

The Effects of 12 Sessions of Dynamic Neuromuscular Stabilization and Fall-Proof Exercises on Balance and Motor Performance in Elderly Women with a History of Falls

Fatemeh. Mansourbahmani¹, Saeid. Bahiraei^{2*}, Abdolhamid. Daneshjoo³

¹ Master's Student in Pathology and Corrective Exercises, Shahid Bahonar University of Kerman

² Assistant Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

³ Associate Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

* Corresponding author email address: s.bahiraei@uk.ac.ir

Article Info

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Mansourbahmani, F., Bahiraei, S., & Daneshjoo, A. (2025). The Effects of 12 Sessions of Dynamic Neuromuscular Stabilization and Fall-Proof Exercises on Balance and Motor Performance in Elderly Women with a History of Falls. *Longevity*, 3(1), 1-19.

<https://doi.org/10.61838/kman.longevity.51>



© 2025 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

The aim of this study was to compare the effectiveness of two training approaches—Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) and the Fall-Proof program—on balance and motor performance in elderly women with a history of falls. In this quasi-experimental study, 35 elderly women aged 60 to 70 years with a history of falling were randomly assigned to one of two training groups: DNS (n = 17) or Fall-Proof (n = 18). The interventions were conducted over four weeks, consisting of 12 training sessions. Balance was assessed using the Mini-BESTest, while motor performance was evaluated through the 30-Second Chair Stand Test (CST) and the 6-Minute Walk Test (6MWT). Data were analyzed using repeated-measures ANOVA, and partial eta squared was used to determine effect sizes. The results showed that both training programs significantly improved balance and motor performance among participants ($p < 0.001$). However, no statistically significant difference was found between the two groups ($p > 0.05$). The effect sizes were 0.71 for balance and 0.62 for motor performance, indicating clinically meaningful improvements. These findings suggest that both DNS and Fall-Proof exercises are effective interventions for enhancing balance and motor function in older women with a history of falling. Implementing such programs may help reduce the risk of falls and improve quality of life in this population.

Keywords: *Dynamic Neuromuscular Stabilization, Fall-Proof, Balance, Motor Performance, Falls*

Extended Abstract

Introduction

Aging, as a biological and dynamic process that typically begins at the age of 60, is an inevitable phenomenon beyond human control. The World Health Organization (WHO, 2020) associates this stage of life with fundamental changes in the global demographic structure. Advances in public health, increased life expectancy, and declining fertility rates have led to an unprecedented rise in the elderly population (Safari & Zolaktaf, 2023). Projections indicate that by 2050, the number of individuals aged 60 and over will reach approximately 2 billion globally, surpassing the population of children and adolescents under the age of 15 for the first time in history (Oliveira et al., 2023). Iran is no exception to this trend; estimates suggest that the population aged 65 and older will grow from about 5 million in 2020 to 20 million by 2050 (Razimoghadam et al., 2024). These demographic shifts not only pose significant challenges to healthcare and social systems but also underscore the critical need to prioritize physical health and motor function among the elderly—particularly in addressing issues such as falls, which can directly impact their independence and quality of life (Beyranvand et al., 2023).

Falls are among the most prevalent and hazardous issues associated with aging, affecting approximately one-third of adults over the age of 65 annually, with nearly half experiencing recurrent incidents (Magnani et al., 2020). This growing concern not only contributes to increased mortality rates and severe medical complications—such as hip fractures, mobility impairments, and heightened dependency—but also places a significant economic burden on families and healthcare systems (Daneshjoo et al., 2023). Balance, as a complex motor skill, is critical for maintaining postural stability and preventing falls. It emerges from the integrated functioning of the nervous, muscular, and sensory systems, including the vestibular, somatosensory, and visual systems (Alitabar et al., 2023). With aging, the efficiency of these systems declines, and older adults are more likely to rely on less effective balance strategies—such as hip strategies—instead of more efficient mechanisms, thereby elevating their fall risk (Beyranvand et al., 2023). In this context, structured exercise programs can play a pivotal role in enhancing balance and functional mobility. Nevertheless, a central question persists: which types of physical interventions yield the most effective outcomes in fall prevention among the elderly?

This study aims to address existing research gaps by investigating the effects of 12 sessions of Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) exercises and the Fall-Proof program on balance and functional mobility in older women with a history of falls. By examining and comparing the effectiveness of these two innovative training approaches within this specific population, the study seeks to contribute to the development of more targeted and effective exercise interventions designed to enhance balance and functional performance among elderly individuals at risk of falling.

Methods and Materials

This study was a quasi-experimental and applied research. The target population consisted of 35 elderly women aged 60 to 70 years, residing in Kerman, who had experienced at least one unexpected fall in the past year. Participants were purposefully selected with informed consent and randomly assigned to two training groups: DNS (17 participants) and Fall-Proof (18 participants). The exercise protocols were implemented for four weeks, with three sessions per week, each lasting 45 to 60 minutes. Cognitive performance was assessed using the MMSE questionnaire, balance was measured using the Mini-BESTest, and functional mobility was evaluated with the 30-second Chair Stand Test and the 6-Minute

Walk Test. Data analysis was performed using a repeated-measures mixed model, and the assumptions of normality, homogeneity of variances, and independence of data were evaluated using the Shapiro-Wilk test, Levene's test, and the Sign Test. A significance level of 0.05 was set for the study.

Findings and Results

The results of the repeated measures ANOVA indicated that the main effect of time on balance was significant ($p = 0.00$), meaning that the mean post-test scores significantly increased compared to the pre-test scores. This finding suggests that balance improved over time in both groups. However, the interaction effect between time and group ($p = 0.59$) as well as the main effect of group ($p = 0.54$) were not significant. Therefore, it can be concluded that the changes in balance over time were similar in both the DNS and Fall-Proof groups, and the exercise intervention had an equal impact on both groups. Overall, it appears that the observed improvement was more likely due to the passage of time and participation in the exercise program, rather than differences in the type of exercise between the two groups.

Discussion and Conclusion

The results of the present study indicated that both DNS and Fall-Proof training programs led to significant improvements in static balance, dynamic balance, and motor performance among older women with a history of falls. These improvements can be justified from both theoretical and physiological perspectives. DNS exercises, based on principles of developmental kinesiology and the retraining of fundamental movement patterns, enhance central stability and muscular coordination by activating the central nervous system and facilitating cortico-spinal synapses (Kolar et al., 2010).

On the other hand, the Fall-Proof program, with its multi-level and multisensory design, challenges the balance system through simultaneous stimulation of visual, vestibular, and proprioceptive inputs. This multisensory stimulation enhances sensory-motor pathways and improves sensory integration in the cerebral cortex, which is a critical prerequisite for maintaining balance in older adults (Freund, 1983; Khazanin et al., 2022).

Statistical analyses revealed large effect sizes for balance (Partial Eta Squared = 0.71) and motor performance (Partial Eta Squared = 0.62) in both groups. These values reflect substantial clinical and practical significance of the interventions, even in the absence of statistically significant differences between groups. These findings align with previous systematic reviews that have confirmed the effectiveness of combined interventions—such as DNS and Fall-Proof programs—in improving balance and motor function in the elderly population (Sherrington et al., 2020; Sherrington et al., 2017).

The absence of significant differences between the two training groups can be explained by the presence of similar underlying mechanisms within both intervention protocols. Both programs emphasize core muscle activation, improvement of movement patterns, and sensorimotor training—factors that may have led to overlapping effects. This overlap in outcomes has also been reported in previous studies comparing diverse training approaches such as Otago, Tai Chi, and multimodal exercise programs (Sherrington et al., 2020).

Moreover, the relatively short intervention period (12 sessions over four weeks) may not have been sufficient to produce differential effects, as sustained neuromuscular adaptations typically require longer training durations—often exceeding eight weeks—to fully emerge (Yang et al., 2006).

Ultimately, the findings of this study demonstrate that targeted exercises focusing on postural control, multisensory stimulation, and strengthening of the core and lower limbs can effectively enhance

motor performance in older adults with a history of falls. While no statistically significant difference was observed between the two approaches, both programs showed clinically meaningful effectiveness and can serve as a solid foundation for designing comprehensive rehabilitation and fall-prevention strategies in elderly women. In particular, the incorporation of these exercises into individualized rehabilitation programs is strongly recommended.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest in conducting the present study.

Acknowledgments

We sincerely thank all the elderly participants who, despite the numerous challenges we faced, supported us in completing this research.

Authors' Contributions

Fatemeh Mansourbahmani: Writing – original draft.

Saeid bahiraei: Writing -review & editing.

Abdolhamid Daneshjoo: Writing - review & editing.

Ethical Considerations

This study was conducted in full compliance with ethical principles in writing and publishing scientific articles (Ethics code: IR.KMU.REC.1403.472).

Data Transparency

The data and sources used in this study will be made available upon request from the corresponding author, in compliance with copyright regulations.

Funding

The authors declare that no financial support was received for the research and/or publication of this article.

تأثیر ۱۲ جلسه تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی و فال پروف بر تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط

فاطمه منصوربهمنی^۱، سعید بحیرایی^{۲*}، عبدالحمید دانشجو^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲. استادیار، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳. دانشیار، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: s.bahiraei@uk.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

منصوربهمنی، فاطمه، بحیرایی، سعید، و دانشجو، عبدالحمید. (۱۴۰۴). تأثیر ۱۲ جلسه تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی و فال پروف بر تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط. طول عمر، ۳(۱)، ۱۹-۱.

هدف از این پژوهش، مقایسه اثربخشی دو رویکرد تمرینی شامل تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی (DNS) و برنامه فال پروف بر تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط بود. در این پژوهش نیمه تجربی، ۳۵ زن سالمند ۶۰ تا ۷۰ ساله با سابقه سقوط به صورت تصادفی در دو گروه تمرینی DNS (۱۷ نفر) و فال پروف (۱۸ نفر) قرار گرفتند و به مدت چهار هفته، در قالب ۱۲ جلسه تمرین شرکت کردند. برای ارزیابی تعادل از آزمون مینی BEST و برای بررسی عملکرد حرکتی از آزمون ۳۰ ثانیه نشست و برخاست از صندلی (CST) و آزمون ۶ دقیقه راه رفتن (۶MWT) استفاده شد. تحلیل داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و اندازه اثر انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد هر دو برنامه تمرینی باعث بهبود معنادار تعادل و عملکرد حرکتی سالمندان شدند ($p < 0.001$)، اما تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($p > 0.05$). اندازه اثر در متغیر تعادل ۰/۷۱ و در عملکرد حرکتی ۰/۶۲ بود که نشان‌دهنده اثربخشی بالینی قابل توجه این تمرینات است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تمرینات DNS و فال پروف هر دو می‌توانند به‌عنوان مداخله‌ای مؤثر در بهبود تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از این تمرینات در برنامه‌های پیشگیرانه احتمالاً منجر به کاهش خطر سقوط و بهبود کیفیت زندگی سالمندان می‌گردد.

کلیدواژه‌گان: تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی، فال پروف، تعادل، عملکرد حرکتی، سقوط



© ۱۴۰۴ 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.

مقدمه

سالمندی به‌عنوان یک فرایند زیستی و پویا که از ۶۰ سالگی آغاز می‌شود، پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر و خارج از کنترل انسان است. سازمان بهداشت جهانی (WHO، ۲۰۲۰) این مرحله از زندگی را با تغییرات بنیادین در ساختار جمعیتی جهان مرتبط می‌داند. پیشرفت‌های حوزه سلامت عمومی، افزایش امید به زندگی و کاهش نرخ باروری، رشد بی‌سابقه جمعیت سالمندان را در پی داشته است (Safari & Zolaktaf, 2023). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که تا سال ۲۰۵۰، تعداد افراد بالای ۶۰ سال در جهان به حدود ۲ میلیارد نفر خواهد رسید و برای نخستین بار از جمعیت کودکان و نوجوانان زیر ۱۵ سال پیشی خواهد گرفت (Oliveira et al., 2023). ایران نیز از این روند مستثنی نیست؛ برآوردها حاکی از آن‌اند که جمعیت افراد ۶۵ سال و بالاتر از حدود ۵ میلیون نفر در سال ۲۰۲۰ به ۲۰ میلیون نفر تا سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت (Razimoghadam et al., 2024). این تغییرات جمعیتی، نه‌تنها چالشی برای نظام‌های بهداشتی و اجتماعی محسوب می‌شود، بلکه لزوم توجه ویژه به سلامت جسمانی و عملکرد حرکتی سالمندان را برجسته می‌سازد، به‌ویژه در مواجهه با چالش‌هایی نظیر سقوط که می‌تواند به‌طور مستقیم استقلال و کیفیت زندگی این گروه را تحت تأثیر قرار دهد (Beyranvand et al., 2023).

سقوط یکی از شایع‌ترین و پرمخاطره‌ترین مشکلات مرتبط با سالمندی است که سالانه حدود یک‌سوم افراد بالای ۶۵ سال را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نیمی از این افراد با موارد مکرر آن مواجه می‌شوند (Magnani et al., 2020). این پدیده نه‌تنها به افزایش مرگ‌ومیر و عوارض جدی پزشکی از جمله شکستگی لگن، ناتوانی‌های حرکتی و افزایش وابستگی سالمندان منجر می‌شود، بلکه فشار اقتصادی سنگینی بر خانواده‌ها و سیستم‌های مراقبت بهداشتی وارد می‌کند (Daneshjoo et al., 2023). در این میان، زنان سالمند به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و هورمونی، آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به مردان دارند؛ آنان نه‌تنها بیشتر در معرض سقوط قرار می‌گیرند، بلکه تعادل کمتری از خود نشان می‌دهند، هرچند آگاهی بیشتری نسبت به این خطر دارند (Batistela et al., 2023). شواهد نشان می‌دهند که شناسایی و مدیریت این عوامل خطر می‌تواند نرخ سقوط را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد (Daneshjoo et al., 2023)، اما علی‌رغم توسعه روش‌های مداخله‌ای، نرخ سقوط همچنان بالا است و نیاز به راهکارهای نوین و مؤثر بیش از پیش احساس می‌شود (Alitabar et al., 2023).

تعادل، یک مهارت حرکتی پیچیده و ضروری برای حفظ ثبات بدن و پیشگیری از سقوط است که نتیجه تعامل هماهنگ سیستم‌های عصبی، عضلانی و حسی (شامل سیستم‌های دهلیزی، حسی-پیکری و بینایی) محسوب می‌شود (Alitabar et al., 2023). با افزایش سن، کارایی این سیستم‌ها کاهش می‌یابد و سالمندان به‌جای بهره‌گیری از استراتژی‌های کارآمد تعادلی، بیشتر از استراتژی‌های ناکارآمد مانند استفاده از ران برای بازگرداندن تعادل استفاده می‌کنند که خود خطر سقوط را افزایش می‌دهد (Beyranvand et al., 2023). کاهش عملکرد تعادلی نه‌تنها استقلال فردی را به خطر می‌اندازد، بلکه مشارکت سالمندان در فعالیت‌های روزمره را محدود می‌کند، اعتمادبه‌نفس حرکتی آنان را کاهش می‌دهد و در نهایت کیفیت زندگی را مختل می‌سازد (Seidler et al., 2010). در این میان، تمرینات ورزشی هدفمند می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود تعادل و عملکرد حرکتی داشته باشند، اما پرسش مهم این است که چه نوع مداخلاتی بیشترین کارایی را در این زمینه دارند؟

پژوهش‌های پیشین اثربخشی مداخلات تمرینی را در بهبود تعادل و کاهش خطر سقوط تأیید کرده‌اند. برای مثال، مگنانی و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از ابزار مینی‌بس نشان دادند که سطح تعادل در گروه‌های سنی مختلف متفاوت است (۲۵ امتیاز برای افراد ۶۰-۶۹ سال در مقابل ۱۷ امتیاز برای افراد ۹۰ سال و بالاتر) و این تفاوت در زنان سالمند آشکارتر است (Magnani et al., 2020). کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که تمرینات راه رفتن تاندم به بهبود تعادل کمک می‌کند (Stöckel et al., 2017). در این راستا، تمرینات ثبات

پویای عصبی-عضلانی (DNS) که بر پایه کینزیولوژی تکاملی و اصلاح الگوهای تنفسی و پاسچر طراحی شده‌اند، و برنامه فال‌پروف که شامل تمرینات تعادلی، قدرتی و کششی است، به‌عنوان روش‌های نوین مطرح شده‌اند. بنفیری و همکاران (۲۰۱۸) بهبود تعادل را پس از ۸ هفته تمرین DNS در بیماران سکته مغزی گزارش کردند (Zapparoli et al., 2022)، در حالی که رز و همکاران (۲۰۱۱) اثربخشی برنامه فال‌پروف را در کاهش نرخ سقوط تأیید نمودند (Taylor et al., 2024). همچنین، رئیسی و شرابی (۲۰۲۰) برتری فال‌پروف را نسبت به برنامه اوتاگو در بهبود تعادل پویا نشان دادند (Alvani & Saheb Al-Zamani, 2020). با وجود این پیشرفت‌ها، شکاف‌های تحقیقاتی قابل توجهی باقی مانده است. اکثر مطالعات گذشته بر جمعیت‌های مختلط یا مردان متمرکز بوده‌اند، در حالی که زنان سالمند به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاص خود نیازمند بررسی جداگانه هستند. علاوه بر این، مقایسه مستقیم اثربخشی DNS و فال‌پروف در زنان سالمند با سابقه سقوط به‌ندرت انجام شده است.

این مطالعه با هدف پر کردن این خلأهای پژوهشی، تأثیر ۱۲ جلسه تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی (DNS) و برنامه فال‌پروف را بر تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط بررسی می‌کند. این پژوهش با بررسی و مقایسه اثرگذاری دو روش تمرینی نوین در گروهی از زنان سالمند با سابقه سقوط، می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرینی هدفمندتر و مؤثرتر برای ارتقای تعادل و عملکرد حرکتی این جمعیت نقش مؤثری ایفا کند.

این مطالعه در پی پاسخ به پرسش‌های زیر است:

آیا تمرینات ثبات پویای عصبی-عضلانی (DNS) موجب بهبود تعادل زنان سالمند با سابقه سقوط می‌شود؟

آیا برنامه تمرینی فال‌پروف موجب بهبود عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط می‌شود؟

آیا تفاوت معناداری بین اثربخشی تمرینات DNS و فال‌پروف بر تعادل و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط وجود دارد؟

روش پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی بود و دارای کد اخلاق به شماره (IR.KMU.REC.۱۴۰۳.۴۷۲) است. جامعه آماری شامل ۳۵ زن سالمند ۶۰ تا ۷۰ ساله ساکن شهر کرمان بود که در یک سال گذشته حداقل یک مرتبه سقوط غیرمنتظره را تجربه کرده بودند. شرکت‌کنندگان به‌صورت هدفمند و با کسب رضایت‌نامه انتخاب شدند و سپس به‌طور تصادفی در دو گروه تمرینی DNS (۱۷ نفر) و فال‌پروف (۱۸ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن سابقه سقوط، توانایی راه رفتن و انجام تمرینات بدون احساس درد، عدم مصرف داروهای مؤثر بر تعادل و اعصاب، نداشتن سابقه آسیب اندام تحتانی، انجام ندادن عمل جراحی در یک سال گذشته، عدم وجود ناهنجاری در اندام تحتانی (بررسی شده از طریق غربالگری وضعیت بدنی) و نداشتن اختلالات گوش داخلی بود. در مقابل، عدم توانایی در اجرای تمرینات، عدم همکاری در روند تمرین و ایجاد درد در حین تمرینات بر اساس ارزیابی تست‌ها، به‌عنوان معیارهای خروج از مطالعه در نظر گرفته شدند. در این پژوهش، قد آزمودنی‌ها با قدسنج و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی عملکرد شناختی شرکت‌کنندگان، از پرسشنامه ارزیابی مختصر وضعیت ذهنی (MMSE) که یک ابزار رایج غربالگری اختلالات شناختی است، استفاده شد (ICC=۰/۹۹). این پرسشنامه توسط فولستین و همکاران (۱۹۷۵) طراحی شده و توانایی شناختی افراد را در هفت حوزه مورد سنجش قرار می‌دهد: جهت‌یابی، توجه و تمرکز، حافظه، محاسبات ذهنی، یادآوری، مهارت‌های زبانی و ادراک فضایی. حداکثر نمره در MMSE برابر با ۳۰ است که نشان‌دهنده عملکرد شناختی طبیعی بوده، درحالی‌که نمره کمتر از ۲۵ احتمال تخریب شناختی و نمره کمتر از ۲۰ تخریب قطعی شناختی را مطرح می‌کند. در ایران، این پرسشنامه توسط فروغان و همکاران (۱۳۸۵) برای سالمندان شهر

تهران هنجاریابی شده است. نتایج نشان دادند که در نقطه برش ۲۱، حساسیت آزمون ۹۰٪ و ویژگی آن ۸۴٪ است (۴۱). همچنین، پایایی آزمون-بازآزمون نسخه اصلی در فاصله ۲۴ ساعت برای بیماران مبتلا به دمانس ۰/۸۹ و در مطالعه فولستین و همکاران (۱۹۷۵) با فاصله ۴ هفته، ۰/۹۹ گزارش شده است (Mahshid et al., 2008).

برای سنجش تعادل، از آزمون مینی بس تست که به طور ویژه برای ارزیابی تعادل در سالمندان و بزرگسالان طراحی شده است (ICC=۰/۹۶) استفاده شد. این آزمون شامل ۱۴ آیتم در چهار بخش مختلف است: تنظیم پیش‌بینی‌کننده پاسچر، کنترل واکنشی پاسچر، جهت‌یابی حسی و راه رفتن پویا. در هر بخش، عملکرد شرکت‌کننده در هر آیتم با نمره‌ای بین ۰ تا ۲ ارزیابی می‌شود. حداکثر امتیاز قابل کسب در این آزمون ۲۸ است، به طوری که نمره صفر نشان‌دهنده پایین‌ترین سطح عملکرد و نمره ۲ بیانگر بالاترین سطح عملکرد است. از مهم‌ترین مزایای این آزمون، توانایی سنجش تعادل در سطح بالا و ارزیابی ریسک سقوط در سالمندان است (Takahashi et al., 2020).

برای سنجش عملکرد حرکتی شرکت‌کنندگان، از دو آزمون استاندارد شامل آزمون ۳۰ ثانیه نشست و برخاست از صندلی (CST) و آزمون ۶ دقیقه راه رفتن (6MWT) استفاده شد. این آزمون‌ها به دلیل پایایی بالا و کاربرد گسترده در ارزیابی توانایی‌های حرکتی سالمندان انتخاب شدند.

آزمون ۳۰ ثانیه نشست و برخاست از صندلی (CST)

این آزمون که دارای پایایی بسیار خوبی (ICC=۰/۹۵(۰/۹۰-۰/۹۷)) است، بر اساس پروتکل استاندارد گزارش‌شده توسط گیل و مک‌برنی اجرا شد (Gill & McBurney, 2008). آزمودنی‌ها بر روی صندلی‌ای با ارتفاع ۴۳ سانتی‌متر نشسته و در حالی که دست‌هایشان روی قفسه سینه قرار داشت، در مدت ۳۰ ثانیه حرکت نشست و برخاست را انجام می‌دادند. برای اطمینان از دقت نتایج، در هر مرحله از یک صندلی مشابه برای پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. آزمون دو بار اجرا شد و تعداد کل دفعات نشست و برخاست در ۳۰ ثانیه به‌عنوان رکورد آزمودنی ثبت شد. در نهایت، بهترین رکورد هر فرد برای تحلیل داده‌ها در نظر گرفته شد (Gill & McBurney, 2008).

شکل ۱

آزمون نشست و برخاست از صندلی



آزمون ۶ دقیقه راه رفتن (6MWT)

این آزمون مطابق با دستورالعمل‌های انجمن ATS آمریکا انجام شد و دارای پایایی بالایی است ($ICC=0.90$). آزمودنی‌ها در یک مسیر تعیین شده، به حداکثر سرعتی که می‌توانستند، به مدت ۶ دقیقه راه می‌رفتند و مسافت طی شده در این مدت به‌عنوان معیار عملکرد حرکتی ثبت شد. محقق در طول آزمون پشت سر آزمودنی‌ها حرکت می‌کرد تا از افتادن آن‌ها جلوگیری کند. در صورت احساس خستگی، به آزمودنی‌ها اجازه داده می‌شد که آزمون را متوقف کرده و استراحت کنند. در تحلیل داده‌ها، رکورد مسافت طی شده در یکبار اجرای آزمون مورد استفاده قرار گرفت (Cheng et al., 2020).

شکل ۲

آزمون ۶ دقیقه راه رفتن



بعد از پس‌آزمون، سه روز فاصله در نظر گرفته شد تا شرکت‌کنندگان فرصت کافی برای بازیابی و آماده‌سازی قبل از شروع تمرینات داشته باشند. پروتکل‌های تمرینی DNS و فال‌پروف به مدت چهار هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه اجرا شدند. هر جلسه شامل گرم کردن در ابتدا و سرد کردن در پایان بود.

پروتکل تمرینی DNS

این پروتکل در سه سطح ساده، متوسط و پیشرفته طراحی شد و شدت تمرینات به تدریج بر اساس توانایی فرد افزایش یافت. در چهار جلسه اول تمرینات ساده، در چهار جلسه دوم تمرینات متوسط و در چهار جلسه سوم تمرینات پیشرفته اجرا شد. ارتقا به سطح بالاتر تنها در صورت تسلط بر سطح قبلی امکان‌پذیر بود. تمرینات ماهیتی تعادلی، حرکتی و کنترل حرکتی دارند و بر ثبات مرکزی، هماهنگی عصبی-عضلانی و بهبود الگوهای حرکتی طبیعی تمرکز می‌کنند (جدول شماره یک) (Alvani & Saheb Al-Zamani, 2020).

جدول ۱

پروتکل تمرینی DNS

ردیف	سطح ساده (جلسات ۱ تا ۴)	سطح متوسط (جلسات ۵ تا ۸)	سطح پیشرفته (جلسات ۹ تا ۱۲)
۱	خوابیده به پشت، زانوها و ران ۹۰ درجه، حفظ فشار درون شکمی.	خوابیده به پشت، توپ سوییس بال بین زانوها، حفظ فشار.	توپ سوییس بال بین زانوها، باز و بسته کردن زانو به صورت داینامیک.
۲	خوابیده دمر، ساعد روی زمین، تنه را بلند می‌کند و سر و گردن کنترل شده.	دمر، تنه بلند، دست و پای مخالف را بلند می‌کند، کش برای مقاومت.	دمر، دست و پای مخالف را بالا و پایین حرکت می‌دهد، کش مقاومت.
۳	دمر، تنه بلند، دست و پای مخالف را به جلو حرکت می‌دهد.	دمر، دست و پا را جلو آورده، چرخش بدن، کش مقاومت.	دمر، ساعد روی زمین، تنه بلند، چرخش به ساعد، توپ زیر ساعد، بالا بردن تنه و لگن.
۴	خوابیده به پشت، زانو خم، کمی لگن را از زمین بلند می‌کند و کف پا را می‌گیرد	خوابیده به پشت، یکی از پاها را بالا و پایین می‌برد، کش مقاومت	خوابیده به پشت، توپ سوییس بال زیر مچ پا، لگن بلند و حرکت پا بالا و پایین، کش مقاومت
۵	چهار دست و پا، حرکت دست و پای مخالف به جلو (الگوی متقاطع).	چهار دست و پا، دست و پای مخالف را بلند کرده نگه می‌دارد.	چهار دست و پا، فقط پنجه‌ها روی زمین، حرکت پا به عقب و جمع کردن به داخل شکم با خم شدن کمر.
۶	نشسته، پشت صاف، زانو کمی خم، ران چرخش خارجی و ابداکشن.	نشسته، پا صاف، کش تراباند بسته شده، بالا آوردن پا و چرخش دست و تنه.	نشسته روی توپ سوییس بال، دست‌ها کنار گوش، کمر صاف و دست‌ها بالای سر برده می‌شود.
۷	ایستاده، پاها باز، زانو خم و روی پنجه‌ها، تنه و کمر خم به جلو، لگن بالا	ایستاده، پا باز، توپ سوییس بال زیر دست، خم کردن زانو و جمع کردن پا به داخل شکم	نشستن و برخاستن از صندلی بدون کمک دست، لانچ با کش تراباند برای مقاومت
۸	ایستاده، پاها باز، اسکات با حفظ راستای ستون فقرات و تعادل با دست‌ها جلو	ایستاده، توپ سوییس بال بین پاها، اسکات و برگشت به حالت اولیه	ایستاده پشت به دیوار، توپ سوییس بال بین کمر و دیوار، اسکات و برگشت، دست‌ها پشت گوش‌ها

پروتکل تمرینی فال‌پروف

این برنامه شامل تمرینات چندحسی (بینایی، وستیبولار، حسی-پیکری)، کنترل مرکز ثقل، راهبردهای قامتی و تمرینات قدرتی بود. تمرینات قدرتی شامل بالا آوردن پنجه و پاشنه، اکستنشن و فلکشن زانو، و نزدیک و دور کردن ران بود که شدت آن‌ها بر اساس اصل اضافه بار و شرایط فردی به تدریج افزایش یافت (Khazanin et al., 2022).

ساختار جلسات تمرینی:

- هر سطح تمرینات در سه جلسه اجرا شد.
- تمرینات چندحسی و کنترل مرکز ثقل در جلسه سوم، متناسب با سطح چالش فردی، ارتقا یافتند.
- راهبردهای قامتی از سطح دوم به برنامه اضافه شدند:
 - سطح ۲ (جلسات ۶-۴): راهبرد مچ پا
 - سطح ۳ (جلسات ۹-۷): راهبرد مفصل ران
 - سطح ۴ (جلسات ۱۲-۱۰): راهبرد گام برداشتن ارادی و غیرارادی

تمرینات قدرتی پایین‌تنه نیز به تدریج با افزایش وزن، تعداد تکرار و ست‌ها، و استفاده از ابزار کمکی پیشرفت کردند. این تمرینات ماهیتی تعادلی، حرکتی و تقویت‌کننده کنترل قامتی دارند و با ترکیب تمرینات چندحسی، راهبردهای تعادلی و تمرینات قدرتی، موجب بهبود هماهنگی عصبی-عضلانی و کاهش خطر سقوط می‌شوند (جدول شماره دو) (Khazanin et al., 2022).

جدول ۲

پروتکل تمرینی فال پروف

سطح	تمرینات کلیدی	تعداد ست و تکرار
سطح ۱ (جلسات ۱ تا ۳)	اداکشن ران با توپ پیلاتس بین ران‌ها نشسته، بالا آوردن پاشنه در حالت ایستاده با حمایت، دور کردن ران با تراباند زرد، خم کردن زانو با حمایت، باز کردن زانو با حمایت.	۳-۲ ست، ۵-۱۰ تکرار
سطح ۲ (جلسات ۴ تا ۶)	بالا آوردن پاشنه بدون حمایت، بالا آوردن پنجه با حمایت، نزدیک کردن ران با توپ، دور کردن ران با تراباند قرمز.	۳-۲ ست، ۵-۱۰ تکرار
سطح ۳ (جلسات ۷ تا ۹)	بالا آوردن پاشنه بدون حمایت با وزنه، بالا آوردن پنجه بدون حمایت، نزدیک کردن ران با توپ، دور کردن ران با تراباند مشکی.	۳-۲ ست، ۵-۱۰ تکرار
سطح ۴ (جلسات ۱۰ تا ۱۲)	بالا آوردن پاشنه با حمایت و وزنه، بالا آوردن پنجه با حمایت و وزنه، نزدیک کردن ران با توپ، دور کردن ران با تراباند مشکی.	۳-۲ ست، ۵-۱۰ تکرار

برای تجزیه و تحلیل داده‌های این پژوهش از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. تحلیل آماری با روش سنجش مکرر ترکیبی انجام گرفت تا تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون درون هر گروه و تفاوت بین دو گروه تمرینی (DNS و فال پروف) بررسی شود. پیش‌فرض‌های نرمالیتی، همگنی واریانس‌ها، و استقلال داده‌ها به ترتیب با آزمون‌های شاپیرو-ویلک، لیون و آزمون علامت ارزیابی شدند. همچنین، برای تعیین اندازه اثر از شاخص partial Eta squared استفاده گردید که بر اساس مقادیر زیر طبقه‌بندی شد: ۰/۰۱ نشان‌دهنده اثر کم، ۰/۰۶ نشان‌دهنده اثر متوسط و ۰/۱۴ نشان‌دهنده اثر زیاد. داده‌های جدول Box's M نیز برای بررسی همگنی ماتریس‌های کوواریانس بررسی شدند. سطح معناداری این پژوهش برابر با ۹۵ درصد و مقدار آلفا کوچکتر یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای جمعیت‌شناختی از جمله سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی، وضعیت ذهنی و سابقه سقوط آزمودنی‌ها در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ۳

ویژگی‌های دموگرافیکی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

شاخص	گروه	میانگین \pm انحراف استاندارد	میزان معنی داری	آماره t
سن (سال)	DNS	۴/۰۱ \pm ۶۴/۸۲	۰/۴۶	۰/۷۴۸
	Fall proof	۶۵/۲ \pm ۶۷/۵۳		
قد (سانتی متر)	DNS	۱۶۱/۷ \pm ۲۹/۵۰	۰/۱۳	-۱/۵۴
	Fall proof	۱۵۷/۵ \pm ۸۶/۳۸		
جرم بدن (کیلوگرم)	DNS	۷۵/۱۲ \pm ۷۶/۶۳	۰/۳۱	-۱/۰۲
	Fall proof	۷۱/۱۲ \pm ۵۰/۰۶		
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	DNS	۲۹/۱۰ \pm ۴/۴۶	۰/۶۶	-۰/۴۴
	Fall proof	۲۸/۴۵ \pm ۴/۲۵		

وضعیت ذهنی (آزمون MMSE)	DNS	۲۷/۶۵±۲/۳۴	۰/۸۶	۰/۱۷
	Fall proof	۲۷/۷۸±۲/۰۱		
سابقه سقوط (سال)	DNS	۱/۶۵±۰/۹۹	۰/۷۰	۰/۳۸
	Fall proof	۱/۷۸±۱/۰۰		

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که بین دو گروه از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول ۲)، بنابراین می‌توان گفت گروه‌ها از نظر این ویژگی‌ها همگن بودند. همچنین، جدول شماره ۴ نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ترکیبی (Repeated Measures ANOVA) را برای بررسی اثر زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون)، نوع گروه (DNS و Fall proof) و تعامل بین آن‌ها بر متغیر وابسته نشان می‌دهد.

جدول ۴

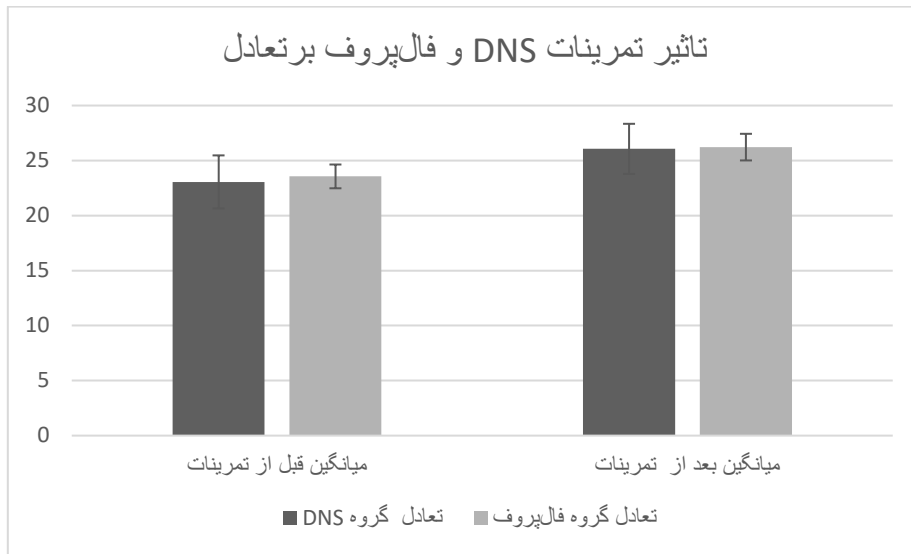
نتایج آزمون اندازه‌گیری مکرر ترکیبی متغیر تعادل

متغیر	مقیاس	منبع واریانس	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
تعادل	درون گروهی	زمان	۱۴۰/۳۷	۱	۱۴۰/۳۷	۸۴/۲۲	۰/۰۰	۰/۷۱
		زمان*گروه خطا	۰/۴۸ ۵۵/۰۰	۱ ۳۳	۰/۴۸ ۱/۶۶	۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۰۰
بین گروهی	خطا	گروه	۰/۹۵	۱	۰/۹۵	۰/۳۶	۰/۵۴	۰/۰۱
		خطا	۸۵/۲۱	۳۳	۲/۵۸	---	---	---

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داد که اثر اصلی زمان بر تعادل معنادار بود ($p=0/00$)، به این معنا که میانگین نمرات پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. این یافته حاکی از آن است که تعادل در هر دو گروه طی گذر زمان بهبود یافته است. با این حال، اثر تعاملی زمان و گروه ($p=0/59$) و همچنین اثر اصلی گروه ($p=0/54$) معنادار نبودند؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات تعادل در گروه‌های DNS و Fall Proof مشابه بوده و مداخله تمرینی تأثیر یکسانی بر هر دو گروه داشته است. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که بهبود مشاهده‌شده بیش از آن‌که ناشی از تفاوت در نوع تمرینات باشد، حاصل اثر زمان و شرکت در برنامه تمرینی در هر دو گروه بوده است.

شکل ۳

اثر تمرینات DNS و فال‌پروف بر متغیر تعادل (مقایسه بین گروهی)



جدول ۵

نتایج آزمون اندازه‌گیری مکرر ترکیبی متغیر عملکرد حرکتی

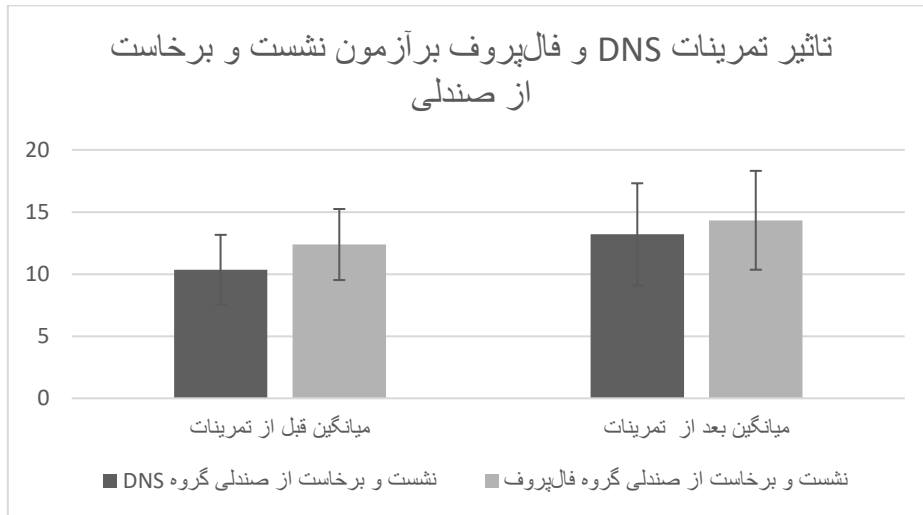
متغیر	مقیاس	منبع واریانس	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
نشست و درخواست از صندلی	درون گروهی	زمان	۱۰۰/۶۰	۱	۱۰۰/۶۰	۵۴/۰۶	۰/۱۰۰	۰/۶۲
		زمان*گروه	۳/۶۰	۱	۳/۶۰	۱/۹۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵
		خطا	۶۱/۴۱	۳۳	۱/۸۶	---	---	---
۶ دقیقه راه رفتن	درون گروهی	زمان	۲۱/۸۷	۱	۲۱/۸۷	۱/۹۱	۰/۱۱۷	۰/۰۵
		خطا	۳۷۷/۳۸	۳۳	۱۱/۴۳	---	---	---
		زمان	۴۱۰۲۸/۲۹	۱	۴۱۰۲۸/۲۹	۵۳/۷۱	۰/۱۰۰	۰/۶۱
بین گروهی	درون گروهی	زمان*گروه	۳۳۶/۰۶	۱	۳۳۶/۰۶	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۰۱
		خطا	۲۵۲۰۷/۷۰	۳۳	۷۶۳/۸۷	---	---	---
		گروه	۱۳۱۸/۹۸	۱	۱۳۱۸/۹۸	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۰۱
خطا	۱۰۸۲۳۵/۱۸	۳۳	۳۲۷۹/۸۵	---	---	---		

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داد که اثر اصلی زمان بر عملکرد آزمون‌های نشست و برخاست از صندلی و ۶ دقیقه راه رفتن معنادار بود ($p=0/00$)، به‌گونه‌ای که در هر دو آزمون، میانگین نمرات پس از آزمون به‌طور قابل توجهی نسبت به پیش از آزمون بهبود یافت. این یافته‌ها بیانگر آن است که توانایی عملکردی و استقامت حرکتی آزمودنی‌ها در طول زمان افزایش یافته است. با این حال، اثر تعاملی زمان و گروه برای آزمون نشست و برخاست از صندلی ($p=0/17$) و آزمون ۶ دقیقه راه رفتن ($p=0/51$)، و همچنین اثر اصلی گروه در این دو

آزمون (برای آزمون اول $p=0/17$ و برای آزمون دوم $p=0/53$) معنادار نبود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روند بهبود عملکرد در هر دو گروه تمرینی مشابه بوده و نوع مداخله تأثیر متفاوتی بر نتایج این آزمون‌ها نداشته است. در مجموع، به نظر می‌رسد که بهبودهای مشاهده شده در عملکرد حرکتی بیشتر ناشی از اثر زمان و شرکت در دوره تمرینی بوده است تا تفاوت بین گروه‌ها.

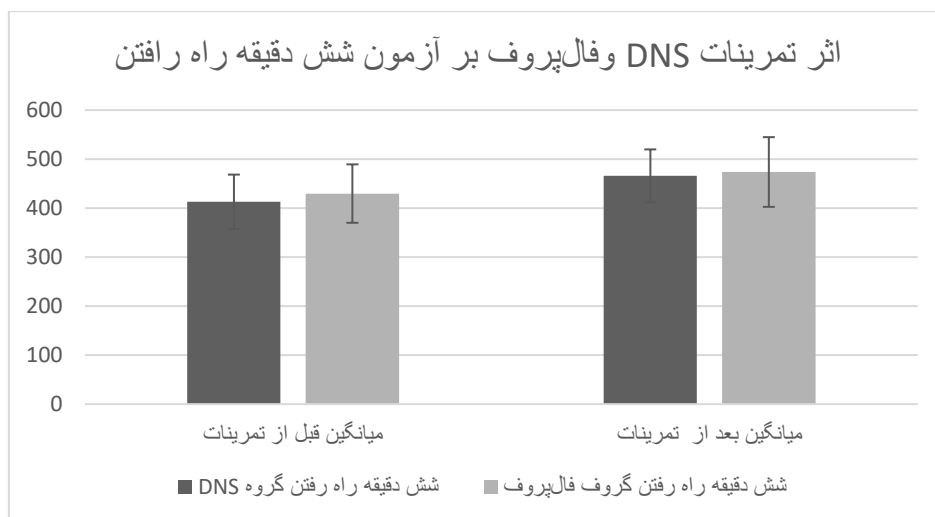
شکل ۴

اثر تمرینات DNS و فال پروف بر متغیر نشست و برخاست از صندلی (مقایسه بین گروهی)



شکل ۵

اثر تمرینات DNS و فال پروف بر متغیر ۶ دقیقه راه رفتن (مقایسه بین گروهی)



بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر دو برنامه تمرینی DNS و فال پروف منجر به بهبود قابل توجهی در تعادل ایستا، تعادل پویا و عملکرد حرکتی زنان سالمند با سابقه سقوط شدند. این بهبودها از منظر نظری و فیزیولوژیکی قابل توجیه‌اند. تمرینات DNS، مبتنی بر اصول

کینزیولوژی تکاملی و بازآموزی الگوهای حرکتی پایه‌ای، با فعال‌سازی سیستم عصبی مرکزی و تسهیل سیناپس‌های قشری-نخاعی، به بهبود پایداری مرکزی و هماهنگی عضلانی کمک می‌کنند (Kolar et al., 2010). با تمرکز بر تنفس دیافراگمی و تقویت عضلات تثبیت‌کننده مرکزی (core stabilizers)، DNS باعث بهینه‌سازی تعامل بین ستون فقرات، لگن و اندام‌ها می‌شود که نقش مهمی در تعادل ایفا می‌کند (Freund, 1983). افزون‌براین، الگوهای حرکتی مورد استفاده در DNS با تقلید از حرکات رشد حرکتی نوزادان طراحی شده‌اند؛ بنابراین، موجب تحریک مجدد مسیرهای عصبی-حرکتی فراموش‌شده در سالمندان شده و از این طریق به بازیابی تعادل و ثبات مرکزی کمک می‌کنند. از سوی دیگر، تمرینات برنامه‌فال‌پروف با طراحی چندسطحی و چندحسی خود، سیستم تعادلی را از طریق تحریک هم‌زمان ورودی‌های بینایی، وستیبولار و حس عمقی به چالش می‌کشند. این تحریکات موجب تقویت مسیرهای حسی-حرکتی و بهبود ادغام حسی (sensory integration) در قشر مغز می‌شوند که یکی از پیش‌نیازهای حفظ تعادل در سالمندان به‌شمار می‌رود (Peterka, 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2007). تمریناتی نظیر راه رفتن روی تشک فومی یا با چشمان بسته، فعال‌سازی بیش‌تری در نواحی قشری مغز، به‌ویژه در بخش‌های مرتبط با حس پیکری و تعادل، به‌دنبال دارند. همچنین، تمرینات قدرتی این برنامه با افزایش نرخ فراخوانی واحدهای حرکتی (motor unit recruitment) و بهبود استقامت عضلات اندام تحتانی، منجر به کاهش زمان واکنش و ارتقای توانایی در اصلاح وضعیت بدن می‌شوند (Orr et al., 2008). این موضوع به‌ویژه در آزمون‌هایی نظیر «نشست و برخاست از صندلی» (CST) و «۶ دقیقه راه رفتن» (6MWT) منعکس شد؛ به‌گونه‌ای که افزایش ظرفیت عملکردی و پایداری حرکتی آزمودنی‌ها پس از مداخله، مورد تأیید قرار گرفت. تحلیل آماری نشان داد که اندازه اثر برای تعادل ($\text{Partial Eta Squared} = 0.71$) و عملکرد حرکتی (0.62) در هر دو گروه بالا بود. این مقادیر نشانگر اثربخشی بالینی و عملی تمرینات هستند؛ حتی در صورتی که تفاوت آماری معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشود. این یافته‌ها با نتایج مرورهای نظام‌مند پیشین هم‌راستا هستند که تأثیر مداخلات ترکیبی (مانند DNS و فال‌پروف) را بر بهبود تعادل و عملکرد حرکتی سالمندان تأیید کرده‌اند (Sherrington et al., 2017; Sherrington et al., 2020). اندازه اثر بالا نشان می‌دهد که در سطح فردی، این تمرینات توانسته‌اند تغییرات معناداری ایجاد کنند؛ تغییراتی که ممکن است در تحلیل آماری بین‌گروهی نمایان نباشند، اما در عمل بالینی بسیار قابل توجه‌اند.

عدم مشاهده تفاوت معنادار بین دو گروه تمرینی را می‌توان با توجه به سازوکارهای مشابه در هر دو پروتکل توجیه کرد. تمرکز هر دو برنامه بر فعال‌سازی عضلات مرکزی، بهبود الگوهای حرکتی و تمرینات حسی-حرکتی، احتمالاً موجب هم‌پوشانی در اثرگذاری آن‌ها شده است. این موضوع در پژوهش‌های مشابهی که برنامه‌های تمرینی مختلفی نظیر اوتاگو، تای‌چی یا تمرینات چندوجهی را مقایسه کرده‌اند نیز گزارش شده است (Sherrington et al., 2020). همچنین، بازه زمانی محدود مداخله (۱۲ جلسه طی ۴ هفته) ممکن است برای بروز تفاوت‌های افتراقی کافی نبوده باشد؛ چرا که سازگاری‌های پایدار عصبی-عضلانی معمولاً در طول دوره‌های تمرینی بلندمدت‌تر (بیش از ۸ هفته) مشاهده می‌شوند (Yang et al., 2006).

از منظر ویژگی‌های نمونه، همگنی جمعیت مورد مطالعه از نظر سن، وضعیت شناختی و سابقه سقوط، ممکن است موجب کاهش واریانس پاسخ‌دهی و همسانی نتایج شده باشد. همچنین، عوامل روان‌شناختی نظیر انگیزه درونی برای بهبود، ترس از سقوط و احساس تعلق به گروه تمرینی، می‌توانند در تقویت عملکرد حرکتی نقش داشته باشند؛ موضوعی که در مطالعاتی مانند پژوهش Tinetti و همکاران (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. افزون بر این، همکاری بالا و پایبندی آزمودنی‌ها به برنامه تمرینی، می‌تواند در افزایش اثربخشی مداخلات نقش مؤثری ایفا کند. مطالعات جدیدتر نیز نشان داده‌اند که حمایت اجتماعی در تمرینات گروهی، با افزایش هورمون‌هایی مانند اکسی‌توسین و کاهش اضطراب حرکتی همراه است که در نهایت به بهبود عملکرد منجر می‌شود (Tinetti et al., 1994).

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی است که در تفسیر نتایج باید مدنظر قرار گیرد. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به نبود گروه کنترل بدون مداخله اشاره کرد، که تحلیل دقیق‌تر اثر زمان را دشوار می‌سازد؛ مدت زمان کوتاه مداخله؛ و عدم ارزیابی پیگیری‌دار پس از پایان تمرینات. همچنین، هرچند ابزارهای عملکردی به‌کاررفته معتبر و عملیاتی بودند، اما داده‌های بیومکانیکی، عصبی یا روان‌شناختی مکمل جمع‌آوری نشدند؛ داده‌هایی که می‌توانستند درک عمیق‌تری از سازوکارهای اثرگذار فراهم کنند. علاوه بر این، مطالعاتی که پاسخ‌های مغزی به تمرینات را با روش‌هایی مانند fMRI یا EEG بررسی می‌کنند، می‌توانند در فهم بهتر سازوکارهای عصبی مداخلات مؤثر باشند.

بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از پروتکل‌هایی با مدت‌زمان طولانی‌تر (حداقل ۸ تا ۱۲ هفته) و تعداد جلسات بیشتر استفاده شود تا امکان مشاهده‌ی سازگاری‌های پایدارتر فراهم گردد. همچنین، انجام ارزیابی‌های پیگیری در میان‌مدت (سه‌ماهه) و بلندمدت (شش تا دوازده‌ماهه) برای بررسی میزان ماندگاری اثربخشی مداخلات ضروری است. بهره‌گیری از ابزارهای دقیق‌تری مانند الکترومایوگرافی سطحی (EMG)، آنالیز حرکت سه‌بعدی و سنجش فعالیت مغزی می‌تواند در شفاف‌سازی سازوکارهای اثرگذاری نقش مؤثری ایفا کند. علاوه بر آن، بررسی اثربخشی ترکیب مداخلات شناختی-فیزیکی، از جمله تمرینات دوگانه (dual-task) تمرینات ذهن‌آگاهی و حافظه حرکتی، پیشنهاد می‌شود. در نهایت، مطالعه بر روی گروه‌های متنوع‌تری از سالمندان، از جمله مردان سالمند، افراد دارای سابقه بیماری‌های نورولوژیک یا سطوح مختلف عملکرد شناختی، می‌تواند به تعمیم‌پذیری بیشتر نتایج منجر شود.

در نهایت، یافته‌های این مطالعه نشان داد که تمرینات هدفمند مبتنی بر کنترل پاسچر، تحریک چندحسی، و تقویت عضلات مرکزی و اندام تحتانی، می‌توانند به‌طور مؤثری عملکرد حرکتی سالمندان دارای سابقه سقوط را بهبود بخشند. هرچند تفاوت معناداری بین دو رویکرد تمرینی مشاهده نشد، اما اثربخشی بالینی هر دو برنامه چشمگیر بود و می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی برنامه‌های جامع توانبخشی و پیشگیری از سقوط در زنان سالمند مورد استفاده قرار گیرد. به‌ویژه، توصیه می‌شود از این تمرینات در قالب برنامه‌های توانبخشی شخصی‌سازی‌شده بهره‌گیری شود.

با توجه به نتایج این پژوهش مبنی بر بهبود معنادار تعادل و عملکرد حرکتی در اثر گذر زمان، می‌توان تمرینات DNS و فال‌پروف را به‌عنوان مداخلاتی ایمن و مؤثر در مراکز درمانی و توانبخشی سالمندان توصیه کرد. برای افزایش اثربخشی بالینی، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- مدت و دفعات پیشنهادی تمرینات: انجام تمرینات به‌صورت ۳ جلسه در هفته، هر جلسه به مدت حدود ۴۵ دقیقه، به مدت حداقل ۶ تا ۱۲ هفته توصیه می‌شود.
- ابزار مورد نیاز: تمرینات DNS عمدتاً نیازمند وسایل ساده‌ای همچون توپ سوییس بال، کش مقاومتی و تشک نرم هستند. تمرینات فال‌پروف نیز با تجهیزاتی مانند صندلی پایدار، وزنه سبک، توپ کوچک، نوار کشی و سطوح پایدار قابل اجرا هستند.
- پیشنهاد برای ادغام با سایر مداخلات: این تمرینات می‌توانند به‌راحتی با سایر رویکردهای توانبخشی از جمله تمرینات تعادلی، تمرینات مقاومتی اندام تحتانی، یا فعالیت‌های روزمره مانند آموزش برخاستن از صندلی، راه‌رفتن در مسیر مستقیم و عبور از موانع ادغام شوند.
- سازگاری با وضعیت بیماران: با توجه به اینکه تمرینات DNS از حرکات پایه شروع شده و قابلیت پیشرفت تدریجی دارند، برای سالمندانی که دچار ضعف حرکتی یا تعادلی هستند قابل تنظیم بوده و ریسک سقوط را کاهش می‌دهند. همچنین تمرینات ساده فال‌پروف برای سالمندان با سطح پایین آمادگی جسمانی قابل اجرا و قابل توسعه هستند.
- بنابراین، با توجه به سادگی اجرا، نیاز به ابزار محدود، و قابلیت انطباق با شرایط سالمندان، اجرای این پروتکل‌ها در مراکز بالینی، خانه‌های سالمندان، یا در قالب جلسات تمرین خانگی تحت نظر درمانگر امکان‌پذیر و مفید است.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

محققان بر خود لازم می‌دانند از تمامی افرادی که با پژوهشگران همکاری صمیمانه‌ای داشتند، تشکر نمایند.

مشارکت نویسندگان

فاطمه منصوربهمنی: نگارش پیش نویس اولیه. سعید بحییرایی: بازنگری و ویرایش. عبدالحمید دانشجو: بازنگری و ویرایش.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است (کد اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی کرمان:

IR.KMU.REC.). <https://ethics.research.ac.ir/IR.KMU.REC.1403.472۱۴۰۳.۴۷۲>

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

- Alitabar, A., Mohammad Ali Nasab Firouzjeh, E., & Shabani, M. (2023). Comparison of the effect of Otago and Fall proof training programs on balance, ankle proprioception and fear of falling in elderly men with a history of falling. *Studies in Sport Medicine*, 15(36), 123-146. <https://doi.org/10.22089/smj.2023.14494.1670>
- Alvani, Z., & Saheb Al-Zamani, M. (2020). The effect of Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) exercises on the dynamic balance and functional disability of athletes with non-specific chronic low back pain. *Research in Sports Rehabilitation*, 8(15), 127-138. https://rsr.basu.ac.ir/article_3870.html
- Batistela, R. A., Rinaldi, N. M., & Moraes, R. (2023). Mini-BESTest cutoff points for classifying fallers and non-fallers female older adults. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 17(4), 126-133. <https://doi.org/10.20338/bjmb.v17i4.354>
- Beyranvand, R., Sahebozamani, M., Daneshjoo, A., & Seyedjafari, E. (2023). Assessment and comparison the effect of exercise in different depth of water on postural stability and balance recovery strategies of older people: a clinical trial. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 11(6), 1002-1015. <https://doi.org/10.32598/SJRM.11.6.12>
- Cheng, D. K., Nelson, M., Brooks, D., & Salbach, N. M. (2020). Validation of stroke-specific protocols for the 10-meter walk test and 6-minute walk test conducted using 15-meter and 30-meter walkways. *Topics in stroke rehabilitation*, 27(4), 251-261. <https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1691815>
- Daneshjoo, A., Sadeghi, H., Yaali, R., & Behm, D. G. (2023). Comparison of unilateral and bilateral strength ratio, strength, and knee proprioception in older male fallers and non-fallers. *Experimental Gerontology*, 175, 112161. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2023.112161>
- Freund, H.-J. (1983). Motor unit and muscle activity in voluntary motor control. *Physiological reviews*, 63(2), 387-436. <https://doi.org/10.1152/physrev.1983.63.2.387>

- Gill, S., & McBurney, H. (2008). Reliability of performance-based measures in people awaiting joint replacement surgery of the hip or knee. *Physiotherapy Research International*, 13(3), 141-152. <https://doi.org/10.1002/pri.411>
- Khazanin, H., Daneshmandi, H., & Fakoor Rashid, H. (2022). Effect of selected fall-proof exercises on fear of falling and quality of life in the elderly. *Iranian Journal of Ageing*, 16(4), 564-577. <https://doi.org/10.32598/sija.2021.3152.1>
- Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., Sanda, J., Neuwirth, J., Bokarius, A. V., Kriz, J., & Kobesova, A. (2010). Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *Journal of applied physiology*, 109(4), 1064-1071. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01216.2009>
- Magnani, P. E., Genovez, M. B., Porto, J. M., Zanellato, N. F. G., Alvarenga, I. C., Freire Jr, R. C., & de Abreu, D. C. C. (2020). Use of the BESTest and the Mini-BESTest for fall risk prediction in community-dwelling older adults between 60 and 102 years of age. *Journal of geriatric physical therapy*, 43(4), 179-184. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000236>
- Mahshid, F., Zahra, J., Bayan Peymaneh, S., Ghaem Magham Farahani, Z., & Rahgozar, M. (2008). Normalization of the Brief Cognitive Status Examination of the elderly in Tehran (2006). https://icssjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-2-401&slc_lang=other&sid=1
- Oliveira, J. S., Gilbert, S., Pinheiro, M. B., Tiedemann, A., Macedo, L. B., Maia, L., Kwok, W., Hassett, L., & Sherrington, C. (2023). Effect of sport on health in people aged 60 years and older: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(4), 230-236. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105820>
- Orr, R., Raymond, J., & Singh, M. F. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *Sports medicine*, 38, 317-343. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838050-00002>
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 88(3), 1097-1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- Razimoghadam, M., Yaseri, M., Shahali, Z., Fazaeli, A., & Daroudi, R. (2024). The Age and Sex distribution of Hospital Admissions and Hospital Costs with a Focus on the Aging Effect: A Retrospective Analysis of Claims Data. *Iranian Journal of Ageing*, 18(4), 518-535. <https://doi.org/10.21859/sija-1804518>
- Safari, H., & Zolaktaf, V. (2023). Effects of eight weeks of Dynamic Neuromuscular Stabilization exercises on the balance of older men. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 11(6), 978-987. <https://doi.org/10.32598/SJRM.11.6.12>
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., Kwak, Y., & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721-733.
- Sherrington, C., Fairhall, N., Wallbank, G., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. (2020). Exercise for preventing falls in older people living in the community: an abridged Cochrane systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 885-891. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101516>
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., Cumming, R. G., Herbert, R. D., Close, J. C., & Lord, S. R. (2017). Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096547>
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2007.04.004>
- Stöckel, T., Wunsch, K., & Hughes, C. M. (2017). Age-related decline in anticipatory motor planning and its relation to cognitive and motor skill proficiency. *Frontiers in aging neuroscience*, 9, 283. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5591340/pdf/fnagi-09-00283.pdf>
- Takahashi, Y., Saito, K., Matsunaga, T., Iwami, T., Kudo, D., Tate, K., Miyakoshi, N., & Shimada, Y. (2020). Relationship between dynamic trunk balance and the balance evaluation systems test in elderly women. *Progress in rehabilitation medicine*, 5, 20200004. <https://doi.org/10.2490/prm.20200004>
- Taylor, E. M., Cadwallader, C. J., Curtin, D., Chong, T. T.-J., Hendrikse, J. J., & Coxon, J. P. (2024). High-intensity acute exercise impacts motor learning in healthy older adults. *npj Science of Learning*, 9(1), 9. <https://doi.org/10.1038/s41539-024-00220-2>
- Tinetti, M. E., Baker, D. I., McAvay, G., Claus, E. B., Garrett, P., Gottschalk, M., Koch, M. L., Trainor, K., & Horwitz, R. I. (1994). A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *New England journal of medicine*, 331(13), 821-827. <https://doi.org/10.1056/nejm199409293311301>
- Yang, Y.-R., Wang, R.-Y., Lin, K.-H., Chu, M.-Y., & Chan, R.-C. (2006). Task-oriented progressive resistance strength training improves muscle strength and functional performance in individuals with stroke. *Clinical rehabilitation*, 20(10), 860-870. <https://doi.org/10.1177/0269215506070701>
- Zapparoli, L., Mariano, M., & Paulesu, E. (2022). How the motor system copes with aging: a quantitative meta-analysis of the effect of aging on motor function control. *Communications Biology*, 5(1), 79. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03027-2>

