

The Effect of Dyad Training on the Improvement and Sustainability Executive Functions of Table Tennis Players: An Examination of High and Low Cognitive Load

Elahe Siavashi^{1✉} , Abouzad Saadatian² , Ayoub Hashemi³ 

1. Corresponding Author, Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: e.siavashi@yu.ac.ir
2. Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: a.saadatian@yu.ac.ir
3. Department of Sport Sciences, Faculty of Human Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran. E-mail: a.hashemi@yu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research	Introduction: The aim of the present study was to investigate the effect of different cognitive conditions in dyad trainings on the improvement and stability of executive functions (working memory, response inhibition) of table tennis players. Methods: In a semi-experimental study with a pre-test-post-test and retention design, 24 boys (mean age 15.03±0.076) were selected through convenience sampling from boys' schools in yasouj city and randomly assigned to two groups: high cognitive load and low cognitive load. Both groups performed dyad trainings for 6 sessions with their respective cognitive engagement levels. Each session consisted of 20 repetitions (3 minutes) with a 1-minute rest period between repetitions. The participants' working memory and response inhibition were measured by the n-back and go/no go tests in the pre-test, post-test, and retention stages, respectively. Data were analyzed using a mixed model analysis of variance (ANOVA) test. Results: The results showed that both high and low cognitive load groups had a significant effect from pre-test to retention on working memory ($P < 0.05$), and the high cognitive load group performed better than the low cognitive load group. Neither group showed a significant effect on response inhibition ($P > 0.05$). Conclusion: In general, the results of the present study indicate that dyad trainings with high cognitive load provide the possibility of improving the working memory of table tennis players.
Article history: Received: 2 January 2025 Received in revised form: 29 April 2025 Accepted: 30 April 2025 Published online :	
Keywords: Dyad trainings, Executive function, Response inhibition, Table tennis, Working memory.	

Cite this article: Siavashi, E., Saadatian, A., & Hashemi, A. (2026). The Effect of Dyad Training on the Improvement and Sustainability Executive Functions of Table Tennis Players: An Examination of High and Low Cognitive Load. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 18 (), p-p.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2025.388019.1819>



Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0| web site: <https://jsmdl.ut.ac.ir/> | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Executive functions are a set of cognitive processes, such as working memory, response inhibition, and cognitive flexibility, that are essential for goal-directed behavior (Cristofori, Cohen-Zimmerman & Grafman, 2019). These cognitive abilities play a critical role in athletic performance, especially in high-speed disciplines such as table tennis, where athletes need to make quick decisions, maintain focus, and control sudden reactions under high-pressure conditions (Diamond & Ling, 2019). As a high-speed sport, table tennis provides a suitable environment for studying these functions, as the fast-paced nature of the sport requires processing a large amount of information under time pressure (Basiri et al, 2020). According to cognitive load theory, cognitive performance is impaired when cognitive load is too high or too low; therefore, adjusting the level of cognitive challenge is essential to improve learning and effective performance (Kirschner, 2002). One training method that has recently received attention due to its effective combination of cognitive and physical challenges is pair training (Deconinck et al, 2015). Pair training, which involves pairs working together to complete shared tasks, has been proposed as an effective intervention for improving cognitive and physical performance (Ghosh, Dunham & O'Connell, 2023; Pucciarelli et al, 2021). Despite the theoretical and empirical evidence for Rogi training (Deconinck et al, 2015; Barth, Güllich, Macnamara & Hambrick, 2022), limited research has examined how different levels of cognitive load in this type of training affect specific components of executive functions. The aim of the present study is to fill these gaps by examining the differential effects of high and low cognitive load conditions on executive functions in table tennis players.

Methods

The present study was semi-experimental in terms of method and research design as pretest-posttest with control group. Based on the inclusion criteria and sample size estimated by G-Power software, 24 subjects with the age range of 14 to 16 years were equally selected from boys' schools in Yasouj city through convenience sampling and randomly placed in two groups of high cognitive load and low cognitive load. To assess the subjects' executive functions, N-back tests (Bush et al, 2008) were used to examine working memory and the Go/No-Go test (Atadokht, Majidi, Hajloo & Abdul Qasimi, 2017) to assess response inhibition. Both groups performed cognitive trainings with high and low load for six sessions of related trainings. The research samples in the low cognitive load group practiced normal cooperative doubles training by performing forehand strokes in blocks and fixed repetitions.

In this training method, they first performed 5 sets to warm up the forehand stroke completely freely to any area of the opponent's table they wanted. The remaining 15 sets were performed with a foot dance movement and by memorizing the areas one and two marked on the training table. However, in the group with high cognitive load, after training the forehand skill, like the group with low cognitive load, the subjects first performed 5 sets of three minutes with the aim of warming up, performing the forehand stroke completely freely to any area of the opponent's table they wanted. They performed the 15 sets of three minutes in a way that both the area of the table had changed from 2 areas to 4 areas (each half of the table is divided into 2 areas) and there was no constant rhythm. A composite analysis of variance test was used to examine the hypotheses, and a Bonferroni post hoc test was used to accurately determine the mean difference between groups and within groups.

Results

The results of the present study showed that in the working memory subscale, the main effect of stage ($F=32.76$, $P=0.001$, $\eta^2=0.59$), group ($F=25.70$, $P=0.001$, $\eta^2=0.43$) and the interaction effect ($F=7.60$, $P=0.001$, $\eta^2=0.25$) were significant. Regarding the response inhibition subscale, the results of the combined analysis of variance with the assumption of Mueckli sphericity showed that the main effect of stage ($F=1.03$, $P=0.36$, $\eta^2=0.04$), group ($F=2.18$, $P=0.15$, $\eta^2=0.09$) and the interaction effect ($F=1.24$, $P=0.29$, $\eta^2=0.05$) were not significant, and Dyad training did not have any significant effect on the response inhibition subscale.

Conclusion

The aim of the present study was to investigate the effect of different cognitive conditions in dyad table tennis trainings on the improvement and stability of executive functions (working memory and response inhibition) in male students. The results showed that both high and low cognitive load groups showed significant improvement in working memory performance from pre-test to retention. In the post-test and retention stages, the high cognitive load group performed significantly better than the low cognitive load group. While the results related to response inhibition showed that neither of the high and low cognitive load groups showed significant change from pre-test to retention. The results of the present study are consistent with the cognitive load theory (Kirschner, 2002). Dyad trainings, which include group activities that require mutual interactions, increase cognitive participation by adding a social dimension to the task demands (Deconinck et al,

2015). According to cognitive load theory, when tasks require information processing and integration, the working memory system is more engaged (Kirschner, 2002). The high cognitive load group may have needed to process more information simultaneously, which may have strained their working memory capacity through complex decision-making, communication, and coordination in the training sessions. The lack of significant improvement in response inhibition may indicate that the nature of the training tasks was not sufficient to produce meaningful changes in this area.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This article is extracted from a research project. This research was conducted in compliance with ethical principles, including obtaining a written consent form to

participate in the study, respecting the confidentiality of participants' information, and their freedom to withdraw from the research process. The research did not cause any physical or psychological harm to the participants. Also, the participants were trained free of charge.

Funding: All costs of this research were covered by the authors.

Authors' contribution: This article is extracted from a research project of the first author, who was responsible for implementing the plan, collecting samples, intervention sessions, and analyzing and reviewing the results. The responsible author supervised the stages of research implementation and revision of the article. The other authors were responsible for guidance on research methods and data analysis.

Conflict of interest: The authors of this article declare no conflicts of interest.

Acknowledgments: The authors thank all those who participated in this research.

Im Press

تأثیر تمرینات زوجی بر ارتقا و پایداری کارکردهای اجرایی بازیکنان تنیس روی میز: بررسی بار شناختی بالا و پایین

الهه سیاوشی^۱✉، ابودر سعادتیان^۲، ایوب هاشمی^۳

۱. نویسنده مسؤول، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: e.siaavashi@yu.ac.ir

۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: a.saadatian@yu.ac.ir

۳. گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: a.hashemi@yu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/ / کلیدواژه‌ها: بازداری پاسخ، تمرینات زوجی، تنیس روی میز، حافظه کاری، کارکرد اجرایی.	مقدمه: هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر شرایط مختلف شناختی در تمرینات زوجی بر ارتقا و پایداری کارکردهای اجرایی (حافظه کاری، بازداری پاسخ) بازیکنان تنیس روی میز بود. روش پژوهش: در یک مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و یادداری، ۲۴ پسر (میانگین سنی ۱۵/۰۳±۰/۰۷۶)، به صورت نمونه گیری در دسترس از مدارس پسرانه شهر یاسوج انتخاب و به شکل تصادفی در دو گروه بار شناختی بالا و بار شناختی پایین قرار گرفتند. هر دو گروه به مدت ۶ جلسه تمرینات زوجی را با سطح درگیری شناختی مربوط به خود انجام دادند. هر جلسه شامل ۲۰ تکرار ۳ دقیقه‌ای با زمان استراحت ۱ دقیقه‌ای بین تکرارها بود. حافظه کاری و بازداری پاسخ شرکت کنندگان به ترتیب توسط آزمونهای n-back و go /no go در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری سنجیده شد. از آزمون تحلیل واریانس مرکب برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. یافته‌ها: نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد هر دو گروه بار شناختی بالا و پایین تأثیر معناداری از پیش‌آزمون تا یادداری بر حافظه کاری ($P<0/05$) داشت و گروه با بار شناختی بالا عملکرد بهتری نسبت به گروه با بار شناختی پایین داشت. اثر گذاری هر دو گروه بار شناختی بالا و پایین بر فاکتور بازداری پاسخ معنادار نبود ($P>0/05$). نتیجه گیری: به طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از این است که تمرینات زوجی با بار شناختی بالا امکان بهبود حافظه کاری بازیکنان تنیس روی میز را فراهم میسازد.

استناد: سیاوشی، الهه؛ سعادتیان، ابودر؛ و هاشمی، ایوب (۱۴۰۵). تأثیر تمرینات زوجی بر ارتقا و پایداری کارکردهای اجرایی بازیکنان تنیس روی میز: بررسی بار شناختی بالا و پایین. نشریه رشد و یادگیری حرکتی ورزشی، ۱۸ (۱)، ص ص.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2025.388019.1819>

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت CC BY-NC 4.0 به نویسندگان واگذار کرده

است. تارنما: <https://jsmdl.ut.ac.ir> | رایانامه: jsmdl@ut.ac.ir



مقدمه

کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از فرآیندهای شناختی مانند حافظه کاری، بازداری پاسخ و انعطاف پذیری شناختی هستند که برای رفتارهای هدفمند ضروری می‌باشند (کریستوفری، زیمرمان و کرافمان^۱، ۲۰۱۹). این توانایی‌های شناختی نقشی حیاتی در عملکرد ورزشی دارند، به‌ویژه در رشته‌هایی با سرعت بالا مانند تنیس روی میز که ورزشکاران نیاز دارند تصمیمات سریع اتخاذ کرده، تمرکز خود را حفظ کنند و واکنش‌های ناگهانی را در شرایط پرفشار کنترل نمایند (دیاموند و لینگ^۲، ۲۰۱۹). تنیس روی میز، به عنوان یک ورزش با سرعت بالا، محیط مناسبی برای مطالعه این عملکردها فراهم می‌آورد، چرا که ماهیت سریع این ورزش و نیاز به پردازش حجم زیادی از اطلاعات تحت فشار زمانی را ایجاب می‌کند (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). تحقیقات در زمینه توانمندسازی شناختی حاکی از اثر بخشی تمرینات جسمانی بر کارکردهای مغزی است (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹؛ کرامر و کرامر^۳، ۲۰۲۳؛ رانک، ماکرینکوسکا، کوچاچ و وینک و سکی^۴، ۲۰۲۲). در حالی که تأثیرات مثبت فعالیت بدنی بر عملکرد شناختی به خوبی شناخته شده است، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تمرینات جسمانی به‌تنهایی ممکن است برای بهبود کارکردهای اجرایی کافی نباشند (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹؛ دکونینک و همکاران^۵، ۲۰۱۵). در مقابل، مداخلاتی که به طور هم زمان شامل چالش‌های شناختی و جسمانی هستند؛ که از آن‌ها با عنوان تمرینات شناختی - حرکتی یاد می‌شود، اثرگذاری بیشتری بر تقویت کارکردهای اجرایی دارند (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹). مورو، موریسون و کانوی^۶ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به مقایسه مزایای تمرینات جسمانی، آموزش شناختی و تمرینات جسمانی به علاوه آموزش شناختی پرداختند که نتایج حاکی از برتری گروه تمرینات جسمانی به همراه چالش‌های شناختی بر بهبود کنش‌های اجرایی در مقایسه با گروه‌های دیگر داشت. کامجو^۷ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند فعالیت‌های جسمانی بدون بار شناختی هیچ تأثیری بر کنترل اجرایی ندارد. بار شناختی به میزان تلاش ذهنی مورد نیاز برای پردازش اطلاعات در حین انجام یک تکلیف اشاره دارد (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹). این یافته‌ها با نظریه بار شناختی^۸ (CLT) همسو هستند که بر اهمیت تنظیم بهینه بار شناختی در فرایند یادگیری تأکید دارد. طبق این نظریه، عملکرد شناختی زمانی مختل می‌شود که بار شناختی بسیار زیاد یا بسیار کم باشد؛ بنابراین تنظیم سطح چالش شناختی برای بهبود یادگیری و اجرای مؤثر ضروری است (کیرشنر^۹، ۲۰۰۲). بار شناختی به میزان تلاش ذهنی مورد نیاز برای پردازش اطلاعات مرتبط با تکلیف اطلاق می‌شود و بسته به پیچیدگی و فشار زمانی تکلیف متغیر است (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹). در فعالیت‌های ورزشی، بار شناختی به عنوان یک عامل مهم در نظر گرفته می‌شود، زیرا می‌تواند بر توانایی یک ورزشکار برای عملکرد تحت فشار تأثیر بگذارد. تکالیفی که بار شناختی بالایی دارند نیاز به منابع ذهنی بیشتری دارند و معمولاً شامل تصمیم‌گیری‌های پیچیده در زمان محدود است، در حالی که تکالیف با بار شناختی پایین ساده‌تر و به واکنش‌های خودکار و ساده نیاز دارند (کریستوفری و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به ماهیت دوگانه‌ی جسمانی و شناختی تنیس روی میز، این رشته ورزشی زمینه‌ای مناسب برای بررسی تأثیر سطوح مختلف بار شناختی بر عملکرد ورزشکاران فراهم می‌کند (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از روش‌های تمرینی که اخیراً به دلیل تلفیق مؤثر چالش‌های شناختی و جسمانی مورد توجه قرار گرفته، تمرینات زوجی^{۱۰} است (دکونینک و همکاران، ۲۰۱۵). تمرینات زوجی که

1. Cristofori, Cohen-Zimmerman & Grafman

2. Diamond & ling

3. Kraemer & Kraemer

4. Renke, Marcinkowska, Kujach & Winklewski

5. Deconinck

6. Moreau, Morrison & Conway

7. Kamijo

8. Cognitive Load Theory (CLT)

9. Kirschner

10. Dyad training

شامل کار کردن زوجها برای انجام تکالیف مشترک است، به عنوان یک مداخله مؤثر برای بهبود عملکردهای شناختی و جسمانی پیشنهاد شده است (گوش، دانهام و اوکونل^۱، ۲۰۲۳؛ پوچیارلی^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). طبق مطالعات اخیر، تعاملات دو نفره در تمرینات ورزشی می‌تواند ارتباط بهتر، تصمیم‌گیری تاکتیکی بهبود یافته و انگیزه افزایش یافته ایجاد کند و در نتیجه عملکردهای شناختی ورزشکاران را بهبود بخشد (آیز، برونر و مارتین^۳، ۲۰۱۹؛ گوش و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این، اصل تمرینات زوجی با نظریه شناختی - اجتماعی^۴ هم‌خوانی دارد (باندورا^۵، ۲۰۰۱). این نظریه بر نقش تعاملات اجتماعی، یادگیری مشاهده‌ای، تقلید و مدل‌سازی در رشد شناختی تأکید دارد و معتقد است قرار گرفتن در معرض تمرینات ترکیبی که شامل چالش‌های جسمانی و شناختی باشد، می‌تواند یادگیری را از طریق مدل‌سازی استراتژی‌های مدیریت بار شناختی مؤثر تسهیل کند (باندورا، ۲۰۰۱؛ ویلیامز و هوجز^۶، ۲۰۲۳؛ آیز و همکاران، ۲۰۱۹). پژوهش‌های تصویربرداری عصبی نیز نشان داده‌اند که تمرینات دوتایی نواحی مغزی مرتبط با توجه، پایش عملکرد و سیستم نورون‌های آینه‌ای را فعال می‌کنند که در یادگیری و کنترل شناختی نقش کلیدی دارند (دکونینک و همکاران، ۲۰۱۵؛ گوش و همکاران، ۲۰۲۳). رشته تنیس روی میز به عنوان یک مهارت ادراکی - حرکتی و دارای محدودیت زمانی جهت تصمیم‌گیری و اجرای مهارت است و پایه و اساس این رشته ورزشی بر عملکرد صحیح دوتایی - هاست؛ به عبارت دیگر هنگامی مهارت به درستی شکل می‌گیرد که طرفین در قالب یک مشارکت سازنده بتوانند به گونه‌ای عمل کنند که مهارت مورد نظر منعقد گردد. هر گاه در پاسخ‌های متوالی یک مهارت تکراری مثل فورهند یکی از طرفین دچار خطا شود، امکان شکل‌گیری توالی و یادگیری مهارت برای دو نفر دچار چالش خواهد شد (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). ایشیهارا، ساگاساوا، مستودا و میزونو^۷ (۲۰۱۷) در پژوهشی اثرات دو نوع مختلف تمرین تنیس روی میز که شامل تمرینات با رویکرد فنی و تمرینات با رویکرد بازی بود را بر کارکردهای اجرایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بهبود کنش‌های اجرایی در هر دو گروه را نشان داد؛ با این حال نیاز به انجام تحقیق در خصوص بررسی سطوح مهارتی افراد درگیر در تمرینات زوجی و تأثیر آن بر عوامل شناختی همچنان احساس می‌شود. از میان مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی، حافظه کاری و بازداری پاسخ به طور خاص در تنیس روی میز اهمیت دارند به طوریکه حافظه کاری، امکان نگهداری و پردازش اطلاعات در لحظه را فراهم می‌کند، در حالی که بازداری پاسخ باعث جلوگیری از واکنش‌های آنی و نامناسب می‌شود؛ ویژگی که هنگام مقابله با حرکات فریب‌دهنده حریف ضروری است (ایشیهارا و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعات نشان داده‌اند که بازیکنان نخبه تنیس روی میز در این دو حوزه عملکرد بهتری نسبت به افراد مبتدی دارند (شفر و اسکروناینیچی^۸، ۲۰۲۰؛ ایشیهارا و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین نشان داده شده است که حافظه کاری و بازداری پاسخ به ورزشکاران کمک می‌کنند تا جریان بازی را دنبال کرده، اقدامات حریف را پیش‌بینی کرده و واکنش‌های دقیق و سریعی را در زمان کوتاه انجام دهند (شفر و اسکروناینیچی، ۲۰۲۰؛ جلیوند، ۲۰۲۰). با وجود شواهد نظری و تجربی در رابطه با تمرینات زوجی (دکونینک و همکاران، ۲۰۱۵؛ بارت، کولیچ، مکنامارا و همبریک^۹، ۲۰۲۲)، تحقیقات محدودی به بررسی نحوه‌ی اثرگذاری سطوح مختلف بار شناختی در این نوع تمرینات بر اجزای خاص کارکردهای اجرایی پرداخته‌اند. پژوهش‌های قبلی معمولاً این متغیرها را به صورت مجزا مورد مطالعه قرار داده‌اند بدون آنکه تفاوت‌های اثرات بار شناختی بالا و

1 . Ghosh, Dunham & O'Connell

2 . Pucciarelli

3 . Eys, Bruner & Martin

4 . Social Cognitive Theory

5 . Bandura

6 . Williams & Hodges

7 . Ishihara, Sugawara, Matsuda & Mizuno

8 . Schaefer & Scornaienchi

9 . Barth, Güllich, Macnamara & Hambrick

پایین را بر دامنه‌های مختلف شناختی مشخص کرده باشند (هستر و گاروان^۱؛ سیمور، ماستوفسکی و روش^۲، ۲۰۱۶). علاوه بر این، بیشتر تحقیقات بر تأثیر بار شناختی در محیط‌های ایستا یا تکالیف فردی متمرکز بوده‌اند (زاو^۳، ۲۰۲۳؛ چو، ون مرنبور و پس^۴، ۲۰۱۴)، نه در موقعیت‌های ورزشی پویا و در زمان واقعی، مانند مواردی که در تنیس روی میز مشاهده می‌شود. این کمبود تحقیقات شکاف حیاتی در درک چگونگی بهینه‌سازی تمرینات زوجی برای هدف قرار دادن عملکردهای شناختی در ورزش‌هایی با تقاضای شناختی بالا، مانند تنیس روی میز، به وجود می‌آورد. این مطالعه به دنبال پر کردن این شکاف‌ها با بررسی تأثیرات متفاوت شرایط بار شناختی بالا و پایین بر کارکردهای اجرایی در بازیکنان تنیس روی میز است. با بررسی این ابعاد، این مطالعه به دنبال ایجاد هم‌افزایی در درک نظری و شیوه‌های کاربردی برای ارتقای عملکرد شناختی و کلی ورزشکاران است و می‌تواند راه را برای مطالعات آینده در زمینه دستکاری‌های بار شناختی در ورزش‌های مختلف هموار کند و بینش‌های جدیدی را در مورد چگونگی تأثیر دستکاری بار شناختی بر عملکرد و پردازش شناختی در موقعیت‌های ورزشی واقعی ارائه می‌دهد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ روش، نیمه تجربی و طرح پژوهش به صورت پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. این تحقیق از جنبه نتیجه به دلیل ارائه و استفاده از نتایج علمی آن از نوع تحقیقات کاربردی است.

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری پژوهش حاضر تمامی دانش‌آموزان پسر شهر یاسوج با دامنه سنی ۱۴ الی ۱۶ سال در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بودند. در ابتدا حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G*Power 3.1، بر اساس تحقیقات پیشین (کارلینسکی و هودجز^۵، ۲۰۱۸) و اندازه اثر متوسط ($f^2 = 0.25$) برای ۲ گروه و ۳ مرحله اندازه‌گیری با سطح آلفای ۰/۰۵ و توان آزمون ۰/۸۰، تعداد حداقل ۲۴ نفر برآورد شد. معیارهای ورود به تحقیق شامل، عدم سابقه تمرینی در ورزش‌های راکتی به ویژه تنیس روی میز، راست دست بودن (بر اساس پرسشنامه ادینبورگ)، دارای دید طبیعی (خودگزارشی)، دامنه سنی ۱۴ الی ۱۶ سال و ملاک‌های خروج از تحقیق شامل عدم تکمیل جلسات تمرینی و ارزیابی بود. بر اساس معیارهای ورود به تحقیق و حجم نمونه برآورد شده توسط نرم افزار جی پاور، تعداد ۲۴ نفر آزمودنی با دامنه سنی ۱۴ تا ۱۶ سال به طور مساوی از مدارس پسرانه شهر یاسوج به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه بار شناختی بالا و بار شناختی پایین قرار گرفتند.

ابزارها

کارکردهای اجرایی: برای ارزیابی کارکردهای اجرایی آزمودنی‌ها از دو آزمون ان‌بک برای بررسی حافظه کاری و آزمون برو/نرو برای ارزیابی بازداری پاسخ استفاده شد.

آزمون n-back: n-back یک تکلیف سنجش عملکرد شناختی مرتبط با کنشهای اجرایی^۶ است که نسخه کامپیوتری این آزمون دنباله‌ای از محرک‌های بینایی، گام به گام و به صورت تصادفی بر روی صفحه ظاهر می‌شود. آزمودنی باید بررسی می

1 . Hester & Garavan

2 . Seymour, Mostofsky & Rosch

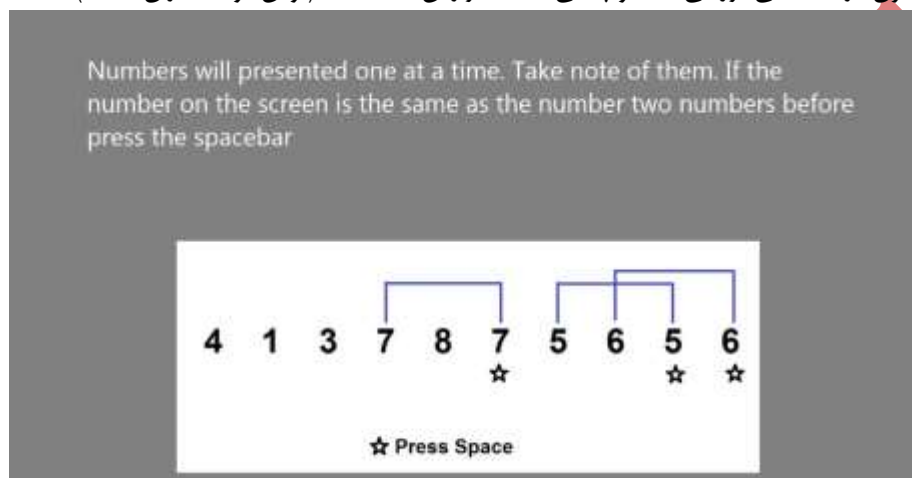
3 . Zhao

4 . Choi, van Merriënboer & Paas

5 . Karlinsky & Hodges

6 . Executive Function

کرد آیا محرک ارائه شده فعلی با محرک n گام قبل از آن مشابه است یا خیر (شکل ۱). در این مطالعه از نوع 1-back و 2-back استفاده شد. در آزمون 1-back چنانچه محرک نشان داده شده با یک محرک قبل از خود مشابه بود، فرد دکمه مشخص شده را می‌فشارد و در آزمون 2-back، چنانچه محرک ارائه شده با محرک دوتا ماقبل خود مشابه بود، فرد باید کلید مربوطه را می‌فشرد. قبل از شروع آزمون اصلی، شرکت‌کنندگان مرحله یادگیری و تمرینی را پشت سر گذاشته و در صورت موفقیت وارد فاز اصلی مطالعه می‌شدند. داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمون عبارت بودند از تعداد پاسخهای صحیح، تعداد پاسخهای غلط، تعداد موارد بی‌پاسخ و میانگین سرعت واکنش پاسخهای صحیح. نمره کل نیز همان تعداد پاسخهای صحیح در نظر گرفته شد. روایی و پایایی آزمون در مطالعاتی بررسی شده و پایایی ۰/۷۸ گزارش شده است (بوش^۱ و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۱. نمونه‌ای از آزمون n-back

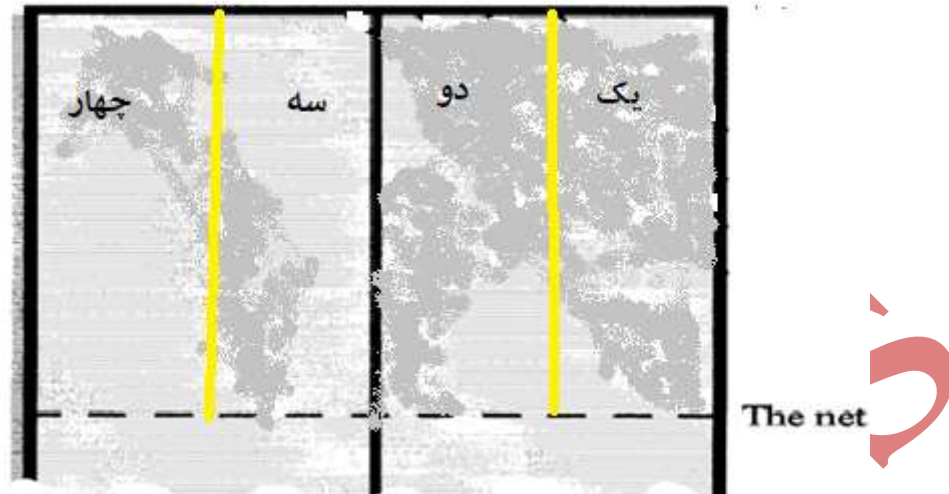
آزمون برو/نرو^۲: این آزمون به طور گسترده‌ای جهت اندازه‌گیری بازداری رفتاری مورد استفاده می‌شود. شامل دو دسته محرک است که آزمون شونده باید به یک سری از این محرک‌ها پاسخ دهد (go) و از پاسخ به دسته دیگر خودداری کند (no go). تعداد محرک‌های go معمولاً بیشتر از محرک‌های no go است که آمادگی آزمودنی برای پاسخ بیشتر است. تعدادی جفت مستطیل با رنگ‌های "سفید و سبز" و "سفید و زرد" به طور تصادفی روی صفحه برای مدت کوتاهی ظاهر می‌شود و باید با دقت به این جفت مستطیل توجه کنند. به آزمودنی‌ها آموزش داده شد که اگر یکی از جفت مستطیلی را که مشاهده کردند به رنگ زرد بود، هیچ پاسخی ندهند. اما اگر یکی از جفت مستطیلی را که مشاهده کردند به رنگ سبز بود، بر حسب چپ و راست بودن مستطیل سبز یکی از این دو پاسخ را بدهند؛ اگر سبز در سمت راست و سفید در سمت چپ بود، با حداکثر سرعت دکمه (علامت سوال؟) را فشار دهند و چنانچه سفید در سمت راست و سبز در سمت چپ بود با حداکثر سرعت دکمه Z را فشار دهند. در ابتدای آزمون چند کوشش آشنایی به صورت تمرینی انجام شد تا آزمودنی نسبت به آزمون و موقعیت کلیدهای پاسخ آشنا شود، سپس ۱۰۰ کوشش اصلی ارائه شد که ۷۰ کوشش آن محرک go بود تا بتواند پاسخ نیرومندی ایجاد شود. کلیه پاسخ‌ها و زمان واکنش نیز ثبت شد. با توجه تنوع نرم افزارهای آزمون برو/نرو در سطح جهان و ایران در پژوهش حاضر از نسخه ایرانی این آزمون ساخت شرکت تحقیقات علوم رفتاری - شناختی سینا استفاده شد. پایایی این آزمون در مطالعه محققان ۰/۸۷ گزارش شده است (تادوخت، مجیدی، حاجلو و عبدالقاسمی، ۲۰۱۷).

1 . Bush

2 . go/no go

روند اجرای پژوهش

بعد از هماهنگی با اداره آموزش و پرورش شهر یاسوج و اعلام فراخوان جهت شرکت در پژوهش در مدارس این شهرستان و تقسیم بندی تصادفی آزمودنی‌ها در گروه‌های پژوهش، در ابتدای پژوهش رضایت کتبی آنها و والدینشان برای شرکت در پژوهش گرفته شد و به آنها این اطمینان داده شد که کلیه روش‌های تمرینی و ارزیابی‌های شناختی هیچ گونه ضرری برای آنها نداشته و آنها مختار بودند هر زمان که خواستند از پژوهش کناره‌گیری کنند. همین‌طور از افرادی سوال میشد که تایید کنند هیچ گونه آشنایی از قبل با مهارت تنیس روی میز نداشته‌اند و اگر فردی اعلام می‌کرد که نسبت به مهارت آگاهی دارد از دایره افراد آزمودنی خارج می‌شد. قبل از انجام هرگونه ارزیابی و تمرین کلیه آزمودنی‌ها به مدت ده دقیقه به صورت زیربیشینه و کشش پویا عمل گرم کردن و در پایان نیز ۵ دقیقه با تمرینات کششی ایستا عمل سرد کردن را انجام دادند تا خطر آسیب‌های عضلانی به حداقل برسد. پس از انتخاب و گرفتن رضایت از آزمودنی‌ها، نمونه‌های تحقیق به صورت تصادفی در ۲ گروه (بار شناختی بالا و پایین) قرار گرفتند. سپس یک جلسه آشنایی و توجیهی برای همه آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد. پژوهشگران و دو مربی مجرب (به منظور بهبود کیفیت آموزش، رفع سریعتر ایرادات و مشکلات مهارت کودکان و مدیریت زمان) تنیس روی میز، مهارت ضربه فوره‌ند را به صورت کلامی و نمایش مهارت آموزش دادند تا یک طرحواره اولیه از این مهارت به دست آید. یک روز بعد از جلسه آشنایی، پیش‌آزمون به عمل آمد و با استفاده از نرم افزار آزمون کارکردهای اجرایی، مولفه‌های بازداری پاسخ و حافظه کاری آزمودنی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. هردو گروه تمرینات شناختی با بار بالا و پایین به مدت شش جلسه تمرینات مرتبط با خود را انجام دادند. نمونه‌های تحقیق در گروه با بار شناختی پایین، تمرین دوتایی مشارکتی عادی با اجرای ضربات فوره‌ند در بلوک‌ها و تکرارهای ثابت را تمرین کردند. در این گروه ضربه فوره‌ند به صورت معمول به وسیله پژوهشگران و ۲ مربی مجرب افراد آموزش داده شد و به طور ثابت هر جلسه ۲۰ ست سه دقیقه‌ای تمرین را با فاصله استراحتی ۱ دقیقه بین هر ست کردند (شفر و اسکرونائینچی، ۲۰۲۰). در مقابل افراد مبتدی یک فرد ماهر قرار داشت و ضربات فوره‌ند توسط فرد ماهر و افراد مبتدی حاضر در دو گروه پژوهش صورت می‌گرفت. در این روش تمرینی ابتدا ۵ ست برای گرم کردن ضربه فوره‌ند را به شکل کاملاً آزاد به هر ناحیه از میز حریف که مایل بودند، اجرا می‌کردند. ۱۵ ست مابقی را با حرکت رقص پا (پابکس) و با خاطر سپردن مناطق یک و دو مشخص شده روی میز تمرین را انجام می‌دادند. در این حالت فرد مبتدی در حالت ضربه فوره‌ند قرار دارد و به صورت پابکس مرتبه اول به سمت راست میز (ناحیه ۱) و مرتبه دوم به سمت چپ میز (ناحیه ۲) حرکت میکند و حرکت ضربه فوره‌ند را انجام میدهد. در این حالت ریتم ثابت است و فرد یک ضربه در ناحیه یک و ضربه دیگر را در ناحیه ۲ می‌زند و این ترتیب تکرار میشود و ثابت است (شکل ۲).



شکل ۲. الگوی ضربه فوره‌ند در نمونه‌های تحقیق (ایشیه‌ها و همکاران، ۲۰۱۷)

اما در گروه با بار شناختی بالا، بعد از آموزش مهارت فوره‌ند، همانند گروه با بار شناختی پایین، افراد ابتدا ۵ ست سه دقیقه‌ای را با هدف گرم کردن، ضربه فوره‌ند را به شکل کاملاً آزاد به هر ناحیه از میز حریف که مایل بودند، اجرا میکردند. ۱۵ ست سه دقیقه‌ای ضربه فوره‌ند را به شکلی اجرا میکردند که هم ناحیه میز از ۲ ناحیه به ۴ ناحیه تغییر پیدا کرده بود (هر نیمه میز به ۲ ناحیه تقسیم میشود) و هم ریتم ثابتی وجود نداشت. در مراحل اولیه (۱۰ ست تمرینی بعد از ۵ ست گرم کردن) فرد در حالت فوره‌ند قرار دارد و به صورت پابکس مرتبه اول به سمت راست میز (ناحیه ۱)، مرتبه دوم یک پابکس سمت چپ میز (ناحیه ۲)، مرتبه سوم به شکل دو حرکت پابکس به سمت چپ میز (ناحیه ۳) و مرتبه چهارم به شکل ۳ حرکت پابکس به سمت چپ میز (ناحیه ۴) حرکت ضربه فوره‌ند را اجرا میکند. در مرحله بعد ریتم حرکت برعکس شده و از ناحیه چهار میز شروع و به سمت ناحیه یک انجام میشود. در ۵ ست پایانی تمرین، فرد ماهر که روبروی فرد مبتدی (نمونه تحقیق) قرار دارد ضربات فوره‌ند را به شکل تصادفی به ناحیه‌های یک تا چهار میز فرد مبتدی ارسال میکند و فرد مبتدی همراه با به خاطر سپردن ناحیه‌های یک تا چهار میز، موظف است خود را به ناحیه فرود توپ رسانده و با ضربه فوره‌ند پاسخ حریف را بدهد. سرعت اجرای ضربات فوره‌ند در تمامی مراحل یک سرعت متوسط در نظر گرفته شد. آزمونگران و مربیان در صورت نیاز به آزمودنی‌ها در بین زمان استراحت بازخورد اصلاح خطا می‌دادند. الگوی طراحی شده در تحقیق حاضر برای تقسیم نواحی میز، پیچیدگی تدریجی تکالیف حرکتی-شناختی، درگیر شدن تدریجی بیشتر توانایی‌های شناختی در اجرای تکلیف و استفاده از تمرینات با بار شناختی متغیر، برگرفته از مدل ایشیه‌ها و همکاران (۲۰۱۷) جهت ارزیابی کارکردهای اجرایی و همچنین اقتباس شده از مطالعاتی است که نشان داده‌اند افزایش پیچیدگی فضایی و ریتمی در تمرینات ورزشی می‌تواند حافظه کاری و بازداری پاسخ را ارتقاء دهد (شارفن و ممرت، ۲۰۱۹؛ وستبرگ، گاستافسون، مارکس، اینگوار و پتروویچ، ۲۰۱۲). این رویکرد امکان دست‌کاری کارکردهای اجرایی مانند حافظه کاری و بازداری پاسخ را از طریق تغییر در پیش‌بینی‌پذیری و ریتم محل فرود توپ فراهم می‌کند (ایشیه‌ها و همکاران، ۲۰۱۷؛ وستبرگ و همکاران، ۲۰۱۲)؛ به طوریکه در شرایط بار شناختی بالا، تغییرپذیری نواحی و توالی‌های نامنظم برای شبیه‌سازی

شرایط واقعی بازی و افزایش درگیری شناختی طراحی شد، که با نظریه بار شناختی مطابقت دارد (سوئلر^۱، ۲۰۱۱). بلافاصله (۵ دقیقه) بعد از آخرین جلسه تمرینی پس از آزمون به عمل آمد که در آن مشابه پیش آزمون (از نظر تعداد کوشش)، بازداری پاسخ و حافظه کاری اندازه گیری شد و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی مشابه مرحله پس از آزمون، آزمون یادداری اجرا گردید.

روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری در دو سطح توصیفی و استنباطی و از نرم افزار اس. پی. اس. نسخه ۲۶ استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف استاندارد) در جداول و نمودارها استفاده شد. در بخش استنباطی ابتدا از آزمون شاپیرو-ویلک جهت اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها، و آزمون لوین جهت همگنی واریانس‌ها استفاده شد. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها جهت بررسی فرضیه‌ها از آزمون تحلیل واریانس مرکب و به منظور تعیین دقیق اختلاف میانگین بین گروهی و درون گروهی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری آماری برای کلیه عملیات آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

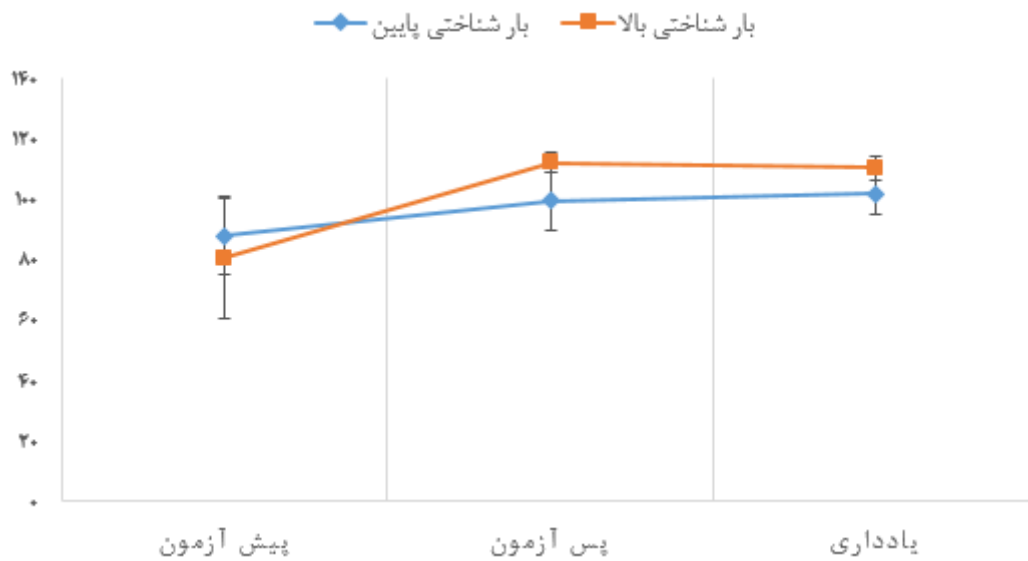
در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های دموگرافیک شرکت کنندگان ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های دموگرافیک شرکت کنندگان

گروه متغیر	بار شناختی پایین میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	بار شناختی بالا میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	مقدار t	مقدار P
سن (سال)	۱۵/۰۳ $\pm$ ۰/۸۹	۱۵/۰۷ $\pm$ ۰/۷۶	۰/۹۸	۰/۳۳
قد (سانتی متر)	۱۲۲/۴۵ $\pm$ ۴/۶۰	۱۲۳/۱۵ $\pm$ ۳/۴۴	۰/۳۷	۰/۷۳
وزن (کیلو گرم)	۲۸/۳۰ $\pm$ ۲/۵۰	۲۷/۹۸ $\pm$ ۲/۸۸	۰/۶۶	۰/۵۳

همانطور که از اطلاعات جدول ۱ ملاحظه میگردد، آزمودنی‌های دو گروه از نظر سن ($P=۰/۳۳$)، قد ($P=۰/۷۳$) و وزن ($P=۰/۵۳$) قبل از ارائه مداخله همسان بوده و تفاوت معناداری ندارند ($P>0.05$).

طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و تجانس واریانس‌ها با آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد توزیع داده‌های جمع آوری شده نرمال ($P=۰/۳۴$) و تجانس واریانس‌ها رعایت شده است ($P=۰/۶۷$). اطلاعات توصیفی و عملکرد گروه‌های تحقیق در مراحل پیش آزمون تا یادداری در خرده مقیاس حافظه کاری در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. عملکرد گروه‌های تحقیق در خرده مقیاس حافظه کاری

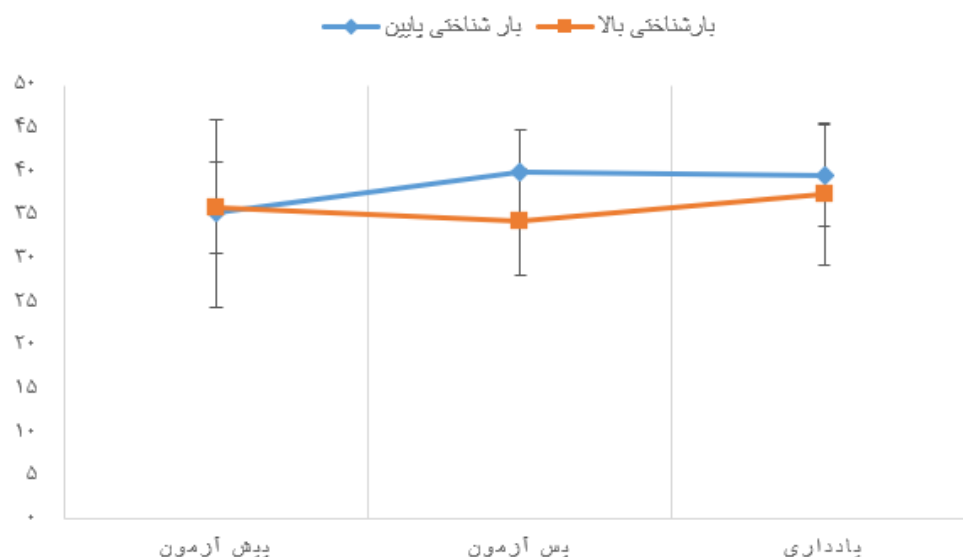
در رابطه با خرده مقیاس حافظه کاری، نتایج تحلیل واریانس مرکب با فرض کرویت موخلی نشان داد که تأثیر اصلی مرحله از آزمون t مستقل برای مشخص کردن تفاوت‌های بین گروهی در هر مرحله استفاده گردید. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جهت یافتن پیگرد نتایج تأثیرات مراحل اندازه گیری و جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که شرکت کنندگان در هر دو گروه در مراحل پس آزمون و یادداری نسبت به مرحله پیش آزمون عملکرد بهتری در حافظه کاری داشتند؛ اما بین مراحل پس آزمون و یادداری تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0/66$).

جدول ۲. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه گروه‌ها

متغیر	مرحله (i)	مرحله (j)	اختلاف میانگین	معناداری
حافظه کاری	پیش آزمون	پس آزمون	-۲۵/۵۸	*۰/۰۰۰۱
		یادداری	-۲۳/۸۷	*۰/۰۰۰۱
	پس آزمون	یادداری	۱/۷۰	۰/۴۲

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که در مرحله پیش آزمون در حافظه کاری گروه‌های تحقیق تفاوت معناداری وجود نداشت ($t=1/15$ ، $P=0/26$)؛ اما در مراحل پس آزمون ($t=3/39$ ، $P=0/003$) و یادداری ($t=4/81$ ، $P=0/001$) گروه با بار شناختی بالا عملکرد بهتری در مقایسه با گروه با بار شناختی پایین داشت.

اطلاعات توصیفی و عملکرد گروه‌های تحقیق در مراحل پیش‌آزمون تا یادداری در خرده مقیاس حافظه بازداری پاسخ در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴. عملکرد گروه‌های تحقیق در خرده مقیاس بازداری پاسخ

در رابطه با خرده مقیاس بازداری پاسخ، نتایج تحلیل واریانس مرکب با فرض کروییت موخلی نشان داد که تاثیر اصلی مرحله (F=۱/۰۳، P=۰/۳۶، $\eta^2=۰/۰۴$)، گروه (F=۲/۱۸، P=۰/۱۵، $\eta^2=۰/۰۹$) و اثر تعاملی (F=۲/۱۸، P=۰/۳۹، $\eta^2=۰/۰۵$)، معنادار نیست و تمرینات زوجی در هیچ کدام از گروه‌های تحقیق تاثیر معناداری بر بازداری پاسخ شرکت کنندگان ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف تحقیق حاضر بررسی تاثیر شرایط مختلف شناختی در تمرینات زوجی تنیس روی میز بر ارتقا و پایداری کارکردهای اجرایی (حافظه کاری و بازداری پاسخ) در دانش‌آموزان پسر بود. این مطالعه شامل دو گروه تجربی با بار شناختی بالا و پایین بود. نتایج نشان داد که هر دو گروه بار شناختی بالا و پایین پیشرفت معناداری را در عملکرد حافظه کاری از پیش‌آزمون تا یادداری نشان دادند. در مراحل پس‌آزمون و یادداری گروه بار شناختی بالا به طور معناداری نسبت به گروه بار شناختی کم عملکرد بهتری داشتند. درحالی‌که نتایج مربوط به بازداری پاسخ نشان داد هیچ یک از دو گروه بار شناختی بالا و پایین تغییر معناداری از پیش‌آزمون تا یادداری نشان ندادند. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های برخی مطالعات همسو می‌باشد (گوش و همکاران، ۲۰۲۳؛ پوچیارلی و همکاران، ۲۰۲۱؛ شی، هانگ، نصرالله و لی^۱، ۲۰۱۴؛ جلیلودن، ۲۰۲۰؛ آلفرنیک گمز و همکاران^۲، ۲۰۱۸؛ اشیهارا و همکاران، ۲۰۱۷؛ رضایی، فارسی و موسوی، ۲۰۱۴).

1. Shi, Huang, Nasrallah & Li
2. Elferink-Gemse

نتایج مطالعه حاضر با نظریه بار شناختی (کیرشنر، ۲۰۰۲) همراستا میباشد. تمرینات زوجی که شامل فعالیت‌های گروهی است که تعاملات متقابل را طلب می‌کند، از طریق افزودن بعد اجتماعی به تقاضاهای تکلیف، مشارکت شناختی را افزایش می‌دهد (دکونیک و همکاران، ۲۰۱۵). طبق نظریه بار شناختی، زمانی که تکلیف نیاز به پردازش و ادغام اطلاعات دارند، سیستم حافظه کاری بیشتر درگیر می‌شود (سوئلر، ۲۰۱۱). گروه با بار شناختی بالا ممکن است برای پردازش اطلاعات بیشتری به طور همزمان نیاز داشته باشند که این امر از طریق تصمیم‌گیری پیچیده، ارتباطات و هماهنگی در جلسات آموزشی، ظرفیت حافظه کاری آنها را تقویت کرده است. این موضوع با یافته‌های مطالعات انجام شده در مورد انجام همزمان چند تکلیف که نشان می‌دهند انجام تکالیف گروهی یا دوگانه می‌تواند حافظه کاری را بیشتر فعال کرده و منجر به بهبود عملکرد شناختی شود، همراستا است (علی و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج این مطالعه با نظریه شناختی- اجتماعی باندورا (۲۰۰۱) نیز همراستا است. از دیدگاه نظریه شناختی اجتماعی، تمرینات زوجی همچنین بعدی از تعامل اجتماعی را وارد می‌کند که می‌تواند فرآیندهای شناختی و یادداری حافظه را تسهیل کند. تعاملات همکاری در دو نفره‌ها شرکت‌کنندگان را مجبور به بیان افکار، روشن‌سازی استراتژی‌ها و دریافت بازخورد می‌کند که ممکن است مکانیزم‌های حافظه کاری را تقویت کند (وی کاتسکای^۱، ۱۹۷۸، دکونیک و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات در زمینه یادگیری نشان می‌دهد که یادگیری مشارکتی در گروه‌ها می‌تواند نتایج شناختی را به ویژه در تکالیفی که نیاز به ادغام چندین نوع اطلاعات دارند (همانند تمرینات تنیس روی میز) را بهبود بخشد (دی فلیسه، همیلتون، پوناری و ویجلیوکی^۲، ۲۰۲۳؛ ویلیامز و هوجز، ۲۰۲۳). علاوه بر این، تأثیرات مثبت تمرینات زوجی بر حافظه کاری می‌تواند به انعطاف‌پذیری عصبی مرتبط باشد. تمرین منظم تکالیف شناختی پیچیده، به‌ویژه در محیط‌های پویا مانند ورزش‌ها، منجر به تقویت شبکه‌های عصبی مرتبط با عملکردهای اجرایی می‌شود (فریدمن و راینسون، ۲۰۲۲). تکرار و تنوع تکالیف ذاتی تمرینات زوجی ممکن است باعث فعال‌سازی قشر پیشانی و نواحی مرتبط با حافظه کاری شود که به تقویت بلندمدت آن کمک می‌کند (کارلنيسکی و هاجز، ۲۰۱۸). در مقابل بهبودهایی که در حافظه کاری مشاهده شد، هیچ تغییر معناداری در عملکرد بازداری پاسخ از پیش‌آزمون تا آزمون یادداری در هیچ‌یک از گروه‌های بار شناختی بالا و پایین مشاهده نشد. بازداری پاسخ به توانایی فرد در سرکوب پاسخ‌های خودکار یا تکانه‌ای اطلاق می‌شود و معمولاً با تنظیم رفتار در شرایط کنترل شناختی مرتبط است (کریستوفری و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از توضیحات ممکن برای این اختلاف، تفاوت‌های بنیادی بین تقاضاهای شناختی حافظه کاری و بازداری پاسخ است. در حالی که تکالیف حافظه کاری معمولاً نیاز به پردازش فعال و دستکاری اطلاعات دارند، تکالیفی که شامل بازداری پاسخ هستند عمدتاً به کنترل و نظارت بر رفتار مربوط می‌شوند (ایشیهارا و همکاران، ۲۰۱۷). ممکن است تمرینات زوجی در این مطالعه بیشتر بهبود توانایی‌های شناختی مرتبط با نگهداری و پردازش اطلاعات را در نظر گرفته باشد تا بهبود تنظیم رفتار (میاکه^۳ و همکاران، ۲۰۰۰؛ رضایی و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، بازداری پاسخ یک مؤلفه شناختی است که معمولاً از تکالیفی که به‌طور خاص برای هدف قرار دادن کنترل تکانه طراحی شده‌اند، مانند تکالیف go/no-go بهره می‌برد (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹). تمرینات زوجی در حالی که ممکن است برای تقویت برخی از توانایی‌های شناختی مانند حافظه کاری مفید باشد، ممکن است در فعال‌سازی مکانیزم‌های خاص عصبی مورد نیاز برای بازداری مؤثر نبوده باشد. بنابراین، عدم مشاهده بهبود معنادار در مهار پاسخ ممکن است نشان دهد که ماهیت تکالیف آموزشی برای ایجاد تغییرات معنادار در این حوزه کافی نبوده است. همچنین تأثیر مداخلاتی مانند تمرینات زوجی بر کارکردهای اجرایی ممکن است انتخابی باشد. همچنین نوع مهارت ورزشی ممکن است اثرگذار باشد. به عنوان مثال در مطالعه‌ای نشان داده شد که کودکانی که ورزش‌های رزمی انجام می‌دهند در مقایسه با کودکانی که یک برنامه تربیت بدنی

1. Vygotsky

2. De Felice, Hamilton, Ponari & Vigliocco

3. Miyake

استاندارد را مورد استفاده قرار میدادند، عملکرد بهتری در کارکردهای اجرایی داشتند (جیوردانو، لوپز و آلسی^۱، ۲۰۲۱). این یافته‌ها نشان می‌دهد که اغلب ورزش‌ها بیشتر به یکی از کارکردهای اجرایی نیاز دارند (دیاموند و لینگ، ۲۰۱۹). اجراکنندگان در فعالیت‌های ورزشی مانند تنیس روی میز نیاز دارند تا توالی حرکات پیچیده را به خاطر بسپارند، پردازش ذهنی مقدار زیادی از اطلاعات و مقایسه ذهنی موقعیت حاضر را با گذشته داشته باشند و آنچه را که در آینده اتفاق می‌افتد پیش بینی کنند که این امر مستلزم مهارت‌های حافظه‌ای و تصمیم‌گیری است (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر که یک روتین فوری تنیس روی میز در یک پارادایم تمرین دوتایی بود، نقش کارکردهای حافظه‌ای بیشتر از بازداری پاسخ می‌باشد و برای درک بیشتر در این زمینه نیازمند تحقیقات بیشتری هست.

یافته جالب مطالعه حاضر این بود که گروه تجربی با بار شناختی بالا در مقایسه با گروه تجربی با بار شناختی پایین در عملکرد حافظه کاری بهتر عمل کرد. این نتیجه به چالش کشیدن تصور سنتی است که بار شناختی بیشتر معمولاً عملکرد را کاهش می‌دهد (سولر، ۲۰۱۱) و به مزایای آموزش با بار شناختی بالا در شرایط خاص اشاره دارد. یکی از توضیحات برای این یافته این است که شرکت‌کنندگان در گروه با بار شناختی بالا ممکن است در طول آموزش با تقاضای شناختی بیشتری مواجه شده باشند که منجر به بهبودهای بیشتر در حافظه کاری شد. تحقیقات نشان می‌دهد که تکالیف با بار شناختی بالا می‌توانند انعطاف‌پذیری عصبی را در نواحی مسئول حافظه کاری، مانند قشر پیشانی و هیپوکامپ فعال کنند (فورگت و لی پرتل، ۲۰۲۴؛ کاپوچو و همکاران، ۲۰۱۹). با مواجهه با تکالیف پیچیده و چالش‌برانگیزتر، گروه با بار شناختی بالا ممکن است درگیر آموزش شناختی شدیدتری شده باشند که باعث بهبود نگهداری و دستکاری اطلاعات در تکالیف حافظه کاری شده است. علاوه بر این، شرکت‌کنندگان در گروه با بار شناختی بالا ممکن است به دلیل دشواری بیشتر تکالیف، انگیزه بیشتری برای مشارکت در تکالیف داشتند که این پدیده به نام «محدوده رشد تقریبی»^۲ شناخته می‌شود (وی کاتسکای، ۱۹۷۸). با توجه به اینکه تکالیف گروه با بار شناختی بالا دشوارتر بودند، ممکن است این امر به توجه و تلاش بیشتر منجر شده باشد که عملکرد حافظه کاری را تقویت کرده است. در نهایت، افرادی که در معرض بار شناختی بالاتر قرار می‌گیرند ممکن است استراتژی‌های جبرانی مؤثرتری برای مدیریت تقاضای پردازش اطلاعات افزایش یافته توسعه دهند. توانایی در توسعه استراتژی‌های تطبیقی ممکن است به عملکرد بهتر حافظه کاری در گروه با بار شناختی بالا کمک کرده باشد (وربراگن و لوگان، ۲۰۰۸). حافظه کاری هسته اصلی تمرینات شناختی در نظر گرفته می‌شود (بصیری و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین نتایج مطالعات حاکی از این دارد که افراد مبتدی تمایل دارند که سطح تلاش شناختی خود را در سطح پایینی نگه دارند و از استراتژی‌های یکسانی در تمرین خود استفاده می‌کنند؛ درحالی‌که که افراد ماهر انعطاف بیشتری از خود نشان داده و تلاش شناختی بیشتری برای خود رقم می‌زنند (آندرسون، لوسه، لوپز و ویلیامز، ۲۰۲۱). به عبارت دیگر افراد ماهر در تمرینات خود سعی می‌کنند با زدن ضربات به اهداف مختلف چالش‌های بیشتری از نظر شناختی ایجاد کنند (آلفرنیک گمز و همکاران، ۲۰۱۸؛ شی و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین چنین به نظر می‌رسد پروتکل‌های تمرینی دوتایی با افزایش بار شناختی به مبتدیان اجازه تجربه چالش‌های شناختی بیشتری را می‌دهد که در نهایت منجر به بهبود حافظه کاری در این افراد می‌شود (آندرسون و همکاران، ۲۰۲۱). عدم تفاوت عملکرد حافظه کاری بین گروه‌های بار شناختی بالا و پایین در مرحله یادداری احتمالاً به دلیل تثبیت مهارت، کاهش بازده بار شناختی بالا، و یادگیری پایدارتر در هر دو گروه

1. Giordano, Gómez-López, & Alesi
2. Forget & Le Pertel
3. zone of proximal development
4. Verbruggen & Logan
5. Anderson, Lohse, Lopes & Williams

است (کیرشنر، ۲۰۰۲؛ سیمور و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع، مزایای اولیه‌ی بار شناختی بالا الزاماً منجر به یادداری بهتر اطلاعات در بلندمدت نمی‌شود (هستر و گارلوان، ۲۰۰۵؛ سولر، ۲۰۱۱).

با توجه به اثر گذاری بیشتر بار شناختی بالا در مقایسه با بار شناختی پایین، به نظر میرسد مربیان می‌توانند با افزایش پیچیدگی تمرینات، تمرینات چالش‌برانگیزتر از نظر شناختی را وارد برنامه‌های تمرینی کنند. به عنوان مثال، ترکیب تمرینات فیزیکی با تکالیف تصمیم‌گیری (مانند انتخاب ضربات خاص بر اساس محرک‌های متغیر یا مکان‌های غیرقابل پیش‌بینی توپ) می‌تواند بار شناختی را افزایش دهد و هم عملکرد فیزیکی و هم شناختی را بهبود بخشد. مربیان همچنین می‌توانند رویکردی دوره‌ای برای بار شناختی اعمال کنند و به تدریج پیچیدگی شناختی را با پیشرفت ورزشکاران افزایش دهند. با شبیه سازی محیط‌های بار شناختی بالا (مانند افزایش پیش‌بینی‌ناپذیری تمرینات یا اضافه کردن محدودیت‌های زمانی)، مربیان می‌توانند به ورزشکاران کمک کنند تا مهارت‌های تصمیم‌گیری و حافظه کاری خود را تحت فشار بهبود بخشند و این امر چالش‌های ذهنی مشابهی را که در مسابقات واقعی با آن مواجه می‌شوند، شبیه‌سازی کند. در نهایت، گرچه این مطالعه بر روی تنیس روی میز متمرکز است، اصول تمرین با بار شناختی بالا می‌تواند در سایر ورزش‌ها نیز کاربرد داشته باشد. مربیان در رشته‌های دیگر می‌توانند این یافته‌ها را برای طراحی برنامه‌های تمرینی تطبیق دهند که نه تنها به بهبود عملکرد جسمانی بلکه به تقویت عملکردهای شناختی مانند حافظه کاری و یادداری پاسخ کمک می‌کند.

این مطالعه به مانند بیشتر تحقیقات نیمه تجربی محدودیت‌های خاصی دارد. اول، اندازه نمونه نسبتاً کوچک بود. مطالعه ما شامل ۲۴ شرکت‌کننده بود که ممکن است قابلیت تعمیم نتایج را به جمعیت گسترده‌تری از بازیکنان تنیس روی میز محدود کند. استفاده از یک نمونه بزرگ‌تر می‌تواند توان آماری تحقیق را افزایش داده و به دستیابی به نتایج قوی‌تر کمک کند. دوم، اگرچه از آزمون‌های عینی (n-back و go/no-go) برای اندازه‌گیری حافظه کاری و یادداری پاسخ استفاده شد، اما میزان درگیری شناختی و تجربه ذهنی شرکت‌کنندگان به‌طور مستقیم ارزیابی نشد. تحقیقات آینده می‌تواند داده‌های خود گزارش‌شده در مورد تلاش شناختی یا بازخورد کیفی را نیز در نظر بگیرند تا درک کامل‌تری از تأثیر بار شناختی بر عملکردهای اجرایی فراهم شود. در نهایت، در این مطالعه، تفاوت‌های سطح آمادگی جسمانی شرکت‌کنندگان کنترل نشد که ممکن است بر توانایی آن‌ها در حفظ درگیری شناختی در طول جلسات تمرینی تأثیر گذاشته باشد. خستگی یا تفاوت‌های استقامتی می‌تواند بر عملکرد در شرایط بار شناختی بالا تأثیرگذار باشند. تحقیقات آینده می‌تواند متغیرهای آمادگی جسمانی را کنترل کرده یا از معیارهای فیزیولوژیکی برای بررسی دقیق‌تر تأثیر این عوامل استفاده کنند. به طور کلی؛ این مطالعه نشان داد که تمرینات زوجی می‌تواند حافظه کاری را در بازیکنان تنیس روی میز به‌طور معناداری بهبود بخشد، به ویژه زمانی که بار شناختی بالا باشد. با این حال، هیچ‌گونه تأثیری برای یادداری پاسخ مشاهده نشد که نشان می‌دهد برای بهبود این مؤلفه شناختی، آموزش‌های خاص‌تری لازم است. نتایج این تحقیق از این ایده حمایت می‌کند که تقاضای شناختی، تعامل اجتماعی و یادگیری مشارکتی ابزارهای قدرتمندی برای تقویت عملکردهای شناختی در ورزش هستند. تحقیقات آینده باید به طراحی تکالیف خاصی برای هدف قرار دادن یادداری پاسخ پرداخته تا بررسی شود آیا تمرینات زوجی می‌تواند این مؤلفه را تحت شرایط مختلف بهبود بخشد. علاوه بر این، بررسی تأثیرات بلندمدت تمرینات زوجی بر عملکردهای اجرایی و ارزیابی اینکه چگونه عوامل دیگر، مانند تفاوت‌های فردی در توانایی‌های شناختی اولیه، نتایج آموزش را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌تواند بینش‌های مفیدی در مورد قابلیت‌های گسترده‌تر مداخلات مبتنی بر تمرینات زوجی فراهم کند. همچنین، بررسی تأثیر بار شناختی بر ورزشکاران در گروه‌های سنی مختلف و جنسیت زن و در نهایت مقایسه تمرینات زوجی با سایر تکنیک‌های تمرین شناختی مانند تصویرسازی ذهنی، ذهن‌آگاهی یا نوروفیدبک از دیگر پیشنهادات تحقیق حاضر می‌باشد.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی است. نویسندگان مقاله از کلیه شرکت کنندگان در پژوهش کمال تشکر و قدردانی را برای همکاری در این کار دارند.

References

- Ali, N., Tian, H., Thabane, L., Ma, J., Wu, H., Zhong, Q., Gao, Y., Sun, C., Zhu, Y., & Wang, T. (2022). The Effects of Dual-Task Training on Cognitive and Physical Functions in Older Adults with Cognitive Impairment; A Systematic Review and Meta-Analysis. *The journal of prevention of Alzheimer's disease*, 9(2), 359–370. <https://doi.org/10.14283/jpad.2022.16>.
- Atadokht, A., Majdi, N., Hajloo, N., & Abolghasemi, A. (2017). Comparison of Neuropsychological Dysfunctions in Male Patients with Schizophrenia Disorder, Major Depression Disorder and Normal Individuals in Ardabil City in 2016. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 16(1), 31-46. <http://journal.rums.ac.ir/article-1-3639-en.html>.
- Anderson, D. I., Lohse, K. R., Lopes, T. C. V., & Williams, A. M. (2021). Individual differences in motor skill learning: Past, present and future. *Human Movement Science*, 78, 102818. DOI: 10.1016/j.humov.2021.102818.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual review of psychology*, 52(1), 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>.
- Barth, M., Güllich, A., Macnamara, B. N., & Hambrick, D. Z. (2022). Predictors of junior versus senior elite performance are opposite: a systematic review and meta-analysis of participation patterns. *Sports Medicine*, 52(6), 1399-1416. DOI: 10.1007/s40279-021-01625-4.
- Basiri, F., Farsi, A., Abdoli, B., & Kavyani, M. (2020). The effect of visual and tennis training on perceptual-motor skill and learning of forehand drive in table tennis players. *Journal of Modern Rehabilitation*, 14(1), 21-32. <https://doi.org/10.32598/JMR.14.1.3>.
- Bush, G., Spencer, T. J., Holmes, J., Shin, L. M., Valera, E. M., Seidman, L. J., ... & Biederman, J. (2008). Functional magnetic resonance imaging of methylphenidate and placebo in attention-deficit/hyperactivity disorder during the multi-source interference task. *Archives of general psychiatry*, 65(1), 102-114. DOI: 10.1001/archgenpsychiatry.2007.16.
- Cappuccio, M. L., Gray, R., Hill, D. M., Mesagno, C., & Carr, T. H. (2019). The many threats of self-consciousness: Embodied approaches to choking under pressure in sensorimotor skills. *Handbook of embodied cognition and sport psychology*, 101.
- Choi, H. H., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2014). Effects of the physical environment on cognitive load and learning: Towards a new model of cognitive load. *Educational psychology review*, 26, 225-244. DOI:10.1007/s10648-014-9262-6.
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. *Handbook of clinical neurology*, 163, 197-219. DOI: 10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2.

[Deconinck, F. J., Smorenburg, A. R., Benham, A., Ledebt, A., Feltham, M. G., & Savelsbergh, G. J. \(2015\). Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabilitation and neural repair*, 29\(4\), 349-361. DOI: 10.1177/1545968314546134.](#)

[De Felice, S., Hamilton, A. F. D. C., Ponari, M., & Vigliocco, G. \(2023\). Learning from others is good, with others is better: the role of social interaction in human acquisition of new knowledge. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378\(1870\), 20210357. DOI: 10.1098/rstb.2021.0357.](#)

[Diamond, A., & Ling, D. S. \(2019\). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental cognitive neuroscience*, 37. DOI: 10.1016/j.dcn.2018.05.001.](#)

[Elferink-Gemser, M. T., Faber, I. R., Visscher, C., Hung, T. M., De Vries, S. J., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. \(2018\). Higher-level cognitive functions in Dutch elite and sub-elite table tennis players. *PLoS one*, 13\(11\), e0206151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206151>.](#)

[Eys, M., Bruner, M. W., & Martin, L. J. \(2019\). The dynamic group environment in sport and exercise. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.11.001>.](#)

[Fathirezaie, Z., Farsi, A., & Mousavi, M. K. V. \(2014\). Impact of cognitive training on efficiency of the executive control network of attention on the table tennis players. *International Journal of Sport Studies*, 4\(11\), 1359-66. 10.22122/JRRS.V11I3.2155.](#)

[Forget, M., & Le Pertel, N. \(2024\). Enhancing Neuroplasticity and Promoting Brain Health at Work: The Role of Learning and Memory in Workplace Performance. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.1002894. DOI: 10.5772/intechopen.1002894.](#)

[Friedman, N. P., & Robbins, T. W. \(2022\). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47\(1\), 72-89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>.](#)

[Ghosh, M., Dunham, M., & O'Connell, B. \(2023\). Systematic review of dyadic psychoeducational programs for persons with dementia and their family caregivers. *Journal of clinical nursing*, 32\(15-16\), 4228-4248. DOI: 10.1111/jocn.16570.](#)

[Giordano, G., Gómez-López, M., & Alesi, M. \(2021\). Sports, executive functions and academic performance: A comparison between martial arts, team sports, and sedentary children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18\(22\), 11745. DOI: 10.3390/ijerph182211745.](#)

Hester, R., & Garavan, H. (2005). Working memory and executive function: The influence of content and load on the control of attention. *Memory & cognition*, 33, 221-233. <https://doi.org/10.3758/BF03195311>.

Ishihara, T., Sugasawa, S., Matsuda, Y., & Mizuno, M. (2017). Improved executive functions in 6–12-year-old children following cognitively engaging tennis lessons. *Journal of sports sciences*, 35(20), 2014-2020. DOI: 10.1080/02640414.2016.1250939.

Jalilvand, M. (2020). Effect of Table Tennis Training Program on Sustained Attention and Cognitive Flexibility of Children with Developmental Coordination Disorder. *The Neuroscience Journal of Shafaye Khatam*, 9(1), 99-109. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21884320/>

Karlinsky, A., & Hodges, N. J. (2018). Turn-taking and concurrent dyad practice aid efficiency but not effectiveness of motor learning in a balance-related task. *Journal of Motor Learning and Development*, 6(1), 35-52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167945722000835>.

Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and instruction*, 12(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00014-7).

Kraemer, R. R., & Kraemer, B. R. (2023). The effects of peripheral hormone responses to exercise on adult hippocampal neurogenesis. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1202349. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1202349>.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. DOI: 10.1006/cogp.1999.0734.

Moreau, D., Morrison, A. B., & Conway, A. R. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: complex motor training. *Acta psychologica*, 157, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.02.007>.

Pucciarelli, G., Lommi, M., Magwood, G. S., Simeone, S., Colaceci, S., Vellone, E., & Alvaro, R. (2021). Effectiveness of dyadic interventions to improve stroke patient–caregiver dyads’ outcomes after discharge: A systematic review and meta-analysis study. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 20(1), 14-33. DOI: 10.1177/1474515120926069.

Renke, M. B., Marcinkowska, A. B., Kujach, S., & Winklewski, P. J. (2022). A systematic review of the impact of physical exercise-induced increased resting cerebral blood flow on cognitive functions. *Frontiers in aging neuroscience*, 14, 803332. DOI: 10.3389/fnagi.2022.803332.

Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in cognitive sciences*, 12(11), 418-424. DOI: 10.1016/j.tics.2008.07.005.

Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PloS one*, 7(4), e34731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731>.

Seymour, K. E., Mostofsky, S. H., & Rosch, K. S. (2016). Cognitive load differentially impacts response control in girls and boys with ADHD. *Journal of abnormal child psychology*, 44, 141-154. doi: 10.1007/s10802-015-9976-z.

Schaefer, S., & Scornaienchi, D. (2020). Table tennis experts outperform novices in a demanding cognitive-motor dual-task situation. *Journal of motor behavior*, 52(2), 204-213. DOI: 10.1080/00222895.2019.1602506. <https://doi.org/10.1002/acp.3526>.

Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843-860. <https://doi.org/10.1002/acp.3526>.

Sharify, A., Ajalloueyan, M., Saeedi, M., & Amirsalari, S. (2022). Computerized cognitive training for improving cochlear-implanted children's working memory and language skills. *Iranian Journal of Child Neurology*, 16(4), 9. <https://doi.org/10.22037/ijcn.v16i4.30499>.

Shi, J., Huang, H., Nasrallah, F. A., & Li, A. (2024). High Neural Efficiency in Unconscious Perceptual Processing among Table Tennis Athletes: An Event-Related Potential Study. *Brain Sciences*, 14(8). DOI:10.3390/brainsci14080756.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.

Williams, A. M., & Hodges, N. J. (2023). Effective practice and instruction: A skill acquisition framework for excellence. *Journal of Sports Sciences*, 41(9), 833-849. DOI: 10.1080/02640414.2023.2240630.

Zhao, Y. (2023). The Impact of Cognitive Load Theory on Online Learning Outcomes for Adolescent Students. *J. Educ. Humanit. Soc. Sci*, 18, 50-55. DOI:10.54097/ehss.v18i.10946.