



The Effectiveness of Linear and Nonlinear Perceptual-Motor Training On Cognitive Skills in the Elderly

Samira Soleimani ¹ , Seyyed Fardin Qeysari ² 

1 Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sports and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail: Samira.1992sol@gmail.com

2. **Corresponding Author**, Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sports and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

E-mail: fardin.qeysari@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article history: Received: 19 Apr 2024 Received in revised form: 27 Jun 2024 Accepted: 22 Jul 2024 Published online: 06 Sep 2024 Keywords: Aging, Cognitive Skills, Linear Training, Nonlinear Training, Perceptual–Motor Exercises.	Introduction: Cognitive skill decline in the elderly, including memory, attention, and mental flexibility, is one of the major public health challenges. This study aimed to compare the effectiveness of linear and nonlinear perceptual–motor training on cognitive skills of older adults. Methods: This quasi-experimental study was conducted using a pre-test–post-test design with a control group. A total of 45 older adults aged 60–75 years were randomly assigned to three groups: linear training, nonlinear training, and control. The interventions consisted of 8 weeks of perceptual–motor exercises delivered in two sessions per week. Cognitive skills were assessed using the MMSE, Stroop, Digit Span, and WCST tests. Data were analyzed using analysis of covariance after controlling for pre-test scores. Results: The findings showed that both types of training significantly improved cognitive skills; however, nonlinear training had a greater effect on mini-mental state, working memory, selective attention, and cognitive flexibility. Conclusion: These findings highlight that multitask and nonlinear perceptual–motor exercises can produce significant improvements in the cognitive skills of older adults. In conclusion, this study demonstrates that while both linear and nonlinear perceptual–motor training enhance cognitive performance in older adults, nonlinear approaches exert greater influence on key cognitive domains. Integrating such evidence-based training into health promotion programs could significantly contribute to maintaining independence, reducing cognitive decline, and improving the overall quality of life among the elderly.

Cite this article: Soleimani S, Qeysari SF. The Effectiveness of Linear and Nonlinear Perceptual-Motor Training On Cognitive Skills in the Elderly. Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences. 2024; 01 (02): 32-41. [Doi: 10.22034/edus.2025.546666.1025](https://doi.org/10.22034/edus.2025.546666.1025)

Journal of Modern Approaches in Education Management and Health Sciences is licensed under CC BY-NC 4.0.

| Web site: <https://www.eduhealthsci.ir> | Email: eduhealthsci@gmail.com.

© The Author(s).

| Publisher: Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mazandaran Branch, Mazandaran, Iran.





Extended Abstract

Introduction

The aging population is rapidly increasing worldwide, and this demographic shift has brought significant health and social challenges. One of the most pressing issues among older adults is the decline in cognitive skills, which includes impairments in memory, attention, executive functioning, and mental flexibility. These declines not only reduce the quality of life but also increase dependency and vulnerability to neurological disorders such as dementia and Alzheimer's disease. Given the growing burden of cognitive impairment on individuals, families, and healthcare systems, the exploration of effective, non-pharmacological interventions for preserving and enhancing cognitive function has become a global priority. Among the various strategies for promoting cognitive health, physical activity and perceptual-motor training have gained attention due to their combined impact on both physical and cognitive domains. Perceptual-motor exercises require the integration of sensory input, decision-making, and motor responses, which stimulate multiple brain regions and promote neuroplasticity. Importantly, such training not only improves motor coordination and balance but also challenges cognitive processes such as working memory, selective attention, and cognitive flexibility. In this context, the design of training methods plays a crucial role. Linear training is characterized by structured, predictable, and repetitive patterns of movement. This approach provides clarity, reduces task complexity, and is often easier for beginners to follow. In contrast, nonlinear training introduces variability, unpredictability, and multitasking elements that require participants to adapt to changing demands. This method mimics real-life scenarios, where cognitive and motor skills must be used simultaneously in dynamic and uncertain environments. Research in motor learning and cognitive neuroscience suggests that nonlinear approaches may be particularly effective in enhancing higher-order cognitive functions. Despite these theoretical advantages, empirical studies comparing the effects of linear and nonlinear perceptual-motor training on the cognitive abilities of older adults remain limited. Furthermore, most interventions in aging populations tend to emphasize either physical or cognitive training in isolation, rather than exploring integrated approaches. This study was therefore designed to fill this gap by directly comparing the effectiveness of linear and nonlinear perceptual-motor exercises on multiple domains of cognition in older adults. By using standardized cognitive assessments, including the Mini-Mental State Examination (MMSE), Stroop Test, Digit Span, and Wisconsin Card Sorting Test (WCST), the study provides insights into how different training structures influence specific aspects of cognition. The results not only contribute to academic discussions in the fields of gerontology and cognitive science but also have practical implications for designing community-based programs that help older adults maintain independence and mental agility.

Methods

This quasi-experimental study was conducted using a pre-test-post-test design with a control group. A total of 45 older adults aged 60–75 years were randomly assigned to three groups: linear training, nonlinear training, and control. The interventions consisted of 8 weeks of perceptual-motor exercises delivered in two sessions per week. Cognitive skills were assessed using the MMSE, Stroop, Digit Span, and WCST tests. Data were analyzed using analysis of covariance after controlling for pre-test scores.

Results

The findings showed that both types of training significantly improved cognitive skills; however, nonlinear training had a greater effect on mini-mental state, working memory, selective attention, and cognitive flexibility.

Conclusion

The results of this study provide important evidence that both linear and nonlinear perceptual-motor training can significantly enhance cognitive skills in older adults. However, nonlinear training demonstrated superior effects, particularly on mental state, working memory, selective attention, and cognitive flexibility. These findings underscore the potential of nonlinear, multitask training as a more effective strategy for promoting cognitive health in aging populations. The negative impact of aging on cognition is well-documented, yet this study suggests that targeted and well-structured interventions can mitigate or even reverse some of these declines. Nonlinear perceptual-motor exercises likely provide greater cognitive stimulation because they require individuals to process unpredictable information, make rapid adjustments, and manage multiple tasks simultaneously. This dynamic engagement mirrors the challenges of everyday life, which may explain why such training produces more substantial improvements in executive functions compared to linear, repetitive routines. From a practical perspective, the study highlights several implications. First, community and healthcare programs designed for the elderly should incorporate nonlinear training elements to maximize cognitive benefits. Examples include exercises that combine balance tasks with memory challenges, or group activities where participants must adapt to changing instructions and environments. Second, linear training, while less demanding, still



provides meaningful cognitive benefits and can serve as an entry point for individuals with lower fitness levels, mobility limitations, or initial reluctance to engage in complex tasks. Thus, both methods can be applied complementarily, depending on the functional capacity and motivation of participants. Moreover, these findings contribute to the broader discourse on healthy aging by emphasizing the importance of holistic interventions that integrate both physical and cognitive components. Unlike pharmacological treatments, perceptual–motor exercises carry minimal risks and offer additional advantages, such as improved social interaction, physical fitness, and emotional well-being. This makes them a sustainable and accessible strategy for promoting mental agility in later life. It is also important to recognize limitations. The relatively small sample size and short intervention duration may restrict the generalizability of the results. Future research should replicate these findings with larger populations, longer training periods, and longitudinal follow-up to assess the durability of cognitive improvements. In addition, exploring the neural mechanisms underlying the differential effects of linear and nonlinear training could provide valuable insights into brain plasticity in aging. In conclusion, this study demonstrates that while both linear and nonlinear perceptual–motor training enhance cognitive performance in older adults, nonlinear approaches exert greater influence on key cognitive domains. Integrating such evidence-based training into health promotion programs could significantly contribute to maintaining independence, reducing cognitive decline, and improving the overall quality of life among the elderly.

Ethical Considerations

Funding

This research received no specific grant from any funding agency.

Authors' contribution

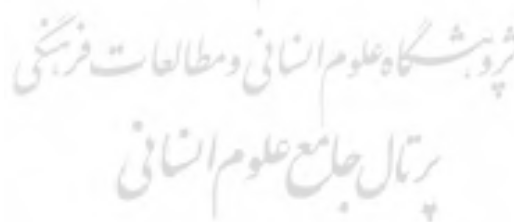
Conceptualization, Seyyed Fardin Qeysari; Methodology, Samira Soleimani; Analysis, Seyyed Fardin Qeysari; Investigation, Seyyed Fardin Qeysari; Data Curation, Samira Soleimani; Writing - Original Draft Preparation, Samira Soleimani; Supervision, Samira Soleimani Project Administration, Seyyed Fardin Qeysari.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding this article.

Acknowledgments

The authors of the article express their gratitude to the officials of the Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran, for conducting this research.





اثربخشی آموزش خطی و غیر خطی تمرینات ادراکی حرکتی بر مهارت‌های شناختی سالمندان

سمیرا سلیمانی^۱، حسین دایی‌زاده^۲ 

۱. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: Samira.1992sol@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: fardin.veysari@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مقدمه: کاهش مهارت‌های شناختی در سالمندان، مانند حافظه، توجه و انعطاف‌پذیری ذهنی، یکی از چالش‌های سلامت عمومی است. این مطالعه با هدف مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی تمرینات ادراکی-حرکتی بر مهارت‌های شناختی سالمندان انجام شد.
تاریخ دریافت:	روش پژوهش: پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود و ۴۵ سالمند ۶۰ تا ۷۵ ساله به‌طور تصادفی در سه گروه آموزش خطی، آموزش غیرخطی و کنترل قرار گرفتند. مداخلات شامل ۸ هفته تمرینات ادراکی-حرکتی دو جلسه‌ای بود. مهارت‌های شناختی با آزمون‌های Digit Span, Stroop, MMSE و WCST ارزیابی شدند. پس از پایان دوره مداخله، تمام شرکت‌کنندگان در همان آزمون‌ها به عنوان پس‌آزمون شرکت نمودند و داده‌های جمع‌آوری شده برای تحلیل آماری وارد نرم‌افزار SPSS شد. تحلیل‌ها شامل شاخص‌های توصیفی و تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) برای بررسی اثرات نسبی آموزش خطی و غیرخطی بر مهارت‌های شناختی سالمندان انجام شد.
تاریخ بازنگری:	یافته‌ها: نتایج نشان داد که هر دو نوع آموزش موجب بهبود معنی‌دار مهارت‌های شناختی شدند، اما آموزش غیرخطی به‌طور قابل توجهی بر وضعیت ذهنی مختصر، حافظه کاری، توجه انتخابی و انعطاف‌پذیری شناختی تأثیر بیشتری داشت.
تاریخ پذیرش:	نتیجه‌گیری: این یافته‌ها تأکید می‌کند که تمرینات ادراکی-حرکتی چندوظیفه‌ای و غیرخطی می‌توانند بهبود قابل توجهی در مهارت‌های شناختی سالمندان ایجاد می‌کند. در آموزش غیرخطی، یادگیری به صورت یک فرآیند پویا و غیرقابل پیش‌بینی دیده می‌شود که تغییرات ناگهانی و غیرمداوم را در بر دارد. در این رویکرد، سالمند نه صرفاً دریافت‌کننده اطلاعات، بلکه فعالانه در فرآیند یادگیری مشارکت می‌کند و راه‌حل‌های شناختی جدیدی را کشف می‌نماید.
تاریخ انتشار:	
کلیدواژه‌ها:	
سالمندی، مهارت‌های شناختی، آموزش خطی، آموزش غیرخطی، تمرینات ادراکی-حرکتی.	

استناد: سلیمانی، سمیرا؛ قیصری، سید فردین. اثربخشی آموزش خطی و غیر خطی تمرینات ادراکی حرکتی بر مهارت‌های شناختی سالمندان. نشریه رویکردهای نوین در

مدیریت آموزش و علوم سلامت. ۱۴۰۳؛ ۱ (۰۲): ۳۲-۴۱. Doi: [10.22034/edus.2025.546666.1025](https://doi.org/10.22034/edus.2025.546666.1025)



دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.

| آدرس نشریه: <https://www.eduhealthsci.ir/> | ایمیل: eduhealthsci@gmail.com

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد استان مازندران.

مقدمه

سالمندی بخشی اجتناب‌ناپذیر از فرآیند زندگی است که با تغییرات زیستی، روانی و اجتماعی همراه می‌باشد. سازمان جهانی بهداشت سالمندی را به عنوان فرآیند انباشته شدن تغییرات در طول زمان تعریف می‌کند که نه تنها بدن، بلکه کارکردهای ذهنی و شناختی فرد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). در این مرحله، کاهش تدریجی توانایی‌های شناختی مانند حافظه، توجه، پردازش اطلاعات و تصمیم‌گیری مشاهده می‌شود که می‌تواند کیفیت زندگی سالمندان را به طور جدی تهدید کند. با افزایش امید به زندگی و رشد جمعیت سالمندان در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، از جمله ایران، اهمیت پرداختن به ارتقای سلامت شناختی بیش از پیش آشکار شده است (۲). کاهش در مهارت‌های شناختی می‌تواند پیامدهایی همچون ضعف در سازمان‌دهی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و حتی افزایش خطر بروز زوال عقل و افتادن‌های ناشی از کاهش توجه و کندی پردازش اطلاعات را به دنبال داشته باشد. بنابراین، طراحی مداخلاتی که بتوانند از کاهش این توانایی‌ها جلوگیری کنند یا حتی باعث بهبود آنها شوند، از اولویت‌های پژوهشی در حوزه سالمندی است (۳). یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد که آموزش و تمرینات هدفمند می‌تواند نقشی مهم در بهبود مهارت‌های شناختی سالمندان ایفا کند. با این حال، تفاوت در روش‌های آموزشی از جمله آموزش خطی و آموزش غیرخطی، نتایج متفاوتی را به همراه داشته است. روش آموزش خطی بیشتر بر تکرار و تمرینات ساختاریافته تمرکز دارد، در حالی که روش آموزش غیرخطی با الهام از نظریه سیستم‌های پویا، بر ایجاد موقعیت‌های متنوع، دستکاری قیود محیطی و فردی، و فراهم کردن فرصت‌های اکتشافی برای یادگیرندگان تأکید دارد (۴). در آموزش غیرخطی، یادگیری به صورت یک فرآیند پویا و غیرقابل پیش‌بینی دیده می‌شود که تغییرات ناگهانی و غیرمداوم را در بر دارد. در این رویکرد، سالمند نه صرفاً دریافت‌کننده اطلاعات، بلکه فعالانه در فرایند یادگیری مشارکت می‌کند و راه‌حل‌های شناختی جدیدی را کشف می‌نماید (۵). مطالعات نشان داده‌اند که این روش می‌تواند انگیزش درونی، خلاقیت شناختی، توانایی تصمیم‌گیری و انعطاف‌پذیری ذهنی را ارتقا دهد (۶). با وجود شواهدی که به اثربخشی آموزش غیرخطی در زمینه مهارت‌های حرکتی اشاره دارند. پژوهش‌های اندکی در خصوص اثر آن بر مهارت‌های شناختی سالمندان انجام شده است (۷). این در حالی است که بهبود شناختی در این گروه سنی می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقای کیفیت زندگی، افزایش استقلال فردی و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های وابسته به سن داشته باشد (۸). از سوی دیگر، آموزش خطی نیز همچنان یکی از روش‌های متداول در تمرینات شناختی است که ساختارمند، مرحله‌ای و تکراری اجرا می‌شود (۹). برخی مطالعات نشان داده‌اند که این روش می‌تواند در تثبیت مهارت‌ها و افزایش دقت مفید باشد، اما ممکن است در مقایسه با آموزش غیرخطی کمتر به خلاقیت و انعطاف‌پذیری شناختی منجر شود (۱۰).

با توجه به اهمیت شناخت در سالمندان، شکاف پژوهشی موجود و ضرورت یافتن روشی کارآمدتر، این مطالعه با هدف مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی بر مهارت‌های شناختی سالمندان طراحی شده است. پرسش اساسی پژوهش عبارتند از: آیا آموزش غیرخطی در مقایسه با آموزش خطی موجب بهبود قابل‌توجه در مهارت‌های شناختی (مانند حافظه، توجه و تصمیم‌گیری) سالمندان می‌شود؟

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است. هدف مطالعه، مقایسه اثربخشی آموزش خطی و غیرخطی بر مهارت‌های شناختی سالمندان می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه سالمندان زن و مرد ۶۰ تا ۷۵ ساله شهر تهران در سال ۱۴۰۴ بود. نمونه‌گیری به شیوه در دسترس از میان سالمندانی که واجد شرایط ورود به مطالعه بودند، صورت گرفت. پس از غربالگری، ۴۵ نفر انتخاب و به صورت تصادفی در سه گروه مساوی شامل: گروه آموزش خطی (۱۵ نفر)،

گروه آموزش غیرخطی (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) تخصیص داده شدند. برای سنجش مهارت‌های شناختی سالمندان از مجموعه‌ای از آزمون‌های معتبر روان‌سنجی استفاده شد که روایی و پایایی آنها در مطالعات داخلی و خارجی تأیید گردیده است:

آزمون وضعیت ذهنی مختصر (Mini-Mental State Examination - MMSE): این آزمون به‌عنوان یک ابزار غربالگری برای ارزیابی کلی وضعیت شناختی سالمندان به‌کار رفت. MMSE شامل ۳۰ سؤال در حوزه‌های مختلفی نظیر جهت‌یابی به زمان و مکان، حافظه کوتاه‌مدت، توجه و محاسبات، یادآوری، نام‌گذاری اشیاء، تکرار جملات و توانایی‌های زبانی است. نمره کمتر از ۲۴ نشانگر وجود اختلال شناختی است.

آزمون استروپ (Stroop Color-Word Test): این آزمون توانایی توجه انتخابی و مهار شناختی را اندازه‌گیری می‌کند. در این آزمون، شرکت‌کننده باید رنگ کلمات (مثلاً کلمه "قرمز" نوشته شده با جوهر آبی) را بیان کند و نه معنای کلمه را. اختلاف زمان واکنش و میزان خطا نشان‌دهنده سطح عملکرد در توجه انتخابی و کنترل شناختی است.

آزمون حافظه عددی (Digit Span Test): این آزمون بخشی از مقیاس هوش وکسلر است و برای سنجش حافظه کاری و ظرفیت توجه استفاده می‌شود. در بخش مستقیم، آزمودنی باید اعداد خوانده‌شده توسط پژوهشگر را به همان ترتیب تکرار کند، و در بخش معکوس باید آنها را برعکس بازگو نماید.

آزمون دسته‌بندی کارت ویسکانسین (Wisconsin Card Sorting Test - WCST): این آزمون یکی از ابزارهای معتبر برای ارزیابی کارکردهای اجرایی، حل مسئله و انعطاف‌پذیری شناختی است. آزمودنی باید کارت‌ها را بر اساس معیارهای نامشخص (رنگ، شکل یا تعداد) دسته‌بندی کند و بر اساس بازخورد، استراتژی خود را تغییر دهد. این آزمون توانایی فرد در تغییر راهبرد و انطباق با شرایط جدید را نشان می‌دهد.

روند اجرای این پژوهش به صورت یک مطالعه نیمه‌آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کنترل طراحی شد. ابتدا پس از اخذ مجوز از مراکز سالمندان شهر تهران و ارائه توضیح درباره اهداف تحقیق، شرکت‌کنندگان واجد شرایط شامل سالمندان ۶۰ تا ۷۵ ساله که سلامت شناختی مناسب ($MMSE \geq 24$) داشتند و توانایی حضور منظم در جلسات آموزشی را داشتند، انتخاب و غربالگری شدند. معیارهای خروج شامل غیبت بیش از دو جلسه، ابتلا به بیماری حاد جسمی یا روانی و انصراف داوطلبانه در طول مطالعه تعیین شد. سپس ۴۵ شرکت‌کننده به صورت تصادفی در سه گروه ۱۵ نفره شامل گروه آموزش خطی، گروه آموزش غیرخطی و گروه کنترل تخصیص یافتند. پیش‌آزمون شامل ارزیابی مهارت‌های شناختی و ادراکی- حرکتی با استفاده از آزمون‌های استاندارد انجام شد تا وضعیت پایه هر شرکت‌کننده مشخص گردد. پس از آن، گروه‌های مداخله بر اساس پروتکل ۸ هفته‌ای مشخص، دو جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه تمرینات ادراکی- حرکتی را انجام دادند، در حالی که گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. پس از پایان دوره مداخله، تمام شرکت‌کنندگان در همان آزمون‌ها به عنوان پس‌آزمون شرکت نمودند و داده‌های جمع‌آوری‌شده برای تحلیل آماری وارد نرم‌افزار SPSS شد. تحلیل‌ها شامل شاخص‌های توصیفی و تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) برای بررسی اثرات نسبی آموزش خطی و غیرخطی بر مهارت‌های شناختی سالمندان انجام شد.

یافته‌ها

در این پژوهش، ۴۵ سالمند ۶۰ تا ۷۵ ساله (۱۵ نفر در هر گروه) شرکت کردند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۶۷/۳ (انحراف استاندارد ۲/۴) سال بود و نسبت زن به مرد در نمونه ۲:۱ بود. در هر گروه ۵ نفر زن و ۱۰ نفر مرد بودند. **جدول ۱** میانگین و

انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای شناختی در گروه‌های آموزش خطی، غیرخطی و کنترل را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای شناختی در گروه‌های آموزش خطی، غیرخطی و کنترل

آزمون	گروه	پیش‌آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	پس‌آزمون انحراف استاندارد $\pm$ میانگین
MMSE	خطی	$25/1 \pm 1/4$	$27/5 \pm 1/4$
	غیرخطی	$25/3 \pm 1/3$	$28/3 \pm 1/2$
	کنترل	$25/0 \pm 1/5$	$24/9 \pm 1/5$
Stroop (ثانیه)	خطی	$45/1 \pm 5/2$	$40/1 \pm 4/8$
	غیرخطی	$44/3 \pm 5/0$	$37/2 \pm 4/1$
	کنترل	$45/8 \pm 5/1$	$44/9 \pm 5/3$
Digit Span (تعداد صحیح)	خطی	$7/2 \pm 1/1$	$8/2 \pm 0/9$
	خطی	$7/3 \pm 1/0$	$9/3 \pm 1/0$
WCST (تعداد دسته صحیح)	غیرخطی	$7/1 \pm 1/2$	$6/9 \pm 1/1$
	کنترل	$4/2 \pm 1/0$	$5/1 \pm 0/9$
	خطی	$4/3 \pm 0/9$	$6/2 \pm 0/8$
	غیرخطی	$4/1 \pm 1/1$	$4/0 \pm 1/0$

گروه غیرخطی در آزمون MMSE افزایش معنی‌داری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون نشان داد ($t(14) = 7/82$, $p < 0/001$)، گروه خطی نیز افزایش معنی‌دار داشت ($t(14) = 5/91$, $p < 0/001$)، در حالی که گروه کنترل تغییر معنی‌داری نشان نداد ($p < 0/68$)، $t(14) = 0/42$ که بیانگر آن است که هر دو روش آموزشی موجب بهبود وضعیت ذهنی مختصر شدند، اما اثر آموزش غیرخطی بیشتر بود. برای بررسی اثر مداخله بر نمرات پس‌آزمون MMSE پس از کنترل پیش‌آزمون، تحلیل کوواریانس انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین نمرات پس‌آزمون بین سه گروه معنی‌دار است ($F(41,2) = 18/76$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/48$). آزمون‌های تعقیبی جفتی با روش Bonferroni نشان داد که گروه غیرخطی به طور معنی‌داری از گروه خطی ($P = 0/02$) و گروه کنترل ($p < 0/001$) بالاتر است. همچنین گروه خطی نیز نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت ($P = 0/03$). این نتایج تأیید می‌کند که آموزش غیرخطی بیشترین اثر را در بهبود وضعیت ذهنی مختصر سالمندان داشته و آموزش خطی نیز نسبت به کنترل مؤثر بوده است.

آزمون Stroop، گروه غیرخطی کاهش معنی‌داری در زمان واکنش در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون نشان داد ($p < 0/001$)، گروه خطی نیز کاهش معنی‌دار داشت ($t(14) = 4/37$, $p < 0/001$)، در حالی که گروه کنترل تغییر قابل توجهی مشاهده نکرد ($t(14) = 0/51$, $p < 0/62$) که بیانگر آن است آموزش غیرخطی موجب بهبود قابل توجه انتخابی و مهار شناختی سالمندان نسبت به آموزش خطی و کنترل شد. برای بررسی اثر مداخله بر زمان واکنش در آزمون Stroop پس از کنترل پیش‌آزمون، تحلیل کوواریانس انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین پس‌آزمون بین سه گروه معنی‌دار است ($F(41,2) = 12/34$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/39$). آزمون‌های تعقیبی جفتی با روش Bonferroni مشخص کرد که گروه غیرخطی به طور معنی‌داری نسبت به گروه خطی ($P = 0/03$) و گروه کنترل ($p < 0/001$) عملکرد بهتری دارد. همچنین گروه خطی نیز نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P = 0/04$). این نتایج نشان می‌دهد که آموزش غیرخطی تأثیر قابل توجهی بر بهبود توجه انتخابی و مهار شناختی سالمندان داشته و آموزش خطی نیز نسبت به کنترل مؤثر بوده است.

در آزمون Digit Span، گروه غیرخطی افزایش قابل توجهی در حافظه کاری از در پیش‌آزمون نسبت به پس‌آزمون نشان داد ($t(14) = 6/89$, $p < 0/001$)، گروه خطی نیز افزایش معنی‌دار از پیش‌آزمون نسبت به پس‌آزمون داشت ($t(14) = 4/21$, $p < 0/001$)، در حالی که گروه کنترل کاهش جزئی و غیرمعناداری را تجربه کرد ($t(14) = 1/03$, $p < 0/32$) که نشان می‌دهد آموزش غیرخطی حافظه کاری سالمندان را به طور قابل توجه بهبود داده است. برای بررسی اثر مداخله بر حافظه کاری در آزمون Digit Span پس از کنترل پیش‌آزمون، تحلیل کوواریانس انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین پس‌آزمون بین سه گروه معنی‌دار است ($F(41,2) = 15/87$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/44$). آزمون‌های تعقیبی جفتی با روش Bonferroni مشخص کرد که گروه غیرخطی به طور معنی‌داری نسبت به گروه خطی ($P = 0/02$) و گروه کنترل ($p < 0/001$) عملکرد بهتری داشت. همچنین گروه خطی نیز نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P = 0/03$). این نتایج تأیید می‌کند که آموزش غیرخطی حافظه کاری سالمندان را به طور قابل توجه بهبود داده و آموزش خطی نیز نسبت به کنترل مؤثر بوده است.

در آزمون WCST، گروه غیرخطی افزایش معنی‌داری در انعطاف‌پذیری شناختی در پس‌آزمون نشان داد ($t(14) = 7/15$, $p < 0/001$)، گروه خطی نیز افزایش قابل توجهی داشت ($t(14) = 5/01$, $p < 0/001$)، در حالی که گروه کنترل تغییر معنی‌داری تجربه نکرد ($t(14) = 0/85$, $p < 0/41$) که نشان می‌دهد آموزش غیرخطی موجب بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی حل مسئله شده و نسبت به آموزش خطی مؤثرتر بوده است. برای بررسی اثر مداخله بر انعطاف‌پذیری شناختی در آزمون WCST پس از کنترل پیش‌آزمون، تحلیل کوواریانس انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین پس‌آزمون بین سه گروه معنی‌دار است ($F(41,2) = 20/46$, $p < 0/001$, $\eta^2 = 0/50$). آزمون‌های تعقیبی جفتی با روش Bonferroni نشان داد که گروه غیرخطی به طور معنی‌داری نسبت به گروه خطی ($P = 0/01$) و گروه کنترل ($p < 0/001$) عملکرد بهتری دارد. همچنین گروه خطی نیز نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P = 0/02$). این نتایج تأیید می‌کند که آموزش غیرخطی موجب بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی حل مسئله سالمندان شده و نسبت به آموزش خطی مؤثرتر بوده است.

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که هر دو نوع آموزش خطی و غیرخطی تمرینات ادراکی-حرکتی باعث بهبود مهارت‌های شناختی سالمندان شدند، اما آموزش غیرخطی تأثیر بیشتری بر تمام شاخص‌های ارزیابی شده شامل وضعیت ذهنی مختصر، حافظه کاری، توجه انتخابی و مهار شناختی و انعطاف‌پذیری شناختی داشت. این نتایج با پژوهش‌های پیشین همسو است که نشان می‌دهد آموزش‌های پویا و متنوع توانایی‌های شناختی سالمندان را نسبت به آموزش‌های ساختارمند و خطی بهبود می‌بخشد. این نتایج با یافته‌های مطالعات چان (Chan) و همکاران (۲۰۲۲) (۲) و پوزی (Pozzi) (۲۰۲۳) (۸) همسو می‌باشد. به طور مشخص، تمرینات ادراکی-حرکتی با ترکیب فعالیت‌های حرکتی و شناختی، فرآیند یادگیری را در سالمندان به شکل فعالانه‌ای تحریک می‌کنند. این نوع تمرینات باعث ارتقای حافظه کاری می‌شوند، زیرا شرکت‌کنندگان مجبورند اطلاعات حسی-حرکتی را در کوتاه‌مدت نگه دارند و پردازش کنند (۷). همچنین، تمرینات چندوظیفه‌ای و تغییر محیط‌های تمرینی باعث بهبود انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی حل مسئله می‌شود، چرا که سالمندان باید تصمیم‌گیری سریع داشته باشند، استراتژی‌های خود را تنظیم کنند و میان توجه، حرکت و حافظه هماهنگی ایجاد کنند. تمرینات ادراکی-حرکتی همچنین موجب ارتقای توجه انتخابی و مهار شناختی می‌شوند، زیرا شرکت‌کنندگان در معرض محرک‌های متنوع قرار می‌گیرند و باید تمرکز خود را بین وظایف مختلف تقسیم کنند. به طور مشخص، آموزش غیرخطی با ایجاد محیط‌های متغیر و فرصت‌های اکتشافی، فرآیند یادگیری را به شکلی فعالانه برای سالمندان فراهم می‌کند. این روش باعث می‌شود سالمندان نه صرفاً

دریافت‌کننده آموزش، بلکه مشارکت‌کننده فعال در تمرین باشند و در مواجهه با محرک‌های مختلف، تصمیم‌گیری سریع، تطبیق با شرایط جدید و مدیریت چندوظیفه‌ای را تجربه کنند. چنین فعالیت‌هایی موجب تقویت حافظه کاری می‌شوند، زیرا یادگیرنده باید اطلاعات جدید را به سرعت پردازش و نگهداری کند و در زمان مناسب از آن استفاده نماید (۱۰). همچنین، تمرینات چندوظیفه‌ای و تغییر محیط‌های تمرینی باعث ارتقای انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی حل مسئله می‌شود، زیرا سالمندان در هر مرحله مجبور به بازسازی استراتژی‌های ذهنی و هماهنگی میان حس و حرکت هستند. این فرآیند یادگیری فعال، انگیزش درونی را افزایش می‌دهد و فرصت کشف راه‌حل‌های خلاقانه و تمرین مهارت‌های شناختی در شرایط متغیر را فراهم می‌کند (۴).

از سوی دیگر، آموزش خطی که بیشتر بر تکرار و اجرای مرحله‌ای تمرینات تمرکز دارد، بهبودهای معنی‌داری در وضعیت ذهنی مختصر، حافظه کاری و توجه ایجاد کرد، اما نسبت به آموزش غیرخطی در تمام شاخص‌ها کمتر مؤثر بود. این نوع آموزش بیشتر به تثبیت مهارت‌ها، تمرین دقیق و کاهش خطاهای اجرایی کمک می‌کند و می‌تواند در تقویت پایه‌های شناختی سالمندان مؤثر باشد، اما به دلیل ساختار ثابت و نبود تغییرات محیطی، فرصت‌های لازم برای تحریک انعطاف‌پذیری شناختی و خلاقیت محدود است (۶). تحلیل کوواریانس و آزمون‌های تعقیبی نشان داد که تفاوت‌ها میان گروه‌ها پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون معنی‌دار بود، که بیانگر اثر واقعی مداخله‌های آموزشی بر مهارت‌های شناختی است. به طور خاص، آموزش غیرخطی توانست بر مهارت‌های اجرایی و حل مسئله تأثیر قابل توجهی داشته باشد، که برای سالمندان از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا کاهش انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی حل مسئله با افزایش سن با اختلالات شناختی و کاهش استقلال عملکردی مرتبط است. تمرینات ادراکی- حرکتی، با ترکیب فعالیت‌های شناختی و حرکتی، موجب هماهنگی میان سیستم‌های عصبی و حرکتی می‌شوند. فعالیت‌هایی که در آنها حافظه، توجه و تصمیم‌گیری به صورت همزمان با حرکات بدنی انجام می‌شود، توانایی‌های چندوظیفه‌ای سالمندان را بهبود می‌بخشد و فرآیندهای اجرایی مغز را تحریک می‌کند (۱). علاوه بر این، تمرینات غیرخطی با ایجاد تنوع و چالش‌های غیرقابل پیش‌بینی، سالمندان را به فعالیت ذهنی و حرکتی مستمر وادار می‌کند، که خود عامل مهمی در تقویت انگیزش، مشارکت فعال و تمرکز است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود تمرینات اثر ماندگارتر و قابل توجه‌تری بر مهارت‌های شناختی داشته باشند و مهارت‌های شناختی مانند توجه انتخابی، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری ذهنی را به شکل مؤثرتری ارتقا دهند (۵).

با توجه به محدودیت‌های تحقیق، از جمله اندازه کوچک نمونه و انجام مداخلات تنها در محدوده شهری تهران، توصیه می‌شود مطالعات آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و طول دوره مداخله طولانی‌تر، اثرات پایدار آموزش خطی و غیرخطی بر مهارت‌های شناختی سالمندان را بررسی کنند. همچنین، استفاده از روش‌های ارزیابی متنوع و طراحی تمرینات چندبعدی می‌تواند مکانیسم‌های اثر تمرینات ادراکی- حرکتی را بهتر روشن سازد.

نتیجه‌گیری

در نهایت، یافته‌های این مطالعه تأکید می‌کند که برنامه‌های تمرین ادراکی- حرکتی سالمندان باید شامل تنوع، تمرینات چندوظیفه‌ای و چالش‌های غیرقابل پیش‌بینی باشد تا حداکثر اثر بر مهارت‌های شناختی حاصل شود و آموزش غیرخطی می‌تواند به عنوان یک روش مکمل و مؤثر در ارتقای سلامت شناختی سالمندان در مراکز توان‌بخشی و برنامه‌های فعالیت سالمندی مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

این تحقیق هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی، سید فردین قیصری؛ روش شناسی، سمیرا سلیمانی؛ تحلیل، سید فردین قیصری؛ تحقیق، سید فردین قیصری؛ مدیریت داده، سمیرا سلیمانی؛ نگارش - تهیه پیش نویس اصلی، سمیرا سلیمانی؛ نظارت، مدیریت پروژه سمیرا سلیمانی، سید فردین قیصری.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولین دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه تهران، در اجرای این پژوهش ابراز می‌دارند.

References

1. Fathi Azar E, Mirzaie H, Jamshidian E, Hojati E. Effectiveness of perceptual-motor exercises and physical activity on the cognitive, motor, and academic skills of children with learning disorders: A systematic review. *Child Care Health Dev.* 2023;49(6):1006-1018. doi: [10.1111/cch.13111](https://doi.org/10.1111/cch.13111)
2. Chan YS, Jang JT, Ho CS. Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomed J.* 2022;45(2):265-270. doi: [10.1016/j.bj.2021.11.011](https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.11.011)
3. Cho HJ, Lippiatt D, Thomas VA, Varughese S, Searcy S, Richter T, et al. Constellation-based identification of linear and nonlinear OSNR using machine learning: a study of link-agnostic performance. *Opt Express.* 2022 ;30(2):2693-2710. doi: [10.1364/OE.443585](https://doi.org/10.1364/OE.443585)
4. Lindsay RS, Komar J, Chow JY, Kittel A, Larkin P, Spittle M. The influence of linear and nonlinear pedagogies on movement exploration of a weightlifting skill. *Acta Psychol (Amst).* 2023;258:105212. doi: [10.1016/j.actpsy.2025.105212](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105212)
5. Hexner D. Training nonlinear elastic functions: nonmonotonic, sequence dependent and bifurcating. *Soft Matter.* 2021 ;17(16):4407-4412. doi: [10.1039/d0sm02189j](https://doi.org/10.1039/d0sm02189j)
6. Zuo L, Mei F. Multivariable Linear Algebraic Discretization of Nonlinear Parabolic Equations for Computational Analysis. *Comput Intell Neurosci.* 2022 ;2022:6323418. doi: [10.1155/2022/6323418](https://doi.org/10.1155/2022/6323418)
7. Candeias AA, Galindo E. Cognitive aging: why we need creativity to increase cognitive preservation. *Health Psychol Rep.* 2021 ;10(4):257-265. doi: [10.5114/hpr.2021.109537](https://doi.org/10.5114/hpr.2021.109537)
8. Pozzi FE, Appollonio I, Ferrarese C, Tremolizzo L. Can Traditional Board Games Prevent or Slow Down Cognitive Impairment? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Alzheimers Dis.* 2023;95(3):829-845. doi: [10.3233/JAD-230473](https://doi.org/10.3233/JAD-230473)
9. Ali Z, Janarthanan J, Mohan P. Understanding Digital Dementia and Cognitive Impact in the Current Era of the Internet: A Review. *Cureus.* 2024 ;16(9):e70029. doi: [10.7759/cureus.70029](https://doi.org/10.7759/cureus.70029)
10. Niccodemi G, Menta G, Turner J, D'Ambrosio C. Pace of aging, family environment and cognitive skills in children and adolescents. *SSM Popul Health.* 2022 ;20:101280. doi: [10.1016/j.ssmph.2022.101280](https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2022.101280)