

The Effect of Dual-Task Training under Constant and Variable Conditions on Static and Dynamic Balance in Elderly Individuals After Stroke

Daryoush. Khajavi^{1, 2*}, Leyal. Mosahaneh¹, Fardin. Faraji³

¹ Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, University of Arak, Arak, Iran

² Department of Behavioral and Cognitive Science in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Department of Neurology, Faculty of Medicine, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

* Corresponding author email address: d-khajavi@araku.ac.ir

Article Info

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Khajavi, D., Mosahaneh, L., & Faraji, F. (2024). The Effect of Dual-Task Training under Constant and Variable Conditions on Static and Dynamic Balance in Elderly Individuals After Stroke. *Longevity*, 2(4), 74-92.

<https://doi.org/10.61838/kman.longevity.2.4.5>



© 2024 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

ABSTRACT

Stroke is the most common and debilitating neurological condition in adults, leading to a decline in balance and functional dependence. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of dual-task training under constant and variable conditions on the balance of adults after experiencing a stroke. This study was a quasi-experimental design employing a pretest-posttest approach. The statistical population included adult individuals with a history of stroke who referred to medical centers in Shush Danial County. From among the volunteers, 30 participants were randomly selected and assigned to three groups: a control group, a dual-task training group under constant conditions, and a dual-task training group with variable prioritization. One week before the study began, the objectives, significance, and procedure of the research were explained to the participants, and informed consent forms were completed. The Berg Balance Scale and the Timed Up and Go Test were administered as pretests. Participants were then randomly assigned to three groups of ten, consisting of two experimental groups (dual-task training under constant conditions and dual-task training under variable conditions) and one control group. The experimental groups performed training sessions for four consecutive weeks, three 45-minute sessions per week. Data analysis using analysis of covariance and Bonferroni post hoc tests indicated that static and dynamic balance in adults post-stroke significantly improved following dual-task training under both constant and variable conditions ($p \leq 0.05$). Based on the findings of this study, dual-task training methods under both constant and variable conditions can be utilized to enhance static and dynamic balance in adults with a history of stroke.

Keywords: Variable training, dual-task, balance improvement, stroke, adults.

Extended Abstract

Introduction

Stroke remains one of the most prevalent and debilitating neurological disorders globally, particularly in adult populations. In Iran, the prevalence of stroke surpasses that of many Western nations, and it tends to occur at a younger age (Delbari et al., 2010). A significant proportion of stroke survivors experience lasting disabilities that impair their independence and quality of life (Goldstein et al., 2006). Among the consequences of stroke, impaired balance is highly common and has been shown to predict both cognitive decline and increased fall risk in affected individuals. Approximately half of all stroke patients suffer from some degree of balance impairment, which is closely associated with reduced mobility and overall functional capacity (Khan & Chevidikunann, 2021).

Rehabilitative interventions focusing on balance improvement are therefore of critical importance. Among them, dual-task training—which involves the concurrent execution of cognitive and motor tasks—has demonstrated promise in enhancing balance and gait function (Iranmanesh H, 2016; Melzer et al., 2010). This training paradigm reflects the cognitive-motor demands of real-world activities and may foster better postural control compared to single-task approaches (Makizako et al., 2012; Oh-Park et al., 2013). Furthermore, the structure of training sessions—specifically, whether conditions are constant or variable—has been posited to influence the retention and transferability of motor skills (Maslovat et al., 2004; Schmidt, 1991). Variable practice, involving the modulation of task parameters, is theorized to enhance motor schema development and adaptability (Breslin et al., 2012; Schmidt, 1975).

Nonetheless, findings in this domain remain inconsistent. While some studies endorse the superiority of variable dual-task training for balance rehabilitation (Sengar et al., 2019), others report minimal or equivocal benefits (Helm et al., 2019; Kaipa R, 2017). In particular, research directly comparing constant and variable dual-task conditions in post-stroke populations is scarce. Given the essential role of balance in the autonomy and daily functioning of stroke survivors, this study seeks to evaluate the differential effects of constant and variable dual-task training on both static and dynamic balance performance in adults recovering from stroke.

Methods and Materials

This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with three parallel groups: a control group, a constant dual-task training group, and a variable dual-task training group. Thirty adults (aged 40–80) with a history of left-hemisphere stroke occurring 12 to 24 months prior were recruited from rehabilitation centers in Shush Danial County, Iran. Participants were randomly assigned to one of the three groups (n=10 per group). Inclusion criteria included the absence of cognitive and physical comorbidities and the ability to walk independently.

The intervention lasted four weeks, with participants undergoing three 45-minute sessions per week. Both dual-task groups practiced balance tasks (e.g., narrow-base standing, obstacle walking) in combination with a cognitive task (counting backward). The constant dual-task group was instructed to divide attention equally across tasks, while the variable group alternated priority between tasks during each session. The control group engaged in single-task balance training without any cognitive component.

Outcome measures included the Timed Up and Go (TUG) test for dynamic balance and the Romberg test (eyes open/closed) for static balance. Data were analyzed using ANCOVA and Bonferroni post hoc tests. Assumptions of normality and homogeneity of variance were confirmed via Shapiro-Wilk and Levene's tests.

Findings and Results

Results indicated that both dual-task groups demonstrated statistically significant improvements in static and dynamic balance scores from pre- to posttest, while the control group either declined or improved marginally. Specifically, the Romberg test scores (with eyes closed) improved by 4.22% and 4.52% in the constant and variable groups, respectively, while the control group showed an 8.66% decline. Similar trends were observed in the eyes-open condition.

In terms of dynamic balance, the TUG test times decreased by 5.14% in the constant group and 4.20% in the variable group, while the control group exhibited a 10.45% increase (indicating worse performance). The Berg Balance Scale scores also improved significantly in both experimental groups but declined in the control group.

ANCOVA results confirmed significant group effects on posttest scores after controlling for pretest performance ($p \leq 0.001$). Post hoc comparisons revealed that both dual-task groups outperformed the control group in all outcomes, but no statistically significant difference was found between the constant and variable dual-task groups on the Romberg or TUG tests. However, in terms of Berg Balance scores and TUG performance under dual-task conditions, the variable group exhibited a slight advantage.

Conclusion

This study provides empirical support for the use of dual-task training—both constant and variable—in improving balance performance in adults recovering from stroke. The observed benefits align with prior findings that endorse cognitive-motor integration as a means to enhance postural control and gait. The gains in both static and dynamic balance may be attributed to enhanced coordination between cognitive processing and motor execution, as well as improved attentional control mechanisms fostered by dual-task scenarios.

Interestingly, while both training modalities produced improvements, the variable priority group tended to outperform the constant group in specific conditions requiring task flexibility. This observation corroborates the theoretical model proposed by Kramer et al. (1995), which posits that variable priority training fosters better attentional allocation and inter-task coordination. Such adaptability may be especially critical in aging populations, where attentional resources are limited. Furthermore, the slight improvements in the control group may be explained by the automatization of practiced tasks, supporting theories of limited attention capacity and dual-task performance enhancements through automatization.

Despite these promising results, the study's limited sample size suggests caution in generalizing findings. Future research should explore the long-term retention of dual-task training benefits, the use of alternative cognitive tasks, and comparisons with blocked or random practice structures. Nevertheless, the current findings highlight the potential of simple, low-cost dual-task training protocols to significantly enhance functional independence in post-stroke rehabilitation programs.

Ethical Considerations

This study was approved by the Ethics Committee of Arak University of Medical Sciences (Ethics Code: IR.ARAKMU.REC.1398.257). The study adhered to the ethical principles of research.

Funding

This research received no financial support.

Authors' Contributions

This article is extracted from the Master's thesis of Ms. Leila Masahneh at Arak University. The topic and final title of the research were determined collaboratively by the first and second authors, with consultation from the third author. The second author was responsible for the literature review, proposal development, implementation of the training protocol, and thesis writing. The proposal was revised and finalized by the first and third authors. The extraction, submission, and follow-up of the article were carried out by the first author.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest.

Acknowledgments

We sincerely thank the healthcare professionals at the medical centers in Shush Danial County who collaborated with us in this research.



تأثیر تمرین تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل ایستا و پویای سالمندان پس از سکته مغزی

داریوش خواجوی^{۱، ۲، *}، لیلا مسحنه^۱، فردین فرجی^۳

۱. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲. گروه علوم رفتاری و شناختی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. گروه داخلی مغز و اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: d-khajavi@araku.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

خواجوی، داریوش، مسحنه، لیلا، و فرجی، فردین. (۱۴۰۳). تأثیر تمرین تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل ایستا و پویای سالمندان پس از سکته مغزی. طول عمر، ۲(۴)، ۷۴-۹۲.



© ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

سکته مغزی شایع ترین و ناتوان کننده ترین بیماری های نورولوژیک در افراد بالغ است که باعث افت تعادل و وابستگی کارکردی می شود. بنابراین، هدف این پژوهش مطالعه تأثیر شیوه تمرین تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل بزرگسالان پس از سکته مغزی بود. پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش افراد بزرگسال دارای سابقه سکته مغزی مراجعه کننده به مراکز درمانی شهرستان شوش دانیال بودند. از بین افراد داوطلب ۳۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه کنترل، گروه تکلیف دوگانه در شرایط ثابت و گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر تقسیم شد. یک هفته قبل از شروع مطالعه، اهداف، اهمیت و مراحل پژوهش برای آزمودنی تشریح شد و فرم رضایتنامه آگاهانه توسط شرکت کنندگان تکمیل شد. پیش آزمون تعادل برگ و بلند شدن و رفتن زماندار انجام شد و آزمودنی ها به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفری، یعنی دو گروه آزمایشی (تمرین تکلیف دوگانه در شرایط ثابت و تمرین تکلیف دوگانه در شرایط متغیر) و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه های آزمایشی تمرینات را به مدت ۴ هفته متوالی، هر هفته ۳ جلسه ۴۵ دقیقه ای، انجام دادند. تجزیه و تحلیل داده ها با تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد تعادل ایستا و پویای بزرگسالان پس از سکته مغزی، متعاقب تمرین تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر به طور معنی داری بهبود یافت ($p \leq 0.05$). بر اساس یافته های این پژوهش، شیوه تمرینی تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر می تواند برای افزایش تعادل ایستا و پویای بزرگسالان دارای سابقه سکته مغزی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: تمرین متغیر، تکلیف دوگانه، بهبود تعادل، سکته مغزی، بزرگسال

مقدمه

سکته مغزی، شایع‌ترین و ناتوان‌کننده‌ترین بیماری‌های نورولوژیک در افراد بالغ است (Akerlund et al., 2013). شیوع این بیماری در ایران نسبت به کشورهای غربی بیشتر و سن وقوع آن پایین‌تر است (Delbari et al., 2010). این بیماری به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل ناتوانی، بین ۱۵ تا ۳۰ درصد از بیماران مبتلا را دچار ناتوانی پایدار و در انجام امور خود، وابسته به دیگران می‌کند (Goldstein et al., 2006). سکته مغزی که به اختلالات کارکردی در حرکت، تعادل و شناخت منجر می‌شود، تأثیری جدی بر کیفیت زندگی بیماران دارد و بار سنگینی را بر خانواده و جامعه تحمیل می‌کند (Walker et al., 2016). نقص تعادل معمولاً در افراد دارای سکته مغزی مشاهده می‌شود (Li et al., 2019) و شیوع آن در این افراد بالا گزارش شده است (Gobezie et al., 2024). خان اظهار می‌دارد حدود نیمی از آزمودنی‌های دارای سکته مغزی، نقص تعادل داشتند (Khan & Chevidikunnan, 2021). همچنین نقص تعادل با نقص بدنی، ناتوانی و کیفیت زندگی افراد دارای سابقه سکته مغزی ارتباط دارد (Tyson et al., 2006) و پیش‌بینی کننده نقص شناختی پس از سکته مغزی است (Ursin et al., 2015). افراد دارای سکته خفیف نیز نقص پایدار در تعادل را نشان دادند و بیشتر در معرض خطر افتادن بودند (Roelofs et al., 2023).

از مداخله‌های تمرینی به کار گرفته شده برای بهبود تعادل، مجموعه تمرینات تحت شرایط تکلیف دوگانه است. شیوه‌های تمرین تکلیف دوگانه شامل اجرای یک تکلیف شناختی مثل شمارش اعداد، در حین اجرای یک تکلیف کارکردی، یا اجرای همزمان دو یا چند تکلیف تمرینی مثل حرکت داده اشیاء یا بالا انداختن و گرفتن توپ، برای بهبود فعالیت‌های کارکردی است (Melzer et al., 2010). مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. برای مثال، تأثیر انجام تکلیف دوگانه شناختی در حین راه رفتن بر افزایش زمان راه رفتن در تکلیف تعادلی (Oh-Park et al., 2013)، تأثیر تمرین تکلیف دوگانه و منفرد بر توانایی تعادل بیماران سکته مغزی و مؤثرتر بودن تمرین تکلیف دوگانه نسبت به تمرین منفرد (Song & Park, 2015)، اثر تمرین دوگانه حرکتی-شناختی در مقایسه با تمرین حرکتی-حرکتی و یا حرکتی محض بر ارتقاء تعادل و بهبود حافظه کاری (Parvin N, 2020)، تأثیر برنامه توانبخشی بر تعادل و راه رفتن بیماران اسکیزوفرنی (Khanmohamadi et al., 2022)، اثر تمرین تکلیف دوگانه با دو رویکرد شناختی و حرکتی بر بهبود تعادل پویای سالمندان (Azim Zadeh E, 2018)، تأثیر برتری تمرینات با تکلیف دوگانه به نسبت تمرینات منفرد و همچنین تمرینات تکلیف دوگانه با اولویت متغیر به نسبت تکلیف دوگانه با الویت ثابت در شرایط تکلیف دوگانه در سالمندان (Iranmanesh H, 2016) و حتی بر یادگیری مهارت‌های حرکتی کودکان (Hashemi et al., 2024) را تأیید شده است.

شرایط تمرین^۱ (متغیر یا ثابت بودن تمرین) نیز می‌تواند بر یادگیری یک مهارت مؤثر باشد (Maslovat et al., 2004). بر اساس فرضیه تغییرپذیری تمرین اشمیت اجرای دامن‌های از پارامترها در درون یک دسته حرکتی مفروض، رشد قانون حاکم (یعنی طرح‌واره) را برای آن دسته از رفتارها تسهیل می‌کند (Schmidt, 1975). تمرین تنها یک پارامتر از مهارت را تمرین ثابت^۲ و تمرین بیش از یک پارامتر از یک مهارت را تمرین متغیر^۳ نامیده‌اند (Breslin et al., 2012). براساس نظریه طرح‌واره اشمیت، اجرای موفقیت‌آمیز یک مهارت، به تغییرپذیری تمرین بستگی دارد. در این حالت، شرایط تمرینی تغییر می‌کند (Schmidt, 1991) و با ایجاد طرح‌واره حرکتی، فرد می‌تواند در مرحله برنامه‌ریزی پاسخ، از طرح‌واره برای تخمین مقدار پارامتر در آن کوشش استفاده کند. این فرایند، حرکتی را به وجود می‌آورد که مقدار پارامتری آن بر مبنای تجربه‌ی گذشته‌ی افراد هنگام استفاده از این برنامه است (Goodwin et al., 1998). مطالعات گذشته به برتری تمرین متغیر بر

1. practice condition

2. constant practice

3. variable practice

تمرین ثابت در یادداری و انتقال (تعمیم‌پذیری) مهارت‌های حرکتی اشاره کرده‌اند (Lubans et al., 2010). از سوی دیگر، تأثیر تمرین تکلیف دوگانه همراه با ست‌های آموزشی با اولویت متغیر^۱ بر پارامترهای گام‌برداری از جمله بیماران دارای سکتة مزمن، اثربخش‌تر از تمرین تکلیف دوگانه همراه با ست‌های آموزشی با اولویت ثابت^۲ گزارش شده است. (Sengar et al., 2019). به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس مبانی نظری بیان‌شده، تمرین متغیر نسبت به تمرین ثابت باعث یادگیری بیشتر مهارت‌های حرکتی می‌شود. به طور عمومی تأثیر تمرین‌های تحت تکلیف دوگانه و نیز تأثیر تمرین‌های متغیر بر عملکرد حرکتی در شرایطی از جمله ورزش و زندگی روزانه، بهبود دهنده گزارش شده است. به علاوه، پژوهش در زمینه مقایسه اثر تمرین تکلیف دوگانه به شیوه ثابت با شیوه متغیر ضروری به نظر می‌رسد.

مطالعات تمرین تکلیف دوگانه عمدتاً در جامعه سالمندان انجام شده است و گاهاً نتایج متناقضی به دست داده‌اند. برای مثال ژانگ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای مروری تأثیر تمرین تکلیف دوگانه شناختی - حرکتی را نسبت به تمرین تکلیف منفرد مرسوم می‌تواند مداخله‌ای مؤثر برای بهبود کارکرد تعادل ایستای بیماران سکتة مغزی باشد (شواهد با کیفیت پایین) که باید با احتیاط تفسیر شود (Zhang et al., 2024). در مقابل، پورسعید (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای مروری نشان داد تمرین تکلیف دوگانه در آب تأثیر بهبود دهنده‌ای بر تعادل بیماران سکتة مغزی دارد (Poursaeed, 2023). اگر چه مرورهای قبلی تمرین تکلیف دوگانه را شیوه‌ای اثربخش برای بهبود کارکرد گام‌برداری و تعادل یافتند، مطالعه مروری ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که تمرین تکلیف دوگانه در مقایسه با تمرین توانبخشی منفرد، طول و آهنگ گام‌برداری بیماران سکتة مغزی را بهبود داد ولی تأثیر بهبود دهنده آن بر سرعت گام‌برداری و تعادل محدود است (Zhang et al., 2022). به علاوه، مطالعات بک (۲۰۲۱) و لیو (۲۰۱۷) روی متغیرهای مرتبط با تعادل بیماران سکتة مغزی نتایج مثبتی به دست نداد (Baek et al., 2021; Liu et al., 2017). از طرف دیگر با وجود تأکید وینترباتوم و نیلسون (۲۰۲۴) بر تأثیر شرایط تمرین در یادگیری حرکتی بیماران با سابقه سکتة مغزی و ضرورت استفاده از آن در مداخله‌های متمرکز بر اکتساب مجدد مهارت پس از سکتة (Winterbottom & Nilsen, 2024)، هلم و همکاران (۲۰۱۹) نتیجه گرفتند که تمرین متغیر با استفاده از تغییر نسبت سرعت تسمه، بر توانایی تطابق و کسب مجدد یک الگوی حرکت جابجایی افراد دارای سکتة مغزی مزمن تأثیر نداشت (Helm et al., 2019). نتایج کایپا و همکاران (2017) نیز نشان داد تأثیر تمرین ثابت در یادگیری زمانی تکلیف گفتاری^۳ بیماران سکتة مغزی نسبت به تمرین متغیر برتر بود (Kaipa R, 2017).

با وجود تأیید تأثیر بیشتر تمرین متغیر نسبت به تمرین ثابت بر یادگیری مهارت‌های حرکتی و نیز تأیید تأثیر تمرین متغیر به شیوه تکالیف دوگانه بر بهبود عملکرد حرکتی از جمله تعادل، مطالعات اندکی تأثیر تمرین تکالیف دوگانه به شیوه ثابت و متغیر را در بیماران سکتة مغزی بررسی کرده بودند. بنابراین، با توجه به اهمیت تعادل در استقلال کارکردی بیماران سکتة مغزی و وجود تناقض‌های در پژوهش‌های پیشین، تحقیق حاضر طراحی شد تا تأثیر برنامه تمرینی تعادلی در شرایط تکلیف دوگانه و منفرد به شیوه ثابت و متغیر را بررسی کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش افراد بزرگسال (مرد و زن) مراکز مربوط به بیماران دارای سابقه سکتة مغزی شهرستان شوش دانیال بودند. از بین افراد داوطلب ۳۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه کنترل، گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر تقسیم شد. داشتن سابقه سکتة مغزی مزمن، داشتن سن بین ۴۰ تا ۸۰ سال، محل ضایعه مغزی بیماران در سمت چپ، تنها ۱۲ تا ۲۴ ماه از وقوع ضایعه بیماران گذشته باشد، نداشتن

1. dual-task training with variable priority instructional sets

2. dual-task training with fixed priority instructional set

3. temporal learning of the speech task

سابقه مشکلات جسمی و روانی و اختلالات شناختی تا قبل از این بیماری، نداشتن سابقه عمل جراحی در ناحیه جمجمه، قادر به راه رفتن بودن و داشتن حداقل سواد خواندن و نوشتن از معیارهای ورود به پژوهش بود. همچنین عدم همکاری مراجع در حین مداخله، بروز سکتة مجدد در زمان انجام مداخلات، عدم مراجعه مرتب طبق پروتکل مداخله و وجود سرگیجه به دلایل ناشناخته در حین مداخله از معیارها خروج از مطالعه بودند. کد اخلاق این پژوهش با شماره IR.ARAKMU.REC.1398.257 از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اراک اخذ گردید.

آزمون زماندار برخاستن و رفتن (TUG). برای اندازه گیری تعادل پویای آزمودنی های شرکت کننده در پژوهش، از آزمون برخاستن و رفتن استفاده شد. آزمون TUG شامل بلند شدن از روی صندلی و راه رفتن تا سه متر، برگشتن و باز نشستن روی صندلی است. این آزمون دارای روایی و پایایی بالایی در بیماران مبتلا به سکتة مغزی، پارکینسون، سالمندان، قطع عضو یک طرفه اندام تحتانی و غربالگری افتادن است (Podsiadlo & Richardson, 1991). چن و همکاران این آزمون را برای بیماران دارای سابقه سکتة مغزی مزمن رواسازی کردند (Chan et al., 2017).

آزمون رومبرگ. از آزمون رومبرگ برای سنجش تعادل ایستای آزمودنی ها استفاده شد. در این آزمون از بیمار خواسته می شود که به مدت ۳۰ ثانیه با پاهای موازی با چشم باز و بسته بایستد. زمان حفظ تعادل و مقدار نوسانات فرد در همان وضعیت ارزیابی می شود. و نوسانات بیش از اندازه، اختلال تعادل یا گام برداشتن غیر طبیعی محسوب می شود. اگر فرد تعادل خود را با چشم باز حفظ کند ولی با چشم بسته نتواند، مشکل در استفاده از اطلاعات حسی-پیکری را نشان می دهد. پایایی این افراد سالم با چشم باز ۰/۹۱ و با چشم بسته ۰/۷۷ گزارش شده است (Sadeghi H, 2008).

روش اجرای تحقیق

بعد از انتخاب شرکت کنندگان و اخذ رضایتنامه کتبی برای ورود به مطالعه بر اساس معیارهای لازم، یک هفته قبل از شروع مطالعه ضمن تشریح روند، پژوهش، بیان اهداف، ضرورت و اهمیت آن، فرم رضایتنامه و ویژگیهای جمعیت شناختی تکمیل شد. آزمودنیهایی که نمره تعادلی بین ۳۰ تا ۴۰ از نسخه فارسی مقیاس تعادلی برگ (Aslankhani M A, 2010) را کسب کردند، انتخاب شدند. در ادامه، به صورت تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفری تقسیم شدند. همچنین از یک هفته قبل از اجرای پروتکل های تمرین تعادلی، از شرکت کنندگان آزمون های اولیه که شامل آزمون تعادلی برگ و آزمون برخاستن و رفتن (TUG) و آزمون رومبرگ در دو شرایط تکلیف منفرد و دوگانه بودند، گرفته شد (Iranmanesh H, 2016). تعداد جلسات و زمان هر جلسه تمرینی با استناد به تحقیقات قبلی که بیان داشتند که ۱۰-۱۲ ساعت تمرینی تعادلی باعث بهبود عملکرد تعادلی و بهبود کیفیت دوگانه در سالمندان می شود، در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از هرگونه آسیب احتمالی در هر جلسه تمرینی ۳-۵ دقیقه ابتدایی و انتهایی جلسه، به گرم کردن و سرد کردن شرکت کنندگان اختصاص می یابد (Iranmanesh H, 2016). مسائل اخلاقی پژوهش روی بیماران در این پایان نامه از جمله تشریح شفاف هدف و روند انجام تحقیق و نقش فرد در آن، نداشتن خطر برنامه آزمون و تمرین برای شرکت کنندگان، گرفتن رضایتنامه آگاهانه از تمامی آزمودنی ها و راز داری در حفظ داده ها رعایت شد.

برنامه تمرینی

پروتکل تمرینی، ۴ هفته تمرین، هفته ای ۳ جلسه تقریباً ۴۵ دقیقه ای برای هر فرد و ۶ تکرار، که موارد ذیل را دربرمی گرفت: ایستادن روی سطح اتکا باریک با چشمان باز و بسته، ایستادن با چشمان باز و بسته، راه رفتن دور موانع (Iranmanesh H, 2016). تکالیف دوگانه شناختی استفاده شده برای گروه های تکلیف شمارش معکوس اعداد بود. شرکت کنندگان که در گروه کنترل حضور داشتند فقط پروتکل تمرین تعادلی را انجام دادند، بدین صورت که تکالیف تعادلی داده شده را بدون هیچ گونه فعالیت حرکتی همزمان با انجام تمرینات انجام دادند.

شرکت کنندگان گروه تکلیف دوگانه با اولویت های ثابت، درحالی تکالیف تعادلی را تمرین می کردند که همزمان با انجام تکالیف تعادلی، یک تکلیف حرکتی نیز انجام می دادند و در همه اوقات، باید توجه خود را به نسبت مساوی و همزمان روی کل تکرارهای تمرین هر دو تکلیف تعادلی و شناختی نگه می داشتند در نهایت، شرکت کنندگان گروه تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، همانند گروه تکلیف دوگانه با اولویت ثابت تمرین می کردند، با این تفاوت که نیمی از جلسه تمرینی را روی تکالیف تعادلی و نیمی دیگر از زمان جلسه را روی تکالیف حرکتی تمرکز می کردند. به این صورت که ۵۰ درصد از زمان یا تکرارهای تمرین به تکلیف تعادلی و ۵۰ درصد از زمان یا تکرارها، به تکلیف شناختی توجه می کردند (Iranmanesh H, 2016).

برای تجزیه و تحلیل داده ها، از میانگین و انحراف معیار، آزمون شاپیرو-ویلک، آزمون لون، تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده می شود. برای بررسی اختلافات درون گروهی از آزمون تی همبسته و برای بررسی اختلافات بین گروهی با توجه به برقرار بودن پیش-فرض های آزمون آنالیز کواریانس یک طرفه از این آزمون استفاده شد. همچنین برای تعیین اندازه اثر متغیر مستقل و کوواریت بر متغیر وابسته از ضریب اتا و برای تعیین درصد تغییرات از فرمول ۱ استفاده شد. بر اساس نظر کوهن میزان اندازه تأثیر می تواند کم (۰/۲ و کمتر)، متوسط (بین ۰/۳ و ۰/۸) و زیاد (بیشتر از ۰/۸) باشد (Field, 2013). نتایج آزمون تی همبسته در جدول ۳ آمده است.

$$\text{فرمول ۱: } 100 \times \frac{\mu_{pre} - \mu_{post}}{\mu_{pre}} = \text{درصد پیشرفت}$$

محاسبات آماری با نرم افزار SPSS انجام شد. سطح معنی داری ۰.۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می گردد، نتایج آزمون لون بیانگر همگن بودن آزمودنی ها از نظر ویژگی های جمعیت شناختی بود. میانگین سن برای آزمودنی های گروه کنترل ۴۲/۶۳، گروه تمرینات ثابت ۲۰/۶۵ و گروه تمرین متغیر ۳۳/۶۶ بود. میانگین قد گروه کنترل ۷۳/۱۶۷، گروه تمرین ثابت ۲۰/۱۶۴ و گروه تمرین متغیر ۳۰/۱۶۳ سانتیمتر بود. آماره های آزمون لون و آزمون شاپیرو-ویلک در هیچ کدام از متغیرهای مورد مطالعه معنادار نشد ($p > 0.05$) که به ترتیب نشان دهنده همگن بودن واریانس ها و نرمال بودن توزیع داده های پیش آزمون بود.

جدول ۱

ویژگی های جمعیت شناختی آزمودنی ها

گروه	تعداد	میانگین و انحراف معیار سن (سال)	میانگین و انحراف معیار قد (سانتی متر)	میانگین و انحراف معیار وزن (کیلوگرم)
کنترل	۱۰	۴۳/۵۴±۴۲/۲۷	۱۶۷/۱۴±۷۳/۹۶	۵۷/۲±۴۰/۴۵
ثابت	۱۰	۶۵/۳±۲۰/۱۲	۱۶۴/۱۶±۲۰/۴۲	۶۰/۳±۵۰/۱۰
متغیر	۱۰	۶۶/۴±۳۳/۴۴	۱۶۳/۱۲±۲۰/۲۰	۶۳/۱±۳۰/۸۵
F لون		۰/۱۱۵	۰/۸۴۱	۰/۰۴۱
Sig لون		۰/۷۳۷	۰/۳۶۷	۰/۸۴۰

*در سطح $P \leq 0.05$ معنی دار است.

براساس جدول شماره ۲، نتایج آزمون تی همبسته نشانگر کاهش ۸/۶۶ و ۳/۳۴ درصدی امتیاز تعادل ایستای گروه کنترل در دو حالت چشم بسته و چشم باز شد که از نظر آماری معنادار بود ($P \leq 0/05$). گروه تکلیف دو گانه با اولویت ثابت میانگین امتیاز تعادل ایستای خود را با چشم بسته و باز به ترتیب به میزان ۴/۲۲ و ۳/۵۴ درصد بهبود بخشیده که از نظر آماری معنادار است ($P \leq 0/05$).

جدول ۲

بررسی تغییرات درون گروهی تعادل ایستا (آزمون تی همبسته) در آزمون رومبرگ با چشم بسته و باز

الف- رومبرگ با چشم بسته							
گروه	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد		اختلاف	میانگین	فاصله اطمینان		درصد تغییرات
	پیش آزمون	پس آزمون			کران پایین	کران بالا	
کنترل	۲۷/۲۷۰/۰۵	۲۵/۲۳۰/۴۰	۲/۰۴۰/۸۴	پیش آزمون و پس آزمون	۱/۷۹	۳/۰۰	کاهش ۸/۶۶
ثابت	۲۸/۲۴۰/۱۱	۲۹/۱۶۰/۸۳	-۱/۰۲۰/۶۳	پیش آزمون و پس آزمون	-۱/۶۵	-۰/۷۴	افزایش ۴/۲۲
متغیر	۲۸/۲۳۰/۷۳	۲۹/۲۳۶/۷۳	-۱/۰۲۲۷/۷۸	پیش آزمون و پس آزمون	-۱/۸۰	-۰/۷۴	افزایش ۴/۵۲
ب- رومبرگ با چشم باز							
گروه	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد		اختلاف	میانگین	فاصله اطمینان		درصد تغییرات
	پیش آزمون	پس آزمون			کران پایین	کران بالا	
کنترل	۳۲/۱۶۳/۹۶	۳۱/۲۵۴/۴۲	۱/۱۰۹/۳۰	پیش آزمون و پس آزمون	۰/۲۱	۱/۹۶	کاهش ۳/۳۴
ثابت	۳۳/۲۲۷/۰۵	۳۴/۲۴۵/۱۶	-۱/۰۱۸/۴۰	پیش آزمون و پس آزمون	-۱/۴۵	-۰/۹۱	افزایش ۳/۵۴
متغیر	۳۳/۲۲۴/۴۱	۳۴/۲۴۵/۹۴	-۱/۰۲۱/۷۵	پیش آزمون و پس آزمون	-۱/۶۸	-۰/۶۷	افزایش ۳/۶۴

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی دار است.

در جدول ۳ اثر تعاملی بین متغیر کووریت (پیش آزمون) و متغیر مستقل (گروه) و نتایج آزمون آنالیز کواریانس یک طرفه نشان می دهد امتیازهای پیش آزمون تأثیر معناداری بر امتیاز مؤلفه های تعادل ایستا با چشم باز و بسته هر سه گروه تمرینی داشته است ($P \leq 0/05$). همچنین نتایج بیانگر این است که سه گروه مورد مطالعه دارای تفاوت معنادار در پس آزمون تعادل ایستا با چشم باز و بسته هستند ($P \leq 0/05$). از این رو برای این بین بردن اثر پیش آزمون و تعیین تفاوت بین گروهی به بررسی میانگین های تعدیل شده و تفاوت آن ها توسط آزمون بونفرونی پرداخته خواهد شد. جدول ۴ میانگین های تعدیل شده و جدول ۵ نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی را نشان می دهد.

جدول ۳

بررسی اثر متغیر کووریت و مستقل بر پس آزمون تعادل ایستا (آزمون آنالیز کواریانس یک طرفه)

متغیر وابسته	اثر تعاملی	F	P	Eta ^۲
آزمون رومبرگ با چشم بسته	گروه*پیش آزمون	۲/۴۸۹	۰/۱۰۴	۰/۱۷
	پیش آزمون	۲۸/۷۴۷	*۰/۰۰۱	۰/۹۱
	گروه	۸۲/۴۶۳	۰/۰۰۱	۰/۸۶
آزمون رومبرگ با چشم باز	گروه*پیش آزمون	۰/۹۳۰	۰/۴۰۸	۰/۰۷
	پیش آزمون	۴۷/۳۱۶	*۰/۰۰۱	۰/۹۴
	گروه	۵۱/۲۳۶	۰/۰۰۱	۰/۷۹

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی دار است.

همانگونه که در جدول ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، تفاوت معناداری بین تعادل ایستا با چشم بسته و باز گروه کنترل با هر دو گروه تمرینی وجود دارد ($P \leq 0.05$) و بین میانگین امتیاز تعادل ایستای با چشم باز و بسته گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و تکلیف دوگانه با اولویت متغیر تفاوت معناداری یافت نشد.

جدول ۴

میانگین‌های تعدیل شده تعادل ایستا

الف- رومبرگ با چشم بسته					
گروه	میانگین‌های تعدیل شده	خطای استاندارد	فاصله اطمینان		
			کران پایین	کران بالا	
کنترل	۲۵/۷۷۹	۰/۲۲۴	۲۵/۳۱۹	۲۶/۲۳۹	
ثابت	۲۹/۳۶۰	۰/۲۲۲	۲۸/۹۰۳	۲۹/۸۱۸	
متغیر	۲۹/۲۶۰	۰/۲۲۲	۲۸/۸۰۳	۲۹/۷۱۸	
ب- رومبرگ با چشم باز					
گروه	میانگین‌های تعدیل شده	خطای استاندارد	فاصله اطمینان		
			کران پایین	کران بالا	
کنترل	۳۱/۸۳۲	۰/۱۹۳	۳۱/۴۳۶	۳۲/۲۲۹	
ثابت	۳۴/۲۳۴	۰/۱۹۲	۳۳/۸۴۰	۳۴/۶۲۸	
متغیر	۳۴/۴۳۲	۰/۱۹۲	۳۳/۴۸۰	۳۴/۶۰۰	

جدول ۵

نتایج آزمون بونفرونی

الف- رومبرگ چشم بسته					
گروه	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	Sig	فاصله اطمینان	
				کران پایین	کران بالا
کنترل	ثابت	-۳/۵۸۱	۰/۳۱۷	*۰/۰۰۱	-۴/۳۹۲
	متغیر	-۳/۴۸۱	۰/۳۱۷	*۰/۰۰۱	-۴/۲۹۲
ثابت	متغیر	۰/۱۰۰	۰/۳۱۴	۱/۰۰۰	-۰/۷۰۳
ب- رومبرگ چشم باز					
گروه	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	Sig	فاصله اطمینان	
				کران پایین	کران بالا
کنترل	ثابت	-۲/۴۰۱	۰/۲۷۳	*۰/۰۰۱	-۳/۱۰۰
	متغیر	-۲/۶۰۰	۰/۲۷۳	*۰/۰۰۱	-۳/۰۹۲
ثابت	متغیر	-۲/۰۱۵	۰/۲۷۱	۱/۰۰۰	-۰/۶۹۳

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی دار است.

براساس جدول ۶، مطابق با نتایج آزمون تی همبسته امتیاز تعادل پویای گروه کنترل در آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار با افزایش معنادار ۱۰/۴۵ درصدی روبرو بوده است. این گروه همچنین در پس‌آزمون امتیاز آزمون تعادلی برگ را به میزان ۸/۵۰ درصد کاهش داده است که از نظر آماری معنادار می‌باشد ($P \leq ۰/۰۵$). در سمت مقابل گروه تمرینی تکلیف دوگانه با شرایط ثابت امتیاز آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار خود را به میزان ۵/۱۴ درصد کاهش و امتیاز آزمون برگ را به میزان ۶/۷۵ درصد افزایش داده است که هر دو آزمون از نظر آماری تغییر معناداری نداشته‌اند ($P \leq ۰/۰۵$). به همین ترتیب گروه تمرینی تکلیف دوگانه با شرایط متغیر در پس‌آزمون امتیاز آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار ۴/۲۰ درصد کاهش داده و امتیاز آزمون برگ را ۱۲/۲۰ درصد افزایش داده است که از نظر آماری معنادار است ($P \leq ۰/۰۵$). بنابراین هر دو نوع تمرین تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل پویای بزرگسالان پس از سکنه مغزی تأثیر داشته باشد.

جدول ۶

بررسی تغییرات درون‌گروهی تعادل پویا (آزمون تی همبسته)

گروه	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد		اختلاف	میانگین	فاصله اطمینان		آماره t	Sig	درصد تغییرات
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			پیش‌آزمون و پس‌آزمون	کران پایین	کران بالا		
کنترل	۲۱/۳ $\pm$ ۷۲/۹۲	۲۴/۳ $\pm$ ۰/۷۶	-۲/۱ $\pm$ ۲۷/۳۴	-۳/۱۷	-۱/۳۶	-۵/۵۹۰	-۵/۵۹۰	*۰/۰۰۱	۱۰٪/۴۵ افزایش
ثابت	۲۱/۲ $\pm$ ۴۰/۱۱	۲۰/۱ $\pm$ ۳۰/۹۴	۱/۰ $\pm$ ۱۰/۵۶	۰/۶۹	۱/۵۰	۶/۱۲۸	۶/۱۲۸	*۰/۰۰۱	۵٪/۱۴ کاهش
متغیر	۲۱/۲ $\pm$ ۴۰/۵۰	۲۰/۱ $\pm$ ۵۰/۹۵	۰/۰ $\pm$ ۹۰/۹۹	۰/۱۸	۱/۶۱	۲/۸۶۲	۲/۸۶۲	*۰/۰۰۱	۴٪/۲۰ کاهش

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی‌دار است.

جدول شماره ۷ اثر متغیرهای هم‌پراش و مستقل را بر پس‌آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار و برگ در آزمون آنالیز کواریانس یک‌طرفه را نشان می‌دهد. نتایج آزمون آنالیز کواریانس یک‌طرفه نشان می‌دهد، اثر تعاملی بین متغیر کووریت و مستقل وجود ندارد. همچنین متغیرهای پیش‌آزمون و گروه تأثیر معناداری بر پس‌آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار و آزمون برگ دارند ($P \leq ۰/۰۵$). بدین ترتیب به منظور حذف اثر پیش‌آزمون و بررسی تفاوت بین گروهی، میانگین‌های تعدیل شده دو گروه با استفاده از آزمون بونفرونی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

جدول ۷

بررسی اثر متغیر کووریت و مستقل بر پس‌آزمون تعادل پویا (آزمون آنالیز کواریانس یک‌طرفه)

متغیر وابسته	اثر تعاملی	F	P	Eta ^۲
	کووریت			
آزمون برخاستن و رفتن زمان‌دار	گروه*پیش‌آزمون	۰/۵۲۵	۰/۵۹۸	۰/۰۴
	پیش‌آزمون	۹۱/۴۹۳	*۰/۰۰۱	۰/۷۷
	گروه	۳۷/۴۳۷	۰/۰۰۱	۰/۷۴

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی‌دار است.

در جدول ۸ میانگین‌های تعدیل‌شده و جدول ۹ نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه جفت گروه‌ها آورده شده است. نتایج آزمون بونفرونی در جدول ۹ نشان از وجود تفاوت معنادار میان تعادل پویای گروه کنترل و هر دو گروه تجربی دارد ($P \leq 0.05$) در حالیکه بین دو گروه تمرینی تفاوت معناداری مشاهده نمی‌گردد. از این رو از منظر بین گروهی با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان بیان داشت برنامه تمرینی تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل پویای بزرگسالان پس از سکتۀ مغزی تأثیر دارد.

جدول ۸

میانگین‌های تعدیل‌شده تعادل پویا

گروه	میانگین‌های تعدیل‌شده	خطای استاندارد	فاصله اطمینان	
			کران پایین	کران بالا
کنترل	۲۳/۳۵۶	۰/۲۹۵	۲۲/۷۴۹	۲۳/۹۶۲
ثابت	۲۰/۱۲۲	۰/۲۹۳	۱۹/۵۲۰	۲۰/۷۲۵
متغیر	۲۰/۳۲۲	۰/۲۹۳	۱۹/۷۲۰	۲۰/۹۲۵

جدول ۹

نتایج آزمون بونفرونی

گروه	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	Sig	فاصله اطمینان	
				کران پایین	کران بالا
کنترل	ثابت	۳/۲۳۳	۰/۴۱۸	۲/۱۶۵	۴/۳۰۲
	متغیر	۳/۰۳۳	۰/۴۱۸	۱/۹۶۵	۴/۱۰۲
ثابت	متغیر	-۰/۲۰۰	۰/۴۱۴	-۱/۲۵۹	۰/۸۵۹

*در سطح ۵٪ $P \leq$ معنی‌دار است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر اثر ۴ هفته شیوه تمرینی تکلیف دوگانه به شیوه ثابت و متغیر بر تعادل بزرگسالان پس از سکتۀ مغزی که حداقل ۶ ماه از سکتۀ مغزی آن‌ها گذشته بود، مورد بررسی قرار گرفت. تحقیق حاضر نشان داد که برنامه تمرین تعادل تحت شرایط تکلیف دوگانه موجب بهبود در تعادل پویای بیماران نسبت به گروه کنترل شد. این یافته با نتایج شین و دوک هیون (۲۰۱۴)، سونگ و همکاران، پروین و همکاران، عظیم زاده و همکاران و ایرانمنش همسو بود (Azim Zadeh E, 2018; Iranmanesh H, 2016; Parvin N, 2020; Shin & An, 2014; Song & Park, 2015). ماکیزیکو و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که اجرای تکالیف تعادلی و شناختی به صورت همزمان، روی تعادل و هماهنگی بین تعادلی و فعالیت عضلانی برای کنترل تعادل در افراد سالمند تأثیر بسزایی دارد. از این رو هماهنگی ایجاد شده بین فعالیت عضلانی و تعادل در بین دو گروهی که به روش تکلیف دوگانه تمرین می‌کنند به نسبت گروه کنترل که تمرینات تعادلی بدون هیچ فعالیت شناختی انجام می‌دادند، تعادل و زمان راه‌رفتن را در بین افراد سالمند بیشتر بهبود می‌بخشد (Makizako et al., 2012). از طرف دیگر، گابو و همکاران (۲۰۱۴) اشاره داشتند که سالمندان در شرایط تکلیف منفرد، عملکرد تعادلی یکسان و قابل

قبولی را از خود نشان می‌دهند و با اضافه شدن تکلیف ثانویه است که عملکرد تعادلی آنان دچار اختلال می‌شود. بنابراین به دلیل آزمون در شرایط منفرد و یکسانی عملکرد سالمندان در این شرایط آزمون، هیچ تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر یافت نشد (Gobbo et al., 2014).

نتایج تحقیق حاضر نشان دادند که برنامه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و تکلیف دوگانه با اولویت متغیر و همچنین گروه کنترل که تمرینات را به صورت ساده و بدون تکلیف شناختی انجام می‌داد، باعث بهبود زمان راه رفتن تحت شرایط تکلیف دوگانه شدند و همچنین هر دو گروهی که به روش تکلیف دوگانه تمرین کردند، پیشرفت بهتری را در زمان راه رفتن تحت شرایط تکلیف دوگانه نسبت به گروه کنترل داشتند، این یافته تحقیق با نتایج سلیسوپادول و همکاران (۲۰۰۶، ۲۰۰۹) ماکیزیکو و همکاران (۲۰۱۳) و گابو و همکاران (۲۰۱۴) همسو بود (Gobbo et al., 2014; Makizako et al., 2012; Silsupadol et al., 2009; Silsupadol et al., 2006).

نکته قابل توجه در مورد نتیجه تحقیق حاضر، بهبود زمان راه رفتن گروه کنترل تحت شرایط تکلیف دوگانه بود. علت این یافته، در نظریه ظرفیت محدود توجه و فرضیه خودکاری تکلیف ریشه دارد. بر مبنای نظریه ظرفیت محدود توجه، ظرفیت یا منابع پردازش اطلاعات مغز محدود است و اجرای هر تکلیف، نیازمند به بخشی از ظرفیت توجهی هر فرد دارد. بر اساس این دیدگاه، تمرین کردن در یک مهارت باعث خودکار شدن آن مهارت می‌شود. با افزایش خودکار شدن در یک مهارت، نیازهای توجهی تمرین شده کاهش می‌یابد و منابع توجه بیشتری برای اجرای تکلیف ثانویه باقی می‌ماند. از این رو، در نظریه‌های ظرفیت محدود توجه پیش‌بینی می‌شود که با تمرین تکلیف منفرد، عملکرد تحت شرایط تکلیف دوگانه بهبود می‌یابد (O, 1996).

علاوه بر این، مهارت‌هایی که در ابتدا از هم جدا هستند، به مهارتی رده بالاتر تبدیل می‌گردند، به گونه‌ای که در این شرایط دیگر تکلیف دوگانه به شمار نمی‌آیند و یک تکلیف واحد قلمداد می‌شوند، از این رو با تمرین، هماهنگی میان تکالیف به وجود می‌آید و بر اساس این نظریه، هماهنگی به دست آمده بین تکالیف فقط از طریق تمرین تکلیف دوگانه حاصل می‌شود. بنابراین، یکپارچگی به وجود آمده بین تکالیف در نتیجه تمرین به روش تکلیف دوگانه، عملکرد تحت شرایط تکلیف دوگانه را نسبت به گروه کنترل که صرفاً تمرینات تعادلی را بدون تکلیف دوگانه اجرا می‌کردند، بهبود می‌بخشد (O, 1996; Silsupadol et al., 2006). ماکیزیکو و همکاران (۲۰۱۳) نیز هماهنگی حاصل از تمرینات به روش تکلیف دوگانه را عاملی مهم برای بهبود عملکرد سالمندان تحت شرایط تکلیف دوگانه می‌دانند (Makizako et al., 2012). در نهایت، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین دو گروهی که به روش تکلیف دوگانه تمرین می‌کردند، در زمان راه رفتن تحت شرایط تکلیف دوگانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد و گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، عملکرد بهتری را نسبت به گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت تحت شرایط تکلیف دوگانه نشان داده است. این یافته، با نتایج کرامر و همکاران (۱۹۹۵) و بیاتلو و همکاران (Bayatloo A, 2010; Kramer AF, 1995) همسو و با نتایج سلیسوپادل و همکاران (۲۰۰۹) (Silsupadol et al., 2009) در تناقض است.

کرامر و همکاران (۱۹۹۵) اشاره کردند که تمرین تکلیف دوگانه با اولویت متغیر اثرات سودمندتری نسبت به تمرین تکلیف دوگانه با اولویت ثابت دارد. آن‌ها اعتقاد داشتند که هماهنگی و یکپارچگی میان تکالیف که باعث بهبود عملکرد تحت شرایط آزمون تکلیف دوگانه است در هر دو گروه تمرین تکلیف دوگانه ایجاد می‌شود، اما توانایی اختصاص توجه بین دو تکلیف که با افزایش سن در سالمندان دچار اختلال می‌شود و عاملی مهم برای عملکردی مناسب تحت شرایط تکلیف دوگانه است، فقط در گروه تمرین تکلیف دوگانه با اولویت متغیر به وجود می‌آید و به دلیل همین توانایی اختصاص توجه است که گروه اولویت متغیر عملکرد بهتری نسبت به گروه اولویت ثابت دارد (Kramer AF, 1995).

بیاتلو و همکاران (۱۳۸۹) نیز توانایی اختصاص توجه را عاملی مهم در حفظ تعادل در افراد سالمند عنوان کرد (Bayatloo A, 2010). بنابراین، در تحقیق حاضر گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت متغیر علاوه بر اینکه یک فعالیت تعادلی و دوگانه را به صورت همزمان انجام می‌دهد، باید در نیمی از تکالیف تمرینی توجه خود را بیشتر به تکالیف تعادلی و در نیمی دیگر از تکالیف تمرینی توجه خود را بیشتر به فعالیت دوگانه اختصاص دهد. بر این اساس، به دلیل تمرین کردن توانایی اختصاص توجه گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، عملکرد بهتری نسبت به گروه تمرینی تکلیف دوگانه با اولویت ثابت دارد.

نتایج نشان داد که استفاده از تکلیف دوگانه موجب بهبود تعادل ایستا در سالمندان می‌شود. این نتایج با یافته‌های ایرانمنش و همکاران (۲۰۱۴) و سیلسوپادول و همکاران (۲۰۰۶) همسو است (Iranmanesh et al., 2014; Silsupadol et al., 2006). این نتایج را می‌توان مطابق با الگوی یکپارچگی تکلیف توجیه کرد. این الگو بیان می‌کند که در طول تمرینات تکلیف دوگانه که نیاز به انجام فرایند حرکتی نباشد به میزان مؤثری یکپارچگی بین دو تکلیف رخ می‌دهد که این موضوع برای بهبود عملکرد تحت شرایط تکلیف دوگانه مهم و اساسی است. تمرین دو تکلیف به صورت همزمان سبب می‌شود که مهارت‌های هماهنگی تکالیف در فرد ایجاد شود؛ بنابراین، مهارت‌هایی که در ابتدا از هم جدا هستند در این شرایط دیگر تکلیف دوگانه به شمار نمی‌آیند و یک تکلیف واحد محسوب می‌شوند (Iranmanesh et al., 2014). در این صورت یک توضیح احتمالی برای این نتایج این است که یکپارچگی و هماهنگی کارآمد بین دو تکلیف همزمان که در طول تمرین دو تکلیف به دست آمده، برای بهبود عملکرد در طی تکالیف دوگانه اهمیت دارد (Silsupadol et al., 2006).

مطابق با نظریه تنگراه مرکزی نیز در تکالیف نسبتاً دشوار به دلیل قرار داشتن یک تنگراه در مسیر پردازش اطلاعات، فقط یک تکلیف در یکزمان پردازش می‌شود. پردازش تکلیف دوم تا زمانی که پردازش اولین تکلیف به پایان نرسیده، آغاز نمی‌شود. این تنگ راه موجب افزایش زمان پاسخ برای یک یا هر دو تکلیف در روش تکلیف دوگانه خواهد شد (Azadian E, 2016). از طرفی کاهش عملکرد در تکالیفی که همراه با تکلیف دوگانه در بزرگسالان انجام شود احتمالاً ناشی از کاهش در فرآیندهای شناختی - ادراکی و حرکتی است. اختلال در انجام تکالیف و در پی آن کاهش عملکرد، می‌تواند ناشی از کاهش در توانایی هماهنگی بین اجزای مختلف تکلیف به طور همزمان باشد که این ناتوانی به دلیل کاهش عملکرد در لوب پیشانی مغز است که مانع حفظ توجه و توانایی تغییر توجه در بین تکالیف همزمان با ماهیت حرکتی می‌گردد (Alboghbeish S, 2017).

پروتکل تمرینی حاضر نشان داد که برنامه تمرینی تعادلی متشکل از دو روش تمرینی متفاوت از تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و تکلیف دوگانه با اولویت متغیر، هم در شرایط تکلیف منفرد و هم در شرایط تکلیف دوگانه نسبت به گروه کنترل باعث بهبود تعادل عملکردی و زمان راه رفتن شد. باتوجه به یافته‌های تحقیق حاضر و با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر نمونه‌های تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که تمرین تعادلی در شرایط تکلیف دوگانه سبب بهبود تعادل بیماران سکنه مغزی در مرکز توانبخشی شد و تأثیر تمرینات تعادلی تکلیف دوگانه در شرایط اولویت متغیر بیشتر از اولویت ثابت بود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات تعادلی می‌تواند تعادل در شرایط تکلیف دوگانه را بهبود بخشد. نظر به آنچه گفته شد احتمالاً برنامه تمرینی تکلیف دوگانه با شرایط ثابت و متغیر بر تعادل بزرگسالان پس از سکنه مغزی تأثیر دارد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات تعادلی در شرایط تکلیف دوگانه با اولویت ثابت و متغیر می‌تواند تعادل و سرعت راه رفتن که از مهم‌ترین مؤلفه‌های استقلال کارکردی در انجام فعالیت‌های زندگی روزانه بزرگسالان پس از سکنه مغزی است را بهبود بخشد. با وجود این که کوچک بودن حجم نمونه، تعمیم نتایج را با احتیاط همراه می‌سازد، استفاده از این شیوه تمرینی آسان، کم‌هزینه و بدون نیاز به تخصص، تجهیزات، امکانات و فضا، برای بهبود این شاخص‌ها که برای حفظ توازن بدن و انجام تکالیف روزانه بدون کمک دیگران و نهایتاً دستیابی به حفظ استقلال در انجام این تکالیف و فعالیت‌ها ضروری است، به بیماران دارای سابقه سکنه مغزی توصیه می‌شود.

پیشنهاد می‌شود متخصصین توان‌بخشی از تمرینات تعادلی همراه با تکلیف دوگانه به شیوه ثابت و متغیر برای بهبود تعادل بیماران مبتلا به سکته مغزی استفاده کنند. فیزیوتراپ‌ها و کاردرمان‌ها می‌توانند از این برنامه تعادلی همراه با تکلیف دوگانه برای بهبود تعادل بیماران سکته مغزی استفاده کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود تأثیر تمرین تکلیف دوگانه به شیوه مسدود و تصادفی بر تعادل ایستا و پویای افراد دچار سکته مغزی بررسی شود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی چندماه بعد از اتمام تمرینات، با انجام آزمون، میزان ماندگاری اثرات برنامه تمرینی مشخص گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از کارشناسان مراکز درمانی شهرستان شوش دانیال که در این پژوهش با ما همکاری کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنیم.

مشارکت نویسندگان

این مقاله، مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم لیلا مسحنه در دانشگاه اراک می‌باشد. موضوع و عنوان نهایی پژوهش با همکاری نویسنده اول و دوم و با مشورت نویسنده سوم تعریف شد. مرور پیشینه پژوهش، تدوین پروپوزال، اعمال پروتکل تمرینی و نگارش پایان‌نامه به عهده نویسنده دوم بود. اصلاح و تکمیل پروپوزال توسط نویسنده اول و سوم انجام شد. استخراج، ارسال و پیگیری مقاله به عهده نویسنده اول بود.

موازین اخلاقی

این پژوهش با رعایت تمامی اصول اخلاقی در نگارش و انتشار مقاله انجام شده است (کمیته اخلاق مصوب دانشگاه علوم پزشکی اراک، کد اخلاق: IR.ARAKMU.REC.1398.257).

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

- Akerlund, E., Esbjornsson, E., Sunnerhagen, K. S., & Bjorkdahl, A. (2013). Can computerized working memory training improve impaired working memory, cognition and psychological health? *Brain Inj*, 27(13-14), 1649-1657. <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.830195>
- Alboghbeish S, S. B. N., Daneshfar A, et al. (2017). Assessment of reaction time in congruent and incongruent dual task stop effect in the elderly. *Qom Univ*, 11(7), 66-74.

- Aslankhani M A, F. A., Abdoli B, Zamani Sani S, Fathi Rezaie Z. (2010). Identification of Elderly Falling Risk by Balance Tests Under Dual Tasks Conditions. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* 4(2), 7-15.
- Azadian E, T. H. R., Saberi Kakhki A, Farahpour N. (2016). Effects of Dual-Tasks on Spatial-Temporal Parameters of Gait in Older Adults With Impaired Balance. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*, 11(1), 100-109.
- Azim Zadeh E, F. V., Ghasemi A. (2018). The effect of dual-task training on balance of elderly women: with the motor and cognitive approach. *JRSM*, 8(15), 103-110. <https://doi.org/10.29252/JRSM.8.15.103>
- Baek, C. Y., Chang, W. N., Park, B. Y., Lee, K. B., Kang, K. Y., & Choi, M. R. (2021). Effects of Dual-Task Gait Treadmill Training on Gait Ability, Dual-Task Interference, and Fall Efficacy in People With Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Phys Ther*, 101(6). <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab067>
- Bayatloo A, S. M., Akhbari B. (2010). Comparison the allocated attention in walking and motor and cognitive dual task in older adults with and without background of falling *Iranain Journal of Ageing*, 5(4), 14-20.
- Breslin, G., Hodges, N. J., Steenson, A., & Williams, A. M. (2012). Constant or variable practice: recreating the especial skill effect. *Acta Psychol (Amst)*, 140(2), 154-157. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.04.002>
- Chan, P. P., Si Tou, J. I., Tse, M. M., & Ng, S. S. (2017). Reliability and Validity of the Timed Up and Go Test With a Motor Task in People With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 98(11), 2213-2220. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.03.008>
- Delbari, A., Salman Roghani, R., Tabatabaei, S. S., & Lolk, J. (2010). A stroke study of an urban area of Iran: risk factors, length of stay, case fatality, and discharge destination. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 19(2), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2009.06.003>
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed., Vol. 1). SAGE Publications.
- Gobbo, S., Bergamin, M., Sieverdes, J. C., Ermolao, A., & Zaccaria, M. (2014). Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. *Arch Gerontol Geriatr*, 58(2), 177-187. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.10.001>
- Gobeze, M., Kassa, T., Suliman, J., Eriku, G. A., Takele, M. D., Bitew, D. A., Wubante, S. M., & Kibret, A. K. (2024). Balance impairment and associated factors among stroke survivors in public hospitals of Amhara regional state: a multicenter cross-sectional study. *BMC Neurol*, 24(1), 387. <https://doi.org/10.1186/s12883-024-03885-9>
- Goldstein, L. B., Adams, R., Alberts, M. J., Appel, L. J., Brass, L. M., Bushnell, C. D., Culebras, A., Degraha, T. J., Gorelick, P. B., Guyton, J. R., Hart, R. G., Howard, G., Kelly-Hayes, M., Nixon, J. V., Sacco, R. L., American Heart Association/American Stroke Association Stroke, C., Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease Interdisciplinary Working, G., Cardiovascular Nursing, C., Clinical Cardiology, C., . . . American Academy of, N. (2006). Primary prevention of ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council: cosponsored by the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease Interdisciplinary Working Group; Cardiovascular Nursing Council; Clinical Cardiology Council; Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Council; and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group: the American Academy of Neurology affirms the value of this guideline. *Stroke*, 37(6), 1583-1633. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000223048.70103.F1>
- Goodwin, J. E., Grimes, C. R., Eckerson, J. M., & Gordon, P. M. (1998). Effect of different quantities of variable practice on acquisition, retention, and transfer of an applied motor skill. *Percept Mot Skills*, 87(1), 147-151. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.87.1.147>
- Hashemi, F., Khajavi, D., & Khanmohammadi, R. (2024). The Impact of Dual-Task Practice on Learning Jump-Rope Skills: Instructions Delivered via Mobile Technology. *Journal of Motor Control and Learning*, 6(2).
- Helm, E. E., Pohlig, R. T., Kumar, D. S., & Reisman, D. S. (2019). Practice Structure and Locomotor Learning After Stroke. *J Neurol Phys Ther*, 43(2), 85-93. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000260>
- Iranmanesh H, A. A. E., Sheykh M. (2016). The Effect of 2 Types of Dual-Task Training on the Balance of Older Adults: Allocated Attention Ability. *Iranian Journal of Ageing*, 11(4), 30-43. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21859/sija-110130>
- Iranmanesh, H., ArabAmeri, E., & Farrokhi, A. (2014). The effect of Single Task and Dual Task Balance Training on the Balance of Older Adults. *J Dev Mot Learn*, 6(2), 195-215. <https://doi.org/https://doi.org/10.22059/jmlm.2014.50457>
- Kaipa R, R. M., and Jones R. (2017). The Effectiveness of Constant, Variable, Random, and Blocked Practice in Speech-Motor Learning. *Journal of Motor Learning and Development*, 5(1), 1-36. <https://doi.org/DOI: 10.1123/jmld.2015-0044>
- Khan, F., & Chevidikunnan, M. F. (2021). Prevalence of Balance Impairment and Factors Associated with Balance among Patients with Stroke. A Cross Sectional Retrospective Case Control Study. *Healthcare (Basel)*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare9030320>
- Khanmohamadi, R., Sheikh, M., Bagherzadeh, F., Hominian, D., & Khajavi, D. (2022). The Effectiveness of cognitive rehabilitation program On Balance and Gait in Man Schizophrenia patients with Depression Disorder. *Motor Behavior*, 14(47), 65-90.
- Kramer AF, L. J., Strayer DL. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 50-76. <https://doi.org/10.1037/1076-898x.1.1.50>

- Li, J., Zhong, D., Ye, J., He, M., Liu, X., Zheng, H., Jin, R., & Zhang, S. L. (2019). Rehabilitation for balance impairment in patients after stroke: a protocol of a systematic review and network meta-analysis. *BMJ open*, 9(7), e026844. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-026844>
- Liu, Y. C., Yang, Y. R., Tsai, Y. A., & Wang, R. Y. (2017). Cognitive and motor dual task gait training improve dual task gait performance after stroke - A randomized controlled pilot trial. *Sci Rep*, 7(1), 4070. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04165-y>
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Fundamental movement skills in children and adolescents: Review of associated health benefits. *Sports medicine*, 40, 1019-1035. <https://doi.org/10.2165/11536850-000000000-00000>
- Makizako, H., Doi, T., Shimada, H., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., Uemura, K., & Suzuki, T. (2012). Does a multicomponent exercise program improve dual-task performance in amnesic mild cognitive impairment? A randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res*, 24(6), 640-646. <https://doi.org/10.3275/8760>
- Maslovat, D., Chus, R., Lee, T. D., & Franks, I. M. (2004). Contextual interference: single task versus multi-task learning. *Motor Control*, 8(2), 213-233. <https://doi.org/10.1123/mcj.8.2.213>
- Melzer, I., Goldring, M., Melzer, Y., Green, E., & Tzedek, I. (2010). Voluntary stepping behavior under single-and dual-task conditions in chronic stroke survivors: A comparison between the involved and uninvolved legs. *Journal of electromyography and kinesiology*, 20(6), 1082-1087.
- O, N. (1996). *Theories of attention*. In: *Handbook of perceptions and actions*. (S. A. Neumann O, editors, Ed.). Academic Press.
- Oh-Park, M., Holtzer, R., Mahoney, J., Wang, C., Raghavan, P., & Verghese, J. (2013). Motor dual-task effect on gait and task of upper limbs in older adults under specific task prioritization: pilot study. *Aging Clin Exp Res*, 25(1), 99-106. <https://doi.org/10.1007/s40520-013-0014-0>
- Parvin N, H. F., Ahmadi M. (2020). The Effects of Motor-Motor and Motor- Cognitive Dual Task Training on Balance and Working Memory Among Older Women. *Motor Behavior*, 12(39), 89-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.22089/mbj.2018.5589.1650>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39(2), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Poursaeed. (2023). Effectiveness of Aquatic Dual-Task Training on Balance Recovery in Individuals with Stroke: A Review. *J Iran Med Counc*, 6(3), 401-408. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18502/jimc.v6i3.12842>
- Roelofs, J. M. B., Zandvliet, S. B., Schut, I. M., Huisinga, A. C. M., Schouten, A. C., Hendricks, H. T., de Kam, D., Aerden, L. A. M., Bussmann, J. B. J., Geurts, A. C. H., & Weerdesteyn, V. (2023). Mild Stroke, Serious Problems: Limitations in Balance and Gait Capacity and the Impact on Fall Rate, and Physical Activity. *Neurorehabil Neural Repair*, 37(11-12), 786-798. <https://doi.org/10.1177/15459683231207360>
- Sadeghi H, N. H., Karimi Asl A, Montazer M. (2008). Functional Training Program Effect on Static and Dynamic Balance in Male Able-bodied Elderly. *Salmand: Iranian Journal of Ageing* 3(2), 565-571.
- Schmidt, R. (1975). Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Psychological review*, 82(4), 225-260. <https://doi.org/DOI: 10.1037/h0076770>
- Schmidt, R. (1991). *Motor Learning and Performance: From Principles to Practice*. Human Kinetics.
- Sengar, S., Raghav, D., Verma, M., Alghadir, A. H., & Iqbal, A. (2019). Efficacy Of Dual-Task Training With Two Different Priorities Instructional Sets On Gait Parameters In Patients With Chronic Stroke. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 15, 2959-2969. <https://doi.org/10.2147/NDT.S197632>
- Shin, S. S., & An, D. H. (2014). The Effect of Motor Dual-task Balance Training on Balance and Gait of Elderly Women. *J Phys Ther Sci*, 26(3), 359-361. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.359>
- Silsupadol, P., Shumway-Cook, A., Lugade, V., van Donkelaar, P., Chou, L. S., Mayr, U., & Woollacott, M. H. (2009). Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(3), 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.09.559>
- Silsupadol, P., Siu, K. C., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2006). Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther*, 86(2), 269-281. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16445340>
- Song, G. B., & Park, E. C. (2015). Effect of dual tasks on balance ability in stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 27(8), 2457-2460. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2457>
- Tyson, S. F., Hanley, M., Chillala, J., Selley, A., & Tallis, R. C. (2006). Balance disability after stroke. *Phys Ther*, 86(1), 30-38. <https://doi.org/10.1093/ptj/86.1.30>
- Ursin, M. H., Bergland, A., Fure, B., Torstad, A., Tveit, A., & Ihle-Hansen, H. (2015). Balance and Mobility as Predictors of Post-Stroke Cognitive Impairment. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra*, 5(2), 203-211. <https://doi.org/10.1159/000381669>
- Walker, E. R., Hyngstrom, A. S., & Schmit, B. D. (2016). Influence of visual feedback on dynamic balance control in chronic stroke survivors. *J Biomech*, 49(5), 698-703. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.01.028>

- Winterbottom, L., & Nilsen, D. M. (2024). Motor Learning Following Stroke: Mechanisms of Learning and Techniques to Augment Neuroplasticity. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 35(2), 277-291. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2023.06.004>
- Zhang, L., Ma, J., Liu, X., Jin, A., Wang, K., & Yin, X. (2024). Cognitive-motor dual-task training on gait and balance in stroke patients: meta-analytic report and trial sequential analysis of randomized clinical trials. *J Neuroeng Rehabil*, 21(1), 227. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01507-6>
- Zhang, X., Xu, F., Shi, H., Liu, R., & Wan, X. (2022). Effects of dual-task training on gait and balance in stroke patients: A meta-analysis. *Clin Rehabil*, 36(9), 1186-1198. <https://doi.org/10.1177/02692155221097033>

