Motor Behavior **Volume 12, No 42, 2021, Page 81-110**

Research paper

Low Error Interference and Motor Learning: Role of Working Memory in Automation of Skill

H. Ramezanzade

1. Assistant Professor, Department of Sport Science, School of Humanities, Damghan University, Damghan, Iran

Received: 2019/05/26 **Accepted: 2019/12/22**

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of combining random or blocked schedules with a low-error learning model (low- and high-error practice) on learning and automaticity of dart-throwing skill in both high- and low-working memory conditions. One hundred participants with no dart-throwing experience were selected and divided into two classes of high- and low-working memory using the N back working memory test. Subjects of each class were randomly divided into five groups: blocked/low error, blocked/high error, random/low error, random/high error and random. After the pre-test and acquisition phase (three sessions of 70 trials), experimental groups participated in the retention test (with and without cognitive secondary task). The results showed that in both high- and low- working memory conditions, the random/low-error group performed the best performance, and the random/high-error group performed the worst although the performance of the blocked groups were better in the low-working memory condition. This result indicated that in high-working memory conditions, the cognitive processing in the blocked/low-error group was not sufficient to generate a cognitive effort and make an appropriate challenge to practice. Moreover, the results demonstrated that the three - random/low error, random/high error and random- groups performed better in high- than low-working memory conditions at the same time with secondary cognitive tasks. Further, the results of this study suggested that working memory could play a very important role in learning motor skills, especially in achieving high levels of task automation.

Key Words: Contextual Interference, Low-Error learning Model, Error Processing, Dart Throwing

1. Email: hesam_ramezanzade@yahoo.com

Extended Abstract

Background and Purpose

Investigating evidence related to the study of block and random practices proposes that cognitive efforts are a functional learning feature (1-3), but the evidence from implicit and explicit motor learning studies suggests that minimizing cognitive effort during learning can be helpful (4, 5). To explain this contradiction, Randall et al. (2011) proposed the "implicit motor learning" hypothesis. This hypothesis states that high levels of cognitive effort due to changing task in random practice may prevent the learner's conscious focus on their moves, and this will lead to a more inactive learning style (6). Both theories of elaboration and reconstruction attribute the increase in cognitive efforts to a changing task, but Brodbent et al. (2017) indicate that error processing plays an important role in this phenomenon (7). The aim of the present study, firstly, was to understand how the more or less error process in blocked and random schedules affected performance and learning. The second purpose of the current study was to investigate the role of working-memory capacity in the effectiveness of blocked and random practices as well as implicit motor learning.

Materials and Methods

A total of 100 participants (mean age=20.3) without previous darts throwing experience were selected and divided into high and low working-memory classes using the N-back test. In each category, subjects were randomly assigned into 5 groups including random practice (the random execution from different distances), random/low-error practice (first, the random execution of distances close to the target, then random execution of distances away from the target), random/high-error practice (first, the random execution of distances away from the target, then random execution of distances close to the target), blocked/low-error practice (the execution of all trials at the closest distance and then the trials of the next distances to the furthest distances), blocked/high-error practice (the execution of all trials of the farthest distances and then all trials of the next distances to the closest distance).

Each group participated in the pre-test and 3- session practice of 70 trials in three consecutive days (210 trials in total), and at the end of each session, an acquisition test was performed. Then, 48 hours later, all groups participated in the retention test.

There are seven different distances to the target, one of these distances is the standard distance for throwing the dart (237 cm). in the present study, the individuals threw at a 45-cm-diameter board, placed 173 cm above from the ground. A two-dimensional error was used to calculate the movement error of individuals.

The secondary transfer task was applied to measure the level of autonomy of individuals.

In order to compare the groups in acquisition and retention tests, factor analysis of variance (group x test) was applied. Follow-up one-way ANOVA tests were utilized to compare experimental groups at each phase (pre-test, acquisition and retention). Further, the independent t-test was used to compare the two conditions of high and low working memory in each experimental group.

Results

The results showed that in high-working memory conditions, in the acquisition test, the blocked/low-error group performed similarly to the random/low-error group and significantly was better than the random and random/low-error groups. In the retention test, the performance of the random/low-error group was significantly better than the other groups, and the blocked/low-error and random/high-error groups performed worse than the other groups. In low-working memory conditions, in both acquisition and retention tests, the performance of the blocked/low-error, blocked/high-error, random/low-error and random groups was significantly better than that of the random/high-error group. In addition, in the retention test, the performance of the random/low-error group was significantly better than that of other groups.

Comparing the automation (performance simultaneously with the secondary cognitive task) of the experimental groups in both high-and low-working memory conditions, interesting results were observed. In the high working memory, in the retention test, the performance of the random/low-error group was significantly better than that of other groups. Moreover, the results demonstrated that the performance of the random and random/low-error groups was significantly better than that of the blocked/low-error group. In low-working memory conditions, in the retention test, the random/low-error group performed significantly better than the blocked/low-error, blocked/high-error and random/high-error groups. Further, the results displayed that the performance of all groups was better than that of the random/high-error group.

Besides, the findings illustrated that there was no significant difference between the two conditions of high and low working memory in blocked/low-error and blocked/high-error groups. In random and random/low-error groups, in retention and transfer (performing with secondary task) test, there was a significant difference between the two conditions of high and low working memory in favor of high working memory.

Discussion

In the ongoing study, the performance of the random/low-error group (with and without secondary task) in both high- and low-working memory conditions was better than that of random and random/high-error groups. This result indicated that more error processes in the random group, especially the random/high-error group created cognitive effort which was detrimental to learning, and the random/low-error group performed better due to the less error processing.

These results could be explained by Guadagnoli and lee's (2004) challenge point hypothesis (8), representing that there was a certain level of challenge to practice that was in the interest of learning. More or fewer values of the challenge reduced the rate of learning. The results of their study suggested that inter-task change was only one source of cognitive effort. Another important source of cognitive effort is error processing (9). In the random-errorless group, a cognitive effort resulting from the interaction between inter-task change (high cognitive effort) and error processing (low cognitive effort) created an appropriate level of practice challenge for performance and learning.

Comparing the performance of subjects in both high- and low- working memory conditions in the acquisition, the retention and transfer test showed that although there were no differences between high- and low-working memory conditions in the blocked/low-error and blocked/high-error groups, subjects' performance was better in high-working memory condition than low-working memory condition in random/low-error, random/high-error and random groups. The findings of the current study represented that working memory had a very important role in learning motor skills, especially in achieving high levels of task automation.

Keywords: Contextual Interference, Errorless Learning Model, Error Processing, Dart Throwing

References

1. Young D E, Cohen M J, Husak W S. Contextual interference and motor skill acquisition: on the processes that influence retention. Hum Movement Sci. 1993; 12, 577-600.
2. Li Y, Wright D L. An assessment of the attention demands during random- and blocked-practice schedules. Q J Exp Psychol. 2000*; 53A* (2), 591-606.
3. Cross E S, Schmitt P S, Grafton S T. Neural substrates of contextual interference during motor learning support a model of active preparation. J Cogn Neurosci. 2007; *19*(11), 1854-1871.
4. Maxwell J P, Masters R S W, Eves F F. From novice to no knowhow: A longitudinal study of implicit motor learning. J Sport Sci. 2000; 18, 111-120.
5. Masters R S W, Maxwell J P. Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption: What you don't know won't hurt you. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Eds.), Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice. 2004; (pp. 207-228). London: Routledge.

6. Rendell M A, Masters R S W, Farrow D, Morris T. An implicit basis for the retention benefits of random practice. J Mot Behav. 2011; 43, 1-13.
7. Broadbent D P, Causer J, Willaiams A M, Ford P R. The role of error processing in the contextual interference effect during the training of perceptual-cognitive skills. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2017; 43, 1329-1342.
8. Guadagnoli M A, Lee T D. Challenge point: A framework for conceptualizing the effect of various practice conditions in motor learning. J Mot Behav. 2004; 36, 212-224.
9. Lam W K, Maxwell J P, Masters R S W. Probing the allocation of attention in implicit motor learning. J Sport Sci. 2010; 28, 1543-1554.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

رفتار حرکتی دوره ۱۲، شماره ۴۲، زمستان ۱۳۹۹، صص ۱۱۰-۸۱

مقالهٔ پژوهشی

تداخل کم‌خطا و یادگیری حرکتی: نقش حافظهٔ کاری در خودکاری مهارت

حسام رمضان‌زاده[1]

۱. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۴

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ترکیب برنامه‌های تمرینی مسدود و تصادفی با مدل یادگیری کم‌خطا (تمرین کم‌خطا و پرخطا) بر یادگیری و خودکاری مهارت پرتاب دارت در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین انجام شد. تعداد ۱۰۰ شرکت‌کننده (با میانگین سنی ۲۰/۱۳) بدون تجربهٔ پرتاب دارت انتخاب شدند و با استفاده از آزمون حافظهٔ کاری «ان بک» به دو طبقهٔ حافظهٔ کاری بالا و پایین تقسیم شدند. افراد هر طبقه به‌طور تصادفی در پنج گروه مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و تصادفی قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان پس از پیش‌آزمون و مرحلهٔ اکتساب (سه جلسهٔ ۷۰ کوششی) در آزمون یادداری (با و بدون تکلیف ثانویهٔ شناختی) شرکت کردند. از ریشهٔ میانگین مجذور خطا برای ارزیابی عملکرد افراد استفاده شد. نتایج نشان داد در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، گروه تصادفی-کم‌خطا بهترین عملکرد و گروه تصادفی-پرخطا بدترین عملکرد را داشتند؛ اگرچه عملکرد گروه‌های مسدود در شرایط حافظهٔ کاری پایین بهتر بود. این نتیجه نشان می‌دهد در شرایط حافظهٔ کاری بالا، پردازش‌های شناختی گروه مسدود-کم‌خطا برای ایجاد تلاش شناختی و چالش مناسب تمرین کافی نیست. همچنین نتایج نشان داد سه گروه تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و تصادفی در شرایط حافظهٔ کاری بالا در مقایسه با شرایط حافظهٔ کاری پایین، هم‌زمان با تکلیف ثانویهٔ شناختی عملکرد بهتری داشتند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد حافظهٔ کاری نقش بسیار مهمی در یادگیری مهارت‌های حرکتی و به‌ویژه دستیابی به سطوح بالای خودکاری اجرای تکالیف خواهد داشت.

واژگان کلیدی: تداخل زمینه‌ای، مدل یادگیری کم‌خطا، پردازش خطا، پرتاب دارت.

1. Email: hesam_ramezanzade@yahoo.com

مقدمه

براساس مطالعات مربوط به تمرین مسدود و تصادفی، شواهد پژوهشی پیشنهاد می‌کنند که تلاش شناختی یک مشخصهٔ کارکردی یادگیری است (۳-۱)، اما براساس شواهد پژوهشی دربارهٔ مطالعات یادگیری حرکتی پنهان و آشکار، به‌حداقل‌رساندن تلاش شناختی در طول یادگیری می‌تواند مفید باشد (۵، ۴). طبق دو نظریهٔ نیرومند بسط (شی و زیمنی[1] (۶)) و بازسازی (لی و مگیل[2] (۷)) که تبیین‌کنندهٔ اثر تداخل زمینه‌ای هستند، تلاش شناختی که به‌وسیلهٔ تمرین تصادفی فراخوانده می‌شود و در تمرین مسدود حذف می‌شود، به سود یادگیری است؛ باوجوداین، یادگیری حرکتی پنهان بر این فرض استوار است که یادگیری حرکتی می‌تواند بدون وابستگی به فرایندهای تلاشمند رخ دهد (۸، ۵). برای حل این تناقض برخی از پژوهشگران همچون رندل[3] و همکاران (۹) تبیین متفاوتی را دربارهٔ مکانیسم اثرگذاری تداخل زمینه‌ای ارائه کرده‌اند. براساس فرضیهٔ «یادگیری حرکتی پنهان»[4] که رندل و همکاران (۹) مطرح کرده‌اند، تمرین تصادفی ممکن است در مشخصات و ویژگی‌هایی با یادگیری پنهان دارای اشتراک باشد. سطوح بالای تلاش شناختی به‌علت تغییر تکلیف در تمرین تصادفی ممکن است از تمرکز آگاهانهٔ یادگیرنده بر حرکت‌های خود جلوگیری کند و این امر به سبک غیرفعال‌تر یادگیری (یادگیری پنهان) منجر خواهد شد. مطالعهٔ رندل و همکاران (۹) شامل شماری از اندازه-گیری‌ها برای ارزیابی سطح تلاش شناختی و پردازش‌های پنهان/آشکار بود که در طول تمرین مسدود و تصادفی دو مهارت حرکتی ضربه‌زدن و شوت هندبال روی می‌داد. نتایج نشان داد در مقایسه با تمرین مسدود، تمرین تصادفی به سطوح بالاتر فعالیت شناختی منجر می‌شود؛ باوجوداین، براساس نتایج پژوهش آن‌ها، تمرین تصادفی در ویژگی‌هایی همچون برتری در عملکرد همراه با تکلیف ثانویه و دسترسی کمتر به دانش کلامی تکلیف، با یادگیری پنهان مشترک است.

اگرچه فرضیه‌های مشهور بسط و بازسازی، تلاش شناختی را عامل مهم برتری تمرین تصادفی بر تمرین مسدود دانسته‌ان،د اما منبع این افزایش تلاش شناختی را «تغییر تکلیف» عنوان کرده‌اند. تلاش شناختی حاصل از پردازش‌های متمایزتر (در فرضیهٔ بسط) و بازسازی طرح عمل فراموش‌شده (در فرضیهٔ بازسازی)، هر دو از تغییر تکلیف حاصل می‌شوند؛ باوجوداین، برادبنت[5] و همکاران (۱۰) معتقدند که افزایش تلاش شناختی ناشی از تغییر تکلیف از طریق پردازش‌های بسط و بازسازی ساده نیست و «پردازش خطا» نقش مهمی را در این پدیده به‌وسیلهٔ افزایش بار حافظهٔ کاری در طول

1. Shea & Zimny
2. Lee & Magil
3. Rendell
4. Implicit Motor Learning
5. Broadbent

تمرین تصادفی ایفا می‌کند. آن‌ها فرضیهٔ «پردازش خطا»[1] را به‌منظور تبیین اثر تداخل زمینه‌ای مطرح کردند. مطابق با این فرضیه، نه‌تنها تغییر مکرر تکلیف در ترتیب تصادفی به افزایش تلاش شناختی و اثر تداخل زمینه‌ای منجر می‌شود، بلکه همراه با تغییر تکلیف، پردازش خطا نیز بیشتر می‌شود. با افزایش پردازش‌های خطا، میزان چالش تمرین افزایش می‌یابد و شرایط مطلوبی را برای یادگیری ایجاد می‌کند (۱۰). اینکه سهم کدام‌یک از این منابع (تغییر تکلیف یا پردازش خطا) در افزایش تلاش شناختی بیشتر است و کدام منبع نقش مهم‌تری در برتری تمرین تصادفی در مقایسه با تمرین مسدود ایفا می‌کند، هنوز به‌خوبی مشخص نشده است. در پژوهش حاضر با ارائهٔ یک طرح ترکیبی (تداخل–خطا) به‌عنوان هدف اول، به‌دنبال درک این موضوع هستیم که پردازش خطای کمتر یا بیشتر در برنامه‌های تمرینی مسدود و تصادفی، چه اثری بر عملکرد و یادگیری خواهد گذاشت. در این پژوهش ویژگی‌های برنامه‌های تمرینی مسدود و تصادفی (تداخل زمینه‌ای) و مدل یادگیری حرکتی کم‌خطا و پرخطا (یکی از مدل‌های یادگیری حرکتی پنهان) تلفیق شده است و سطوح بالا یا پایین خطا در تعامل با سطوح بالا یا پایین تغییر بین‌تکلیفی مطالعه شده است. در یادگیری کم‌خطا، محیط به‌منظور به‌حداقل‌رساندن تعداد خطاهای یادگیرنده تغییر داده می‌شود (شروع اجرا از فاصلهٔ نزدیک‌تر به هدف، شروع اجرا با اهداف کوچک‌تر و...)؛ بنابراین مقدار توجه اختصاص‌داده‌شده به پردازش آشکار قوانین و فرضیه‌های زیربنایی عملکرد به‌حداقل می‌رسد. نشان داده شده است که یادگیری کم‌خطا عملکرد را در آزمون یادداری ارتقا می‌دهد (۱۳-۱۱).

هدف دوم پژوهش حاضر، مطالعهٔ نقش ظرفیت حافظهٔ کاری در اثرگذاری روش‌های تمرینی مسدود و تصادفی و یادگیری حرکتی پنهان است. مشخص شده است که تلاش شناختی، کارکردی از سطوح نیازهای توجهی و متکی به منابع حافظهٔ کاری است و مهم است که مفهوم حافظهٔ کاری در هنگام مطالعهٔ تلاش شناختی حاصل از تغییر تکلیف و پردازش خطا، درنظر گرفته شود. اگر به مقدار وسیعی از اطلاعات برای اجرای یک تکلیف نیاز باشد، بار توجهی زیاد است و حافظهٔ کاری باید سخت کار کند تا اطلاعات را پردازش کند. در این وضعیت اجراکننده تلاش شناختی زیادی را تجربه خواهد کرد؛ بنابراین سطوح بالای تلاش شناختی یعنی درگیری بیشتری منابع حافظهٔ کاری. در چنین شرایطی ظرفیت بالا یا پایین حافظهٔ کاری چه نقشی در یادگیری به شیوهٔ پنهان یا به روش تصادفی ایفا می‌کند؟ اکنون شواهد معناداری وجود دارد که پیشنهاد می‌کنند ظرفیت حافظهٔ کاری برای تبحر و خبرگی در دامنهٔ گسترده‌ای از تکالیف، عامل مهمی است (۱۴). با وجود اهمیت عملکرد حافظهٔ کاری در پردازش اطلاعات و یادگیری مهارت‌ها، به‌ندرت نقش آن در هنگام مطالعهٔ اکتساب مهارت‌های حرکتی در روش‌های تمرینی مختلفی همچون تمرین مسدود و تصادفی یا تمرین کم‌خطا و پرخطا

1. Error Processing

مطالعه شده است (۱۵). اسچیوگوفر[1] و همکاران (۱۶) با هدف مطالعهٔ مکانیسم‌های اثرگذاری تداخل زمینه‌ای نشان دادند که حافظهٔ کاری بینایی-فضایی، یادداری بلندمدت را بعد از برنامهٔ تمرینی مسدود تعدیل می‌کند. در پژوهش آن‌ها افراد گروه مسدود با حافظهٔ کاری بینایی-فضایی ضعیف، فراموشی اندکی را طی ۲۴ ساعت فاصلهٔ یادداری نشان دادند. پژوهش اسچیوگوفر و همکاران (۱۶) نشان داد حافظهٔ کاری ضعیف در تمرین مسدود، به‌نفع یادداری بلندمدت و به نفع یادگیری است. این نتیجه هم‌راستا با پژوهش‌های انجام‌شده در حیطهٔ یادگیری پنهان است. درمقابل بوزارد[2] و همکاران (۱۵) نشان دادند زمانی که حافظهٔ کاری افراد در حین یادگیری یک مهارت توسط دستورالعمل‌های کلامی اشغال شود، افراد با حافظهٔ کاری قوی در مقایسه با افراد با حافظهٔ کاری ضعیف، عملکرد بهتری در آزمون یادداری خواهند داشت. ادبیات پژوهشی در این زمینه ناقص و دارای نتایج متناقض است.

هدف سوم پژوهش حاضر، مطالعهٔ اثر مدل ترکیبی تداخل-خطا بر سطح خودکاری افراد بود. دستیابی به سطح خودکاری در یادگیری مهارت‌های حرکتی اهمیت بسیاری دارد؛ چراکه مهارت‌های حرکتی خودکار زمانی که منابع شناختی اجراکننده در خطر می‌افتد (برای مثال، به‌خاطر خستگی، فشار روان‌شناختی یا اجرای هم‌زمان تکالیف) به‌سادگی دچار اختلال نمی‌شوند. پژوهشگران ارزیابی عملکرد تکلیف دوگانه را معمولاً با بررسی درجهٔ خودکاری حرکت یا درجهٔ کنترل هوشیار مورد نیاز برای اجرای مهارت به‌کار می‌برند (۱۸، ۱۷، ۴). در ادبیات پژوهش دربارهٔ برتری یادگیری پنهان بر یادگیری آشکار در ایجاد خودکاری بیشتر، اتفاق‌نظر وجود دارد؛ اگرچه در بسیاری از پژوهش‌ها هیچ تفاوتی بین این دو روش مشاهده نشده است و در برخی از موارد، یادگیری آشکار سطح خودکاری بیشتری را به‌همراه داشته است. چائول[3] و همکاران (۱۸)، لام[4] و همکاران (۱۹) و سانلی و لی[5] (۲۰) نشان دادند که بین دو گروه تمرین کم‌خطا (یادگیری پنهان) و تمرین پرخطا (یادگیری آشکار) در هر دو شرایط تکلیف منفرد و تکلیف دوگانه تفاوت معنادار وجود ندارد. همچنین در پژوهش آن‌ها عملکرد افراد هر دو گروه در تکلیف ثانویهٔ شناختی مشابه بود. در پژوهش چائول و همکاران (۱۸) دانش اخباری گروه پرخطا به‌طور معناداری از گروه کم‌خطا بیشتر بود، اما در پژوهش لام و همکاران (۱۹) این تفاوت مشاهده نشد. درمقابل مکسول[6] و همکاران (۱۲)، مسترز[7] و همکاران (۲۱) و پولتون[8] و

1. Schweighofer
2. Buszard
3. Chauvel
4. Lam
5. Sanli & Lee
6. Maxwell
7. Masters
8. Poolton

همکاران (۲۲) نشان دادند که گروه کم‌خطا در شرایط تکلیف منفرد مشابه با گروه پرخطا عمل کرد، اما در شرایط تکلیف دوگانه عملکرد بهتری از گروه پرخطا داشت. تسی[1] و همکاران (۲۳) نیز نشان دادند که گروه یادگیری قیاسی (یکی از مدل‌های یادگیری پنهان) در مقایسه با گروه یادگیری آشکار در هر دو شرایط تکلیف منفرد و دوگانه عملکرد بهتری داشتند. کال[2] و همکاران (۲۴) در یک مقالهٔ مروری نظام‌مند بیان کردند بیشتر مطالعات تفاوت‌های گروهی را در خودکاری نشان ندادند، اما درمجموع درجهٔ بیشتر خودکاری حرکت بعد از یادگیری پنهان در مقایسه با یادگیری آشکار مشاهده شده است.

اگر مطابق با فرضیهٔ یادگیری پنهان رندل و همکاران (۹) بپذیریم که تمرین تصادفی به شرایط پنهان یادگیری منجر خواهد شد، با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده در پاراگراف قبلی، این احتمال وجود دارد که تمرین تصادفی به‌دلیل ایجاد شرایط پنهان یادگیری، در مقایسه با تمرین مسدود به سطح بالاتری از خودکاری منجر شود. رندل و همکاران (۹) برتری تمرین تصادفی را در اجرا همراه با تکلیف ثانویه و دسترسی کمتر به دانش کلامی تکلیف در مقایسه با تمرین مسدود نشان دادند، اما آن‌ها در پژوهش خود منبع دوم ایجادکنندهٔ تلاش شناختی یعنی پردازش خطا را درنظر نگرفتند. این احتمال وجود دارد که در گروه تمرین مسدود-پرخطا با وجود تغییر بین‌تکلیفی کم، پردازش خطای بیشتر، تلاش شناختی مناسبی را برایی اشغال حافظهٔ کاری و ایجاد شرایط پنهان یادگیری به‌وجود آورد و درنهایت سطح خودکاری مهارت را افزایش دهد.

در پژوهش حاضر طرح ترکیبی تداخل-خطا با درنظرگرفتن هر دو منبع مهم تلاش شناختی (تغییر بین‌تکلیفی و پردازش خطا) به‌دنبال یافتن پاسخ برای این سؤال‌هاست: ۱- تغییر در مقدار پردازش خطا چه تأثیری بر اثر تداخل زمینه‌ای خواهد داشت؟ ۲- آیا افراد با ظرفیت حافظهٔ کاری متفاوت، نتایج متفاوتی را در شرایط تمرین مسدود و تصادفی کسب خواهند کرد؟ ۳- کدام‌یک از روش‌های مسدود و تصادفی در شرایط کم‌خطا و پرخطا سطح خودکاری بیشتری را در اجرای مهارت به‌همراه خواهند داشت؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون است و از نظر سطح کاربرد، کاربردی است. ارائهٔ برنامه‌های تمرینی مسدود و تصادفی در ترکیب با برنامه‌های تمرینی کم‌خطا و پرخطا، پنج برنامهٔ تمرینی متفاوت را ایجاد کرده است که عبارت‌اند از: تمرین تصادفی (اجرای تصادفی از فواصل

1. Tse
2. Kal

مختلف)، تمرین تصادفی-کم‌خطا (ابتدا اجرای تصادفی فواصل نزدیک به هدف و سپس اجرای تصادفی فواصل دور از هدف)، تمرین تصادفی-پرخطا (ابتدا اجرای تصادفی فواصل دور از هدف و سپس اجرای تصادفی فواصل نزدیک به هدف)، تمرین مسدود–کم‌خطا (اجرای تمام کوشش‌های نزدیک‌ترین فاصله و سپس اجرای کوشش‌های فواصل بعدی تا دورترین فاصله)، تمرین مسدود-پرخطا (اجرای تمام کوشش‌های دورترین فاصله و سپس اجرای کوشش‌های فواصل بعدی تا نزدیک‌ترین فاصله).

شرکت‌کنندگان

تعداد ۱۰۰ دانشجوی مقطع کارشناسی (با دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۲۲ سال) به روش دردسترس و براساس شاخص‌های ورود انتخاب شدند. همهٔ آزمودنی‌ها راست‌دست بودند (براساس پرسشنامهٔ دست‌برتری ادینبورگ[1] (۲۵))، دید طبیعی یا اصلاح‌شده با عینک داشتند، سالم بودند (براساس پرسشنامهٔ سلامت عمومی گلدبرگ[2] و همکاران (۲۶)) و هیچ سابقه‌ای در پرتاب دارت نداشتند. در ابتدای کار، آزمودنی‌ها براساس آزمون حافظهٔ کاری ان بک[3] به دو گروه حافظهٔ کاری بالا و پایین تقسیم شدند (هر گروه ۵۰ نفر). ان بک یک تکلیف شناختی است که برای اولین بار کرچنر[4] در سال ۱۹۵۸ آن را به‌عنوان آزمونی برای ارزیابی حافظهٔ دیداری-فضایی معرفی کرد. در آزمون ان بک، زنجیره‌ای از محرک‌های دیداری یا شنیداری به‌صورت متوالی ارائه می‌شود و آزمودنی می‌باید بررسی کند که آیا محرک ارائه‌شدهٔ فعلی با محرک n گام قبل از آن همخوانی دارد یا خیر. در این تکلیف با افزایش پیدا کردن مقدار n بر دشواری تکلیف افزوده می‌شود. در این پژوهش از آزمون ۲ بک (سطح متوسط آزمون) به‌منظور ارزیابی حافظهٔ کاری افراد استفاده شد. تمامی آزمودنی‌ها سه بار به‌صورت آزمایشی و سه بار به‌صورت واقعی آزمون را اجرا کردند. درصد پاسخ‌های صحیح برای مقایسهٔ عملکرد افراد استفاده شد؛ بدین‌صورت‌که افراد براساس درصد پاسخ‌های صحیح از بیشترین تا کمترین مقدار رتبه‌بندی شدند. سپس از نقطهٔ برش ۵۰ درصدی به‌منظور تقسیم افراد به دو گروه حافظهٔ کاری بالا (حافظهٔ کاری قوی) و حافظهٔ کاری پایین (حافظهٔ کاری ضعیف) استفاده شد.

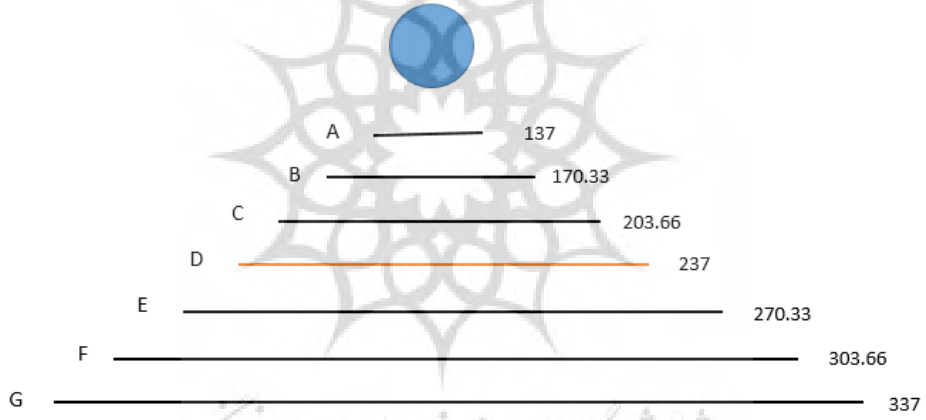
افراد در هرکدام از گروه‌های حافظهٔ کاری قوی و ضعیف به‌طور تصادفی به پنج گروه ده‌نفری شامل گروه‌های تمرین مسدود-کم‌خطا، تمرین مسدود-پرخطا، تمرین تصادفی-کم‌خطا، تمرین تصادفی-پرخطا و تمرین تصادفی تقسیم شدند.

1. Edinburgh
2. Goldberg
3. N Back
4. Kerchner

روش اجرای پژوهش

افراد به‌سمت یک سیبل با دوایر متحدالمرکز به قطر ۴۵ سانتی‌متر که در فاصله ۱۷۳ سانتی‌متری از سطح زمین نصب شده بود، دارت پرتاب می‌کردند. از خطای دوبعدی به‌منظور محاسبهٔ خطای اجرای افراد استفاده شد؛ بدین‌صورت‌که تختهٔ دارت به چهار کوارتر تقسیم شد و برای هرکدام از اجراهای فرد یک نقطه روی تخته با دو مؤلفهٔ x و y درنظر گرفته شد. سپس از ریشهٔ میانگین مجذور خطا برای محاسبهٔ خطای اجرا استفاده شد: $RMSE=\sqrt{(\sum X^2+\sum Y^2)}$.

شکل شمارهٔ یک فواصل مختلف اجرای پرتاب دارت را تا هدف نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، هفت فاصلهٔ مختلف تا هدف درنظر گرفته شده است که یکی از این فاصله‌ها فاصلهٔ استاندارد پرتاب دارت است. کمترین فاصله ۱۳۷ سانتی‌متر تا هدف فاصله دارد. فواصل بعدی با اضافه‌کردن مقدار ۳۳/۳۳ به فاصلهٔ قبلی ایجاد می‌شود. دورترین فاصله تا هدف ۳۳۷ سانتی‌متر است.



شکل ۱- فواصل مختلف هدف برای اجرای پرتاب دارت

Figure 1- Different Distances from the Target for Throwing the Dart

پس از اجرای الگوی صحیح و ارائهٔ توضیحات تکمیلی، افراد هر گروه در پیش‌آزمون (۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D) و سه جلسهٔ تمرینی ۷۰ کوششی (در سه روز متوالی) شرکت کردند (درمجموع ۲۱۰ کوشش). در ابتدای هر جلسهٔ تمرینی الگوی صحیح و توضیحات مربوط به آن به افراد ارائه شد و در انتهای هر جلسه از آن‌ها آزمون اکتساب (۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D) گرفته شد. چهل‌وهشت ساعت بعد همهٔ گروه‌ها در آزمون یادداری (۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D) شرکت کردند. جدول شمارهٔ یک برنامهٔ تمرینی گروه‌های مختلف تمرینی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- برنامهٔ تمرین و آزمون گروه‌ها

Table 1- Practice and Testing Program of Groups

گروه‌های آزمایشی **Experimental Groups**	پیش‌آزمون **Pre-test**	جلسهٔ اکتساب (سه جلسه در سه روز متوالی) **Acquisition Session (three session in consecutive days)**	آزمون اکتساب (انتهای هر جلسه) **Acquisition Test (after each practice session)**	آزمون یادداری (۴۸ ساعت بعد) **Retention Test (48 hours later)**
مسدود-کم‌خطا block-errorless	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	**A**:10 Try, **B**:10Try, **C**:10Try, **D**:10Try, **E**:10Try, **F**:10Try, **G**:10Try	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D
مسدود-پرخطا Block-errorful	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	**G**:10Try, **F**:10Try, **E**:10Try, **D**:10Try, **C**:10Try, **B**:10Try, **A**:10Try	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D
تصادفی random	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	A, C, B, E, D, F, G, B, D, F, E, B, a, G, C, D, E, F, A, G, D, E, D, B, G, B, A, G, F, G, F, D, B, C, G, D, A, E, A, G, F, B, C, D, C, G, E, D, B, F, C, A, D, C, A, C, F, G, E, A, C, B, E, C, A, F, E, F, E, B	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D

ادامهٔ جدول ۱- برنامهٔ تمرین و آزمون گروه‌ها

Table 1- Practice and Testing Program of Groups

گروه‌های آزمایشی Experimental Groups	پیش‌آزمون Pre-test	جلسهٔ اکتساب (سه جلسه در سه روز متوالی) Acquisition Session (three session in consecutive days)	آزمون اکتساب (انتهای هر جلسه) Acquisition Test (after each practice session)	آزمون یادداری (۴۸ ساعت بعد) Retention Test (48 hours later)
تصادفی-کم‌خطا Ranom-errorless	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	(A, B, C), (A, C, B), (B, A, C), (B, C, A), (C, A, B), (C, B, A), (A, C, B), (B, C, A) (C, D, E), (C, E, D), (E, C, D), (E, D, C) (D, C, E), (D, E, C), (C, D, E), (E, D, C) (E, F, G), (E, G, F), (F, E, G), (F, G, E) (G, E, F), (G, F, E), (E, F, G), (F, G, E)	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D
تصادفی-پرخطا Random-errorful	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	(E, F, G), (E, G, F), (F, E, G), (F, G, E) (G, E, F), (G, F, E), (E, F, G), (F, G, E) (C, D, E), (C, E, D), (E, C, D), (E, D, C) (D, C, E), (D, E, C), (C, D, E), (E, D, C) (A, B, C), (A, C, B), (B, A, C), (B, C, A), (C, A, B), (C, B, A), (A, C, B), (B, C, A)	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D	۱۰ پرتاب از فاصلهٔ D 10 throws in distance D

سنجش خودکاری

به‌منظور سنجش سطح خودکاری افراد از تکلیف ثانویهٔ انتقال استفاده شد. روش کار بدین‌صورت بود که هم‌زمان با اجرای تکلیف اصلی (پرتاب دارت) از افراد خواسته شد تا تکلیف ثانویهٔ شناختی هم‌زمان را نیز اجرا کنند. تکلیف ثانویه شمارش تعداد صدای بوق‌هایی بود که توسط یک اسپیکر در فضای

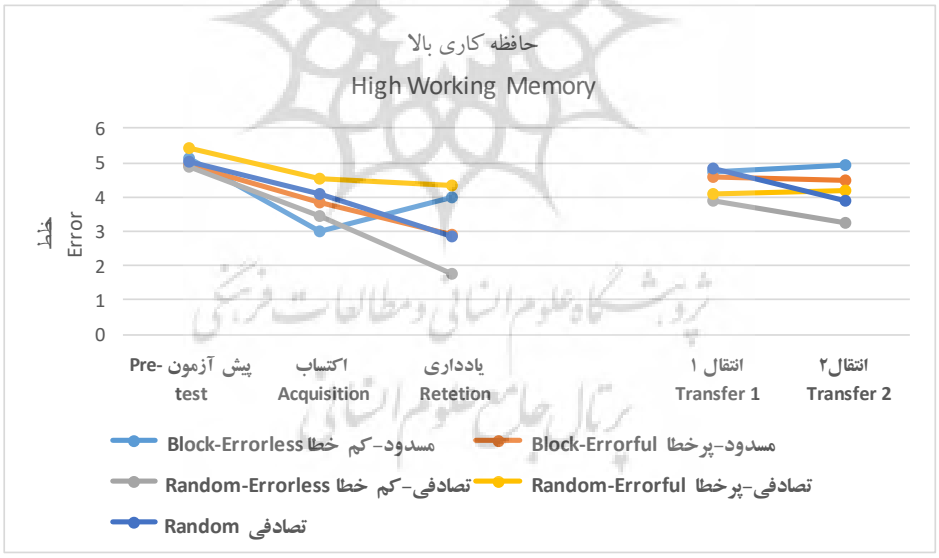
سالن پخش می‌شد. از افراد خواسته شد در انتهای کوشش‌های آزمون اکتساب یا یادداری، تعداد صداهای پخش‌شده را به آزمونگر گزارش دهند. به آزمودنی‌ها تأکید شد اولویت توجه خود را به تکلیف اصلی معطوف کنند. همچنین بر تکلیف ثانویه و اهمیت اجرای صحیح و دقیق آن نیز تأکید شد.

روش ارزیابی و تحلیل داده‌ها

به‌منظور مقایسهٔ گروه‌های آزمایشی در مراحل اکتساب و یادداری و در هرکدام از شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، از آزمون تحلیل واریانس عاملی (گروه * آزمون) استفاده شد. از آزمون‌های تعقیبی تحلیل واریانس یک‌سویه برای مقایسهٔ گروه‌های آزمایشی در هرکدام از مراحل آزمون (پیش‌آزمون، اکتساب و یادداری) استفاده شد. همچنین برای مقایسهٔ دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین در هرکدام از گروه‌های آزمایشی از آزمون‌های تی مستقل با تعدیل سطح آلفا استفاده شد.

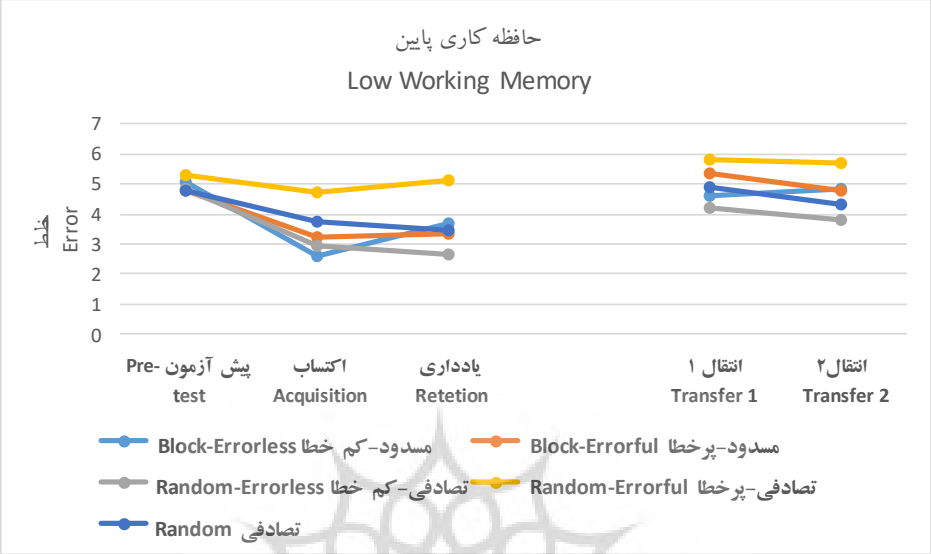
نتایج

شکل‌های شمارهٔ یک و شمارهٔ دو میانگین عملکرد افراد را (خطای اجرا) در هر پنج گروه و به‌ترتیب در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین نشان می‌دهد.



شکل ۲- اجرای گروه‌های پژوهش در مراحل تمرین و آزمون با و بدون وجود تکلیف ثانویه در شرایط حافظهٔ کاری بالا (انتقال ۱: با تکلیف ثانویه بعد از اکتساب، انتقال ۲: اجرا با تکلیف ثانویه بعد از یادداری)

Figure 2- The Performance of the Groups in the Practice and Test Phases with and without Secondary Task in High Work Memory Condition (Transfer 1: with Secondary Task after Acquisition, Transfer 2: with Secondary Task after Retention)



شکل ۳- اجرای گروه‌های پژوهش در مراحل تمرین و آزمون با و بدون وجود تکلیف ثانویه در شرایط حافظهٔ کاری پایین (انتقال ۱: با تکلیف ثانویه بعد از اکتساب، انتقال ۲: اجرا با تکلیف ثانویه بعد از یادداری)

Figure 3- The performance of the Groups in the Practice and Test Phases with and without Secondary Task in Low Work Memory Condition (Transfer 1: with Secondary Task after Acquisition, Transfer 2: with Secondary Task after Retention)

همان‌طورکه در شکل شمارهٔ دو مشاهده می‌شود، در شرایط حافظهٔ کاری بالا در مرحلهٔ اکتساب، گروه‌های تصادفی و تصادفی-پرخطا، بدترین عملکرد و گروه‌های مسدود-کم‌خطا و تصادفی-کم‌خطا بهترین عملکرد را از خود نشان دادند، اما در مرحلهٔ یادداری به‌ترتیب گروه‌های تصادفی کم‌خطا، تصادفی و مسدود-پرخطا عملکرد بهتری داشتند. گروه تصادفی-پرخطا در هر دو مرحلهٔ اکتساب و یادداری بدترین عملکرد را از خود نشان داد. با اضافه‌شدن تکلیف ثانویهٔ هم‌زمان با اجرای تکلیف اصلی، گروه تصادفی-کم‌خطا همچنان عملکرد بهتری چه در آزمون اکتساب و چه در آزمون یادداری داشت. همچنین گروه‌های تصادفی و تصادفی-پرخطا در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. گروه‌های مسدود-کم‌خطا و مسدود-پرخطا بدترین عملکرد را در شرایط تکلیف ثانویه داشتند.

مطابق با شکل شمارهٔ سه در شرایط حافظهٔ کاری پایین، در آزمون یادداری، بعد از گروه تصادفی-کم‌خطا که بهترین عملکرد را از خود نشان داد، گروه‌های مسدود-پرخطا، تصادفی و مسدود-کم‌خطا با عملکردی مشابه در جایگاه بعدی قرار داشتند. گروه تصادفی-پرخطا بدترین عملکرد را از خود نشان داد. در شرایط تکلیف ثانویه، در آزمون یادداری، مشابه با شرایط حافظهٔ کاری بالا گروه‌های تصادفی-

کم‌خطا و تصادفی به‌ترتیب بهترین عملکرد را داشتند. گروه‌های مسدود-کم‌خطا و مسدود-پرخطا عملکرد مشابهی داشتند. گروه تصادفی-پرخطا بدترین عملکرد را داشت.

به‌منظور مقایسهٔ گروه‌های پژوهش در مراحل آزمون (پیش‌آزمون، اکتساب و یادداری) در هرکدام از شرایط حافظهٔ کاری بالا و حافظهٔ کاری پایین از دو آزمون تحلیل واریانس عاملی (گروه x آزمون) استفاده شد. قبل از اجرای آزمون‌ها، پیش‌فرض‌های آن شامل پیش‌فرض طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها (آزمون شاپیرو-ویلک)، پیش‌فرض تجانس واریانس بین گروه‌ها (آزمون لون) و پیش‌فرض تجانس واریانس-کواریانس (آزمون کرویت موچلی) بررسی شد. در جدول‌های شمارهٔ دو و شمارهٔ سه خروجی آزمون‌های تحلیل واریانس عاملی به‌ترتیب برای شرایط حافظهٔ کاری بالا و حافظهٔ کاری پایین نشان داده شده است.

جدول ۲- خروجی آزمون تحلیل واریانس عاملی (حافظهٔ کاری بالا)

Table 2- Factor Analysis of Variance Test Output (High Working Memory)

منبع Resource	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	F	معناداری Sig.	مجذور اتا Partial Eta Squared
آزمون Test	95.361	2	47.681	106.262	0.001	0.703
آزمون * گروه Test * Group	27.382	8	3.423	7.628	0.001	0.404
خطا Error	40.383	90	0.449			
گروه Group	29.310	4	7.328	10.121	0.001	0.474

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳- خروجی آزمون تحلیل واریانس عاملی (حافظهٔ کاری پایین)

Table 3- Factor Analysis of Variance Test Output (Low Working Memory)

منبع Resource	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	F	معناداری Sig.	مجذور اتا Partial Eta Squared
آزمون Test	66.590	1.639	40.625	110.150	0.001	0.701
آزمون * گروه Test * Group	18.799	6.557	2.867	7.775	0.001	0.409
خطا Error	27.202	73.762	0.369			
گروه Group	44.437	4	11.109	18.208	0.001	0.618

براساس جدول شمارهٔ دو در شرایط حافظهٔ کاری بالا اثر اصلی آزمون ($F_{(2, 90)} = 106.263, P = 0.001$)، اثر اصلی گروه ($F_{(4, 45)} = 10.121, P = 0.001$) و اثر تعاملی ($F_{(8, 90)} = 7.628, P = 0.001$) معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد صرف‌نظر از گروه آزمایشی، تفاوت بین پیش‌آزمون و آزمون‌های اکتساب و یادداری معنادار است ($P < 0.05$). به‌دلیل معنادارشدن اثر تعاملی، از تحلیل واریانس یک‌سویه (برای مقایسهٔ گروه‌ها در هرکدام از مراحل آزمون) استفاده شد.

همچنین جدول شمارهٔ سه نشان می‌دهد که در شرایط حافظهٔ کاری پایین اثر اصلی آزمون ($F_{(1.639, 73.762)} = 110.150, P = 0.001$)، اثر اصلی گروه ($F_{(4, 45)} = 18.208, P = 0.001$) و اثر تعاملی ($F_{(6.557, 73.762)} = 7.775, P = 0.001$) معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد صرف‌نظر از گروه آزمایشی، تفاوت بین پیش‌آزمون و آزمون‌های اکتساب و یادداری معنادار است ($P < 0.05$). به‌دلیل معنادارشدن اثر تعاملی، تحلیل واریانس یک‌سویه (برای مقایسهٔ گروه‌ها در هرکدام از مراحل آزمون) استفاده شد. جدول شمارهٔ چهار نتایج آزمون‌های تعقیبی تحلیل واریانس یک‌سویه را برای مقایسهٔ گروه‌ها در هرکدام از مراحل اکتساب و یادداری و نیز در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین نشان می‌دهد.

جدول ۴- نتایج آزمون‌های تعقیبی تحلیل واریانس یک سویه برای مقایسهٔ گروه‌ها در هرکدام از مراحل آزمون در شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین

Table 4- One-Way Analysis of Variance Post hoc Tests to Compare Groups in Each of the Tests (Acquisition and Retention) in High and Low Working Memory Condition

منبع Resource	سطح حافظهٔ کاری Working Memory Level	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	F	معناداری Sig.
اکتساب Acquisition	حافظهٔ کاری بالا High Working Memory	13.539	4	3.385	4.692	0.003
یادداری Retention		41.312	4	10.328	22.722	0.001
اکتساب Acquisition	حافظهٔ کاری پایین Low Working Memory	28.630	4	7.157	15.149	0.001
یادداری Retention		32.920	4	8.230	22.872	0.001

جدول شمارهٔ چهار نشان می‌دهد که در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، تفاوت بین پنج گروه آزمایشی در هر دو مرحلهٔ اکتساب و یادداری معنادار است. به‌منظور تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد در شرایط حافظهٔ کاری بالا، در آزمون اکتساب بین گروه مسدود-کم‌خطا و گروه‌های تصادفی و تصادفی-پرخطا تفاوت معناداری به‌نفع گروه مسدود-کم‌خطا وجود دارد. گروه تصادفی-کم‌خطا عملکرد مشابهی با سایر گروه‌ها داشت؛ باوجوداین، در آزمون یادداری عملکرد گروه تصادفی-کم‌خطا به‌طور معناداری بهتر از سایر گروه‌ها بود. گروه‌های تصادفی و مسدود-پرخطا که عملکرد مشابهی داشتند، به‌طور معناداری بهتر از گروه‌های مسدود-کم‌خطا و تصادفی-پرخطا عمل کردند.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای شرایط حافظهٔ کاری پایین نشان داد در آزمون اکتساب بین گروه‌های مسدود-کم‌خطا و تصادفی تفاوت معنادار وجود دارد. همچنین نتایج این آزمون نشان داد در هر دو آزمون اکتساب و یادداری، عملکرد هر چهار گروه مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا و تصادفی به‌طور معناداری بهتر از گروه تصادفی-پرخطا بود. علاوه‌براین، در آزمون یادداری عملکرد گروه تصادفی-کم‌خطا به‌طور معناداری بهتر از سایر گروه‌ها بود.

به‌منظور مقایسهٔ عملکرد هم‌زمان با تکلیف ثانویهٔ شناختی در گروه‌های آزمایشی در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین از آزمون تحلیل واریانس یک‌سویه استفاده شد. جدول شمارهٔ پنج خروجی آزمون

تحلیل واریانس یک‌سویه را برای دو مرحلهٔ آزمون (اکتساب و یادداری) و دو شرایط (حافظهٔ کاری بالا و پایین) نشان می‌دهد.

جدول ۵- آزمون‌های تعقیبی تحلیل واریانس یک‌سویه برای مقایسهٔ گروه‌ها در هرکدام از مراحل آزمون (اکتساب و یادداری) در شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین (اجرای هم‌زمان با تکلیف ثانویه)

Table 5- Table 4- One-Way Analysis of Variance Post Hoc Tests to Compare Groups in Each of the Tests (Acquisition and Retention) in High and Low Working Memory Condition (with Secondary Task)

منبع Resource	سطح حافظهٔ کاری Working Memory Level	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	F	معناداری Sig.
اکتساب Acquisition	حافظهٔ کاری بالا High Working Memory	6.5	4	1.625	4.645	0.003
یادداری Retention		16.101	4	4.025	16.688	0.001
اکتساب Acquisition	حافظهٔ کاری پایین Low Working Memory	۱۵/۸۳۳	۴	3.958	6.782	0.001
یادداری Retention		۱۸/۶۴۴	۴	4.661	11.697	0.001

جدول شمارهٔ پنج نشان می‌دهد که در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین تفاوت بین پنج گروه آزمایشی در هر دو مرحلهٔ اکتساب و یادداری در عملکرد با تکلیف ثانویه معنادار است. برای تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

در شرایط حافظهٔ کاری بالا در آزمون اکتساب، عملکرد گروه تصادفی-کم‌خطا به‌طور معناداری بهتر از گروه‌های مسدود-کم‌خطا و تصادفی بود. در آزمون یادداری، عملکرد گروه تصادفی-کم‌خطا به‌طور معناداری بهتر از سایر گروه‌ها بود. همچنین نتایج نشان داد عملکرد گروه‌های تصادفی و تصادفی-پرخطا به‌طور معناداری بهتر از گروه مسدود-کم‌خطا بود.

در شرایط حافظهٔ کاری پایین در آزمون یادداری، گروه تصادفی-کم‌خطا عملکرد بهتر معناداری در مقایسه با گروه‌های مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا و تصادفی-پرخطا داشت. همچنین عملکرد تمام گروه‌ها بهتر از گروه تصادفی-پرخطا بود.

درنهایت برای مقایسهٔ عملکرد گروه‌های آزمایشی در مراحل پیش‌آزمون، آزمون یادداری و آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویهٔ شناختی از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. جدول شمارهٔ شش نتایج این آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۶- آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسهٔ پیش‌آزمون، یادداری و یادداری با تکلیف ثانویه در هرکدام از گروه‌ها (در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین)

Table 6- Repeated Measure ANOVA to Compare Pre-Test Retention and Retention with Secondary Task in Each Group (High and Low Working Memory)

منبع Resource	سطح حافظهٔ کاری Working Memory Level	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مجذورات Mean Square	F	معناداری Sig.	مجذور اتا Partial Eta Squared
مسدود-کم‌خطا Block-Errorless	حافظهٔ کاری بالا High Working Memory	7.467	2	3.734	20.988	0.001	0.7
مسدود-پرخطا Block-Errorful		22.645	2	11.322	61.527	0.001	0.872
تصادفی-کم‌خطا Random-Errorless		48.296	1.06	45.474	75.94	0.001	0.894
تصادفی-پرخطا Random-Errorful		8.947	2	4.474	7.387	0.005	0.451
تصادفی Random		24.336	1.29	18.86	30.546	0.001	0.772
مسدود-کم‌خطا Block-Errorless	حافظهٔ کاری پایین Low Working Memory	9.769	2	4.885	13.902	0.001	0.607
مسدود-پرخطا Block-Errorful		14.291	2	7.145	17.763	0.001	0.664
تصادفی-کم‌خطا Random-Errorless		23.02	1.28	17.956	21.902	0.001	0.709
تصادفی-پرخطا Random-Errorful		1.643	2	0.822	3.998	0.037	0.308
تصادفی Random		9.587	2	4.794	28.823	0.001	0.762

همان‌طورکه جدول شمارهٔ شش نشان می‌دهد، در شرایط حافظهٔ کاری بالا، اثر آزمون در تمام گروه-های پژوهش معنادار است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان می‌دهد که در گروه‌های مسدود کم-خطا و مسدود-پرخطا، تفاوت بین آزمون یادداری و آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه، معنادار و به‌نفع آزمون یادداری است. همچنین تفاوت بین آزمون یادداری با تکلیف ثانویه و پیش‌آزمون معنادار نیست. در گروه‌های تصادفی و تصادفی-کم‌خطا، بین پیش‌آزمون و هر دو آزمون یادداری و یادداری در شرایط تکلیف ثانویه تفاوت معناداری مشاهده شد. علاوه‌براین، عملکرد افراد در گروه تصادفی-کم‌خطا در آزمون یادداری به‌طور معناداری بهتر از آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه بود. در گروه تصادفی-پرخطا تفاوت بین پیش‌آزمون و آزمون‌های یادداری و یادداری در شرایط تکلیف ثانویه معنادار بود؛ بااین‌حال بین آزمون یادداری و آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه تفاوت معناداری مشاهده نشد.

همچنین جدول شمارهٔ شش نشان می‌دهد که در شرایط حافظهٔ کاری پایین، اثر آزمون در تمام گروه‌های پژوهش شامل گروه‌های مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و تصادفی معنادار است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد در گروه‌های مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا و تصادفی بین پیش‌آزمون و آزمون یادداری (و نه آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه) تفاوت معنادار وجود دارد. همچنین بین آزمون یادداری و آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه تفاوت معناداری به‌نفع آزمون یادداری مشاهده شد. در گروه تصادفی-پرخطا تفاوت بین پیش‌آزمون، آزمون یادداری و آزمون یادداری در شرایط تکلیف ثانویه معنادار نبود.

درنهایت برای مقایسهٔ عملکرد گروه‌های آزمایش در شرایط حافظهٔ کاری بالا و حافظهٔ کاری پایین از آزمون‌های تی مستقل با تعدیل سطح آلفا استفاده شد. نتایج نشان داد در گروه‌های مسدود-کم‌خطا و مسدود-پرخطا در هیچ‌کدام از مراحل آزمون (اکتساب، یادداری، اکتساب با تکلیف ثانویه و یادداری با تکلیف ثانویه) بین دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین تفاوت معنادار وجود ندارد. در گروه تصادفی-کم‌خطا در آزمون‌های یادداری و یادداری با تکلیف ثانویه بین دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، تفاوت معناداری به‌نفع حافظهٔ کاری بالا وجود داشت. در گروه تصادفی-پرخطا در هر سه مرحلهٔ اکتساب با تکلیف ثانویه، یادداری و یادداری با تکلیف ثانویه بین شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، تفاوت معناداری به‌نفع حافظهٔ کاری بالا مشاهده شد. در گروه تصادفی نیز در آزمون یادداری و یادداری با تکلیف ثانویه بین شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین تفاوت معناداری به‌نفع شرایط حافظهٔ کاری بالا مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسهٔ عملکرد و خودکاری پنج گروه تمرینی شامل مسدود-کم‌خطا، مسدود-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و تصادفی در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین انجام شد. نتایج نشان داد در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، در آزمون اکتساب عملکرد گروه مسدود-کم‌خطا بهتر از گروه‌های تصادفی و تصادفی-پرخطا بود؛ اگرچه بین گروه مسدود-کم‌خطا و گروه‌های مسدود-پرخطا و تصادفی-کم‌خطا تفاوتی مشاهده نشد. برتری عملکرد گروه مسدود در مقایسه با گروه تصادفی در مرحلهٔ اکتساب، در پژوهش‌های بسیاری نشان داده شده است (۲۹-۲۷). مگیل و هال[1] (۲۷) با مرور پژوهش‌های انجام‌شده دربارهٔ اثر تداخل زمینه‌ای بر اکتساب و یادداری مهارت‌های حرکتی، عملکرد بهتر گروه‌های مسدود را در مرحلهٔ اکتساب و عملکرد بهتر گروه‌های تصادفی را در آزمون یادداری نشان دادند. آن‌ها این نتایج را براساس فرضیه‌های مشهور بسط (شی و زیمنی (۶)) و بازسازی (لی و مگیل (۷)) تبیین کردند. در پژوهش حاضر نیز گروه‌های مسدود (مسدود-کم‌خطا) و تصادفی اثر تداخل زمینه‌ای را نشان داده‌اند. مطابق با این اثر، عملکرد افراد در گروه تصادفی در مقایسه با تمرین مسدود در مرحلهٔ اکتساب ضعیف‌تر و در مرحلهٔ یادداری بهتر بود (۳۱-۲۹). در پژوهش حاضر در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، عملکرد گروه تصادفی در آزمون اکتساب ضعیف‌تر از گروه مسدود (مسدود-کم‌خطا) بود، اما در آزمون یادداری (در شرایط حافظهٔ کاری بالا)، گروه تصادفی عملکرد بهتری در مقایسه با تمرین مسدود داشت. نتایج پژوهش حاضر در این باره با مطالعهٔ گود و مگیل (۳۰) هم‌راستاست. مطالعهٔ آن‌ها روی یک تکلیف میدانی (سرویس‌های کوتاه، بلند و درایو بدمینتون) انجام شد و نتایج نشان داد برخلاف مراحل اکتساب، تمرین تصادفی به عملکرد بهتر در آزمون یادداری و آزمون انتقال منجر شد.

بااین‌حال نتایج گروه‌های تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و مسدود-پرخطا در پژوهش حاضر با اثر تداخل زمینه‌ای هم‌راستا نیست. پس از مقایسهٔ عملکرد گروه‌ها در آزمون‌های اکتساب و یادداری، نتایج غیرمعمول و جالب توجهی مشاهده شد. در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، گروه تصادفی-کم‌خطا (که عملکرد خوبی در مرحلهٔ اکتساب داشت) در آزمون یادداری نیز بهترین عملکرد را از خود نشان داد. عملکرد مشابه گروه تصادفی-کم‌خطا با گروه‌های مسدود (مسدود-کم‌خطا و مسدود-پرخطا) در مرحلهٔ اکتساب و عملکرد برتر این گروه در آزمون یادداری در مقایسه با سایر گروه‌های تمرینی (ازجمله گروه تمرین تصادفی)، در تقابل با اثر معمول تداخل زمینه‌ای است (۳۳، ۳۲، ۲۸، ۲۷). رایت[2] و همکاران (۳۴) در مرور یافته‌های پژوهش‌هایی با رویکرد رفتاری و عصب-

1. Magill and Hall
2. Wright

شناختی دربارهٔ اثر تداخل زمینه‌ای، نشان دادند که نتایج پژوهش‌های عصب‌شناختی هم‌راستا با پژوهش‌های رفتاری و در تأیید اثر تداخل زمینه‌ای است؛ باوجوداین، در این پژوهش ترکیب تمرین به شیوهٔ تصادفی با روش تمرینی کم‌خطا شرایطی را ایجاد کرده است تا افراد گروه تصادفی-کم‌خطا در هر دو مرحلهٔ اکتساب و یادداری عملکرد خوبی داشته باشند. این نتیجه از طریق نظریه‌های مشهور بسط (شی و زیمنی (۶)) و بازسازی (لی و مگیل (۷)) تبیین‌شدنی نیست. این دو نظریه تنها تغییر بین‌تکلیفی را منبع مهم تلاش شناختی درنظر گرفته‌اند. اگر تغییر بین‌تکلیفی تنها منبع تلاش شناختی باشد، عملکرد گروه‌های تصادفی-پرخطا، تصادفی-کم‌خطا تصادفی می‌می‌باید مشابه باشد؛ چراکه در هر سه گروه تغییر بین‌تکلیفی ناشی از تمرین تصادفی وجود دارد؛ درحالی‌که نتایج چنین چیزی را نشان نمی‌دهد. از طرفی براساس نظریهٔ پردازش خطا (۱۰)، تمرین تصادفی علاوه‌بر ایجاد تغییرات بین‌تکلیفی بیشتر، به‌دلیل ایجاد خطای بیشتر در طول یادگیری، پردازش خطای بیشتری را نیز ایجاد خواهد کرد. اینکه این دو منبع ایجادکنندهٔ تلاش شناختی (تغییر بین‌تکلیفی و پردازش خطا) به نفع یادگیری است یا به ضرر آن، به سطح تلاش شناختی مطلوب مورد نیاز شرایط تمرین بستگی دارد. در پژوهش حاضر عملکرد گروه تصادفی-کم‌خطا در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین بهتر از تمرین تصادفی و تمرین تصادفی-پرخطاست. این نتیجه نشان می‌دهد که در تکلیف استفاده‌شده در این پژوهش (پرتاب دارت) پردازش‌های خطای بیشتر در گروه تصادفی و به‌ویژه گروه تصادفی-پرخطا تلاش شناختی را ایجاد کرده است که به ضرر یادگیری است و گروه تصادفی-کم‌خطا به‌دلیل شروع تمرین از فواصل نزدیک به هدف و پردازش خطای کمتر، عملکرد بهتری داشته است. این نتایج براساس فرضیهٔ نقطهٔ چالش گواداگنولی و لی[1] (۳۴) تبیین‌شدنی است. این فرضیه بیان می‌کند که سطح مشخصی از چالش تمرین وجود دارد که به نفع یادگیری است. مقادیر کمتر یا بیشتر از آن نرخ یادگیری را کاهش خواهد داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که *تغییر بین‌تکلیفی* تنها یکی از منابع ایجادکنندهٔ تلاش شناختی است. منبع مهم دیگر تلاش شناختی، *پردازش‌خطاست* (۱۹). در گروه تصادفی-کم‌خطا، تلاش شناختی برآیند که ناشی از تعامل تغییر بین تکالیف (تلاش شناختی بالا) و پردازش خطا (تلاش شناختی پایین) است، حد مناسبی از چالش تمرین را برای عملکرد و یادگیری ایجاد کرده است. براساس نتایج این پژوهش، گروه تصادفی-پرخطا در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین عملکرد ضعیفی را چه در مرحلهٔ اکتساب و چه در مرحلهٔ یادداری از خود نشان داده است. براساس آنچه گفته شد، تلاش شناختی ایجادشده در گروه تصادفی-پرخطا چالش بسیاری را ایجاد کرده است که مناسب یادگیرندگان نبوده است.

1. Guadagnoli & Lee

سودبردن از تمرین تصادفی در گروه تصادفی-کم‌خطا به‌ویژه در مراحل اکتساب، از این جهت اهمیت دارد که عملکرد ضعیف تمرین تصادفی نسبت به مسدود در مراحل اکتساب که پژوهش‌های متعدد آن را نشان داده‌اند، به‌دلیل اثر منفی بر انگیزهٔ پیشرفت افراد ممکن است بر اشتیاق آن‌ها برای ادامهٔ یادگیری تأثیرگذار باشد. لی و وایت[1] (۳۷) پیشنهاد کردند که اثر سودمند تداخل زمینه‌ای ممکن است به‌واسطهٔ فرایندهای انگیزشی باشد و تداخل زمینه‌ای پایین باعث خستگی و کسلی در افراد می‌شود، اما تکالیف به‌کاررفته در پژوهش آن‌ها (بازی کامپیوتری و تکلیف زمان‌بندی)، تکالیفی غیرمیدانی و با حداقل درجات آزادی بودند و در تعمیم نتایج آن‌ها به تکالیف میدانی باید احتیاط کرد. شاید یکی از تبیین‌های سودمند برای مشاهده‌نشدن اثر تداخل زمینه‌ای در هنگام تمرین مهارت-های حرکتی پیچیده تبیین انگیزشی باشد (۳۷، ۳۶). در مهارت‌های حرکتی پیچیده، تمرین تصادفی احتمالاً به عملکرد ضعیف در طول دورهٔ اکتساب منجر می‌شود و بنابراین انگیزهٔ افراد برای تلاش به‌منظور یادگیری کاهش می‌یابد. در این پژوهش گروه تصادفی-کم‌خطا به‌صورت تصادفی تمرین می‌کردند، اما عملکرد مشابه آن‌ها در مرحلهٔ اکتساب با گروه‌های مسدود و زنجیره‌ای، انگیزهٔ کافی را برای ادامهٔ تمرین و تلاش بیشتر در آن‌ها ایجاد کرده است.

مقایسهٔ شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین نتایج جالبی را آشکار کرد. در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، گروه تصادفی-کم‌خطا بهترین عملکرد و گروه تصادفی-پرخطا بدترین عملکرد را ارائه کردند. این یافته نشان می‌دهد که صرف‌نظر از ظرفیت حافظهٔ کاری، پردازش‌های شناختی تحمیل‌شده بر حافظهٔ کاری افراد در گروه تصادفی-پرخطا، به ضرر یادگیری است؛ باوجوداین، عملکرد گروه مسدود-کم‌خطا در شرایط حافظهٔ کاری بالا مشابه با گروه تصادفی-پرخطا و ضعیف‌تر از سایر گروه‌ها بود؛ درحالی‌که عملکرد گروه مسدود-کم‌خطا در شرایط حافظهٔ کاری پایین بهتر از گروه تصادفی-پرخطا و مشابه با گروه‌های مسدود-پرخطا و تصادفی بود. این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط حافظهٔ کاری بالا، پردازش‌های شناختی گروه مسدود-کم‌خطا برای ایجاد تلاش شناختی و چالش مناسب تمرین کافی نیست؛ درحالی‌که در شرایط حافظهٔ کاری پایین حتی تمرین مسدود-کم‌خطا توانسته است تلاش شناختی مناسب و چالش مناسب شرایط تمرین را ایجاد کند. نتایج این پژوهش هم‌راستا با پژوهش اسچیوگوفر و همکاران (۱۶) است. آن‌ها نشان دادند که حافظهٔ کاری ضعیف در تمرین مسدود، به‌نفع یادداری بلندمدت و به نفع یادگیری است. در پژوهش آن‌ها افراد سالم و ضربه‌مغزی با محدودیت در ظرفیت حافظهٔ کاری می‌بایست ایجاد سه نیروی متفاوت را از طریق یک نیروسنج دستی به روش‌های تصادفی و مسدود تمرین می‌کردند. هدف آن‌ها از انجام‌دادن این مطالعه بررسی فراموشی فوری و بلندمدت (۲۴ ساعت بعد) تکالیف آموخته شده بود. نتایج نشان داد افراد ضربه‌مغزی

1. Lee & White

در شرایط تمرین مسدود فراموشی بلندمدت کمتری را تجربه کردند. براساس نتایج پژوهش حاضر و هم‌راستا با پژوهش اسچیوگوفر و همکاران (۱۶)، تبیین اثر تداخل زمینه‌ای بدون درنظرگرفتن ظرفیت حافظهٔ کاری صحیح نیست و در هنگام هر نوع نتیجه‌گیری دربارهٔ مکانیسم‌های اثرگذاری تداخل زمینه‌ای می‌باید سطح حافظهٔ کاری کنترل شود.

درنهایت مقایسهٔ سطح خودکاری افراد (عملکرد هم‌زمان با تکلیف ثانویهٔ شناختی) نشان داد که در هر دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین، گروه تصادفی-کم‌خطا سطح خودکاری بیشتری در آزمون‌های اکتساب و یادداری داشت؛ باوجوداین، در شرایط حافظهٔ کاری بالا، گروه تصادفی-پرخطا که در شرایط بدون تکلیف ثانویهٔ شناختی دارای ضعیف‌ترین عملکرد بود، در شرایط با تکلیف ثانویهٔ شناختی، در آزمون اکتساب مشابه با گروه تصادفی-کم‌خطا عمل کرد و در آزمون یادداری عملکردی مشابه با گروه‌های تصادفی و مسدود-پرخطا و عملکرد بهتری در مقایسه با گروه مسدود-کم‌خطا داشت. درمقابل در شرایط حافظهٔ کاری پایین، گروه‌های تصادفی-کم‌خطا و تصادفی با عملکردی مشابه بهتر از سایر گروه‌ها عمل کردند. همچنین در این شرایط عملکرد تمام گروه‌ها بهتر از گروه تصادفی-پرخطا بود. در تبیین نتایج این پژوهش دربارهٔ سطح خودکاری می‌توان از نقش تمرین تصادفی در ایجاد شرایط پنهان یادگیری استفاده کرد. رندل و همکاران (۹) فرضیهٔ «یادگیری حرکتی پنهان» را دربارهٔ مکانیسم اثرگذاری تداخل زمینه‌ای مطرح کردند. در پژوهش آن‌ها افراد می‌بایست مهارت شوت هندبال را در دو شرایط تصادفی و مسدود تمرین می‌کردند. در پژوهش آن‌ها علاوه‌بر سنجش‌های معمول، تلاش شناختی افراد و نیز عملکرد آن‌ها در هنگام ارائهٔ یک تکلیف ثانویه سنجش شد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در مقایسه با تمرین مسدود، تمرین تصادفی به سطوح بالاتر فعالیت شناختی منجر می‌شود و عمکلرد گروه تصادفی در شرایط تکلیف ثانویه بهتر از گروه مسدود است. به اعتقاد رندل و همکاران، تمرین تصادفی به ایجاد شرایط پنهان یادگیری منجر می‌شود و موجب ایجاد سبک غیرفعال‌تر یادگیری (یادگیری پنهان) خواهد شد. بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که یادگیری پنهان به سطح خودکاری بیشتری در مقایسه با تمرین آشکار منجر می‌شود (۳۹، ۳۸، ۲۳، ۲۲)؛ بنابراین براساس فرضیهٔ یادگیری حرکتی پنهان رندل و همکاران (۹) می‌توان پیش‌بینی کرد که تمرین تصادفی به خودکاری بیشتری در اجرای تکلیف منجر شود. تمرین تصادفی با اشغال‌کردن حافظهٔ کاری از توجه فراگیر به بدن و اجرای خود جلوگیری می‌کند و بنابراین از آزمون فرضیه‌های مبتنی‌بر اجرا جلوگیری می‌کند. به‌نظر می‌رسد تمرین تصادفی-کم‌خطا با اشغال سطح مناسبی از حافظهٔ کاری شرایط مناسبی را برای یادگیری به شیوهٔ پنهان فراهم می‌کند. این احتمال وجود دارد که میزان درگیری حافظهٔ کاری در شرایط تصادفی-پرخطا (به‌ویژه در شرایط حافظهٔ کاری پایین) بسیار زیاد است و در شرایط مسدود-کم‌خطا (به‌ویژه در شرایط حافظهٔ کاری بالا) بسیار کمتر از آن

چیزی بوده است منجر به ایجاد شرایط پنهان یادگیری منجر شود. عبدلی و همکاران (۴۰) نشان دادند که حتی در شرایط پنهان یادگیری به بخشی از حافظهٔ کاری نیاز است و درگیری کامل حافظه کاری به افت شدید عملکرد منجر خواهد شد. نتایج پژوهش حاضر دربارهٔ برتری یادگیری پنهان (تمرین کم‌خطا) بر یادگیری آشکار (تمرین پرخطا) در سطح خودکاری با پژوهش‌های عبدلی و همکاران (۴۰) و پولتون و همکاران (۴۱) هم‌راستاست.

مقایسهٔ عملکرد افراد در دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین در آزمون‌های اکتساب، یادداری و یادداری با تکلیف ثانویه نشان داد که در گروه‌های مسدود-کم‌خطا و مسدود-پرخطا بین دو شرایط حافظهٔ کاری بالا و پایین تفاوت وجود ندارد، اما در سه گروه تصادفی-کم‌خطا، تصادفی-پرخطا و تصادفی، عملکرد افراد در شرایط حافظهٔ کاری بالا بهتر از شرایط حافظهٔ کاری پایین است. این نتایج نشان می‌دهد که حافظهٔ کاری نقش بسیار مهمی چه در یادگیری مهارت‌های حرکتی و چه در سطح خودکاری در اجرای تکالیف خواهد داشت. هم‌راستا با نتایج این پژوهش، بوزارد و همکاران (۱۵) نشان دادند زمانی که حافظهٔ کاری افراد در حین یادگیری یک مهارت توسط دستورالعمل‌های کلامی اشغال شود، افراد با حافظهٔ کاری قوی در مقایسه با افراد با حافظهٔ کاری ضعیف عملکرد بهتری در آزمون یادداری خواهند داشت.

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیب تمرین تصادفی و تمرین کم‌خطا بهترین شرایط را برای یادگیری و دستیابی به سطح خودکاری بالاتر ایجاد خواهد کرد. همچنین ظرفیت حافظهٔ کاری افراد نقش مهمی در میزان اثرگذاری تداخل زمینه‌ای ایفا می‌کند و در شرایط حافظهٔ کاری پایین حتی تمرین مسدود می‌تواند روش تمرینی مناسبی درنظر گرفته شود. درنهایت این پژوهش نشان داد افراد با حافظهٔ کاری بالا در مقایسه با افراد دارای حافظهٔ کاری پایین یادگیری بیشتر خواهند داشت و سطح خودکاری بالاتری را کسب خواهند کرد.

پیام مقاله

براساس نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود در هنگام طراحی برنامه‌های تمرینی با سطوح مختلف تداخل زمینه‌ای، ظرفیت حافظهٔ کاری مدنظر قرار گیرد. برای افراد با ظرفیت حافظهٔ کاری پایین حتی تمرین به شیوهٔ مسدود می‌تواند چالش مناسبی برای تمرین ایجاد کند و مفید باشد، اما افراد با ظرفیت حافظهٔ کاری بالا به چالش بیشتری در جلسات تمرین نیازمند هستند و از تمرین تصادفی سود بیشتری می‌برند.

منابع

1. Young DE, Cohen MJ, Husak WS. Contextual interference and motor skill acquisition: on the processes that influence retention. Hum Movement Sci. 1993; 12:577-600.
2. Li Y, Wright DL. An assessment of the attention demands during random- and blocked-practice schedules. Q J Exp Psychol. 2000;53A (2):591-606.
3. Cross ES, Schmitt PS, Grafton ST. Neural substrates of contextual interference during motor learning support a model of active preparation. J Cogn Neurosci. 2007;19(11):1854-71.
4. Maxwell JP, Masters RSW, Eves FF. From novice to no knowhow: a longitudinal study of implicit motor learning. J Sport Sci. 2000; 18:111-20.
5. Masters RSW, Maxwell JP. Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption: What you don't know won't hurt you. In: Williams AM, Hodges NJ. editors. Skill acquisition in sport: research, theory and practice. London: Routledge; 2004. pp. 207-228.
6. Shea JB, Zimny ST. Context effects in memory and learning movement information. In: Magill RA. editor. Memory and control of action. Amsterdam: North-Holland; 1983; pp. 345-66.
7. Lee TD, Magill RA. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: Goodman D, Wilberg RB, Franks IM. editors. Differing perspectives in motor learning, memory, and control. Amsterdam: Elsevier; 1985; pp. 3-22.
8. Masters RSW, Poolton JM. Advances in implicit motor learning. In: Williams AM, Hodges NJ. editors. Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice. 2nd ed. London: Routledge. 2012; pp. 59-77.
9. Rendell MA, Masters RSW, Farrow D, Morris T. An implicit basis for the retention benefits of random practice. J Mot Behav. 2011; 43:1-13.
10. Broadbent DP, Causer J, Willaiams AM, Ford PR. The role of error processing in the contextual interference effect during the training of perceptual-cognitive skills. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2017; 43:1329-42.
11. Capio C, Poolton J, Sit C, Holmstrom M, Masters RSW. Reducing errors benefits the Field-based learning of a fundamental movement skill in children. Scand J Med Sci Spor. 2013; 23:181-8.
12. Maxwell JP, Masters R, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. Q J Exp Psychol. 2001;54A:1049-68.
13. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. Hum Movement Sci. 2005; 24:362-78.
14. Hambrick DZ, Engle RW. Effect of domain knowledge working memory capacity, and age on cognitive performance: an investigation of the knowledge-is-power hypothesis. Cogn Psychol. 2002;44(4):339-87.
15. Buszard T, Farrow D, Verswijveren SJJM, Reid M, Williams J, Polman R, et al. Working memory capacity limits motor learning when implementing multiple instructions. Front Psychol. 2011; 8:1350-1362

16. Schweighofer N, Lee JY, Goh HT, Choi Y, Kim SS, Stewart JC, et al. Mechanisms ot the contextual interference effect in individuals poststroke. J Neurophysiol. 2011;106(5):2632-41.
17. Kal EC, Van Der Kamp J, Houdijk H. External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of the constrained action hypothesis. Hum Movement Sci. 2013; 32:527-39.
18. Chauvel G, Maquestiaux F, Hartley AA, Joubert S, Didierjean A, Masters RSW. Age effects shrink when motor learning is predominantly supported by nondeclarative, automatic memory processes: evidence from golf putting. Q J Exp Psychol. 2012; 65:25-38.
19. Lam WK, Maxwell JP, Masters RSW. Probing the allocation of attention in implicit motor learning. J Sport Sci. 2010; 28:1543-54.
20. Sanli EA, Lee TD. What roles do errors serve in motor skill learning? An examination of two theoretical predictions. J Mot Behav. 2014; 46:329-37.
21. Masters RSW, Poolton JM, Maxwell JP, Raab M. Implicit motor learning and complex decision making in time constrained environments. J Mot Behav. 2008; 40:71-9.
22. Poolton JM, Maxwell JP, Masters RSW, Raab M. Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing? J Sport Sci. 2006; 24:89-99.
23. Tse ACY, Wong TWL, Masters RSW. Examining motor learning in older adults using analogy instruction. Psychol Sport Exerc. 2017; 28:78-84.
24. Kal E, Prosee R, Winters M, van der Kamp J. Does implicit motor learning lead to greater automatization of motor skills compared to explicit motor learning? A systematic review. PLoS ONE. 2018; 13(9): e0203591.
25. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. Neuropsychologia. 1971; 9(1): 97-113.
26. Goldberg DP, Gater R, Sartorius N, Ustun TB, Piccinelli M, Gureje O, Rutter C. The validity of two versions of the GHQ in the WHO study of mental illness in general health care. Psychol Med. 1997; 27(1): 191-197.
27. Magill RA, Hall KG. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. Hum Movement Sci. 1990;9: 241-89.
28. Brady F. A theoretical and empirical review of the contextual interference effect and the learning of motor skills. Quest. 1998; 50:266-93.
29. Wright D, Verwey W, Buchanen J, Chen J, Rhee J, Immink M. Consolidating behavioral and neurophysiologic findings to explain the influence of contextual interference during motor sequence learning. Psychon Bull Rev. 2016;23(1):1–21.
30. Goode S, Magill RA. Contextual interference effects in learning three badminton serves. Res Q Exercise Sport. 1986; 57:308–14.
31. Ollis S, Button C, Fairweather M. The influence of professional expertise and task complexity upon the potency of the contextual interference effect. Acta Psychol. 2005; 118:229-44.
32. Lee TD, Simon DA. Contextual interference. In: Williams AM, Hodges NJ. editors. Skill acquisition in sport: research, theory, and practice. London: Routledge; 2004. pp. 29-44.
33. Farrow D, Buszard T. Exploring the applicability of the contextual interference effect in sport practice. Progress in Brain Research. 2017; 234:69-83.

34. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: a framework for conceptualizing the effect of various practice conditions in motor learning. J Mot Behav. 2004; 36:212-24.
35. Lee TD, White MA. Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. Human Movement Science. 1990; 9:349-67.
36. Cheong JPG, Lay B, Razman R. Investigating the contextual interference effect using combination sports skills in open and closed skill environments. Journal of Sport Science and Medicine. 2016; 15:167-75.
37. Porter JM, Magill RA. Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. Journal of Sport Science. 2010; 28:1277-85.
38. Lam WK, Maxwell JP, Masters RSW. Analogy versus explicit learning of a modified basketball shooting task: performance and kinematic outcomes. J Sport Sci. 2009; 27:179-91.
39. Hasan Barani F, Abdoli B, Modaberi S. The effect of contextual interference and practice specificity on learning a throwing skill: A study of effortless process. J Mot Learn Dev. 2015;7(1):41-55.
40. Abdoli B, Farsi A R, Ramezanzade H. Comparison effect of learning implicit and explicit learning with different levels of cognitive load on learning task coincidence anticipation timing. Mot Behav. 2011; 3:29-44
41. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. Passing thoughts on the evolutionary stability of implicit motor behaviour: Performance retention under physiological fatigue. Conscious Cogn. 2007; 16:456-68.

استناد به مقاله

رمضان‌زاده حسام. تداخل کم‌خطا و یادگیری حرکتی: نقش حافظهٔ کاری در خودکاری مهارت. رفتار حرکتی. زمستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۴۲): ۱۱۰-۸۱. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/mbj.2020.7988.1832

Ramezanzade H. Errorless Interference and Motor learning: The Role of Working Memory in Automation of Skill. Motor Behavior. Winter 2020; 12(42): 81-110. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2020.7988.1832