

The Effect of Quadrato Motor Meditation Training on the Three Main Cores of the Executive Function of Semi-Skilled Athletes

Moniralsadat Arvin¹, Zohreh Meshkati², Rokhsareh Badami³

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: moniralsadat@khuisf.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: zmeshkati@khuisf.ac.ir
3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: rokhsareh.badami@khuisf.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type: Research

Article history:

Received:

18 October 2024

Received in revised form:

19 December 2024

Accepted:

28 December 2024

Published online :

22 December 2025

Keywords:

*Cognitive flexibility,
Executive functioning,
Response inhibition,
Quadrato,
Working memory.*

Introduction: Executive functions are a vital indicator of athletic success, and one of the interventions that can influence them is Quadrato motor meditation. The present study aimed to investigate the effect of these trainings at the behavioral level on the executive function of semi-skilled athletes

Methods: One hundred semi-skilled female athletes aged 15 to 18 years were selected via convenience sampling from shooters in Yazd province and randomly assigned to experimental and control groups. Each component of executive function was assessed in separate sessions. The Quadrato motor meditation intervention was performed for 28 days, six minutes per day. The post-test was then administered following the same protocol as the pre-test. Data were analyzed using multivariate and univariate analysis of covariance (ANCOVA) in SPSS software, with a significance level set at $p < 0.05$.

Results: The findings showed that Quadrato motor trainings were effective in increasing scores in interference and asymmetries of response from the response inhibition dimension, the two subcategories, and persistence from the cognitive flexibility dimension, and also in improving performance in the working memory dimension during the post-test phase. These improvements amounted to 12.6% in response inhibition, 21.6% in working memory, and 18% in cognitive flexibility.

Conclusion: The results of this study are consistent with structural and functional brain research. Quadrato motor meditation training had a positive effect on the three core components of executive function at the behavioral level and could serve as an appropriate intervention to enhance executive functioning in athletes.

Cite this article: Arvin, M., Meshkati, Z., & Badami, R. (2025). The Effect of Quadrato Motor Meditation Training on the Three Main Cores of the Executive Function of Semi-Skilled Athletes. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 17 (4), 53-74.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.383822.1804>



Journal of Sports and Motor Development and Learning by the University of Tehran Press is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) web site: <https://jsmdl.ut.ac.ir/> | Email: jsmdl@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Cognitive abilities play a crucial role in determining athlete performance across various sports. Research indicates that an athlete's executive function significantly influences their success; athletes with stronger executive function are more likely to achieve high levels of performance, while those with weaker executive function may be more prone to dropping out of sports or failing to reach elite status. Quadrato motor training, developed by Patrizio Paoletti, is a form of anaerobic cognitive-motor training that involves coordinated movements, heightened awareness of body positioning, and improved attention division between motor responses and cognitive processing. The potential benefits of Quadrato motor training for enhancing executive function are evidenced by both functional and structural brain research. However, there are instances where structural or functional changes in the brain do not result in improved cognition or sensory control, possibly due to not reaching a critical threshold. Therefore, it is essential to investigate the direct effects of Quadrato motor training on cognitive and psychomotor levels. Quadrato motor trainings are relatively simple from a motor perspective, making them accessible to nearly anyone. Moreover, compared to other mindfulness trainings, Quadrato motor training offers the advantage of being short in duration and can be practiced in limited spaces. This unique characteristic makes Quadrato motor training a technique that deserves further scientific exploration.

Methods

The present study is a quasi-experimental intervention utilizing a pre-test-post-test design with a control group. A total of 100 semi-skilled adolescent female athletes, aged 15 to 18 years, who participate in shooting clubs in Yazd province, were conveniently selected. These volunteers were then randomly assigned to either the control group or the experimental group. The experimental group consisted of 50 semi-skilled shooters who underwent the Quadrato motor intervention, while the control group included 50 semi-skilled shooters who did not receive the Quadrato motor intervention. In separate sessions, the participants completed three tests—Wisconsin, N-Back, and Flanker cards—to measure executive function. The Quadrato motor trainings were conducted for 6 minutes each day over a period of 28 days. Following this intervention, a post-test was administered, similar to the pre-test. The data were analyzed using multivariate and univariate

covariance tests in SPSS version 26 software, with a significance level set at $p < 0.05$.

Results

The findings indicated that Quadrato motor trainings were effective in enhancing scores in several cognitive areas. Specifically, there was a notable increase in the interference score and the rate of inconsistent responses in the response inhibition dimension. These trainings also improved both the persistence dimension and the results in the cognitive flexibility category, as well as working memory scores during the post-test stage. The improvements were quantified as follows: a 12/6% increase in response inhibition, a 21/6% increase in working memory, and an 18% increase in cognitive flexibility. More specifically, Quadrato motor trainings led to an 8.4% improvement in interference scores and a 7.7% improvement in the rate of inconsistent responses. Additionally, there was a 20.3% enhancement in the working memory dimension, along with increases of 17.6% in category scores and 14.2% in retention scores. In summary, the results suggest that Quadrato motor trainings significantly improve the interference score, the rate of incongruent responses in the response inhibition dimension, as well as the working memory dimension and both category and retention scores within the cognitive flexibility dimension.

Conclusion

The results of this study indicate that Quadrato motor trainings positively impact the three main components of executive function—cognitive flexibility, working memory, and response inhibition—at the behavioral level. These findings are consistent with existing research on the structural and functional aspects of the brain and suggest that Quadrato motor trainings could serve as an effective intervention to enhance the executive function of shooting athletes. Furthermore, the study recommends that future specialized research should explore the executive function related to warm-up routines through both specific and cognitive approaches.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: We have ensured that all ethical guidelines have been strictly followed in this article. All participants were required to sign an informed consent form before participating in the study. They had the freedom to withdraw from the study at any time, and we clearly communicated that the research results would be available to them upon request. We guarantee the confidentiality of their information. The ethical code number is IR.IAU.KHUISF.REC.1401.380

Funding: The authors received no specific funding.

Authors' contribution: All authors contributed equally. Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: We would like to sincerely thank everyone who collaborated on the research.



تأثیر تمرینات مدیتیشن حرکتی کوادراتو بر سه هسته اصلی کارکرد اجرایی ورزشکاران نیمه‌ماهر

منیرالسادات آروین^۱، زهره مشکاتی^۲، رخساره بادامی^۳

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. رایانامه: moniralsadat@khuif.ac.ir

۲. نویسنده مسؤول، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. رایانامه: zmeshkati@khuif.ac.ir

۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. رایانامه: rokhsareh.badami@khuif.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: کارکردهای اجرایی، شاخص حیاتی برای موفقیت ورزشی‌اند و یکی از مداخلات تأثیرگذار بر آن، تمرینات کوادراتو است. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر این تمرینات در سطح رفتاری بر کارکرد اجرایی ورزشکاران نیمه‌ماهر است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۷	روش پژوهش: ۱۰۰ ورزشکار نیمه‌ماهر دختر در دامنه سنی ۱۵ تا ۱۸ سال به روش در دسترس از بین تیراندازان استان یزد انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. در جلسات جداگانه‌ای هر کدام از آزمون‌ها به منظور سنجش کارکرد اجرایی گرفته شد. مداخله تمرینات کوادراتو به مدت ۲۸ روز، هر روز شش دقیقه انجام گرفت. سپس پس‌آزمون مطابق با پیش‌آزمون گرفته شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کوواریانس چندمتغیره و تک متغیره تحلیل شدند و سطح معناداری $P < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۲۹	یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که تمرینات کوادراتو بر افزایش نمره تداخل و پاسخ ناهمخوان از ابعاد بازداری پاسخ، دو بعد طبقات و درجاماندگی از ابعاد انعطاف‌پذیری شناختی و همچنین افزایش نتیجه از ابعاد حافظه کاری در مرحله پس‌آزمون اثربخش بوده و موجب بهبود ۱۲/۶ درصد در بازداری پاسخ، ۲۱/۶ درصد در حافظه کاری و ۱۸ درصد در انعطاف‌پذیری شناختی شده است.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸	نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق همراستا با تحقیقات ساختاری و عملکردی مغز بود. تمرینات کوادراتو در سطح رفتاری بر سه هسته کارکرد اجرایی اثر مثبت داشت و می‌تواند مداخله مناسبی برای افزایش کارکرد اجرایی ورزشکاران باشد.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱	

کلیدواژه‌ها:
انعطاف‌پذیری شناختی،
بازداری پاسخ،
حافظه کاری،
کارکرد اجرایی،
کوادراتو.

استناد: آروین، منیرالسادات؛ مشکاتی، زهره؛ و بادامی، رخساره (۱۴۰۴). تأثیر تمرینات مدیتیشن حرکتی کوادراتو بر سه هسته اصلی کارکرد اجرایی ورزشکاران نیمه‌ماهر. نشریه رشد و یادگیری حرکتی ورزشی، (۱۷(۴): ۷۴-۵۳.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2024.383822.1804>

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



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

در گذشته تمرکز اصلی توانایی فیزیکی ورزشکار بر عملکردهای ورزشی بود، تحقیقات مختلف جدیدتر، تمرکز اصلی‌شان بر تعامل جسمی و شناختی ورزشکار است (فورلی و وود^۱، ۲۰۱۶؛ مونتوری^۲ و همکاران، ۲۰۱۹؛ هایلمن، واینبرگ و ولنی^۳، ۲۰۲۲). توانایی‌های شناختی به عنوان عوامل مهم تعیین‌کننده، عملکرد ورزشکاران ورزش‌های مختلف و به‌خصوص پیشرفت انفرادی ورزشکاران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کونا^۴ و همکاران، ۲۰۱۵؛ فابرت^۵، ۲۰۱۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کارکرد اجرایی ورزشکار بر عملکرد آنها تأثیر دارد، به‌طوری‌که ورزشکاران با کارکرد اجرایی بالاتر ممکن است به سطوح عملکردی بالا در ورزش‌ها برسند، درحالی‌که ورزشکاران با سطوح پایین کارکرد اجرایی به احتمال زیاد ممکن است ورزش را ترک کنند یا به جایگاه نخبگان نرسند (ووس^۶ و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین مطابق با تحقیقات گزارش‌شده، عملکردهای اجرایی بالاتر، با دقت ۸۹ درصد برای تشخیص استعدادها از بازیکنان غیرحرفه‌ای به کار گرفته شده است (وربورگ^۷ و همکاران، ۲۰۱۴)، این مسئله منعکس‌کننده این احتمال است که عملکردهای اجرایی شاخص حیاتی برای موفقیت ورزشی‌اند. بهترین عملکرد تیراندازان نیازمند بازداری از مراحل شناختی نامرتب و افزایش مراحل شناختی مرتبط است (جامرو^۸ و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین افزایش مؤثر کارکرد اجرایی تیراندازان یکی از اهداف مهم محققان و مربیان است (شیانگ^۹ و همکاران، ۲۰۲۳).

تمرینات ذهن‌آگاهی و مدیتیشن ذهن‌آگاهی در ورزش، پتانسیل رشد چشمگیری در معیارهای نتایج ورزشی دارد (بوهل مایر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ ونگ، لی و فن^{۱۱}، ۲۰۲۳). به‌نظر می‌رسد که مهارت‌های ذهن‌آگاهی به‌خصوص با افزایش عملکرد ورزشی مطابقت دارد (ایشیهارا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۹؛ هات^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۳). مداخلات مبتنی بر ذهن‌آگاهی به‌طور مستقیم بر عملکرد ورزشکاران ورزش‌های حرکتی ظریف که شامل دقت و مهارت است (نوئل^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۹) مانند تیراندازی و پرتاب دارت (ژانگ^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۶) تأثیر می‌گذارد.

به‌طور تأییدی سولبرگ نمرات تیراندازی بهتری در ورزشکاران نخبه تیرانداز در نتیجه تمرینات مراقبه ذهن‌آگاهی در مقایسه با گروه کنترل و بدون مداخله مشاهده کرد. تأثیرات مفید مداخلات مبتنی بر ذهن‌آگاهی بر عملکرد ورزشی ممکن است از طریق بهبود عملکردهای شناختی حاصل شود (نین^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۰). هر نوع روش تمرینی ذهن‌آگاهی تلاش می‌کند تا فرایندهای از بالا به پایین را درگیر و تقویت کند که توجه را به زمان حال افزایش دهد (گالانت^{۱۷}، ۲۰۱۶). تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی تأثیر مثبتی بر معیارهای عینی خلق و خو و شناخت از جمله کارکرد اجرایی دارند (فیکو و مالیا^{۱۸}، ۲۰۱۵). یک جلسه تمرین مدیتیشن کوتاه‌مدت بازداری پاسخ را افزایش می‌دهد (یامایا^{۱۹} و همکاران، ۲۰۲۳). پتانسیل مدیتیشن برای بهبود عملکرد اجرایی بررسی شده است.

با این حال تحقیقات باید تقسیم‌بندی عملکرد اجرایی به سه هسته اصلی حافظه کاری، بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی را که توسط دایموند^{۲۰} (۲۰۱۳) و میاک^{۲۱} و همکاران (۲۰۰۰) مطرح شده است، در نظر بگیرد. همچنین این مسئله مهم است که آیا این مزیت به‌طور

1. Furley & Wood

2. Montuori

3. Heilmann, Weinberg & Wollny

4. Cona

5. Faubert

6. Voss

7. Verburgh

8. Jamro

9. Xiang

10. Bühlmyer

11. Wang, Lei & Fan

12. Ishihara

13. Hut

14. Noetel

15. Zhang

16. Nien

17. Gallant

18. Fiocco & Mallya

19. Yamaya

20. Diamond

21. Miyake

انتخابی عملکردهای فرعی خاصی را بهبود می‌بخشد یا می‌تواند در سراسر سیستم اجرایی تعمیم یابد. پرداختن به این شکاف در تحقیقات پیشنهاد شده است (گالانت^۱، ۲۰۱۶). درحالی که مطالعه مدیتیشن ذهنی و سازوکارهای زیربنایی آن به‌طور وسیع گسترش یافته است، پژوهش مدیتیشن حرکتی^۲ (MM) در این زمینه بسیار نادر است (بن سوسان، گلیسسون و برکوویچ اوہانا^۳، ۲۰۱۷). نمونه‌هایی از تمرین حرکتی ذهن‌آگاه عبارت‌اند از یوگا، تای‌چی و ایکیدو. درحالی که این حرکات با یکدیگر متفاوت‌اند، به‌نظر می‌رسد که همه آنها با تمرکز توجه و آگاهی روی حرکات بدن در زمان حال، کنار گذاشتن افکار دیگر و دنبال کردن حرکات معمولی بدن که می‌تواند از حرکات پویای سطح بالا تا حرکات ایستا متغیر باشد، موجب بهبود کارکردهای اجرایی شوند (دی فانو، لشم و بن سوسان^۴، ۲۰۱۹).

یک شکل نسبتاً جدید حرکت ذهن‌آگاه غیرهوازی که نیازمند هماهنگی حرکات بدنی است، تمرین حرکتی کوادراتو^۵ (QMT) است. تمرینات کوادراتو نوعی تمرینات غیرهوازی شناختی - حرکتی است که توسط پاتریزیو پائولتی^۶ گسترش یافت. تمرینات کوادراتو به حرکات هماهنگ، افزایش آگاهی نسبت به بدن و موقعیت آن در فضا و افزایش تقسیم توجه به پاسخ‌های حرکتی و پردازش شناختی نیاز دارد (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵). تمرینات کوادراتو شامل مجموعه‌ای از حرکات عمودی، افقی و مورب است که روی یک مربع ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متری انجام می‌شود. اجرای حرکات با دستورهای کلامی هدایت می‌شود و به‌منظور درگیر کردن عملکردهای اجرایی طراحی شده است. نتایج نشان می‌دهد که تمرینات حرکتی ساختاریافته مانند QMT ممکن است رویکرد جدیدی برای بهبود نتایج سلامت از طریق تغییرات اپی ژنتیکی ارائه دهد (مارسون^۷ و همکاران، ۲۰۲۳). تمرینات کوادراتو نوعی تمرین ذهن‌آگاه و شامل سه مرحله به‌هم‌پیوسته ذهن‌آگاهی است؛ مرحله اول کنار گذاشتن عاداتی است که اجازه می‌دهد ذهن و بدن به هر جایی که می‌خواهند بروند.

مرحله دوم تغییر جهت توجه به درون و مرحله سوم پذیرش تجربه است (دپراز و همکاران، ۲۰۰۰). به‌طور کلی کوادراتو را می‌توان به عنوان آموزش در هر سه مرحله مذکور در نظر گرفت. ابتدا حرکت خودکار را تعلیق می‌کند، سپس توجه را به سمت نشانه خارجی و حرکت ایجادشده در داخل هدایت می‌کند. در نهایت شخص بی‌سروصدا بدون تصحیح خطاهای حرکتی یا تصمیم‌گیری، به شیوه‌ای پذیرا بین دستورالعمل‌ها می‌ایستد (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵؛ پیروینچنزی^۸ و همکاران، ۲۰۱۷). در این نوع تمرینات که نوعی تمرینات بازدارنده حرکتی نیز هستند شرکت‌کنندگان باید از وضعیت پویا به وضعیت ایستا تغییر وضعیت دهند، درحالی که تمرکز توجه و آگاهی آنها روی بدنشان است و افکار غیرمربوط را حذف کرده‌اند (دی فانو و همکاران، ۲۰۱۹). بهبود چشمگیر در بخش‌های مختلف مهارت‌های شناختی پس از تمرینات شناختی - حرکتی مشاهده شد (سوک^۹ و همکاران، ۲۰۲۱). در تمریناتی که هدف آنها توسعه شناخت به‌طور کلی و عملکرد اجرایی به‌صورت خاص است که نه‌تنها باید منابع شناختی را به‌کار گیرند، بلکه باید آن را به‌طور پیوسته به چالش بکشند. بنابراین منطقی است که تمرینات کوادراتو با چالش‌های شناختی مستمر موجب بهبود عملکرد اجرایی شود (لشم و همکاران، ۲۰۲۰). مزایای بالقوه تمرینات کوادراتو بر کارکرد اجرایی از طریق تحقیقات عملکردی و ساختاری مغز حمایت می‌شود (لشم، دی فانو و بن سوسان، ۲۰۲۰). با تمرکز بر فعالیت آلفا و تغییرات مولکولی و آناتومیک به‌عنوان یک سازوکار میانجی مدلی منتشر شده است که از طریق آن کوادراتو می‌تواند روی شناخت مؤثر باشد.

1. Gallant

2. Mindful Movement

3. Ben-Soussan, Glicksohn & Berkovich-Ohana

4. De Fano, Leshem & Ben-Soussan

5. Quadrato motor training

6. Patrizio Paoletti

7. Marson

8. Piervincenzi

9. Sok

تغییرات در نوسانات آهسته‌مخچه یکی از سازوکارهای اصلی واسطه بین کوادراتو و عملکردهای شناختی بهبود یافته است (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵). همان‌طور که دیاموند و لینگ^۱ (۲۰۱۹) اشاره کرده‌اند مواردی وجود دارد که تغییرات ساختاری یا عملکردی مغز به بهبود شناخت و کنترل احساس منجر نمی‌شود. برای مثال به علت دست نیافتن به آستانه بحرانی، به این ترتیب مطالعه تأثیرات مستقیم کوادراتو در سطح شناختی و روانی حرکتی بسیار مهم در نظر گرفته شده است (دی فانو و همکاران، ۲۰۱۹). به منظور بررسی تغییرات شناختی در نتیجه تمرینات بدن‌محور، بیشتر محققان تکالیفی را به کار برده‌اند که عملکردهای شناختی سطح پایین را بررسی می‌کنند، مانند زمان واکنش (کرامر و کولکامب^۲، ۲۰۱۸؛ دیتریش و اسپارلینگ^۳، ۲۰۰۴). درحالی که زمان واکنش یکی از پرکاربردترین معیارهای شناختی است، به اندازه کافی حساس نیست که سایر عملکردهای شناختی را ارزیابی کند (دیتریش و اسپارلینگ، ۲۰۰۴). تمرینات کوادراتو از دیدگاه حرکتی یک MM نسبتاً ساده است، بنابراین به‌طور بالقوه تقریباً توسط هر کسی می‌تواند انجام شود (دی فانو و همکاران، ۲۰۱۹). ولی در مقایسه با سایر تمرینات ذهن‌آگاه، کوادراتو این مزیت را دارد که تمرین نسبتاً کوتاهی است و می‌توان آن را در فضای محدود تمرین کرد. این جنبه منحصربه‌فرد، کوادراتو را به تکنیکی تبدیل می‌کند که کاوش علمی را تضمین می‌کند (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵).

در یک جمع‌بندی با توجه به اهمیت کارکردهای اجرایی در نتایج ورزشی و با توجه به اینکه تغییرات و مزایای بالقوه تمرینات کوادراتو بر کارکرد اجرایی از طریق تحقیقات عملکردی و ساختاری مغز حمایت می‌شود، لیکن خلأ تحقیقاتی این نوع تمرینات در سطح رفتاری وجود دارد. از طرفی تأثیر این نوع تمرینات بر کارکرد اجرایی به صورت کلی عنوان شده، ولی تأثیر آن بر سه هسته اصلی کارکرد اجرایی (حافظه کاری، بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی) که هر کدام نقش متفاوت و مهمی ایفا می‌کنند، به‌طور مجزا هنوز بررسی نشده است. از این‌رو با در نظر گرفتن تأثیر زیاد تمرینات ذهن‌آگاهی بر عملکرد ورزشکاران تیرانداز، هدف تحقیق حاضر بررسی اثر این نوع تمرین حرکتی ذهن‌آگاه بر کارکردهای اجرایی تیراندازان است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ نوع مداخله نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون و گروه کنترل است.

شرکت‌کنندگان

۱۰۰ ورزشکار نیمه‌ماهر نوجوان دختر شرکت‌کننده در باشگاه‌های تیراندازی استان یزد و با رده سنی ۱۵ تا ۱۸ سال به صورت در دسترس انتخاب و داوطلبان به صورت تصادفی به گروه‌های کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش ۵۰ تیرانداز نیمه‌ماهر، با مداخله کوادراتو و گروه کنترل ۵۰ تیرانداز نیمه‌ماهر، بدون مداخله کوادراتو بودند. انتخاب حجم نمونه، بر اساس نرم‌افزار جی پاور با در نظر گرفتن حجم اثر ۰/۹، خطای آلفای ۰/۰۵، توان آماری ۰/۹ و برابری در گروه‌ها، نمونه در هر گروه ۴۱ نفر به دست آمد که با احتمال ریزش نمونه ۵۰ نفر برای هر گروه در نظر گرفته شد.

ابزار

¹⁰. Diamond & Ling

². Kramer & Colcombe

³. Dietrich & Sparling

در تحقیق حاضر، برای تشخیص کارکردهای اجرایی از آزمون‌های ان-بک^۱ (برای سنجش حافظه کاری)، فلنکر تغییر یافته (جهت سنجش بازداری) و مرتب کردن کارت‌های ویسکانسین (به منظور سنجش انعطاف پذیری شناختی) استفاده شد.

در این پژوهش از نسخه فارسی و رایانه‌ای آزمون ان-بک ساخت مؤسسه پژوهش علوم رفتاری - شناختی سینا (حق نظری و همکاران، ۱۴۰۱؛ اسمعیلی، استکی و شهریار احمدی، ۲۰۲۲) استفاده شد. ارزیابی این آزمون بر اساس امتیاز و زمان واکنش که توسط نرم افزار محاسبه می شود، صورت می گیرد. در این آزمون تعدادی محرک بینایی به صورت متوالی روی صفحه نمایشگر رایانه ظاهر می شود و آزمودنی باید در صورت تشابه هر محرک با N محرک قبل (کلید ؟ صفحه کلید) یا در صورت عدم تشابه (کلید Z صفحه کلید)، را فشار دهد. ارائه محرک‌ها و پاسخ فرد مداوم است تا زمانی که تعداد محرک‌ها که در اینجا صد عدد است به پایان برسد. زمان اجرای این آزمون با احتساب مرحله آزمایشی سه دقیقه است. بوش^۲ و همکاران (۲۰۰۸)، پایایی این آزمون را ۷۸ درصد گزارش کرده اند.

در روانشناسی شناختی، آزمون فلنکر مجموعه‌ای از آزمون‌های پاسخ مهاری است که برای ارزیابی توانایی سرکوب پاسخ‌هایی که یک ویژگی خاص دارند، استفاده می شود. هدف تکلیف، پاسخ به محرک همخوان، ناهمخوان یا خنثی است. در این پژوهش از نسخه فارسی و رایانه‌ای آزمون فلنکر تغییر یافته که در مؤسسه پژوهش علوم رفتاری - شناختی سینا (نوشی، رحیمی و رحیمی، ۲۰۲۱؛ برزگریور و همکاران، ۲۰۲۱) طراحی شده، استفاده شده است. این آزمون به این صورت است که هر محرک با رنگ سفید (سایز ۳۴) که محرک‌های استفاده شده در این آزمون متشکل از ۳ حالت هستند. ۱. همخوان (>>>>>> (یا) <<<<<<); ۲. ناهمخوان (>>><<< (یا) <<<>>> و ۳) خنثی (>>><<< (یا) <<<>>> - -) به مدت ۲۰۰ میلی ثانیه روی پس زمینه سیاه به نمایش درمی آید. فاصله بین محرک‌ها ۱۲۰۰، ۱۰۰۰، ۱۶۰۰، ۱۴۰۰ میلی ثانیه است که به صورت متغیر و تصادفی است. آزمودنی‌ها باید با سرعت و دقت به جهت مورد نظر علامت نامساوی وسط بدون توجه به دو علامت کناری پاسخ دهند. برای مثال هنگامی که محرک >>>>>> روی صفحه نمایش ظاهر شود، سمت راست به عنوان پاسخ درست، و هنگامی که محرک >><<<<<< ارائه شود، سمت چپ به عنوان پاسخ درست و هنگامی که محرک <<<<<<>>>>>> ارائه شود، سمت چپ به عنوان پاسخ درست باید انتخاب شود. به منظور ارزیابی آزمون فلنکر، پاسخ‌های درست به محرک‌های همخوان و ناهمخوان و زمان عکس العمل و زمان و نمره تداخل (از طریق کم کردن تعداد پاسخ‌های درست همخوان از تعداد پاسخ‌های درست ناهمخوان) به عنوان شاخص عملکرد فرد محاسبه می شود.

در این پژوهش از نسخه فارسی و رایانه‌ای آزمون مرتب کردن کارت‌های ویسکانسین که در مؤسسه پژوهش علوم رفتاری - شناختی سینا (عموزاده و همکاران، ۲۰۲۱) طراحی شده، استفاده شده است. این آزمون یکی از ابزارهای روانشناختی پرکاربرد در اندازه گیری انعطاف پذیری شناختی و کارکرد اجرایی است (هیتون^۳، ۱۹۸۱). انجام این آزمون برحسب سرعت پاسخگویی فرد بین ۲/۵ تا ۱۰ دقیقه به طول می انجامد و دارای ۶۴ کارت است که روی آنها چهار نوع شکل وجود دارد (مثلث، ستاره، صلیب، دایره)، اشکال روی هر کارت به یکی از رنگ‌های آبی، زرد، سبز و قرمز است و فرد باید بر اساس اصل مربوطه (شکل، رنگ یا تعداد) به مرتب سازی کارت‌های ارائه شده بپردازد. این تکلیف نیازمند آن است که شرکت کنندگان، اصل و اساس طبقه بندی را با آزمایش، خطا و بازخورد آزمون پیدا کنند. شایان ذکر است که پس از هر کوشش، بازخورد آزمون به صورت نوشتاری درست و نادرست در پایین صفحه ارائه می شود. پس از آنکه هر شرکت کننده شش کوشش را به صورت صحیح و پشت سرهم مرتب کرد، اصل و اساس مرتب سازی بدون هشدار دادن تغییر می کند و شرکت کننده باید بر اساس اصل جدیدی که با آزمایش، خطا و بازخورد پیدا می کند به مرتب سازی بپردازد. حداکثر کوشش آزمون ۶۴ عدد است؛ اما هنگام

^۱. N-Back

^۲. Bush

^۳. Heaton

اجرای آزمون، هر زمانی که فرد شش مجموعه (هر مجموعه، شش کوشش صحیح متوالی است) را کامل کند، آزمون تمام می‌شود و اگر نتواند شش مجموعه را کامل کند، آزمون تا ۶۴ کوشش ادامه می‌یابد. در این آزمون اغلب از تعداد طبقات تکمیل‌شده، تعداد خطای درج‌ماندگی (بدین معنا که فرد به‌جای مرتب کردن کارت‌ها بر اساس قاعدهٔ کنونی و جدید، بر اساس قاعده‌ای که زمان آن گذشته است کارت‌ها را مرتب می‌کند) به‌عنوان شاخص و معیار عملکرد شرکت‌کنندگان استفاده می‌شود (استراس، شرمین و سپرین^۱، ۲۰۰۶). پایایی این آزمون در ایران بین ۷۵ و ۹۲ درصد (بگری و همکاران، ۲۰۱۵) گزارش شده است. اعتبار نسخهٔ فارسی این آزمون در ایران مطلوب گزارش شده است (شاهقلیان و همکاران، ۲۰۱۲).

روند اجرای پژوهش

در راستای اجرای پژوهش ابتدا طی جلسه‌ای در حضور شرکت‌کنندگان و والدین آنها، هدف تحقیق و شرایط و روش اجرا کاملاً توضیح داده شد. سپس والدینی که مایل به شرکت فرزندشان در پژوهش بودند، فرم رضایت آگاهانه را امضا کردند و از مشارکت‌کنندگان نیز موافقت شفاهی و تمایل برای ورود به تحقیق سؤال شد. در جلسات جداگانه‌ای، تست‌ها گرفته شد تا هیچ‌گونه تداخلی در نتایج آزمون‌ها به وجود نیاید. در آزمون ان-بک و فلنکر قبل از اجرای مرحلهٔ اصلی آزمودنی‌ها مرحلهٔ آزمایشی را انجام دادند تا با نحوهٔ کار با ابزار آشنا شوند. پس از تست‌گیری اولیه (پیش‌آزمون) تمرینات کوادراتو به مدت ۲۸ جلسه (هفت روز در چهار هفته) روزانه به مدت شش دقیقه انجام شد. تمرینات کوادراتو در یک مربع ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متری که به‌عنوان فضای کوادراتو شناخته می‌شود و گوشه‌های آن با اعداد ۱ تا ۴ برچسب زده شده است، اجرا شد. تمرین کنندگان موظف به ایجاد یا بازداري پاسخ حرکتی در فضای کوادراتو بر اساس دستورالعمل شفاهی که از طریق فایل صوتی ارائه شد، بودند. پاسخ حرکتی گام‌هایی هستند در یکی از سه جهت راست یا چپ، جلو یا عقب و مورب با پایي که نزدیک مربع است. برای مثال دستورالعمل شفاهی می‌تواند ۱ به ۲ باشد که تمرین‌کننده را هدایت می‌کند که از گوشهٔ شمارهٔ ۱ به گوشهٔ شمارهٔ ۲ یک گام به جلو بردارد و زمانی که دو شماره یکسان است، شرکت‌کنندگان باید از حرکت بازداري کنند و منتظر دستورالعمل بعدی باشند. این تمرین شامل ۶۹ فرمان با سرعت ۵/۰ هرترز (شبیه به سرعت راه رفتن آهسته) است که در مجموع کل جلسهٔ ISI حدود ۶ دقیقه به طول انجامید. هر حرکت دارای دو دستورالعمل حرکت است: موقعیت شروع و موقعیت هدف (۴-۱ به معنای حرکت از گوشهٔ ۱ به گوشهٔ ۴ است).

با توجه به موقعیت شروع و موقعیت هدف یک فاصله بین محرک تصادفی^۲ (ISI) بین ۱۱۰۰ میلی‌ثانیه و ۱۳۰۰ میلی‌ثانیه وجود دارد. ISI بین آزمایش‌ها (بین موقعیت هدف قبلی و کارآزمایی بعدی) یک ISI تصادفی بین ۲۳۰۰ میلی‌ثانیه تا ۲۶۵۰ میلی‌ثانیه است. پس از ۲۸ جلسه (چهار هفته) تمرینات روزانهٔ کوادراتو، تست‌گیری نهایی (پس‌آزمون) مطابق با شرایط پیش‌آزمون انجام گرفت. سپس داده‌ها تجزیه و تحلیل شد.

روش آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کوواریانس چندمتغیره و تک‌متغیره در نرم‌افزار اس.پی.اس. نسخهٔ ۲۶ انجام شد.

^۱. Strauss, Sherman & Spreen

^۲. Inter-Stimulus Interval

یافته‌های پژوهش

میانگین سنی در ورزشکاران نیمه‌ماهر در گروه آزمایش برابر با ۱۵/۶ سال و در گروه کنترل برابر با ۱۶/۰۲ سال است. میانگین سابقه ورزش در ورزشکاران نیمه‌ماهر در گروه آزمایش برابر با ۲/۹۶ سال و در گروه کنترل برابر با ۳/۲۲ سال است. یافته‌های توصیفی نمرات متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه آزمایش و کنترل در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش به تفکیک دو گروه و سه مرحله پژوهش

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون		متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
نمره تداخل (بازداری)	آزمایش	۸/۶۲	۱۸/۰۱	-۲/۴۲	۸/۰۷	زمان واکنش	آزمایش	۵۷۷/۷۲	۱۰۸/۷۴	۵۴۳/۲	۷۸/۹۲
	کنترل	-۱۳/۲	۱۴/۴۷	-۹/۹۸	۱۲/۵۴	ناهمخوان (بازداری)	کنترل	۵۲۳/۲۸	۱۲۱/۱۳	۵۲۲/۸	۸۳/۸۸
زمان تداخل (بازداری)	آزمایش	۳۹/۷۶	۷۳/۴۱	۴۳/۷۲	۴۱/۱۶	نتیجه (حافظه کاری)	آزمایش	۹۳/۴۸	۲۷/۱۳	۱۱۰/۳۴	۱۵/۴۶
	کنترل	۲۰/۲	۹۸/۴۱	۳۸/۸۸	۳۹/۱۹	کنترل	کنترل	۹۴/۶	۲۶/۳۲	۸۷/۳۵	۲۴/۹۶
پاسخ همخوان (بازداری)	آزمایش	۱۰۲/۷	۳۵/۳۹	۱۱۷/۹۲	۱۸/۶۷	زمان (حافظه کاری)	آزمایش	۶۱۹/۸۶	۱۳۳/۸۱	۵۴۶/۵۸	۱۱۱/۶۱
	کنترل	۱۰۰/۹	۳۱/۰۶	۱۱۱/۳۶	۱۹/۹۱	کنترل	کنترل	۵۸۰/۸۲	۱۴۹/۸۹	۵۱۶/۵۶	۱۷۳/۷
پاسخ ناهمخوان (بازداری)	آزمایش	۹۴/۰۸	۳۶/۹۸	۱۱۵/۴۴	۱۷/۲۳	طبقات - (انعطاف‌پذیری شناختی)	آزمایش	۲/۶۸	۱/۹۳	۵/۱۶	۱/۵۲
	کنترل	۸۸/۴۸	۳۵/۱۴	۱۰۱/۳۸	۲۲/۵۷	کنترل	کنترل	۳/۸	۱/۷۸	۴/۱	۱/۹۳
زمان واکنش همخوان (بازداری)	آزمایش	۵۳۴/۰۶	۱۱۰/۳۶	۴۹۹/۵	۶۵/۶۶	درجاماندگی (انعطاف‌پذیری شناختی)	آزمایش	۷/۳۲	۴/۶	۲/۸۲	۳/۵۸
	کنترل	۵۰۲/۹۶	۹۵/۳۹	۴۸۴/۸۸	۷۲/۵۲	کنترل	کنترل	۵/۰۸	۴/۲۷	۴/۶۸	۵/۱۱

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات کارکردهای اجرایی در گروه آزمایش (تمرینات کوادراتو) نسبت به گروه کنترل تغییرات بیشتر در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون دارد. در ادامه این تفاوت‌ها از لحاظ استنباطی بررسی می‌شود.

نتایج آزمون شاپیروویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها نشان داد که فرض نرمال بودن توزیع نمرات کارکردهای اجرایی در گروه‌ها در مراحل پژوهش تأیید می‌شود ($P > 0.05$). نتایج آزمون همگنی واریانس‌های لوین در بازداری پاسخ، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری شناختی در تمامی مؤلفه‌ها به دست آمده است ($P > 0.05$). از این رو پیش‌فرض برابری واریانس‌ها در کارکردهای اجرایی تأیید شده است. فرض شیب خط رگرسیون نشان داد که آزمون تعامل گروه و پیش‌آزمون در مرحله پس‌آزمون در همه کارکردهای اجرایی غیرمعنادار است ($P > 0.05$) که حاکی از تأیید این پیش‌فرض است، نتایج آزمون اُم باکس برای بررسی همسانی ماتریس‌های واریانس - کوواریانس نمرات

تأیید شده است ($P > 0/05$). نتایج آزمون همبستگی بین متغیرهای کنترل نیز نشان داد که همبستگی بین این متغیرها کمتر از $0/8$ و قابل قبول است.

نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره پیرامون کارکردهای اجرایی در مرحله پس آزمون با کنترل نمرات پیش آزمون در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج کلی تحلیل کوواریانس چندمتغیری تأثیر تمرینات کودراتو بر کارکردهای اجرایی

متغیرها	آزمون	ضریب	F	درجه آزادی فرض	درجه آزادی خطا	p	حجم اثر	توان آماری
بازداری پاسخ	اثر پیلایی	$0/126$	$2/086$	۶	۸۷	$0/02$	$0/126$	$0/773$
	لامبدای ویلکز	$0/874$	$2/086$	۶	۸۷	$0/02$	$0/126$	$0/773$
	اثر هتلینگ	$0/144$	$2/086$	۶	۸۷	$0/02$	$0/126$	$0/773$
	بزرگ ترین ریشه روی	$0/144$	$2/086$	۶	۸۷	$0/02$	$0/126$	$0/773$
حافظه کاری	اثر پیلایی	$0/216$	$13/11$	۲	۹۵	$0/001$	$0/216$	$0/997$
	لامبدای ویلکز	$0/784$	$13/11$	۲	۹۵	$0/001$	$0/216$	$0/997$
	اثر هتلینگ	$0/276$	$13/11$	۲	۹۵	$0/001$	$0/216$	$0/997$
	بزرگ ترین ریشه روی	$0/276$	$13/11$	۲	۹۵	$0/001$	$0/216$	$0/997$
انعطاف پذیری شناختی	اثر پیلایی	$0/18$	$10/45$	۲	۹۵	$0/001$	$0/18$	$0/986$
	لامبدای ویلکز	$0/820$	$10/45$	۲	۹۵	$0/001$	$0/18$	$0/986$
	اثر هتلینگ	$0/22$	$10/45$	۲	۹۵	$0/001$	$0/18$	$0/986$
	بزرگ ترین ریشه روی	$0/22$	$10/45$	۲	۹۵	$0/001$	$0/18$	$0/986$

بر اساس یافته‌های جدول ۲، تأثیرات اصلی گروه در مرحله پس آزمون در بازداری پاسخ، حافظه کاری و انعطاف پذیری شناختی در هر چهار آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره معنادار به دست آمده است ($P < 0/05$). از این رو میانگین نمرات بازداری پاسخ، حافظه کاری و انعطاف پذیری شناختی در مرحله پس آزمون در دو گروه تمرینی یا آزمایش و گروه کنترل تفاوت معناداری دارد ($P < 0/001$). نتایج نشان داده است که $12/6$ درصد از تفاوت‌های فردی در بهبود بازداری پاسخ، $21/6$ درصد در حافظه کاری و 18 درصد در انعطاف پذیری شناختی در مرحله پس آزمون به تفاوت بین گروه‌ها یا تأثیرات تمرینات کودراتو مربوط است. به عبارت دیگر 28 جلسه تمرینات کودراتو موجب بهبود $12/6$ درصد در بازداری پاسخ، $21/6$ درصد بهبود حافظه کاری و 18 درصد در انعطاف پذیری شناختی شده است. توان آماری بالای 70 درصدی در همه کارکردهای اجرایی نشان می‌دهد دقت آماری این آزمون قابل قبول است. علاوه بر این، حجم نمونه برای آزمایش این فرضیه کافی بوده است.

نتایج آزمون تحلیل تک‌متغیری برای مقایسه دو گروه در پس‌آزمون و پیگیری در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس کارکردهای اجرایی در مرحله پس‌آزمون با کنترل پیش‌آزمون						
مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	P	حجم اثر	
۸۳۲/۸۸	۱	۸۳۲/۸۸	۸/۴۷	۰/۰۰۵	۰/۰۸۴	نمره تداخل
۱۴۰۶/۰۲	۱	۱۴۰۶/۰۲	۱/۰۴	۰/۳۱۱	۰/۰۱۱	زمان تداخل
۸۰۲/۲۰۴	۱	۸۰۲/۲۰۴	۲/۵۴	۰/۱۱۴	۰/۰۲۷	پاسخ همخوان
۳۲۲۷/۷۴۸	۱	۳۲۲۷/۷۴۸	۷/۶۷	۰/۰۰۷	۰/۰۷۷	پاسخ ناهمخوان
۵۹۱/۷۹۲	۱	۵۹۱/۷۹۲	۰/۰۹۳	۰/۷۶۱	۰/۰۰۱	زمان واکنش همخوان
۳۴۸/۳	۱	۳۴۸/۳	۰/۰۴۶	۰/۸۳۱	۰/۰۰۱	زمان واکنش ناهمخوان
۱۴۳۶/۱۵۸	۱	۱۴۳۶/۱۵۸	۲۴/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۳۰۳	نتیجه
۱۰۸۱۶/۸۳۶	۱	۱۰۸۱۶/۸۳۶	۰/۵۳۱	۰/۴۶۸	۰/۰۰۵	زمان
۵۱/۷۲	۱	۵۱/۷۲	۲۰/۴۹	۰/۰۰۱	۰/۱۷۶	طبقات
۲۳۳/۰۸	۱	۲۳۳/۰۸	۱۵/۹۴	۰/۰۰۱	۰/۱۴۲	درج‌ماندگی
						بازداری پاسخ
						حافظه کاری
						انعطاف‌پذیری
						شناختی

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد تمرینات کوادراتو بر افزایش نمره تداخل و پاسخ ناهمخوان در مرحله پس‌آزمون اثربخش بوده است و میزان تأثیر به‌ترتیب برابر با ۸/۴ و ۷/۷ درصد است. نتایج همچنین نشان داد که تمرینات کوادراتو بر افزایش نتیجه از ابعاد حافظه کاری در مرحله پس‌آزمون اثربخش بوده است و میزان تأثیر برابر با ۲۰/۳ درصد است. همچنین تمرینات کوادراتو بر بهبود نمره طبقات و درج‌ماندگی در مرحله پس‌آزمون اثربخش بوده است و میزان تأثیر به‌ترتیب برابر با ۱۷/۶ و ۱۴/۲ درصد است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده تمرینات کوادراتو بر بهبود نمره تداخل و میزان پاسخ ناهمخوان از ابعاد بازداری پاسخ، نتیجه از ابعاد حافظه کاری و هر دو بعد طبقات و درج‌ماندگی از ابعاد انعطاف‌پذیری شناختی اثربخش بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

ورزشکاران تیرانداز فشارهای جسمی و ذهنی زیادی را تجربه می‌کنند. این ورزشکاران به نظارت و مدیریت فرایندهای شناختی از جمله تمرکز به هدف و بازداری از حواس‌پرتی نیاز دارند (لاکسونن^۱ و همکاران، ۲۰۱۸)، در نتیجه کارکرد اجرایی در تیراندازان نقش مهمی در موفقیت آنها دارد. هدف تحقیق حاضر بررسی اثر تمرینات کوادراتو (که نوعی تمرین بازداری حرکتی است) بر کارکردهای اجرایی ورزشکاران

^۱. Laaksonen

نیمه‌ماهر تیرانداز بود. یافته‌ها نشان داد ۲۸ جلسه تمرینات کودراتو موجب بهبود ۱۸ درصدی انعطاف‌پذیری شناختی در ورزشکاران نیمه‌ماهر شد. این تمرینات بر هر دو فاکتور طبقات و درج‌اماندگی انعطاف‌پذیری شناختی به‌ترتیب ۱۷/۶ و ۱۴/۲ درصد اثربخش بوده است. نتایج این یافته از پژوهش با نتایج تحقیقات بن سوسان و همکاران (۲۰۱۳)، بن سوسان و همکاران (۲۰۱۵) و وندیتی و همکاران (۲۰۱۵) هم‌راستاست. در این تحقیقات محققان نشان دادند که هم تمرین تک‌جلسه‌ای و هم تمرین طولانی‌مدت کودراتو در افزایش انعطاف‌پذیری شناختی نقش دارد. در واقع تحقیقاتی (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۳؛ بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵) که فقط شامل مؤلفه شناختی تمرینات کودراتو (پاسخ شفاهی شرکت‌کنندگان به دستورهای تمرینات کودراتو به‌جای حرکت) بودند، انعطاف‌پذیری شناختی را چندان تغییر نداد. همچنین نتایج برخی تحقیقات (بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۳؛ بن سوسان و همکاران، ۲۰۱۵؛ وندیتی و همکاران، ۲۰۱۵) نشان داد که تمرینات کودراتو که فقط شامل جزء حرکتی (برداشتن گام‌ها، اما بدون تلاش شناختی) بود، تغییری در انعطاف‌پذیری شناختی به‌وجود نیاورد. نتایج این مقالات نشان می‌دهد که نه تجربه حرکتی و نه چالش شناختی به‌تنهایی برای تقویت انعطاف‌پذیری شناختی کافی نیستند. دستاوردهای ناشی از تمرینات کودراتو در انعطاف‌پذیری شناختی احتمالاً ناشی از بازداری حرکتی و شناختی از طریق تمرین حرکتی و درگیری شناختی به‌دست می‌آید. نتایج این تحقیق با نتایج یافته‌های تن برینکه و همکاران (۲۰۲۰)، شوکلا و هیث^۱ (۲۰۲۲) و شبانگ و همکاران (۲۰۲۳)، هم‌راستاست که نشان می‌دهد تمرینات ترکیبی (شناختی- حرکتی) تأثیر زیادی بر انعطاف‌پذیری شناختی دارد. انعطاف‌پذیری شناختی به بازداری و کنترل مهارت افکار قبلی نیاز دارد و ماهیت بازداری شناختی و حرکتی در تمرینات کودراتو به پیشرفت آن کمک می‌کند. نتایج یافته‌های این تحقیق در سطح رفتاری، یافته‌های تحقیقات عصبی - آناتومیکی کودراتو را تأیید می‌کند. تحقیقات بن سوسان و همکاران (۲۰۱۵) و بن سوسان و همکاران (۲۰۱۵) که روی تغییرات ماده خاکستری (GM^۲) بعد از تمرینات کودراتو متمرکز شدند، اغلب افزایش آن را در مخچه و در نواحی فرونتال میانی و تحتانی یافتند و همچنین به همبستگی مثبتی بین افزایش ماده خاکستری مخچه و افزایش انعطاف‌پذیری شناختی رسیدند. تحلیل کوواریانس یک‌متغیری در مؤلفه نتیجه ($F = ۲۴/۴۱$, $P = ۰/۰۰۱$) از عامل حافظه کاری معنادار به‌دست آمده است. این یافته‌ها نشان می‌دهند، ۲۸ روز تمرینات کودراتو بر مؤلفه نتیجه در حافظه کاری در ورزشکاران نیمه‌ماهر به میزان ۲۰/۳ درصد اثربخش بوده است. برای اجرای لحظه به لحظه حرکت در محیط کودراتو فرد نیاز دارد موقعیت خود را در محیط کودراتو به‌روزرسانی کرده و با توجه به فرمان صوتی حرکت کند، بنابراین عملکرد حافظه پیوسته به چالش کشیده می‌شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های کائو^۳ و همکاران (۲۰۲۱)، هم‌راستاست که نشان می‌دهد فعالیت‌های شناختی حرکتی بر حافظه تأثیر می‌گذارد و از طرفی با نتایج یافته‌های شبانگ و همکاران (۲۰۲۳) هم‌راستا نیست. یافته‌های تحقیق آنها نشان داد که تمرینات شناختی به‌تنهایی یا ترکیبی از تمرینات شناختی و حرکتی، به‌طور مشابه بر عملکرد به‌روزرسانی تأثیر داشتند. یکی از دلایل این نتیجه شاید این مسئله است که ماهیت تکلیف شناختی در این تحقیق (آزمودنی‌ها باید اعداد را به‌خاطر می‌سپردند و بعد قضاوت صحیح درباره آن عدد می‌کردند) بسیار شبیه تکلیف ان - بک تست هدف بود که موجب شده نتایج در دو گروه مشابه شود. نتایج تحقیق ما روی عامل زمان واکنش حافظه تأثیری نداشت. یکی از این دلایل شاید این باشد که افراد برای اجرای فرمان صوتی زمان کافی در اختیار دارند، بنابراین به واکنش سریع به فرمان نیاز ندارند.

تحلیل کوواریانس یک‌متغیری در مؤلفه‌های نمره تداخل به‌عنوان شاخص بازداری ($F = ۸/۴۷$, $P = ۰/۰۰۵$) و پاسخ‌های ناهمخوان ($F = ۷/۶۷$, $P = ۰/۰۰۷$)، از عامل بازداری نشان داد که تفاوت دو گروه معنادار به‌دست آمده است؛ یعنی ۲۸ روز تمرینات کودراتو بر نمره تداخل و پاسخ‌های ناهمخوان در ورزشکاران نیمه‌ماهر به‌ترتیب ۸/۴ و ۷/۷ درصد اثربخش بوده است. نمره تداخل به‌عنوان شاخص بازداری

^۱. Shukla & Heath^۲. Grey matter^۳. Kao

تعریف می‌شود که از تفاوت پاسخ‌های درست ناهمخوان از پاسخ‌های درست همخوان به‌دست می‌آید. پاسخ‌های درست ناهمخوان در حقیقت پاسخ به محرک‌هایی است که عوامل مزاحم در آن وجود دارد و باید عوامل مزاحم نادیده گرفته شود. پاسخ به محرک همخوان در حقیقت پاسخ به یک محرک ساده محسوب می‌شود. تمرینات کودراتو با توجه به یافته‌های این تحقیق بر نادیده گرفتن عوامل مزاحم یعنی همان عامل بازداری تأثیر مثبتی دارد. نتایج این تحقیق با یافته‌های **کنتلن و جایلز^۱** (۲۰۲۱) همراستاست. علت تأثیر تمرینات کودراتو بر عامل بازداری شاید نقش مهم بازداری حرکتی تمرینات کودراتو باشد. رابطه نزدیک رشد حرکتی و شناختی با نقش بازداری حرکتی مثال زده می‌شود. بازداری حرکتی با توقف پاسخ‌های مداوم و قوی رشد حرکتی را با رشد شناختی ادغام می‌کند (**هاموند و همکاران، ۲۰۱۲**). کودراتو نیاز به توجه مستمر و انتظار برای دستورالعمل بعدی دارد، بنابراین شرکت‌کنندگان نیاز دارند که روی آن کار، مدتی احتمالاً چند دقیقه متمرکز بمانند و همچنین در اجرای یک دستورالعمل که می‌تواند ۴ - ۴ باشد، نیاز به بازداری از حرکت هنگام شنیدن فرمان صوتی دارد، علاوه بر این کنترل بازداری (حرکتی و شناختی) در ادامه دادن دستورالعمل بعدی و عدم توقف هنگام بروز اشتباه نقش دارد (**دی فانو و همکاران، ۲۰۱۹**). بنابراین کودراتو بازداری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تمرینات کودراتو بر هیچ‌کدام از فاکتورهای زمان بازداری تأثیری نداشت. علت این مسئله احتمالاً این است که فرد برای بازداری شناختی و حرکتی در تمرینات کودراتو زمان کافی در اختیار داشته و نیاز ندارد که خیلی سریع به محرک‌ها پاسخ بدهد. نتایج یافته‌های این تحقیق در عامل حافظه کاری و بازداری پاسخ، یافته‌های تحقیقات عصبی - آناتومیک را تأیید می‌کند. سه منطقه فرونتال قدامی، تحتانی و میانی به‌طور مداوم با بازداری پاسخ و حافظه کاری مربوط است (**سویک^۲ و همکاران، ۲۰۰۸؛ مورین و میچاد^۳، ۲۰۰۷**). افزایش در یکپارچگی ماده سفید (WM) با بهبود در اتصالات عملکردی، عملکردهای شناختی و فراشناختی و عملکردهای اجرایی و حرکتی ارتباط دارد (**رابرتز^۴ و همکاران، ۲۰۱۳**). در تحقیق **بن سوسان و همکاران (۲۰۱۹)** افزایش در WM مخچه و مناطق مختلف مغزی را که اغلب درگیر کنترل حسی - حرکتی، شناختی و عاطفی‌اند، بعد از تمرینات کودراتو نشان دادند. افزایش در یکپارچگی ماده سفید با کاهش در سرگردانی ذهن و بهبود در حافظه کاری و بازداری پاسخ مربوط است.

اثر مدیتیشن تمرینات حرکتی کودراتو می‌تواند با سایر تمرینات مدیتیشن قابل مقایسه باشد، به‌خصوص مدیتیشن‌های مبتنی بر بدن که اغلب شامل افزایش درک بدن و افزایش توجه در بدن است. در پژوهش **مارسون^۵ و همکاران (۲۰۲۳)** تأثیر مثبت مدیتیشن تمرینات کودراتو بر سلامت روانی و کاهش سرگردانی ذهنی افراد گزارش شد. تحقیقات در زمینه تمرینات ذهن‌آگاهی در شکل‌های مختلف تکنیک‌های مدیتیشن، افزایش در انسجام آلفای فرونتال را نشان دادند. **بن سوسان و همکاران (۲۰۱۳)** پس از تمرینات حرکتی کودراتو، افزایش در انسجام آلفا را نشان دادند که با افزایش توجه درونی و درک بدن همراه بود که این نتایج همراستا با نتایج تحقیقات مدیتیشن‌های حرکتی است. **لودا و گوپتا^۷ (۲۰۲۲)** در یک مقاله مروری به بررسی تأثیر تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی بر عملکرد اجرایی پرداختند.

نتایج تحقیقات این مقاله مروری پیشنهاد می‌دهد که یک مزیت نسبتاً خاص در مقابل یک مزیت عمومی از تأثیر تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی بر عملکرد اجرایی وجود دارد. مزایای ثابت‌شده‌ای در مورد بازداری پاسخ یافت شد، اما مزایای متغیرتری درباره حافظه کاری و انعطاف‌پذیری شناختی مشاهده شد. در مورد انعطاف‌پذیری شناختی در نتایج تحقیقات **هیرن و همکاران (۲۰۰۹)**، **اندرسون و همکاران (۲۰۰۷)**، **چمبرز^۸ و همکاران (۲۰۰۸)** و **باشماکووا و شچرباکووا^۹ (۲۰۲۱)** نتایج معناداری بعد از تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی به‌دست نیامد.

^۱ . Cantelon & Giles

^۲ . Swick

^۳ . Morin & Michaud

^۴ . White matter

^۵ . Roberts

^۶ . Marson

^۷ . Lodha & Gupta

^۸ . Chambers

^۹ . Bashmakova & Shcherbakova

در نتایج تحقیق متولی^۱ و همکاران (۲۰۲۳) پیشرفت مشاهده شد. در نتایج تحقیقات موینیان^۲ و همکاران (۲۰۱۳)، و فیکو و مالیا^۳ (۲۰۱۵)، پس از مداخله پیشرفت مشاهده شد که این نتایج مختص یک نمونه بزرگسال مسن بود.

افراد مسن بالای ۶۵ سال با کاهش عملکرد شناختی به‌ویژه عملکرد اجرایی (انحطاط لب پیشانی) که در حدود از ۶۵ سالگی ظاهر می‌شود، روبه‌رو هستند. یافته‌های این تحقیقات از این حدس و گمان پشتیبانی می‌کند که مزایای انعطاف‌پذیری شناختی مختص جمعیت خاصی (بالای ۶۵ سال) است، که با مشکلات انعطاف‌پذیری شناختی در سطح رفتاری مواجه‌اند. بزرگسالان جوان‌تر و میانسال‌ها، در مطالعات بررسی‌شده هیچ پیشرفتی در انعطاف‌پذیری شناختی نشان ندادند، به‌علت اینکه توانایی انعطاف‌پذیری شناختی آنها ممکن است هنوز کاهش نیافته باشد. نتایج این تحقیق همراستا با نتایج تحقیقات تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی نیست، زیرا در هر دو فاکتور تعداد طبقات و درجамاندگی در قشر نوجوان پیشرفت مشاهده شد و همراستا با نتایج سایر تحقیقات کودراتو بود که انعطاف‌پذیری شناختی را بررسی کرده بودند. شاید این نتایج خیلی دور از انتظار نباشد، زیرا تمرینات کودراتو در مقایسه با تمرینات ذهن‌آگاه این مزیت را دارند، که تمرینات ذهن‌آگاه با تمرکز بر توجه فرد برای مثال تمرکز بر تنفس، فرد را به زمان حال می‌آورند. ولی در تمرینات کودراتو فرد در عین اینکه توجهش باید به فرمان صوتی و به گامی باشد که برمی‌دارد، موقعیت خودش را باید در فضای کودراتو در نظر بگیرد، یعنی فرد با یک موقعیت چالش‌برانگیز و تغییر در توجه انتخابی روبه‌روست و همین مسئله موجب می‌شود که مسیرهای انعطاف‌پذیری شناختی او درگیر و فعال شود.

در تحقیقات هیرن^۴ و همکاران (۲۰۰۹)، مور^۵ و مالینوفسکی (۲۰۰۹)، صحرآ^۶ (۲۰۱۱)، الن^۷ و همکاران (۲۰۱۲)، تپر و اینزلیخت^۸ (۲۰۱۳)، کاسداس^۹ و همکاران (۲۰۲۰)، جیانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۱)، سومانتی و استورات^{۱۱} (۲۰۲۱) و لودا و گوپتا^{۱۲} (۲۰۲۲) بازداری پاسخ در اثر تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی بهبود یافت. در پژوهشی دیگر یاماها^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۳) نیز بیان کردند که بازداری پاسخ پس از تمرینات مدیتیشن به‌طور چشمگیری افزایش یافت. فقط در نتایج تحقیق اندرسون^{۱۴} و همکاران (۲۰۰۷) به‌دلیل پیچیدگی ابزار (استروپ اصلاح‌شده) به‌کارگرفته‌شده، تفاوت معناداری پس از تمرین مشاهده نشد.

نتایج یافته‌های این مقالات در مورد بازداری پاسخ با نتایج این تحقیق همراستاست. در نمره تداخل و پاسخ به محرک‌های ناهمخوان که از شاخص‌های بازداری شمرده می‌شوند، بعد از تمرینات کودراتو پیشرفت معناداری مشاهده شد. از طرف دیگر ماهیت بازداری حرکتی و بازداری شناختی تمرینات کودراتو علاوه بر ویژگی ذهن‌آگاهی آن در بهبود این فاکتور نقش دارد.

در نتایج تحقیق مرازک^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۳) جها^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۰) لی^{۱۷} و همکاران (۲۰۲۱) و ایوایاسای^{۱۸} و همکاران (۲۰۲۲) بعد از تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی پیشرفت در حافظه کاری مشاهده شد. در یک مقاله متاآنالیز یاکوبی^{۱۹} و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر کم تمرینات مدیتیشن بر حافظه کاری را گزارش دادند. در تحقیقی دیگر مرازک^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۳) تمرینات ذهن‌آگاهی عملکرد گستره اعداد را نسبت به گروه کنترل افزایش داد، اما این مسئله با کاهش در سرگردانی ذهن برای مثال افزایش در تمرکز و توجه همراه بود. با توجه به این یافته‌ها، ذهن‌آگاهی لزوماً دامنه به‌روزرسانی را افزایش نمی‌دهد، بلکه فرایندهای توجه است که به شرکت‌کنندگان این امکان را می‌دهد که

10. Motevalli

11. Moynihan

12. Fiocco & Mallya

4. Heeren

5. Moore & Malinowski

6. Sahdra

7. Allen

8. Teper & Inzlicht

9. Casedas

10. Jiang

11. Sumantry & Stewart

12. Lodha & Gupta

10. Yamaya

11. Anderson

12. Mrazek

13. Jha

14. Li

15. Uopasai

16. Yakobi

حواس پرتی را کاهش دهند و روی لحظه حال تمرکز کنند و تمرکز خود را در طول زمان حفظ کنند که به بهبود در اندازه‌های به‌روزرسانی منتقل می‌شود.

تمرینات کوادراتو نیازمند جنبه‌های کلیدی ذهن‌آگاهی، تنظیم توجه (تقسیم توجه به فرمان صوتی و گام) و به‌روزرسانی حافظه کاری برای مثال توجه به جریان فعلی مکان، برای اینکه بدانیم به کجا باید حرکت کنیم و پیشگیری از سرگردانی ذهن از طریق نیاز به «در اینجا و اکنون بودن» دارد، بن سوسان و همکاران (۲۰۱۴) و دی فانو و همکاران (۲۰۱۹) کاهش در سرگردانی ذهن و بهبود در فرایندهای توجه در اثر تمرینات کوادراتو را گزارش دادند و می‌تواند یکی از سازوکارهایی باشد که موجب بهبود این فاکتور شود. در نتایج تحقیق زیدان^۱ و همکاران (۲۰۱۰) و یامایا^۲ و همکاران (۲۰۲۱) پس از تمرینات مدیتیشن ذهن‌آگاهی تفاوت معناداری در حافظه کاری مشاهده نشد.

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات کوادراتو در سطح رفتاری بر روی سه هسته اصلی کارکرد اجرایی (انعطاف‌پذیری شناختی، حافظه کاری و بازداری پاسخ) اثر مثبت دارد و تحقیقات ساختاری و عملکردی مغز را مورد حمایت قرار می‌دهد و می‌تواند مداخله مناسبی برای افزایش کارکرد اجرایی ورزشکاران تیرانداز باشد. بهترین عملکرد تیراندازان نیازمند بازداری از مراحل شناختی نامرتب و افزایش مراحل شناختی مرتبط است (جامرو^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده اثر تمرینات کوادراتو بر عملکرد ورزشکاران تیرانداز بررسی شود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های تخصصی آتی، کارکرد اجرایی گرم نیز در یک رویکرد اختصاصی و یک رویکرد شناختی بررسی شود، زیرا کارکردهای اجرایی گرم در شرایطی که احساسات و هیجانات فرد وجود دارند، کارکرد شناختی را می‌سجند که به واقعیت نزدیک‌تر است. تحقیقات روی نمونه‌های بزرگ‌تر و به‌صورت طولی برای معناداری آماری بالاتر و اظهارات قابل انتقال بیشتر لازم است. توصیه می‌شود پژوهش‌های آتی تأثیر ماندگاری این تمرینات را روی کارکردهای اجرایی نشان دهند.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری تخصصی دارای کد اخلاق شماره IR.IAU.KHUISF.REC.1401.380 مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان خوراسگان است. بدین وسیله از زحمات همه مشارکت‌کنندگان تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

References

- Allen, M., Dietz, M., Blair, K. S., van Beek, M., Rees, G., Vestergaard-Poulsen, P., ... & Roepstorff, A. (2012). Cognitive-affective neural plasticity following active-controlled mindfulness intervention. *Journal of Neuroscience*, 32(44), 15601-15610. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2957-12.2012>
- Amouzadeh, F., Gharayagh Zandy, H., Moradisabzevar, M., Rostami, R., & Moghadamzadeh, A. (2021). Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Cognitive Flexibility of hyperactive student-athletes. *Psychology of Exceptional Individuals*, 11(41), 47-75. <https://doi.org/10.22054/jpe.2021.57509.2264>. (In Persian)

¹. Zeidan

². Yamaya

³. Jamro

- Anderson, N. D., Lau, M. A., Segal, Z. V., & Bishop, S. R. (2007). Mindfulness-based stress reduction and attentional control. *Clinical Psychology & Psychotherapy: An International Journal of Theory & Practice*, 14(6), 449-463. <https://doi.org/10.1002/cpp.544>
- Barzegarpoor, H., Rajabi, H., Button, D., & Fayazmilani, R. (2021). The effect of simultaneous physical and brain endurance training on fatigue and exercise tolerance inactive people. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 9(18), 72-83. <https://doi.org/10.22077/JPSBS.2020.3110.1540>. (In Persian)
- Bashmakova, I., & Shcherbakova, O. (2021). Just open your mind? A randomized, controlled study on the effects of meditation on creativity. *Frontiers in psychology*, 12, 663881. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.663881>
- Beglari, M., Maleki, M., & Ghaeini, S. (2015). The effect of acute aerobic exercise mode on response inhibition in athletics. *Motor Behavior*, 6(18), 85-102. (In Persian)
- Ben-Soussan, T. D., Berkovich-Ohana, A., Glicksohn, J., & Goldstein, A. (2014). A suspended act: increased reflectivity and gender-dependent electrophysiological change following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Psychology*, 5, 55. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00055>
- Ben-Soussan, T. D., Berkovich-Ohana, A., Piervincenzi, C., Glicksohn, J., & Carducci, F. (2015). Embodied cognitive flexibility and neuroplasticity following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Psychology*, 6, 1021. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01021>
- Ben-Soussan, T. D., Glicksohn, J., & Berkovich-Ohana, A. (2017). Attentional effort, mindfulness, and altered states of consciousness experiences following Quadrato Motor Training. *Mindfulness*, 8(1), 59-67. <https://doi.org/10.1155/2017/9554901>
- Ben-Soussan, T. D., Glicksohn, J., & Berkovich-Ohana, A. (2015). From cerebellar activation and connectivity to cognition: a review of the Quadrato Motor Training. *BioMed research international*, 2015(1), 954901. <https://doi.org/10.1155/2015/954901>
- Ben-Soussan, T. D., Piervincenzi, C., Venditti, S., Verdone, L., Caserta, M., & Carducci, F. (2015). Increased cerebellar volume and BDNF level following quadrato motor training. *Synapse*, 69(1), 1-6. <https://doi.org/10.1002/syn.21787>
- Bühlmayer, L., Birrer, D., Röthlin, P., Faude, O., & Donath, L. (2017). Effects of mindfulness practice on performance-relevant parameters and performance outcomes in sports: A meta-analytical review. *Sports medicine*, 47(11), 2309-2321. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0752-9>
- 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. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2007.16>
- Cásedas, L., Pirruccio, V., Vadillo, M. A., & Lupiáñez, J. (2020). Does mindfulness meditation training enhance executive control? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials in adults. *Mindfulness*, 11(2), 411-424. <https://doi.org/10.1007/s12671-019-01279-4>
- Cantelon, J. A., & Giles, G. E. (2021). A review of cognitive changes during acute aerobic exercise. *Frontiers in Psychology*, 12, 653158. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.653158>

- Chambers, R., Lo, B. C. Y., & Allen, N. B. (2008). The impact of intensive mindfulness training on attentional control, cognitive style, and affect. *Cognitive therapy and research*, 32(3), 303-322. <https://doi.org/10.1007/s10608-007-9119-0>
- Cona, G., Cavazzana, A., Paoli, A., Marcolin, G., Grainer, A., & Bisiacchi, P. S. (2015). It's a matter of mind! Cognitive functioning predicts the athletic performance in ultra-marathon runners. *PloS one*, 10(7), e0132943. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132943>
- De Fano, A., Leshem, R., & Ben-Soussan, T. D. (2019). Creating an internal environment of cognitive and psycho-emotional well-being through an external movement-based environment: an overview of Quadrato Motor Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2160. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122160>
- Depraz, N., Varela, F. J., and Vermersch, P. (2000). "The gesture of awareness: an account of its structural dynamics," in *Investigating Phenomenal Consciousness*, ed. M. Velmans (Philadelphia, PA: John Benjamins), 121-136.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- 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, 100572. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>
- Dietrich, A., & Sparling, P. B. (2004). Endurance exercise selectively impairs prefrontal-dependent cognition. *Brain and cognition*, 55(3), 516-524. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.03.002>
- Dotan Ben-Soussan, T., Glicksohn, J., Goldstein, A., Berkovich-Ohana, A., & Donchin, O. (2013). Into the square and out of the box: the effects of Quadrato Motor Training on creativity and alpha coherence. *PLoS One*, 8(1), e55023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055023>
- Esmaili, R., Estaki, M., & Shahriari Ahmadi, M. (2022). Evaluation and Comparison of the Effectiveness of PARISA and PARS Cognitive Rehabilitation Package in Improving Working Memory and Attention Retention Children with Attention Deficit/hyperactivity Disorder. *Journal of Modern Psychological Researches*, 17(67), 13-23. <https://doi.org/10.22034/jmpr.2022.15320> (In Persian)
- Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific reports*, 3(1), 1154. <https://doi.org/10.1038/srep01154>
- Fiocco, A. J., & Mallya, S. (2015). The importance of cultivating mindfulness for cognitive and emotional well-being in late life. *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*, 20(1), 35-40. <https://doi.org/10.1177/2156587214553940>
- Furley, P., & Wood, G. (2016). Working memory, attentional control, and expertise in sports: A review of current literature and directions for future research. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5(4), 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.05.001>
- Gallant, S. N. (2016). Mindfulness meditation practice and executive functioning: Breaking down the benefit. *Consciousness and cognition*, 40, 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2016.01.005>

- Hammond, C. J., Potenza, M. N., & Mayes, L. C. (2012). *Development of impulse control, inhibition, and self-regulatory behaviors in normative populations across the lifespan* (Vol. 232, p. 244). New York, NY: Oxford University Press.
- Haqnazari, F., Nejati, V., & Pouretamad, H. (2022). Effectiveness of computerized working memory training on sustained attention and working memory of male school students. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 11(1), 2-13. <https://doi.org/10.32598/SJRM.11.1.1>. (In Persian)
- Heaton, R. K. (1981). Wisconsin card sorting test. *Psychological assessment resources*. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2009.01.017>
- Heilmann, F., Weinberg, H., & Wollny, R. (2022). The impact of practicing open-vs. closed-skill sports on executive functions—A meta-analytic and systematic review with a focus on characteristics of sports. *Brain Sciences*, 12(8), 1071. <https://doi.org/10.3390/brainsci12081071>
- Hut, M., Minkler, T. O., Glass, C. R., Weppner, C. H., Thomas, H. M., & Flannery, C. B. (2023). A randomized controlled study of mindful sport performance enhancement and psychological skills training with collegiate track and field athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 35(2), 284-306. <https://doi.org/10.1080/10413200.2021.1989521>
- Ishihara, T., Kuroda, Y., & Mizuno, M. (2019). Competitive achievement may be predicted by executive functions in junior tennis players: An 18-month follow-up study. *Journal of sports sciences*, 37(7), 755-761. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1524738>
- Jamro, D., Zurek, G., Dulnik, M., Lachowicz, M., & Lenart, D. (2022). Executive function level in cadets' shooting performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6007. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106007>
- Jiang, D., Liu, Z., & Sun, G. (2021). The effect of yoga meditation practice on young adults' Inhibitory control: an fNIRS study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 725233. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.725233>
- Jha, A. P., Stanley, E. A., Kiyonaga, A., Wong, L., & Gelfand, L. (2010). Examining the protective effects of mindfulness training on working memory capacity and affective experience. *Emotion*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.1037/a0018438>
- Kao, S. C., Wang, C. H., Kamijo, K., Khan, N., & Hillman, C. (2021). Acute effects of highly intense interval and moderate continuous exercise on the modulation of neural oscillation during working memory. *International Journal of Psychophysiology*, 160, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.12.003>
- Kramer, A. F., & Colcombe, S. (2018). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study—revisited. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 213-217. <https://doi.org/10.1177/1745691617707316>
- Laaksonen, M. S., Finkenzeller, T., Holmberg, H. C., & Sattlecker, G. (2018). The influence of physiobiomechanical parameters, technical aspects of shooting, and psychophysiological factors on biathlon performance: a review. *Journal of sport and health science*, 7(4), 394-404. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.003>

- Leshem, R., De Fano, A., & Ben-Soussan, T. D. (2020). The implications of motor and cognitive inhibition for hot and cool executive functions: The case of quadrato motor training. *Frontiers in Psychology, 11*, 940. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00940>
- Li, Y., Yang, N., Zhang, Y., Xu, W., & Cai, L. (2021). The relationship among trait mindfulness, attention, and working memory in junior school students under different stressful situations. *Frontiers in psychology, 12*, 558690. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.558690>
- Lodha, S., & Gupta, R. (2022). Mindfulness, attentional networks, and executive functioning: A review of interventions and long-term meditation practice. *Journal of Cognitive Enhancement, 6*(4), 531-548. <https://doi.org/10.1007/s41465-022-00254-7>
- Marson, F., Zampieri, M., Verdone, L., Bacalini, M. G., Ravaioli, F., Morandi, L., ... & Reale, A. (2023). Quadrato Motor Training (QMT) is associated with DNA methylation changes at DNA repeats: A pilot study. *Plos one, 18*(10), e0293199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293199>
- 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. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Montuori, S., d'Aurizio, G., Foti, F., Liparoti, M., Lardone, A., Pesoli, M., ... & Sorrentino, P. (2019). Executive functioning profiles in elite volleyball athletes: Preliminary results by a sport-specific task switching protocol. *Human movement science, 63*, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.11.011>
- Motevalli, S., Salahshour, H. M., & Bailey, R. P. (2023). The mediating role of cognitive flexibility in the relationship between cognitive emotion regulation strategies and mindfulness in patients with type 2 diabetes. *Journal of affective disorders, 339*, 676-682. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.07.043>
- Moore, A., & Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Consciousness and cognition, 18*(1), 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.12.008>
- Morin, A., & Michaud, J. (2007). Self-awareness and the left inferior frontal gyrus: inner speech use during self-related processing. *Brain research bulletin, 74*(6), 387-396. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.06.013>
- Moynihan, J. A., Chapman, B. P., Klorman, R., Krasner, M. S., Duberstein, P. R., Brown, K. W., & Talbot, N. L. (2013). Mindfulness-based stress reduction for older adults: effects on executive function, frontal alpha asymmetry and immune function. *Neuropsychobiology, 68*(1), 34-43. <https://doi.org/10.1159/000350949>
- Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychological science, 24*(5), 776-781. <https://doi.org/10.1177/0956797612459659>
- Nien, J. T., Wu, C. H., Yang, K. T., Cho, Y. M., Chu, C. H., Chang, Y. K., & Zhou, C. (2020). Mindfulness Training Enhances Endurance Performance and Executive Functions in Athletes: An Event-Related Potential Study. *Neural plasticity, 2020*(1), 8213710. <https://doi.org/10.1155/2020/8213710>
- Noetel, M., Ciarrochi, J., Van Zanden, B., & Lonsdale, C. (2019). Mindfulness and acceptance approaches to sporting performance enhancement: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 12*(1), 139-175. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1387803>

- Nushi, M., Rahimi, S., & Rahimi, F. (2021). The Effect of Digital Image Guide on EFL Learners' Intercultural Communicative Competence. *Critical Language and Literary Studies*, 18(26), 267-298. <https://doi.org/10.52547/clls.18.26.267> (In Persian)
- Piervincenzi, C., Ben-Soussan, T. D., Mauro, F., Mallio, C. A., Errante, Y., Quattrocchi, C. C., & Carducci, F. (2017). White matter microstructural changes following quadrato motor training: A longitudinal study. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 590. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00590>
- Roberts, R. E., Anderson, E. J., & Husain, M. (2013). White matter microstructure and cognitive function. *The Neuroscientist*, 19(1), 8-15. <https://doi.org/10.1177/1073858411421218>
- Sahdra, B. K., MacLean, K. A., Ferrer, E., Shaver, P. R., Rosenberg, E. L., Jacobs, T. L., ... & Saron, C. D. (2011). Enhanced response inhibition during intensive meditation training predicts improvements in self-reported adaptive socioemotional functioning. *Emotion*, 11(2), 299. <https://doi.org/10.1037/a0022764>
- Shahgholian, M., azadfallah, P., Fathi-Ashtiani, A. and khodadadi, M. (2012). Design of the Wisconsin Card Sorting Test (WCST) computerized version: Theoretical Fundamental, Developing and Psychometrics Characteristics. *Clinical Psychology Studies*, 2(4), 110-134. (In Persian)
- Shukla, D., & Heath, M. (2022). A single bout of exercise provides a persistent benefit to cognitive flexibility. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 93(3), 516-527. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1873902>
- Sumantry, D., & Stewart, K. E. (2021). Meditation, mindfulness, and attention: A meta-analysis. *Mindfulness*, 12(6), 1332-1349. <https://doi.org/10.1007/s12671-021-01593-w>
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary. New York: Oxford Univer.
- Sok, S., Shin, E., Kim, S., & Kim, M. (2021). Effects of cognitive/exercise dual-task program on the cognitive function, health status, depression, and life satisfaction of the elderly living in the community. *International journal of environmental research and public health*, 18(15), 7848. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157848>
- Swick, D., Ashley, V., & Turken, A. U. (2008). Left inferior frontal gyrus is critical for response inhibition. *BMC neuroscience*, 9(1), 102. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-9-102>
- Ten Brinke, L. F., Best, J. R., Chan, J. L., Ghag, C., Erickson, K. I., Handy, T. C., & Liu-Ambrose, T. (2020). The effects of computerized cognitive training with and without physical exercise on cognitive function in older adults: an 8-week randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology: Series A*, 75(4), 755-763. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz115>
- Teper, R., & Inzlicht, M. (2013). Meditation, mindfulness and executive control: the importance of emotional acceptance and brain-based performance monitoring. *Social cognitive and affective neuroscience*, 8(1), 85-92. <https://doi.org/10.1093/scan/nss045>
- Tomprowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin*, 145(9), 929. <https://doi.org/10.1037/bul0000200>
- Uopasai, S., Bunterm, T., Tang, K. N., & Saksangawong, C. (2022). The effect of meditation on metacognitive ability, working memory ability, academic achievement, and stress levels. *Humanities, Arts and Social Sciences Studies*, 217-226. <https://doi.org/10.14456/hasss.2022.20>

- Venditti, S., Verdone, L., Pesce, C., Tocci, N., Caserta, M., & Ben-Soussan, T. D. (2015). Creating Well-Being: Increased Creativity and proNGF Decrease following Quadrato Motor Training. *BioMed Research International*, 2015(1), 275062. <https://doi.org/10.1155/2015/275062>
- Verburgh, L., Scherder, E. J., van Lange, P. A., & Oosterlaan, J. (2014). Executive functioning in highly talented soccer players. *PloS one*, 9(3), e91254. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091254>
- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes ‘expert’ in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied cognitive psychology*, 24(6), 812-826. <https://doi.org/10.1002/acp.1588>
- Wang, Y., Lei, S. M., & Fan, J. (2023). Effects of mindfulness-based interventions on promoting athletic performance and related factors among athletes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 2038. <https://doi.org/10.3390/ijerph2003203>
- Xiang, M., Li, G., Ye, J., Wu, M., Xu, R., & Hu, M. (2023). Effects of combined physical and cognitive training on executive function of adolescent shooting athletes: A functional near-infrared spectroscopy study. *Sports Medicine and Health Science*, 5(3), 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.02.004>
- Yakobi, O., Smilek, D., & Danckert, J. (2021). The effects of mindfulness meditation on attention, executive control and working memory in healthy adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Cognitive Therapy and Research*, 45(4), 543-560. <https://doi.org/10.1007/s10608-020-10177-2>
- Yamaya, N., Tsuchiya, K., Takizawa, I., Shimoda, K., Kitazawa, K., & Tozato, F. (2021). Effect of one-session focused attention meditation on the working memory capacity of meditation novices: A functional near-infrared spectroscopy study. *Brain and behavior*, 11(8), e2288. <https://doi.org/10.1002/brb3.2288>
- Zeidan, F., Johnson, S. K., Diamond, B. J., Zhanna, D., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: Evidence of brief mental training. *Consciousness and Cognition*, 19, 597–605. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.03.014>
- Zhang, C. Q., Si, G., Duan, Y., Lyu, Y., Keatley, D. A., and Chan, D. K. C. (2016). The effects of mindfulness training on beginners’ skill acquisition in dart throwing: a randomized controlled trial. *Psychol. Sport Exerc.* 22, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.09.005>

