



Retention Periods, Type of Practice, and Amount of Feedback Can Alter Motor Memory Consolidation in Older Adults

Parvaneh Shamsipour¹ , Parisa Hejazi Dinan² , Mahtab Heydari³, Elham Khaksar⁴

1. Corresponding Author, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

E-mail: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

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

E-mail: pdinan1@yahoo.com

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

E-mail: mahtabheydari7373@gmail.com

4. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran E-mail: khalsae@gmail.com

Received: 26 July 2025 ; Received: 31 October 2025; Accepted: 5 November 2025

ABSTRACT

Introduction: In addition to a decline in physical abilities during aging, cognitive function and memory in older adults also tend to deteriorate. The aim of this study was to determine the effects of retention periods, type of practice, and feedback frequency on the consolidation of motor memory in the elderly.

Methods: This applied, quasi-experimental study was conducted on male and female older adults aged 60-70 residing in the Mashhad Nursing Home, selected through purposive sampling based on inclusion criteria. A total of 72 elderly participants were assigned to six experimental groups: constant and variable practice, each with feedback frequencies of 25%, 50%, or 75% (knowledge of results). Participants in each group practiced the dart-throwing skill in eight blocks of 15 trials. Retention tests were conducted in a 15-trial block, 30 minutes and 24 hours after skill acquisition. Data were analyzed using repeated measures ANOVA and SPSS software.

Results: The findings indicated that both the type of practice and the frequency of feedback had significant effects on motor memory consolidation and performance in the retention test with a random arrangement. The elderly group that performed variable practice with 25% feedback frequency and a 24-hour offline periods demonstrated the best motor memory consolidation in the random retention test, while the group with constant practice and 75% feedback frequency showed the weakest consolidation.

Conclusion: Introducing variability, reducing feedback frequency, and optimizing retention periods result in greater enhancement of motor memory consolidation in the elderly.

Keywords: *Feedback, Retention Test, Variable Practice, Motor Memory Consolidation*

Cite this article: Shamsipour, P., Dinan, P.H., Heydari, M & Khaksar, E. (2022). Retention Periods, Type of Practice, and Amount of Feedback Can Alter Motor Memory Consolidation in Older Adults. *Journal of Healthy ageing and exercise*, 1 (3), 45-61. DOI: 10.22059/jhae.2025.399474.1005

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

Publisher: University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Age-related cognitive decline affects multiple memory systems, with motor memory among the earliest to deteriorate. Motor memory consolidation—the stage most vulnerable to aging—relies on time-dependent neural processes and is supported by factors such as sleep. Yet older adults often show reduced or absent consolidation gains compared with younger individuals. Practice structure is a key determinant of consolidation quality. Random practice typically enhances retention in younger adults, but findings in older adults are inconsistent, with some studies reporting benefits and others showing diminished consolidation (Dos Santos et al., 2014), implying age-related variability in sensitivity to skill stabilization. Feedback frequency also influences consolidation, and delayed feedback appears advantageous in younger samples, although evidence in older adults is limited. Given these inconsistencies, it remains unclear whether specific combinations of practice structure and feedback frequency can produce distinct consolidation outcomes in aging populations. Addressing this gap may clarify mechanisms of motor memory decline and guide more effective instructional and rehabilitation strategies.

Methods

Seventy-two older adults (36 women, 36 men; 60–70 years) residing in a nursing facility were recruited through purposive sampling. Eligibility required the absence of neurological, psychiatric, or major medical conditions and no use of substances affecting the central nervous system. Demographic characteristics, handedness, sleep quality, and cognitive status were assessed using standard questionnaires, and all sessions were conducted in the morning to control for circadian variation. Participants were randomly assigned to six experimental groups ($n = 12$), formed by crossing practice structure (constant vs. variable/random) with three frequencies of knowledge-of-results (KR) feedback (25%, 50%, 75%). Dart-throwing served as the motor task, performed on a standardized electronic dartboard that automatically registered accuracy and error measures. Radial error was used as the primary performance index, with lower values indicating higher

Conclusion

The present study examined how practice structure and feedback frequency shape motor memory consolidation in older adults across two retention intervals (30 minutes and 24 hours). The findings showed that variable

accuracy. The protocol included an acquisition phase followed by two retention tests. During acquisition, all groups completed eight blocks of 15 trials (120 total). Constant-practice groups threw from a fixed distance, whereas variable-practice groups practiced from three distances presented in random order. KR feedback was provided on the designated proportion of trials within each group and included information on error magnitude and direction. Participants were allowed to inspect the target after each attempt. Retention performance was assessed 30 minutes and 24 hours after acquisition through a single 15-trial block with randomized distances identical across groups. Participants who did not complete both retention tests were excluded from analysis.

Results

The results of the mixed ANOVA showed a significant main effect of assessment phase ($p = 0.001$), indicating that performance differed across the eighth acquisition block, the 30-minute retention test, and the 24-hour retention test. Comparison of means showed that participants had the lowest radial error (best performance) in the eighth acquisition block and the highest error in the 30-minute retention test. A significant main effect of practice type was observed ($p = 0.001$), with the variable-practice groups ($M \approx 3.85$) showing better accuracy than the constant-practice groups ($M \approx 4.26$). The main effect of feedback frequency was also significant ($p = 0.01$), indicating that higher feedback frequencies during acquisition resulted in poorer retention performance. The interaction between assessment phase and practice type was significant ($p = 0.001$). Follow-up tests showed that the variable-practice / 25% feedback group had the lowest radial error in both the 30-minute ($M \approx 3.81$) and 24-hour retention tests ($M \approx 3.44$), while the constant-practice / 75% feedback group showed the highest error values across retention tests (up to $M \approx 4.72$). The interaction of practice $\times$ feedback and the three-way interaction were not significant. Between-group analysis also showed no significant differences during acquisition ($p = 0.80$), while significant differences emerged at both retention intervals ($p = 0.001$).

practice produced superior performance compared with constant practice in the randomized retention tests. Across both retention intervals, the variable-practice group receiving 25% feedback demonstrated the most robust consolidation, whereas constant-practice groups with 50% and 75% feedback showed the weakest

performance at the 30-minute interval. At the 24-hour interval, all constant-practice groups (25%, 50%, 75%) and the variable-practice group with 75% feedback exhibited the lowest accuracy. These results align with evidence supporting the advantages of variable practice for long-term retention but contradict studies showing superior outcomes under constant practice, likely due to differences in task characteristics, participant age, and skill type. The superior performance under variable practice may reflect the richer encoding of motor information under high contextual interference, which promotes deeper processing, stronger retrieval demands, and more flexible skill adaptation. Repeated reconstruction of action plans across varied conditions enhances the stability and generalizability of motor memory. Findings also support the benefits of reduced feedback frequency for consolidation, consistent with Travlos,

Boroujeni et al and schema theory Schmidt Lower feedback frequency encourages self-evaluation, reliance on intrinsic cues, and greater cognitive engagement, which collectively foster more durable motor representations. Although some studies report opposite patterns, such discrepancies may stem from task demands and developmental differences in young vs. older adults.

Overall, reduced feedback and variable practice appear particularly beneficial for older adults, whose diminished sleep-dependent consolidation mechanisms may increase their reliance on enriched learning environments. These findings have practical implications for rehabilitation and motor-skill instruction, highlighting the value of gradually reducing feedback and incorporating variability to enhance learning, independence, and long-term retention

Footnotes

Ethical approval

This article is derived from the master's thesis of Ms. Elham Khaksar from Alzahra University, Tehran.

Funding

This article has not received any financial support from any institution or organization.

Authors' contribution

Study concept and design: P. Sh., P. H Analysis and interpretation of data: P. SH., M. H.; Drafting of the manuscript: E. Kh., M. H. Critical

Conflict of Interest

The authors of this article declare that they have no conflicts of interest.

Acknowledgements

We would like to express our sincere gratitude to all the participants who patiently took part in this research.

آیا فواصل آزمون یادداری، نوع تمرین و میزان اطلاعات بازخوردی می تواند تحکیم حافظه حرکتی در سالمندان را تغییر دهد؟

پروانه شمسی پور دهکردی^۱✉، پرینا حجازی دینان^۲id، مهتاب حیدری^۳، الهام خاکسار^۴

۱. نویسنده مسئول، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. رایانامه: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

۲. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. رایانامه: pdinan1@yahoo.com

۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: mahtabheydari7373@gmail.com

۴. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. رایانامه: khalsae@gmail.com

دریافت: ۴ مرداد ۱۴۰۴ ؛ بازنگری: ۹ آبان ۱۴۰۴ ؛ پذیرش: ۱۴ آبان ۱۴۰۴

چکیده

مقدمه: در دوران سالمندی علاوه بر کاهش قابلیت‌های جسمانی عملکرد شناختی و حافظه افراد سالمند روبه زوال می‌رود. هدف از پژوهش حاضر تعیین تاثیر فواصل آزمون یادداری، نوع تمرین و میزان بازخورد بر تحکیم حافظه حرکتی در سالمندان بود.

روش پژوهش: پژوهش حاضر نیمه آزمایشی و از نوع کاربردی بود. جامعه آماری سالمندان مرد و زن با دامنه سنی ۷۰-۶۰ سال، ساکن سرای سالمندان بودند، که با روش نمونه گیری هدفمند بر اساس معیارهای ورود به مطالعه ۷۲ سالمند انتخاب و آزمودنی‌ها به شش گروه آزمایشی تمرین ثابت و متغیر با دریافت بازخورد آگاهی از نتیجه با تواتر ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد تقسیم شدند. آزمودنی‌های هر گروه در ۸ بلوک ۱۵ کوششی به تمرین مهارت دارت پرداختند. ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از اکتساب آزمون‌های یادداری در یک بلوک ۱۵ کوششی با آرایش تصادفی اجرا شد. داده‌های پژوهش با تحلیل واریانس مرکب و نرم افزار SPSS تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد نوع تمرین و تواتر بازخورد بر تحکیم حافظه حرکتی و اجرای آزمون یادداری با آرایش تصادفی تاثیر معناداری دارد. گروه سالمندانی که تمرین متغیر و تواتر بازخورد ۲۵ درصد با فاصله یادداری ۲۴ ساعت انجام دادند بهترین و گروه تمرین ثابت با تواتر بازخورد ۷۵ درصد ضعیف ترین تحکیم حافظه حرکتی را در اجرای آزمون یادداری با آرایش تصادفی داشتند.

نتیجه‌گیری: ایجاد تغییر پذیری، کاهش تواتر بازخورد و فواصل آزمون یادداری بهینه منجر به ارتقا بیشتری در تحکیم حافظه حرکتی سالمندان می‌شود.

کلید واژه‌ها: بازخورد، آزمون یادداری، تمرین متغیر، تحکیم حافظه حرکتی

استناد: شمسی پور دهکردی، پروانه؛ حجازی دینان، پرینا؛ حیدری، مهتاب و خاکسار، الهام (۱۴۰۴). آیا فواصل آزمون یادداری، نوع تمرین و میزان اطلاعات بازخوردی می تواند تحکیم حافظه حرکتی در سالمندان را تغییر دهد؟. *نشریه سالمندی سالم و ورزش*، ۱ (۳)، ۶۱-۴۵. DOI: 10.22059/jhae.2025.399474.1005

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

مقدمه

توانایی های شناختی انسان در قلمروهای متنوعی ظهور می یابند که حافظه به عنوان یکی از شکننده ترین این قلمروها در معرض تبعات افزایش سن قرار دارد (۱). پژوهشگران معتقدند کاهش عملکرد حافظه به دلیل تغییرات نروترنسمیتری و تشکیل پلاک ها در مغز است، با این حال بسیاری از سالمندان به طور ملموس کاهش توانایی حافظه خود را در مقایسه با گذشته احساس می کنند (۲).

حافظه به منزله ی یکی از بنیادی ترین مؤلفه های شناختی، دارای زیرمجموعه های تخصصی متعددی است که یکی از تاثیرگذارترین آنها در تعامل انسان با محیط، حافظه ی حرکتی است. این نوع حافظه به ذخیره سازی، پردازش و بازیابی الگوهای حرکتی اختصاص دارد (۳). فرآیند شکل گیری حافظه ی حرکتی در سه مرحله ی حیاتی کدگذاری، تحکیم، و بازیابی جریان می یابد که در این میان، تحکیم به عنوان پایه ی استحکام حافظه شناخته می شود (۴). تحکیم شامل تثبیت و پایداری مهارت های اکتسابی طی دوره های بی تمرینی است که به صورت بنیادین وابسته به گذر زمان می باشد. پارامتر زمان نه تنها بستر لازم برای تکمیل فرآیندهای عصبی تحکیم را فراهم می کند، بلکه تغییرات پویای حافظه را در این بازه های زمانی امکان پذیر می سازد. در این میان، خواب شبانه به عنوان یک پنجره ی زمانی ویژه با بهینه سازی مکانیسم های عصبی، نقش تسهیل کننده ی قدرتمندی در تحکیم حافظه ی حرکتی ایفا می کند (۴). کاهش عملکرد حافظه حرکتی یکی از چالش های اصلی سالمندی است که توانمندی عملکردی را تحت تأثیر قرار می دهد (۵). پژوهش ها نشان می دهد این ضعف عمدتاً ناشی از اختلال در فرآیند تحکیم حافظه پس از کدگذاری اولیه است (۵، ۶).

از آنجا که جمعیت سالمندان جهان به سرعت در حال افزایش است، شناسایی راهکارهای تقویت تحکیم حافظه حرکتی یک ضرورت پژوهشی و کاربردی محسوب می شود. در این راستا، پژوهشگران تلاش کرده اند عوامل مختلف مؤثر بر تحکیم حافظه حرکتی را شناسایی نمایند تا بتوانند راهکارهای مؤثری را ارائه دهند. یکی از عوامل مهم در این زمینه، ساختار تمرین است (۷). به طور خاص، یکی از ویژگی های ساختار تمرین که احتمال موفقیت آینده را در سالمندان افزایش می دهد، تغییرپذیری در تجربیات تمرینی است (۸). اجرای تکالیف متنوع به صورت تمرین تصادفی که طی آن یادگیرنده تمرینات را با ترتیبی متفاوت انجام می دهد، نتیجه بهتری نسبت به تمرین مسدود دارد. تمرین تصادفی موجب می شود یادگیرنده در مواجهه با تغییرات تکلیف، به مقایسه مؤلفه ها پرداخته و بدین ترتیب شباهت ها و تفاوت های آن ها را مؤثرتر در حافظه خود ذخیره کند (۹، ۱۰). اگرچه شواهد گسترده ای حاکی از تأثیر مثبت تمرین تصادفی (در مقابل تمرین مسدود) بر تحکیم حافظه حرکتی در جوانان وجود دارد (۹، ۱۱)، اما یافته ها در سالمندان متناقض و ناکافی است. برخی مطالعات بهبود تحکیم پس از تمرین متغیر را گزارش می کنند (۱۲)، در حالی که برخی دیگر کاهش تحکیم را مشاهده کرده اند (۱۳). علت این تناقض ها نامشخص است و مطالعات اندکی به مقایسه ی نظام مند روش های آرایش تمرین در جمعیت سالمند پرداخته اند (۱۱). در حمایت از یافته ها، پژوهشگران با استناد به فرضیه بازسازی طرح عمل، بیان می کنند انجام تکلیف به صورت متغیر و با آرایش تصادفی میزان تلاش شناختی را افزایش داده، نظریه های حمایت کننده از تمرین تصادفی نشان می دهند تمرین تصادفی، منجر به بازنمایی ذهنی قوی تر از مهارت در حال آموختن می شود. کاسپیر^۱ و همکاران (۱۲) به مقایسه ی گروه تمرین ثابت و متغیر پرداختند و نشان دادند گروه تمرین متغیر در آزمون انتقال (حرکت جدید) بهتر از گروه تمرین ثابت عمل می کند زیرا بازنمایی های حافظه ای و تلاش شناختی بیشتر در فاصله ی آزمون یادداری سطوح تحکیم حافظه ای بالاتری ایجاد می کند. با توجه به ارتباط، شرایط تمرینی و ساز و کارهای یادگیری در مرحله تمرین خاموش با رخداد حافظه حرکتی (۱۴) مطالعات اندکی به بررسی این موضوع پرداخته اند که آیا تغییرات در یادگیری مهارت حرکتی در طول

عمر می‌تواند به تفاوت‌های تحکیم حافظه حرکتی مربوط شود یا خیر (۱۵،۶) در کل نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد افراد مسن نسبت به همتایان جوان‌تر بهبود کمتری در یادگیری مهارت حین تحکیم از خود نشان می‌دهند (۱۱،۶)، یا بهبودی نشان نمی‌دهند (۱۶).

علاوه بر ساختار تمرین، یک ی دیگر از عوامل کلیدی که می‌تواند بر تحکیم حافظه حرکتی تأثیر بسزایی داشته باشد، نوع، شیوه‌ی ارائه و تواتر بازخورد به یادگیرنده است (۱۸،۱۷) از سوی دیگر، بازخورد آگاهی از نتیجه به عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌ها در یادگیری مهارت‌های حرکتی شناخته می‌شود. با این وجود، هنوز شکاف عمیقی در درک جامع اثرات آن، به‌ویژه در سالمندان، وجود دارد. با اینکه برخی مطالعات مزایای بازخورد و به‌ویژه بازخورد تأخیری را در تحکیم حافظه حرکتی جوانان نشان داده‌اند (۱۹،۱۷)، اما هنوز پژوهشی اثرات تواتر یا نوع بازخورد را به‌طور اختصاصی در جمعیت سالمندان بررسی نکرده است (۱۸). این در حالی است، که برخی شواهد حاکی از حساسیت بیشتر سالمندان به ویژگی‌های بازخورد است و بر ضرورت مطالعه‌ی دقیق‌تر در این زمینه تأکید دارد. برای مثال، وانگ^۱ و همکاران (۱۷) نشان دادند که بازخورد بینایی تأخیری در تحکیم حافظه حرکتی مؤثرتر از بازخورد همزمان است. کورال^۲ و همکاران (۱۹)، نیز گزارش کردند که بازخورد با تأخیر نسبت به بازخورد همزمان، موجب تحکیم بهتر و یادگیری عمیق‌تر مفاهیم پیچیده‌تر می‌شود؛ با این حال، تعمیم این یافته‌ها به سالمندان همچنان نیازمند شواهد بیشتر است. مطابق نظریه‌ی کلاسیک یادگیری حرکتی، آدامز^۳ (۲۰) معتقد است بازخورد متواتر می‌تواند به بیشینه شدن یادگیری منتهی شود، چراکه این بازخورد نقش اصلاح‌گر را برای پاسخ‌های بعدی ایفا می‌کند. با این حال، دیدگاه‌های جدیدتر پردازش اطلاعات بر این باورند که بازخورد بسیار مکرر ممکن است باعث اتکای بیش از حد یادگیرنده بر راهنمایی‌های بیرونی شده و در نتیجه بر کیفیت یادگیری و تحکیم مهارت حرکتی تأثیر منفی بگذارد. در این میان، هنوز این پرسش باقی است که نقص‌های مشاهده‌شده در تحکیم حافظه حرکتی سالمندان، تا چه حد می‌تواند نتیجه‌ی حساسیت مضاعف آن‌ها به تداخل‌های رفتاری باشد و تا چه حد این فرایندها ممکن است به‌شکل مستقلی بر تحکیم تأثیر بگذارند؛ بنابراین، انجام مطالعات عمیق‌تر در این حوزه ضروری به‌نظر می‌رسد.

به طور کلی دانش کمی در مورد اثرات سن تقویمی بر حساسیت به تحکیم حافظه حرکتی وجود دارد (۲۲،۲۱). نتایج تنها پژوهشی که به طور خاص به بررسی الگوهای مربوط به سن در تداخل حافظه حرکتی پرداخته است بیان می‌کند وقتی یک مهارت حرکتی ثانوی در مراحل اولیه فرآیند تحکیم ارائه می‌شود، سالخوردگی یقیناً می‌تواند سبب افزایش احتمال تداخل در حافظه‌های حرکتی که اخیراً کدگذاری شده‌اند گردد (۵). با این وجود، از آنجایی که این پژوهش تنها کودکان و نوجوانان را شامل می‌شد، مشخص نیست که آیا این الگوی مربوط به سن برای بازخورد و تداخل حافظه حرکتی نیز وجود دارد یا خیر. با توجه به تناقض‌های موجود درباره‌ی اثر ساختار تمرین بر سالمندان، کم بودن پژوهش در زمینه‌ی بازخورد متواتر در این جمعیت و عدم بررسی تعامل این دو متغیر مطالعه‌ی حاضر به این پرسش بنیادین پاسخ می‌دهد که آیا ترکیب روش‌های آرایش تمرین و بازخورد متواتر بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی سالمندان تأثیر متفاوتی دارد؟ یافتن پاسخی علمی به این پرسش نه‌تنها می‌تواند دانش ما را درباره‌ی نقش آرایش تمرین و بازخورد در تحکیم حافظه حرکتی تکمیل سازد، بلکه زمینه‌ساز تدوین راهبردهای عملی جهت پیشگیری از افت عملکردهای شناختی حرکتی در دوران سالمندی خواهد بود.

1. wang
2. Corral
3. Adams

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

پژوهش حاضر کاربردی، نیمه تجربی و دارای ۶ گروه آزمایشی بود. آزمودنی‌های پژوهش ۷۲ سالمند مرد و زن (۳۶ سالمند زن و ۳۶ سالمند مرد) ساکن سرای سالمندان با دامنه سنی ۷۰-۶۰ سال با روش نمونه‌گیری هدفمند بر اساس معیارهای ورود به مطالعه انتخاب شدند. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها نظیر سن، قد، وزن، دست برتر و عملکرد شناختی در قالب پرسشنامه فردی، پرسشنامه دست برتر ادینبورگ، پرسشنامه خواب پترزبورگ، پرسشنامه عملکرد شناختی سنجیده شد. معیارهای ورود به مطالعه عبارتند از عدم سابقه اظهار بیماری‌های عصبی، روانپزشکی یا بیماری‌های پزشکی، مصرف الکل و مصرف داروها یا مواد مخدرتفنی که سیستم عصبی مرکزی یا توانایی یادگیری را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۳). برای به حداقل رساندن نوسانات شبانه روزی در پردازش حافظه در سالمندان، تمامی شرکت‌کنندگان در نوبت صبح تمرین نمودند و آزمایش شدند (۲۳). چنانچه آزمودنی‌ها در آزمون یادداری دوم مشارکت نمودند و تمایلی به اجرای پروتکل تمرینی نداشتند از پژوهش خارج شدند.

ابزار

پرسشنامه دست برتری ادینبورگ: پرسشنامه برتری طرفی ادینبرگ^۱ (۲۴) مشمل بر ۴ بخش می‌باشد که به ترتیب به بررسی برتری دستی، برتری پا، برتری گوش، و برتری چشم می‌پردازد. بخش برتری دستی شامل ۱۰ سوالی است که با پرسیدن سوال از فرد یا مراقبین فرد در مورد اینکه از کدام دست (راست، چپ، یا هر دو) در حین انجام ۱۰ تکلیف استفاده می‌کنند، طرفی شدن را مشخص می‌کند.

پرسشنامه عملکرد شناختی: آزمون کوتاه و معاینه وضعیت روانی به وسیله ی فولستین^۲ و همکاران (۲۳) ساخته شد (۲۵) حوزه‌های شناختی که در این پرسشنامه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند عبارتند از: جهت یابی، ثبت کلمات، توجه و محاسبه، حافظه ی نزدیک عملکردهای مختلف زبانی و تفکر دیداری-فضایی. این پرسشنامه شامل ۳۰ سوال و کل امتیاز حاصل از آن، ۳۰ نمره است که نمره دهی کمتر از ۲۳ به احتمال وجود اختلال شناختی اشاره می‌کند.

پرسشنامه کیفیت خواب پیتزبورگ (PSQI): این پرسش‌نامه توسط بویس^۳ و همکارانش (۲۶) در مؤسسه روانپزشکی پیتزبورگ ساخته شد. در یک طیف لیکرت چهار درجه‌ای از صفر تا سه نمره‌گذاری می‌شود.

تخته دارت و پیکان: برای تمرین و آزمون مهارت دارت از تخته دارت الکترونیکی با اندازه استاندارد استفاده شد. به محض برخورد پیکان‌ها به تخته، امتیاز آزمودنی‌ها و خطای ثابت و متغیر به نرم افزار تحلیل عملکرد آزمودنی‌ها منتقل می‌شود. صفحه دارت با ارتفاع ۱/۷۳ سانتی از مرکز تخته دارت تا کف سالن، روی دیوار نصب شدند. شرکت‌کنندگان مطابق با قوانین موجود از فاصله ۲/۳۷ متر اقدام به پرتاب می‌کنند. لازم به ذکر است که تخته ی دارت مورد استفاده در این پژوهش علاوه بر صفحه بازی قانونی دارت دارای یک صفحه به شکل صفحات رشته تیر و کمان بودند که برای سهولت اجرا و اندازه‌گیری پیشرفت آزمودنی‌ها از صفحه مذکور استفاده شد. به پرتاب‌های خارج از صفحه دارت هیچ امتیازی تعلق نگرفت. در صفحه دارت همانند دستگاه مختصات، محور X ها و Y ها ترسیم گردید و اندازه‌ها به دقت ۱ سانتیمتر روی این دو محور مشخص شد. با استفاده از فرمول $Radial\ error = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$ برای اندازه گیری دقت

1 . Edinburgh

2 . Folstein

3 . Buysse

استفاده شد. چون فرمول، انحراف متوسط پیکان ها از مرکز هدف را نشان میدهد، نمرات پایین تر نشان دهنده ی دقت بیشتر و عملکرد بهتر شرکت کنندگان است.

روند اجرای پژوهش

این پژوهش شامل ۳ مرحله، مرحله اکتساب (اجرای هشت بلوک ۱۵ کوششی) و یادداری (آزمون های یادداری با فواصل ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت) است. ابتدا ۷۲ سالمند (۳۶ سالمند زن و ۳۶ سالمند مرد) بر اساس معیارهای ورود به مطالعه انتخاب و سپس به شش گروه آزمایشی ۱۲ نفره (هر گروه شامل ۶ سالمند زن و ۶ سالمند مرد)، گروه تمرین ثابت و دریافت بازخورد آگاهی از نتیجه با تواتر ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۰ درصد، تمرین متغیر با آرایش تصادفی و دریافت بازخورد آگاهی از نتیجه با تواتر ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد تقسیم شدند.

تمام آزمودنی‌ها در قالب یک جلسه آموزشی از سوی پژوهشگر پیرامون نحوه اجرای صحیح مهارت دارت، به صورت مشترک آموزش دیدند. در جلسه اکتساب، آزمودنی های گروه تمرین ثابت، ۸ بلوک ۱۵ کوششی جمعا ۱۲۰ کوشش را از فاصله ۲/۷۳ به طور ثابت پرتاب کردند و هر گروه با توجه به تواتر بازخورد خود (۲۵درصد، ۵۰درصد، ۷۵درصد) ۹۰، ۶۰، ۳۰ کوشش از ۱۲۰ کوشش بازخورد آگاهی از نتیجه دریافت کردند، آزمودنی‌های گروه تمرین متغیر نیز ۸ بلوک ۱۵ کوششی از سه فاصله ۲/۵، ۲/۷۳، ۲/۶ با آرایش تصادفی در هر بلوک پرتاب دارت را انجام دادند و با توجه به تواتر بازخورد خود (۲۵درصد، ۵۰درصد، ۷۵درصد) ۹۰، ۶۰، ۳۰ کوشش از ۱۲۰ کوشش بازخورد آگاهی از نتیجه دریافت کردند. بازخورد آگاهی از نتیجه در رابطه با امتیاز خطای متغیر و ثابت و موقعیت پیکان نسبت به هدف بالا، پایین، چپ و راست، و دور و نزدیک نسبت به هدف، ارائه شد. سالمندان اجازه داشتند بعد از هر پرتاب هدف را مشاهده کنند. دو آزمون یادداری. ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از جلسه اکتساب با آرایش تصادفی و سه فاصله ی ۲/۵، ۲/۷۳، ۲/۶ در یک بلوک تمرینی ۱۵ کوششی اجرا شد.

روش آماری

برای تحلیل داده ها از آزمون شاپیرو-ویلک، تحلیل واریانس مرکب ۳ (تواتر بازخورد) $\times$ ۲ (تمرین ثابت و متغیر) $\times$ ۳ (بلوک آخر اکتساب و آزمون یادداری)، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی بونفرونی، برای بررسی برابری ماتریس کواریانس ها از آزمون باکس و برای بررسی تقارن مرکب از آزمون کرویت موچلی استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

برای تعیین تاثیر نوع تمرین (متغیر و ثابت) و تواتر بازخورد (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) بر تحکیم حافظه حرکتی با فاصله آزمون یادداری ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت در اجرای آزمون یادداری با آرایش متغیر تصادفی از تحلیل واریانس عاملی مرکب ۲ (تمرین ثابت و متغیر) $\times$ ۳ (بازخورد با تواترهای ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪) $\times$ ۳ (مراحل ارزیابی: بلوک هشتم اکتساب، آزمون یادداری متغیر در فاصله ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد از اکتساب) استفاده شد. یافته های آزمون باکس نشان داد ماتریس کوواریانس دارای برابری است و از پیش فرض برابری کوواریانس ها تخطی ننموده است ($P > 0/01$). پیش فرض کرویت موخلی برقرار بود ($P = 0/43$). نتایج تحلیل واریانس عاملی مرکب در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس عاملی مرکب برای مقایسه میانگین عملکرد گروه‌های آزمایشی در مراحل متفاوت ارزیابی

آماره مراحل ارزیابی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P	η^2_p
اثر اصلی مراحل ارزیابی	۱۳/۲۵	۲	۶/۶۲	۴۱/۴۸	۰/۰۰۱	۰/۴۴
اثر اصلی تمرین	۲/۷۵	۱	۲/۷۵	۲۷/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۳۱
اثر اصلی بازخورد	۱/۰۰۹	۲	۰/۵	۵/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۴
اثر تعاملی مراحل ارزیابی × تمرین	۲/۷۳	۲	۱/۳۶	۱۰/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۴
اثر تعاملی مراحل ارزیابی × بازخورد	۱/۶۶	۴	۰/۴۱	۳/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۹
اثر تعاملی بازخورد × تمرین	۰/۱۹۸	۲	۰/۰۹	۰/۹۸	۰/۳۸	۰/۰۳
اثر تعاملی مراحل ارزیابی × تمرین × بازخورد	۰/۶۰۳	۴	۰/۱۵	۱/۱	۰/۳۵	۰/۰۳

یادداشت: *در مقایسه میانگین‌ها، عدد کوچک‌تر برای "خطای انشعابی" نشان‌دهنده عملکرد بهتر است.

نتایج **جدول ۱** نشان داد اثر اصلی مراحل ارزیابی معنادار است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه میانگین عملکرد در مراحل ارزیابی نشان داد عملکرد آزمودنی‌ها در مرحله ارزیابی بلوک هشتم با مراحل اجرای آزمون یادداری ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بعد تفاوت معنادار است ($P=0/001$). همچنین در مرحله آزمون یادداری با فاصله ۳۰ دقیقه با بلوک هشتم تفاوت در عملکرد آزمودنی‌ها دیده شد ($P=0/001$). در آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت نیز با عملکرد آزمودنی‌ها در مرحله بلوک هشتم و آزمون یادداری متغیر ۳۰ دقیقه بعد تفاوت معنادار بود ($P=0/001$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک هشتم (پایین‌ترین خطا $M=3/71$) بهترین و آزمودنی‌ها در آزمون یادداری با فاصله ۳۰ دقیقه (بالا‌ترین خطا $M=4/34$) ضعیف‌ترین عملکرد را داشتند.

اثر اصلی آرایش تمرین معنادار است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد آزمودنی‌ها در تمرین با آرایش متغیر بهترین ($M=3/85$) و آزمودنی‌ها در تمرین با آرایش ثابت ضعیف‌ترین عملکرد ($M=4/26$) را داشتند. اثر اصلی بازخورد معنادار است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تواتر بازخورد بالا در بلوک‌های اکتساب منجر به کاهش عملکرد در آزمون‌های یادداری شده است.

اثر تعاملی مراحل ارزیابی در نوع تمرین معنادار است. برای مقایسه خطای انشعابی سالمندان طی مراحل بلوک تمرینی هشتم، و آزمون‌های یادداری با فاصله یادداری ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت در هریک از گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک راهه با اندازه‌های تکراری استفاده شد (**جدول ۲**).

جدول ۲. مقایسه نتیجه خطای انشعابی در مراحل ارزیابی در هریک از گروه های آزمایش

گروه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P	η^2_p
آرایش ثابت و بازخورد ۲۵٪	۲/۷۷	۲	۱/۳۶	۱۸/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۶۳
آرایش ثابت و بازخورد ۵۰٪	۳/۴۲	۲	۱/۶۸	۱۷/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۶۳
آرایش ثابت و بازخورد ۷۵٪	۶/۲۱	۲	۱/۷۳	۱۷/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۶۴
آرایش متغیر و بازخورد ۲۵٪	۰/۷۷	۲	۱/۶۸	۴/۸۶	۰/۰۲۶	۰/۳۳
آرایش متغیر و بازخورد ۵۰٪	۲/۷۰	۲	۱/۸۸	۶/۸۶	۰/۰۲۱	۰/۴۳
آرایش متغیر و بازخورد ۷۵٪	۲/۳۵	۲	۱/۹۵	۸/۶۵	۰/۰۱۱	۰/۳۶

یافته‌های ارائه شده در **جدول ۲** نشان داد بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین ثابت و بازخورد ۲۵٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است. بررسی میانگین ها نشان داد سالمندان در آزمون یادداری با فاصله ۳۰ دقیقه ($M = ۴/۳۷$) پایین ترین میانگین خطای انشعابی (بهترین عملکرد حرکتی) و در اجرای آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت بالاترین خطای انشعابی ($M = ۴/۴۱$) (ضعیف ترین عملکرد حرکتی) را داشتند.

بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین ثابت و بازخورد ۵۰٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است. بررسی میانگین ها نشان داد سالمندان در آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت ($M = ۴/۲۶$) پایین ترین میانگین خطای انشعابی و در اجرای آزمون یادداری با آرایش تصادفی و فاصله ۳۰ دقیقه بالاترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۴/۵۲$) را داشتند.

بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین ثابت و بازخورد ۷۵٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است. میانگین ها نشان داد سالمندان در بلوک تمرینی هشتم ($M = ۳/۸۱$) پایین ترین میانگین خطای انشعابی و در اجرای آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت ($M = ۴/۷۲$) بالاترین میانگین خطای انشعابی را داشتند.

بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین متغیر و بازخورد ۲۵٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است ($P = ۰/۰۲۶$). میانگین ها نشان داد سالمندان در اجرای آزمون یادداری با آرایش متغیر و فاصله ۲۴ ساعت پایین ترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۳/۴۴$) و در اجرای آزمون یادداری با آرایش متغیر و فاصله ۳۰ دقیقه بالاترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۳/۸۱$) (ضعیف ترین عملکرد حرکتی) را داشتند.

بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین متغیر و بازخورد ۵۰٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است. میانگین ها نشان داد سالمندان در بلوک تمرینی هشتم پایین ترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۳/۵۵$) (بهترین عملکرد حرکتی) و در اجرای آزمون یادداری با آرایش ثابت و فاصله ۳۰ دقیقه ($M = ۴/۲۸$) بالاترین خطای انشعابی (ضعیف ترین عملکرد حرکتی) را داشتند.

بین مراحل ارزیابی در گروه با آرایش تمرین متغیر و بازخورد ۷۵٪ تفاوت از نظر آماری معنادار است. میانگین ها نشان داد سالمندان در بلوک تمرینی هشتم ($M = ۳/۷۱$) و آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت ($M = ۳/۹۷$) پایین ترین میانگین خطای انشعابی (بهترین عملکرد حرکتی) و در اجرای آزمون یادداری با آرایش تصادفی و ۳۰ دقیقه ($M = ۴/۳۷$) بالاترین خطای انشعابی (ضعیف ترین عملکرد حرکتی) را داشتند.

یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه میانگین نمرات گروه‌ها در هر یک از مراحل ارزیابی در **جدول ۳** ارائه شده است.

جدول ۳. مقایسه میانگین خطای انشعابی سالمندان در گروه‌های آزمایشی در هر یک از مراحل ارزیابی

مجموع مربعات	Df	میانگین مربعات	F	P		
۰/۴۵۶	۵	۰/۰۹۱	۰/۴۶۲	۰/۸۰	تفاوت گروه‌ها در بلوک هشتم	بین گروهی
۱۱/۸۴	۶۰	۰/۱۹۷			درون گروهی	
۵/۲۲	۵	۱/۰۴			تفاوت گروه‌ها در آزمون یادداری یا فاصله ۳۰ دقیقه و آرایش ثابت	بین گروهی
۱۳/۱۶	۶۰	۰/۲۱۹	۴/۷۶	۰/۰۰۱	درون گروهی	
۱۱/۱۶	۵	۲/۲۳			تفاوت گروه‌ها در آزمون یادداری یا فاصله ۲۴ ساعت و آرایش ثابت	بین گروهی
۹/۵۱	۶۰	۰/۱۵۹	۱۴/۰۹	۰/۰۰۱	درون گروهی	

نتایج تحلیل واریانس یک راهه در **جدول ۳** نشان داد بین عملکرد گروه‌ها در بلوک تمرینی هشتم تفاوت معنادار نیست ($P = ۰/۸۰$) در اجرای آزمون یادداری با فاصله ۳۰ دقیقه تفاوت معنادار بود ($P = ۰/۰۰۱$). میانگین خطای انشعابی در گروه‌های تمرین با آرایش متغیر و بازخورد ۲۵٪، پایین‌تر از سایر گروه‌ها ($M = ۳/۸۱$) بود و گروه سالمندان تمرین با آرایش ثابت و بازخورد ۷۵٪ بالاترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۴/۷۳$) را داشت. در اجرای آزمون یادداری با فاصله ۲۴ ساعت تفاوت معنادار بود ($P = ۰/۰۰۱$). میانگین خطای انشعابی در گروه‌های تمرین با آرایش متغیر و بازخورد ۲۵٪، پایین‌تر از سایر گروه‌ها ($M = ۳/۴$) بود و گروه سالمندان تمرین با آرایش ثابت و بازخورد ۷۵٪ بالاترین میانگین خطای انشعابی ($M = ۴/۷۲$) را داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی فواصل آزمون یادداری (۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت)، نوع تمرین و میزان ارائه اطلاعات بازخوردی (۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد) بر تحکیم حافظه حرکتی سالمندان بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد عملکرد گروه‌های تمرین متغیر در آزمون یادداری تصادفی بهتر از گروه‌های تمرین ثابت بود. گروه تمرین متغیر و بازخورد ۲۵ درصد بهترین عملکرد را در هر دو آزمون یادداری ۳۰ دقیقه و ۲۴ ساعت داشتند. در فاصله آزمون یادداری ۳۰ دقیقه گروه تمرین ثابت و تواتر بازخورد ۵۰ درصد و ۷۵ درصد ضعیف‌ترین عملکرد را داشتند. در فاصله آزمون یادداری ۲۴ ساعت گروه تمرین ثابت و تواتر بازخورد ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و گروه تمرین متغیر با بازخورد ۷۵ درصد ضعیف‌ترین عملکرد را دارا بودند. نتایج این پژوهش در خصوص تأثیر گذاری بهتر تمرین متغیر در مقابل تمرین ثابت با یافته‌های یائو و همکاران (۲۷)؛ دوسانتوس^۱ و همکاران (۱۳)؛ تورر^۲ و همکاران (۱۱) و کاسپیر^۳ و همکاران (۱۲)، همسو است.

1 . Dos Santos

2 . Thürrer

3 . Gaspar

در پژوهش یائو و همکاران (۲۷)، تأثیر تمرین متغیر و ثابت بر یادگیری سرعت‌های ویلچرانی در بین ۳۶ دانشجو بررسی شد. پس از ۱۰ هفته تمرین و انجام آزمون‌های یادداری و انتقال، نتایج نشان داد که گروه متغیر در هر دو آزمون انتقال (۴۰ درصد و ۷۰ درصد حداکثر سرعت) نسبت به گروه ثابت خطای کمتری داشت. سانتوس و باستوس (۱۳)، در پژوهشی اثر فاصله‌ی بین جلسه‌ی اکتساب و آزمون یادداری را بر تداخل ضمنی در مهارت پرتاب دارت بررسی کردند. شرکت‌کنندگان در دو گروه تمرین ثابت و تمرین تصادفی در چهار بازه‌ی زمانی (۱۰ دقیقه، ۲۴ ساعت، ۷ روز و ۳۰ روز پس از اکتساب) مورد بررسی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد تنها در فاصله‌ی ۲۴ ساعت پس از اکتساب، گروه تمرین تصادفی نسبت به گروه تمرین مسدود عملکرد برتری داشت، اما در سایر بازه‌های زمانی تفاوت معناداری مشاهده نشد. کاسپر و همکاران (۱۲)، به بررسی اثرات تغییر پذیری تمرین بر عملکرد فوتبالیست‌ها به این نتیجه رسیدند که تمرین متغیر نسبت به پروتکل تمرین ثابت منجر به عملکرد بهتر می‌شود. تورر و همکاران (۱۱)، به بررسی ساختار تمرین بر یادگیری یک تکلیف سازگاری حرکتی پرداختند، آنها نشان دادند که تمرین متغیر نسبت به تمرین ثابت منجر به بهبود تحکیم و انتقال مهارت حرکتی بیشتری نسبت به تمرین مسدود می‌شود.

این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های اسپچی میدت^۱ و همکاران (۲۸)؛ تسینیون^۲ و همکاران (۲۹) و کابالرو^۳ و همکاران (۳۰)، ناهمسو است. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که گروه‌های تمرینی ثابت عملکرد بهتری نسبت به گروه تمرین متغیر دارند، به عبارت دیگر تداخل ضمنی کم با بازخورد بالا نسبت به تداخل ضمنی زیاد با بازخورد کم موجب عملکرد بهتر شده بود همچنین تمرین ثابت در برخی شرایط (ویژگی افراد، سن شرکت‌کنندگان، نوع مهارت)، می‌تواند نسبت به تمرین متغیر، منجر به کاهش خطای حرکتی و تحکیم حافظه‌ی بیشتری شود. در بیان علت مغایرت این یافته‌ها با پژوهش حاضر می‌توان به نوع تکلیف، سن شرکت‌کنندگان، تفاوت در نوع مهارت، اشاره کرد. سالمندان، از استراتژی‌هایی مانند تمرین متغیر و بازخورد کمتر و ایجاد چالش که موجب تحریک سیستم‌های شناختی و تحکیم مؤثرتر حافظه حرکتی می‌شود سود بیشتری می‌برند.

در رابطه با تبیین یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد تمرین متغیر در مقایسه با تمرین مسدود، نقشی برجسته در تحکیم و پایداری حافظه حرکتی ایفا می‌کند. هنگامی که یادگیرنده با شرایط تمرین متنوع و متغیر مواجه می‌شود، مغز مجموعه‌ای غنی‌تر و گسترده‌تر از نشانه‌های حافظه‌ای را رمزگذاری می‌کند و یادگیری نه‌تنها به محیط خاص تمرین محدود نمی‌گردد، بلکه در برابر تداخل و فراموشی نیز مقاوم‌تر می‌شود. این فرایند، نیاز مکرر به بازیابی و انطباق مجدد اطلاعات را در هر تکرار تمرین تقویت می‌سازد، که به تحکیم عمیق‌تر مهارت و افزایش قابلیت تعمیم آن به موقعیت‌های جدید منجر می‌گردد. یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان داده است که چنین ساختاری از تمرین، شبکه‌های عصبی وسیع‌تر و منعطف‌تری را نسبت به تمرین مسدود فعال می‌سازد و بدین‌ترتیب، کیفیت یادگیری بلندمدت و انتقال مهارت را به طور معناداری ارتقاء می‌بخشد (۳۱، ۳۲).

نتایج این پژوهش در راستای کاهش تواتر بازخورد و بهبود تحکیم در حافظه سالمندان با نتایج پژوهش تراوولوس^۴ (۳۳)، بوراگان^۵ و همکاران (۳۴) و نظریه طرحواره اشمیت همسو است. کاهش تواتر بازخورد، خودارزیابی خطا و پردازش شناختی عمیق‌تر را تحریک می‌کند و به تحکیم بازنمایی‌های حرکتی پایدارتر منجر می‌شود.

1. Schmidt
2. Tassignon
3. Caballero
4. Travlos
5. Burgan

این یافته‌ها با یافته‌های پژوهش لوگاسی^۱ و همکاران (۳۵)، مارکو آهولو^۲ (۳۶) نا همسو است. این پژوهشگران در تحقیقات خود بیان نمودند، کاهش تواتر بازخورد باعث کاهش یادگیری می‌شود. مارکو آهولو (۳۶)، تأثیر فراوانی‌های مختلف بازخورد بیرونی (۳۳ درصد، ۶۷ درصد، ۱۰۰ درصد) را بر یادگیری کنترل وضعیت در جوانان بررسی کردند. نتایج نشان داد بازخورد با فراوانی متوسط (۶۷ درصد) بیشترین تأثیر را بر بهبود عملکرد و یادداری داشت و فراوانی‌های بالا یا پایین اثربخشی کمتری داشتند. در بیان علت مغایر میتوان به سن شرکت کنندگان، ماهیت تکلیف، نوع مهارت و شیوهی سنجش عملکرد اشاره نمود.

کاهش تدریجی یا هدفمند تواتر بازخورد هنگام یادگیری مهارت‌های حرکتی موجب تحکیم بهتر و پایدارتر این مهارت‌ها در حافظه می‌شود. شواهد حاصل از مرور نظام‌مند مک‌کی^۳ و همکاران همکاران (۳۷) نشان می‌دهد که ارائه بازخورد کمتر در دوره تمرین، یادگیرندگان را مجبور می‌کند تا بیشتر بر منابع درونی اطلاعات و پردازش شناختی خود تکیه کنند. این فرایند سبب کاهش وابستگی به راهنمایی بیرونی و فراهم ساختن زمینه‌ای مساعد برای تحکیم مهارت حرکتی می‌شود. به عبارت دیگر، کاهش بازخورد نه تنها به یادگیری پایدارتر می‌انجامد، بلکه با تقویت مکانیسم‌های پردازش خطا و یادگیری خودمحور، منجر به تثبیت بلندمدت‌تر مهارت حرکتی در حافظه می‌گردد (۳۷).

از سوی دیگر، طبق تئوری طرحواره، بازخورد افزوده باید در هر کوشش، بهترین اطلاعات ممکن را درباره هر دو جنبه پارامترهای برنامه‌ریزی و نتایج حسی حرکت ارائه دهد. در صورتی که آگاهی از نتیجه در یک کوشش ارائه نشود، اجراکننده ناچار است برای ارزیابی خطا به اطلاعات درونی، که معمولاً از دقت کمتری برخوردارند، تکیه کند؛ این امر می‌تواند به بازشناسی ضعیف‌تر خطا منجر شود. با این حال، یافته‌های پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که کاهش فراوانی ارائه بازخورد یادداری مهارت را بهبود می‌بخشد (۳۸)؛ در شرایطی که بازخورد به طور نسبی کمتر ارائه می‌شود، یادگیرندگان ناچارند برای اصلاح کوشش بعدی، عملکرد خود را تحلیل کنند و بر اساس نتایج آن تصمیم‌گیری نمایند؛ اما در شرایط ارائه بازخورد ۱۰۰ درصد نیاز به خودارزیابی و پردازش اطلاعات خطا توسط یادگیرنده تا حد زیادی کاهش می‌یابد و اصلاحات عمدتاً بر اساس بازخورد بیرونی صورت می‌گیرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش فراوانی نسبی بازخورد با افزایش درگیری و تلاش شناختی یادگیرنده همراه است.

اگر یادگیرندگان با استفاده از بازخورد حسی، فرضیه‌ای درباره عملکرد خود ایجاد نمایند، می‌توانند با بازبینی این فرضیه‌ها و مقایسه آن با اجرای واقعی، از بازخورد بیرونی بهره‌مند شوند. تمرکز بر حرکت‌های انجام‌شده و تحلیل اطلاعات حاصل از بازخورد، به یادگیرندگان امکان می‌دهد که مکانیزم‌های ارزیابی و تشخیص خطا را، به‌ویژه در شرایطی که بازخورد افزوده وجود ندارد یا کم است، به‌صورت موثرتری توسعه دهند. در مقابل، اگر یادگیرنده صرفاً به آگاهی از نتیجه به عنوان تنها راهنما متکی باشد و نقش پردازش درونی را نادیده بگیرد، ممکن است در درازمدت یادداری ضعیف‌تری را تجربه کند (۳۸). این موضوع توسط یافته‌های پژوهش‌های تجربی نیز حمایت می‌شود؛ به‌عنوان مثال، گواداگنولی و کوهل (۳۹) در مطالعه‌ای با مقایسه فراوانی‌های مختلف آگاهی از نتیجه (۲۰ درصد و ۱۰۰ درصد) و ارزیابی خطا در تکلیف تولید نیرو، دریافتند که کاهش فراوانی بازخورد همراه با تخمین خطا توسط یادگیرندگان می‌تواند اثربخشی تحکیم حافظه حرکتی را بهبود بخشد.

در رابطه تبیین نتایج به دست آمده اظهار نمود که مغز سالمندان بر خلاف مغز جوانان که تمام اطلاعات و خاطرات ثبت شده در طول روز را در مدت شب بازنگری می‌کند قادر به این کار نیست. پژوهشگران برای اولین بار نشان دادند که مغز سالمندان نمی‌تواند

1. Lugassy

2. Marco-Ahulló

3. McKay

برای تثبیت خاطرات ثبت شده در طول روز از روش بازنگری شبانه استفاده کند. به گفته این دانشمندان، تکرار فیزیولوژیک اطلاعات ردیابی شده در حافظه روزانه امکان ثبت خاطرات مهم و حذف خاطرات زائد را فراهم می کند. محققان کشف کردند که در مغز انسان یک تثبیت کننده حافظه وجود دارد که در شب و درحالی که افراد خواب هستند عمل کرده و خاطرات را تثبیت می کند (۵). همچنین نتایج تحقیقات نشان داد که در طول شب مغز الگوهای متعادل شده فضا- زمان فعالیت روز قبل نورون ها بازتولید می شود. در کل سرعت بازنگری شبانه ۶ تا ۷ برابر بیشتر از حالت عادی است. این درحالی است که حافظه در سالمندان تازه نمی شود و اغلب حتی زمانی که مغز آنها سالم است بسیاری از خاطرات را فراموش می کنند. به همین علت دانشمندان آمریکایی در توضیح علت این مسئله مغز گروهی از موش های سالمند را با مغز موش های جوان مقایسه کردند. در این آزمایش، موش ها در طول روز باید مسیر عبور از دالان مارپیچ را یاد می گرفتند و به خاطر می سپردند و در طول شب مغز موش ها برای بررسی فعالیت اسکن می شد. در این تحقیقات مشاهده شد که در مغز موش های جوان فرایند بازنگری فعالیت نورونی به روشی موثر انجام می شد درحالی که در مغز موش های پیر این اتفاق نیفتاد. این محققان نتیجه گرفتند که نقص در بازنگری شبانه، منشأی بروز بسیاری از مشکلات حافظه ای موش ها بود (۳۴).

یافته های این پژوهش بر اهمیت کاهش فراوانی بازخورد در فرآیند تحکیم مهارت حرکتی سالمندان تأکید دارد و کاربردهای متعددی در حوزه های توانبخشی، درمان و آموزش مهارت های حرکتی دارد. در توانبخشی و فیزیوتراپی، به کارگیری برنامه های تمرینی با بازخورد کمتر می تواند موجب تداوم یادگیری، افزایش استقلال حرکتی و کاهش وابستگی بیماران سالمند به درمانگر شود. همچنین، در آموزش مهارت های ورزشی یا روزمره به سالمندان، کاهش تدریجی بازخورد نه تنها باعث پایداری بیشتر یادگیری، بلکه افزایش انگیزه و اعتماد به نفس می گردد و امکان کنترل بهتر بر عملکرد را فراهم می کند. به علاوه، این رویکرد در پیشگیری از افت عملکرد حرکتی و کاهش خطر سقوط موثر است. استفاده از این یافته ها به مربیان و درمانگران کمک می کند تا برنامه های آموزشی و بازتوانی مبتنی بر شواهد تدوین کنند و از بازخورد هدفمند و متناسب، به جای راهنمایی های مکرر، بهره ببرند؛ در نتیجه به ارتقای کیفیت زندگی سالمندان و بیماران نورولوژیک منجر خواهد شد. پژوهش های آینده می توانند مکانیسم های عصبی این شیوه را بیشتر روشن کنند و آن را در گروه های خاص تر مانند سالمندان مبتلا به دمانس آزمایش کنند. در پژوهش های آتی میتوان قابلیت تعمیم این الگو را به جمعیت های خاص (پارکینسون، ام اس، اختلال شناختی) و تکالیف پیچیده تر مورد سنجش و یا با طراحی مطالعات طولی (۶ ماهه)، پایداری اثرات تحکیم حافظه از طریق این تمرینات مورد بررسی قرار داد.

پی نوشت

تأییدیه اخلاق

این مقاله بر گرفته از پایان نامه ارشد خانم الهام خاکسار از دانشگاه الزهرا تهران می باشد.

حمایت مالی

این مقاله توسط هیچ نهاد یا سازمانی حمایت مالی نشده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی و طراحی مطالعه: پروانه شمسی پور، پریسا حجازی.

تحلیل و تفسیر داده ها: پروانه شمسی پور، مهتاب حیدری.

نگارش پیش نویس مقاله: الهام خاکسار، مهتاب حیدری.

بازنگری انتقادی نسخه مقاله: پروانه شمسی پور، پریسا حجازی.

تحلیل آماری: پروانه شمسی پور .

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اظهار دارند تعارض منافع میان آنها وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

از تمامی آزمودنی‌هایی که با صبر و حوصله ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Peter, C., et al., *White Matter Abnormalities and Cognition in Aging and Alzheimer Disease*. JAMA neurology, 2025.
2. Prince, J.B., et al., *Cognitive and neuroscientific perspectives of healthy ageing*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2024. 161: p. 105649.
3. McDougle, S.D. and H. Hillman, *Motor working memory*. Trends in Cognitive Sciences, 2025.
4. Nicolas, J., et al., *Unraveling the neurophysiological correlates of phase-specific enhancement of motor memory consolidation via slow-wave closed-loop targeted memory reactivation*. Nature Communications, 2025. 16(1): p. 2644.
5. Roig, M., et al., *Aging increases the susceptibility to motor memory interference and reduces off-line gains in motor skill learning*. Neurobiology of aging, 2014. 35(8): p. 1892-1900.
6. Tomlin, K.B., B.P. Johnson, and K.P. Westlake, *Age-related differences in motor skill transfer with brief memory reactivation*. Brain Sciences, 2024. 14(1): p. 65.
7. Debarnot, U., et al., *Variable motor imagery training induces sleep memory consolidation and transfer improvements*. Neurobiology of learning and memory, 2015. 119: p. 85-92.
8. Caramiaux, B., et al., *Dissociable effects of practice variability on learning motor and timing skills*. PloS one, 2018. 13(3): p. e0193580.
9. Lee, T.D. and R.A. Magill, *Can forgetting facilitate skill acquisition*. Differing perspectives in motor learning, memory, and control, 1985. 27: p. 3-22.
10. Henz, D., et al., *Post-task effects on EEG brain activity differ for various differential learning and contextual interference protocols*. Frontiers in human neuroscience, 2018. 12: p. 19.
11. Thüerer, B., et al., *Variable training but not sleep improves consolidation of motor adaptation*. Scientific Reports, 2018. 8(1): p. 15977.
12. Gaspar, A., et al., *Acute effects of differential learning on football kicking performance and in countermovement jump*. Plos one, 2019. 14(10): p. e0224280.
13. dos Santos, J.J., et al., *Contextual interference effect depends on the amount of time separating acquisition and testing*. Advances in physical education, 2014. 4(2): p. 102-109.
14. Robertson, E.M., A. Pascual-Leone, and R.C. Miall, *Current concepts in procedural consolidation*. Nature Reviews Neuroscience, 2004. 5(7): p. 576-582.
15. Nemeth, D. and K. Janacek, *The dynamics of implicit skill consolidation in young and elderly adults*. Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 2011. 66(1): p. 15-22.

16. Brown, R.M., E.M. Robertson, and D.Z. Press, *Sequence skill acquisition and off-line learning in normal aging*. Plos one, 2009. 4(8): p. e6683.
17. Wang, D., et al., *Effects of concurrent and delayed visual feedback on motor memory consolidation*. IEEE transactions on haptics, 2017. 10(3): p. 350-357.
18. Farrokhi, A., M. Habibi, and M.R. Daliri, *Exploring the Impact of Declarative Learning on the Consolidation of Acquired Motor Skills Under Valence Feedback*. Human Brain Mapping, 2025. 46(2): p. e70105.
19. Corral, D., S.K. Carpenter, and S. Clingan-Siverly, *The effects of immediate versus delayed feedback on complex concept learning*. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 2021. 74(4): p. 786-799.
20. Adams, J.A., *A closed-loop theory of motor learning*. Journal of motor behavior, 1971. 3(2): p. 111-150.
21. Stephan, M.A., et al., *Interference during the implicit learning of two different motor sequences*. Experimental brain research, 2009. 196(2): p. 253-261.
22. Muehlroth, B.E., et al., *Memory quality modulates the effect of aging on memory consolidation during sleep: Reduced maintenance but intact gain*. Neuroimage, 2020. 209: p. 116490.
23. Folstein, M.F., S.E. Folstein, and P.R. McHugh, *"Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician*. Journal of psychiatric research, 1975. 12(3): p. 189-198.
24. Oldfield, R.C., *The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory*. Neuropsychologia, 1971. 9(1): p. 97-113.
25. Hall, K.G. and R.A. Magill, *Variability of practice and contextual interference in motor skill learning*. Journal of motor behavior, 1995. 27(4): p. 299-309.
26. Buysse, D.J., et al., *The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research*. Psychiatry research, 1989. 28(2): p. 193-213.
27. Yao, W.X., W. DeSola, and Z.C. Bi, *Variable practice versus constant practice in the acquisition of wheelchair propulsive speeds*. Perceptual and motor skills, 2009. 109(1): p. 133-139.
28. Schmidt, M., M. Kemena, and T. Jaitner, *Null effects of different amounts of task variation in both contextual interference and differential learning paradigms*. Perceptual and Motor Skills, 2021. 128(4): p. 1836-1850.
29. Tassignon, B., et al., *An exploratory meta-analytic review on the empirical evidence of differential learning as an enhanced motor learning method*. Frontiers in psychology, 2021. 12: p. 533033.
30. Caballero, C., et al., *Applying different levels of practice variability for motor learning: More is not better*. PeerJ, 2024. 12: p. e17575.
31. Kantak, S.S., et al., *Neural substrates of motor memory consolidation depend on practice structure*. Nature neuroscience, 2010. 13(8): p. 923-925.
32. Raviv, L., G. Lupyan, and S.C. Green, *How variability shapes learning and generalization*. Trends in cognitive sciences, 2022. 26(6): p. 462-483.
33. Travlos, A.K., *Specificity and variability of practice, and contextual interference in acquisition and transfer of an underhand volleyball serve*. Perceptual and motor skills, 2010. 110(1): p. 298-312.
34. Burgan, R., D. Dries, and G. Yu, *Identifying Transcriptional Changes in a Conditional Knockout Mouse*. The FASEB Journal, 2015. 29: p. LB221.
35. Lugassy, D., et al., *Consolidation of complex motor skill learning: evidence for a delayed offline process*. Sleep, 2018. 41(9): p. zsy123.

36. Marco-Ahulló, A., et al., *Effect of reduced feedback frequencies on motor learning in a postural control task in young adults*. Sensors, 2024. 24(5): p. 1404.
37. McKay, B., et al., *Meta-analysis of the reduced relative feedback frequency effect on motor learning and performance*. Psychology of Sport and Exercise, 2022. 61: p. 102165.
38. Schmidt, R.A., *Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations*, in *Tutorials in motor neuroscience*. 1991, Springer. p. 59-75.
39. Guadagnoli, M.A. and R.M. Kohl, *Knowledge of results for motor learning: relationship between error estimation and knowledge of results frequency*. Journal of motor behavior, 2001. 33(2): p. 217-224.