، ایستادن به صورت سمی تاندوم (ایستادن به صورت خبردار) با چشمان باز و بسته، راه رفتن دور موانع، به طرفین و عقب، نشستن و برخاستن، ایستادن از حالت نشسته و راه رفتن در حالی که کتابی روی سر قرار گرفته بود،

ضربه زدن به توپ در حالت ایستاده، پرتاب توپ به داخل سبد در حالت ایستاده، راه رفتن و همزمان ضربه زدن به توپ، قدم برداشتن به طرفین. برای گروه‌های تکلیف دوگانه، تکالیف شناختی نیز به این تمرینات افزوده شد که شامل شمارش معکوس، هجی کردن معکوس کلمات، و برعکس شمردن روزهای هفته یا ماه‌های سال بوده است (۱۳، ۱۵).

شرکت کنندگان در گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت، تکالیف تعادلی را همزمان با انجام تکلیف شناختی اجرا می‌کردند و موظف بودند در تمام مدت، توجه خود را به‌طور مساوی بین هر دو تکلیف (تعادلی و شناختی) تقسیم نمایند (۱۷، ۲۰)؛ در مقابل، شرکت کنندگان گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر نیز همانند گروه اول به تمرین می‌پرداختند، با این تفاوت که در نیمی از زمان جلسه، توجه بیشتری به تکلیف تعادلی و در نیمه دیگر، تمرکز خود را بیشتر بر تکلیف شناختی معطوف می‌داشتند. به عبارت دقیق‌تر، در گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت، آزمونگر شرکت کنندگان را راهنمایی می‌کرد تا در تمام طول جلسه توجهی یکسان به هر دو تکلیف داشته باشند؛ حال آنکه در گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، راهنمایی به این صورت بود که در ۵۰ درصد از زمان یا تکرارها، تمرکز اصلی بر تکلیف تعادلی و در ۵۰ درصد باقیمانده، بر تکلیف شناختی قرار داده شود. برای اطمینان از اجرای صحیح پروتکل در گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، پیش از شروع

هر جلسه، توضیحات لازم برای انجام صحیح حرکات ارائه می‌شد و آزمونگر نیز در طول جلسه به دقت عملکرد شرکت‌کنندگان را زیر نظر می‌گرفت (۷، ۲۳).

تحلیل آماری

در تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با استفاده از میانگین و انحراف معیار، توصیفی از پیش‌آزمون و پس‌آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف‌های منفرد و دوگانه، زمان واکنش سریالی و ترس از افتادن در چهار گروه ارائه شد. سپس برای تعیین تأثیر شیوه‌های تمرینی (تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر، تکلیف منفرد) بر زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف‌های منفرد و دوگانه، زمان واکنش سریالی و ترس از افتادن از تحلیل کوواریانس^۸ و آزمون تعقیبی شفه^۹ استفاده گردید (سطح معنی‌داری برای آزمون‌ها $P < 0.05$ در نظر گرفته شده است). البته قبل از انجام هر گونه استنباط آماری در مورد اثرها، اعتبار مدل آماری (نرمال بودن توزیع خطا با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک^{۱۰} و یکسانی واریانس‌های خطای بین گروه‌ها با آزمون لون^{۱۱} مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تمام محاسبات با نرم افزار SPSS 26 انجام شد.

ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه، ابتدا اهداف پژوهش برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و از شرکت‌کنندگان رضایت نامه آگاهانه کتبی اخذ گردید. به آنان

اطمینان داده شد که مشارکت داوطلبانه بوده و در هر مرحله می‌توانند از ادامه تحقیق انصراف دهند. همچنین، تمامی جلسات در محیطی ایمن و تحت نظارت دقیق پژوهشگران مجرب به منظور پیشگیری از هرگونه زمین خوردن یا آسیب انجام شد. محرمانه ماندن اطلاعات شرکت‌کنندگان در تمام مراحل جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و گزارش‌دهی نتایج تضمین گردید. همچنین، دستورالعمل‌های تمرینی ایمن در اختیار کلیه شرکت‌کنندگان قرار گرفت. شایان ذکر است که برای انجام این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی یا بودجه‌ای از سوی نهادهای اجرایی دریافت نگردید و پژوهش صرفاً بر اساس اصول اخلاقی و با مسئولیت پژوهشگران پیش رفت.

یافته‌ها

در جدول ۱، میانگین و انحراف معیار نمره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف‌های منفرد و دوگانه، زمان واکنش سریالی و ترس از افتادن در چهار گروه (تکلیف منفرد، تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر، گروه کنترل) قبل از انجام تحلیل کوواریانس گزارش شده است.

در آزمون شاپیرو-ویلک (جدول ۲)، فرض نرمال بودن توزیع‌های خطای زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف‌های منفرد و دوگانه و زمان واکنش زنجیره ای رد نمی‌شود و همچنین در آزمون لون

(جدول ۲) فرض یکسان بودن واریانس‌های خطای بین گروه‌ها در زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف‌های منفرد و دوگانه و زمان واکنش سریالی رد نمی‌شود و در نتیجه تخطی از توزیع آماری F صورت نگرفته است. نتایج تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی شفه نشان داد:

۱. میانگین‌های زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد حداقل در دو شیوه از شیوه‌های تمرینی تفاوت معنی‌دار داشته است، به عبارت دیگر تأثیر شیوه تمرین بر زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد معنی‌دار بوده است ($P=0/001$) و ($F_{3,43} = 27/019$) و با توجه به ضریب ایتا، میزان اثر آن $3/65\%$ بوده است. به طوری که میانگین زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد برای شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر در مقایسه با شیوه تمرینی تکلیف منفرد و گروه کنترل به طور معنی‌داری کمتر است (تکلیف دوگانه با الویت متغیر و تکلیف منفرد: $P=0/001$ ، تکلیف دوگانه با الویت ثابت و تکلیف منفرد: $P = 0/008$ ، تکلیف دوگانه با الویت متغیر و کنترل: $P= /001$ ، تکلیف دوگانه با الویت ثابت و کنترل: $P = 0/001$) و میانگین زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد برای شیوه تمرینی تکلیف منفرد نسبت به گروه کنترل نیز به طور معنی‌دار کمتر بوده است ($P=0/23$)، اما بین میانگین زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد برای شیوه تمرین تکلیف

دوگانه با الویت ثابت و تمرین تکلیف دوگانه با الویت متغیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. در نتیجه شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر در مقایسه با تکلیف منفرد به کاهش زمان راه رفتن و نشستن بیشتری در شرایط تکلیف منفرد منجر شده است.

۲. میانگین‌های زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف دوگانه حداقل در دو شیوه از شیوه‌های تمرینی تفاوت معنی‌دار داشته است، به عبارت دیگر تأثیر شیوه تمرین بر زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف دوگانه معنی‌دار بوده است ($P=0/001$) و ($F_{3,43} = 50/947$) و با توجه به ضریب ایتا، میزان اثر آن 78% بوده است. میانگین زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف دوگانه بین شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر، شیوه تمرینی تکلیف منفرد و گروه کنترل به صورت دو به دو تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0/05$)، به طوری که کاهش میانگین زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف دوگانه در شیوه‌های تمرینی به ترتیب تکلیف دوگانه با الویت متغیر، تکلیف دوگانه با الویت ثابت، تکلیف منفرد و گروه کنترل بوده است. در نتیجه شیوه تمرین تکلیف دوگانه با الویت متغیر نسبت به تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و تکلیف منفرد به کاهش زمان راه رفتن و نشستن بیشتری در شرایط تکلیف دوگانه منجر شده است.

تأثیر تمرینات تعادلی تکلیف منفرد و دوگانه با اولویت ثابت و...

۳۳۸

۳. میانگین‌های زمان واکنش سریالی حداقل در دو شیوه از شیوه‌های تمرینی تفاوت معنی‌دار داشته است، به عبارت دیگر تأثیر شیوه تمرین بر زمان واکنش سریالی معنی‌دار بوده است ($P=0/001$) و $F_{3,43} = 82/296$ و با توجه به ضریب ایتا، میزان اثر آن $2/85\%$ بوده است. میانگین زمان واکنش سریالی بین شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر، شیوه تمرینی تکلیف منفرد و گروه کنترل به صورت دو به دو تفاوت معنی‌داری دارند ($P < 0/05$)، به طوری که کاهش میانگین زمان واکنش سریالی در شیوه‌های تمرینی به ترتیب تکلیف دوگانه با الویت متغیر، تکلیف دوگانه با الویت ثابت و تکلیف منفرد بوده است. در نتیجه شیوه تمرین تکلیف دوگانه با الویت متغیر نسبت به تکلیف دوگانه با اولویت ثابت، تکلیف منفرد و گروه کنترل به کاهش زمان واکنش سریالی بیشتری منجر شده است.

۴. میانگین‌های نمره ترس از افتادن حداقل در دو شیوه از شیوه‌های تمرینی تفاوت معنی‌دار داشته است، به عبارت دیگر تأثیر شیوه تمرین بر نمره ترس از افتادن معنی‌دار بوده است ($P=0/001$) و $23/823$

$F_{3,43} =$ و با توجه به ضریب ایتا، میزان اثر آن $4/62\%$ بوده است. به طوری که میانگین نمره ترس از افتادن برای شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر در مقایسه با شیوه تمرینی تکلیف منفرد و گروه کنترل به طور معنی‌داری کمتر است ($P=0/000$)، تکلیف دوگانه با الویت ثابت و تکلیف منفرد: $P=0/018$ ، تکلیف دوگانه با الویت متغیر و کنترل: $P=0/000$ ، تکلیف دوگانه با الویت ثابت و کنترل: $P=0/000$ و میانگین نمره ترس از افتادن برای شیوه تمرینی تکلیف منفرد نسبت به گروه کنترل نیز به طور معنی‌دار کمتر بوده است ($P=0/018$)، اما بین میانگین نمره ترس از افتادن برای شیوه تمرین تکلیف دوگانه با الویت ثابت و تمرین تکلیف دوگانه با الویت متغیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. در نتیجه شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه با الویت‌های ثابت و متغیر در مقایسه با تکلیف منفرد به کاهش ترس از افتادن بیشتری منجر شده است (جدول ۳ و نمودار ۱).

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نمره‌های پیش آزمون و پس آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه، زمان واکنش سریالی و ترس از افتادن در چهار گروه

متغیر	گروه	پیش آزمون			پس آزمون		
		تکلیف منفرد	تکلیف دوگانه با الویت ثابت	تکلیف دوگانه با الویت متغیر	کنترل	تکلیف منفرد	تکلیف دوگانه با الویت ثابت
TUG	میانگین	۱۰/۵۸	۱۱/۰۵	۱۱/۰۲	۱۰/۷۶	۱۰/۰۵	۹/۷۵
						۹/۴۰	۱۰/۹۰

Single	انحراف معیار	۰/۷۶	۰/۹۷	۰/۷۳	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۶۱	۰/۴۴	۰/۸۹
TUG	میانگین	۱۳/۴۳	۱۳/۴۲	۱۳/۴۲	۱۳/۴۳	۱۲/۶۶	۱۱/۶۸	۱۰/۵۴	۱۳/۵۷
Dual	انحراف معیار	۰/۹۷	۱/۲۱	۱/۱۶	۱/۰۶	۱/۱۰	۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۹۲
زمان	میانگین	۱۰۹۹/۲۵	۱۱۲۸/۵۰	۱۱۵۸/۹۲	۱۱۱۹/۶۷	۱۰۳۸/۰۰	۹۷۵/۶۷	۹۲۰/۰۸	۱۱۴۴/۹۲
واکنش	انحراف معیار	۱۶۳/۱۷	۱۴۲/۱۳	۱۴۷/۳۷	۱۷۱/۹۳	۱۴۳/۷۸	۱۳۷/۷۴	۱۰۵/۷۳	۱۵۷/۰۱
ترس از	میانگین	۲۹/۹۲	۲۹/۹۲	۲۹/۹۲	۲۹/۷۵	۲۸/۴۲	۲۶/۷۵	۲۶/۳۳	۲۹/۹۲
افتادن	انحراف معیار	۲/۱۵	۱/۶۸	۲/۱۹	۲/۷۰	۲/۱۵	۱/۱۴	۱/۷۸	۲/۵۷

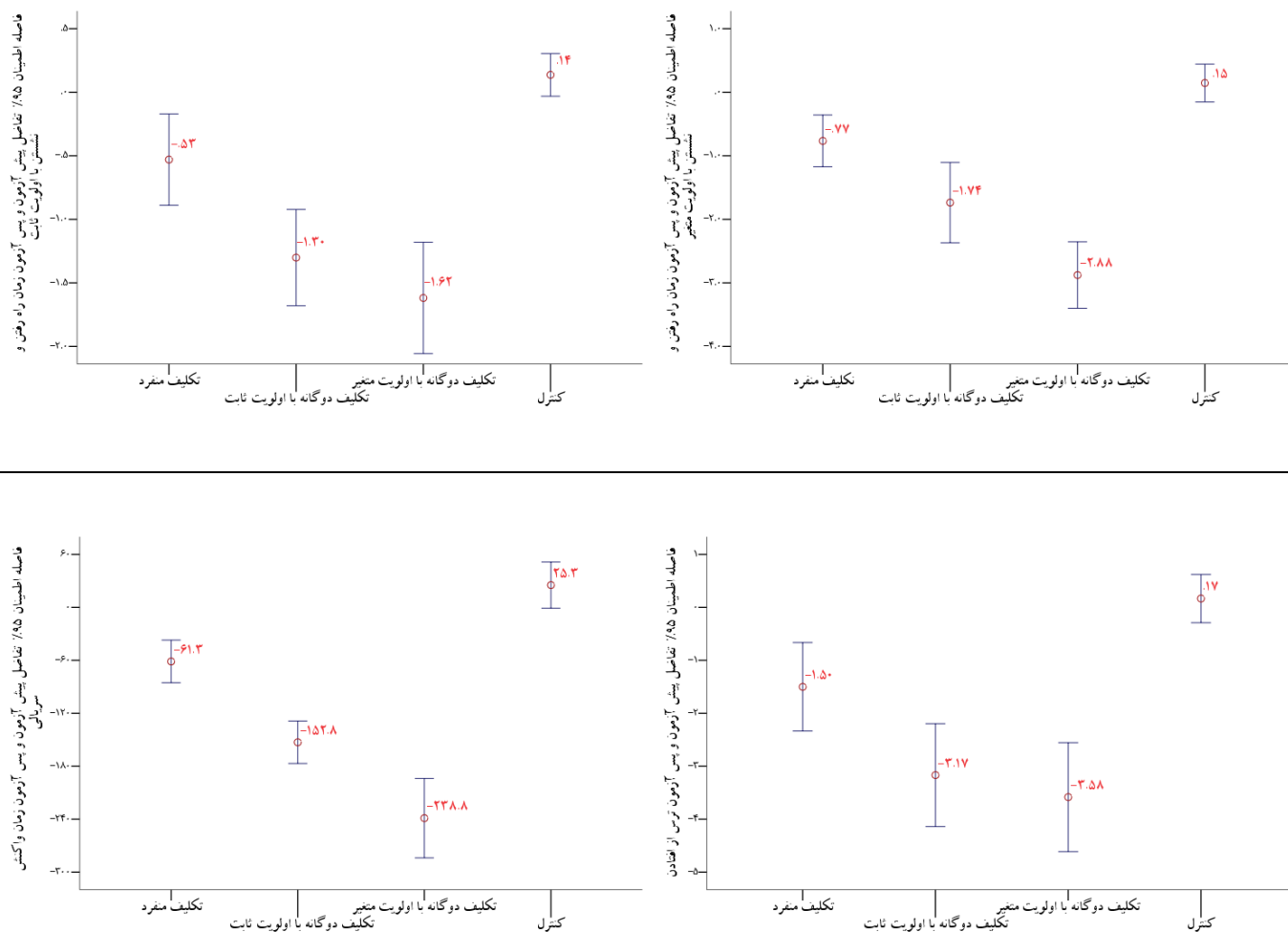
جدول ۲. آزمون لون و آزمون شاپیرو-ویلک برای اعتبار مدل‌های تحلیل کوواریانس

متغیر	آزمون لون			آزمون شاپیرو-ویلک		
	آماره F	df ₁	df ₂	P	آماره آزمون	Df
زمان راه رفتن و نشستن تحت شرایط تکلیف منفرد	۰/۵۲۶	۳	۴۴	۰/۶۶۷	۰/۹۵۳	۴۸
زمان راه رفتن و نشستن تحت شرایط تکلیف دو گانه	۱/۰۵۳	۳	۴۴	۰/۳۷۹	۰/۹۸۰	۴۸
زمان واکنش زنجیره ای	۰/۸۸۰	۳	۴۴	۰/۴۵۹	۰/۹۷۴	۴۸
ترس از افتادن	۰/۴۸۹	۳	۴۴	۰/۶۹۲	۰/۹۷۷	۴۸

جدول ۳. تحلیل کوواریانس تأثیر شیوه‌های تمرین بر زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه، زمان واکنش

سریالی و ترس از افتادن در چهار گروه

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P	مجذور ایتا
زمان راه رفتن و نشستن	پیش آزمون	۱۳/۹۳۱	۱	۱۳/۹۳۱	۵۹/۵۶۹	۰/۰۰۰	۰/۵۸۱
تحت شرایط تکلیف منفرد	گروه	۱۸/۹۵۶	۳	۶/۳۱۹	۲۷/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۶۵۳
	خطا	۱۰/۰۵۶	۴۳	۰/۲۳۴	-	-	-
زمان راه رفتن و نشستن	پیش آزمون	۱۹/۸۶۱	۱	۱۹/۸۶۱	۴۹/۸۷۸	۰/۰۰۰	۰/۵۳۷
تحت شرایط تکلیف دوگانه	گروه	۶۰/۸۶۰	۳	۲۰/۲۸۷	۵۰/۹۴۷	۰/۰۰۰	۰/۷۸۰
	خطا	۱۷/۱۲۲	۴۳	۰/۳۹۸	-	-	-
زمان واکنش زنجیره ای	پیش آزمون	۷۵۳۸۲۰/۵۰۳	۱	۷۵۳۸۲۰/۵۰۳	۴۲۴/۲۹۳	۰/۰۰۰	۰/۹۰۸
	گروه	۴۳۸۶۳۶/۲۸۵	۳	۱۴۶۲۱۲/۰۹۵	۸۲/۲۹۶	۰/۰۰۰	۰/۸۵۲
	خطا	۷۶۳۹۵/۹۹۷	۴۳	۱۷۷۶/۶۵۱	-	-	-
ترس از افتادن	پیش آزمون	۱۱۰/۶۶۵	۱	۱۱۰/۶۶۵	۷۶/۶۴۷	۰/۰۰۰	۰/۶۴۱
	گروه	۱۰۳/۱۹۱	۳	۳۴/۳۹۷	۲۳/۸۲۳	۰/۰۰۰	۰/۶۲۴
	خطا	۶۲/۰۸۵	۴۳	۱/۴۴۴	-	-	-



نمودار ۱. مقایسه میانگین عملکرد در سرعت راه رفتن، عملکرد شناختی و ترس از افتادن در سالمندان در گروه های تکلیف منفرد، تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و اولویت متغیر و گروه کنترل

بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثربخشی تمرینات تعادلی به صورت تکلیف منفرد و دوگانه (با اولویت ثابت و متغیر) بر زمان راه رفتن، ترس از افتادن و عملکرد شناختی سالمندان بوده است. یافته ها نشان

داد که تمرینات به روش تکلیف منفرد و دوگانه در مقایسه با گروه کنترل، به بهبود معنادار زمان راه رفتن در هر دو شرایط تکلیف منفرد و دوگانه، بهبود زمان واکنش در آزمون عملکرد شناختی و کاهش ترس از افتادن منجر شد. این نتایج با

یافته‌های مطالعات پیشین که بر نقش تمرینات در بهبود عملکرد تعادلی و شناختی سالمندان تأکید داشته‌اند، همسو است (۹، ۱۵، ۳۵). لازم به توضیح است که تمرینات مورد استفاده در این پژوهش در سه گروه فعالیت‌های ایستادنی، تعادلی و انتقالی طراحی شدند و روند پیشروی آن‌ها بر اساس رده‌بندی مهارت حرکتی جنتایل تنظیم گردید. بر این اساس، در هر جلسه نسبت به جلسه قبل، سطح دشواری و تلاش موردنیاز افزایش می‌یافت. این رویه منجر به افزایش خودکاری و کارآمدی سیستم حرکتی و کاهش نیازهای پردازشی شد. در نتیجه، این نوع تمرینات با بهبود تحرک پذیری، قدرت عضلانی و کاهش بار پردازشی، باعث بهبود زمان راه‌رفتن در شرایط تکلیف منفرد و دوگانه، کاهش زمان عکس‌العمل و کاهش ترس از افتادن در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل شد (۱۸، ۳۶).

علاوه بر این، کادور و همکاران (۲۰۱۴) اشاره داشتند که تمرینات تعادلی بر اساس فرضیه آمادگی و قدرت^{۱۲} با افزایش قدرت عضلانی و تحرک پذیری در سالمندان، منجر به بهبود زمان راه‌رفتن و نشستن در آزمون TUG هم در شرایط تکلیف منفرد و هم دوگانه می‌شود (۳۶). از سوی دیگر، یاردلی و همکاران (۲۰۰۵) خاطرنشان می‌کنند که کاهش سطح فعالیت و تحرک پذیری در سالمندان، از مهم‌ترین عوامل ترس از افتادن و کاهش اعتماد به نفس حرکتی آن‌ها به‌شمار می‌رود. بر این

اساس، مطابق با تئوری اجتناب از ترس^{۱۳}، افزایش تحرک‌پذیری ناشی از تمرینات تعادلی، باعث افزایش اعتماد به نفس در انجام فعالیت‌های روزمره و در نتیجه کاهش ترس از افتادن در سالمندان می‌شود (۳۷). گرچه، این یافته با نتایج مطالعه گافر و همکاران (۲۰۰۷) همسو نبوده است. آنان ظرفیت تعادلی بالای سالمندان در قبل از شرکت در برنامه تمرینی را به عنوان عامل اصلی عدم تأثیرگذاری برنامه تمرینی استفاده‌شده عنوان کردند (۳۷).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بین گروه‌های تمرینی تکلیف منفرد و دوگانه، در زمینه نمره آزمون ترس از افتادن و نیز زمان راه‌رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد، تفاوت معناداری وجود داشته است؛ به‌طوری‌که گروه‌های تمرینی تکلیف دوگانه، در هر دو آزمون مذکور، عملکرد بهتری را در مقایسه با گروه تمرینی تکلیف منفرد نشان دادند. این نتیجه با یافته‌های برخی مطالعات پیشین هم‌سواست (۱۳، ۱۵، ۱۸، ۳۵، ۳۸).

پلامر و همکاران (۲۰۱۵) خاطرنشان کردند که در طراحی برنامه‌های تمرینی تعادلی، علاوه بر عوامل فیزیولوژیک فردی، باید تأثیر عوامل محیطی و سطح دشواری تکالیف روزمره نیز مورد توجه قرار گیرد. در واقع، این تعامل پیچیده میان عوامل فردی، محیطی و دشواری تکلیف است که کیفیت عملکرد تعادلی افراد را تعیین می‌کند و لازم است در قالب برنامه‌های

تأثیر تمرینات تعادلی تکلیف منفرد و دوگانه با اولویت ثابت و...

۳۴۲

مداخله تمرینی برای بهبود کیفیت زندگی سالمندان گنجانده شود (۱۸).

با توجه به ماهیت پرتکرار و روزمره فعالیت های دوگانه (نظیر راه رفتن همزمان با صحبت کردن)، تنها گروه هایی که تحت تمرینات تکلیف دوگانه قرار گرفتند، علاوه بر عوامل فیزیولوژیک، عوامل محیطی و سطح دشواری تکلیف را نیز به واسطه وجود یک تکلیف ثانویه تجربه کردند. این در حالی است که در گروه تمرین تکلیف منفرد، این مؤلفه (شبیه سازی شرایط واقعی از طریق تکلیف ثانویه)، منظور نشده است (۳). از سوی دیگر، میرالمن و همکاران (۲۰۱۱) نیز تأکید کرده اند که با توجه به فراوانی موقعیت های تکالیف دوگانه در فعالیت های روزمره و افزایش سطح دشواری تکلیف در نتیجه اضافه شدن بار شناختی، تمرین به روش تکلیف دوگانه که به شرایط طبیعی و واقعی زندگی نزدیک تر است، با کاهش نیازهای پردازشی، منجر به بهبود تعادل، افزایش اعتماد به نفس و کاهش ترس از افتادن در سالمندان می شود؛ امری که در مقایسه با تمرینات تکلیف منفرد، اثرات برجسته تری به همراه دارد (۳۹).

یافته دیگر پژوهش حاضر نشان داد که در هر دو آزمون زمان راه رفتن و نشستن در شرایط تکلیف منفرد و نیز در آزمون ترس از افتادن، بین دو روش تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر تفاوت معناداری مشاهده نشد. این نتیجه با یافته های برخی مطالعات گذشته در یک راستا بوده است (۱۶، ۲۱،

۴۰). به نظر می رسد این عدم تفاوت معنادار بین دو شیوه تمرینی را بتوان به شکاف موجود بین پروتکل تمرینی و شرایط ارزیابی نسبت داد. هر دو گروه با شیوه های متفاوتی از تمرینات تکلیف دوگانه تمرین کردند، در حالی که ارزیابی نهایی در شرایط تکلیف منفرد انجام شد. گابو و همکاران (۲۰۱۴) نیز خاطرنشان دادند که سالمندان عموماً در شرایط تکلیف منفرد از عملکرد تعادلی قابل قبولی برخوردارند و اعتماد به نفس بیشتری در حرکات روزمره دارند، و این اضافه شدن تکلیف ثانویه است که موجب اختلال در عملکرد تعادلی و افزایش ترس از افتادن آنان می شود (۲۱). از این رو، به نظر می رسد به دلیل عدم همخوانی بین شرایط تمرین و ارزیابی، تفاوت معناداری بین دو گروه در آزمون تکلیف منفرد مشاهده نشد.

از سوی دیگر، اسمیت و همکاران (۲۰۱۷) اشاره داشتند که افزایش تغییرپذیری در اجرای تکالیف دوگانه ناشی از تمرین با اولویت متغیر، منجر به کاهش بیشتر ترس از افتادن در مقایسه با تمرین با اولویت ثابت نمی شود. به باور آنان، تمرین تکلیف دوگانه با اولویت ثابت، با ایجاد ثبات در اجرای همزمان تکالیف شناختی و حرکتی، منجر به کاهش ترس از افتادن می گردد؛ در حالی که افزایش تغییرپذیری در اجرای این تکالیف در روش تمرین با اولویت متغیر، به دلیل ایجاد بی ثباتی بیشتر در

فرآیند تمرین، منجر به بهبود برتر عملکرد سالمندان در مقایسه با روش اولویت ثابت نمی‌شود (۴۱). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در آزمون TUG تحت شرایط تکلیف دوگانه و آزمون زمان واکنش سریالی، گروه‌های تمرین تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر، به صورت معنی‌داری عملکرد بهتری نسبت به گروه تکلیف منفرد داشتند. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین که از نقش مثبت تمرینات تکلیف دوگانه حمایت می‌کنند، همسو است (۱۳، ۲۷، ۴۲، ۴۳).

علاوه بر این، هالی و همکاران (۲۰۰۸) بر اساس اصل اختصاصی تمرین اشاره داشتند که اکتساب و انطباق‌پذیری بین تکالیف تمرینی، از طریق تمرین با روش و مدت زمان مشابه با شرایط آزمون حاصل می‌شود. بر این اساس، نیازهای خاص یک تکلیف باید در برنامه تمرینی جهت بهبود عملکرد افراد گنجانده شود و هرچه شرایط تمرینی به اهداف مورد نظر نزدیک‌تر باشد، نتایج مطلوب‌تری به دست خواهد آمد (۴۲). از آنجا که آزمون TUG در شرایط تکلیف دوگانه (شناختی-حرکتی) اجرا شد و گروه‌های تمرین تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر، تمرینات تعادلی را همزمان با تکلیف شناختی انجام می‌دادند، منطبق بر اصل اختصاصی تمرین، این گروه‌ها عملکرد بهتری نسبت به گروه تکلیف منفرد (که صرفاً تکالیف تعادلی را انجام می‌داد) در

آزمون TUG تحت شرایط تکلیف دوگانه از خود نشان دادند.

از سوی دیگر، میرالمن و همکاران (۲۰۱۲) اشاره داشتند که تمرینات تکلیف دوگانه با افزودن فعالیت شناختی به فعالیت حرکتی، منجر به افزایش بار شناختی در سالمندان می‌شود. این امر مستلزم هماهنگی بین توجه، حافظه کاری و کارکردهای اجرایی است. در نتیجه، با گذشت زمان و بهبود فرآیندهای کنترل شناختی، پردازش‌های توجهی و توانایی اجرای تکالیف چندگانه (که از مهم‌ترین اجزای کارکردهای شناختی هستند)، در افراد بهبود می‌یابد. این فرآیند منجر به افزایش سرعت پردازش اطلاعات و کاهش زمان واکنش در سالمندانی می‌شود که با روش تکلیف دوگانه تمرین کرده‌اند (۴۳). ترامبینی-سوزا و همکاران (۲۰۲۳) نیز تمرینات تکلیف دوگانه را عامل مهمی در افزایش نوروپلاستیسیته و بهبود عملکرد شناختی سالمندان نسبت به تمرینات منفرد دانستند (۱۳).

علاوه بر این، سیلسوپادول و همکاران (۲۰۰۹) بر اساس اصل یکپارچگی تکلیف^{۱۴} که بر هماهنگی بین تکالیف شناختی و حرکتی تأکید دارد، بیان داشتند که تمرین به روش تکلیف دوگانه منجر به بهبود عملکرد افراد تحت شرایط تکلیف دوگانه می‌شود. در مقابل، تمرینات به روش تکلیف منفرد، تأثیر کمتری بر این عامل دارند (۷).

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج برخی پژوهش‌های پیشین و فرضیه خودکارسازی تکلیف در تضاد است (۴۴-۴۶). مایر-هانتز و همکاران (۲۰۱۶) بیان می‌دارند که تمرینات ترکیبی (متشکل از تمرینات شناختی و حرکتی)، به دلیل تمرکز همزمان بر دو مهارت متفاوت، در مقایسه با تمرینات منفرد (که در آن‌ها فرد در یک جلسه تمرینی صرفاً تکلیف شناختی یا حرکتی را به صورت مجزا انجام می‌دهد)، اثربخشی کمتری دارند. بر پایه اصل خودکاری تکلیف، تمرین هم به روش تکلیف دوگانه و هم به روش تکلیف منفرد، از طریق کاهش نیازهای پردازشی و افزایش منابع در دسترس، منجر به بهبود عملکرد افراد تحت شرایط تکلیف دوگانه می‌شود (۴۶). نکته قابل توجه در تبیین یافته‌های پژوهش حاضر این است که گروه تمرینی تکلیف منفرد، به دلیل عدم اجرای تکلیف شناختی همزمان، تعداد کوشش‌های تمرینی بیشتری را نسبت به گروه تمرینی تکلیف دوگانه انجام می‌داد. از این رو، بر اساس اصل خودکاری تکلیف، انتظار می‌رفت که این گروه (با حجم تمرین بیشتر در تکلیف حرکتی) عملکرد بهتری را در شرایط تکلیف دوگانه از خود نشان دهد. با این حال، نتایج پژوهش حاضر این انتظار را تأیید نکرد.

یافته دیگر تحقیق در ارتباط با آزمون زمان راه رفتن و نشستن تحت شرایط تکلیف دوگانه و همچنین آزمون زمان واکنش سریالی نشان داد که بین دو

گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر تفاوت معنی‌داری وجود داشته است، به صورتی که گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر به طور معناداری عملکرد بهتری را به نسبت گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت داشته است. این یافته تحقیق در راستای تحقیقات گذشته است که اولویت متغیر را راهبرد موثرتری دانستند (۲، ۱۳، ۲۳).

کاسواق و کرامر (۲۰۰۹) اشاره داشتند که تغییر اولویت‌بندی در اجرای تکالیف دوگانه شناختی-حرکتی (افزایش تغییر پذیری)، منجر به درک بهتر تفاوت بین اجزای درگیر در تولید حرکات تعادلی می‌شود. بر اساس نظریه بسط، افزایش تغییرپذیری در تمرین، ایجاد بازنمایی‌های مجزا و دقیق‌تر از هر تکلیف را در پی دارد. از این رو، تداخلی که در نتیجه تغییر بین تکالیف در حین تمرین متغیر ایجاد می‌شود، توانایی یادگیرنده را در تمایز بین تکالیف و بازنمایی برنامه حرکتی مناسب ارتقا می‌بخشد (۲۳).

از سوی دیگر، توانایی اختصاص و تغییر توجه یکی از اصلی‌ترین اجزا و پیش‌نیازهای کلیدی در اجرای موفقیت‌آمیز تکالیف همزمان محسوب می‌شود (۲۰). سنگار و همکاران (۲۰۱۹) پیشنهاد می‌کنند که بر اساس اصل یکپارچگی تکلیف، تمرین با اولویت متغیر از طریق تغییر و انتقال توجه بین تکالیف شناختی و حرکتی در حین اجرا، منجر به بهبود توانایی اختصاص توجه در سالمندان می‌شود. این بهبود در مدیریت توجه، عامل مؤثری در کاهش بار

دو گانه ناگزیر به تمرکز بیشتر بر تکلیف حرکتی هستند تا بر تکلیف شناختی. این اولویت‌دهی به تکلیف حرکتی در گروه‌های با اختلال تعادل/پارکینسون، احتمالاً دلیل اصلی کسب نتایج متفاوت در مقایسه با یافته‌های پژوهش حاضر بر روی سالمندان سالم شده است.

نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که برنامه‌های تمرینی، اعم از تمرین منفرد و دو گانه، موجب ارتقای شاخص‌های فیزیولوژیک، شناختی و روان شناختی در سالمندان می‌شود. با این حال، تمرین به صورت تکلیف دو گانه به عنوان رویکردی کارآمدتر، تأثیر بیشتری بر بهبود عوامل مرتبط با سلامت این گروه داشته و با ارتقای سطح بهزیستی، خطر سقوط را که یکی از معضلات اصلی دوره سالمندی است، کاهش می‌دهد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود متخصصان و کاردرمان‌های حوزه سالمندی با تلفیق تکالیف شناختی و تعادلی و اجرای همزمان آن‌ها، در جهت افزایش کارآمدی سالمندان و کاهش خطر سقوط افتادن گام بردارند. این رویکرد علاوه بر حفظ سلامت افراد، می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های درمانی و کاهش نرخ مرگومیر مرتبط با عوارض ناشی از زمین خوردن شود.

علاوه بر این، نتایج این پژوهش حاکی از آن است که عملکرد در شرایط تکلیف دو گانه تحت تأثیر

شناختی هنگام اجرای تکالیف همزمان و افزایش انعطاف‌پذیری شناختی است. چنین فرآیندی، انتقال یادگیری از شرایط تمرین به شرایط واقعی و آزمون تحت تکلیف دو گانه را تسهیل می‌نماید (۴۷). بنابراین، تمرین به روش متغیر منجر به انتقال بهتر مهارت در آزمون‌های زمان واکنش سریالی و زمان راه رفتن و نشستن تحت شرایط تکلیف دو گانه شد (۲۴).

این یافته پژوهش حاضر با نتایج شیائو و همکاران (۲۰۲۳) و سیلسوپادول و همکاران (۲۰۰۹) همسو نیست (۷، ۲۵). شیائو و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که تمرین به روش تکلیف ثابت منجر به بهبود عملکرد در آزمون TUG تحت شرایط تکلیف دو گانه و افزایش عملکرد شناختی در افراد مبتلا به پارکینسون می‌شود (۲۵). سیلسوپادول و همکاران (۲۰۰۹) نیز اشاره داشتند که بین تمرین ثابت و متغیر تفاوت معناداری در بهبود زمان راه رفتن تحت شرایط تکلیف دو گانه در سالمندان مبتلا به اختلال تعادل وجود نداشته است (۷). به نظر می‌رسد تناقض بین یافته‌های پژوهش حاضر با تحقیقات مذکور، ناشی از تفاوت در نمونه‌های آماری مورد مطالعه می‌باشد. در پژوهش‌های شیائو و همکاران (۲۰۲۳) و سیلسوپادول و همکاران (۲۰۰۹)، از سالمندانی استفاده شد که یا دچار اختلال تعادل بودند یا به بیماری‌های خاصی مانند پارکینسون مبتلا بودند. این افراد به دلیل ضعف در تعادل، در اجرای تکالیف

تشکر و قدردانی

از همه شرکت کنندگانی که در انجام این پژوهش همکاری کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

پانویس‌ها

1. Mobility
2. Limited Attentional Capacity Theory
3. Elaboration Hypothesis
4. Mini-mental state examination
5. Timed Up and Go Test
6. Serial Reaction Time Task
7. Falls Efficacy Scale (FES)
8. ANCOVA
9. Scheffe
10. Shapiro-Wilk Test
11. Levene's Test
12. Strength and Conditioning
13. Fear Avoidance Theory
14. Task Integration

References

1. Khan K, Ghous M, Malik AN, Amjad MI, Tariq I. Effects of turning and cognitive training in fall prevention with dual task training in elderly with balance impairment. Rawal Medical Journal. 2018;43(1):124-8. <https://www.rmj.org.pk/?mno=276166>
2. Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, et al. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2009;90(3):381-7. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.09.559>

اولویت‌دهی به تکالیف تعادلی قرار می‌گیرد. به‌طور مشخص، افزایش تغییرپذیری در تخصیص توجه حین اجرای تمرینات دوگانه با اولویت‌های متغیر، با بهبود عملکرد ویژگی‌های فیزیولوژیک و شناختی همراه بود. بنابراین، گنجاندن اصل تغییرپذیری در طراحی پروتکل‌های تمرینی به متخصصان توصیه می‌شود تا کارایی و اثربخشی برنامه‌ها را افزایش دهند.

در نهایت، برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد با طراحی تمریناتی مبتنی بر اصول تغییرپذیری در اجرای تکالیف همزمان و با در نظر گرفتن متغیرهای تعدیل‌گری چون سن و جنسیت، به بررسی دقیق‌تر میزان اثربخشی و تعمیم‌پذیری این عامل بپردازند. همچنین، به کارگیری روش‌های دقیق سنجش کینماتیک برای تحلیل فرآیندهای تولید حرکت، می‌تواند به درک عمیق‌تری از یافته‌ها بینجامد.

3. Lampit A, Hallock H, Valenzuela M. Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers. PLoS medicine. 2014;11(11):e1001756. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
4. Balci La, Soğukkanli K, Burcu S, Hanoğlu L. Effects of single-task, dual-task and successive physical-cognitive training on fall risk and balance performance in older adults: a randomized trial. Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation. 2022;9(1):1-11. <https://doi.org/10.15437/jetr.675975>
5. Schoene D, Heller C, Aung YN, Sieber CC, Kemmler W, Freiberger E. A systematic

- review on the influence of fear of falling on quality of life in older people: is there a role for falls? Clinical interventions in aging. 2019;701-19.
<https://doi.org/10.2147/CIA.S197857>
6. Iranmanesh, H., Arab Ameri, E., Farrokhi, A., Iranmanesh, H. The effect of Single Task and Dual Task Balance Training on the Balance of Older Adults. Journal of Sports and Motor Development and Learning, 2014; 6(2): 195-215. In Persian
<https://doi.org/10.22059/jmlm.2014.50457>
 7. 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>
 8. Lövdén M, Bäckman L, Lindenberger U, Schaefer S, Schmiedek F. A theoretical framework for the study of adult cognitive plasticity. Psychological bulletin. 2010;136(4):659.
<https://doi.org/10.1037/a0020080>
 9. Assariparambil AR, Noronha JA, George A. Effectiveness of comprehensive cognitive and balance training strategies (CCBTS) on gait, balance, quality of life, and fall-related self-efficacy among institutionalized elderly in Udupi District: A mixed-method study protocol. F1000Research. 2022; 11:460.
<https://doi.org/10.12688/f1000research.110462.1>
 10. Nascimento MdM, Maduro PA, Rios PMB, Nascimento LdS, Silva CN, Kliegel M, et al. The Effects of 12-Week Dual-Task Physical–Cognitive Training on Gait, Balance, Lower Extremity Muscle Strength, and Cognition in Older Adult Women: A Randomized Study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023;20(8):5498.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20085498>
 11. Manor B, Zhou J, Harrison R, Lo O-Y, Trivison TG, Hausdorff JM, et al. Transcranial direct current stimulation may improve cognitive-motor function in functionally limited older adults. Neurorehabilitation and neural repair. 2018;32(9):788-98
<https://doi.org/10.1177/1545968318792616>
 12. Yuzlu V, Oguz S, Timurtas E, Aykutoglu E, Polat MG. The Effect of 2 Different Dual-Task Balance Training Methods on Balance and Gait in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. Physical therapy. 2022;102(3): pzab298.
<https://doi.org/10.1093/ptj/pzab298>
 13. Trombini-Souza F, de Moura VTG, da Silva LWN, dos Santos Leal I, Nascimento CA, Silva PST, et al. Effects of two different dual-task training protocols on gait, balance, and cognitive function in community-dwelling older adults: a 24-week randomized controlled trial. PeerJ. 2023;11: e15030.
<https://doi.org/10.7717/peerj.15030>
 14. Bayot M, Dujardin K, Tard C, Defebvre L, Bonnet CT, Allart E, et al. The interaction between cognition and motor control: A theoretical framework for dual-task interference effects on posture, gait initiation, gait and turning. Neurophysiologie Clinique. 2018;48(6):361-75.
<https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.10.003>
 15. Bayatlu A, Salavati M, Akhbari B. Comparison the allocated attention in walking and motor and cognitive dual task in older adults with and without background of falling. Iranian Journal of Ageing. 2010;5(4):14-20. In Persian

16. Silsupadol P, Siu K-C, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Training of balance under single-and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Physical therapy*. 2006;86(2):269-81.
<https://doi.org/10.1093/ptj/86.2.269>
17. Wollesen B, Wanstrath M, Van Schooten K, Delbaere K. A taxonomy of cognitive tasks to evaluate cognitive-motor interference on spatiotemporal gait parameters in older people: a systematic review and meta-analysis. *European review of aging and physical activity*. 2019;16(1):1-27.
<https://doi.org/10.1186/s11556-019-0218-1>
18. Plummer P, Zukowski LA, Giuliani C, Hall AM, Zurakowski D. Effects of physical exercise interventions on gait-related dual-task interference in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Gerontology*. 2015;62(1):94-117.
<https://doi.org/10.1159/000371577>
19. Montero-Odasso M, Almeida QJ, Burhan AM, Camicioli R, Doyon J, Fraser S, et al. SYNERGIC TRIAL (SYNchronizing Exercises, Remedies in Gait and Cognition) a multi-Centre randomized controlled double-blind trial to improve gait and cognition in mild cognitive impairment. *BMC geriatrics*. 2018;18(1):1-15.
<https://doi.org/10.1186/s12877-018-0782-7>
20. Buragadda S, Alyaemni A, Melam GR, Alghamdi MA. Effect of dualtask training (fixed priority-versus-variable priority) for improving balance in older adults. *World Appl Sci J*. 2012;20(6):884-8.
<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.20.06.71190>
21. Gobbo S, Bergamin M, Sieverdes JC, Ermolao A, Zaccaria M. Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2014;58(2):177-87.
<https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.10.001>
22. Lussier M, Bugaiska A, Bherer L. Specific transfer effects following variable priority dual-task training in older adults. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2017;35(2):237-50.
<https://doi.org/10.3233/RNN-150581>
23. Cassavaugh ND, Kramer AF. Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults. *Applied ergonomics*. 2009;40(5):943-52
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.02.001>
24. Lussier M, Brouillard P, Bherer L. Limited benefits of heterogeneous dual-task training on transfer effects in older adults. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 2017;72(5):801-12.
<https://doi.org/10.1093/geronb/gbv105>
25. Xiao Y, Yang T, Shang H. The Impact of Motor-Cognitive Dual-Task Training on Physical and Cognitive Functions in Parkinson's Disease. *Brain Sciences*. 2023;13(3):437.
<https://doi.org/10.3390/brainsci13030437>
26. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clinical interventions in aging*. 2017; 557-577.
<https://doi.org/10.2147/CIA.S125201>
27. Green CS, Bavelier D. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. *Psychology and aging*. 2008;23(4):692.
<https://doi.org/10.1037/a0014345>
28. Bier B, de Boysson C, Belleville S. Identifying training modalities to improve multitasking in older adults. *Age*. 2014; 36:1-16.

- <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9688-2>
29. Amboni M, Barone P, Hausdorff JM. Cognitive contributions to gait and falls: evidence and implications. *Movement disorders*. 2013;28(11):1520-33.
<https://doi.org/10.1002/mds.25674>
 30. Salavati M, Negahban H, Mazaheri M, Soleimanifar M, Hadadi M, Sefiddashti L, et al. The Persian version of the berg balance scale: Inter and intra-rater reliability and construct validity in elderly adults. *Disability and rehabilitation*. 2012;34(20):1695-8. In Persian
<https://doi.org/10.3109/09638288.2012.660604>
 31. Lam WK, Maxwell JP, Masters R. Analogy learning and the performance of motor skills under pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2009;31(3):337-57.
<https://doi.org/10.1123/jsep.31.3.337>
 32. Iranmanesh H, Kakhki AS, Taheri H, Shea CH. Motor memory consolidation in children: The role of awareness and sleep on offline general and sequence-specific learning. *Biomedical Human Kinetics*. 2022;14(1):83-94. <https://doi.org/10.2478/bhk-2022-0011>
 33. Yardley L, Donovan-Hall M, Francis K, Todd C. Older people's views of advice about falls prevention: a qualitative study. *Health education research*. 2006;21(4):508-17.
<https://doi.org/10.1093/her/cyh077>
 34. Mostamand J, Shafizadegan Z, Tarrahi MJ, Hosseini ZS. Comparing the effect of kinesiology taping on dynamic balance and pain of men and women with unilateral patellofemoral pain syndrome. *Archives of Rehabilitation*. 2020;21(4):470-87. In Persian
<https://doi.org/10.32598/RJ.21.4.3071.1>
 35. Trombini-Souza F, Nogueira RTdSA, Serafim ACB, Lima TMMd, Xavier MKA, Perracini MR, et al. Concern about falling, confidence in balance, quality of life, and depression symptoms in community-dwelling older adults after a 24-week dual-task training with variable and fixed priority: A randomized controlled trial. *Research on Aging*. 2022;44(9-10):658-68.
<https://doi.org/10.1177/01640275221073993>
 36. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age*. 2014; 36:773-85.
<https://doi.org/10.1007/s11357-013-9586-z>
 37. Gopher D, Kramer A, Wiegmann D, Kirlik A. Emphasis change as a training protocol for high-demand tasks. *Attention: From theory to practice*. 2007; 101:209-24.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195305722.003.0015>
 38. Makizako H, Doi T, Shimada H, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Uemura K, et al. Does a multicomponent exercise program improve dual-task performance in amnesic mild cognitive impairment? A randomized controlled trial. *Aging clinical and experimental research*. 2012 Dec;24(6):640-6.
<https://doi.org/10.3275/8760>
 39. Mirelman A, Maidan I, Herman T, Deutsch JE, Giladi N, Hausdorff JM. Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2011;66(2):234-40
<https://doi.org/10.1093/gerona/glq201>
 40. Goh H-T, Pearce M, Vas A. Task matters: an investigation on the effect of different secondary tasks on dual-task gait in older

- adults. BMC geriatrics. 2021;21(1):1-12.
<https://doi.org/10.1186/s12877-021-02464-8>
41. Smith E ,Cusack T, Cunningham C, Blake C. The influence of a cognitive dual task on the gait parameters of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of aging and physical activity. 2017;25(4):671-86.
<https://doi.org/10.1123/japa.2016-0265>.
 42. Hawley JA. Specificity of training adaptation: time for a rethink? The journal of physiology. 2008;586(Pt1):1. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147397>
 43. Mirelman A, Herman T, Brozgol M, Dorfman M, Sprecher E, Schweiger A, et al. Executive function and falls in older adults: new findings from a five-year perspective study link fall risk to cognition. PloS one. 2012;7(6): e40297.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040297>
 44. Mirelman A, Rochester L, Maidan I, Del Din S, Alcock L, Nieuwhof F, et al. Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME :a randomised controlled trial. The Lancet. 2016;388(10050):1170-82.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31325-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31325-3)
 45. Liu-Ambrose T, Nagamatsu LS, Graf P, Beattie BL, Ashe MC, Handy TC. Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. Archives of internal medicine. 2010;170(2):170-8.
<https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>
 46. Muir-Hunter S, Wittwer J. Dual-task testing to predict falls in community-dwelling older adults: a systematic review. Physiotherapy. 2016;102(1):29-40.
<https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.04.011>
 47. Sengar S, Raghav D, Verma M, Alghadir AH, Iqbal A. Efficacy of dual-task training with

two different priorities instructional sets on gait parameters in patients with chronic stroke. Neuropsychiatric disease and treatment. 2019:2959-69.

<https://doi.org/10.2147/NDT.S197632>

48. Iranmanesh H, Arab Ameri E, Sheykh M, Iranmanesh H. The Effect of 2 Types of Dual-Task Training on the Balance of Older Adults: Allocated Attention Ability. Salmand: Iranian Journal of Ageing 2016; 11 (1) :30-43. In Persian

<http://dx.doi.org/10.21859/sija-110130>