



## Effects of Neuro-Visual Balance Training Combined with Cognitive Tasks on Dynamic Balance, Fear of Falling, Quality of Life, and Functional Performance in Older Adults

Seyed Sadroddin Shojaedin <sup>1</sup>, Alireza Abbasi <sup>2</sup>

1. Professor of Kharazmi University, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [shojaeddin@khu.ac.ir](mailto:shojaeddin@khu.ac.ir)

2. Department of Biomechanics and Sports Pathology, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: [abbasialireza155@gmail.com](mailto:abbasialireza155@gmail.com)

Received: 9 October 2025 ; Received: 26 November 2025 ; Accepted: 11 December 2025

### ABSTRACT

**Introduction:** Aging is accompanied by sensory-motor and cognitive changes that result in balance impairment, increased fall risk, fear of falling, and diminished quality of life among older adults. The present study investigated the efficacy of balance training combined with neuro-visual stimulation (stroboscopic glasses) and cognitive tasks on dynamic balance, fear of falling, quality of life, and functional performance in older adults.

**Methods:** This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with a control group, involving 45 older adults. Participants were equally and randomly assigned to three groups: (1) balance training with stroboscopic glasses and cognitive tasks, (2) balance training with stroboscopic glasses without cognitive tasks, and (3) control. The intervention consisted of three 45-minute sessions per week for 6 weeks. Dynamic balance was assessed using the Timed Up and Go test, fear of falling with the Falls Efficacy Scale-International, quality of life with the WHOQOL-OLD questionnaire, and functional performance with the Functional Reach Test. Data were analyzed using mixed ANOVA and post-hoc tests.

**Results:** The group receiving cognitive tasks alongside balance training demonstrated significant improvements in dynamic balance, reduced fear of falling, enhanced quality of life, and better functional performance ( $p < 0.05$ ). These changes were superior to those in the balance training-only group and the control group (effect size: 0.25-0.38; medium to large). Between-group and within-group differences were significant ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Integrating cognitive tasks with stroboscopic balance training yields greater efficacy in enhancing balance, mitigating fear of falling, improving quality of life, and boosting functional performance in older adults. This innovative approach holds potential for rehabilitation programs aimed at fall prevention.

**Keywords:** Older adults, Balance, Stroboscopic glasses, Cognitive tasks, Fear of falling, Quality of life

**Cite this article:** Shojaedin, S.S & Abbasi, A. (2025). Effects of Neuro-Visual Balance Training Combined with Cognitive Tasks on Dynamic Balance, Fear of Falling, Quality of Life, and Functional Performance in Older Adults. *Journal of Healthy ageing and exercise*, 1 (3), 30-44. DOI: [10.22059/jhae.2025.403994.1018](https://doi.org/10.22059/jhae.2025.403994.1018)

**Copyright © 2025:** Journal of Healthy Ageing and Exercise. This open-access article is available under the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) International License, which allows for the copying and redistribution of the material only for noncommercial purposes, provided that the original work is properly cited.

**Publisher:** University of Tehran Press.

## Extended Abstract

### Introduction

Aging is a multifaceted process characterized by physiological changes profoundly impacting sensory-motor and cognitive systems in older adults. These alterations manifest as balance impairments, heightened fall risk, and secondary consequences like fear of falling and diminished quality of life (QoL). Falls pose a major public health issue for those aged 65+, with one-third experiencing at least one annually, escalating with age. Psychologically, falls trigger fear of falling—a persistent dread leading to activity restrictions, mobility decline, isolation, and functional deterioration.

Balance relies on multisensory integration of visual, vestibular, and proprioceptive inputs. In older adults, age-related declines disrupt this: visual acuity and peripheral vision weaken, contrast sensitivity drops, limiting compensatory roles; vestibular hair cell loss and otolith atrophy impair head movement and orientation; proprioceptive mechanoreceptor reductions erode body awareness and perturbation responses (9, 10). These sensory issues compound with musculoskeletal changes—lower extremity weakness, joint stiffness, delayed reactions—worsening postural sway and dynamic instability (11, 12).

Executive cognitive functions (divided attention, working memory, flexibility, processing speed) are crucial for balance, particularly in dual-task real-life scenarios. Aging-related cognitive decline overloads attentional resources during locomotion, increasing fall risk. Modern rehabilitation integrates physical exercises with sensory-cognitive stimuli to leverage neuroplasticity. Stroboscopic glasses intermittently occlude vision (e.g., 0.5-second cycles at 1 Hz), inducing perturbations that promote non-visual reliance and sensory reweighting, enhancing postural adaptability. Dual-task training pairs motor and cognitive demands, simulating real-life scenarios to boost balance, reduce fall risk, and ease fear of falling (13, 15).

Though traditional balance exercises, athlete-focused stroboscopic training, and standalone dual-tasks show benefits, few examine their combination in older adults, often overlooking holistic outcomes like fear of falling and QoL. This RCT fills this void by assessing stroboscopic balance training plus cognitive tasks on dynamic balance, fear of falling, QoL, and functional performance in community-dwelling adults aged 60-75. The hypothesis anticipates superior gains in the combined group versus stroboscopic alone or controls.

### Methods

This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with a control group. The population included community-dwelling older adults in Karaj, Iran, aged 60-75 years. Inclusion criteria: independent

ambulation without assistive devices, no severe neuromuscular/musculoskeletal disorders, no lower-limb surgery in the prior six months, and no balance-affecting medications. Exclusion: acute injuries/illnesses during intervention, >3 missed sessions, or consent withdrawal. Sample size: 45 participants (15/group), based on prior studies, with 80% power,  $\alpha=0.05$ , and 20% attrition.

Following informed consent, participants were conveniently assigned to three groups: (1) stroboscopic balance training with cognitive tasks (ST+CT), (2) stroboscopic balance training without cognitive tasks (ST), and (3) control (no intervention). Baseline demographics were homogeneous (no differences in age, height, weight, BMI; Table 1).

Pre- and post-intervention assessments included: dynamic balance via Timed Up and Go (TUG) test (chair rise, 3-m walk/return/sit; mean of two trials); fear of falling via 16-item Falls Efficacy Scale-International (FES-I; 4-point Likert, 16-64 scores; higher=greater fear); QoL via 24-item WHOQOL-OLD (six domains: sensory abilities, autonomy, social participation, death attitudes, intimacy, prospects; 5-point Likert; higher=better); functional performance via Functional Reach (FR) test (max forward reach without foot shift; higher=better stability).

ST+CT and ST followed Chen et al.'s (2025) protocol: barefoot on wooden stabilometer ( $\leq 20^\circ$  tilt), 45-s trials (thrice per condition: full vs. stroboscopic vision at 1 Hz, 50% feedback reduction), 3-min rests; thrice weekly for 6 weeks (18 sessions), randomized order to reduce fatigue. ST+CT added cognitive tasks: arithmetic (serial subtractions), working memory (recall 5-7 items), verbal fluency (category naming), selective attention (Stroop-like), decision-making (date calculations); progressive difficulty, rotated for engagement.

Analysis used SPSS v27 ( $\alpha=0.05$ ). Shapiro-Wilk verified normality; Levene's, homogeneity; parametric tests otherwise. Mixed ANOVA tested time (pre/post)  $\times$  group interactions, Tukey post-hoc for significance, paired t-tests for within-group changes. Partial eta-squared ( $\eta^2_p$ ) effect sizes followed Cohen (0.01 small, 0.06 medium, 0.14 large).

### Results

Demographics showed no baseline intergroup differences ( $p>0.05$ ). Mixed ANOVA revealed significant time  $\times$  group interactions across outcomes ( $p<0.001$ ).

For dynamic balance, ST+CT reduced TUG time from  $13.8 \pm 2.9$ s to  $10.7 \pm 2.3$ s ( $t=8.2$ ,  $P<0.001$ ;  $\eta^2_p=0.32$ ), outperforming ST ( $13.5 \pm 3.1$ s to  $11.2 \pm 2.8$ s;  $P=0.02$ ), and control ( $13.2 \pm 2.8$ s to  $12.9 \pm 3.0$ s;  $P=0.70$ ). between-group:  $P<0.001$ ).

Fear of falling decreased in ST+CT (FES-I:  $28.5 \pm 7.2$  to  $21.3 \pm 5.3$ ;  $t=6.5$ ,  $p<0.001$ ;  $\eta^2p=0.25$ ), more than ST ( $27.8 \pm 6.9$  to  $24.6 \pm 6.5$ ;  $P=0.04$ ) and control ( $28.2 \pm 7.5$  to  $27.9 \pm 7.3$ ;  $P=0.92$ ; between-group:  $P<0.005$ ).

QoL improved in ST+CT ( $52.9 \pm 8.7$  to  $61.5 \pm 7.8$ ;  $t=5.9$ ,  $p<0.02$ ;  $\eta^2p=0.34$ ), exceeding ST ( $53.1 \pm 8.1$  to  $57.2 \pm 5.3$ ;  $P=0.02$ ) and control ( $52.8 \pm 8.2$  to  $52.9 \pm 5.5$ ;  $P=0.84$ ; between-group:  $P<0.001$ ).

Functional performance advanced in ST+CT (FR:  $24.8 \pm 5.3$ cm to  $31.2 \pm 4.5$ cm;  $t=7.1$ ,  $P<0.001$ ;  $\eta^2p=0.38$ ), surpassing ST ( $25.2 \pm 5.5$ cm to  $28.1 \pm 4.4$ cm;  $P=0.03$ ) and control ( $24.5 \pm 5.7$ cm to  $24.6 \pm 5.3$ cm;  $P=0.64$ ; between-group:  $P<0.001$ ).

Overall, ST+CT yielded medium-to-large effects, underscoring cognitive integration's superiority.

## Conclusion

This study confirms that stroboscopic balance training augmented by cognitive tasks significantly enhances dynamic balance, reduces fear of falling, elevates QoL, and bolsters functional performance in older adults, outperforming isolated training. These results align with meta-analyses on dual-task interventions, which yield small-to-moderate cognitive gains and medium-to-large motor benefits via neuroplasticity reorganizing neural pathways through concurrent demands.

TUG improvements in ST+CT reflect enhanced postural control and gait efficiency, driven by dual-task attentional allocation, automated motor patterns per dual-process theory, and stroboscopic perturbations strengthening predictive/feedback mechanisms. Fear reduction aligns with Bandura's self-efficacy theory:

progressive successes build confidence, disrupting fear-avoidance cycles and modulating amygdala activity via cognitive restructuring.

QoL gains stem from restored autonomy and social engagement under the ICF model, as better balance enables daily activities, alleviating depression and isolation. FR improvements, with the largest effect, highlight real-world transfer by simulating ecological dual-tasks and desirable difficulty in motor learning.

Limitations include short-term follow-up and unmonitored confounders (e.g., daily activity). Future studies should incorporate long-term tracking, neuroimaging (fMRI/EEG), and diverse populations.

Integrating cognitive tasks with stroboscopic training offers a superior, neuroplasticity-driven intervention, enhancing balance, mitigating fall fear, boosting QoL, and optimizing performance. Clinicians should prioritize dual-task protocols in fall prevention to promote independence.

## Footnotes

**Funding:** This study received no financial support from governmental centers or institutions.

**Authors' contribution:** Study concept and design: A.A, S.S; Analysis and interpretation of data: A.A, S.S; Drafting of the manuscript: A.A; Critical revision of the manuscript for important intellectual content: S.S; Statistical analysis: A.A

**Conflict of interest:** The authors declare no conflicts of interest.

**Acknowledgments:** We extend our sincere gratitude to all individuals who assisted us in this endeavor.

## تأثیر تمرینات تعادلی با محرک عصبی-بصری همراه با وظایف شناختی بر تعادل پویا، ترس از افتادن، کیفیت زندگی و عملکرد سالمندان

سید صدرالدین شجاع‌الدین<sup>۱</sup> , علیرضا عباسی<sup>۲</sup>

۱. استاد دانشگاه خوارزمی دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: [shojaeddin@khu.ac.ir](mailto:shojaeddin@khu.ac.ir)  
۲. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران: [abbasialireza155@gmail.com](mailto:abbasialireza155@gmail.com)

دریافت: ۱۷ مهر ۱۴۰۴؛ بازنگری: ۵ آذر ۱۴۰۴؛ پذیرش: ۲۰ آذر ۱۴۰۴

### چکیده

**مقدمه:** پیری با تغییرات حسی-حرکتی و شناختی همراه است که منجر به اختلال تعادل، افزایش خطر سقوط، ترس از سقوط و کاهش کیفیت زندگی در سالمندان می‌شود. مطالعه حاضر اثربخشی تمرینات تعادلی با محرک عصبی-بصری همراه با وظایف شناختی بر تعادل دینامیک، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد در سالمندان را بررسی کرد.

**روش پژوهش:** این پژوهش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بر روی ۴۵ سالمند اجرا شد. شرکت‌کنندگان به صورت مساوی به سه گروه (الف) تمرینات تعادلی با عینک استروبوکوپ و وظایف شناختی، (ب) تمرین تعادلی با عینک استروبوکوپ بدون وظایف شناختی و (ج) کنترل تقسیم شدند. مداخله شامل ۳ جلسه در هفته طی ۶ هفته بود. تعادل پویا با آزمون برخاستن و رفتن زمان دار، ترس از سقوط با مقیاس بین‌المللی کارایی در جلوگیری از سقوط، کیفیت زندگی با پرسشنامه کیفیت زندگی سازمان جهانی بهداشت برای سالمندان و عملکرد با آزمون دسترسی عملکرد ارزیابی شد. داده‌ها با تحلیل واریانس مرکب و آزمون‌های تعقیبی تحلیل شد.

**یافته‌ها:** گروه مداخله با وظایف شناختی بهبود معناداری در تعادل دینامیک، کاهش ترس از سقوط، افزایش کیفیت زندگی و بهبود عملکرد نشان داد. ( $P < 0.05$ ). این تغییرات نسبت به گروه تمرین تعادلی ساده و کنترل برتری داشت (اندازه اثر: ۰/۲۵ و ۰۰۰۲۵/۳۸؛ متوسط تا قوی). تفاوت‌های بین‌گروهی و درون‌گروهی معنادار بود. ( $p < 0.05$ )

**نتیجه‌گیری:** ترکیب وظایف شناختی با تمرینات تعادلی با عینک استروبوکوپ اثربخشی بالاتری در بهبود تعادل، کاهش ترس از سقوط، ارتقای کیفیت زندگی و عملکرد سالمندان دارد. این رویکرد نوین می‌تواند در برنامه‌های توانبخشی برای پیشگیری از سقوط کاربرد داشته باشد.

**کلید واژه‌ها:** ترس از سقوط، تعادل، سالمندان، عینک استروبوکوپ، کیفیت زندگی، وظایف شناختی.

**استناد:** شجاع‌الدین، سید صدرالدین؛ و عباسی، علیرضا (۱۴۰۴). تأثیر تمرینات تعادلی با محرک عصبی-بصری همراه با وظایف شناختی بر تعادل پویا، ترس از افتادن، کیفیت زندگی و عملکرد سالمندان. *نشریه سالمندی سالم و ورزش*، ۱(۳)، ۴۴-۳۰. DOI:10.22059/jhae.2025.403994.1018

حق چاپ © ۱۴۰۴، نشریه سالمندی سالم و ورزش. این مقاله با دسترسی آزاد تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) منتشر شده است. این مجوز اجازه کپی و بازتوزیع مطالب را تنها برای مقاصد غیرتجاری می‌دهد، به شرطی که به اثر اصلی به درستی استناد شود.  
ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.



## مقدمه

فرآیند پیری با تغییرات فیزیولوژیکی متعددی همراه است که بر سیستم‌های حسی-حرکتی و شناختی افراد سالمند تأثیر می‌گذارد (۱). یکی از مهم‌ترین پیامدهای این تغییرات، اختلال در تعادل و افزایش خطر سقوط در این گروه سنی است (۲). سقوط و عوارض ناشی از آن نه تنها هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را به سیستم‌های بهداشتی تحمیل می‌کند، بلکه منجر به کاهش کیفیت زندگی، محدودیت در انجام فعالیت‌های روزمره و ایجاد ترس از سقوط در سالمندان می‌شود (۳، ۴). مطالعات نشان داده‌اند که حدود یک سوم افراد بالای ۶۵ سال سالانه حداقل یک بار تجربه سقوط دارند و این آمار با افزایش سن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (۵). ترس از سقوط که به عنوان یک نگرانی مداوم درباره سقوط کردن تعریف می‌شود، یکی از عواقب مهم سقوط یا حتی بدون تجربه قبلی سقوط در سالمندان است که می‌تواند منجر به محدودیت خود خواسته در فعالیت‌های روزمره، کاهش تحرک، افزایش وابستگی به دیگران و در نهایت کاهش استقلال عملکردی شود (۶، ۷). این ترس در ۲۰ تا ۸۵ درصد سالمندانی که سابقه سقوط داشته‌اند و حتی در ۱۲ تا ۶۵ درصد کسانی که هرگز سقوط نکرده‌اند، گزارش شده است (۸). کاهش عملکرد فیزیکی در سالمندان که شامل محدودیت در انجام فعالیت‌های اساسی روزمره مانند راه رفتن، بالا رفتن از پله، برخاستن از صندلی و حفظ تعادل است، به‌طور مستقیم با افزایش خطر سقوط، بستری شدن در بیمارستان و مرگ و میر همراه است (۹، ۱۰). علاوه بر این، کیفیت زندگی سالمندان که شاخصی جامع از سلامت جسمانی، روانی، اجتماعی و عملکردی است، به شدت تحت تأثیر مشکلات تعادلی و ترس از سقوط قرار می‌گیرد (۱۱). سالمندان با اختلال تعادل و ترس از سقوط معمولاً سطوح پایین‌تری از رضایت از زندگی، کاهش مشارکت اجتماعی، افزایش علائم افسردگی و اضطراب، و احساس کاهش ارزش خود را تجربه می‌کنند که همگی به تخریب کیفیت زندگی آنها منجر می‌شود (۱۲، ۱۳).

حفظ تعادل یک فرآیند پیچیده چندحسی است که نیازمند یکپارچگی اطلاعات حاصل از سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حس عمقی است (۶). در افراد سالمند، تغییرات ساختاری و عملکردی متعددی در این سیستم‌ها رخ می‌دهد که به‌طور مستقیم بر کنترل تعادل تأثیر می‌گذارد. در سیستم بینایی، کاهش حدت بینایی، تضعیف بینایی محیطی، کاهش حساسیت به تضاد و افزایش زمان پردازش اطلاعات بصری مشاهده می‌شود که نقش برجسته این سیستم در کنترل تعادل را محدود می‌سازد (۷). همچنین، در سیستم دهلیزی، کاهش تعداد سلول‌های مویی و تحلیل ساختارهای اتولیت‌ها منجر به اختلال در دریافت و پردازش اطلاعات مربوط به حرکت و جهت‌گیری سر می‌شود (۸). علاوه بر این، در سیستم حس عمقی، کاهش تعداد و حساسیت گیرنده‌های مکانیکی در مفاصل، تاندون‌ها و عضلات، باعث تضعیف آگاهی از وضعیت بدن در فضا و کاهش پاسخ‌های تصحیحی به اختلالات تعادلی می‌شود (۹، ۱۰). این تغییرات حسی با کاهش قدرت عضلانی به‌ویژه در عضلات اندام تحتانی، افزایش سفتی مفاصل، کاهش دامنه حرکتی و افزایش زمان واکنش ترکیب شده و منجر به افزایش نوسانات قامتی و اختلال در تعادل پویا می‌شود (۱۱، ۱۳). پژوهش‌های اخیر همچنین نشان داده‌اند که عملکرد شناختی نقش حیاتی در حفظ تعادل دارد و کاهش توانایی‌های اجرایی مانند توجه تقسیم‌شده، حافظه کاری، انعطاف‌پذیری شناختی و سرعت پردازش اطلاعات در سالمندان، می‌تواند به‌طور معناداری بر ظرفیت کنترل تعادل به‌ویژه در شرایط دوگانه (انجام همزمان وظایف حرکتی و شناختی) تأثیر منفی بگذارد و خطر سقوط را افزایش دهد (۱۲، ۱۴).

در سال‌های اخیر، رویکردهای نوین توانبخشی بر اهمیت یکپارچگی تمرینات فیزیکی با محرک‌های حسی و شناختی تأکید کرده‌اند. عینک استروبوکوپ به‌عنوان یک ابزار محرک عصبی-بصری، با ایجاد وقفه‌های متناوب در اطلاعات بینایی، سیستم عصبی را وادار به تکیه بیشتر بر اطلاعات حسی دیگر و بهبود پردازش اطلاعات حسی می‌کند (۱۰، ۱۱). این رویکرد می‌تواند انعطاف‌پذیری سیستم کنترل وضعیت بدن را افزایش داده و به بهبود تعادل کمک کند (۱۳). همچنین، ترکیب تمرینات فیزیکی با وظایف شناختی به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در بهبود تعادل و کاهش خطر سقوط در سالمندان شناخته شده است (۱۲، ۱۴). این رویکرد با شبیه‌سازی شرایط واقعی زندگی که در آن افراد باید همزمان وظایف حرکتی و شناختی را انجام دهند، می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش ترس از سقوط منجر شود (۱۵).

وجود مطالعات متعددی که اثربخشی تمرینات تعادلی سنتی (۱۶)، استفاده از عینک استروبوکوپ در ورزشکاران (۱۷) و تمرینات دوگانه شناختی-حرکتی (۱۸) را به‌طور مجزا تأیید کرده‌اند، هیچ مطالعه‌ای به بررسی اثرات هم‌افزایی ترکیب این رویکردها در جمعیت

سالمند نپرداخته‌است. این شکاف پژوهشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا سقوط در سالمندان معمولاً نتیجه اختلال همزمان در چندین حیطه (بینایی، شناختی و حرکتی) می‌باشد. مداخلاتی که تنها یک جنبه را هدف قرار می‌دهند، ممکن است به دلیل عدم شبیه‌سازی شرایط پیچیده زندگی واقعی، کارایی محدودی در انتقال‌پذیری مهارت‌ها به فعالیت‌های روزمره داشته باشند. استفاده ترکیبی از استروبوکوپ (ایجاد چالش بینایی متناوب) و وظایف شناختی (چالش توجه و پردازش اطلاعات) همراه با تمرینات تعادلی می‌تواند محیطی چندوجهی و شبیه‌تر به موقعیت‌های واقعی ایجاد کند که در آن سالمندان باید همزمان با محدودیت‌های بینایی و بار شناختی، تعادل خود را حفظ نمایند. این رویکرد یکپارچه می‌تواند به بهبود سازگاری عصبی-عضلانی، افزایش ظرفیت توجه تقسیم‌شده و در نهایت ارتقای انتقال‌پذیری مهارت‌های تعادلی به زندگی روزمره منجر شود.

علاوه بر این، اکثر مطالعات موجود بر شاخص‌های منفرد تعادل تمرکز داشته و به‌ندرت پیامدهای کلی‌تر مانند ترس از سقوط و کیفیت زندگی را به‌صورت جامع ارزیابی کرده‌اند. بنابراین، شکاف اصلی پژوهش حاضر، فقدان شواهد تجربی در مورد اثرات هم‌افزایی مداخلات یکپارچه چندحیطه‌ای (بینایی-شناختی-حرکتی) بر طیف گسترده‌ای از پیامدهای عملکردی، روانی و کیفیت زندگی در سالمندان است.

از این‌رو، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تمرینات تعادلی با محرک عصبی-بصری (عینک استروبوکوپ) همراه با وظایف عصبی-شناختی بر تعادل دینامیک، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد در افراد سالمند می‌باشد. فرضیه اصلی این پژوهش این است که ترکیب یکپارچه این رویکردها، از طریق ایجاد چالش‌های چندگانه و هم‌زمان در سیستم‌های حسی-حرکتی و شناختی، می‌تواند به‌طور معناداری بر بهبود شاخص‌های تعادلی، کاهش ترس از سقوط و ارتقای کیفیت زندگی سالمندان تأثیر مثبت داشته باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند راهکارهای نوین و مبتنی بر شواهدی را برای پیشگیری از سقوط و بهبود عملکرد سالمندان ارائه دهد.

## روش‌شناسی پژوهش

### شرکت‌کنندگان

این مطالعه یک مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل افراد سالمند ۶۰ تا ۷۵ سال ساکن در شهر کرج بودند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: سن ۶۰ تا ۷۵ سال، توانایی راه رفتن مستقل بدون کمک وسایل کمکی، عدم وجود بیماری‌های عصبی-عضلانی یا اسکلتی شدید، عدم سابقه جراحی اندام تحتانی در شش ماه گذشته، عدم مصرف داروهایی که بر تعادل تأثیر می‌گذارند. معیارهای خروج شامل بروز هرگونه آسیب یا بیماری حاد در طول دوره مداخله، غیبت بیش از سه جلسه تمرینی، و عدم تمایل به ادامه همکاری بود.

حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G\*Power با در نظر گرفتن توان آزمون ۸۰ درصد، سطح معناداری ۰/۰۵ و احتساب ۲۰ درصد ریزش نمونه، ۴۵ نفر (۱۵ نفر در هر گروه) برآورد شد. شرکت‌کنندگان پس از دریافت توضیحات کامل درباره اهداف، روش‌ها، مزایا و خطرات احتمالی مطالعه و امضای فرم رضایت‌نامه آگاهانه، به سه گروه (الف) گروه تمرینات تعادلی با عینک استروبوکوپ و وظایف شناختی، (ب) گروه تمرین تعادلی با عینک استروبوکوپ و بدون محرک بصری و شناختی و (ج) گروه کنترل که تمرین و مداخله‌ای را دریافت نمی‌کنند، تقسیم شدند. برای تقسیم‌بندی نمونه‌ها، از تصادفی‌سازی بلوکی با اندازه بلوک ۳ تایی استفاده شد تا تعداد افراد در سه گروه به‌صورت برابر حفظ شود. توالی تصادفی توسط یک پژوهشگر مستقل و با استفاده از نرم‌افزار Random Allocation Software تولید شد. تخصیص گروه‌ها در پاکت‌های مهر و موم شده، در بسته و شماره‌گذاری شده قرار داده شد تا از سوگیری تخصیص جلوگیری شود.

### ابزار اندازه‌گیری

برای ارزیابی تعادل پویا، از آزمون برخاستن و رفتن زمان دار<sup>۱</sup> استفاده شد. در این آزمون، از هر شرکت کننده خواسته شد بر روی یک صندلی استاندارد بدون دسته، با ارتفاع تقریبی ۴۵ سانتی متر از سطح زمین بنشیند، به گونه ای که پشت به پشتی صندلی تکیه داده و هر دو پا به صورت کامل روی زمین قرار گیرند. پیش از شروع، آزمون برای هر فرد توضیح داده شد و یک بار به صورت تمرینی انجام گرفت. پس از اعلام فرمان شروع توسط ارزیاب، شرکت کننده باید از صندلی برخاسته، مسیر مستقیم سه متری را تا علامت مشخص شده روی زمین طی کند، سپس چرخیده و به نقطه ای آغاز بازگردد و مجدداً روی صندلی بنشیند. زمان انجام کل این فرایند با استفاده از کرنومتر دیجیتال از لحظه ای اعلام فرمان تا تماس مجدد پشت شرکت کننده با پشتی صندلی اندازه گیری شد. هر فرد آزمون را دو بار با فاصله ای استراحت ۱۰ ثانیه بین تلاش ها انجام داد. میانگین زمان دو اجرای ثبت شده به عنوان امتیاز نهایی آزمون در نظر گرفته شد. برای اطمینان از دقت، آزمون توسط یک ارزیاب واحد در محیطی ثابت و بدون عوامل مزاحم انجام شد (۱۹). روایی این تست برای سالمندان ۰/۸۲ گزارش شده است (۲۰).

برای سنجش ترس از افتادن در سالمندان، از مقیاس بین المللی کارایی در جلوگیری از سقوط<sup>۲</sup> استفاده شد. جان و همکاران (۲۱) پایایی این آزمون را ۰/۷۲ تا ۰/۹۴ گزارش کردند. این پرسشنامه یک ابزار استاندارد و معتبر است که میزان اعتماد به نفس افراد در انجام فعالیت های روزمره بدون ترس از افتادن و سطح نگرانی آن ها نسبت به احتمال سقوط را ارزیابی می کند. در این پژوهش، از نسخه ای ۱۶ سؤالی مقیاس استفاده شد. این نسخه شامل فعالیت هایی نظیر راه رفتن در داخل و خارج از خانه، بالا و پایین رفتن از پله ها، انجام کارهای شخصی (مانند استحمام یا لباس پوشیدن)، تمیزکاری سبک منزل و خرید کردن است.

پرسشنامه به صورت مصاحبه ای حضوری توسط پژوهشگر آموزش دیده تکمیل شد تا از درک صحیح سؤالات توسط شرکت کنندگان اطمینان حاصل شود. پاسخ ها بر اساس مقیاس لیکرت چهار درجه ای (از هیچ نگرانی ندارم = ۱ تا خیلی نگرانم = ۴) ثبت گردید. نمره ی کل با جمع امتیازات سؤالات محاسبه شد، به طوری که نمرات بالاتر نشان دهنده ی نگرانی بیشتر از سقوط بودند. برای اطمینان از صحت داده ها، در صورت وجود پاسخ نامشخص یا تردید شرکت کننده، سؤال مجدداً توضیح داده می شد و پاسخ نهایی پس از اطمینان از فهم کامل ثبت می گردید (۲۲).

برای ارزیابی کیفیت زندگی سالمندان، از پرسشنامه کیفیت زندگی سازمان جهانی بهداشت ویژه سالمندان<sup>۳</sup> استفاده شد. این ابزار استاندارد و معتبر شامل ۲۴ سؤال در ۶ زیرمقیاس با پایایی نسخه ترجمه شده به فارسی ۰/۹۰ (۲۳) است که جنبه های مختلف زندگی سالمندان از جمله توانایی های حسی، استقلال، فعالیت های اجتماعی، نگرش نسبت به مرگ و تصمیم گیری شخصی را پوشش می دهد. پرسشنامه به صورت مصاحبه حضوری توسط پژوهشگر آموزش دیده تکمیل شد تا اطمینان حاصل شود که سالمندان سؤالات را به درستی درک کرده و پاسخ می دهند. پاسخ ها بر اساس مقیاس لیکرت ۵ درجه ای (از خیلی ناراضی = ۱ تا خیلی راضی = ۵) ثبت شد. نمرات هر زیرمقیاس محاسبه و در نهایت نمره کل استخراج گردید. نمرات بالاتر نشان دهنده کیفیت زندگی بهتر هستند. برای دقت بیشتر، در صورت نیاز به توضیح بیشتر سؤالات یا ابهام در پاسخ ها، پژوهشگر سؤالات را به زبان ساده تر توضیح داده و پاسخ نهایی ثبت شد (۲۴).

برای ارزیابی عملکرد تعادل و محدوده پایداری سالمندان، از تست دامنه دسترسی عملکردی<sup>۴</sup> استفاده شد. در این تست، شرکت کننده در حالت ایستاده با فاصله ای استاندارد از دیوار یا نوار اندازه گیری می ایستد، پاها ثابت و بدون حرکت، و دست غالب خود را در سطح شانه به جلو می برد. پس از آماده شدن شرکت کننده، پژوهشگر از نقطه ای ابتدایی دست در وضعیت اولیه تا بیشترین فاصله ای که دست می تواند بدون جابجایی پاها یا از دست دادن تعادل کشیده شود، با استفاده از خط کش یا نوار اندازه گیری دقیق فاصله را ثبت می کند. هر آزمون

1. Timed Up and Go Test

2. Falls Efficacy Scale-International; FES-I

3. WHOQOL-OLD

4. Functional Reach Test

معمولاً دو بار اجرا شده و میانگین فاصله‌ها به عنوان نمره نهایی در نظر گرفته می‌شود. نمرات بالاتر نشان‌دهنده پایداری بهتر و توانایی بیشتر در حفظ تعادل هنگام حرکت رو به جلو هستند (۲۵). پایایی این تست در سالمندان ۰/۸۳ گزارش شده است (۲۶).

### روند اجرای پژوهش

در این مطالعه از پروتکل چن و همکاران و میرزاخانی و همکاران برای پروتکل تمرین تعادلی و عینک استرابوسکوپ استفاده شد. شرکت‌کنندگان سالمند تمرینات روی یک پا ایستادن، بالا نگه داشتن دست و پای مخالف در وضعیت چهار دست و پا، تمرینات تخته تعادل، پرتاب توپ روی یک پا برای درمانگر و دریافت آن، راه رفتن بر روی یک خط و روی پاشنه راه رفتن را در حالی که عینک به چشم داشتند انجام دادند. شرکت‌کنندگان از عینک‌های مخصوص استفاده کردند که در شرایط بینایی استرابوسکوپی به صورت متناوب بین حالت شفاف و کدر (۰/۵ ثانیه هر حالت، فرکانس ۱ هرتز) تغییر می‌کرد و بدین ترتیب میزان بازخورد دیداری را تا ۵۰٪ کاهش می‌داد. هر تمرین ۳۰ دقیقه طول می‌کشید و در هر شرایط (دید کامل و بینایی استرابوسکوپی) سه بار تکرار و با ۳ دقیقه استراحت بین آزمون‌ها برای کاهش خستگی در ۳ جلسه در هفته طی ۶ هفته انجام شد. ترتیب انجام شرایط به صورت تصادفی و متناوب بود، به طوری که نیمی از شرکت‌کنندگان با شرایط بینایی استرابوسکوپی و نیمی با شرایط دید کامل آغاز می‌کردند. این ترکیب از چالش حسی و مکانیکی و تکرار زمانی باعث تحریک سیستم تعادلی و افزایش مهارت کنترل تعادل در سالمندان شد (۲۷، ۲۸) (جدول شماره ۱).

همزمان با تمرین تعادلی، گروه دریافت‌کننده وظایف عصبی-شناختی، وظایف عصبی-شناختی متنوعی به تمرینات آن‌ها اضافه شد که به منظور ایجاد شرایط دوگانه و درگیر کردن حوزه‌های مختلف شناختی طراحی شده بودند. این وظایف شامل الف) وظایف محاسباتی (شمارش معکوس از ۱۰۰ با گام‌های ۳، ۷ یا ۱۰، جمع و تفریق اعداد دورقمی، ضرب اعداد تک‌رقمی)، ب- وظایف حافظه کاری (به‌خاطر سپردن فهرست ۵-۷ کلمه، اعداد یا نام اشیاء و بازگویی آن‌ها در پایان تمرین)، پ) وظایف کلامی و طبقه‌بندی معنایی (نام‌بردن میوه‌ها، گل‌ها، حیوانات، شهرهای ایران، یا زمزمه اشعار آشنا مانند اشعار حافظ و سعدی)، ت) وظایف توجه انتخابی (پاسخ به محرک‌های صوتی خاص یا آزمون استروپ کلامی)، و ث) وظایف تصمیم‌گیری (پاسخ به سؤالات مانند ۱۰ روز بعد از سه‌شنبه چه روزی است؟) بود. سطح دشواری وظایف شناختی به صورت فردی تنظیم می‌شد و به تدریج در طول ۶ هفته افزایش می‌یافت تا چالش شناختی کافی فراهم شود. در هر جلسه، ترکیبی از این وظایف به کار می‌رفت تا یکنواختی کاهش یابد و انگیزه برای تمرین حفظ شود (۲۹).

جدول شماره ۱. پروتکل تمرینی تمرینات تعادلی به مدت ۶ هفته

| تمرینات                                               | هفته ۱     | هفته ۲     | هفته ۳     | هفته ۴     | هفته ۵     | هفته ۶     |
|-------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| روی یک پا ایستادن                                     | ۲*۱۰ ثانیه | ۲*۱۵ ثانیه | ۳*۱۰ ثانیه | ۳*۱۵ ثانیه | ۳*۲۰ ثانیه | ۳*۲۵ ثانیه |
| بالا نگه داشتن دست و پای مخالف در وضعیت چهار دست و پا | ۲*۱۰ ثانیه | ۲*۱۵ ثانیه | ۳*۱۰ ثانیه | ۳*۱۵ ثانیه | ۳*۲۰ ثانیه | ۳*۲۵ ثانیه |
| تمرینات تخته تعادل                                    | ۲*۱۰ ثانیه | ۲*۱۵ ثانیه | ۳*۱۰ ثانیه | ۳*۱۵ ثانیه | ۳*۲۰ ثانیه | ۳*۲۵ ثانیه |
| پرتاب توپ روی یک پا برای درمانگر و دریافت آن          | ۲*۸ پرتاب  | ۲*۱۰ پرتاب | ۳*۸ پرتاب  | ۳*۱۰ پرتاب | ۳*۱۲ پرتاب | ۳*۱۵ پرتاب |
| راه رفتن بر روی یک خط                                 | ۲*۱۰ متر   | ۲*۱۵ متر   | ۳*۱۰ متر   | ۳*۱۵ متر   | ۳*۲۰ متر   | ۳*۲۵ متر   |
| روی پاشنه راه رفتن                                    | ۲*۵ متر    | ۲*۸ متر    | ۳*۸ متر    | ۳*۱۰ متر   | ۳*۱۲ متر   | ۳*۱۲ متر   |

### روش آماری

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام شد. سطح معنی‌داری در تمامی آزمون‌ها  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شد. داده‌های کمی به صورت میانگین و انحراف استاندارد گزارش شدند. پیش از انجام تحلیل‌ها، طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. در صورت برقرار بودن پیش فرض‌ها از آزمون‌های پارامتریک و در غیر این صورت از

آزمون‌های ناپارامتریک استفاده گردید. برای بررسی اثر مداخله بر تعادل پویا، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد، از آزمون تحلیل واریانس مرکب با عوامل درون گروهی (زمان: پیش‌آزمون، پس‌آزمون) و بین گروهی (نوع مداخله) استفاده شد. در موارد مشاهده اختلاف معنی‌دار، از آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه‌های زوجی استفاده گردید. به منظور تفاوت درون گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. علاوه بر مقادیر معنی‌داری آماری، جهت تعیین شدت و اهمیت عملی تغییرات، اندازه اثر محاسبه و گزارش شد. در این مطالعه از شاخص اندازه اثر اتا مربعی جزئی استفاده گردید. بر اساس معیار کوهن (۱۹۹۸) مقادیر حدود ۰/۰۱ کوچک، ۰/۰۶ متوسط و ۰/۱۴ بزرگ در نظر گرفته شدند.

## یافته‌های پژوهش

بررسی ویژگی‌های دموگرافیک افراد حاضر در تحقیق نشان می‌دهد که در میانگین، انحراف استاندارد پارامترهای قد، وزن، سن و BMI از نظر آماری تفاوت معناداری وجود نداشت. در بین گروه‌ها گروه تمرینات تعادلی با وظایف شناختی نیز از دیگر گروه‌ها مسن‌تر بودند و گروه کنترل نسبت به دیگر گروه‌ها وزن بیشتری را داشتند (جدول ۲).

جدول شماره ۲. اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان

| متغیر    | گروه تمرینات تعادلی با وظایف شناختی | گروه تمرینات تعادلی | گروه کنترل  | ارزش P |
|----------|-------------------------------------|---------------------|-------------|--------|
| سن (سال) | ۶۷/۴ ± ۴/۸                          | ۶۶/۸ ± ۵/۱          | ۶۷/۱ ± ۴/۹  | ۰/۶۴   |
| قد (cm)  | ۱۶۲/۵ ± ۷/۳                         | ۱۶۳/۲ ± ۸/۱         | ۱۶۱/۸ ± ۷/۸ | ۰/۸۶   |
| وزن (Kg) | ۷۱/۸ ± ۹/۶                          | ۷۰/۵ ± ۱۰/۲         | ۷۲/۴ ± ۹/۸  | ۰/۱۶   |
| BMI      | ۲۷/۲ ± ۳/۱                          | ۲۶/۵ ± ۳/۴          | ۳۷/۶ ± ۳/۲  | ۰/۴۷   |

یادداشت. تعداد در هر گروه برابر با  $n=15$  است. داده‌ها به صورت  $M \pm Sd$  گزارش شده است. ارزش P، سطح معنی‌داری آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه بین گروه‌ها در متغیر مد نظر است.

نتایج تحلیل واریانس مرکب به منظور بررسی اثربخشی تمرینات تعاملی بر متغیرهای وابسته پژوهش شامل تعادل پویا، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد نشان داد که تمرینات تعاملی با وظایف شناختی تأثیر معناداری بر تمامی متغیرهای مورد بررسی داشته است ( $P > 0.05$ ). یافته‌های مربوط به تعادل پویا حاکی از آن است که در گروه تجربی با وظایف شناختی کاهش معناداری در نمرات تعادل پویا از پیش‌آزمون به پس‌آزمون مشاهده شد، در حالی که گروه تمرینات تعادلی بر اساس اندازه اثر نیز بهبود بهتری را نسبت به گروه تمرینات تعادلی نشان داد اما گروه کنترل تغییر چندانی نداشت. تفاوت بین گروهی ( $\eta^2 = 0.16$ ،  $P = 0.001$ ،  $F = 4.28$ ) نیز معنادار بود و اندازه اثر این مداخله نشان‌دهنده تأثیر متوسط تمرینات است.

در خصوص متغیر ترس از سقوط، نتایج تحلیل نشان داد که تمرینات تعاملی با وظایف شناختی بر کاهش ترس از سقوط تأثیر معنادار داشته است ( $\eta^2 = 0.18$ ،  $P = 0.001$ ،  $F = 4.44$ ). گروه تجربی با وظایف شناختی کاهش قابل توجهی در نمرات ترس از سقوط از پیش‌آزمون به پس‌آزمون نشان داد و اندازه اثر بالاتر نسبت به دیگر گروه‌ها این موضوع را تایید کرد. گروه تمرینات تعادلی نیز کاهش مشاهده شد، اما گروه کنترل تغییر ناچیزی داشت.

این پروتکل‌های تمرینی بر اساس نتایج تفاوت معنی‌داری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در بهبود کیفیت زندگی داشت ( $\eta^2 = 0.34$ ). مداخله تمرینی همچنین تأثیر معناداری بر بهبود کیفیت زندگی به وجود آورد به طوری که گروه تمرینات تعادلی

با وظایف شناختی افزایش معناداری در نمرات کیفیت زندگی از پیش‌آزمون به پس‌آزمون نشان داد. گروه تمرینات تعادلی نیز افزایش مشاهده شد اما کمتر از گروه تمرینات تعادلی با وظایف شناختی بود اما گروه کنترل تغییر جزئی داشت.

در نهایت، نتایج مربوط به متغیر عملکرد نشان داد که تمرینات بر بهبود عملکرد در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تأثیر معنادار داشته است ( $F=14/40$ ،  $P=0/001$ ،  $\eta^2 = 0/38$ ). گروه تمرینات تعادلی با وظایف شناختی بر اساس اندازه اثر افزایش چشمگیری در نمرات عملکرد از پیش‌آزمون به پس‌آزمون نشان داد و گروه تمرینات تعادلی نیز بهبودی معناداری داشت، در حالی که گروه کنترل تغییر ناچیزی از خود نشان داد.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات تعاملی با وظایف شناختی در مقایسه با تمرینات تعادلی ساده و گروه کنترل، تأثیر معناداری بر بهبود تعادل پویا، کاهش ترس از سقوط، افزایش کیفیت زندگی و بهبود عملکرد دارد. اندازه اثرهای به دست آمده نشان‌دهنده تأثیر متوسط تا قوی مداخلات تمرینی است و این یافته‌ها اهمیت ترکیب وظایف شناختی با تمرینات تعادلی را برای بهبود شاخص‌های عملکردی برجسته می‌سازد.

جدول شماره ۳. مقایسه درون گروهی و بین گروهی تعادل پویا، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد در سالمندان در پیش و پس از آزمون

| متغیر       | گروه                           | پیش آزمون      | پس آزمون       | تفاوت درون گروهی | اندازه اثر | تفاوت بین گروهی (زمان گروه) | اندازه اثر |
|-------------|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|------------|-----------------------------|------------|
| تعادل پویا  | تمرینات تعادلی با وظایف شناختی | $13/8 \pm 2/9$ | $10/7 \pm 2/3$ | $*0/001$         | ۱/۱۸       | $*0/001$                    | ۰/۱۶       |
|             | تمرینات تعادلی                 | $13/5 \pm 3/1$ | $11/2 \pm 2/8$ | $*0/02$          | ۰/۷۸       |                             |            |
|             | کنترل                          | $13/2 \pm 2/8$ | $12/9 \pm 3/0$ | ۰/۷۰             | ۰/۱۰       |                             |            |
| ترس از سقوط | تمرینات تعادلی با وظایف شناختی | $28/5 \pm 7/2$ | $21/3 \pm 5/3$ | $*0/001$         | ۱/۱۴       | $*0/001$                    | ۰/۱۸       |
|             | تمرینات تعادلی                 | $27/8 \pm 6/9$ | $24/6 \pm 6/5$ | $*0/04$          | ۰/۴۸       |                             |            |
|             | کنترل                          | $28/2 \pm 7/5$ | $27/9 \pm 7/3$ | ۰/۹۲             | ۰/۰۴       |                             |            |
| کیفیت زندگی | تمرینات تعادلی با وظایف شناختی | $52/5 \pm 8/9$ | $61/8 \pm 7/5$ | $*0/02$          | ۱/۱۳       | $*0/001$                    | ۰/۳۴       |
|             | تمرینات تعادلی                 | $53/1 \pm 8/7$ | $57/3 \pm 5/2$ | $*0/02$          | ۰/۶۱       |                             |            |
|             | کنترل                          | $52/8 \pm 2/9$ | $52/5 \pm 9/0$ | ۰/۸۴             | ۰/۰۵       |                             |            |
| عملکرد      | تمرینات تعادلی با وظایف شناختی | $24/8 \pm 5/3$ | $31/5 \pm 4/7$ | $*0/001$         | ۱/۳۴       | $*0/001$                    | ۰/۳۸       |
|             | تمرینات تعادلی                 | $25/2 \pm 5/5$ | $28/4 \pm 5/1$ | $*0/03$          | ۰/۶۰       |                             |            |
|             | کنترل                          | $24/5 \pm 5/7$ | $24/3 \pm 5/6$ | ۰/۶۴             | ۰/۰۴       |                             |            |

یادداشت. داده‌های توصیفی به صورت  $M \pm Sd$  گزارش شده است.

\*سطح معناداری  $P < 0/05$

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تمرینات تعاملی با وظایف شناختی بر تعادل پویا، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرینات تعاملی با وظایف شناختی به طور معناداری بر بهبود تمامی متغیرهای مورد بررسی تأثیر داشته

و در مقایسه با تمرینات تعادلی ساده، اثربخشی بیشتری نشان داده است (۳۰). این یافته‌ها با رویکرد نوین در حوزه توانبخشی که بر یکپارچگی سیستم‌های حرکتی و شناختی تأکید دارد، همسو است. پژوهش‌های سیستماتیک و متاآنالیز نشان داده‌اند که مداخلات تمرینی دوگانه اثرات مثبت کوچک تا متوسطی بر عملکردهای شناختی و اثرات مثبت متوسط تا بزرگی بر عملکردهای راه رفتن و تعادل دارند (۳۱). تمرینات تعاملی با ایجاد چالش‌های شناختی-حرکتی، سیستم عصبی مرکزی را وادار به بازسازماندهی و بهینه‌سازی مسیرهای عصبی می‌کند که این امر از طریق مکانیسم‌های نوروپلاستی قابل تبیین است (۳۲). تمرینات دوگانه و مبتنی بر مهارت، نوروپلاستی را با درگیر کردن همزمان چندین شبکه عصبی و ترویج تخصیص کارآمد منابع بین فرآیندهای حرکتی و شناختی تقویت می‌کنند.

کاهش معنادار نمرات تعادل پویا در گروه تمرینات تعاملی با وظایف شناختی نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در کنترل پاستچرال و ثبات حرکتی است. مطالعات متاآنالیز نشان داده‌اند که تمرینات دوگانه می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای بهبود تعادل در سالمندان سالم عمل کند و بهبودهای معناداری در عملکرد تعادل ایستا، عملکرد حرکتی-بینایی و عملکرد اجرایی فضایی-بینایی ایجاد کند (۳۰). این یافته را می‌توان از منظر نظریه پردازش دوگانه تبیین کرد که بیان می‌کند انجام همزمان وظایف شناختی و حرکتی به بهبود توانایی تخصیص منابع توجهی و خودکارسازی الگوهای حرکتی منجر می‌شود (۳۳). افزایش تقاضای شناختی در حین اجرای تکالیف حرکتی، فعالیت قشر پیش‌پیشانی جانبی و شبکه‌های توجهی را افزایش می‌دهد که این امر به بهبود یکپارچگی حسی-حرکتی و در نتیجه تعادل پویا منجر می‌شود. علاوه بر این، تمرینات دوگانه با تقویت سیستم‌های بازخورد پیش‌بین و پس‌بین، توانایی بدن در پاسخ‌دهی سریع و مؤثر به اغتشاشات تعادلی را بهبود می‌بخشد.

کاهش معنادار ترس از سقوط در گروه تجربی یکی از یافته‌های مهم این پژوهش است که نشان می‌دهد مداخلات حرکتی-شناختی نه تنها بر جنبه‌های فیزیکی بلکه بر ابعاد روان‌شناختی نیز تأثیرگذار است. ترس از سقوط با محدودیت فعالیت و همچنین با عملکردهای فیزیکی و شناختی ضعیف‌تر مرتبط است و ممکن است عامل مهمی در کاهش کیفیت زندگی باشد (۳۴). مطالعات نشان داده‌اند که ترس از سقوط با کاهش فعالیت‌های فیزیکی و اجتماعی و همچنین کاهش کیفیت زندگی مرتبط است و سطوح بالای ترس از سقوط می‌تواند خطر سقوط‌های آینده فرد را افزایش دهد (۳۵). ترس از سقوط به عنوان یک عامل روان‌شناختی پیچیده، از طریق محدودسازی فعالیت‌های روزمره و ایجاد چرخه معیوب ترس-اجتناب-کاهش فعالیت، می‌تواند به کاهش بیشتر عملکرد و افزایش ریسک سقوط منجر شود. تمرینات تعاملی با وظایف شناختی با فراهم کردن محیطی کنترل‌شده و تدریجی، به افزایش خودکارآمدی حرکتی و اعتماد به نفس فرد کمک می‌کند (۳۶). این رویکرد با تئوری خودکارآمدی بندورا همخوانی دارد که بر اهمیت تجربیات موفقیت‌آمیز در کاهش ترس و افزایش باورهای مثبت نسبت به توانایی‌های فردی تأکید دارد. همچنین، انجام وظایف دوگانه با تمرکز توجه بر تکالیف شناختی، موجب کاهش توجه به محرک‌های ترس‌زا و در نتیجه کاهش فعالیت آمیگدال و سیستم‌های مرتبط با پاسخ‌های ترس می‌شود که این امر از طریق مکانیسم تجدید ساختار شناختی قابل تبیین است.

افزایش معنادار کیفیت زندگی در گروه تمرینات تعاملی نشان می‌دهد که این نوع مداخلات فراتر از بهبود شاخص‌های فیزیکی، بر ابعاد مختلف زندگی افراد تأثیر می‌گذارد. کیفیت زندگی به عنوان یک سازه چندبعدی، شامل ابعاد جسمانی، روان‌شناختی، اجتماعی و محیطی است که همگی تحت تأثیر توانایی‌های حرکتی و شناختی فرد قرار دارند. مداخلات ورزشی در پیشگیری از سقوط در سالمندان، متغیرهای روان‌شناختی از جمله ترس از سقوط و کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشند (۳۷). بهبود تعادل و کاهش ترس از سقوط به افزایش استقلال در انجام فعالیت‌های روزمره زندگی منجر می‌شود که این امر خود به احساس استقلال، خودمختاری و شادکامی فرد کمک می‌کند. علاوه بر

این، توانایی انجام تکالیف دوگانه که در زندگی روزمره بسیار متداول است، به بهبود عملکرد اجتماعی و کاهش محدودیت‌های ناشی از اختلالات حرکتی کمک می‌کند (۳۸). این یافته با مدل طبقه بندی بین‌المللی عملکرد، ناتوانی و سلامت که بر تعامل دوطرفه بین ساختارهای بدن، فعالیت‌ها و مشارکت اجتماعی تأکید دارد، همسو است.

بهبود عملکرد در گروه تجربی با بالاترین اندازه اثر همراه بود که نشان‌دهنده تأثیر قوی تمرینات تعاملی بر توانایی‌های کارکردی است. این یافته اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا عملکرد به عنوان شاخص نهایی اثربخشی مداخلات توانبخشی محسوب می‌شود. اگرچه تمرینات دوگانه متناوب از نظر عملکردی برای سالمندان آسان‌تر است، بخش بزرگی از وظایف حرکتی و شناختی به طور همزمان انجام می‌شود، به ویژه در طول فعالیت‌های روزمره زندگی که نیاز به حفظ تعادل بدن دارند (۳۳). بهبود عملکرد را می‌توان نتیجه تعامل مثبت بین بهبود تعادل، کاهش ترس از سقوط و افزایش کیفیت زندگی دانست. از منظر نظری، این یافته با رویکرد سیستم‌های پویا که بر تعامل پیچیده بین سیستم‌های حرکتی، شناختی و محیطی تأکید دارد، قابل تبیین است. تمرینات تعاملی با شبیه سازی شرایط واقعی زندگی که نیازمند هماهنگی چندین سیستم به طور همزمان است، به بهبود عملکرد کلی فرد در موقعیت‌های روزمره منجر می‌شود. این رویکرد با اصل خاصیت انتقال تمرین همخوانی دارد که بیان می‌کند تمریناتی که شرایط واقعی را شبیه‌سازی می‌کنند، به انتقال بهتر یادگیری به موقعیت‌های عملی منجر می‌شوند.

یکی از یافته‌های مهم این پژوهش، برتری تمرینات تعاملی با وظایف شناختی نسبت به تمرینات تعادلی ساده است. این برتری را می‌توان از چند منظر تبیین کرد. تمرینات دوگانه حرکتی-شناختی در مقایسه با مراقبت معمول، اثربخشی بیشتری در بهبود نقایص دوگانه حرکتی-شناختی دارد (۳۹). نخست، از منظر نورولوژیک، تمرینات دوگانه با فعال‌سازی همزمان مناطق مختلف مغز شامل قشر حرکتی، قشر پیش‌پیشانی، گانگلیون‌های پایه و مخچه، به ایجاد شبکه‌های عصبی گسترده‌تر و قوی‌تری منجر می‌شود که این امر بهبود پایداری و جامع‌تری را به دنبال دارد (۳۲). پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند که وظایف شناختی باید به جای درمان به عنوان موجودیت‌های جداگانه، در وظایف حرکتی ادغام شوند تا بهبود بهینه در عملکردهای شناختی و حرکتی حاصل شود (۳۹). دوم، از منظر یادگیری حرکتی، افزایش پیچیدگی تکلیف از طریق افزودن بار شناختی، به یادگیری عمیق‌تر و خودکارسازی بهتر الگوهای حرکتی کمک می‌کند که این امر با اصل دشواری مطلوب در یادگیری همخوانی دارد. سوم، تمرینات دوگانه با تقویت توانایی تخصیص منابع توجهی و انعطاف‌پذیری شناختی، به بهبود عملکرد در شرایط چالش‌برانگیز که در زندگی روزمره رایج است، منجر می‌شود (۳۸، ۳۱).

با وجود یافته‌های امیدوارکننده این پژوهش، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد. عدم وجود پیگیری بلندمدت امکان بررسی پایداری اثرات مداخله را محدود می‌کند. همچنین، عدم کنترل برخی متغیرهای مداخله‌گر احتمالی مانند سطح فعالیت بدنی روزمره، وضعیت تغذیه و میزان حمایت اجتماعی می‌تواند بر نتایج تأثیر داشته باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات تعاملی با وظایف شناختی به عنوان یک رویکرد نوین و جامع، می‌تواند به طور همزمان بر ابعاد مختلف عملکرد شامل تعادل، ترس از سقوط، کیفیت زندگی و عملکرد کلی تأثیر مثبت بگذارد. تعدادی از مطالعات اثرات تمرینات دوگانه را بر بهبود تعادل و کاهش خطر سقوط در سالمندانی که در معرض خطر بالای سقوط هستند شناسایی کرده‌اند (۳۸، ۳۱، ۴۰). این یافته‌ها اهمیت تلفیق وظایف شناختی با تمرینات حرکتی در برنامه‌های توانبخشی را برجسته می‌سازد و پیشنهاد می‌کند که متخصصان حوزه توانبخشی و فیزیوتراپی، رویکردهای دوگانه را به عنوان استراتژی اصلی در برنامه‌های درمانی خود بگنجانند (۴۰). این رویکرد با توجه به

ماهیت چند وظیفه‌ای فعالیت‌های روزمره، می‌تواند به بهبود واقعی و کاربردی توانایی‌های افراد در زندگی روزانه منجر شود و در نهایت به ارتقای کیفیت زندگی و استقلال آنان کمک کند.

### نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج به دست آمده اضافه کردن وظایف شناختی به تمرینات تعادلی با عینک استروبوکوپ می‌تواند باعث بهبود تعادل پویا، کیفیت زندگی، خطر سکوت و عملکرد نسبت به تمرینات تعادلی با عینک استروبوکوپ به تنهایی شود و از این نوع مداخله می‌توان در هنگام انجام این تمرینات استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با طراحی مطالعات پیگیری بلند مدت، تأثیر پایدار این مداخلات را بررسی کنند همچنین، استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری عصبی مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی یا الکتروانسفالوگرافی می‌تواند به فهم بهتر مکانیسم‌های عصبی زیربنای اثربخشی تمرینات دوگانه کمک کند. علاوه بر این، بررسی اثربخشی این مداخلات در جمعیت‌های مختلف با ویژگی‌های متفاوت می‌تواند به تعمیم‌پذیری یافته‌ها کمک کند.

### پی‌نوشت

#### تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند هیچگونه تعارض منافی ندارند.

#### حمایت مالی

این پژوهش هیچ حمایت مالی از مرکز و نهاد‌های دولتی دریافت نکرده است.

#### تقدیر و تشکر

با تشکر از تمام کسانی که ما را در این راه یاری رساندند.

#### مشارکت نویسندگان

مفهوم و طراحی مطالعه: علیرضا عباسی، سید صدرالدین شجاع‌الدین

تحلیل و تفسیر داده‌ها: علیرضا عباسی، سید صدرالدین شجاع‌الدین

نگارش پیش‌نویس مقاله: علیرضا عباسی

بازنگری مقاله: علیرضا عباسی، سید صدرالدین شجاع‌الدین

تحلیل آماری: علیرضا عباسی

#### منابع

1. Horak, F.B., *Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?* Age and ageing, 2006. 35(suppl\_2): p. ii7-ii11.
2. Rubenstein, L.Z., *Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention.* Age and ageing, 2006. 35(suppl\_2): p. ii37-ii41.
3. Gogol, M., *Standards in dementia care.* Age and ageing, 2007. 36(5): p. 599-600.
4. Tinetti, M.E. and C.S. Williams, *Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home.* New England journal of medicine, 1997. 337(18): p. 1279-1284.
5. Masud, T. and R.O. Morris, *Epidemiology of falls.* Age & Ageing, 2001. 30.
6. Shumway-Cook, A. and M.H. Woollacott, *Motor control: translating research into clinical practice.* 2007: Lippincott Williams & Wilkins.

7. Lord, S.R., *Visual risk factors for falls in older people*. Age and ageing, 2006. **35**(suppl\_2): p. ii42-ii45.
8. Yogev-Seligmann, G., J.M. Hausdorff, and N. Giladi, *The role of executive function and attention in gait*. Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society, 2008. **23**(3): p. 329-342.
9. Sherrington, C. and A. Tiedemann, *Physiotherapy in the prevention of falls in older people*. Journal of physiotherapy, 2015. **61**(2): p. 54-60.
10. Appelbaum, L.G. and G. Erickson, *Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques*. International Review of Sport and Exercise Psychology, 2018. **11**(1): p. 160-189.
11. Wilkins, L. and L.G. Appelbaum, *An early review of stroboscopic visual training: insights, challenges and accomplishments to guide future studies*. International Review of Sport and Exercise Psychology, 2020. **13**(1): p. 65-80.
12. Silsupadol, P., 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): p. 381-387.
13. Kim, K.-M., J.-S. Kim, and D.R. Grooms, *Stroboscopic vision to induce sensory reweighting during postural control*. Journal of sport rehabilitation, 2017. **26**(5).
14. Pichierri, G., et al., *Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review*. BMC geriatrics, 2011. **11**(1): p. 29.
15. Morat, M., et al., *Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: A three-armed randomized controlled trial*. Experimental gerontology, 2019. **127**: p. 110719.
16. Howe, T.E., et al., *Exercise for improving balance in older people*. Cochrane database of systematic reviews, 2011(11).
17. Mitroff, S.R., et al., *Enhancing ice hockey skills through stroboscopic visual training: a pilot study*. Athletic Training & Sports Health Care, 2013. **5**(6): p. 261-264.
18. Toulotte, C., et al., *Identification of healthy elderly fallers and non-fallers by gait analysis under dual-task conditions*. Clinical rehabilitation, 2006. **20**(3): p. 269-276.
19. Yu, X., et al., *Combined effect of osteoporosis and poor dynamic balance on the incidence of sarcopenia in elderly Chinese community suburban-dwelling individuals*. The Journal of nutrition, health and aging, 2020. **24**(1): p. 71-77.
20. Reis, M., et al., *Validity and Reliability of the Self-Administered Timed Up and Go Test in Assessing Fall Risk in Community-Dwelling Older Adults*. Geriatrics, 2025. **10**(3): p. 62.
21. Visschedijk, J.H., et al., *Reliability and validity of the Falls Efficacy Scale-International after hip fracture in patients aged  $\geq 65$  years*. Disability and rehabilitation, 2015. **37**(23): p. 2225-2232.
22. Sapmaz, M. and B. Mujdeci, *The effect of fear of falling on balance and dual task performance in the elderly*. Experimental gerontology, 2021. **147**: p. 111250.
23. Rezaeipandari, H., et al., *Cross-cultural adaptation and psychometric validation of the World Health Organization quality of life-old module (WHOQOL-OLD) for Persian-speaking populations*. Health and quality of life outcomes, 2020. **18**(1): p. 67.
24. Durgun, H., N. Turan, and H. Kaya, *Relationship between fall behavior and quality of life of elderly individuals*. Psychology, Health & Medicine, 2022. **27**(6): p. 1366-1372.
25. Sousa, N. and J. Sampaio, *Effects of progressive strength training on the performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an elderly population from the rural north of Portugal*. American Journal of Human Biology, 2005. **17**(6): p. 746-751.
26. Ferreira, S., A. Raimundo, and J. Marmeleira, *Test-retest reliability of the functional reach test and the hand grip strength test in older adults using nursing home services*. Irish Journal of Medical Science (1971-), 2021. **190**(4): p. 1625-1632.
27. Azhdar, M., et al., *The Effect of Balance Training on Cognitive and Occupational Performance of the Elderly*. Caspian Journal of Pediatrics, 2022. **24**(1).

28. Chen, Y.-C., et al., *Enhancing anticipation control of the posture system in the elderly wearing stroboscopic glasses*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2025. **22**(1): p. 104.
29. Zaemeni Motlagh, M., et al., *Comparing the Effects of Dual-Task Training and Rhythmic Movement Training on Executive Functions in older adults with Mild Cognitive Impairment*. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 2025. **14**(1): p. 56-71.
30. Pengpid, S. and K. Peltzer, *Associations of history of intimate partner violence with mental ill-health and lifestyle factors in middle-aged and older men and women in South Africa*. Archives of gerontology and geriatrics, 2024. **118**: p. 105286.
31. Khachaturian, Z.S., *the 'aducanumab story': will the last chapter spell the end of the 'amyloid hypothesis' or mark a new beginning?* The Journal Of Prevention of Alzheimer's Disease, 2022. **9**(2): p. 190-192.
32. Ben Ezzdine, L., et al., *Physical activity and neuroplasticity in neurodegenerative disorders: a comprehensive review of exercise interventions, cognitive training, and AI applications*. Frontiers in Neuroscience, 2025. **19**: p. 1502417.
33. Trombini-Souza, F., 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**: p. e15030.
34. Schoene, D., et al., *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: p. 701-719.
35. Stefanacci, R.G. and A. Riddle, *China-A half billion older adults getting and giving assistance*. Geriatric Nursing (New York, NY), 2017. **38**(6): p. 591-595.
36. Kumar, A., et al., *Exercise for reducing fear of falling in older people living in the community: Cochrane systematic review and meta-analysis*. Age and ageing, 2016. **45**(3): p. 345-352.
37. Halvarsson, A., E. Franzén, and A. Ståhle, *Balance training with multi-task exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis: a randomized controlled trial*. Clinical rehabilitation, 2015. **29**(4): p. 365-375.
38. Fritz, N.E., F.M. Cheek, and D.S. Nichols-Larsen, *Motor-cognitive dual-task training in persons with neurologic disorders: a systematic review*. Journal of neurologic physical therapy, 2015. **39**(3): p. 142-153.
39. Wollesen, B. and C. Voelcker-Rehage, *Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults: A systematic review*. European Review of Aging and Physical Activity, 2014. **11**(1): p. 5-24.
40. Glatt, R.M., et al., *The "FitBrain" program: implementing exergaming & dual-task exercise programs in outpatient clinical settings*. Frontiers in sports and active living, 2024. **6**: p. 1449699.