

The Effect of Neurofeedback and Pre-Performance Routine on Sport Rumination of Skilled Shooters with Choking Experience

Narjes Emamgholinejad¹ , Shahzad Tahmasebi Boroujeni² , Elahe Arabameri³ , Mehdi Shahbazi⁴  and Felix Ehrlenspiel⁵ 

1. Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Corresponding author, Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Department of Behavioral and Cognitive Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Department of Sport and Health Sciences, Technical University of Munich, 80992 Munich, Germany.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received January 09, 2026

Received in revised form

April 29, 2026

Accepted May 08, 2026

Available online September 23, 2026

Keywords:

*Sport Rumination,
Neurofeedback,
Pre-Performance routine,
Left-hand contraction,
Choking under pressure.*

ABSTRACT

Objective: This study aimed to compare neurofeedback training and left-hand dynamic contraction on rumination in skilled shooters with choking under pressure experience.

Methods: This study was a semi-experimental design. A total of 28 participants (17 women and 11 men), aged 18 to 38 years ($M = 25.36$, $SD = 6.31$), with a history of choking under pressure and meeting the inclusion criteria, were selected as the final sample. In the pre-test phase, participants completed the Sport Competition Rumination Scale (SCRS) one hour before the competition. Then they participated in an official national competition (60 shots in accordance with ISSF regulations). Afterward, participants were randomly assigned to three groups: a neurofeedback group ($n = 10$), a left-hand contraction group ($n = 9$), and a control group ($n = 9$). The intervention groups (neurofeedback and left-hand contraction) received their respective training for four weeks across 10 sessions. Following the intervention period, participants took part in the post-test. Two months later, athletes participated in a retention test, which was conducted identically to the pre-test and post-test procedures.

Results: The repeated-measures ANOVA showed no significant time $\times$ group interaction effect for sport-related rumination, $F(3.02, 37.70) = 2.81$, $p = 0.52$, $\eta^2 = 0.18$. A significant pre-test to post-test reduction was observed in the neurofeedback group ($p < .05$). No significant pre-test to post-test changes were found in the left-hand contraction or control groups ($p > .05$). No significant between-group differences were observed at retention ($p > .05$).

Conclusion: The present findings indicate that neurofeedback training appears to reduce sport-related rumination and could be considered a novel approach for use by athletes and coaches in performance enhancement programs.

Cite this article: Emamgholinejad, N; Tahmasbi Broujeni, Sh; Arabameri;E, Ehrlenspiel, F., The Effect of Neurofeedback and Pre-Performance Routine on Sport Rumination of Skilled Shooters with Choking Experience. *Functional Research in Sport Psychology*, 2026;3(2):77-95. [10.22091/frs.2026.15651.1153](https://doi.org/10.22091/frs.2026.15651.1153) © The Author(s).



Publisher: University of Qom.
DOI: [10.22091/frs.2026.15651.1153](https://doi.org/10.22091/frs.2026.15651.1153)

Extended Abstract

Introduction

Professional athletes consistently strive to demonstrate their best performance in competitions, and psychological factors play a key role in their success. Many athletes experience a significant decline in their performance by increasing anxiety, a phenomenon referred to as “choking under pressure”. According to the multidimensional anxiety theory, competitive anxiety consists of two components; Cognitive anxiety includes negative expectations, negative self-evaluation, and worries, whereas somatic anxiety refers to the physiological elements of anxiety. Concentration disturbance is considered a type of cognitive anxiety, which may result from intrusive thoughts during performance that persist repeatedly. Repetitive negative thought can be divided into two components: worry, which involves ongoing thoughts about potential future risks, and rumination, which refers to repeatedly reflecting on oneself and the possible reasons for past failures. According to Goal Progress Theory, some features of rumination reflect core elements of competitive sport, especially the continuous comparison between a current and a desired state. Athletic performance is linked to goal expectations and their persistence evaluation. As proposed by cognitive-motivational-relational theory, experiencing choking can provoke anger because it prevents goal attainment, threatens the athlete’s ego identity, and may be interpreted as a humiliating setback accompanied by self-blame. Based on attentional models of choking under pressure, rumination represents a specific form of self-focused model in which attention is directed toward certain aspects of the “self,” which inevitably prompts self-evaluation

potentially leading to performance deterioration. In distraction model of choking, increased anxiety diverts attention toward task-irrelevant internal or external cues, such as worries, negative thoughts, and performance expectations. By consuming the limited capacity of working memory, attention exceeds its threshold and diminishes the cognitive resources available for task execution. Self-presentation model of choking refers to goal-directed actions and behaviors aimed to generate positive images of oneself to influence on others perceive and also plays a role in the formation of sports identity. Accordingly, in high-pressure situations, when athletes’ sports identity is threatened by poor performance, concerns about negative evaluation, feelings of inadequacy, and audience judgment can lead to increased anxiety.

Interventions designed to reduce rumination, given the shared underlying mechanisms between anxiety and rumination can support athletes in managing attention, regulating emotions, and controlling competitive anxiety during performance. To mitigate rumination, athletes can benefit from psychological interventions such as mindfulness training, neurophysiology-based approaches including neurofeedback (NFT) and transcranial stimulation (tDCS and TMS), as well as self-regulation strategies such as pre-performance routines. Based on neuroscientific evidence, rumination is associated with increased activity in the left temporal cortex, as a part of the emotional memory system, leads to greater retrieval of negative memories. As a result, neural regulation and the inhibition of negative thoughts by the brain’s executive regions are reduced, allowing negative and repetitive thoughts (rumination) to persist. This finding is also in line with EEG studies on choking under pressure, as it has been shown in the self-focus model, during

choking there is increased activity in the left hemisphere particularly in the temporal lobe, which is involved in verbal–analytical processing. Accordingly, considering that unilateral dynamic contraction of the left-hand muscles increases alpha wave power and leads to a long-term reduction in cortical activity, it may activate the right hemisphere while relatively inhibiting the left hemisphere, thereby reducing unnecessary cognitive processing. Given that verbal–analytical nature of rumination, dynamic left-hand contraction may help reduce it. In general, increased alpha power is thought to suppress task-irrelevant cortical activity like negative thoughts and facilitate attentional focus on performance.

In addition, previous studies have shown that neurofeedback training can modulate patterns of brain activity associated with cognitive engagement and rumination. Neurofeedback training particularly in regions associated with attentional control and cognitive inhibition, may reduce task-irrelevant neural activity and limit the persistence of intrusive thoughts. In this context, prior research has indicated that the sensorimotor rhythm (SMR) in the 12–15 Hz range considers as an index of neural activity in the sensorimotor cortex. Higher SMR power is associated with reduced activity in this region and lower cognitive involvement in processing sensorimotor information, and it has been linked to ignore task-irrelevant distractions and maintain sustained attention. In neurofeedback training, the sensorimotor cortex is often targeted to improve motor control and reduce anxiety. On the other hand, theta rhythm (4–7 Hz) is associated with neural and psychological functions within the limbic system.

Theta rhythm in certain cortical regions has been associated with the regulation of arousal, mental, and emotional states, as well as distractibility. In a clinical study, the

effects of neurofeedback training were examined directly on rumination by increasing SMR and decreasing alpha and beta activity in the C4 region among individuals with obsessive–compulsive disorder which were associated with reductions in rumination, highlighting the role of regulating central rhythms in reducing repetitive thoughts. In addition, comparing elite and novice performers indicates that superior motor performance was associated with higher upper-alpha power in the parietal lobes (reflecting reduced associative and sensory processing), which stabilizes essential neural networks and minimizes distractions such as negative thoughts. Increased alpha activity in both the right parietal and left central regions has also been linked to the refinement of unnecessary visuospatial processing and more efficient activation of the motor cortex. Moreover, increased alpha activity in posterior cortical regions may facilitate improved concentration by filtering out task-irrelevant information. Previous studies have shown that increasing the power of both alpha and theta waves, is associated with deep relaxation and is an effective intervention for reducing anxiety. Although some studies have examined rumination in athletes, no research to date has directly investigated the effects of neurofeedback or pre-performance routines such as dynamic left-hand contraction on reducing rumination in athletes. Therefore, the present study was designed to examine the impact of these interventions on rumination among shooters.

Methods

Research design

This applied study employed a semi-experimental repeated-measures design.

Participants

Participants were 28 skilled 10-meter air rifle

shooters (17 women and 11 men) aged 18 to 38 years, with more than 5 years of national-level experience.

Materials

We administered the Persian adaptation of the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) to assess participants' handedness. The Sport Competition Rumination Scale (SCRS) was used to measure rumination under competition pressure.

Procedure

Participants were recruited via announcements in the Iranian Shooting Federation and verbally through coaches. Eligible athletes completed handedness questionnaires, and resting-state EEG was recorded at Cz, Pz, and T3 for two minutes on the first day. The next day, one hour before the competition, they completed the Sport Competition Rumination Scale (SCRS) and then participated in an official national competition (60 shots at 10 m, 90-minute limit) conducted according to ISSF rules (2023), serving as the pre-test. Then they were randomly assigned to three groups: neurofeedback, left-hand contraction, and control. Intervention groups received four weeks of training. After the final session, a post-test was conducted similarly to the pre-test. A retention test, identical to the pre- and post-tests, was conducted two months later.

Data analysis

Statistical analyses were performed using SPSS Statistics with $\alpha = 0.05$. Separate 3×3 mixed-design repeated measures ANOVAs (group $\times$ time) were conducted for each dependent variable including the shooting performance, EEG baseline, and sport rumination (pre-test, post-test, and follow-up). The Huynh-Feldt post-hoc test was employed to correct the degrees of freedom

when the sphericity assumption was violated.

No significant between-group differences were found in any of the dependent variables at the pre-test. As shown in Table 1, the interaction effect of time $\times$ group for the rumination variable was not significant [$F(3.02, 37.70) = 2.81, p = 0.52, \eta^2 = 0.18$]. However, the main effect of time was significant [$F(1.51, 37.70) = 3.82, p = 0.042, \eta^2 = 0.13$], and based on post hoc tests, a significant reduction was observed between pre-test and post-test in the neurofeedback group ($p \leq 0.05$).

Discussion

The present findings indicate that increasing SMR and decreasing theta protocol in the Cz and T3 regions, as well as the alpha/theta protocol in Pz, led to a reduction in rumination among athletes. These results suggest that neurofeedback can serve as an effective tool for managing intrusive thoughts and enhancing focus under high-pressure conditions. Conversely, no significant changes were observed in the left-hand contraction group and the control group, indicating that this method alone may not have a similar effect on reducing rumination. Additionally, this study is the first to specifically investigate the effects of pre-performance routines, such as dynamic left-hand contraction and neurofeedback, on reducing rumination in athletes. Rumination reduction using neurofeedback was confirmed, which aligns with previous research emphasizing the positive effects of self-regulation on cognitive and psychological performance in precision sports such as shooting. Previous studies have emphasized the role of SMR in strengthening cognitive inhibition, enhancing attentional control and improving perceptual processing, as well as the effects of the alpha/theta protocol in reducing anxiety and

improving cognitive performance. However, the direct effects of neurofeedback training on rumination have only been examined in clinical studies which indicating the role of central rhythm regulation in diminishing repetitive thoughts. In the present study, neurofeedback protocols—increasing SMR and reducing theta activity in Cz, along with increasing alpha/theta in Pz—also led to decreased rumination and improved shooting performance, which is consistent with previous findings in this area.

However, some studies have reported no significant reductions in cognitive or emotional variables, which may be related to differences in study design and implementation methods. In the present study, a combination of several neurofeedback protocols across different brain regions was used, which may explain the differences in findings compared with studies that have applied only a single protocol or targeted a specific brain region. In addition previous studies have shown that pre-performance routines can enhance concentration and reduce distraction in athletes, helping them focus on the present moment rather than past events or potential future outcomes. It's demonstrated that dynamic left-hand contraction, as a pre-performance routine, can prevent performance decline in badminton and taekwondo and improve tennis serves accuracy by increasing alpha power and reducing left-hemispheric activity—particularly in temporal regions associated with verbal processing—which tends to increase under pressure. Nonetheless, the present findings regarding left-hand contraction are consistent with some previous studies on cognitive inhibition and attention. For example, Wergin et al. reported that pre-performance routines, including hand contraction, may orient athletes' attention toward the present moment and reduce

unnecessary processing, yet they did not observe notable improvements in accuracy or behavioral performance. Mirifar et al. also found that left-hand contraction had no significant effects on reaction time or accuracy, with only small effects on behavioral outcomes. Moreover, many previous studies have primarily examined anxiety under pressure without considering specific psychological variables such as rumination, whereas the present study explicitly evaluated rumination and highlighted its detrimental role in performance. Systematic reviews have shown that most research has focused on the effects of pre-performance routines and neurofeedback on improving performance, managing anxiety, and enhancing sustained attention. In contrast, the current study specifically addressed rumination as a psychological factor influencing performance.

The findings of this study demonstrate that combining neurofeedback training with pre-performance routines such as left-hand contraction could reduce rumination to enhance performance under pressure. These results align with previous research examining physiological and psychological interventions in sports performance, while offering a novel contribution by exploring their effects on reducing rumination in athletes.

Conclusion

These findings highlight the role of psychological and physiological interventions in managing cognitive load and improving performance in stressful situations.

Keywords:

Sport Rumination, Neurofeedback, Pre-Performance routine, Left-hand contraction, Choking under pressure.

Article message

The findings of this study suggest that neurofeedback training, particularly SMR enhancement and alpha/theta protocols, can effectively reduce athletes' rumination which may serve as a valuable intervention for optimizing mental readiness and performance in precision sports such as shooting.

Author Contributions

For research articles with several authors, a short paragraph specifying their individual contributions must be provided. The following statements should be used "Conceptualization, N.E. and SH.T.; methodology, N.E.; software, N.E.; validation, N.E. and SH.T.; formal analysis, N.E.; investigation, SH.T.; resources, N.E.; data curation, N.E.; writing—original draft preparation, N.E.; and SH.T.; writing—review and editing, N.E.; SH.T E.A.; and F.E.; visualization, N.E. and SH.T.; supervision, SH.T.; project administration, SH.T E.A.; and F.E.; funding acquisition, N.E. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript." Please turn to the [CRediT](#) taxonomy for the term

explanation. Authorship must be limited to those who have contributed substantially to the work reported.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

We would like to express my sincere appreciation to the Shooting Federation of the Islamic Republic of Iran, especially the Education and Talent Identification Committee.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tehran (Ethical code: IR.UT.?). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقایسه تمرین نوروفیدبک و روتین پیش از اجرا بر نشخوار فکری در تیراندازان ماهر تفنگ با تجربه انسداد تحت فشار

نرجس امامقلی نژاد^۱ ID، شهزاد طهماسبی بروجنی^۲ ID، الهه عرب عامری^۳ ID، مهدی شهبازی^۳ ID، فلیکس ارلن اشپیل^۵ ID

۱. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۵. گروه علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تکنیکال مونیخ، مونیخ، آلمان

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	هدف: این پژوهش با هدف مقایسه تمرین نوروفیدبک و انقباض پویای دست چپ بر نشخوار فکری تیراندازان ماهر با تجربه انسداد تحت فشار انجام شد.
مقاله پژوهشی	روش‌ها: این پژوهش از نوع نیمه تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. تعداد ۲۸ شرکت‌کننده، ۱۷ زن و ۱۱ مرد با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۸ سال (میانگین = ۲۵/۳۶، انحراف استاندارد = ۶/۳۱) با سابقه انسداد تحت فشار که معیارهای ورود به پژوهش را دارا بودند، به‌عنوان نمونه‌ی نهایی انتخاب شدند. در پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان یک ساعت پیش از شروع مسابقه، پرسشنامه‌ی نشخواری فکری ورزشی (SCRS) را تکمیل کردند و پس از آن در مسابقه‌ی رسمی کشوری (۶۰ تیر مطابق با قوانین ISSF)، شرکت نمودند. سپس به صورت تصادفی به سه گروه آزمایشی نوروفیدبک ($n=10$)، انقباض دست چپ ($n=9$) و کنترل ($n=9$) تقسیم شدند. گروه‌های مداخله (نوروفیدبک و انقباض دست چپ)، به مدت چهار هفته طی ۱۰ جلسه آموزش مربوط به خود را دریافت کردند و بعد از پایان مداخله در پس‌آزمون شرکت نمودند. پس از دو ماه ورزشکاران در آزمون یادداری شرکت کردند که عیناً مشابه پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. از آزمون آماری تحلیل واریانس مرکب (۳گروه*۳ مرحله) با سطح معنی داری ۰/۰۵ برای تحلیل نتایج استفاده شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۹	یافته‌ها: نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد که، اثر تعاملی زمان*گروه در متغیر نشخوار فکری ورزشی $[F(3.02, 37.70) = 2.81, p = 0.52, \eta^2 = 0.18]$ معنی دار نشده است. با این حال در گروه نوروفیدبک، نشخوار فکری ورزشی نسبت به پیش‌آزمون به طور معنی دار کاهش یافت در حالیکه در گروه انقباض دست چپ و کنترل تفاوت معنی داری دیده نشد. در آزمون یادداری نیز تفاوتی بین گروه‌ها وجود نداشت.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹	نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش به نظر می‌رسد که تمرین نوروفیدبک می‌تواند منجر به کاهش نشخوار فکری ورزشی شود و به عنوان رویکردی نوین در ورزشکاران و مربیان در برنامه‌های ارتقا عملکرد مورد توجه قرار گیرد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۸	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	نشخوار فکری ورزشی، نوروفیدبک، روتین پیش از اجرا، انقباض پویای دست چپ، انسداد تحت فشار.

استاد: امامقلی نژاد، نرجس؛ طهماسبی بروجنی، شهزاد؛ عرب عامری، الهه؛ شهبازی، مهدی؛ ارلن اشپیل، فلیکس. مقایسه تمرین نوروفیدبک و روتین پیش از اجرا بر نشخوار فکری در تیراندازان ماهر تفنگ با تجربه انسداد تحت فشار. مطالعات عملکردی در روانشناسی ورزشی، ۱۴۰۵، ۳ (۳)، ۷۷-۹۵.

DOI: [10.22091/frs.2026.15651.1153](https://doi.org/10.22091/frs.2026.15651.1153)



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم.

مقدمه

ورزشکاران حرفه‌ای همواره در تلاش‌اند بهترین عملکرد خود را در مسابقات مهم نشان دهند و عوامل روان‌شناختی نقش کلیدی در موفقیت آن‌ها دارند. در این راستا ورزش‌های مبتنی بر دقت، مانند تیراندازی، علاوه بر مهارت‌های جسمانی نیازمند تمرکز پایدار، تنظیم برانگیختگی، انعطاف‌پذیری شناختی و کنترل اضطراب هستند (۱). ورزشکاران زیادی در مواجهه با افزایش اضطراب عملکردشان به طور قابل توجهی تخریب می‌شود که در اصطلاح آن را "انسداد تحت فشار" می‌نامند (۲) و تنها زمانی رخ می‌دهد که تحت فشار، اضطراب افزایش یابد (۳). اضطراب شناختی شامل انتظارات منفی، خودارزیابی منفی و نگرانی است، در حالی که اضطراب جسمانی به عناصر فیزیولوژیک اضطراب اشاره دارد (۴). اختلال در تمرکز نیز به‌عنوان نوعی اضطراب شناختی در نظر گرفته شده است (۵) که می‌تواند ناشی از افکار مزاحم و تکراری مستمر در حین اجرا باشد (۶، ۷). این افکار منفی تکراری شامل دو بخش نگرانی به معنی فکر کردن به خطرات پیش رو و نشخوار فکری^۲ به معنی تامل در مورد خود و نیز دلایل شکست در دستیابی به موفقیت است (۸). برای مثال، در مطالعه‌ای دریافتند که افرادی که تمایل به نشخوار فکری دارند، عواطف منفی بیشتری را نیز تجربه کرده و نگرانی بیشتری دارند (۹). تمرکز مداوم بر الگوهای شناختی ناسازگار مانند ناامیدی و بدبینی، توانایی دستیابی ورزشکار به عملکرد مطلوب را مختل می‌کند (۱۰). بر اساس نظریه‌ی پیشبرد هدف در نشخوار فکری مارتین و تسر^۳، اهداف انگیزه اصلی برای تمرین بوده و افکار و رفتارهای فرد را هدایت می‌کند (۸). بنابر مطالعات گذشته افکار نشخوارگونه نیازمند بخش قابل توجهی از منابع شناختی بوده و می‌توانند برای مدت نسبتاً طولانی ادامه یابند (۱۱). همچنین طبق نظریه‌ی وابستگی شناختی-انگیزشی^۴، انسداد تحت فشار احتمالاً خشم شدیدی را در افراد برمی‌انگیزد، که منجر به افزایش افکار منفی نظیر خود سرزنش گری و همچنین تهدید هویت فردی می‌شود (۱۲). هیل و همکاران پیشنهاد کردند که خودانتقادی در واکنش به انسداد تحت فشار و تخریب عملکرد ناشی از آن، می‌تواند با افزایش نشخوار فکری، تأثیرات روانشناختی کوتاه‌مدت و بلندمدت بر سلامت روان ورزشکاران داشته باشد (۱۳). در این میان ورزشکارانی که در چندین مسابقه دچار انسداد می‌شوند، بیشتر از سایرین در معرض افزایش نشخوار فکری و خود انتقادی قرار می‌گیرند (۱۴). براساس مدل‌های مبتنی بر توجه در توضیح انسداد تحت فشار، نشخوار فکری شکل خاصی از مدل تمرکز بر خود^۵ است که توجه به یکی از جنبه‌های مختلف «خود» هدایت شده (۸) و با افزایش اضطراب در نتیجه ارزیابی منفی، توجه آگاهانه به سمت تکالیف خودکار آموخته شده می‌رود. بر اساس نظریه سرمایه‌گذاری مجدد^۶ یا بازتوجه آگاهانه مسترز^۷ افراد اجرای حرکات را گام به گام و به طور آگاهانه نظارت و کنترل می‌کنند که منجر به انسداد عملکرد می‌شود (۱۵). همچنین در مدل حواس‌پرتی^۸ انسداد، با افزایش اضطراب توجه به نشانه‌های درونی یا بیرونی نامربوط به تکلیف منحرف می‌شود (۱۶) و با اشغال ظرفیت محدود حافظه کاری، از آستانه ظرفیت توجه فراتر رفته و منجر به کاهش منابع شناختی در دسترس می‌گردد (۱۷). در یک مطالعه ورزشکارانی که تجربه انسداد تحت فشار را داشتند، گزارش کردند که عملکردشان در نهایت به دلیل کاهش تمرکز در اجراهای بعدی به دلیل حواس‌پرتی نسبت به نتیجه یا علت آن مختل شد (۱۴). علاوه بر دو مدل انسداد مبتنی بر توجه، مدل خودارائه گری^۹ بر اساس عوامل شخصیتی که ورزشکاران را مستعد انسداد و اضطراب شناختی بیشتر می‌کند، ارائه شده است (۱۸). این فرایند با هدف ارائه تصویری مطلوب از خود به دیگران انجام می‌گیرد و در شکل‌گیری هویت ورزشی نیز نقش دارد (۱۹). بر این اساس، در شرایط پرفشار، زمانی که هویت ورزشی ورزشکاران به واسطه عملکرد ضعیف تهدید می‌شود، نگرانی‌هایی نظیر ترس از ارزیابی منفی، احساس بی‌کفایتی و قضاوت مخاطبان می‌تواند به افزایش اضطراب در آنها منجر شود (۲۰). مشخص شده است که ورزشکاران نخبه با هویت ورزشی قوی و تک‌بعدی، در صورت ناتوانی در حفظ آن و به دلیل نگرانی از ارائه تصویر منفی از خود، طیف وسیعی از پیامدهای منفی نظیر خود تخریبی را تجربه می‌کنند (۲۱). آن‌ها در مواجهه با انسداد به طور خودکار واکنش منفی نشان داده و مدام به شکل مخربی به آن اتفاق فکر می‌کردند که با باورهای منفی عمیق آن‌ها درباره‌ی خودشان و توانایی‌هایشان هماهنگ بود.

1. Choking under pressure

2. Rumination

3. Martin & Tesser

4. Goal Progress Theory of Rumination

5. Self-focus

6. Reinvestment Theory

7. Masters

8. Distraction

9. Self-presentation

(۱۴). این الگوی فکری معمولاً با کاهش انعطاف‌پذیری شناختی، اختلال در کنترل شناختی و فرایند تمرکز بر خود همراه است (۲۲). مداخلاتی که با هدف کاهش نشخوار فکری طراحی می‌شوند، با توجه به همپوشانی سازوکارهای زیربنایی اضطراب و نشخوار فکری می‌توانند ورزشکاران را در مدیریت توجه، کنترل هیجان و اضطراب رقابتی حین اجرا و نیز بهبود ثبات روانی یاری کنند (۱۰). نشخوار فکری یک فرایند شناختی ناسازگار است که با درگیری مداوم فرد در افکار منفی و ناتوانی در رهاسازی آن‌ها شناخته می‌شود (۲۳). در این راستا به منظور کاهش نشخوار فکری می‌توان از مداخلات روانشناختی نظیر ذهن آگاهی، مداخلات مبتنی بر نوروفیزیولوژی نظیر نوروفیدبک (NFT) و تحریک فراجمعه ای (tDCS و TMS) و نیز مهارت‌های خودتنظیمی نظیر روتین پیش از اجرا استفاده کرد.

بر اساس شواهد عصب شناختی، نشخوار فکری با افزایش فعالیت قشر گیجگاهی چپ همراه است (۲۴). افزایش فعالیت این منجر به بازیابی بیشتر خاطرات منفی می‌شود. در نتیجه تنظیم عصبی و مهار افکار منفی توسط بخش‌های اجرایی مغز کاهش یافته و نشخوار تداوم یابد (۲۵). این یافته با مطالعات EEG در زمینه انسداد تحت فشار نیز همسو است. مشخص شده است در مدل تمرکز بر خود، در هنگام انسداد فعالیت نیمکره چپ، به‌ویژه در لوب گیجگاهی که پردازش‌های کلامی-تحلیلی دخیل است، افزایش می‌یابد (۲۶). بر این اساس، با توجه به اینکه انقباض یک‌طرفه و پویای عضلات دست چپ با افزایش توان موج آلفا باعث کاهش فعالیت قشر مغز می‌شود (۲۷)، می‌تواند نیمکره راست را فعال و در عین حال فعالیت نیمکره چپ را نسبتاً مهار کرده و منجر به کاهش پردازش‌های شناختی غیرضروری شود (۲۸). بررسی فعالیت قشر مغز در تیراندازان نخبه نشان داده که با شروع اجرای مهارت، فعالیت عصبی غالب از نیمکره چپ به نیمکره راست تغییر جهت یافته و کاهش می‌یابد (۲۹). همچنین بر اساس مطالعات پیشین، مشخص شده است که تمرین نوروفیدبک می‌تواند الگوهای فعالیت مغزی مرتبط با درگیری شناختی و نشخوار فکری را تعدیل کند (۳۰). آموزش خودتنظیمی امواج مغزی، به‌ویژه در نواحی مرتبط با کنترل توجه و مهار شناختی، می‌تواند به کاهش فعالیت‌های عصبی نامربوط و محدودسازی تداوم افکار مزاحم منجر شود (۳۱). در این راستا بر اساس مطالعات قبلی، ریتم حسی-حرکتی (SMR) در بازه ۱۲-۱۵ هرتز با حالت آرامش و ذهن متمرکز مرتبط است (۳۲) به طوریکه توان بالاتر SMR، منجر به کاهش فعالیت این ناحیه و درگیری شناختی کمتر در پردازش اطلاعات حسی-حرکتی می‌شود و با نادیده گرفتن حواس‌پرتی‌های مرتبط با تکلیف و حفظ تمرکز پایدار در ارتباط است (۳۳). در تمرینات نوروفیدبک قشر حسی-حرکتی به‌عنوان هدفی برای بهبود کنترل حرکتی و کاهش اضطراب مورد توجه قرار می‌گیرد (۱). برای مثال در مطالعه ای افزایش SMR در C3 منجر به افزایش پردازش توجه و نیز بهبود توجه انتخابی شد که می‌تواند باعث کاهش پراکندگی ذهن شود (۳۴). این ریتم در برخی مناطق قشر مغز با کنترل برانگیختگی، حالات ذهنی و عاطفی (۳۵) و نیز حواس‌پرتی در ارتباط می‌باشد (۳۶). چن و همکاران نیز با افزایش توان SMR را در C3، Cz و C4 و کاهش تتا و بتا به‌طور مؤثری سرعت پردازش شناختی تیراندازان حرفه ای را بهبود بخشیدند (۳۷) که ممکن است به دلیل تقویت مهار شناختی، در کاهش درگیری شناختی مانند نشخوار فکری نیز مؤثر باشد. همچنین از آنجایی که نشخوار فکری در تداوم اضطراب نقش دارد، کاهش اضطراب می‌تواند به طور غیر مستقیم بر نشخوار فکری نیز تأثیر بگذارد. برای مثال فریدنیا و همکاران با افزایش SMR و بتای پایین و کاهش تتا و بتای بالای در نواحی C3 و C4، اضطراب رقابتی شناگران را کاهش دادند (۳۸). در نهایت در یک مطالعه بالینی اثر تمرینات نوروفیدبک مستقیماً بر نشخوار فکری مورد بررسی قرار گرفت (۳۹). علاوه بر این، متخصصان در مقایسه افراد نخبه با افراد مبتدی، دریافتند که عملکرد بهتر حرکتی با توان بالاتر آلفای بالا در لوب‌های آهیانه ای همراه بوده است که منجر به حداقل رساندن حواس‌پرتی‌ها نظیر افکار منفی می‌شود (۴۰). در مطالعات پیشین مشخص شده است که تمرین نوروفیدبک آلفا/تتا که با افزایش توان هر دو موج آلفا و تتا همراه است، با آرامش عمیق در ارتباط بوده (۴۱) و مداخله‌ای مؤثر برای کاهش اضطراب و نیز بهبود خلق و خو می‌باشد (۴۲). اگرچه مطالعاتی به بررسی نشخوار فکری در ورزشکاران پرداخته اند، تاکنون پژوهشی که به طور مستقیم اثر نوروفیدبک یا روتین پیش از اجرا نظیر انقباض پویای دست چپ را بر کاهش نشخوار فکری در ورزشکاران بررسی کرده باشد، انجام نشده است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر این مداخلات بر نشخوار فکری تیراندازان طراحی شده است. به عبارت دیگر محقق فرض کرد که با انجام تمرینات نوروفیدبک و انقباض دست چپ، نشخوار فکری در تیراندازان ماهر که انسداد تحت فشار را تجربه کرده اند کاهش می‌یابد. همچنین، ما فرض کردیم که تفاوتی بین نشخوار فکری ناشی از تمرینات نوروفیدبک و انقباض دست چپ وجود ندارد.

روش پژوهش

طرح پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به هدف تحقیق از نوع کاربردی، روش تحقیق نیمه تجربی و با طرح اندازه های تکراری بوده است و به لحاظ ماهیت و نحوه گردآوری داده ها به صورت میدانی انجام گرفته است.

شرکت کنندگان

جامعه آماری تحقیق حاضر تیراندازان ماهر تفنگ بادی ۱۰ متر با بیش از ۵ سال سابقه تمرین و رقابت در مسابقات کشوری بودند که از این میان تعداد ۲۸ شرکت کننده، ۱۷ زن و ۱۱ مرد با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۸ سال (میانگین = ۲۵/۳۶، انحراف استاندارد = ۶/۳۱) که معیارهای ورود به پژوهش را دارا بودند، به عنوان نمونه ی نهایی انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل سابقه ی انسداد تحت فشار و افت عملکرد، نداشتن سابقه بیماری های عصبی و همچنین داشتن حداقل ۵ هفته زمان برای شرکت در پژوهش بوده و معیارهای خروج شامل غیبت در جلسات تمرین، ناتوانی در اجرای تمرینات و عدم تمایل به انجام تمرینات بوده است. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G*Power 3.1 و بر اساس مشخصات زیر محاسبه شد: اندازه اثر $f = 0.3$ ، سطح معناداری $\alpha = 0.05$ ، توان آزمون $(1-\beta) = 0.8$ و آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر با طرح درون گروهی-بین گروهی^۱ (۴۱). بر اساس این مشخصات، حجم نمونه ی برآورد شده ۲۷ نفر بود. به منظور جبران احتمال ریزش آزمودنی ها یا داده های ناقص، در ابتدا ۳۰ ورزشکار انتخاب شدند. در نهایت، دو شرکت کننده به دلیل غیبت کامل در یک هفته از جلسات تمرینی از تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند (گروه کنترل و انقباض دست چپ). این پژوهش مطابق با اصول مندرج در بیانیه ی هلسینکی انجام شد و پروتکل آن به تأیید کمیته ی اخلاق دانشگاه تهران با کد (IR.UT.SPORT.REC.1402.116) رسید.

ابزار

پرسشنامه دست برتری ادینبورگ

پرسشنامه دست برتری ادینبورگ در سال ۱۹۷۰ توسط اولفید (۴۳) تهیه شد بعد از اجرای مراحل تحقیقاتی و در نظر گرفتن مسائل فرهنگی، اجتماعی، سن و غیره روی ۱۱۰۰ نفر اجرا شد. پایایی و روایی این پرسشنامه در ایران توسط علی پور و آگاه هریس (۱۳۸۶) بررسی شده است و تأیید همسانی درونی آزمون از طریق همبستگی تمام مواد آزمون با نمره کامل سنجش شده و دامنه همبستگی آنها بین ۰/۸۳-۰/۹۸ به دست آمده است. ضریب آلفای کرونباخ کل پرسشنامه ۰/۹۷ و همبستگی دو نیمه آن ۰/۹۶ بوده است. نمره های دست برتر در پیوستاری از ۱۰۰+ تا ۱۰۰- قرار می گیرد که افراد چپ دست نمره هایی در گستره ۴۰- تا ۱۰۰-، افراد دو سوتوان نمره هایی در گستره ۴۰+ تا ۴۰- و افراد راست دست نمره هایی در گستره ۱۰۰+ تا ۴۰+ می گیرند (۴۴).

پرسشنامه نشخوار مسابقات ورزشی (SCRS)

این پرسشنامه برای اندازه گیری افکار مزاحم و نشخوار فکری مربوط به مشکلات مربوط به رقابت در ورزشکاران طراحی شده است. این یک نسخه اقتباس شده از مقیاس نشخوار فکری موجود است که برای اهداف ورزشی تغییر داده شده است و شامل هشت گویه می باشد که ویژگی های کلیدی نشخوار فکری (به عنوان مثال، تکراری بودن، مزاحم بودن) در رقابت ورزشی را نشان می دهد. نحوه امتیازدهی آن براساس مقیاس لیکرت ۴ ارزشی از "۱" (تقریباً هرگز) تا "۴" (تقریباً همیشه) می باشد (۱۱). روایی عاملی این پرسشنامه طی مطالعه باباپور (۱۴۰۲) در سطوح مختلف ورزشی قابل پذیرش گزارش شده است و ضریب پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ در مرحله اول ۰/۷۲ و در مرحله دوم ۰/۸۴ به دست آمده است و همچنین با توجه به ضریب همبستگی درون رده ای، مقدار همبستگی بین نمره های مقیاس نشخوار فکری رقابت ورزشی ۳۰ نفر از آزمودنی ها در دو نوبت ۰/۸۸ به دست آمد و در سطح $P \leq 0.05$ معنادار بود که نشان دهنده مناسب بودن پایایی این مقیاس است (۴۵).

دستگاه سوئیس اسکور^۲

سیستم امتیازدهی خودکاری که در ورزش تیراندازی استفاده می شود و محل شلیک و امتیاز را با استفاده از ابزار الکترونیکی محاسبه کرده و بر

1. ANOVA repeated measure, within/ between interaction

1. Sius Ascore, Effretikon, Switzerland

روی صفحه نمایش نمرات را از ۰/۰ تا ۱۰/۹ نشان می دهد. عملکرد مسابقه تیراندازی از مجموع همه تیرها (۶۰ تیر) به دست می آید، که حاکی از محدوده عملکرد نظری بین ۰ تا ۶۵۴ امتیاز در رویداد تفنگ است. اهداف الکترونیکی از محفظه صوتی بهره می برند و از موج ماخ برای تعیین موقعیت تیردر هنگام عبور از هدف استفاده می کنند. این دستگاه ساخت کشور سوئیس است و نمرات را با استفاده از اثر ساچمه شلیک شده روی سیل و همچنین سنجش امواج صوتی ایجاد شده توسط ساچمه مبادرت به اندازه گیری دقیق می نماید (۴۶، ۴۷). همچنین در مسابقات از تفنگ بادی ۱۰ متر با کالیبر ۴/۵ میلی متر مطابق با قوانین فدراسیون جهانی ورزش تیراندازی (ISSF^۱) استفاده می شود.

پروتکل

مداخله نوروفیدبک: شرکت کنندگان ۳ روز در هفته در ۱۰ جلسه تمرینی شرکت کردند. هر جلسه شامل ۴۵ دقیقه بود که پس از تمیز کردن لاله گوش و ناحیه مغزی مورد نظر الکتروود مرجع به لاله گوش چپ و الکتروود گراند به لاله گوش راست متصل گردید و الکتروود فعال با توجه به پروتکل در ناحیه مغزی مورد نظر قرار گرفت. در ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه در ناحیه Cz و ۱۰ دقیقه در ناحیه T3 موج SMR را افزایش و موج تتا را سرکوب کردیم که این پروتکل به منظور افزایش تمرکز و بهبود عملکرد شناختی به کار می رود. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در ناحیه Pz به افزایش موج آلفا و تتا پرداختیم که این پروتکل به منظور کاهش اضطراب و ایجاد آرمیدگی اجرا می شود. همچنین آستانه سختی تمرین متناسب با هر شخص، هر سه جلسه یک بار افزایش داده شد. برای کاهش اثر تقدم و تاخر ۵ نفر از شرکت کنندگان ابتدا در تمرین نوروفیدبک شرکت کرده و سپس به تمرین تیراندازی که شامل ۸۰ شلیک تمرینی بود پرداختند و ۵ نفر دیگر پس از تمرین تیراندازی در تمرینات نوروفیدبک شرکت نمودند. پس از ۵ جلسه شرکت کنندگان با یکدیگر جا به جا شدند.

مداخله انقباض دست چپ: در گروه انقباض دست چپ نیز شرکت کنندگان ۳ روز در هفته در ۱۰ جلسه تمرینی شرکت نمودند. شرکت کنندگان در حین تمرین تیراندازی پیش از هر ۵ تیر، دست چپ خود را به طوری که تمام انگشتان آنها به طور کامل میله پایه تیراندازی به قطر ۵-۲/۳ سانتیمتر را در بر گرفته بود، قرار داده و به مدت ۳۰-۱۵ ثانیه به صورت ضربانی آن را فشرده و منقبض کردند. دست راست آنها در هر بار اجرای این تمرین بدون انقباض بر روی سلاح قرار می گرفت. این تمرین شامل ۸۰ تیر بود که تعداد انقباض دست چپ جمعا به ۱۶ تکرار می رسید. در مطالعات قبلی از توپ پلاستیکی به قطر ۳ سانتی متر استفاده کرده بودند که با توجه به اینکه تیراندازان تفنگ از دستکش تیراندازی در دست چپ خود استفاده می کنند، در آوردن دستکش در حین تمرین منجر به اختلال در ریتم تیراندازی آنان می شد، در نتیجه از پایه تیراندازی به جای توپ در این تمرین استفاده گردید (۴۸).

گروه کنترل: در گروه کنترل تیراندازان سه جلسه در هفته در ۱۰ جلسه تمرین تیراندازی که شامل ۸۰ شلیک تمرینی بود، بدون هیچ گونه مداخله ای شرکت کردند.

روند اجرای پژوهش

طی فراخوانی در فدراسیون تیراندازی ایران و نیز فراخوان شفاهی از طریق مربیان باشگاه های سطح شهر تهران اطلاع رسانی صورت گرفت. شرکت کنندگان با داشتن معیار های ورود با رضایت آگاهانه کتبی وارد طرح شده و از روند اجرای آن آگاه شدند. به ورزشکاران اعلام شد که در روند مطالعه، در صورتی که تمایل به ادامه تمرین نداشته باشند، می توانند مطالعه را ترک کنند. همچنین به ورزشکاران اطمینان داده شد که در روند مطالعه در امنیت کامل بوده و اطلاعات جمع آوری شده از هر شخص به صورت محرمانه خواهد ماند و در دسترس دیگران قرار داده نخواهد شد. ۱-۲ روز پیش از مسابقه، شرکت کنندگان پرسشنامه های راست دستی را تکمیل نمودند و سپس به منظور ارزیابی فعالیت مغزی شرکت کنندگان، سیگنال الکتروانسفالوگرافی (EEG) پایه در حالت استراحت برای هر شرکت کننده با قرار دادن الکتروود به صورت جداگانه در نواحی Cz، Pz و T3 به مدت دو دقیقه ثبت شد. سپس شرکت کنندگان یک ساعت پیش از شروع مسابقه، پرسشنامه ی نشخواری فکری ورزشی (SCRS) را تکمیل کردند و پس از آن در مسابقه ی رسمی کشوری که توسط فدراسیون تیراندازی جمهوری اسلامی ایران برگزار شده بود، به عنوان پیش آزمون شرکت نمودند. مسابقه مطابق با قوانین فدراسیون جهانی تیراندازی^۲ و به صورت ۶۰ تیر، در فاصله ۱۰ متر و با محدودیت زمانی ۹۰ دقیقه، برگزار شد. تمامی شرکت کنندگان از تجهیزات شخصی خود شامل تفنگ، لباس و کفش مخصوص تیراندازی با تفنگ استفاده

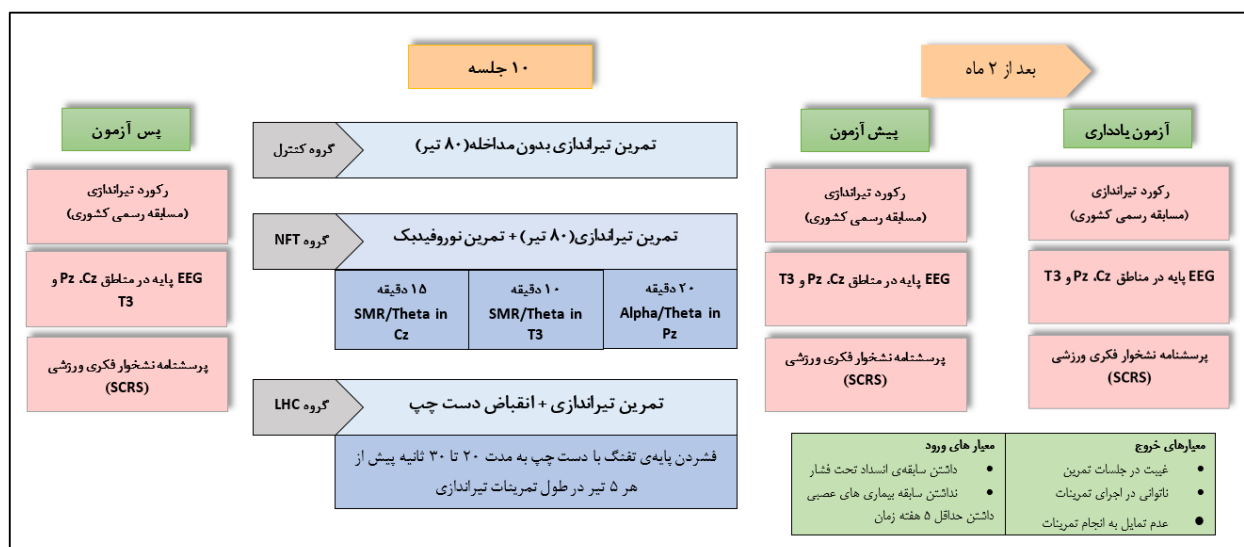
1. International sport shooting federation

2 . ISSF Rules and Regulations, 2023

کردند. پس از آن شرکت کنندگان با سابقه انسداد تحت فشار که نتیجه آزمون نشخوار فکری ورزشی بالاتری داشتند انتخاب شده و به‌طور تصادفی به سه گروه آزمایشی نوروفیدبک، انقباض دست چپ و کنترل تقسیم شدند. شرکت کنندگان گروه‌های مداخله (نوروفیدبک و انقباض دست چپ)، آموزش مربوط به خود را به مدت چهار هفته دریافت کردند. بعد از آخرین جلسه مداخله، ۱-۲ روز پیش از مسابقه در پس آزمون از شرکت کنندگان سیگنال الکتروانسفالوگرافی (EEG) پایه به عمل آمد و سپس یک ساعت پیش از شروع مسابقه پرسشنامه نشخوار فکری را تکمیل کردند و پس از آن در مسابقه‌ی رسمی کشوری شرکت نمودند. همچنین پس از دو ماه ورزشکاران در آزمون یادداری شرکت کردند که عیناً مشابه پیش آزمون و پس آزمون تکرار گردید. تمامی شرکت کنندگان در مسابقه آزاد کشوری که به‌صورت ماهیانه برگزار می‌شد، شرکت کردند و هر سه مرحله ارزیابی به‌طور ثابت در سالن ۸۰ خط فدراسیون تیراندازی مطابق برنامه رسمی در ساعت یکسان (۱۰ صبح) برگزار شد. یک نمودار شماتیک از طراحی مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.

تحليل داده‌ها

از دو بخش توصیفی و استنباطی برای تحلیل داده ها بهره برده شد. در بخش توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویک^۱ به منظور تعیین طبیعی بودن داده ها و همچنین از آزمون تعقیبی هیون-فلت^۲ در صورت نقض فرض کرویت برای اصلاح درجات آزادی استفاده گردید. از آزمون آماری تحلیل واریانس^۳ مرکب با اندازه گیری مکرر (زمان×گروه) با سطح معنی داری ۰/۰۵ به صورت جداگانه برای هر یک از متغیرهای وابسته شامل عملکرد تیراندازی، نشخوار فکری و ورزشی و امواج مغزی (EEG) در سه دوره زمانی (پیش آزمون، پس آزمون و یادداری) استفاده شد. برای تجزیه تحلیل داده های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد.



شکل ۱- طرح پژوهش

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار نشخوار فکری ورزشی هر سه گروه (کنترل، نوروفیدبک و انقباض دست چپ) ارائه شده است.

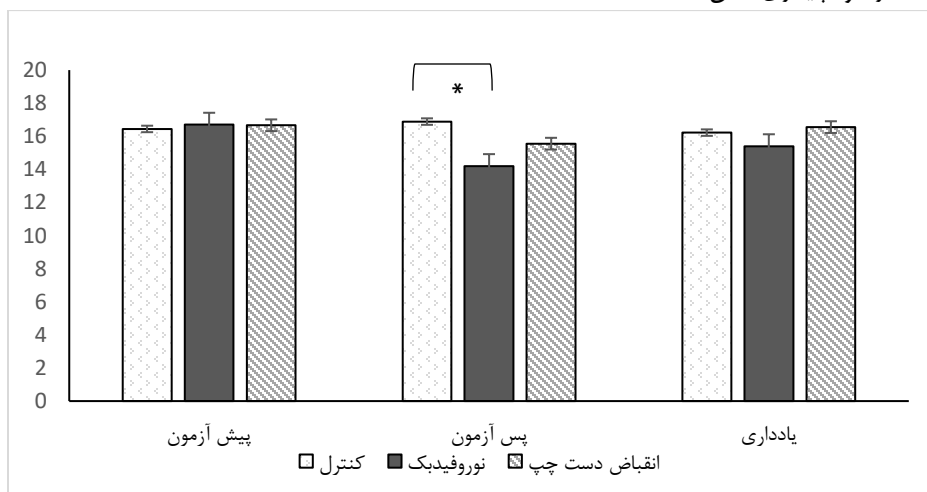
جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش

میانگین و انحراف استاندارد M(sd)			عناوین
پیش آزمون	پس آزمون	یادداری	
۱۶/۴۴ ± ۳/۰۰	۱۶/۸۹ ± ۲/۳۷	۱۶/۲۲ ± ۲/۷۸	کنترل (۹ نفر)
۱۶/۷۰ ± ۲/۶۷	۱۴/۲۰ ± ۲/۱۰	۱۵/۴۰ ± ۲/۲۲	نوروفیدبک (۱۰ نفر)

1 . Shapiro-Wilk

2. Huynh-Feldt

پیش فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویک بررسی شد و نتایج نشان داد که توزیع تمامی متغیرها در مراحل مختلف پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری نرمال است ($P \geq 0.05$ و مقادیر p بین ۰.۰۸ تا ۰.۷). همچنین فرض کرویت بر اساس آزمون موخلی نقض شده است ($P < 0.01$). با توجه به مقدار اپسیلون از تصحیح هیون-فلت ($\epsilon = 0.753$) در تعدیل درجات آزادی استفاده شد. در پیش‌آزمون تفاوت بین گروهی معنی داری در نشخوار فکری مشاهده نشد. همان‌طور که در شکل شماره دو مشاهده می‌شود، اثر تعاملی زمان × گروه در متغیر نشخوار فکری ورزش [$F(3.01, 37.70) = 2.81, p = 0.052, \eta^2 = 0.18$] معنی دار نشده است. با این وجود اثر اصلی زمان در این متغیر معنی دار شده است [$F(1.51, 37.70) = 3.82, p = 0.042, \eta^2 = 0.13$]. با توجه به نتایج آزمون تعقیبی، صرفاً در گروه نوروفیدبک کاهش معنی داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده شد ($P < 0.001$). بدین معنا که نوروفیدبک نشخوار فکری را کاهش داد ولی این اثر در بلندمدت از خود پایداری نشان نداد.



شکل شماره ۲- نشخوار فکری ورزشی در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و یادداری

یادداشت. داده‌ها به صورت $M \pm \text{Std. Error}$ گزارش شده است. *: $P \leq 0.05$ در مقایسه درون گروهی

بحث

یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که پرتکل افزایش SMR و کاهش تتا در نواحی Cz و T3 و پرتکل آلفا/تتا در Pz به کاهش نشخوار فکری در ورزشکاران منجر شد. این نتایج نشان می‌دهند که نوروفیدبک می‌تواند به عنوان یک ابزار موثر برای مدیریت افکار مزاحم و افزایش تمرکز در شرایط پرفشار استفاده شود. در مقابل هیچ‌گونه تغییر معناداری در گروه انقباض دست چپ و گروه کنترل مشاهده نشد که نشان‌دهنده این است که این روش به تنهایی نمی‌تواند تأثیر مشابهی بر کاهش نشخوار فکری داشته باشد. این یافته‌ها به نقش مداخلات روانشناختی و فیزیولوژیکی در مدیریت بار شناختی و بهبود عملکرد در موقعیت‌های پرفشار اشاره دارد. همچنین، این مطالعه نخستین تحقیقی است که به طور خاص اثر روتین‌های پیش از اجرا، همچون انقباض داینامیک دست چپ، و نوروفیدبک را در کاهش نشخوار فکری ورزشکاران بررسی کرده است. در این تحقیق، کاهش نشخوار فکری پس از استفاده از پروتکل‌های نوروفیدبک مورد تأیید قرار گرفت که با مطالعات قبلی مبتنی بر اثر مثبت خودتنظیمی بر عملکرد شناختی و روانشناختی هم‌خوانی دارد و نیز نقش مهمی در بهبود کنترل وضعیت بدنی و عملکرد در ورزش‌های دقتی مانند تیراندازی ایفا کنند. تحقیقات نشان دادند که تمرینات نوروفیدبک می‌تواند به طور مؤثر کنترل توجه را بهبود بخشد و ورزشکار را قادر می‌سازد تا با نادیده گرفتن عوامل حواس‌پرتی تمرکز خود را بر روی تکلیف حفظ نماید (۱). مطالعات پیشین بر نقش SMR در تقویت مهارت شناختی، کنترل توجه و بهبود پردازش ادراکی (۴۹) و همچنین اثرات پرتکل آلفا/تتا بر کاهش اضطراب و بهبود عملکرد شناختی تأکید دارند (۴۲). برای مثال افزایش SMR و کاهش تتا و بتا منجر به کاهش اضطراب و علائم آن و نیز افزایش سرسختی در تیراندازان شد (۵۰). با این حال تنها در مطالعات بالینی

اثر تمرینات نوروفیدبک مستقیماً بر نشخوار فکری مورد بررسی قرار گرفت. برای مثال در افراد مبتلا به اختلال وسواس فکری-عملی، افزایش SMR و کاهش آلفا و بتا در ناحیه C4 با کاهش نشخوار همراه بود که نشان‌دهنده نقش تنظیم ریتم‌های مرکزی در کاهش افکار تکرارشونده است (۳۹). در این مطالعه نیز پروتکل نوروفیدبک با افزایش SMR و کاهش امواج تتا در CZ و افزایش آلفا/تتا در PZ باعث کاهش نشخوار فکری و بهبود عملکرد تیراندازی شد، که با یافته‌های قبلی در این زمینه همخوانی دارد.

اگرچه شواهدی از اثربخشی تمرینات نوروفیدبک در بهبود مهار شناختی و تنظیم هیجانی وجود دارد، اما همه مطالعات کاهش معنادار در متغیرهای شناختی یا هیجانی را نشان نداده‌اند که ممکن است به تفاوت‌های طراحی مطالعه و روش‌های اجرایی مربوط باشد. در این مطالعه، از ترکیب چند پروتکل نوروفیدبک در نواحی مختلف مغزی استفاده شده است که ممکن است باعث تفاوت در نتایج با دیگر مطالعاتی شده باشد که تنها از یک پروتکل یا ناحیه خاص استفاده کرده‌اند. برای مثال، در تحقیقی از پروتکل SMR و آلفا/تتا به صورت جداگانه برای کاهش اضطراب و بهبود زمان اجرا استفاده شده است (۳۵)، در حالی که این مطالعه ترکیب پروتکل‌های مختلف را برای بهبود تمرکز و کاهش نشخوار فکری بررسی کرده است. همچنین برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اجرای پروتکل SMR/تتا در ناحیه CZ در همه موارد به تغییرات رفتاری منجر نمی‌شود و بر شاخص‌های توجه و مهار رفتاری تأثیر معناداری ندارد (۵۱). علاوه بر این مطالعات EEG گزارش کرده‌اند که افزایش فعالیت تتا در نواحی آهیانه ای/پس سری از جمله PZ با افزایش درگیری در افکار تکرارشونده و نشخوار فکری همراه است که این الگو می‌تواند نشان‌دهنده پردازش‌های درونی و خودمحور باشد (۵۲). با این حال پروتکل نوروفیدبک مورد استفاده در پژوهش حاضر منجر به کاهش نشخوار فکری ورزشی شده است که این تفاوت احتمالاً ناشی از افزایش آلفا در کنار تتا در PZ و نیز ساختار ترکیبی پروتکل نوروفیدبک بوده است.

علاوه بر این، مطالعات پیشین نشان دادند که روتین‌های پیش از اجرا می‌توانند تمرکز را بهبود بخشیده و حواس‌پرتی را در ورزشکاران کاهش دهند و به آن‌ها کمک کنند تا تمرکز خود را به جای رویدادهای گذشته یا نتایج احتمالی آینده، بر لحظه حال معطوف کنند (۵۳). بکمن و همکاران نشان دادند که انقباض پویای دست چپ به عنوان یک روتین پیش از اجرا، می‌تواند با افزایش توان آلفا و کاهش فعالیت نیمکره چپ که در شرایط تحت فشار فعالیت آن به‌ویژه در نواحی گیجگاهی مرتبط با پردازش کلامی - افزایش می‌یابد، از افت عملکرد در بدمینتون و تکواندو جلوگیری کند (۵۴). در مطالعه میزونو و میساکی نیز انقباض دست چپ منجر به بهبود دقت اجرای سرویس تنیس در شرایط تحت فشار شد (۵۵). با این حال نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انقباض پویای دست چپ قبل از اجرای تیراندازی، تأثیر مثبتی در کاهش نشخوار فکری و افزایش تمرکز نداشت که این امر با برخی از مطالعات مشابه در این زمینه همخوانی ندارد. عمده مطالعات پیشین بر ورزش‌های قدرتی و استقامتی مانند تکواندو، فوتبال و بدمینتون متمرکز بودند (۵۴). این دسته از ورزش‌ها اگرچه نیازمند تصمیم‌گیری سریع و توجه پایدار هستند، اما بار شناختی آنها معمولاً ماهیتی پیوسته، واکنشی و مبتنی بر پردازش موقعیتی دارد. حال آنکه ورزش تیراندازی از نظر ماهیت بار شناختی، نه تنها با ورزش‌های قدرتی متفاوت است بلکه نیازمند سطح بالاتری از عملکرد کارکردهای اجرایی شامل حافظه کاری، مهار پاسخ، و انعطاف‌پذیری شناختی می‌باشد. اما از آنجا که این فرآیندهای شناختی به‌طور مستقیم بر اجرای مهارت حرکتی ظریف تأثیر دارند، کوچک‌ترین اختلال در سطح پردازش شناختی مانند افزایش نشخوار فکری می‌تواند به نوسان عضلانی، بی‌ثباتی در وضعیت بدن و در نهایت افت عملکرد منجر شود (۵۶). با این وجود یافته‌های حاضر در زمینه انقباض پویای دست چپ با برخی از مطالعات پیشین در زمینه مهار شناختی و توجه هم راستا می‌باشد. برای مثال، ورگین و همکاران نشان دادند که روتین‌های پیش از اجرا، از جمله انقباض دست، اگرچه می‌توانند توجه ورزشکار را به لحظه حال معطوف کنند و پردازش‌های غیرضروری را کاهش دهند، ولی تغییر قابل‌توجهی در دقت یا عملکرد رفتاری مشاهده نشد (۵۷). میری فر و همکاران گزارش کردند که انقباض دست چپ تأثیر قابل‌توجهی بر زمان واکنش یا دقت نداشته و اثرات آن بر پیامد‌های رفتاری کوچک است، اگرچه ممکن است سطح توجه و پردازش‌های نوروفیزیولوژیک را تحت تأثیر قرار دهد (۵۸). همچنین اغلب مطالعات تنها به بررسی تأثیر اضطراب تحت فشار بدون در نظر گرفتن اثرات روانشناختی خاص مانند نشخوار فکری بر عملکرد پرداخته‌اند، در حالی که در این تحقیق، تأثیر نشخوار فکری به وضوح بررسی شده است و نقش آن در کاهش عملکرد برجسته است. در مطالعات مروری مشخص شده است که اغلب تحقیقات، تأثیر روتین‌های پیش از اجرا و تمرینات نوروفیدبک را بر بهبود عملکرد، مدیریت اضطراب و افزایش توجه پایدار بررسی کرده‌اند. برای مثال چنگ و همکاران به بررسی تأثیر آموزش ریتم حسی حرکتی بر عملکرد گلف بازان ماهر پرداخته‌اند (۳۳). میزونو و میساکی نیز تأثیر انقباض دست چپ را بر اجرای سرویس تنیس در شرایط تحت فشار بررسی کرده‌اند (۵۵). این در حالیست که تحقیق حاضر به‌طور خاص نشخوار فکری را به عنوان یک عامل روانشناختی که بر عملکرد تأثیر می‌گذارد، بررسی کرده است. نتایج این تحقیق به‌طور برجسته نشان می‌دهد که ترکیب نوروفیدبک با روتین‌های پیش از اجرا مانند انقباض

دست چپ، می‌تواند بر کاهش نشخوار فکری و بهبود عملکرد تحت فشار تأثیر بگذارد. این یافته‌ها با تحقیقات قبلی که به تأثیر مداخلات فیزیولوژیکی و روان‌شناختی بر عملکرد ورزشی پرداخته‌اند، هم‌خوانی دارد، اما در عین حال به شکلی نوآورانه به بررسی تأثیر این مداخلات در کاهش نشخوار فکری در ورزشکاران پرداخته است.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که ترکیب نوروفیدبک هدفمند افزایش SMR در Cz و T3 و تنظیم آلفا/تا در Pz می‌تواند نشخوار فکری را کاهش دهد. بر اساس نظریه‌های اضطراب چندبعدی (۴)، افکار مزاحم و تکراری به عنوان حالتی از اضطراب شناختی می‌تواند تمرکز را مختل کند (۵) که مطابق با نظریه پیشبرد هدف، این افکار می‌تواند ناشی از مقایسه عملکرد فعلی با عملکرد مطلوب باشد (۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مداخله نوروفیدبک با فیلتر کردن اطلاعات نامرتب به تکلیف و کاهش افکار مزاحم به تقویت تمرکز و نیز کاهش اضطراب کمک کرده و نشخوار فکری را کاهش می‌دهد. همچنین، با توجه به مدل‌های مبتنی بر توجه در انسداد تحت فشار، نشخوار فکری نوع خاصی از مدل تمرکز بر خود است (۸)، به طوریکه فرد با ارزیابی مداوم خود و مقایسه آن با انتظارات عملکردی، بخش زیادی از ظرفیت حافظه کاری را اشغال کرده که بر اساس نظریه‌های کنترل شناختی به کاهش منابع شناختی منجر می‌شود (۱۴). این تحقیق نشان داد که افزایش آلفا در کنار تا در نواحی خلفی قشر مغز با تقویت حافظه، ظرفیت توجه را بهبود بخشیده و با افزایش SMR منابع شناختی را از درگیری با افکار مزاحم آزاد نموده و منجر به کاهش نشخوار فکری شده است و در نهایت باعث جلوگیری از انسداد عملکرد و نیز کنترل اثرات منفی وابستگی شناختی (۱۲) گردیده است.

همچنین عدم کاهش در نشخوار فکری در مداخله انقباض پویای دست چپ ممکن است به چند عامل مربوط باشد. نخست، انقباض دست چپ عمدتاً بر تعدیل فعالیت نیمکره‌ای و آمادگی حرکتی اثر می‌گذارد، در حالی که نشخوار فکری فرآیندی پیچیده و وابسته به تعامل شبکه‌های گسترده‌ای مانند شبکه پیش‌فرض و شبکه توجه اجرایی است؛ بنابراین یک مداخله ساده و کوتاه‌مدت ممکن است برای تغییر این الگوهای شناختی عمیق کافی نباشد. دوم، شدت یا مدت انقباض ممکن است برای ایجاد تغییر پایدار در فرایندهای شناختی کافی نبوده باشد. در این مطالعه تیراندازان از پایه تیراندازی به جای توپ پلاستیکی استفاده کردند که احتمال دارد مقاومت کمتر دینامیک و بازخورد لمسی متفاوت این ابزار، موجب کاهش اثربخشی مداخله شده باشد. بنابراین، عدم مشاهده کاهش معنادار نشخوار فکری ممکن است تا حدی ناشی از تفاوت در ابزار اجرایی و دوز واقعی فعال‌سازی عصبی باشد. در نهایت، تفاوت‌های فردی و سطح پایه نشخوار نیز می‌تواند باعث کاهش توان آشکارسازی اثر در سطح گروهی شده باشد.

این مطالعه با چندین محدودیت مواجه بوده است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. اندازه نمونه نسبتاً کوچک و تنها شامل تیراندازان ماهر بود که می‌تواند بر تعمیم نتایج به سایر رشته‌های ورزشی و همین‌طور ورزشکاران با سطوح مهارتی متفاوت محدودیت ایجاد کند. همچنین مدت و تعداد جلسات مداخله نوروفیدبک و روتین پیش از اجرا محدود بود و اثرات بلندمدت این مداخلات هنوز مشخص نیست که در تحقیقات آینده باید مد نظر قرار بگیرد. اندازه‌گیری نشخوار فکری نیز عمدتاً بر اساس ابزارهای خودگزارشی بود که ممکن است تحت تأثیر سوگیری پاسخ‌دهی قرار گیرد و انعکاس دقیقی از تغییرات واقعی شناختی نباشد. استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری بی‌طرفانه مانند ردیابی چشمی یا ارزیابی فعالیت مغزی هم‌زمان می‌تواند دقت بیشتری به همراه داشته باشد. با توجه به این محدودیت‌ها، مطالعات آینده می‌توانند با نمونه‌های بزرگ‌تر، کنترل طولانی‌مدت اثرات، ارزیابی عینی‌تر، به بررسی دقیق‌تر مکانیسم‌ها و قابلیت تعمیم نتایج کمک کنند. همچنین استفاده ترکیبی از نوروفیدبک و سایر مداخلات شناختی مانند ذهن‌آگاهی و همین‌طور مداخلات فیزیولوژیک نظیر انقباض پویای دست چپ ممکن است به صورت قابل توجهی به کاهش نشخوار فکری و بهبود عملکرد کمک کند. تحقیقات آینده باید این مداخلات را در سایر رشته‌های ورزشی مانند تنیس، تیرکمان و گلف که در آن‌ها تمرکز و کنترل وضعیت بدنی بسیار مهم است، بررسی کنند.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، به‌کارگیری پروتکل‌های نوروفیدبک، به‌ویژه افزایش SMR و کاهش تا در نواحی Cz و T3 و همچنین پروتکل آلفا/تا در ناحیه Pz، منجر به کاهش نشخوار فکری در ورزشکاران شد. این نتایج نشان می‌دهد که نوروفیدبک می‌تواند به‌عنوان یک مداخله کارآمد برای مدیریت افکار مزاحم و بهبود تمرکز در موقعیت‌های پرفشار مورد استفاده قرار گیرد. در مقابل، انقباض پویای دست چپ تأثیر معناداری بر نشخوار فکری نداشت که بیانگر ناکافی بودن این روش به‌تنهایی است. به‌طور کلی، یافته‌ها بر اهمیت راهبردهای خودتنظیمی عصبی در بهینه‌سازی کنترل شناختی و آمادگی روانی در ورزش‌های دقتی همچون تیراندازی تأکید دارند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده تأثیر پروتکل‌های متفاوت نوروفیدبک و اثرات بلندمدت آن‌ها را بر فرایندهای شناختی و هیجانی ورزشکاران بررسی کنند.

پیام مقاله

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تمرینات نوروفیدبک، به‌ویژه پروتکل‌های افزایش SMR و آلفا/تتا، می‌توانند به‌طور مؤثری نشخوار فکری ورزشکاران را کاهش می‌دهد که می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مداخله‌ای مؤثر برای بهینه‌سازی آمادگی ذهنی و عملکرد در ورزش‌های دقتی مانند تیراندازی مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه با اهداف کاربردی و با رعایت کلیه دستورالعمل‌های پژوهشی و اصول اخلاقی در رابطه با شرکت کنندگان از جمله رضایت آگاهانه و داوطلبانه، حق کناره‌گیری از پژوهش در صورت تمایل و حفاظت از اطلاعات محرمانه آزمودنی‌ها، انجام پذیرفته است. این پژوهش مطابق با اصول مندرج در بیانیه‌ی هلسینکی انجام شد و پروتکل آن به تأیید کمیته‌ی اخلاق دانشگاه تهران با کد (IR.UT.SPORT.REC.1402.116) رسید.

مشارکت نویسندگان

سهیم هر نویسنده در انجام پژوهش: ایده‌پردازی: ن، ا؛ و ش، ط. جمع‌آوری داده‌ها: ن، ا. تحلیل داده‌ها: ن، ا. نوشتن مقاله: ن، ا؛ و ش، ط؛ و ا، ع؛ ف، ا. بازبینی و ویرایش: ن، ا؛ و ش، ط؛ و ا، ع؛ ف، ا. مرور ادبیات: ن، ا. مدیر پروژه: ش، ط. نویسندگان پژوهش حاضر در مراحل اجرا، مشارک یکسانی داشتند و نویسنده‌ی اول، مسئولیت پژوهش را به عهده دارد.

حامی مالی

در پژوهش حاضر از هیچ‌گونه منبع تأمین مالی در بخش، عمومی، تجاری، و غیردولتی استفاده نشد و صرفاً برگرفته از رساله‌ی دکتری نویسنده‌ی اول است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از ورزشکاران نوجوان شرکت‌کننده در این پژوهش، و همچنین والدین و مربیان ایشان به پاس حمایت و همکاری ارزشمندشان ابراز می‌دارند.

منابع

۴۴. علی‌پور، آگاه‌هریس م. بررسی پایایی و روایی پرسشنامه برتری دست ادینرو در ایران. مجله علوم روان‌شناختی. ۲۲:۱۱۷-۳۳:۱۳۸۶.
۴۵. باباپور، م. دهقانی‌زاده ج، میرالی ح. اعتبار و پایایی نسخه فارسی مقیاس نشخوار فکری رقابت ورزشی. مطالعات روان‌شناسی ورزشی. ۱۴۰۲:۱۲:(۴۶)-۱۴۳:۱۶۰.

References

1. Corrado S, Tosti B, Mancone S, Di Libero T, Rodio A, Andrade A, et al. Improving Mental Skills in Precision Sports by Using Neurofeedback Training: A Narrative Review. Sports. 2024;12(3):70. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports12030070>
2. Mesagno CaDMH. Definition of choking in sport: Re-conceptualization and debate. International Journal of Sport Psychology. 2013. <https://doi.org/10.7352/IJSP.2013.44.267>
3. Mesagno C, Hill D. Definition of Choking in Sport: Re-conceptualization and Debate. International journal of sport psychology. 2013;44:267-77. <https://doi.org/10.7352/IJSP2013.44.267>
4. Martens R, Vealey RS, Burton D. Competitive anxiety in sport 1990.
5. Smith RE, Smoll, F. L., & Schutz, R. W. Measurement and correlates of sport-specific cognitive and somatic trait anxiety: The Sport Anxiety Scale. Anxiety research. 1990;2(4):263-80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/08917779008248733>
6. Kröhler A, Berti S. Taking Action or Thinking About It? State Orientation and Rumination Are Correlated in

- Athletes. *Frontiers in Psychology*. 2019;10.<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00576>
7. Casali N, Ghisi M, Jansen P, Feraco T, Meneghetti C. What Can Affect Competition Anxiety in Athletes? The Role of Self-Compassion and Repetitive Negative Thinking. *Psychol Rep*. 2022;125(4):2009-28.<https://doi.org/10.1177/00332941211017258>
8. Martin LL TA. Some ruminative thoughts. In *Ruminative thoughts* Psychology Press. 2013 Jan 11 (pp. 1-47).
9. Scott V, McIntosh WD. The development of a trait measure of ruminative thought. *Personality and individual differences*. 1999;26(6):1045-56.[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00208-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00208-6)
10. Karafil AY, Pehlivan E. Coping strategies for ruminative thoughts in athletes: exploring diverse perspectives through Q methodology. *Quality & Quantity*. 2025;59(4):3805-26.<https://doi.org/10.1007/s11135-025-02142-6>
11. Michel-Kröhler A, Kryś S, Berti S. Development and preliminary validation of the sports competition rumination scale (SCRS). *Journal of Applied Sport Psychology*. 2023;35(2):265-83.<https://doi.org/10.1080/10413200.2021.1961921>
12. RS L. Cognitive-motivational-relational theory of emotion.. *Human Kinetics*. 2000 Sep 1;14(3):229-52
13. Hill DM, Hanton S, Matthews N, Fleming S. A Qualitative Exploration of Choking in Elite Golf. *Journal of Clinical Sport Psychology*. 2010;4(3):221-40.<https://doi.org/10.1123/jcsp.4.3.221>
14. Hill DM CM, Gorczynski P, Matthews N. The consequences of choking in sport: a constructive or destructive experience?.. *The Sport Psychologist*. 2019; Mar 1;33(1):12-22.<https://doi.org/https://doi.org/10.1123/tsp.2018-0070>
15. Masters R, Maxwell J. The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2008;1(2):160-83.<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17509840802287218>
16. Eysenck MW, Derakshan N, Santos R, Calvo MG. Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*. 2007;7(2):336-53.<https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>
17. Mullen R, Hardy L, Tattersall A. The Effects of Anxiety on Motor Performance: A Test of the Conscious Processing Hypothesis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2005;27(2):212-25.<https://doi.org/10.1123/jsep.27.2.212>
18. Mesagno C, Beckmann J. Choking under pressure: theoretical models and interventions. *Current Opinion in Psychology*. 2017;16:170-5.<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.05.015>
19. Schlenker BR, Leary MR. Social anxiety and self-presentation: a conceptualization and model. *Psychol Bull*. 1982;92(3):641-69.<https://doi.org/10.1037/0033-2909.92.3.641>
20. Mesagno C, Harvey JT, Janelle CM. Self-presentation origins of choking: Evidence from separate pressure manipulations. *Journal of sport and exercise psychology*. 2011;33(3):441-59.<https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jsep.33.3.441>
21. Beck AT, Rush AJ, Shaw BF, Emery G, DeRubeis RJ, Hollon SD. *Cognitive therapy of depression*: Guilford Publications; 2024.
22. Watkins ER. Constructive and unconstructive repetitive thought. *Psychological bulletin*. 2008;134(2):163.<https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.2.163>
23. Nolen-Hoeksema S, Wisco BE, Lyubomirsky S. Rethinking rumination. *Perspectives on psychological science*. 2008;3(5):400-24.<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2008.00088.x>
24. Ferdek MA, van Rijn CM, Wyczesany M. Depressive rumination and the emotional control circuit: An EEG localization and effective connectivity study. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. 2016;16(6):1099-113.<https://doi.org/10.3758/s13415-016-0456-x>
25. LaBar KS, Cabeza R. Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews Neuroscience*. 2006;7(1):54-64.<https://doi.org/10.1038/nrn1825>
26. Crews DJ, Landers DM. Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(1):116-26.<https://doi.org/10.1249/00005768-199301000-00016>
27. Hirao T, Masaki H. Effects of Unilateral Hand Contraction on The Persistence of Hemispheric Asymmetry of Cortical Activity. *Journal of Psychophysiology*. 2019;33(2):119-26.<https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000215>
28. Cross-Villasana F, Gröpel P, Doppelmayr M, Beckmann J. Correction: unilateral left-hand contractions produce widespread depression of cortical activity after their execution. *Plos one*. 2016;11(2):e0150048.<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150048>
29. Hatfield BD, Landers DM, Ray WJ. Cognitive processes during self-paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1984;6(1):42-59.<https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jsp.6.1.42>
30. Echigo K, Umeda S. Effects of rumination and distraction on working memory performance in individuals with depressive tendencies and trait anxiety. *Acta Psychologica*.

- 2026;262:106180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.106180>
31. Gruzelier JH. EEG-neurofeedback for optimising performance. I: A review of cognitive and affective outcome in healthy participants. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014;44:124-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.09.015>
 32. Micoulaud-Franchi JA, Daudet C, Bioulac S. Les enjeux de recherche du neurofeedback dans le trouble insomnie chronique. *Médecine du Sommeil*. 2019;16(3):200-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msom.2019.05.005>
 33. Cheng M-Y, Hung C-L, Huang C-J, Chang Y-K, Lo L-C, Shen C, et al. Expert-novice differences in SMR activity during dart throwing. *Biological Psychology*. 2015;110:212-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.08.003>
 34. Dousset C, Wyckmans F, Monseigne T, Sistiaga S, Ingels A, Kajosch H, et al. Enhancing attentional processing through sensorimotor neurofeedback training: evidence from a placebo-controlled, double-blind, event-related potentials study. *NeuroImage*. 2025;324:121608. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2025.121608>
 35. Ros T, Moseley MJ, Bloom PA, Benjamin L, Parkinson LA, Gruzelier JH. Optimizing microsurgical skills with EEG neurofeedback. *BMC Neuroscience*. 2009;10(1):87. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-10-87>
 36. Hill DM, Shaw G. A qualitative examination of choking under pressure in team sport. *Psychology of Sport and Exercise*. 2013;14(1):103-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.07.008>
 37. Chen F, Liu Y, Lai Y, Ruan Q. An intelligent sport training method based on EEG neurofeedback. *Scientific Reports*. 2025;15(1):37634. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-21590-6>
 38. Faridnia M, Shojaei M, Rahimi A. The effect of neurofeedback training on the anxiety of elite female swimmers. *Annals of Biological Research*. 2012;3(2):1020-8
 39. Elahe Azizi, Mehdi Emami Kalan, Mohanna Mohammadi Dolatabad et al. Effectiveness of Neurofeedback in Reducing Rumination and Cognitive Avoidance in Patients with Obsessive Compulsive Disorder: A Clinical Trial, 16 February 2024, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3956820/v1>].
 40. Baumeister J, Reinecke K, Liesen H, Weiss M. Cortical activity of skilled performance in a complex sports related motor task. *European journal of applied physiology*. 2008;104(4):625-31. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0811-x>
 41. Gruzelier JH, Thompson T, Redding E, Brandt R, Steffert T. Application of alpha/theta neurofeedback and heart rate variability training to young contemporary dancers: State anxiety and creativity. *International Journal of Psychophysiology*. 2014;93(1):105-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.05.004>
 42. Dinc L, Rybski D, Dineen J. The effects of alpha/theta neurofeedback on mood, anxiety, emotion regulation and trait impulsivity. *Brain Research*. 2025;149943. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.brainres.2025.149943>
 43. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971;9(1):97-113. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
 44. Alipour A, Agahheris M. Investigating the reliability and validity of the Edinburgh Hand Excellence Questionnaire in Iran. *Journal of Psychological Science*. 2007;22:117-33
 45. babapour m, Dehghanizade J, mirali h. Validity and reliability of the Persian version of the sports competition rumination scale. *Sport Psychology Studies*. 2023;12(46):143-160. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2024.15392.2424>
 46. Hawkins R, Bertrand P. Relationship between twelve mechanic measures and score for national-level pistol shooters. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2015;15(1):332-42. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868796>
 47. Mon-López D, Tejero-González CM, de la Rubia Ríaza A, Calvo JL. Pistol and Rifle Performance: Gender and Relative Age Effect Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(4):1365. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17041365>
 48. Mirifar A, Cross-Villasana F, Beckmann J, Ehrlenspiel F. Effects of the unilateral dynamic handgrip on resting cortical activity levels: A replication and extension. *Int J Psychophysiol*. 2020;156:40-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.07.003>
 49. Dousset C, Wyckmans F, Monseigne T, Fourdin L, Boulanger R, Sistiaga S, et al. Sensori-motor neurofeedback improves inhibitory control and induces neural changes: a placebo-controlled, double-blind, event-related potentials study. *International Journal of Clinical and Health Psychology*. 2024;24(3):100501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2024.100501>
 50. Mutang JA, Seok CB, Wider W. Sensorimotor Rhythm (SMR) Neurofeedback Training on Anxiety: A Case

- Study on Archers. Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities. 2023;6(1):282-91
51. Arnold LE, Lofthouse N, Hersch S, Pan X, Hurt E, Bates B, et al. EEG neurofeedback for ADHD: double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility trial. Journal of attention disorders. 2013;17(5):410-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1087054712446173>
 52. Andersen SB, Moore RA, Venables L, Corr PJ. Electrophysiological correlates of anxious rumination. International journal of psychophysiology. 2009;71(2):156-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.09.004>
 53. Moran A. Attention and Concentration Training in Sport. In: Spielberger CD, editor. Encyclopedia of Applied Psychology. New York: Elsevier; 2004. p. 209-14.
 54. Beckmann J, Gröpel P, Ehrlenspiel F. Preventing motor skill failure through hemisphere-specific priming: cases from choking under pressure. Journal of Experimental Psychology: General. 2013;142(3):679. <https://doi.org/10.1037/a0029852>
 55. Mizuno K, Masaki H. Effects of left-hand contraction on tennis serve performance. Frontiers in Psychology. 2024;Volume 15 - 2024. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1386025>
 56. Beilock SL, Carr TH. On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? Journal of Experimental Psychology: General. 2001;130(4):701-25. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.701>
 57. Wergin VV, Beckmann J, Gröpel P, Mesagno C. Investigating cumulative effects of pre-performance routine interventions in beach volleyball serving. PLOS ONE. 2020;15(1):e0228012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228012>
 58. Mirifar A, Luan M, Ehrlenspiel F. Effects of unilateral dynamic handgrip on reaction time and error rate. Cognitive Processing. 2022;23(2):169-78. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10339-022-01080-7>