

## Research Paper

**The Effect of Selected Practice Arrangement on the Learning of the Relative Timing of a Motor Task: Emphasis on Implicit and Explicit Approaches****S. Nazari Kakvandi<sup>1</sup>, A. R. Saberi Kakhki<sup>2</sup>, H. Taheri<sup>3</sup>,  
H. Rohbanfard<sup>4</sup>**

1. PhD candidate of motor learning, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Associate professor of motor behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (Corresponding author)
3. Professor Of motor behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Assistant professor of motor behavior, Faculty of Sport Sciences, University of Bu-Ali Sina Hamedan, Hamedan, Iran.

Received: 2018/05/26

Accepted: 2018/12/08

---

**Abstract**

This study aimed to investigate the different practice arrangements on learning the relative timing of a motor task. For this purpose, 64 participants aged 18 to 26 years old ( $M = 22$ ,  $SD = 4$ ) as convenience sampling were assigned randomly to one of five experimental learning conditions (control, errorless, errorful, random, and systematically increasing). The experiment was carried out in four phases as follows: (A) pre-test (10 trials), (B) three sessions of acquisition— one for each experimental group - (45 trials per session for a total of 135 trials), (C) 10 minute and 24 hours delayed retention (10 trials per test), and (D) 10 minute and 24 hours transfer (10 trials per test). In the acquisition phase, the four experimental groups, except for the control group, practiced timing task with feedback in three difficulty levels (simple, moderate, difficult). Data were analyzed using one-way ANOVA and mixed variance analysis, and LSD post-hoc test was used where needed. Findings regarding relative timing using RMSE scores showed that there was no significant difference between the groups in the pre-test. However, all groups outperformed the control group in the 10 minute and 24 hour retention/transfer tests (all  $P_s \leq 0.05$ ). In addition, the errorless and systematically increasing groups had better retention and transfer tests for the relative timing compared with the other groups (all  $P_s \leq 0.05$ ). Also, performance in the dual task transfer test (24 hours) for the errorless and systematically increasing groups was better than the other groups (all  $P_s \leq 0.05$ ). These results show that practice in systematically increasing and errorless paradigm led to better

---

1. Email: nazari.saeed65@gmail.com

2. Email: askakhki@um.ac.ir

3. Email: hamidtaheri@um.ac.ir

4. Email: hrohbanfard@yahoo.com

learning and better generalization to a new version of the task. These findings are consistent with the implicit learning and reinvestment theories

**Key words:** Systematically Increasing Practice Schedule, Implicit Motor Learning, Errorless and Errorfull Learning, Relative Timing.

---

## **Extended Abstract**

### **Background and Purpose**

The question of how to organize practice for effective learning has always been one of the useful areas for discussion and research in the acquisition of motor skills. An issue that has become increasingly important for motor learning professionals is the answer to the question, what is the best way to learn a new motor skill? Accordingly, Magill (Magill, 2010) suggests that motor skills can be improved through two training models. The first method is to use conscious training methods such as explicit practice which are used by coaches (especially for novice learners). Acquisition of knowledge through the explicit learning process leads to conscious and available knowledge that can be expressed. The second method to teach motor skills is to use unconscious training such as implicit practice which in this method, the coach does not teach learners the instructions on how to execute the skill but diverts their conscious attention by using a second stimulus or task. The purpose of using this method is to develop procedural knowledge of skills and in the opposite to reducing and preventing the involvement of working memory for explicit processing while skills have been performing (Masters, 1992).

### **Materials and Methods**

A total of 64 ( $N = 64$ , Mage = 24 years, SDage = 4 years) healthy male participants from BuAli Sina University of Hamden (Iran) were recruited by means of convenience sampling. Participants were randomly divided into five experimental groups: random group (13), errorless (13), errorfull (13), systematically increasing (13) and control (12).

The apparatus and four-part sequential timing task of Rohbanfard and Proteau (2011) (5) were used. The apparatus consisted of a wooden base ( $45 \times 45$  cm) embedded with three wooden barriers (with the height of 11 cm and width of 8 cm) as vertical and a target ( $11 \times 8$  cm) as horizontal. There was a start button in the middle of the horizontal target. The distance between the start button and the first barrier was 15 cm, and distances among the remaining parts of the task were 32 cm, 18 cm and 29 cm, respectively. Motor timing was controlled by microswitches placed under vertical barriers and horizontal target. The microswitches were connected to a computer via IO port and A-D convert.

The acquisition data of the three experimental groups were analyzed with a 4 groups x 9 blocks of trials mixed-model ANOVA. Furthermore, in retention phase, data were compared by using compound ANOVA in a (within- between-subjects) design including 5 groups (between-subjects factor) (errorless, errorful, systematically increasing and random) x 3 phases (pretest, 10-min retention, and 24-hr retention) with within-subjects factor repeated measures on the last factor. Finally, one-way ANOVA was used to analyze groups' performances in different learning phases (transfer, 24-hr transfer, verbal reporting protocol, and accuracy of dual-task).

### Findings

Acquisition (RMSE). The results of repeated measures analysis of variance (mixed-model ANOVA) on RMSE revealed a significant main effect of block but the effect of the group and the interaction effect of the block  $\times$  group were not significant. LSD post-hoc test revealed the greater error in the first block relative to the last block of trials ( $P < 0.05$ ).

### Retention Phases.

The results of analysis of mixed variance with repeated measures on RMSE five (groups)  $\times$  three phases (pretest, 10-minute and 24-hour retention with repetition in the last factor) showed that the main effect of phase and group as well as the interaction effect of group  $\times$  phase are statistically significant.

There was no difference between the mean performance of the control group in all pre-tests ( $PS \geq 0.05$ ). But in 10-minute and 24-hour retention tests, all groups performed better than the control group ( $PS \leq 0.05$ ). In addition, in the 10-min and 24-hour retention tests, the errorless and systematically increasing groups performed better than the other three practice groups (control, random, and errorful) ( $PS \leq 0.05$ ).

Transfer (10-min) and 24hr transfer tests (dual-task).

The results of the two phases of transfer and transfer tests (dual-task) revealed that the errorless and systematically increasing groups performed better than the three training groups in the new task condition ( $PS \leq 0.05$ ).

### Conclusion

The results of this study showed that in the relative timing, all groups in all phases of acquisition, retention and transfer performed significantly better than the pre-test and the control group. Therefore, in these two groups (errorless and systematically increasing), limiting the errors in the acquisition phase reduced the test of hypotheses to improve the movement pattern in the memorization stage, because when success in the relative timing of a task increases, the person follows the appropriate pattern in hand movement.

In fact, increasingly systematic learning, like linear learning, has many features in common, and it has also been suggested that covert learning promotes a variety of motor skills more than overt learning.

One of the indicators in the formation of implicit learning is the conditions of the dual task. The results of data analysis in the dual task phase indicated that there is a significant difference between the groups. As mentioned earlier, failure to perform under a dual cognitive task is one of the main conditions for confirming the occurrence of implicit learning.

Keywords: implicit and explicit motor learning, errorless and errorful learning, systematically increasing

### **Reference**

1. Magil RA. *Motor Learning and Control Concepts an Application*. New York University Mc Graw hill Companies, 2010.
2. Masters RS. Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British journal of psychology*. 1992 Aug;83(3):343-58.2)
3. Masters R, Maxwell J. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008 Sep 1;1(2):160-83.
4. Maxwell JP, Masters RS, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 2001 Nov;54(4):1049-68.
5. Rohbanfard H, Proteau L. Effects of the model's handedness and observer's viewpoint on observational learning. *Experimental brain research*. 2011 Oct;214(4):567-76.
6. Sawers A, Hahn ME. Gradual training reduces practice difficulty while preserving motor learning of a novel locomotor task. *Human movement science*. 2013 Aug 1;32(4):605-17.

## اثر آرایش‌های منتخب تمرین بر یادگیری زمان‌بندی نسبی یک تکلیف حرکتی، با تأکید بر رویکرد یادگیری آشکار و پنهان

سعید نظری کاکوندی<sup>۱</sup>، علیرضا صابری کاخکی<sup>۲</sup>، حمیدرضا طاهری تربتی<sup>۳</sup>، حسن رهبان فرد<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

۳. دانشگاه فردوسی مشهد

۴. دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

### چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی آرایش مختلف تمرین بر یادگیری زمان‌بندی نسبی یک تکلیف حرکتی انجام شد؛ تعداد ۶۴ شرکت‌کننده به صورت در دسترس با دامنه سنی  $4 \pm 22$  انتخاب شدند و به صورت تصادفی به پنج گروه (کنترل، کم خطا، پرخطا، تصادفی و نظام‌دار فزاینده) تقسیم شدند. این پژوهش در چهار مرحله انجام شد: الف. پیش‌آزمون (۱۰ کوشش)، ب. سه جلسه اکتساب برای هر گروه آزمایشی (۴۵ کوشش در هر جلسه، در مجموع ۱۳۵ کوشش تمرینی)، ج. یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته (۱۰ کوشش برای هر آزمون) پس از مرحله اکتساب و د. انتقال ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته (۱۰ کوشش برای هر آزمون) پس از مرحله اکتساب. در مرحله اکتساب، چهار گروه آزمایشی به جز گروه کنترل، تکلیف زمان‌بندی را با سه سطح دشواری متفاوت (ساده، متوسط و دشوار) با دریافت بازخورد تمرین کردند. تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس مرکب، تحلیل واریانس یک‌طرفه (آنوا) و آزمون تعقیبی LSD انجام گرفت. یافته‌ها در زمان‌بندی نسبی (ریشه میانگین مجذور خطاها) نشان داد که در پیش‌آزمون تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت. به علاوه، در آزمون‌های یادداری و انتقال، گروه‌های کم خطا و نظام‌دار فزاینده عملکرد بهتری در مقایسه با گروه‌های دیگر داشتند (همه  $P \leq 0/05$ ). همچنین در آزمون انتقال تکلیف ثانویه (۲۴ ساعت) گروه‌های کم خطا و نظام‌دار فزاینده عملکرد بهتری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشتند (همه  $P \leq 0/05$ ). نتایج حاکی از آن است که تمرین در گروه‌های کم خطا و نظام‌دار فزاینده به یادگیری بهتر تکلیف و تعمیم‌دهی بهتر آن به شرایط جدید منجر می‌شود. این یافته‌ها مطابق با نظریه‌های یادگیری پنهان و بازپردازش آگاهانه‌اند.

**واژگان کلیدی:** تمرین نظام‌دار فزاینده، یادگیری حرکتی پنهان، یادگیری کم خطا و پرخطا، زمان‌بندی نسبی.

1. Email: nazari.saeed65@gmail.com

2. Email: askakhki@um.ac.ir

3. Email: hamidtaheri@um.ac.ir

4. Email: hrohbanfard@yahoo.com

## مقدمه

چگونگی سازماندهی تمرین برای یادگیری مؤثر همواره یکی از زمینه‌های مفید برای بحث و پژوهش در اکتساب مهارت‌های حرکتی بوده است؛ از این رو همواره یکی از اهداف مهم پژوهش‌ها در یادگیری حرکتی انسان، شناسایی تمرینی است که یادگیری مهارت حرکتی را به حد مطلوب برساند. مسئله‌ای که همواره اهمیت درخور توجهی برای متخصصان یادگیری حرکتی داشته است، پاسخ به این سؤال است که بهترین راه برای یادگیری یک مهارت حرکتی جدید چیست؟ نقش فرایندهای آگاهانه در یادگیری حرکتی و عملکرد تاحدزیادی تأیید شده است. براساس نظریه‌های سنتی یادگیری حرکتی، درگیری آگاهانه زیادی در اکتساب مهارت‌های حرکتی اولیه وجود دارد (۱) که در آن اجراکننده تلاش می‌کند به کشف الگوهای حرکت مؤثر و کارآمد برای اجرای مهارت دست یابد. چنین آگاهی و دانشی از اطلاعاتی که یادگیرندگان می‌توانند به‌طور شفاهی توصیف کنند، به دست می‌آید؛ در نتیجه اجراکننده مجموعه‌ای از قوانین صریح و روشن درباره چگونگی انجام دادن مهارت را کسب می‌کند. فرایند کنترل آگاهانه از منابع حافظه کاری که مسئول ذخیره‌سازی و دستکاری موقت اطلاعات در ذهن است، استفاده می‌کند (۱).

از نظریه‌هایی که براساس فرایندهای آگاهانه در زمینه سازماندهی تمرین مطرح است و به بررسی شرایط تمرینی مطلوب می‌پردازد، نظریه تداخل زمینه‌ای<sup>۱</sup> از باتیگ<sup>۲</sup> است که بعدها در یادگیری حرکتی، شی و مورگان<sup>۲</sup> (۲) آن را بسط دادند. اعتقاد بر آن است که تمرین با شیوه تصادفی در مقایسه با تمرین مسدود فوایدی برای یادگیری مهارت‌های حرکتی دارد (۲). همچنین پردازش وسیع و متمایز به افزایش تداخل در حافظه کاری در طول تمرین تصادفی منجر می‌شود که در نهایت یادداری را تسهیل می‌کند. از طرفی لی و مگیل<sup>۳</sup> (۱۹۸۳، ۱۹۸۵) و مگیل و هال (۱۹۹۰) پیشنهاد کردند که تداخل زمینه‌ای از طریق فرایند فراموشی-یادآوری موجب درگیری بیشتر حافظه کاری می‌شود. این فرضیه‌ها ممکن است توضیح دقیقی برای اکتساب هوشیارانه بسیاری از مهارت‌های حرکتی ارائه دهند، اما اینکه چگونه برخی از مهارت‌ها بدون درگیری آگاهانه کسب می‌شوند را توضیح نمی‌دهد (۲، ۳).

شی و مورگان (۲) و شی و زیمنی (۲) براساس فرضیه بسط پیشنهاد می‌کنند که تداخل زمینه‌ای زیاد در تمرین باعث می‌شود که اجراکننده فرایند مقایسه و تمایز در تمرین مهارت به کار گیرد که در نتیجه به بازنمایی متمایز و بسیار دقیق‌تر مهارت‌های حرکتی در حافظه منجر می‌شود. برتولی<sup>۴</sup> و همکاران (۳) معتقدند که پردازش هوشیار برای توجیه اثر تداخل زمینه‌ای کافی به نظر نمی‌رسد و

- 
1. Contextual Interference
  2. Shea & Morgan
  3. Lee & Magill
  4. Bertollo

فرایندهای ناهوشیار نیز در آن دخیل‌اند. رندل<sup>۱</sup> و همکاران (۴) شواهدی اولیه از مزایای تمرین تصادفی توسط مکانیزم‌های یادگیری حرکتی پنهان<sup>۲</sup> را پیشنهاد کردند. آن‌ها عنوان کردند که تعویض تکالیف در تمرین تصادفی به انباشتگی اطلاعات زیادی در حافظه کاری منجر می‌شود، اما این اطلاعات در فرایند آزمون فرضیه درگیر نمی‌شوند (۴). فرایندهای شناختی آشکار (آگاهانه) و پنهان در یادگیری و اجرای بعدی مهارت‌های حرکتی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. برحسب وجود، نبود و میزان دستورالعمل کلامی و میزان مشارکت حافظه کاری درباره تکلیف در حال یادگیری، می‌توان یادگیری را با عنوان آشکار و پنهان بررسی کرد. در همین راستا، مسترز و مکسول<sup>۳</sup> (۵) ذکر کردند که یادگیری مهارت‌های حرکتی می‌تواند به‌طور پنهان یا به‌عبارتی با کمترین تلاش آگاهانه (شناختی) که خود به کاهش وابستگی به حافظه کاری منجر می‌شود، مؤثر باشد. مسترز و همکاران (۵) اظهار کردند که یادگیری پنهان فرد بدون آگاهی از قواعد موجود و بدون دریافت دستورالعمل در فرایند یادگیری درگیر می‌شود.

براساس تعاریف، یادگیری پنهان به‌عنوان اکتساب مهارت حرکتی در غیاب دانش آشکار که عملکرد را هدایت می‌کند، تعریف شده است؛ براین اساس تمرین باید به‌گونه‌ای طراحی شود که در آن محیط برای به‌حداقل رساندن میزان دانش آگاهانه سازماندهی شود. کلید بهره‌مندی از این نوع تمرین، کاهش احتمال تمرکز آگاهانه اجراکننده بر قواعد مکانیکی در وضعیت اضطراب‌آور و پرفشار است. اجراکننده تمرکز بر قواعد مکانیکی را به‌حداقل می‌رساند. در طی سال‌ها مدل‌های زیادی از یادگیری پنهان توسعه ارائه شده است. در همین راستا، به‌تازگی رویکرد یادگیری پنهان از طریق طراحی تمرینات کم‌خطا<sup>۴</sup> بررسی شده است (۶، ۵). پژوهشگران روشی برای ایجاد یادگیری پنهان به‌منظور جلوگیری از تولید فرضیه‌ها در پاسخ به اشتباهات اجرا پیشنهاد کرده‌اند که مبتنی بر دستکاری محیط تمرین و یادگیری برای کاهش خطاهاست. در این روش بر پایه یادگیری پنهان محیط به شکلی محدود می‌شود که احتمالاً پیامد تلاش‌های موفق را افزایش می‌دهد که به‌نوبه خود بر انتخاب پاسخ صحیح تأثیر می‌گذارد (۱۲-۷). برخی مطالعات بعدی نشان دادند که برای تسهیل یادگیری، کاهش خطاها به‌ویژه در مراحل اولیه یادگیری حیاتی است. گفتنی است در پژوهش‌های ذکرشده به برتری تمرین کم‌خطا در مقایسه با تمرین پرخطا تأکید شده است؛ این در حالی است که تجربه خطاها نقش مهمی در مشارکت‌های تجربی متفاوت در ادبیات یادگیری حرکتی ایفا می‌کند. نظریه پردازان یادگیری حرکتی، رویکرد تمرینی پرخطا را به‌عنوان یکی دیگر از شیوه‌های تمرینی که برای یادگیری سودمند است،

- 
1. Rendell
  2. Implicit Motor Learning
  3. Masters & Maxwell
  4. Errorless Practices

معرفی می‌کنند. شرایط یادگیری پرخطا فرصت‌هایی برای یادگیرنده در انتخاب الگوی حرکت صحیح فراهم می‌کند. این کار ممکن است از طریق تشویق به رفتار آزمون فرضیه<sup>۱</sup> درباره استراتژی‌های حرکت و افزایش فرایند حل مسئله در تجربیات مختلف و غلبه بر اشتباهات صورت گیرد (۱۶-۱۳). همچنین انواعی از یادگیری پرخطا می‌تواند یادداری و انتقال در افراد سالم و افراد در حال بهبود با اختلالات عصبی مانند سکته مغزی را افزایش دهد (۱۷، ۱۶).

همان‌طور که گفته شد، اثر تداخل زمینه‌ای نمونه‌ای عملی از یادگیری پرخطاست که شامل تغییرات بین تکالیف است و عموماً در طول تمرین موجب ایجاد خطای زیادی می‌شود، اما باعث افزایش یادداری و انتقال می‌شود (۱۸، ۱۵، ۱۳). براساس نظریه‌های بهره‌برداری<sup>۲</sup>، ساختارگرایی<sup>۳</sup> و طرحواره‌اشمیت<sup>۴</sup> (۱۹۷۵)، خطاها نقش مثبتی در یادگیری حرکتی ایفا می‌کنند. براساس این نظریه‌ها، یادگیرنده می‌تواند ساختار جدیدی از دانش را براساس آزمون و خطا (آزمون فرضیه) در تجربیات قبلی یا افزایش قدرت اعمال فراشناختی ایجاد کند. همچنین پژوهش‌ها گذشته نشان داده‌اند که یادگیری براساس دستورالعمل خطا نه تنها خودکارآمدی را افزایش می‌دهد، بلکه باعث افزایش یادگیری مهارت نیز می‌شود (۱۵). از سوی دیگر برخی از پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که برنامه تمرین مطلوب برنامه‌ای است که پیوستار تمرین با برنامه تمرین مسدود شروع می‌شود و با آرایش تمرین به صورت تصادفی در اواخر ادامه دارد (۲۰، ۱۹). پورتر و مگیل<sup>۵</sup> (۱۹) نشان دادند یادداری و در برخی موارد انتقال مهارت زمانی که اکتساب مهارت در یک شیوه به تدریج فزاینده تمرین می‌شود، بهتر اتفاق می‌افتد. پورتر و بکرمن<sup>۶</sup> (۲۰) مشاهده کردند یادگیرنده‌هایی (تمرین نظام‌دار فزاینده<sup>۷</sup>) که تمرین با آرایش مسدود را در اوایل تمرین دریافت می‌کردند و با تمرین تصادفی به پایان می‌رسانند، در آزمون یادداری و انتقال بهتر از اجراکننده‌هایی بودند که تنها برنامه مسدود یا تصادفی را دریافت می‌کردند. آن‌ها عنوان کردند یکی از مزایای کلیدی تمرین نظام‌دار فزاینده، تشویق به رشد هم‌زمان (یعنی موازی) بین توانایی پردازش اطلاعات و رشد برنامه حرکتی است. در نتیجه توسعه موازی پردازش اطلاعات و رشد برنامه حرکتی زمانی که یادگیرنده با محیط فرایندهای متغیر روبه‌رو می‌شود، عملکرد بهتری از خود نشان دهد؛ به این ترتیب، پاسخ به این سؤال هنوز نامشخص است که آیا مزایای یادگیری مشاهده‌شده در شرایط برنامه تمرین ترکیبی (نظام‌دار فزاینده) به دلیل ترتیب ارائه است یا

- 
1. Hypothesis Testing
  2. Exploitation Theory
  3. Constructivism Theory
  4. schmidt
  5. Porter & Magill
  6. Beckerman
  7. Systematically Increasing Practice



تنوع تکالیف یا هر دو؟ به نظر می‌رسد آرایش تمرین به شیوه نظام‌دار فزاینده با مکانیزم‌های یادگیری پنهان به‌ویژه یادگیری کم‌خطا در برنامه تمرین (مسدود، زنجیره‌ای، تصادفی) مرتبط است؛ به طوری که تمرین با شیوه مسدود در اوایل پیوستار تمرین، محیط محدود شده‌ای را در ایجاد خطاها و نیازهای شناختی کمتری با توجه به درگیری حافظه کاری در یادگیرنده ایجاد می‌کند و در مراحل بعدی تمرین رفته‌رفته با توجه به پیچیدگی برنامه تمرین انتهای پیوستار (تصادفی) و درگیری حافظه کاری، به میزان خطاها افزوده شود (۲۰). سورس و هاهن<sup>۱</sup> (۲۱) پیشنهاد کردند که تمرین به تدریج فزاینده احتمالاً به دلیل کاهش بازخورد یا تقاضا در برنامه‌ریزی حرکت، نیازهای شناختی کمتری را بر یادگیرنده تحمیل می‌کند و موجب یادگیری بهتر می‌شود. به باور آن‌ها، در تمرین به تدریج فزاینده به دلیل کاهش نیازهای شناختی در پردازش خطاها (به‌وسیله کاهش نیازهای فرایند حل مسئله و پردازش اطلاعات) از مکانیزم‌های یادگیری پنهان بهره برده می‌شود. به نظر می‌رسد انجام‌شدن پژوهش‌های بیشتری در زمینه برنامه‌ریزی تمرین برای حل‌کردن چالش‌ها، ابهامات و منازعاتی که وجود دارد، لازم است. از سوی دیگر، نوع تکلیف می‌تواند به‌عنوان عاملی بررسی شود که بر یافته‌های پژوهش حاضر و پژوهش‌های گذشته، حل چالش‌ها و منازعات و همچنین گسترش ادبیات پژوهش اثرگذار است. به عقیده لیواک<sup>۲</sup> و همکاران (۱۶) و مونت<sup>۳</sup> و همکاران (۱۷)، انجام‌شدن پژوهش‌های بیشتری برای شناسایی ویژگی‌های تکلیف از جمله پیچیدگی تکلیف و نوع تکلیف (میدانی و آزمایشگاهی) برای بررسی پروتکل‌های کم‌خطا و پرخطا ضرورت دارد. بیشتر پژوهش‌ها درباره پروتکل‌های کم‌خطا و پرخطا در زمینه تکالیف میدانی در شاخص‌هایی مانند فاصله از هدف (۶، ۷) یا اندازه هدف (۸) تاحدودی تأیید شده است، ولی در پژوهش حاضر قصد بر آن است اثر آرایش تمرین کم‌خطا و پرخطا به‌جای تأکید بر تغییرات و اندازه‌های پارامتری با دستکاری زمان‌بندی نسبی که جزء تغییرناپذیر برنامه حرکتی (۲۲) است، به‌عنوان موضوعی ناشناخته و جدید بررسی شود. در این پژوهش از یک تکلیف ظریف حرکتی آزمایشگاهی که پیش‌تر در مطالعات اولیه (۲۳، ۲۴) به کار رفته بود، بهره برده شده است تا سنجش دقیق‌تری از عملکرد مانند اندازه و تغییرپذیری خطاها امکان‌پذیر باشد. از آنجاکه در پژوهش‌های گذشته شیوه‌های مختلف آرایش تمرین به‌موازات یکدیگر بررسی نشده‌اند، در این پژوهش هدف این است به نقش چهار شیوه آرایش تمرینی تصادفی، کم‌خطا، پرخطا و نظام‌دار فزاینده در یادگیری حرکتی به‌ویژه در تکلیف آزمایشگاهی زمان‌بندی پرداخته شود.

---

1. Sawers & Hahn  
 2. Levac  
 3. Mount

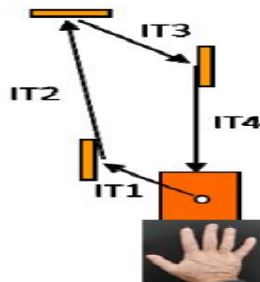
### روش پژوهش

این پژوهش از نوع مطالعات نیمه تجربی و به لحاظ هدف، بنیادی-کاربردی بود. شرکت کنندگان این پژوهش دانشجویان پسر دانشگاه بوعلی سینا با دامنه سنی (۲۶-۱۸) سال بودند که براساس معیارهای ورود به مطالعه، ۶۴ نفر به صورت نمونه گیری در دسترس انتخاب شدند. تمامی شرکت کنندگان راست دست بودند، مشکل جسمانی خاصی نداشتند و در قبال تکلیف به کاررفته در این پژوهش مبتدی بودند. شرکت کنندگان به صورت تصادفی در چهار گروه آزمایشی شامل گروه تصادفی (۱۳ نفر)، کم خطا (۱۳ نفر)، پر خطا (۱۳ نفر)، نظام دار فزاینده (۱۳ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند.

### ابزار اندازه گیری

در این پژوهش برای اعمال مداخله و اندازه گیری میزان یادگیری افراد در برنامه حرکتی تعمیم یافته و پارامتر زمان در طی مراحل اکتساب و آزمون های مختلف از یک تکلیف زمان بندی متوالی چهار قسمتی استفاده شد (شکل شماره یک) که توسط دستگاه اندازه گیری عملکرد حرکتی (رهبان فرد و پورتر، ۲۰۱۱) ارزیابی شد. این دستگاه شامل یک پایه چوبی با ابعاد ۴۵ \* ۴۵ سانتی متری بود که سه مانع (با ارتفاع ۱۱ سانتی متر و عرض هشت سانتی متر) به صورت عمودی و یک هدف (۸ \* ۱۱ سانتی متری) به صورت افقی روی آن تعبیه شده بود. در وسط هدف افقی یک دکمه استارت نیز قرار داشت. فاصله بین دکمه شروع و اولین مانع ۱۵ سانتی متر بود و فواصل بین اجزای دیگر به ترتیب ۳۲، ۱۸ و ۲۳ سانتی متر بود. زمان بندی حرکت توسط میکروسوئیچ های مدار بسته ای کنترل می شد که در زیر موانع عمودی و هدف افقی قرار گرفته بودند. میکروسوئیچ ها از طریق پورت IO با یک مبدل AD به لپ تاپ متصل می شدند. حرکت آزمودنی از دکمه استارت شروع می شد و با ضربه زدن به موانع عمودی اول تا سوم ادامه پیدا می کرد و در نهایت به هدف افقی ختم می شد. زمان سپری شده برای انجام دادن این کار به عنوان زمان کلی (TMT)<sup>۱</sup> توسط کرنومتر نصب شده روی کامپیوتر ثبت می شد. زمان های انجام دادن هر قسمت از تکلیف (ITs)<sup>۲</sup> نیز ثبت می شد (شکل شماره یک).

- 
1. Total Movement Time
  2. Intermediate Times



شکل ۱- نمایی از تکلیف استفاده‌شده در این پژوهش

Figure 1. An overview of the task used in this research

### فرایند اجرا

این پژوهش در چهار مرحله اجرا شد: در مرحله پیش‌آزمون (PRT) از شرکت‌کنندگان خواسته شد برای ۱۰ بار تکلیف مدنظر را با زمان کل ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه و زمان بینابینی ۳۰۰ میلی‌ثانیه در هر سگمنت بدون دریافت‌کردن هیچ‌گونه بازخوردی اجرا کنند. در مرحله اکتساب (ACQ)، شرکت‌کننده‌های گروه‌های تمرینی (کم‌خطا، پرخا، تصادفی و نظام‌دار فزاینده) در سه جلسه تمرین ۴۵ کوششی مشارکت کردند (جدول شماره یک). در این مرحله بعد از هر کوشش بازخورد درباره TMT و ITs ارائه می‌شد. قبل از اجرای پروتکل تمرینی، در مطالعه‌ای مقدماتی<sup>۱</sup> زمان‌بندی نسبی طبیعی برای اجرای بخش‌های چهارگانه تکلیف با زمان کل ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه به دست آمد که به ترتیب عبارت بودند از: ۱۷، ۲۷، ۲۵ و ۳۱ درصد برای بخش‌های اول تا چهارم. این تکلیف به‌عنوان یک تکلیف ساده (تکلیف الف) در پروتکل تمرینی استفاده شد؛ براین‌اساس، اجرای تکلیف با زمان‌های نسبی ۲۵ درصد در هر سگمنت به‌عنوان تکلیف متوسط (تکلیف ب) در نظر گرفته شد؛ چراکه در این صورت آزمودنی تمرکز خود را صرف یادگیری بخش اول و آخر توالی می‌کند. همچنین اجرای تکلیف با زمان‌های نسبی ۲۵، ۲۵، ۲۰ و ۳۰ درصد به‌عنوان یک تکلیف دشوار (تکلیف ج) تعریف شد. در این حالت آزمودنی می‌باید علاوه بر قسمت‌های اولیه و پایانی، بخش‌های میانی تکلیف را نیز یاد بگیرد. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که یادگیری بخش‌های میانی از یک توالی حرکتی دشوارتر از بخش‌های ابتدایی و پایانی آن است (۲۳، ۲۵). همان‌طور که در جدول شماره یک مشاهده می‌شود، در مرحله اکتساب، گروه تمرینی کم‌خطا در هر جلسه تمرین را با تکلیف ساده شروع می‌کرد و با تکلیف پیچیده آن را به پایان می‌رساند؛ درحالی که گروه پرخا برعکس عمل می‌کرد؛ یعنی از تکلیف پیچیده به ساده تمرینات را انجام می‌داد. در گروه نظام‌دار فزاینده، جلسه اول به تمرین مسدود، جلسه دوم به تمرین زنجیره‌ای و جلسه سوم به تمرین تصادفی اختصاص داشت. در گروه تصادفی تمام کوشش‌های

### 1. Pilot Study

تمرینی به صورت تصادفی به شکلی بود که دو کوشش متوالی از یک شاخص دشواری تکرار نشود. در نهایت، به فاصله ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعت پس از مرحله اکتساب، آزمون‌های یادداری/ انتقال (فوری و تأخیری) اجرا شدند. در آزمون‌های یادداری مشابه با پیش‌آزمون اقدام شد؛ حال آنکه در آزمون‌های انتقال از آزمودنی‌ها خواسته شد تا همان تکلیف را با زمان کل ۱۳۰۰ میلی‌ثانیه اجرا کنند. علاوه بر این، هم‌زمان با اجرای آزمون انتقال ۲۴ ساعته، دو صدا با شدت متفاوت برای شرکت‌کننده‌ها پخش می‌شد. شرکت‌کنندگان بایستی تعداد صداها با تُن‌های بالا (۱۰۰۰ هرتز) را می‌شمردند و گزارش می‌دادند. سپس در پایان آزمون‌ها از پروتکل گزارش کلامی برای اندازه‌گیری میزان قواعد دانش آشکار استفاده شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که تمام راهبرد، دانش، راهبردها و تکنیک‌های مرتبط با انجام دادن موفقیت‌آمیز تکلیف مدنظر را (به‌طور مثال، چگونگی تنظیم سرعت دست در انداختن موانع با توجه به زمان مربوط به هر بخش) که در مراحل اکتساب و آزمون‌های یادداری و انتقال به کار برده‌اند، گزارش دهند (۶). تعداد قواعد و تکنیک‌ها توسط دو ارزیاب که از هدف پژوهش اطلاع نداشتند، به‌طور مستقل شمارش شد (دوسویه کور). میانگین تعداد قواعد گزارش‌شده توسط دو ارزیاب به‌عنوان نمره فرد در پروتکل گزارش قواعد کلامی در نظر گرفته شد.

جدول ۱- شمایی از گروه‌های آزمایشی و مراحل

Table 1. Scheme of experimental groups and stages

انتقال تکلیف ثانویه (۲۴ ساعت) 24 – hr Dual task	یادداری (۲۴ ساعت) 24 – hr Retention	انتقال ۱۰ دقیقه 10 – min Transfer	یادداری ۱۰ دقیقه 10 – min Retention	اکتساب (Acquisition)	پیش‌آزمون (Pre-test)	مرحله (phase) گروه (Group)
انجام‌دادن ۱۰ کوشش (زمان‌بندی مطلق ۱۳۰۰ میلی‌ثانیه، زمان‌بندی هر سگمنت، ۳۲۵ میلی‌ثانیه) + شمارش تن صدا	انجام‌دادن ۱۰ کوشش از (تکلیف متوسط) بدون بازخورد افزوده (KR)	انجام‌دادن ۱۰ کوشش (زمان‌بندی مطلق ۱۳۰۰ میلی‌ثانیه، زمان‌بندی هر سگمنت، ۳۲۵ میلی‌ثانیه)	انجام‌دادن ۱۰ کوشش از (تکلیف متوسط) بدون بازخورد افزوده (KR)	سه جلسه (هر جلسه ۴۵ کوشش) تمرین به‌ترتیب تکلیف ساده (۱۵ تکرار)، تکلیف متوسط (۱۵ تکرار) کوشش، تکلیف دشوار (۱۵ تکرار) در هر جلسه سه جلسه (هر جلسه ۴۵ کوشش) تمرین به‌ترتیب تکلیف دشوار (۱۵ تکرار)، تکلیف متوسط (۱۵ تکرار)، تکلیف ساده (۱۵ تکرار) در هر جلسه سه جلسه (هر جلسه ۴۵ کوشش) تمرین به‌ترتیب جلسه اول، تمرین مسدود (۴۵ تکرار، ۱۵ کوشش در هر تکلیف)، جلسه دوم، ۱۵ تکرار در هر تکلیف، جلسه سوم، تمرین تصادفی (۴۵ تکرار، ۱۵ تکرار در هر تکلیف با ترتیب تصادفی) سه جلسه (هر جلسه ۴۵ کوشش) تمرین با ترتیب تمرین تصادفی در هر جلسه بدون تمرین	انجام‌دادن ۱۰ کوشش از (تکلیف متوسط) بدون بازخورد افزوده (KR)	کم‌خطا (Errorless)  پرخطا (Errorful)  نظام‌دار فزاینده (systematically increasing)  تصادفی (Random)  کنترل (Control)
زمان‌بندی نسبی تکلیف ساده: ۳۲۵، ۳۰۰، ۳۵ و ۲۰۰ میلی‌ثانیه، زمان‌بندی نسبی تکلیف متوسط: ۳۰۰، ۳۰۰، ۳۰۰ و ۳۰۰ میلی‌ثانیه، زمان‌بندی نسبی تکلیف دشوار: ۳۶۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۰۰ میلی‌ثانیه. زمان‌بندی مطلق برای همه تکالیف ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه است						

برای ارزیابی میزان یادگیری زمان‌بندی نسبی آزمودنی‌ها، ریشه میانگین مجذور خطا در رابطه با زمان‌های ثبت‌شده برای هر قسمت به صورت زیر محاسبه شد:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{Segment1}^{Segment4} \left( \frac{(ITi - target)^2}{4} \right)}$$

متغیر ریشه میانگین مجذور خطاها نشان می‌دهد که هر شرکت‌کننده چقدر از الگوی تعریف‌شده انحراف دارد. در این فرمول ITi نشان‌دهنده زمان سپری‌شده برای هر بخش و target زمان کلی مدنظر برای آن بخش است (۳۰۰ میلی‌ثانیه برای آزمون‌های یادداری و ۳۲۵ میلی‌ثانیه برای آزمون‌های انتقال) (۲۴).

در این پژوهش محاسبات روی داده‌های کسب‌شده عبارت است از محاسبات آماره‌های توصیفی. همچنین برای کسب اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۱</sup> استفاده شد. عملکرد گروه‌های مختلف در مرحله اکتساب با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در یک طرح عاملی چهار (گروه) × نه بلاک از کوشش‌ها (۱-۱۵، ۱۶-۳۰، ۳۱-۴۵، ...، ۱۲۱-۱۳۵) با هم مقایسه شدند. همچنین در مرحله یادداری با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مرکب در یک طرح عاملی پنج (گروه) × سه (مرحله، پیش‌آزمون، یادداری ۱۰ دقیقه و یادداری ۲۴ ساعته) با هم مقایسه شدند. در نهایت از تحلیل واریانس یک‌طرفه (آنوا) برای بررسی عملکرد گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون یادگیری به صورت جداگانه (انتقال و انتقال تکیف ثانویه) استفاده شد. از آزمون تعقیبی (LSD) برای شناسایی و تعیین محل اختلاف‌های به‌دست‌آمده استفاده شد. همچنین از نرم‌افزار اکسل برای رسم نمودارها استفاده شد. سطح درصد خطا در همه مراحل ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. گفتنی است از آزمون کرویت ماکلی<sup>۲</sup> برای بررسی تفاوت واریانس بین گروه‌ها استفاده شد. هرگاه فرض برابری واریانس‌ها تأیید نشد ( $P \leq 0/05$ )، در گزارش‌ها از آماره گرینهوس-گیسر<sup>۳</sup> استفاده شد. نتایج آزمون کرویت ماکلی نشان داد که پیش‌فرض برابری ماتریس واریانس-کواریانس رعایت شده است ( $P = 0/07$ ). همچنین همگنی واریانس‌ها نیز توسط آزمون لون تأیید شد ( $P > 0/05$ ).

---

1. Shapiro Wilk Test  
2. Mauchly's Sphericity Test  
2. Greehouse-Geisser Correction

## نتایج

جدول ۲- نتایج تحلیل داده‌های ریشه میانگین مجذور خطاها (RMSE) در مرحله اکتساب

Table 2. Results of root mean square error analysis at the acquisition phase

مجدور اتا ( $n^2$ )	P	F	میانگین مجدورات (Mean of Squares)	درجه آزادی Degrees of (freedom)	مجموع مجدورات (Sum of Squares)	منبع شاخص (Source) (Parameter)
۰/۱۰۴	۰/۰۰۱	*۶/۸۳۰	۴/۴۰۷	۸	۳۵/۲۵۲	بلوک
۰/۵۴۰	۰/۶۳۴	۰/۹۵۵	۰/۶۱۶	۳۲	۱۹/۷۱۹	بلوک × گروه
			۰/۶۴۵	۴۷۲	۳۰۴/۵۲	خطا
۰/۰۴۷	۰/۵۰۴	۰/۷۹۳	۲/۲۷۰	۳	۶/۸۰۹	گروه
			۲/۸۶۰	۴۸	۱۳۷/۲۵	خطا

\*: معناداری در سطح  $\alpha = 0.05$

همان‌طور که در جدول شماره دو مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (آنالیز واریانس مرکب) روی داده‌های ریشه میانگین مجذور خطاها نشان داد اثر اصلی بلوک معنادار بود، اما اثر گروه و اثر تعاملی بلوک × گروه معنادار نبود. معنادار شدن اثر اصلی بلوک به این معنی است که گروه‌ها به‌طور متوسط در اواخر مرحله اکتساب در مقایسه با اوایل آن عملکرد بهتری از خود نشان دادند. جزئیات بیشتر در شکل شماره ۲ ارائه شده است.

در جدول شماره سه، نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در یک طرح عاملی پنج (گروه) × سه (مراحل پیش‌آزمون، یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته با تکرار در عامل آخر (مراحل) روی متغیر ریشه میانگین مجذور خطا نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد اثر اصلی مرحله، گروه و همچنین اثر تعاملی گروه × مرحله از نظر آماری معنادار بود.

جدول ۳- نتایج آزمون‌های یادداری در ریشه میانگین مجذور خطاها (RMSE)

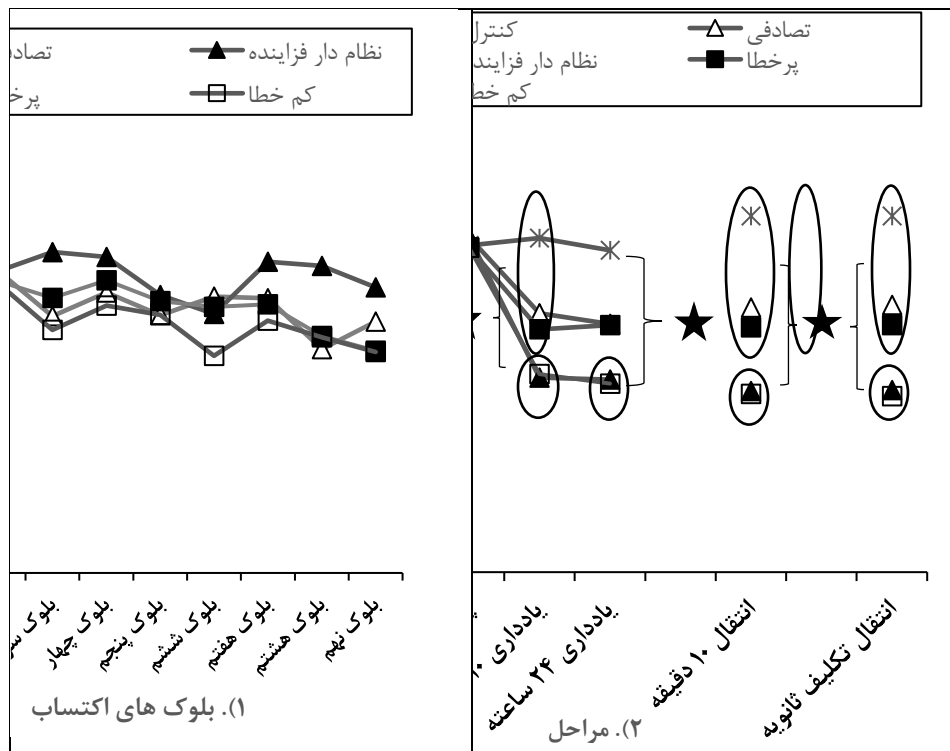
Table 3. Results of root mean square error analysis in retention phase

مجدورات مجموع (Source)	مجدورات (Sum of Squares)	درجه آزادی (Degrees of freedom)	میانگین مجدورات (Mean Squares)	F	P	مجدورات ( $\eta^2$ )
مرحله (phase)	۸۲/۸۵	۲	۴۱/۴۲۸	۳۸/۲۴	۰/۰۰۱ *	۰/۳۹۳
گروه (Group)	۱۷/۱۹۰	۴	۴/۲۹۸	۱۰/۰۱۵	*۰/۰۰۱	۰/۴۰۴
مرحله × گروه (phase × Group)	۲۷/۵۸۲	۸	۳/۴۴۸	۳/۱۸۳	*۰/۰۰۳	۰/۱۷۷

\*: معناداری در سطح  $\alpha = 0.05$ 

نتایج اثر تعاملی مرحله × گروه نشان داد بین گروه‌ها در مراحل مختلف تفاوت معنادار وجود داشت. همان‌طور که در شکل شماره سه مشاهده می‌شود، تفاوتی بین میانگین عملکرد گروه کنترل در مراحل پیش‌آزمون، یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته وجود نداشت (همه  $P \geq 0.05$ )، اما در آزمون‌های یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته همه گروه‌ها بهتر از گروه کنترل عمل کردند (همه  $P \leq 0.05$ ). علاوه بر این، در آزمون‌های یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته، گروه کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده در مقایسه با سه گروه تمرینی دیگر (کنترل، تصادفی و پرخطا) عملکرد بهتری داشتند (همه  $P \leq 0.05$ ). نتایج آزمون تعقیبی LSD در شکل شماره سه با بیضی و ستاره این اختلاف بین دو گروه کم خطا و فزاینده نظام‌دار در مقایسه با گروه‌های دیگر در آزمون یادداری ۱۰ دقیقه و ۲۴ ساعته را به تصویر کشیده است.





شکل ۲- نتایج گروه‌ها در مراحل مختلف شکل ۳- نتایج گروه‌ها در بلوک‌های اکتساب

Figure 2. The results of the groups in different experimental phase Figure 2. The results in acquisition blocks

شکل‌های شماره دو و شماره سه مقایسه میانگین اجرای گروه‌ها در میانگین مجذور خطاها را در بلوک‌های مرحله اکتساب و مراحل مختلف آزمایشی نشان می‌دهند.

انتقال، انتقال تکلیف ثانویه (۲۴ ساعت)، گزارش کلامی و شمارش تن صدا  
 نتایج آزمون آنوا روی متغیر RMSE در مراحل انتقال، انتقال تکلیف ثانویه، گزارش قواعد کلامی و همچنین شمارش تن صدا در جدول شماره چهار آورده شده است. این نتایج حاکی از آن است که بین گروه‌ها در مرحله انتقال تفاوت معناداری وجود دارد ( $P = 0.001$ ).

جدول ۴- نتایج تحلیل واریانس یک طرفه در مقایسه گروه‌ها در مراحل و آزمون‌های مختلف

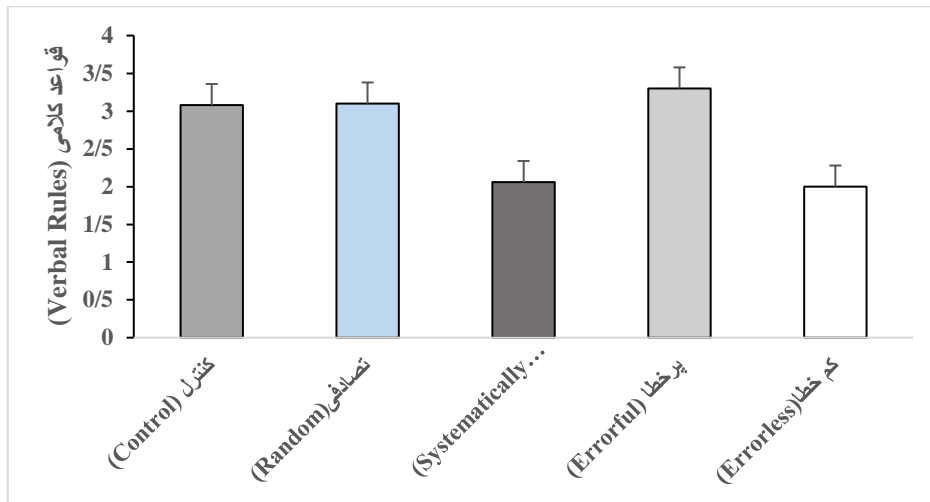
**Table 4. Results of one-way analysis of variance in comparing groups in different phases and tests**

معناداری (P- Value)	F	درجات آزادی (Degrees of freedom)	منبع (Source)	مرحله (Phase)
*.۰/۰۰۱	۱۴/۲۱۲	۴ و ۵۹	بین گروهی (Between Group)	انتقال (Transfer)
*.۰/۰۰۱	۱۷/۵۴۱	۴ و ۵۹	بین گروهی (Between Group)	انتقال تکلیف ثانویه (Dual Task)
*.۰/۰۰۱	۶/۹۳	۴ و ۵۹	بین گروهی (Between Group)	گزارش قواعد کلامی (Verbal report)
.۰/۱۲۴	۱/۸۹	۴ و ۵۹	بین گروهی (Between Group)	شمارش تن صدا (Tone counting)

\*: معناداری در سطح  $\alpha = 0.05$

به منظور مشخص کردن محل اختلاف بین گروه‌ها از آزمون‌های تعقیبی LSD استفاده شد؛ براین اساس، بین گروه کنترل و سایر گروه‌ها تفاوت معنادار مشاهده شد (همه  $P_s < 0.05$ ). در مرحله انتقال در زمانبندی نسبی جدید دو گروه کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده عملکرد بهتری در مقایسه با سه گروه تمرینی (کنترل، تصادفی و پرخطا) داشتند (همه  $P \leq 0.05$ ). نتایج آزمون تعقیبی LSD در شکل شماره سه این مطلب را به تصویر کشیده است. همچنین در انتقال تکلیف ثانویه (تکلیف ثانویه) الگوی نتایج مشابه با مرحله انتقال بود در واقع بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود داشت ( $P = 0.001$ ). نتایج آزمون تعقیبی LSD در شکل شماره سه با بیضی و ستاره مشکی‌رنگ، این اختلاف بین دو گروه کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده در مقایسه با سایر گروه‌ها را در شرایط انتقال و انتقال تکلیف ثانویه به تصویر کشیده است.

نتایج تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد بین گروه (کم خطا، پرخطا، نظام دار فزاینده، تصادفی و کنترل) تفاوت معناداری در دقت شمارش تن صدا وجود ندارد ( $P = 0.124$ ). همچنین نتایج تحلیل واریانس یک طرفه تفاوت معناداری را در گزارش قواعد کلامی بین گروه‌ها نشان داد ( $P = 0.001$ ). نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد دو گروه کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده، قواعد و قوانین مرتبط با انجام دادن تکلیف زمان‌بندی متوالی کمتری را در مراحل مختلف استفاده کردند. نتایج این گزارش در شکل شماره چهار مشاهده می‌شود.



شکل ۴- میانگین تعداد قواعد گزارش شده توسط هر شرکت کننده در گروه‌های تمرینی

Figure 4. Average number of rules reported by each participant in the practice groups

### بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش آرایش‌های مختلف تمرینی (کم خطا، پرخطا، نظام‌دار فزاینده، تصادفی و کنترل) در یادگیری زمان‌بندی نسبی یک تکلیف حرکتی انجام شد. در واقع هدف این مطالعه بررسی این بود که آیا استفاده از آرایش‌های مختلف تمرینی (آشکار و پنهان) به‌ویژه تمرین کم خطا و یادگیری نظام‌دار فزاینده، فرایندهای کمتر آگاهانه در طول یادگیری تکلیف زمان‌بندی نسبی را ارتقا می‌دهد؟ و آیا استفاده از این شیوه‌های آرایش تمرین حافظه کاری افراد را کمتر درگیر فرایند آگاهانه یادگیری می‌کند؟ براین اساس پیش‌بینی احتمالی این بود که استفاده از یادگیری کم خطا و همچنین یادگیری فزاینده نظام‌دار برخلاف روش‌های آشکار پرخطا و تصادفی، به یادگیرنده این امکان را می‌دهد که الگوی مناسبی از زمان‌بندی نسبی با کاهش فرایندهای آگاهانه و کاهش نیازهای شناختی و درگیری حافظه کاری در مراحل اولیه تمرین با سهولت بیشتری کسب کنند. یافته‌های پژوهش حاضر از این پیش‌بینی حمایت می‌کرد.

نتایج این پژوهش نشان داد در زمان‌بندی نسبی RMSE همه گروه‌ها در تمامی مراحل اکتساب، یادداری و انتقال به‌طور معناداری بهتر از پیش‌آزمون و گروه کنترل عمل کردند در واقع یافته‌ها نشان داد تمرین، صرف‌نظر از نوع آن (کم خطا، پرخطا، فزاینده نظام‌دار، تصادفی و کنترل) به پیشرفت عملکرد در طی مرحله اکتساب منجر می‌شود. معنادار شدن اثر اصلی بلوک به این معنی است که گروه‌ها به‌طور متوسط در اواخر مرحله اکتساب در مقایسه با اوایل آن عملکرد بهتری از

خود نشان داده‌اند و گروه‌ها در بلوک‌های تمرینی پیشرفت در خور توجهی داشتند؛ به طوری که این اختلاف بین بلوک اول و نهم معنادار بود، اما بین گروه‌های تمرینی این اختلاف معنادار نبود. یک دلیل ممکن برای نبود تفاوت معنادار بین گروه‌ها را می‌توان به دوره نسبتاً کوتاه مرحله اکتساب (۱۳۵ کوشش) نسبت داد (۴). این احتمال وجود دارد که در صورت طولانی‌بودن دوره تمرین اختلاف بین گروه‌ها در مرحله اکتساب آشکارتر می‌شد. این نتایج به این معنی است که همه گروه‌ها با یک روند از بلوک اول به آخر پیشرفت از خود نشان داده‌اند. در گروه‌های تصادفی و نظام‌دار فزاینده، چون از ابتدا تا انتهای پیوستار تمرین (گروه تصادفی) و سه بلوک آخر، تغییرپذیری (تداخل زمینه‌ایی) بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند، از پیشرفت در جلسات آخر کاسته شد که به نظر این مسئله دور از ذهن نیست. به نظر می‌رسد تفاوت بین بلوک‌های تمرینی در گروه‌های تمرینی زمانی بیشتر آشکار شد که نیازهای شناختی به منابع توجهی و همچنین نیاز به آزمون فرضیه افزایش یافت (۲۶). این نتایج با یافته‌های مطالعات (۲۹، ۲۸، ۲۷، ۱۹، ۱۴، ۱۰، ۸، ۷، ۳) همسوست. در واقع، در مرحله اکتساب، شیوه‌های مختلف آرایش تمرین باعث بهبود عملکرد شده‌اند. در گروه‌های کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده، در مراحل و بلوک‌های اولیه تمرین، حافظه کاری کمتر درگیر اصلاح خطاها شده است و فرایند پردازش پنهان صورت گرفته است؛ زیرا یک روش برای کاهش آزمون فرضیه‌ها در یادگیرندگان و ارتقای سهم فرایندهای پنهان می‌تواند راهنمایی یادگیرنده از طریق فرایند یادگیری به صورتی باشد که تنها حرکات صحیح اجرا شوند (۳۱، ۳۰، ۵)؛ بنابراین در این دو گروه (کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده) محدود کردن خطاها در مرحله اکتساب باعث کاهش آزمون فرضیه‌ها برای بهبود الگوی حرکت در مرحله یادداری نیز شد؛ زیرا وقتی موفقیت در زمان‌بندی نسبی یک تکلیف افزایش یابد، فرد به الگوی مناسب در حرکت دست یافته است و به اصلاحات مکرر الگو در تمرینات نیاز نیست؛ براین اساس موفقیت در زمان‌بندی نسبی در ابتدای برنامه تمرین بر یادگیری الگوی حرکت و تعمیم‌دهی نیز اثرگذار است و باعث بهبود معنادار روند اجرای الگو در جلسات تمرین و کسب نتایج بهتر در آزمون‌های یادداری و انتقال می‌شود.

نتایج درخور توجه پژوهش حاضر درباره آزمون‌های یادداری و انتقال بود. نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌های این مراحل نشان داد تفاوت معنادار بین گروه‌ها وجود داشت؛ به طوری که که شرکت‌کنندگان گروه‌های کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده عملکرد بهتری در مقایسه با دیگر گروه‌های تمرینی داشتند. پروتکل تمرین در این دو گروه به شکلی بود که میزان تغییرپذیری و چالش و همچنین میزان خطاها در شروع برنامه تمرین کمتر بود. گروه کم‌خطا، تمرین با شاخص دشواری آسان‌تر را (تکلیف زمان‌بندی نسبی ساده) شروع کرد و گروه نظام‌دار فزاینده تمرین را با برنامه تمرین مسدود با درگیری کمتر بار حافظه کاری در اوایل تمرین شروع کرد. به نظر می‌رسد کاهش

دشواری عملکردی تکلیف و خطاها در اوایل تمرین به یادگیرنده این امکان را می‌دهد که ساختار مناسب و الگوی صحیح‌تری از زمان‌بندی نسبی را کسب کند. پژوهشگران بارها نشان داده‌اند که هنگام تمرین الگوی زمان‌بندی نسبی، عواملی که ثبات کوشش به کوشش در تولید آن الگوها را افزایش می‌دهند، باعث افزایش یادگیری برنامه حرکتی تعمیم‌یافته (GMP) حداقل در اوایل فرایند یادگیری را فراهم می‌کنند (۲۳). به نظر می‌رسد کاهش نظام‌مند خطاها در یادگیری ابزاری نیرومند برای تشویق به یادگیری پنهان مهارت‌های حرکتی است (۸، ۵). این نتایج با یافته‌های بسیاری از پژوهش‌های پیشین (۴۲، ۴۱، ۳۴، ۳۳-۲۸، ۱۶، ۱۴، ۱۱، ۱۰، ۸-۵) همسوست. نتایج مطالعات نشان داد که یادگیری کم‌خطا به تولید و پالایش الگوهای هماهنگ‌شده‌ای از ساختار حرکات در اوایل تمرین منجر می‌شود که بطور کاملاً ضمنی یا ناهوشیارانه است و قابلیت انعطاف‌پذیری و تعمیم‌دهی به شرایط جدید را دارد. این یافته‌ها از جنبه نظری حائز اهمیت است. نظریه بازپردازش آگاهانه بیان می‌کند که استفاده از شیوه‌های یادگیری پنهان ارتکاب به خطا و تلاش شناختی کمتری به همراه دارد و متعاقباً در آزمون‌های بعدی (یادداری، انتقال و انتقال تکلیف ثانویه) به یادگیری پایدارتر و بادوام‌تری منجر خواهد شد. مسترز و مکسول (۶) عنوان کردند، طرح‌های یادگیری کم‌خطا محیط را برای به حداقل رساندن مقدار خطاهایی که ایجاد می‌شود، محدود می‌کنند؛ به‌صورتی که نیاز به آزمون راه‌حل‌های حرکتی دیگر (آزمون فرضیه) برای تصحیح خطاها کاهش یابد. آن‌ها نشان دادند که یادگیری کم‌خطا به یادگیری حرکتی منجر می‌شود که به‌طور کامل پنهان یا ناهوشیارانه است (با کاهش درگیری یا آگاهی از دانش اخباری درباره تکلیف). همچنین یافته‌های این پژوهش همسو با یافته‌های مطالعه ون جنیکن<sup>۱</sup> و همکاران (۹) است. آن‌ها در تکلیف ضربه گلف نشان دادند که یادگیری کم‌خطا، برنامه حرکتی تعمیم‌یافته و پارامتر مؤثرتر را بهبود می‌بخشد. مک کللاند<sup>۲</sup> و همکاران (۳۵) معتقد هستند شکل‌گیری برنامه‌های حرکتی صحیح با تولید خطاها به تأخیر می‌افتد. محمدی و همکاران (۴۱) و قمری و همکاران (۴۲) دریافتند که پروتکل کاهش خطا در طول تمرین به‌ترتیب به یادگیری بهتر مهارت‌های ضربه فوتبال در نوجوانان دختر و پرتاب دارت منجر می‌شود. براساس نقطه چالش گوداگنولی و لی (۵)، نقطه چالش بهینه تجربه‌شده توسط گروه‌های کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده متفاوت بود؛ به‌طوری‌که زمان‌بندی چالش بهینه در جلسات تمرین نقش مؤثری در برتری گروه‌های کم‌خطا و فزاینده نظام‌دار در کسب الگوی باثبات و تعمیم‌پذیر در زمان‌بندی نسبی تکلیف در آزمون‌های یادداری و انتقال داشت؛ بنابراین یکی از توضیحات محتمل در شکل برنامه حرکتی صحیح، ایجاد محیط اولیه

- 
1. Van Ginneken
  2. McClelland

تمرینی محدوده شده از خطا در این دو گروه است. براساس فرضیه بازپردازش آگاهانه (۵) و نظریه حلقه بسته آدامز (۲۵)، جلوگیری یا به حداقل رساندن اشتباهات، در مراحل اولیه یادگیری باعث تقویت رد ادراکی صحیح می شود و خطاها در طول تمرین می توانند به عنوان یک عامل منفی در یادگیری عمل کنند؛ زیرا آن ها به تقویت رد ادراکی مرتبط با حرکات ناصحیح کمک می کنند (۵، ۲۵). براساس دیدگاه سیستم های پویا، محدود کردن خطاهای تمرین، قیود محیطی سازگار و پایداری را ایجاد می کند که این موضوع کسب الگوهای حرکتی باثبات را افزایش می دهد (۲۴). براساس فرضیه ثبات<sup>۱</sup>، شی و مورگان (۳۶) عنوان کردند که افزایش ثبات کوشش به کوشش در طول اکتساب برای توسعه برنامه حرکتی تعمیم یافته مفید است. یادگیری پنهان با کاهش امکان خطاها در طول تمرین یا فراهم کردن بازخورد کاهشی درباره پیامد عملکرد باعث افزایش یادگیری می شود. براساس فرضیه همسانی<sup>۲</sup> و سازگاری هیکوساکا<sup>۳</sup> و همکاران (۳۷) شرکت کنندگان گروه کم خطا در اوایل تمرین بازخورد اشتباه کمتری دریافت کردند؛ بنابراین این گروه تمایل داشتند کوشش های تمرینی را بدون اصلاحات مکرر تکرار کنند. کاهش تعداد بازخورد پاسخ های اشتباه، الگوهای پایدار را در طول تمرین تقویت می کند. علاوه بر این فرض شده است که پایداری پاسخ اثرات مفیدی بر یادگیری حرکتی دارد؛ زیرا تکرار الگوی فضایی حرکات برای ایجاد توالی ساختاری مناسب به عنوان بازنمایی حرکتی مهم است.

اگرچه جزئیات فرضیه های مربوط به سازوکار یادگیری در دو گروه کم خطا و نظام دار فزاینده با یکدیگر متفاوت است، این دو گروه وجوه اشتراک نیز دارند (۴۱)؛ در حالی که برتری گروه کم خطا براساس ادبیات یادگیری پنهان و نظریه بازپردازش آگاهانه توجیه شدنی است (۵). برتری گروه نظام دار فزاینده نیز براساس فرضیه دشواری مطلوب بیورک (۲۵)، فرضیه نقطه چالش گوداگنولی و لی (۲۰۰۴)، فرضیه رشد موازی پورتر و همکاران (۲۱) و فرضیه یادگیری پنهان مسترز (۱۹۹۲) توجیه شدنی است. نتایج این پژوهش در گروه نظام دار فزاینده در مراحل یادداری و انتقال با یافته های مطالعات پورتر و بکرمن (۲۰)، مگیل و همکاران (۲۵) و صایمی و پورتر<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) همسوست. نتایج گروه نظام دار فزاینده می تواند با مدل مراحل یادگیری جنتایل<sup>۵</sup> (۳۹) همسو باشد. براساس این مدل، یادگیرنده به منظور کسب الگوی حرکتی، شناسایی و اصلاح خطاهای تکلیف، در اوایل تمرین نیازمند تکرار کوشش ها خواهد بود و توسعه یک الگوی حرکتی نیازمند برنامه ریزی تمرین مسدود است. فایده دیگر

- 
1. Stability Hypothesis
  2. Consistency Hypothesis
  3. Hikosaka
  4. Saemi & Porter
  5. Gentile

یادگیری نظام‌دار فزاینده در تمرین این است که تجربیات یادگیری در طول تمرین اجازه وابستگی به بافت تمرینی را نمی‌دهد؛ زیرا محیط تمرینی متنوع را برای یادگیرنده ایجاد می‌کند که یکی از ضعف‌های تمرین با سطوح پایین تداخل زمینه‌ای است. بیورک و همکاران ایده دشواری مطلوب و گواداگنولی و لی فرضیه نقطه چالش (۱۴) را پیشنهاد کردند. چالش‌های منظم در طول تمرین، یادگیرنده را در سطح مناسبی از اجرا قرار می‌دهند که به خلق محیط بهینه برای یادگیری و دشواری مطلوب برای یادگیرنده منجر می‌شود (۱۹). نتایج پژوهش حاضر از این فرضیه‌ها حمایت می‌کنند. به عقیده پژوهشگران، شروع یک برنامه تمرینی با تداخل زمینه‌ای پایین دشواری عملکردی را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه در چنین شرایطی مبتدیان ساختار زمان‌بندی یک تکلیف را آسان‌تر یاد می‌گیرند (۱۴، ۲۹).

براساس فرضیه رشد موازی پورتر و مگیل (۱۹)، هم‌زمان با رشد سطح مهارت و توانایی پردازش اطلاعات، برنامه تمرین باید با چالش‌های دائمی سخت‌تر شود تا یادگیرندگان با سطح بهینه‌ای به چالش کشیده شوند. برنامه تمرین نظام‌دار فزاینده راهی برای ایجاد محیط بهینه یادگیری است. پورتر و بکرمن (۲۰) عنوان کردند که یادگیرنده‌ها در گروه نظام‌دار فزاینده در کوشش‌های اولیه یک الگوی حرکتی پایه را با چالش‌پذیری کمتر و در نتیجه سطح دشواری پایین‌تر با برنامه مسدود تکامل می‌دهند؛ در نتیجه فرصتی برای کشف الگوهای حرکتی مختلف و استراتژی‌ها برای موفقیت اولیه در یادگیری تکلیف فراهم می‌شود؛ با این حال همان‌طور که برنامه پیشرفت می‌کند، چالش‌های بیشتری با پیشرفت در برنامه زنجیره‌ای و در نهایت برنامه تصادفی ایجاد می‌شود. یادگیرنده با توجه به توانایی پردازش اطلاعات بسیار کارآمد و رشد برنامه حرکتی پیشرفته‌تر قادر به مدیریت تداخل زمینه‌ای خواهد بود. با توجه به برنامه تمرین گروه نظام‌دار فزاینده این احتمال وجود دارد که شروع تمرین با برنامه‌ای با تغییرپذیری کمتر (تمرین مسدود) و سپس ارائه تمرین زنجیره‌ای و در نهایت تمرین تصادفی در آخر پیوستار تمرین، محیط یادگیری کم‌خطایی را ایجاد کند؛ به شکلی که تمرین مسدود نیاز به آزمون فرضیه کمتری را بر یادگیرنده تحمیل کند. در واقع، محیط کم‌خطای اولیه باعث می‌شود که ساختار مناسبی از زمان‌بندی نسبی تکلیف یاد گرفته شود (۲۰). پرتو و همکاران (۱۹) اظهار کردند ممکن است مزایای استفاده از یک روش تمرین ترکیبی که با تمرین مسدود شروع می‌شود و با تمرین تصادفی پایان می‌یابد، در یادگیری پنهان ریشه داشته باشد، اما برای شناسایی این شرایط انجام‌دادن پژوهش‌های بیشتر لازم است. نتایج پژوهش حاضر با پیش‌بینی‌های فرضیه‌های سنتی تغییرپذیری تمرین و تداخل زمینه‌ای در حمایت از تمرین تصادفی ناهمخوان است. این نتیجه در نوع خود درخور توجه است؛ زیرا نتیجه غالب این‌گونه پژوهش‌ها آن است که تمرین تصادفی می‌باید به عملکرد بهتری در آزمون‌های یادداری/انتقال منجر شود (۲۷، ۴، ۳). شایان ذکر است که هیچ‌کدام از

این پیش‌بینی‌ها توسط یافته‌های این پژوهش حمایت نشد که این امر می‌تواند به دلایل ذیل باشد. از دلایل احتمالی می‌توان به نوع تکلیف و مهارت، فاصله آزمون یادداری و انتقال، سن و جنسیت شرکت کنندگان و پیچیدگی تکلیف اشاره کرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد صرف تغییرپذیری و بالانگه‌داشتن میزان خطا (گروه پرخطا و تصادفی) و چالش‌پذیری در حین تمرین به یادگیری مطلوب نمی‌انجامد. بوزارد و همکاران (۲) و برتولی و همکاران (۳) عنوان کردند که اصول مشتق‌شده از یادگیری تکالیف نسبتاً ساده در یادگیری تکالیف پیچیده قابلیت تعمیم‌پذیری ندارد. آن‌ها دریافتند که پیچیدگی تکلیف سود احتمالی برنامه تمرین تصادفی را ممکن است تحت‌تأثیر قرار دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد احتمالاً گروه‌های تصادفی و پرخطا درگیر آزمون فرض زیادی شدند؛ به شکلی که از یادگیری آشکار بهره جستند. یک اشکال دیگر در برنامه‌ریزی کاملاً تصادفی این است که انتقال پایدار از یک تکلیف به تکلیف دیگر عملی نیست و تغییرات پیوسته در گروه تصادفی در مراحل اولیه عملکرد باعث می‌شود یادگیرندگان تصادفی به شناسایی صحیح رابطه عملکردی بین اجراکننده و محیط وابسته باشند (۳). مکسول و همکاران (۶) بیان می‌کنند زمانی که تعداد خطاها زیاد باشند، این رابطه ممکن است به‌سختی ایجاد شود و منابع توجهی ممکن است به‌صورت انتخابی به شناسایی این ارتباط عملکردی تخصیص یابند؛ در نتیجه با کسب پویایی عملکردی تداخل پیدا می‌کنند.

نتایج مربوط به تحلیل داده‌ها در مرحله تکلیف ثانویه حاکی از این بود که بین گروه‌ها تفاوت معنادار وجود داشت. همان‌طور که ذکر شد، فقدان افت اجرا تحت تکلیف ثانویه شناختی یکی از شرایط اصلی تأیید به‌وقوع پیوستن یادگیری پنهان است (۵). این مرحله از پژوهش به‌منظور تشخیص و بررسی میزان درگیری شناختی یادگیرنده و درواقع وابستگی به حافظه کاری طراحی و اجرا شد. در پژوهش حاضر، الگوی نتایج در شرایط تکلیف ثانویه شناختی تقریباً مشابه با یافته‌های مراحل یادداری و انتقال بود. مانند نتایج مراحل قبلی، گروه‌های کم‌خطا (گروه دشواری تکلیف از ساده به مشکل) و نظام‌دار فزاینده (مسدود-زنجیره‌ای- تصادفی) عملکرد با ثبات‌تری در مرحله انتقال تکلیف ثانویه (اجرای همزمان تکلیف شمارش تن صدا تکلیف ثانویه و تکلیف اولیه) در مقایسه با سایر گروه‌های تمرینی داشتند؛ بنابراین استنباط می‌شود گروه تصادفی و پرخطا از فرایند یادگیری آشکار و ظرفیت توجهی بیشتری استفاده کردند؛ در نتیجه با محدودیت ظرفیت توجه در اجرای دو تکلیف نتوانستند بین دو تکلیف تمایز قائل شوند و پردازش کنترل‌شده و آگاهانه‌ای را دنبال کردند که در نتیجه باعث افت اجرا در تکلیف اولیه شد. اضافه‌بار ناشی از تکلیف ثانویه باعث شد که توجه شرکت کنندگان از تکلیف اول دور و به تکلیف ثانویه انتقال داده شود و از فرایند آزمون فرضیه و حافظه کاری بیشتری استفاده کردند؛ در نتیجه خطای بیشتری در انجام‌دادن هم‌زمان دو تکلیف مرتکب شدند (۵). بخشی از یافته-



های این پژوهش در گروه کم‌خطا با نتایج مطالعات مسترز (۱۹۹۲)، مکسول و همکاران (۶)، پولتون و همکاران (۷)، کاپیو<sup>۱</sup> و همکاران (۸) و چاول<sup>۲</sup> و همکاران (۴۰) همسوست. به‌دلیل کمبود ادبیات پژوهش در روش نظام‌دار فزاینده در مرحله انتقال تکلیف ثانویه، در تفسیر یافته‌های این پروتکل تمرینی جانب احتیاط رعایت شده است. بوزراد و همکاران (۲۷) دریافتند که اصلاح و تعدیل‌سازی تجهیزات، کودکان را به یادگیری پنهان تشویق می‌کند و باعث کاهش فرایندهای شناختی (درگیری حافظه کاری) می‌شود و همچنین از آزمون فرضیه و تغییرات راه‌حل‌های حرکتی هنگام افزایش بار شناختی در شرایط تکلیف ثانویه جلوگیری می‌کند. در تحقیق حاضر پیش‌بینی این بود که گروه نظام‌دار فزاینده مانند گروه کم‌خطا و روش تعدیل‌سازی تجهیزات که مطرح شد، از مکانیزم‌های یکسانی بهره ببرند. یافته‌های پژوهش حاضر از این پیش‌بینی حمایت کرد. این یافته‌ها نشان داد که احتمالاً یادگیرندگان گروه نظام‌دار فزاینده یک شیوه یادگیری پنهان مانند پروتکل کم‌خطا را در پیوستار پروتکل برنامه تمرین تجربه کرده‌اند. درواقع، این گروه تمرین با روش مسدود با میزان خطای کم را شروع کردند و تکلیف با نیازهای شناختی و آزمون فرضیه کمتر را یاد گرفتند. درنهایت به نظر می‌رسد مکانیزم‌های درگیر در یادگیری نظام‌دار فزاینده (مسدود-زنجیره‌ای-تصادفی)، فرایندهای یادگیری پنهان را تشویق و تقویت می‌کند. پولتون و همکاران (۷، ۲۰۱۲) در پژوهش‌های خود نشان دادند وقتی فقط در ابتدای یادگیری آزمون فرضیه‌ها (تمرین مسدود) کاهش یابد، برای اینکه کنترل حرکت در طی مراحل بعدی مستقل از حافظه کاری بماند، کافی است. همان‌طور که افراد به‌طور تدریجی مهارت بیشتری کسب می‌کنند (ماهرتر می‌شوند)، فرایندهای حرکتی را به شکل دانش رویه‌ای و درنهایت در قالب یادگیری پنهان کسب می‌کنند.

سورس و هاهن (۲۱) در پژوهشی نشان دادند فراگیران گروه تدریجی قادر نبودند تعداد تغییرات سرعت را به‌طور دقیق گزارش کنند. این امر نشان‌دهنده نبود توانایی آن‌ها در انباشت قوانین صریح درباره اجرای تکلیف به‌رغم اکتساب مهارت حرکتی است که یکی از مشخصه‌های یادگیری پنهان است. درواقع، یادگیری نظام‌دار فزاینده مانند یادگیری کم‌خطا در بسیاری ویژگی‌ها مشترک است. همچنین عنوان شده است که یادگیری پنهان بیش از یادگیری آشکار، گستره‌ای از مهارت‌های حرکتی را ارتقا می‌دهد (۵، ۳)؛ به‌طوری‌که یکی از شواهد مشترک تأییدکننده این مطلب، تعداد قواعد کلامی کمتر گزارش‌شده توسط شرکت‌کنندگان گروه نظام‌دار فزاینده و کم‌خطا به‌عنوان شاخصی از شکل‌گیری یادگیری پنهان است. مسترز و همکاران (۳۱) پیشنهاد کردند که محدود کردن محیط در مراحل اولیه یادگیری، مزایای یادگیری رویه‌ای را به‌وسیله کاهش بار روی فرایندهای حافظه کاری

---

1. Capio  
2. Chauvel

فراهم می‌کند و از استراتژی آزمون فرضیه جلوگیری می‌کند. مزایای راهبردهای یادگیری حرکتی پنهان اغلب از طریق نظریهٔ بازپردازش آگاهانه توضیح داده می‌شود (۵). اگر فرایندهای حرکتی خودکار به صورت آگاهانه از دانش اخباری مرتبط با تکلیف برای کنترل حرکات استفاده کنند، می‌توانند مختل شوند؛ در نتیجه گروه‌های پرخطا و تصادفی به دلیل انباشت مجموعه‌ای از دانش آشکار، مستعد بازپردازش و سرمایه‌گذاری مجدد شدند؛ از این رو آن‌ها به اختلال عملکرد در شرایط تکلیف ثانویه دچار می‌شوند. یون (۵) بیان کرد که اثر تداخل زمینه‌ای (تمرین تصادفی) از دانش اخباری بهره می‌برد. دانش استفاده‌شده توسط یادگیرنده‌های کم‌خطا ماهیتی پنهان دارد و به طور آگاهانه کمتر در دسترس است. گروه کم‌خطا هنگام یادگیری (ساده به مشکل) تکلیف زمان‌بندی نسبی از حافظهٔ کاری کمتری استفاده کردند؛ به طوری که این کاهش استفاده از حافظهٔ کاری برای اجرای تکلیف زمان‌بندی به یادگیرنده‌ها این اجازه را داد که منابع حافظهٔ کاری بیشتری به تکلیف ثانویه اختصاص دهند؛ در نتیجه این امر باعث عملکرد دقیق‌تر و باثبات‌تر در مقایسه با گروه‌های تصادفی و پرخطا شد (۵، ۳). نتایج بررسی تعداد قواعد کلامی گزارش‌شده نشان داد که بین میزان قواعد ارائه‌شده توسط گروه‌های تمرینی تفاوت معنادار وجود دارد؛ به گونه‌ای که دو گروه کم‌خطا و فزاینده نظام‌دار در مقایسه با گروه‌های کنترل، پرخطا و تصادفی میزان دانش آگاهانه و آشکار مرتبط با تکلیف آزمایشگاهی زمان‌بندی متوالی کمتری را گزارش دادند (۵). مسترز و مکسول (۵) استدلال کردند که مقدار دانش آشکار، شاخصی از وابستگی به حافظهٔ کاری در طول یادگیری است. در واقع گروه کم‌خطا و فزاینده نظام‌دار به فرایندهای آگاهانه در مقایسه با گروه‌های دیگر کمتر وابسته بودند. تعداد قواعد گزارش‌داده‌شده توسط این دو گروه نشانگر وابسته‌نبودن اجرا به قواعد کلامی و در نتیجه رهاشدن حافظهٔ کاری از پردازش قواعد آشکار در حین اجرای تکلیف زمان‌بندی است. یافته‌های این پژوهش در گزارش کلامی در گروه کم‌خطا همسو با یافته‌های مطالعات قبلی است؛ به صورتی که تعداد قوانین صریح (دانش آشکار) عاملی مهم در تخریب عملکرد تحت تکلیف ثانویه است (۱۲، ۷، ۶، ۵). نتایج این مطالعات حاکی از آن است که یادگیرندگان به شیوهٔ آشکار در مقایسه با یادگیرندگان ضمنی در فرایندهای کلامی-تحلیلی بیشتری درگیر بودند. این امر موجب وابستگی بیشتر به فرایندهای آگاهانه و دانش اخباری مرتبط با تکلیف و در نهایت به افت عملکرد منجر می‌شود. همچنین در شمارش تن صدا تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت و همهٔ گروه‌ها تکلیف شمارش تن صدا را با دقت نسبتاً خوبی انجام دادند؛ به شکلی که از تکلیف ثانویه (شمارش تن صدا) برای دقت بیشتر در انجام دادن تکلیف زمان‌بندی صرف‌نظر نکردند.

### پیام مقاله

در پژوهش‌های گذشته از تکالیف میدانی و شاخص‌های پارامتری مانند فاصله از هدف و اندازه هدف برای تعیین میزان تأثیر تمرینات کم‌خطا و پرخطا استفاده شده است، اما در پژوهش حاضر تغییرات اعمال‌شده در سطح زمان‌بندی نسبی به‌عنوان بُعدی جدید مطالعه شد. نتایج درخور توجه پژوهش حاضر این است که شاخص‌هایی مانند زمان‌بندی نسبی که یکی از ویژگی‌های تغییرناپذیر برنامه حرکتی تعمیم‌یافته است، به نظر می‌رسد مانند دیگر شاخص‌های پارامتری با یادگیری کم‌خطا در یک محیط محدودشده که تعداد خطاها را کاهش می‌دهد، بهتر آموخته می‌شوند. نتایج کاربردی پژوهش حاضر به مربیان، معلمان تربیت‌بدنی و همچنین درمانگرانی که با بازتوانی حرکتی و کارکردی سروکار دارند، توصیه می‌کند در آموزش مهارت‌هایی که زمان‌بندی جزء جدانشدنی آن را تشکیل می‌دهد، استفاده از شیوه‌های تمرینی کم‌خطا و نظام‌دار فزاینده می‌تواند محیط یادگیری بهینه‌ای را ایجاد کند و یادگیری مقاوم و پایداری در شرایط تحت استرس محیطی مانند انجام‌دادن هم‌زمان تکالیف شناختی و رقابت فراهم می‌کند.

### منابع

1. Baddeley, AD. Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*. 2012; 63:1-29.
2. Buszard T, Reid M, Krause L, Kovalchik S, Farrow D. Quantifying contextual interference and its effect on skill transfer in skilled youth tennis players. *Frontiers in Psychology*. 2017;3: 1931-8.
3. Bertollo M, Berchicci M, Carraro A, Comani S, Robazza C. Blocked and random practice organization in the learning of rhythmic dance step sequences. *Perceptual and Motor Skills*. 2010;110(1):77-84.
4. Rendell M A, Masters R S, Farrow D, Morris, T. An implicit basis for the retention benefits of random practice. *Journal of Motor Behavior*. 2010; 43:1-13.
5. Masters RSW, Maxwell J. The theory or reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008; 1:160-83.
6. Maxwell JP, Masters RSW, Kerr E, Weedon E. The implicit benefit of learning without errors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2001;54A:1049-68.
7. Poolton JM, Masters RSW, Maxwell JP. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Human Movement Science*. 2005;24:362-78.
8. Capio CM, Poolton JM, Sit CHP, Euiga KF, Masters RSW. Reduction of errors during practice facilitates fundamental movement skill learning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2013; 57:295-305.

9. Van Ginneken WF, Capiro CM, Poolton JM, Choi CS, Masters RS. The effect of errorless versus errorful learning on generalized motor program learning and parameterization learning. In: 19th ECSS Annual Congress, Amsterdam, Netherlands; 2014.
10. Capiro CM, Poolton JM, Eguia KF, Choi CS, Masters RS. Movement pattern components and mastery of an object control skill with error-reduced learning. *Developmental Neurorehabilitation*. 2017;20(3):179-83.
11. Wong AWK, Tse ACY, Ma EPM, Whitehill TL, Masters RS. Effects of error experience when learning to simulate hypernasality. *Journal of Speech Language, and Hearing Research*. 2013;56(6):1764-73.
12. Maxwell JP, Capiro CM, Masters RS. Interaction between motor ability and skill learning in children: Application of implicit and explicit approaches. *European Journal of Sport Science*. 2017;17(4):407-16.
13. Lee TD, Eliasz KL, Gonzalez D, Alguire K, Ding K, Dhaliwal C. On the role of error in motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 2016;48(2):99-115.
14. Sanli EA, Lee TD. What roles do errors serve in motor skill learning? An examination of two theoretical predictions. *Journal of Motor Behavior*. 2014;46(5):329-37.
15. Chien KP, Chen S. the influence of guided error-based learning on motor skills self-efficacy and achievement. *Journal of Motor Behavior*. 2017; 50(3): 1-10.
16. Levac D, Driscoll K, Galvez J, Mercado K, O'Neil L. OPTIMAL practice conditions enhance the benefits of gradually increasing error opportunities on retention of a stepping sequence task. *Human Movement Science*. 2017; 56:129-38.
17. Mount J, Pierce SR, Parker J, DiEgidio R, Woessner R, Spiegel L. Trial and error versus errorless learning of functional skills in patients with acute stroke. *Neuro Rehabilitation*. 2007;22(2):123-32.
18. Lee TD. Contextual interference: generalizability and limitations. In Hodges NJ, Williams AM. eds. *Skill acquisition in sport: research, theory, and practice*. 2<sup>nd</sup> ed. London, England: Routledge; 2012, pp. 79-93.
19. Porter JM, Magill RA. Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills. *Journal of Sports Sciences*. 2010;28(12):1277-85.
20. Porter JM, Beckerman T. Practicing with gradual increases in contextual interference enhances vasomotor learning. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*. 2017;48(2):244-50.
21. Sawers A, & Hahn ME. Gradual training reduces practice difficulty while preserving motor learning of a novel locomotor task. *Human Movement Science*. 2013;32(4):605-17.
22. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*. 1975; 82:225-60.
23. Shea CH, Wulf G. Schema theory: a critical appraisal and reevaluation. *Journal of Motor Behavior*. 2005;37(2):85-102.
24. Rohbanfard H, Proteau L. Effects of the model's handedness and observer's viewpoint on observational learning. *Experimental Brain Research*. 2011;214(4):567-76.

25. Magill RA, Anderson DI. Motor learning and control: concepts and applications. New York: McGraw-Hill; 2014.
26. Maxwell JP, Capio CM, Masters RS. Interaction between motor ability and skill learning in children: Application of implicit and explicit approaches. *European Journal of Sport Science*. 2017;17(4):407-16.
27. Buszard T, Reid M, Masters R, Farrow D. Scaling the equipment and play area in children's sport to improve motor skill acquisition: a systematic review. *Sports Medicine*. 2016;46(6):829-43.
28. Savelsbergh G, Cañal-Bruland R, van der Kamp J. Error reduction during practice: a novel method for learning to kick free-kicks in soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2012;7(1):47-56.
29. Guadagnoli MA, Lee TD. Challenge point: framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 2004; 36:212-24.
30. Schmidt RA. Frequent augmented feedback can degrade learning: evidence and interpretations. In: *Tutorials in motor neuroscience*. Netherlands: Springer; 1991, pp. 59-75.
31. Masters RSW. Knowledge, knerves and know-how: the role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*. 1992; 83:343-58.
32. Abdoli B, Farsi A, Barani FH. Comparing the effects of Errorless and errorful and fixed practices on learning of throwing task. *European Journal of Experimental Biology*. 2012;2(5):1800-16.
33. Ong NT, Lohse KR, Sze AF, Hodges NJ. Investigating the moderating influence of self-efficacy in an errorless learning protocol. *Journal of Sport & Exercise Psychology*. 2013;35: s43-s44.
34. Zareian E, Majid AR, Barani K, Dastfal M. The role of errorful and errorless training on error detection and learning of tracking task. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 2015;17(1):61-6.
35. McClelland JL, Thomas AG, McCandliss BD, Fiez JA. Understanding failures of learning: Hebbian learning, competition for representational space, and some preliminary experimental data. *Progress in Brain Research*. 1999; 121:75-80.
36. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 1979; 5:179-87.
37. Hikosaka O, Nakahara H, Rand MK, Sakai K, Lu X, Nakamura K, et al. Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neurosciences*. 1999;22(10):464-71.
38. Saemi E, Porter JM, Ghotbi Varzaneh A, Zarghami M, Shafinia, P. Practicing along the contextual interference continuum: A comparison of three practice schedules in an elementary physical education setting. *Kinesiology*. 2012;44(2):191-8.
39. Gentile AM. A working model of skill acquisition with application to teaching *Quest*. 1972 Jan 1;17(1):3-23.

40. Chauvel G, Maquestiaux F, Hartley AA, Joubert S, Didierjean A, Masters RSW. Age effects shrink when nondeclarative, automatic memory processes predominantly support motor learning: evidence from golf putting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2012;65(1):25-38.
41. Mohamadi J, Ghamari A, Hesari SA. Learning and generalization of the errorless and errorfull practice in girls 10 to 12 years. *Journal of Motor Behavior*. 2016;8(23):49-64. (In Persian).
42. Ghamari A, Mohamadi J, Mohamadi M. The effect of errorless and error full practice on learning and transfer of dart throwing skill in adolescents with intellectual disabilities. *Journal of Motor Behavior*. 2014;21;111-26. (In Persian).

#### استناد به مقاله

نظری کاکوندی سعید، صابری کاخکی علیرضا، طاهری تربتی حمیدرضا، رهبان فرد حسن. اثر آرایش‌های منتخب تمرین بر یادگیری زمان‌بندی نسبی یک تکلیف حرکتی، با تأکید بر رویکرد یادگیری آشکار و پنهان. رفتار حرکتی. پاییز ۱۴۰۰؛ ۱۳(۴۵): ۶۱-۹۰. شناسه دیجیتال: 10.22089/MBJ.2018.5641.1655

Nazari Kakvandi S, Saberi Kakhki A. R, Taheri H, Rohbanfard H. The Effect of Selected Practice Arrangement on the Learning of the Relative Timing of a Motor Task: Emphasis on Implicit and Explicit Approaches. *Motor Behavior*. Fall 2021; 13 (45): 61-90. (In Persian). Doi: 10.22089/MBJ.2018.5641.1655