Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Jan & Feb 2025. Volume 13. Num 6

Research Paper

Effect of Neurofeedback Training on Motor Performance and Gaze Behavior of Skilled Pistol Shooters

*Hamed Moradi[1], Mehdi Shahbazi[1]

1. Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Moradi H & Shahbazi M. Effect of Neurofeedback Training on Motor Performance and Gaze Behavior of Skilled Pistol Shooters. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2025; 13(6):1094-1107. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3271

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3271

ABSTRACT

Background and Aims The present study aims to investigate the effectiveness of neurofeedback training on motor performance and gaze behavior (Quiet eye [QE] duration) of skilled pistol shooters.

Methods This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test/two-month follow-up design. Among the skilled pistol shooters in Tehran province, Iran, 30 shooters aged 18-29 years were selected and randomly divided into two groups of 15, including training and control. The training group participated in the neurofeedback training and the shooting training simultaneously at ten 30-minute sessions. The neurofeedback training protocol included alpha activity suppression at a frequency band of 8-12 Hz in the F4 brain region. The QE duration was measured using the Ergoneers eye tracking device, and the motor performance was tested by the standard air rifle shooting test using the special scoring forms. Finally, the results were analyzed in SPSS software, version 20 using repeated measured analysis of variance.

Results The neurofeedback training group showed a significant increase in motor performance and the QE duration compared to the control group in the post-test and follow-up phases ($P<0.05$). Also, the differences in motor performance and the QE duration were significant only between the pre-test and post-test phases ($P<0.05$). No significant difference was observed between the post-test and follow-up phases ($P>0.05$).

Conclusion Neurofeedback training can increase the motor performance and gaze behavior (QE duration) of skilled pistol shooters.

Keywords Quiet eye, Neurofeedback, Gaze behavior, Shooters, Motor performance

Received: 11 May 2024
Accepted: 08 Jun 2024
Available Online: 20 Jan 2025

Corresponding Author:
Hamed Moradi, PhD.
Address: Department of Behavioral and Cognitive Sports Sciences, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
Tel: +98 (935) 6077930
E-Mail: moradi.hamed20@ut.ac.ir

Copyright © 2025 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

The visual sense is important for information acquisition. When we engage in a sport for the first time, we learn the movements related to that sport and how to control gaze during performance. One of the perceptual-cognitive components is the quiet eye (QE), introduced by Vickers in 1996. It is a visual behavior that occurs at skilled levels and results in accurate performance in motor tasks. It refers to the fixation of gaze at a location during movement initiation. The QE duration shows the time of the organization of neural networks before or during movement.

By neurofeedback training, people learn to control their brain activity and improve their cognitive and sports performance. The existing neurofeedback studies in sports have mainly focused on the cognitive explanation of skillful performance; there is no internal analysis of the skill, which is a very important part of the cognitive explanation of motor execution and learning motor skills. On the other hand, no research compares the effect of neurofeedback training on the indicators of gaze and performance in skilled shooters. Therefore, in this study, we aim to assess whether neurofeedback can improve motor performance and the gaze behavior of skilled shooters.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test/follow-up design. Participants were 30 skilled pistol shooters in Tehran, Iran, with at least 4 years of championship activity and experience participating in national competitions. They were divided into two equal groups of 15 based on the scores obtained in the pre-test (the performance in firing 10 shots). Their gaze behavior (QE duration) was evaluated by the researcher and their sports performance was evaluated by the judges three times (before, immediately after, two months after). To assess the gaze behavior, an eye tracking device (Ergoneers) was placed on the subject's eyes during the shooting, and the related data were recorded. After five shooting trials, the participants had 10 pistol shooting attempts from the defined distance according to existing standards. A 30-second rest period was allowed between each attempt. When each shooter finished their shooting, the eye tracking device would be calibrated for other shooters. Then, both groups participated in 10 shooting training sessions, each for 90 minutes, under the supervision of the team coach. The trained group received neurofeedback during the shooting training at ten 30-minute sessions. The protocol included alpha activity suppression at a frequency band of 8-12 Hz in the F4 brain region.

Results

The results of the repeated measured analysis of variance showed that the effect of time was significant on the motor performance ($P=0.013$) and the QE duration ($P=0.001$). In other words, there was a significant difference between the three assessment phases. Regarding the motor performance and the QE duration, the post hoc test showed that the difference was significant only between the pre-test and post-test phases ($P<0.05$). No significant difference was observed between the post-test and the two-month follow-up phases ($P>0.05$). Moreover, there were significant differences between the two groups in motor performance and QE duration in the post-test and follow-up phases ($P<0.05$).

Conclusion

Neurofeedback training can improve motor performance and gaze behavior (QE duration) of skilled pistol shooters. Therefore, neurofeedback training is recommended for improving the performance of skilled shooters. This training method can be used as a complementary intervention along with specialized exercises and various relaxation methods for shooters.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the Sport Sciences Research Institute (Code: IR.SSRI.REC.1397.201). All ethical principles were considered in this study. The participants were informed about the study objectives and methods. They were assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time.

Funding

This article was extracted from a research project alternative to the military service of Hamed Moradi, approved by University of Tehran and financially supported by the University of Tehran.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد حرکتی و رفتار خیرگی تیراندازان ماهربا تپانچه

*حامد مرادی[۱]، مهدی شهبازی[۱]

۱. گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Moradi H & Shahbazi M. Effect of Neurofeedback Training on Motor Performance and Gaze Behavior of Skilled Pistol Shooters. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2025; 13(6):1094-1107. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3271

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3271

چکیده

مقدمه و اهداف هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد حرکتی و رفتار خیرگی (مدت‌زمان چشم آرام) تیراندازان ماهر بود.

مواد و روش‌ها تحقیق از نوع نیمه‌تجربی و بین‌گروهی و طرح تحقیق، شامل یک گروه آزمایش و یک گروه کنترل مشتمل بر مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری دوماهه بود. از بین تیراندازان حرف‌های استان تهران ۳۰ نفر با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۹ سال به‌صورت تصادفی در ۲ گروه ۱۵ نفری قرار داده شدند. گروه تمرینات نوروفیدبک هم‌زمان با شرکت در تمرینات تیراندازی در تمرینات مربوط به نوروفیدبک نیز شرکت کردند که مشتمل بر ۱۰ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای و پروتکل موردنظر شامل سرکوب آلفا با باند فرکانسی ۸ تا ۱۲ هرتز و در جایگاه اف ۴ برای هر آزمودنی بود. برای ثبت مدت‌زمان چشم آرام از دستگاه ردیابی حرکات چشم ارگونیر و همچنین برای ارزیابی عملکرد حرکتی تیراندازان از آزمون استاندارد هدف‌گیری با تفنگ بادی استفاده شد. امتیازها به‌طور مستقیم با استفاده از فرم‌های مخصوص ثبت شد. سرانجام داده‌های حاصل در نرم‌افزار SPSS و با آزمون‌های آماری مناسب تحلیل شد.

یافته‌ها نتایج تحقیق نشان داد گروه تمرینات نوروفیدبک افزایش معناداری را در متغیر عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام (میلی‌ثانیه) نشان دادند ($P<۰/۰۵$). در متغیر عملکرد حرکتی تیراندازان، مقایسه گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون نشان داد بین گروه کنترل با گروه تمرینات نوروفیدبک تفاوت معنادار است ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری به‌طور خلاصه یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد تمرینات نوروفیدبک عملکرد تیراندازان ماهر را افزایش می‌دهد، ولی گروه کنترل از پیش‌آزمون تا آزمون پیگیری دوماهه هیچ تغیر معناداری نداشته است؛ بنابراین برتری تمرینات نوروفیدبک در عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام، نتیجه نهایی تحقیق حاضر است.

کلیدواژه‌ها چشم آرام، نوروفیدبک، رفتار خیرگی، تیراندازان ماهر، عملکرد حرکتی

تاریخ دریافت: ۲۲ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۹ خرداد ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۰۱ بهمن ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**

دکتر حامد مرادی

نشانی: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه علوم رفتاری و شناختی.

تلفن: ۶۰۷۷۹۳۰ (۹۳۵) ۹۸+

رایانامه: moradi.hamed20@ut.ac.ir

Copyright © 2025 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

بینایی یکی از مهم‌ترین منابع کسب اطلاعات است و به خاطر اهمیتی که در فرایندهای ادراکی دارد عملکردهای آن همیشه مورد توجه محققان بوده است. حرکات چشم به‌وسیله راهبردهای جست‌وجو[1] کنترل می‌شود و اجراکننده را قادر می‌سازد که با کارایی بیشتری، از مدت‌زمان در دسترس برای تجزیه‌وتحلیل آنچه می‌بیند استفاده کند [۱]. اطلاعات سیستم بینایی نقش بسیار مهمی در تولید و کنترل حرکات بازی می‌کنند. اجرای مهارت‌های حرکتی ساده نیز می‌تواند در نبود اطلاعات بینایی دچار اختلال شود [۲]. در سه دهه گذشته، محققان برتری بازیکنان ماهر بر غیرماهر را براساس تحقیقات گسترده و آزمون‌های طراحی‌شده در مهارت‌های ادراکی‌شناختی نشان داده‌اند [۳]. ازاین‌رو به نظر می‌رسد مهارت‌های ادراکی‌شناختی یک عامل ضروری و لازم برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری مؤثر و کارآمد هستند و مؤلفه‌های ادراکی‌شناختی برای رسیدن به اوج عملکرد نقش بسزایی دارند [۲]. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مهارت‌های ادراکی تفاوت‌های موجود در کنترل خیرگی[2] افراد است. درواقع تحقیقات نشان می‌دهند تفاوت اساسی بین بازیکنان ماهر و مبتدی، توانایی آن‌ها در برداشت اطلاعات از بعضی منابع بینایی است [۴].

دستیابی به عملکرد بهینه ورزشی نیازمند شرایط مناسب ذهنی است. کمی‌سازی شرایط ذهنی در طول مربیگری اغلب کار مشکلی است. از طرف دیگر، زمانی که برای نخستین بار به فراگیری یک مهارت می‌پردازیم نه‌تنها حرکت‌های مربوط به آن ورزش، بلکه چگونگی کنترل خیرگی و راهبرد بینایی در حین اجرا را فرامی‌گیریم. یکی از مؤلفه مهارت‌های ادراکی‌شناختی، چشم آرام[3] است. این مؤلفه در سال ۱۹۹۶ توسط ویکرز ارائه شده است [۵]. چشم آرام به‌عنوان یک رفتار بینایی که در سطوح ماهرانه رخ می‌دهد و دقت عملکرد در تکالیف حرکتی را در پی دارد، تعریف می‌شود [۶،۷]. به‌عبارت‌دیگر، حفظ تمرکز روی یک محل در زمان آماده‌سازی و اجرای حرکتی را چشم آرام می‌گویند. علاوه‌براین، چشم آرام نوعی ثابت کردن نگاه روی یک محل است. دوره چشم آرام، زمان موردنیاز برای سازمان‌دهی شبکه‌های عصبی و پارامتربندی بینایی که مسئول کنترل حرکات دقیق است را نشان می‌دهد [۸]. در طول این دوره اطلاعات حسی با مکانیسم‌های لازم برای طرح‌ریزی (برنامه‌ریزی) و کنترل در لحظه برای ایجاد پاسخ حرکتی مناسب ترکیب می‌شود. گزارش شده هر دو عامل شروع زودتر و مدت طولانی‌تر چشم آرام با سطح بالایی از عملکرد مرتبط است [۱]. از طرفی وظیفه چشم آرام و سیستم توجه در تکالیف هدف‌گیری مانند بسکتبال، ضربه گلف، پرتاب دارت، تیراندازی با تفنگ و کمان، قرار دادن هدف در فضا و کنترل هدف‌گیری یک شیء یا هدف خاص است [۶، ۷]. دوره چشم آرام افراد ماهر به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر از افراد کمتر ماهر است. به این معنی که آن‌هایی که به سطوح بالای عملکرد دست یافته‌اند، یاد گرفته‌اند تا اشیا و موقعیت‌های بحرانی را برای مدت طولانی‌تری صرف‌نظر از شرایط پیش رو تثبیت و ردیابی کنند [۷]. وین و همکاران در پژوهشی نشان دادند تمرین چشم آرام اثراتی مشابه با تمرین به روش یادگیری پنهان دارد به‌عبارت‌دیگر، تمرین چشم آرام منجر به کاهش تأکید بر فعالیت شناختی آشکار می‌شود [۹]. با ابزارهای جدیدی، مانند نوروفیدبک می‌توان فعالیت‌های مغز ورزشکاران را ثبت و آن را ارائه کرد. از طرف دیگر نوروفیدبک نیز منجر به یادگیری پنهان[4] می‌شود. به‌عنوان مثال، می‌توان با سرکوب امواج آلفای ۸ تا ۱۲ هرتز در منطقه اف ۴ که مسئول فرایند کنترل هوشیار تکلیف حرکتی و همچنین مرتبط با دانش اخباری[5] هستند شرایطی مشابه یادگیری پنهان ایجاد کرد [۱۰]. در این رابطه مان و همکاران در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که بین دوره چشم آرام و فعالیت آلفا در جایگاه اف ۴ رابطه معنی‌داری وجود دارد. کاهش آلفا در جایگاه اف ۴ نشان‌دهنده یادگیری است [۱۱].

نوروفیدبک از انواع بازخورد زیستی است که افراد ازطریق آن یاد می‌گیرند امواج مغزی خود را کنترل کنند. با استفاده از نوروفیدبک، افراد می‌توانند فعالیت مغزی خود را کنترل کرده، عملکرد خویش را در زمینه‌های ورزشی، شناختی و هنری بهبود بخشند [۱۲]. معمولاً افراد به دلیل عدم آگاهی از الگوهای امواج مغزی، قادر به تغییر آن‌ها نیستند، اما بعد از گذشت چند ثانیه، با مشاهده این امواج بر روی صفحه کامپیوتر، به‌تدریج توانایی تغییر و تأثیر گذاشتن بر آن‌ها را کسب می‌کنند [۱۳، ۱۴]. به نظر می‌رسد، بسیاری از عملکردهای مطلوب ورزشی نیازمند کاهش فعالیت شناختی هستند یا به‌عبارت‌دیگر می‌توانیم این وضعیت را با استفاده از تمرینات نوروفیدبک در ذهن فرد القا کنیم. با تمرینات نوروفیدبک می‌توانیم فعالیت شناختی و کلامی‌زبانی را کاهش دهیم. این فعالیت شناختی ممکن است مانع عملکرد مطلوب ورزشکار شود. براي مثال، رستمي و همکاران در پژوهشي با هدف مقایسه ۲ گروه از تیراندازان ماهر که یك گروه تمرینات نوروفیدبك را انجام می‌داد و گروه دیگر بدون تمرین بودند، به این نتیجه رسیدند تیراندازاني که تمرینات نوروفیدبك را انجام داده بودند، بهبود معناداري در عملکرد تیراندازی با تفنگ آن‌ها مشاهده شد [۱۵]؛ اما موضوعي که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، این است که براي عملکرد مطلوب و ماهرانه، ورزشکاران باید به‌صورت خودکار به اجراي مهارت بپردازند. این وضعیت به وضعیت بدون فکر معروف است و بخش مهمي از تمرین محسوب می‌شود. این فعالیت شناختي ممکن است مانع عملکرد مطلوب ورزشکار شود. براي عملکرد مطلوب و ماهرانه، ورزشکاران باید به‌صورت

1. Search strategies
2. Gaze
3. Quiet eye
4. Implicit Learning
5. Declarative knowledge

خودکار به اجراي مهارت بپردازند و فرايند حرکتي هشيار را کاهش دهد. يکي از راه‌های رسیدن به این وضعیت، سرکوب هوشياري هنگام کنترل حرکت است که می‌توان ازطريق سرکوب موج آلفا در جايگاه اف ۴ به اين هدف رسيد [۱۰]. از طرف دیگر، این ادعا وجود دارد که فرایند هوشیار از دانش اخباری را می‌توان با بررسی باند فرکانسی آلفا (۸ تا ۱۲ هرتز) اندازه‌گیری کرد. ژوو و همکاران به این نتیجه رسیدند افرادی که به‌صورت هوشیار به مشاهده مانیتور و کنترل حرکاتشان می‌پردازند، موج آلفا با قدرت بیشتر را نشان می‌دهند [۱۶]. علاوه‌براین گزارش کردند افرادی که به‌صورت پنهان مهارت را یاد گرفته بودند، آلفا را با قدرت پایین‌تری نشان دادند. بنابراین آلفای پایین یک مزیت برای اجرای خودکار حرکتی است [۱۰]. این پیشنهاد از مرور یافته‌ها برخاسته است که می‌توان با طراحی پروتکل تمرین نوروفیدبک با تأکید بر سرکوب آلفا، یادگیری پنهان را ارتقا داد و حفظ عملکرد در شرایط طولانی‌مدت را با ممانعت از بازنمایی شناختی[6] ایجاد کرد [۱۷].

با تمرین و یادگیری در شرایط یادگیری پنهان می‌توان اثر این بازنمایی را به حداقل رساند، اما موضوعی که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد این است که برای عملکرد مطلوب و ماهرانه، ورزشکاران باید به‌صورت خودکار به اجرای مهارت بپردازند. به نظر می‌رسد، بسیاری از عملکردهای مطلوب ورزشی نیازمند کاهش فعالیت شناختی هستند. یکی از راه‌های رسیدن به این وضعیت سرکوب هوشیاری در هنگام کنترل حرکت است که می‌توان ازطریق سرکوب موج آلفا در جایگاه اف ۴ به این هدف رسید [۱۰]. شواهد زیادی از مطالعات تجربی، مقطعی و طولی تمرینات نوروفیدبک را در عملکرد ورزشکاران مؤثر می‌داند و نشان داده‌اند که این عامل گاهی در پیش‌بینی نتایج فعالیت‌های ورزشی نقش دارند؛ اما در پیشینه تحقیقی که به بررسی سرکوب موج آلفا به‌عنوان پروتکل تمرینی بپردازد وجود ندارد. در تحقیقات گذشته برخی از محققان به بررسی تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد حرکتی و کنترل بینایی‌حرکتی پرداخته‌اند [۱۷]. تحقیقی که به بررسی اثر تمرین نوروفیدبک به‌طور اخص بر موج آلفا که معیاری از کنترل هوشیار حرکت است بپردازد، وجود ندارد. همچنین بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده بر روی ورزشکاران مبتدی و نیمه‌ماهر متمرکز شده و از پرداختن به افراد ماهر غفلت ورزیده‌اند. از طرف دیگر در تمرینات نوروفیدبک هیچ‌گونه جریان الکتریکی به مغز وارد نمی‌شود. در حین تمرین، فرد برخی از ویژگی‌های عملکردی مغز خود را به‌صورت دیداری یا شنیداری در یک حلقه بازخوردی هم‌زمان دریافت می‌کند. در مرحله بعد، مغز یاد می‌گیرد برخی از امواج خود را تقویت و برخی دیگر را سرکوب کند تا به هدفی که دستگاه برای او تعیین کرده است، برسد [۱۴، ۱۸]. پژوهش‌های موجود نوروفیدبک در ورزش به‌طور وسیع به توضیح شناختي اجراي ماهرانه پرداخته است، اما به تحلیل دروني مهارت که بخش بسیار مهمي از توضیح شناختي اجرا و یادگیري مهارت حرکتي است، اشاره‌ای نشده یا حداقل بسیار محدود بوده است. همچنین پژوهشی که به مقایسه تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر شاخص‌های رفتار خیرگی و عملکرد در تیراندازان ماهر بپردازد وجود ندارد. بنابراین در پژوهش حاضر به دنبال پاسخ این سؤال هستیم که آیا تمرینات نوروفیدبک می‌تواند باعث بهبود عملکرد حرکتی و رفتار خیرگی افراد ماهر شود یا خیر.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر کنترل متغیرها جزو تحقیقات نیمه‌تجربی محسوب می‌شود و در آن از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش شامل تیراندازان ماهر با تپانچه استان تهران بودند که حداقل ۴ سال سابقه فعالیت قهرمانی و تجربه شرکت در مسابقات کشوری را داشتند. در پژوهش حاضر، آزمودنی‌ها به‌صورت داوطلبانه در تمرینات شرکت کردند. از میان افراد جامعه آماری نمونه‌های در دسترس که موافق انجام پژوهش بودند (اخذ رضایت‌نامه) در پژوهش شرکت کردند. سپس آزمودنی‌ها براساس امتیازات به‌دست‌آمده در پیش‌آزمون که شامل ۱۰ شلیک بود، در ۲ گروه همگن قرار گرفتند.

ابزار پژوهش

پرسش‌نامه اطلاعات فردی و فرم رضایت‌نامه آگاهانه

دستگاه نوروفیدبک: براي نوروفيدبك از دستگاه نوروفيدبك با سخت‌افزار پروکامپ[7] و نرم‌افزار بیوگراف[8]، هر دو ساخت کشور کانادا استفاده شد. نوتراپیست ابتدا با تهیه امواج پایه در حالات مختلف باز یا بسته بودن چشم و طي اعمال فعال و غیرفعال مغزي، پروتکل درماني خود را طراحي مي‌کند و دستگاه نوروفيدبك را براساس آن تنظيم مي‌کند. پروتکل تمرینی نشان مي‌دهد در کدام قسمت مغز، چه امواجي کاهش و چه امواجي افزايش مي‌يابند. طي ۱ جلسه بیش از ۲ هزار فیدبك مثبت دريافت مي‌شود و هيچ‌گونه بازخورد منفي داده نمي‌شود. به‌تدريج آزمودني ياد مي‌گيرد مغز خود را چگونه تنظيم کند تا فيدبك بيشتري دريافت کند.

دستگاه ردیابی حرکات چشم: از دستگاه ردیابی حرکات چشم ارگونیر مدل بدون سیم حرفه‌ای دیکابلیس ساخت کمپانی ارگونیر کشور آلمان استفاده شد که نقطه خیرگی در هر لحظه را با فرکانس ۶۰ هرتز ثبت می‌کند. این سیستم عامل عینک مجهز به دوربین و دستگاه ضبط پرتابل است. داده‌ها ازطریق سیستم وایرلس به‌صورت نوار ویدئویی به کامپیوتر دارای قابلیت اتصال فرستاده می‌شود. به‌منظور ثبت حرکات و تغییرات چشم

6. Cognitive Representations

7. Procomp
8. Biograph

از نرم‌افزار DLab و سیستم پردازش اطلاعات ساخت این کمپانی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار ۳ مؤلفه چشم آرام را مشخص می‌کند: آغاز چشم آرام، پایان چشم آرام و دوره چشم آرام. به شروع آخرین تثبیت شدن بر روی هدف موردنظر، آغاز چشم آرام گویند. پایان چشم آرام زمانی است که آخرین تثبیت شدن بر روی هدف موردنظر منحرف می‌شود. به فاصله زمانی بین آغاز و پایان چشم آرام، دوره چشم آرام گویند.

آزمون استاندارد هدف‌گیری با تفنگ بادی: تیراندازی از رشته‌هایی است که در برنامه فدراسیون جهانی گنجانده شده است و توسط فدراسیون جهانی تیراندازی[9] برگزار می‌شود. برای سنجش عملکرد تیراندازان ماهر از آزمون استاندارد هدف‌گیری با تفنگ بادی (پایایی حدود ۰/۸۵ و روایی ۰/۵۱) استفاده شد. باتوجه‌به کاملاً عینی بودن امتیازگذاری، این آزمون از روایی و پایایی بسیار بالایی برخوردار است. فاصله هدف در رشته تیراندازی با تفنگ بادی برای مردان و زنان ۱۰ متر بود. نقطه ۱۰ متری فاصله واقعی خطی است که همیشه تیرانداز از این نقطه هدف‌گیری را انجام می‌دهد. پس از استقرار تیراندازان در خط تیراندازی و قبل از شروع شلیک‌ها ۱۰ دقیقه زمان آمادگی به تیراندازان داده شد. تعدادی تیر قلق نیز به‌منظور آماده‌سازی تیراندازان به آن‌ها داده شد تا قبل از تیرهای نمره شلیک کنند و در صورت لزوم سلاح خود را برای شلیک دقیق به مرکز هدف تنظیم کنند. تیرهای قلق در نمره تیرانداز محاسبه نشد. هر تیر در آزمون تیراندازی با تفنگ بادی ۱۰ نمره را به خود اختصاص می‌دهد؛ یعنی نمره هر شلیک تیرانداز می‌تواند بین نمره صفر تا ۱۰ و باتوجه‌به اینکه در کدام قسمت حلقه فرود آید، متفاوت باشد. برای نمره دادن، همه سیبل‌ها را از جای خود درآورده و در اختیار داور قرار می‌دهند. نحوه امتیازدهی به این صورت است که به کوچک‌ترین نقطه روی سیبل در صورت برخورد بخشی از ساچمه به آن، نمره ۱۰ داده می‌شود و سپس حلقه ۹ (امتیاز ۹) و به ترتیب دیگر حلقه‌ها امتیازدهی می‌شوند.

روش اجرا

پس از مشخص شدن شرکت‌کنندگان و تکمیل فرم رضایت توسط آنان، نحوه اجرای پژوهش به آنان توضیح داده شد. در این پژوهش رفتار خیرگی (مدت‌زمان چشم آرام) و عملکرد تیراندازان ماهر به‌عنوان متغیر وابسته موردمطالعه قرار گرفت. تمامی متغیرهای وابسته رفتار خیرگی در ۳ نوبت (پیش و پس از مداخله، پیگیری دوماهه) توسط محقق و عملکرد ورزشی تیراندازان در ۳ نوبت (قبل و بعد از اتمام دوره مداخله و پیگیری دوماهه) توسط داوران مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از انتخاب آزمودنی‌ها براساس همگن بودن ازنظر سطح توانایی در تیراندازی، نفرات به‌طور تصادفی در ۲ گروه ۱۵ نفری، گروه تمرینات نوروفیدبک و گروه کنترل تقسیم شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه: حداقل ۴ سال سابقه فعالیت منظم در رشته تیراندازی و تجربه حضور در مسابقات استانی و کشوری، دارای سلامت کامل فیزیکی و روانی و نداشتن سابقه حضور در تمرینات نوروفیدبک. معیارهای خروج: وجود اختلالات روانی، وجود ناتوانی‌ها و یا اختلال‌های حواس که در تیراندازی مؤثر است، مانند ضعف بینایی، مشکلات در شنوایی، مشکل در حرکات دست، ناتوانی و یا مشکل در ایستادن به شکلی متعادل و وجود اضطراب صفتی‌رقابتی و یا اضطراب حالتی‌رقابتی. در هنگام تیراندازی دستگاه ردیابی چشم بر روی چشم آزمودنی‌ها قرار گرفت و هم‌زمان با شلیک، داده‌های مربوط به ردیابی چشم نیز ثبت شد. شرکت‌کنندگان پس از ۵ کوشش آشنایی، به اجرای ۱۰ کوشش شلیک تپانچه از فاصله موردنظر به هدف مطابق با استانداردهای موجود پرداختند. بین کوشش‌ها ۳۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد و بعد از اتمام تیراندازی توسط هر تیرانداز، ابزار اندازه‌گیری ردیابی بینایی برای افراد دیگر کالیبره شد. سپس هر دو گروه در ۱۰ جلسه تمرینی تیراندازی که هر جلسه آن ۹۰ دقیقه تمرین زیر نظر مربی تیم بود، شرکت کردند.

گروه تمرینات نوروفیدبک هم‌زمان با شرکت در تمرینات تیراندازی در تمرینات مربوط به نوروفیدبک به‌صورت موازی با تمرینات تیراندازی شرکت کردند که مشتمل بر ۱۰ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای و پروتکل موردنظر، شامل سرکوب آلفا با باند فرکانسی ۸ تا ۱۲ هرتز [۱۰، ۱۳، ۱۷] و در جایگاه اف ۴ برای هر آزمودنی بود. این تمرینات توسط روان‌شناس خبره و آگاه به تمرینات نوروفیدبک انجام شد. در اجرای این پژوهش نقطه اف ۴ براساس سیستم ۱۰ تا۲۰ بر روی جمجمه مشخص می‌شود. برای پیدا کردن نقطه اف ۴ با متر نواری مخصوص از نقطه Fz، ۱۰ درصد به سمت گوش راست می‌رویم و نقطه اف ۴ را علامت می‌زنیم. آزمودنی‌های گروه تمرینات نوروفیدبک هم‌زمان با شرکت در تمرینات تیراندازی در تمرینات مربوط به نوروفیدبک به‌صورت موازی شرکت می‌کردند به این صورت که آزمودني در برابر رایانه قرار می‌گیرد. رایانه يك بازي ويدئويي كامپيوتري يا ۲ نمودار ستوني را نشان می‌دهد كه يكي بيانگر فعاليت موج مغزي ناكافي و ديگري معرف فعاليت موج مغزي كارآمد است. در اين حالت آزمودني توجه خود را به صفحه كامپيوتر متمركز می‌كند. در ابتدا تغييرات در امواج مغزي گذرا است، اما با تكرار جلسات و تغيير تدريجي آستانه‌های تعيين‌شده براي بازداري باند فركانسي آلفا از سوي آزمونگر، تغييرات پايدار و به‌تدريج شرطی می‌شوند. گروه كنترل نيز به‌صورت عادی و بدون تمرين اضافی به تمرين تيراندازی پرداخت.

9. ISSF

جدول ۱. نتایج آزمون کرویت ماخلی

متغیر		W ماخلی	مجذور کا	درجه آزادی	معناداری
عملکرد حرکتی	دوره آزمون	۰/۱۴۵	۱۱/۵۶۷	۲	۰/۰۰۳
مدت‌زمان چشم آرام	۰/۷۷۴	۱/۸۵۷	۲	۰/۳۹۷	۰/۷۷۴

طب توانبخشی

روش آماری

برای پژوهش حاضر در توصیف آماری داده‌ها از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار استفاده شده و در راستای استنباط آماری داده‌ها نیز باتوجه‌به طرح تحقیق، برای مقایسه نمرات میانگین‌ها و بررسی همگن بودن گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و برای مشاهده کنترل خیرگی و عملکرد حرکتی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در سطح معنی‌داری ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

یافته‌ها

باتوجه‌به فرضیه پژوهش، نمرات عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام در چند دوره زمانی باهم مقایسه شد. بنابراین برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. ازاین‌رو که عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام برای هر تیرانداز در سه دوره پیش‌آزمون (مرحله ۱)، پس‌آزمون (مرحله ۲)، پیگیری دوماهه (مرحله ۳) مورد بررسی قرار گرفت، بنابراین ابتدا فرض مربوط به کرویت بررسی شد **(جدول شماره ۱)** و در ادامه از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد تا اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام در هر دوره نمایان شود.

باتوجه‌به سطح معناداری به‌دست‌آمده در آزمون ماخلیشاخص عملکرد حرکتی که کمتر از ۰/۰۵ بود، فرض عدم کرویت تأیید شد و در شاخص مدت‌زمان چشم آرام باتوجه‌به سطح معناداری به‌دست‌آمده در آزمون ماخلی که بیشتر از ۰/۰۵ است، فرض عدم کرویت رد شد و فرض کرویت تأیید شد. برای مقایسه تغییرات گروه آزمایش، عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام در ۳ مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری دوماهه با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر محاسبه شد که نتایج آن در **جدول شماره ۲** آمده است.

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس مکرر نشان داد اثر دوره آزمون برای گروه آزمایش در سطح شاخص عملکرد حرکتی (P=۰/۰۱۳) و در سطح شاخص مدت‌زمان چشم آرام (P=۰/۰۰۱) معنادار است. به عبارتی نتایج نشان می‌دهد بین دوره‌های آزمون تفاوت معنادار وجود دارد. برای مشخص شدن مکان این تفاوت‌ها و نتایج آزمون تعقیبی برای مقایسه جفتی دوره‌ها از آزمون بونفرونی استفاده شد **(جدول شماره ۳)**.

نتایج شاخص عملکرد حرکتی حاکی از معناداری پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و پیگیری دوماهه بود (P<۰/۰۵). به عبارتی تمرینات نوروفیدبک توانسته تنها بر پس‌آزمون عملکرد حرکتی تیراندازان اثرگذار باشد که باتوجه‌به میانگین‌ها، می‌توان بیان کرد که تمرینات نوروفیدبک می‌تواند بر افزایش عملکرد حرکتی و به تبع آن عملکرد تیراندازان اثر معنادار داشته باشد. از طرفی در عملکرد حرکتی، تفاوت معناداری بین پس‌آزمون و پیگیری دوماهه مشاهده نشد (P>۰/۰۵). این بدان معناست که تمرین نوروفیدبک نمی‌تواند تأثیر معناداری بر عملکرد حرکتی در پیگیری دوماهه داشته باشد. نتایج شاخص مدت‌زمان چشم آرام حاکی از معناداری مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و پیگیری دوماهه است (P<۰/۰۵). همچنین نتایج حاکی از معناداری پیش‌آزمون تا پس‌آزمون و پیش‌آزمون تا پیگیری دوماهه است. به عبارتی تمرینات نوروفیدبک توانسته است بر پس‌آزمون و پیگیری دوماهه مدت‌زمان چشم آرام تیراندازان اثرگذار باشد که باتوجه‌به میانگین‌ها، می‌توان بیان کرد تمرینات نوروفیدبک می‌تواند برافزایش مدت‌زمان چشم آرام و به تبع آن مدت‌زمان چشم آرام تیراندازان اثر معنادار داشته باشد. همچنین برای مقایسه نمرات عملکرد حرکتی بین گروه آزمایش با گروه کنترل از آزمون تحلیل

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر گروه آزمایش

متغیر	آماره / اثر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	اندازه اثر
عملکرد حرکتی	دوره آزمون	۱۳۰۸/۲۵	۱/۰۷۸	۱۲۱۳/۰۹۶	۱۰/۰۵۱	۰/۰۱۳	۰/۵۸۹
	خطا	۹۱۱/۰۸۳	۷/۵۴۹	۱۲۰/۶۸۸	–	–	–
مدت‌زمان چشم آرام	دوره آزمون	۱۷۵/۳۸۵	۲	۸۷/۲۹۷	۱۴/۷۶۷	۰/۰۰۱	۰/۷۷۶
	خطا	۸۳/۵۷	۱۴	۵/۲۸۹	–	–	–

طب توانبخشی

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی برای مقایسه جفتی دوره‌ها

متغیر	دوره		تفاضل میانگین	خطای استاندارد	معناداری
عملکرد حرکتی	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	-۱۷/۷۵	۴/۸۷۲	۰/۰۰۸
		پیگیری دوماهه	-۱۱/۸۷۵	۴/۸۸۲	۰/۰۴۵
	پس‌آزمون	پیگیری دوماهه	۵/۸۷۶	۱/۱۰۹	۰/۰۶۱
مدت‌زمان چشم آرام	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	-۶/۵۷۳	۱/۳۰۸	۰/۰۰۲
		پیگیری دوماهه	۴/۷۵	۱/۴۲۴	۰/۰۱۲
	پس‌آزمون	پیگیری دوماهه	-۱/۶۲۵	۰/۸۶۵	۰/۱۰۲

طب توانبخشی

واریانس یک‌راهه استفاده شد. نتایج این آزمون در جدول شماره ۴ گزارش شده است.

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس شاخص عملکرد حرکتی نشان می‌دهد که اثر گروه در آزمون‌های پس‌آزمون (P=۰/۰۰۱) و پیگیری دوماهه (P= ۰/۰۲۸) معنادار است. همچنین در شاخص مدت‌زمان چشم آرام اثر گروه در آزمون‌های پس‌آزمون (P=۰/۰۰۱) و پیگیری دوماهه (P=۰/۰۰۱) معنادار است. به عبارتی نتایج نشان می‌دهد بین گروه‌های تحقیق، در سطح عملکرد و شاخص مدت‌زمان چشم آرام تفاوت معنادار وجود دارد. بنابراین برای مشخص شدن مکان این تفاوت‌ها، نتایج آزمون تعقیبی توکی در مراحل پس‌آزمون و پیگیری گزارش می‌شود (جدول شماره ۵).

مقایسه جفتی بین گروه‌ها نشان می‌دهد در نمرات عملکرد حرکتی تیراندازان در پس‌آزمون و آزمون پیگیری دوماهه گروه آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). به عبارتی تأثیر تمرینات بر عملکرد حرکتی در پس‌آزمون متفاوت است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل برتری دارند. همچنین مقایسه جفتی بین گروه‌ها نشان داد در نمرات مدت‌زمان چشم آرام تیراندازان در پس‌آزمون و آزمون پیگیری دوماهه بین گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). به عبارتی تأثیر تمرینات بر مدت‌زمان چشم آرام تیراندازان در پس‌آزمون متفاوت است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل برتری دارند.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی تمرینات تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد حرکتی و رفتار خیرگی (مدت‌زمان چشم آرام) تیراندازان ماهر با یک پیگیری دوماهه بود. نتایج تحقیق نشان داد گروه آزمایش افزایش معناداری را در متغیر عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام (میلی‌ثانیه) در مرحله پس‌آزمون نشان داد. این اثرات در مرحله پیگیری نیز سطح بالاتری نسبت به پیش‌آزمون داشت و ازنظر آماری معنی‌دار بود و تمرینات نوروفیدبک توانسته اثرات خود را در پیگیری دوماهه نیز حفظ کند. ولی گروه کنترل از پیش‌آزمون تا آزمون پیگیری دوماهه هیچ تغییر معناداری نداشته است. با دقت بر عوامل مؤثر بر مهارت تیراندازی، درمی‌یابیم یکی از اساسی‌ترین نیازهای تیرانداز، ثابت شدن روی هدف است. از این منظر بینایی نقش مهمی در تیراندازی دارد. حال‌آنکه فعالیت‌های مختلف می‌تواند

جدول ٤. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه

متغیر	آماره / آزمون	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	اندازه اثر
عملکرد حرکتی	پیش‌آزمون	۰/۰۶	۲	۰/۰۳	۰/۴۷	۰/۶۳۱	۰/۰۴۳
	پس‌آزمون	۰/۸۸	۲	۰/۴۴	۹/۱۷۶	۰/۰۰۱	۰/۴۶۶
	پیگیری	۰/۴۳۱	۲	۰/۲۱۵	۴/۲۷	۰/۰۲۸	۰/۲۸۹
مدت‌زمان چشم آرام	پیش‌آزمون	۱۱/۰۸۳	۲	۵/۵۴۲	۰/۰۸	۰/۹۲۳	۰/۰۰۸
	پس‌آزمون	۱۲۴۷/۲۵	۲	۶۲۳/۶۲۵	۱۹/۱۶۴	۰/۰۰۱	۰/۵۰۹
	پیگیری	۶۷۷/۲۵	۲	۳۳۸/۶۲۵	۹/۰۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۶۳

طب توانبخشی

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی توکی

متغیر	آزمون	گروه	تفاضل میانگین	خطای استاندارد	معناداری
عملکرد حرکتی	پس‌آزمون	مداخله و کنترل	۱۶/۰۳	۱/۹۶	۰/۰۰۱
	پیگیری دوماهه	مداخله و کنترل	۹/۳۹	۱/۹۶	۰/۰۰۱
مدت‌زمان چشم آرام	پس‌آزمون	مداخله و کنترل	-۳۱۸/۷۹	۲۵/۴۴	۰/۰۰۱
	پیگیری دوماهه	مداخله و کنترل	-۳۵۲/۸۷	۲۵/۴۴	۰/۰۰۱

طب‌توانبخشی

ازطریق اثرگذاری بر بینایی، عملکرد تیرانداز را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی دیگر نتایج این تحقیق حاکی از این بود که تمرین نوروفیدبك ازطریق سرکوب آلفا با باند فرکانسی ۸ تا ۱۲ هرتز می‌تواند عملکرد ورزشکاران تیرانداز ماهر را بهبود بخشد که این بهبود عملکرد در مقایسه با گروه کنترل معنی‌دار بوده است. این یافته بدین معنی است که تمرین نوروفیدبك می‌تواند برافزایش رکورد و بهبود عملکرد ورزشکاران تیراندازان تأثیر مثبتی داشته باشد که با نتایج تحقیق رستمی و همکاران (۲۰۱۲) [۱۹] که به بررسی تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر روی تیراندازان ماهر پرداختند، مطالعه اسکندر نژاد و همکاران (۱۳۹۰) [۱۴] بر روی تیر و کمانداران مبتدی، نوروزی و همکاران [۱۳، ۱۷] بر روی مهارت پرتاب دارت در مردان، محمدی و همکاران (۱۳۹۵) [۱۸] بر روی قابلیت تشخیص خطا و عملکرد تیراندازان ماهر، وانگ و همکاران (۲۰۲۳) [۲۰] بر روی تأثیر تعدیل ریتم میو ازطریق تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد بصری‌حرکتی و چن و همکاران (۲۰۲۲) [۲۱] بر روی تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر توجه پایدار و عملکرد پات گلف همخوانی دارد. این نتایج را می‌توان براساس نظریه ارتباط ذهن و بدن شرح داد. نوروفیدبک بر مبنای فرضیه ارتباط ذهن و بدن شکل گرفته که شامل آموزش مغز برای افزایش توانمندی‌ها و عمل به شیوه‌ای بهینه، به‌منظور تجربه حالت‌های رفتاری، شناختی و هیجانی سالم است. بنابراین نوروفیدبک ابزار قدرتمندی برای بررسی فرایندهای پویای ذهن در طول عملکرد ماهرانه حرکتی در ورزشکاران ماهر است [۲۲]. از طرفی توضیحات مختلفی در خصوص مکانیسم چگونگی عملکرد نوروفیدبک وجود دارد و اگر کسی معتقد باشد که افراد می‌توانند از حالات مختلف الکتروانسفالوگراف آگاه باشند و بتوانند هنگام تولید موج ریتم آلفا و سایر فرکانس‌ها الگوی امواج مناسب را تشخیص دهند، درنتیجه بحث کاملاً ساده خواهد بود [۱۳، ۱۷، ۱۸].

براساس نتایج پژوهش‌ها می‌توان ازطریق آموزش نوروفیدبک ریتم‌ها و فرکانس‌های نابهنجار مغزی را به ریتم‌ها و فرکانس‌های بهنجار (یا نسبتاً بهنجار) و به دنبال آن روان‌شناختی نابهنجار را به بهنجار تبدیل کرد. علاوه‌براین نتایج نشان داد مدت‌زمان چشم آرام در مراحل پس‌آزمون و پیگیری دوماهه در گروه تمرینات نوروفیدبک افزایش معناداری یافته است. به‌عبارت‌دیگر با تمرینات بازداری نوروفیدبک، مقدار مدت‌زمان چشم آرام در گروه تمرین نوروفیدبک، به‌صورت معناداری افزایش یافته است. این یافته همسو با گالچیو همکاران (۲۰۱۶) [۱۰]، نوروزی و همکاران (۲۰۱۸) [۱۷]، ویکرز و همکاران (۲۰۱۱) [۶]، کمالی و همکاران (۲۰۱۸) [۲۳] است. در این زمینه می‌توان گفت تمرینات نوروفیدبک می‌تواند در بسیاری از ورزش‌ها و برنامه‌های تمرینی استفاده شود و براساس راهبردهای مختلف می‌توان از آن برای بهبود مهارت استفاده کرد [۱۳]. به‌عنوان نمونه‌ای از راهبردهای تمرینات نوروفیدبک که در پژوهش حاضر نیز از آن استفاده شد، فرد از امواج مغزی استفاده می‌کند تا آنچه را که در صفحه مانیتور روی می‌دهد، تغییر دهد. مثلاً آن‌ها با استفاده از امواج مغزی، بازی‌هایی انجام می‌دهند یا صداهایی تولید می‌کنند. مغز این فعالیت‌ها را به‌عنوان هدیه دریافت می‌کند و با استفاده از این پاداش مثبت مدام امواج مطلوب و خوشایند را انتخاب می‌کند تا سرانجام تغییرات در کارکرد مغز ثابت و دائمی‌شود. مطالعات نشان داده است می‌توان ازطریق آموزش نوروفیدبک فرکانس‌های نابهنجار مغزی را به فرکانس‌های بهنجار تبدیل کرد. تمرینات نوروفیدبک می‌تواند در بسیاری از ورزش‌ها و برنامه‌های تمرینی استفاده شود. تغییرات در نقشه کورتکس حرکتی هم‌زمان با اجرای حرکتی، موضوعی است که تأیید شده است. از طرف دیگر تمرین نوروفیدبک منجر به غنی‌سازی عملکرد حرکتی می‌شود. تحقیقات رفتاری کمی درمورد اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر تقارن نیمکره انجام شده است. در تحقیق حاضر، پروتکل بر روی نیمکره راست متمرکز بود و منجر به عدم تقارن در امواج شد. این عدم تقارن مهارت و خبره بودن ورزشکاران را مشخص می کند؛ بنابراین آموزش نوروفیدبک تسلط فراگیر را تسریع می‌کند [۸، ۲۴]. به‌طور سنتی، این ادعا وجود دارد که افزایش توان باند فرکانسی آلفا منجر به کاهش فعالیت قشر می‌شود. یافته دیگر این پژوهش حفظ عملکرد حرکتی و رفتار خیرگی در پیگیری دوماهه بود. به‌عبارت‌دیگر این نوع تمرینات یادگیری پنهان را ارتقا داد و بهبود عملکرد و رفتار خیرگی پس از ۲ ماه را با ممانعت از بازپردازش شناختی ایجاد کرده است. براساس یافته‌های جنل و همکاران (۲۰۰۰) هنگامی‌که قدرت آلفا در جایگاه اف ۴ کاهش یابد به‌کارگیری منابع بینایی‌فضایی بیشتر شده و منجر به بهبود عملکرد حرکتی می‌شود [۲۴].

سرکوب قدرت آلفا موجب خودکاری در حرکت و کاهش هوشیاری در کنترل حرکت می‌شود. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت تمرین نوروفیدبک با کدبندی پنهان فرایند کنترل حرکتی را که از ویژگی‌های افراد ماهر و خبره است آسان می‌کند [۲، ۹، ۲۵]. هدف مداخلات تمرینی از قبیل نوروفیدبک فقط تسهیلگری در امر آموزش نیست. حفظ عملکرد در طولانی‌مدت و در شرایط متفاوت باید مورد نظر قرار گیرد که در این پژوهش نتایج نشان‌دهنده این امر بود. همچنین در تبیین اثر تمرینات نوروفیدبک بر مدت‌زمان چشم آرام در تیراندازان ماهر، نتایج پژوهش حاضر به‌عنوان شواهد نوروفیزیولوژیک از نقش چشم آرام در برنامه‌ریزی حرکتی و فرایندهای عصبی با پژوهش‌های دیگر همسو است. برای مثال من و همکاران (۲۰۰۸) توانایی گلف‌بازان خبره و مبتدی را در طول دور چشم آرام مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد افزایش فعالیت قشر در مناطق راست مغز در ورزشکاران خبره در مقایسه با ورزشکاران مبتدی، در ارتباط است که این موضوع نشان‌دهنده آماده‌سازی حرکتی است [۲۶]. علاوه‌براین راشورث و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهش خود به بررسی شواهد تصویربرداری از مغز و مطالعات تحریک قشر پرداختند و نشان دادند شیار بین‌جداری و قشر پیش‌حرکتی در حال برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های بعدی هستند و به‌طور خاص، منطقه حرکتی پیش‌مکمل در این فرایند درگیر شده است که با انتخاب عمل همراه است [۲۷]. شواهدی وجود دارد که فعال شدن بخش پیش‌حرکتی در انتخاب اقدامات مناسب و قشر جلدی فرونتال در سرکوب پاسخ نادرست اهمیت دارند. فعال‌سازی این مناطق در قالب فرضیه برنامه‌ریزی برای چشم آرام بیان شده است [۷].

قشر قدامی اطلاعات ورودی را از قشر پیشانی دریافت می‌کند و همچنین نقش مهمی را در انتخاب عمل با همکاری سیستم بینایی ایفا می‌کند. در یافته‌های پژوهش حاضر شاهد تغییر هم‌زمانی در کارکرد سیستم عصبی و چشم آرام بودیم. زمانی که امواج آلفا که با وضعیتی از آرام‌سازی ارتباط داشته و مغز را به یک وضعیت ریلکسی می رساند، کاهش می‌یابند، دور چشم آرام نیز افزایش می‌یابد. با تمرکز بر این نتایج در انجام تکالیف در بافت‌های مختلف، قشر مغز به‌خصوص در نواحی راست گیجگاهی، مناطق حسی‌حرکتی و پس‌سری به تنظیم احساسات در طول مهارت‌های هدف‌گیری، مثل تیراندازی کمک می‌کند. تصمیم‌گیری مربوط به احساسات به‌عنوان یکی از جنبه‌های مکانیسم چشم آرام شناخته شده است [۲۸]. در تفسیر نتایج پژوهش حاضر مبنی بر طولانی‌تر شدن مدت‌زمان چشم آرام و عملکرد حرکتی طی مراحل انجام مهارت تیراندازی به‌طور خاص می‌توان به این موضوع اشاره کرد که دوره طولانی‌تر چشم آرام کنترل احساسات را برای فرد امکان‌پذیر می‌کند و سطح مناسب انگیختگی را برای تکمیل تکلیف هدف‌گیری فراهم می کند. همچنین نمونه دیگری از پژوهش همسو با پژوهش حاضر که فرایندهای عصبی و مؤلفه‌های چشم آرام را مورد بررسی قرار داده‌اند، یافته‌های من و همکاران ازطریق پتانسیل های تسهیل‌شده است که نشان دادند فعال‌سازی چشم آرام طولانی در اثر خودکاری حرکت و آرام‌سازی بدن در گلف‌بازان حرفه‌ای است [۱۱]. همچنین بر طبق یافته کیل منشأ امواج آلفای مغزی ناحیه‌ای در قشر بینایی است. بر همین اساس در پژوهش حاضر با استفاده از تمرینات نوروفیدبک و سرکوب موج آلفا در جایگاه اف ۴ نواحی مغزی دخیل در افزایش توجه و خیرگی، به عنوان ترمزی برای ایجاد موج آلفا عمل کردند و کاهش ایجاد موج آلفا از این ناحیه، منجر به افزایش خیرگی و تمییز دادن سریع‌تر و بهتر اتفاقات میدان بینایی شده است. بنابراین با استفاده از تمرینات نوروفیدبک و بازخورد لحظه‌به‌لحظه تولید امواج آلفا کاهش یافته و میزان دقت بینایی و خیرگی در تیراندازان ماهر در لحظه عملکرد حرکتی افزایش می‌یابد [۲۹].

همچنین درباره هم‌گرایی فرایندهای عصبی و طولانی‌تر شدن مدت‌زمان چشم آرام می‌توان گفت فرایندهای عصبی، در ادغام سیگنال‌های مرتبط با حرکات چشم و اندام درگیر هستند. در طول این فرایند، بازنمایی‌های درونی از چشم‌ها، اندام‌ها و اهداف از پیش تعیین‌شده به همراه پیش‌بینی پیامدهای حسی از پاسخ حرکتی برنامه‌ریزی شده و همچنین ممکن است مخچه در این فرایند پیش‌بینی تعامل داشته باشد. به‌طور مشابه، تخصیص توجه بصری شامل تغییر فعالیت در مناطق درون لوب فرونتال و حسی‌حرکتی است. بدیهی است یک اتصال محکم بین جهت‌گیری توجه بصری و پردازش اجزای حرکتی اهمیت دارد؛ بنابراین مشارکت این فرایندها نشان‌دهنده پردازش شناختی بالاتر است که احتمالاً طی چشم آرام طولانی‌تر در اثر تمرینات نوروفیدبک رخ می‌دهد. همچنین کنترل آنلاین تکالیف بصری هدایت‌شده از قبیل هدف‌گیری، نیاز به کسب دید بصری دقیق از یک هدف، ادغام سیگنال‌های بصری و حس عمقی برای برنامه‌ریزی حرکتی و انتخاب پاسخ قبل از اجرای چنین پاسخ‌های حرکتی را دارد [۷]. باید به این نکته اشاره کرد که در تیراندازی به علت به وجود اعمال پیچیده، هماهنگی دیداری‌فضایی و زمان‌بندی در طی تمرین شلیک نیاز است، بنابراین تمرینات نوروفیدبک باعث کاهش فعالیت عصبی در مرحله آماده‌سازی حرکتی و درنتیجه منجر به سازماندهی عصبی و کاهش فعالیت‌های شناختی مرتبط با اجرای حرکت قبل از شروع تیراندازی می‌شود. این تغییرات باعث کاهش اختلال عصبی‌حرکتی و تقویت و کارآمدی پردازش‌های عصبی مربوط به رفتار حرکتی می‌شود. پس این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش سطح مهارت، ارتباطات پالایش‌شده در مغز افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان این‌گونه بیان کرد که نتایج تحقیق حاضر همسو با تحقیقات موجود بوده و نشان می‌دهد تمرین نوروفیدبک در افراد ماهر سودمند است، زیرا در این افراد فرایند پیوسته یادگیری و فعال‌سازی عقده‌های قاعده‌ای و سیستم لیمبیک در مراحل یادگیری باعث افزایش

سرعت و دقت به‌طور هم‌زمان می‌شود و حالتی شبیه به خودکاری در حرکت ایجاد می‌شود که با درگیر کردن نواحی قشری مرتبط با خیرگی و همچنین تحت تأثیر قرار دادن عملکرد می‌تواند ورزشکار و بالاخص تیرانداز را برای رسیدن به اوج اجرا آماده کند. به‌طورکلی پژوهش حاضر نشان داد تمرینات نوروفیدبک ازطریق سازمان‌دهی فرایندهای عصبی و آرام‌سازی باعث افزایش دوره چشم آرام و درنتیجه بهبود عملکرد حرکتی در تیراندازان ماهر شد.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر نشان داده شد استفاده از تمرینات نوروفیدبک در کنار تمرینات بدنی تیراندازی به‌عنوان یک روش سازنده و کاربردی در مراحل تمرینی باعث بهبود عملکرد حرکتی و مدت‌زمان چشم آرام در تیراندازان ماهر می‌شود. آنچه نتایج و یافته‌های این پژوهش را ارزشمند می‌کند، این است که شناخت مکانیسم‌های عصبی عملکرد حرکتی و چشم آرام در شکل‌گیری برنامه‌های آموزشی نوین کمک می‌کند تا این برنامه‌ها به‌عنوان روش‌هایی جهت بهینه‌سازی فرایندهای عملکردی استفاده شوند. همچنین در بعد ارزیابی عملکرد حرکتی، موضوعی که همواره در اغلب پژوهش‌ها تکرار می‌شود، ارزیابی نتایج عملکرد آزمودنی‌ها، بدون توجه به متغیرهای زیربنایی عملکرد حرکتی است. عواملی همچون تغییرات فرایندهای عصبی و رفتار خیرگی که به دنبال یادگیری حرکتی تغییر می‌کند و سازگاری و انعطاف‌پذیری از خود نشان می‌دهند.

درمورد نتایج کسب‌شده می‌توان گفت تمرینات نوروفیدبک باعث بهبود عملکرد و رفتار خیرگی در افراد تیرانداز ماهر می‌شود. استفاده از دوره تمرینات نوروفیدبک می‌تواند با هدف بهبود عملکرد تیراندازان ماهر مورد توجه ورزشکاران و مربیان این رشته قرار گیرد. می‌توان از این تمرینات به‌عنوان یک گزینه مکمل در کنار تمرینات تخصصی و روش‌های مختلف تن‌آسایی استفاده کرد و همچنین برای روشن شدن ابعاد مختلف این‌گونه مداخلات تمرینی می‌توان این پژوهش را بر روی ورزشکاران رشته‌های دیگر با ابزارهای کمی اندازه‌گیری فعالیت‌های مغزی مثل الکتروانسفالوگرافی هم‌زمان با ثبت حرکات چشم انجام داد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه در کمیته اخلاق **پژوهشگاه تربیت‌بدنی** (کد: IR.SSRI.REC.1397.201) تأیید شده است. در این مطالعه کلیه اصول اخلاقی در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگان درمورد روش‌های مطالعه آگاه شدند، از محرمانه بودن اطلاعات خود اطمینان حاصل کردند و در هر زمان آزاد بودند مطالعه را ترک کنند. در صورت تمایل، نتایج مطالعه در اختیار آن ها قرار گرفت.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پروژه جایگزین خدمت سربازی آقای حامد مرادی در **دانشگاه تهران** است و با حمایت **دانشگاه تهران** انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی بخش‌های این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] Vickers JN. The quiet eye: Origins, controversies, and future directions. Kinesiology Review. 2016; 5(2):119-28. [DOI:10.1123/kr.2016-0005]

[2] Vine SJ, Moore LJ, Wilson MR. Quiet eye training facilitates competitive putting performance in elite golfers. Frontiers in Psychology. 2011; 2:8. [DOI:10.3389/fpsyg.2011.00008] [PMID]

[3] Williams AM, Janelle CM, Davids K. Constraints on the search for visual information in sport. International Journal of Sport and Exercise Psychology. 2004; 2(3):301-18. [DOI:10.1080/1612197X.2004.9671747]

[4] Pashabadi A, Farsi A, Bahram A, Daneshfar A. The effect of quiet eye training on gaze behaviors and anticipation of soccer penalty kick in expert goalkeepers. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2019; 11(1):35-51. [DOI:10.22059/jmlm.2019.246558.1319]

[5] Vickers JN. Visual control when aiming at a far target. Journal of Experimental Psychology. 1996; 22(2):342-54. [DOI:10.1037/0096-1523.22.2.342] [PMID]

[6] Vickers JN. Mind over muscle: The role of gaze control, spatial cognition, and the quiet eye in motor expertise. Cognitive Processing. 2011; 12(3):219-22. [DOI:10.1007/s10339-011-0411-2] [PMID]

[7] Vickers JN. Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action. Champaign: Human Kinetics; 2007. [Link]

[8] Wilson MR, Causer J, Vickers JN. Aiming for excellence: The quiet eye as a characteristic of expertise. In: Routledge handbook of sport expertise. London: Routledge; 2015. [DOI:10.4324/9781315776675]

[9] Vine SJ, Wilson MR. Quiet eye training: Effects on learning and performance under pressure. Journal of Applied Sport Psychology. 2010; 22(4):361-76. [DOI:10.1080/10413200.2010.495106]

[10] Gallicchio G, Cooke A, Ring C. Lower left temporal-frontal connectivity characterizes expert and accurate performance: High-alpha T7-Fz connectivity as a marker of conscious processing during movement. Sport, Exercise, and Performance Psychology. 2016; 5(1):14. [DOI:10.1037/spy0000055]

[11] Mann DT, Coombes SA, Mousseau MB, Janelle CM. Quiet eye and the Bereitschaftspotential: Visuomotor mechanisms of expert motor performance. Cognitive Processing. 2011; 12:223-34. [DOI:10.1007/s10339-011-0398-8] [PMID]

[12] Ring C, Cooke A, Kavussanu M, McIntyre D, Masters R. Investigating the efficacy of neurofeedback training for expediting expertise and excellence in sport. Psychology of Sport and Exercise. 2015; 16:118-27. [DOI:10.1016/j.psychsport.2014.08.005]

[13] Norouzi E, Hosseini F, Vaez Mousavi MK. The effect of neurofeedback training on sport performance enhancement and conscious motor processing in skilled dart players. Journal of Sports and Motor Development and Learning. 2018; 10(1):139-57. [DOI:10.22059/jmlm.2018.238453.1279]

[14] Nazari M, Eskandarnejad M, Abdoli B, Vaez Mousavi M. [Effect of neurofeedback training on electroencephalographic characteristics and performance in archery (Persian)]. Journal of Modern Psychological Researches. 2011; 6(22):121-42. [Link]

[15] Rostami R, Sadeghi H, Allah Karami K, Nosrat Abadi M, Salamati P. The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. Journal of Neurotherapy. 2012; 16:264-9. [DOI:10.1080/10874208.2012.730388]

[16] Zhu FF, Poolton JM, Wilson MR, Maxwell JP, Masters RS. Neural co-activation as a yardstick of implicit motor learning and the propensity for conscious control of movement. Biological Psychology. 2011; 87(1):66-73. [DOI:10.1016/j.biopsycho.2011.02.004] [PMID]

[17] Norouzi E, Hosseini FS, Vaezmosavi M, Gerber M, Pühse U, Brand S. Effects of quiet mind training on alpha power suppression and fine motor skill acquisition. Journal of Motor Behavior. 2021; 53(1):1-10. [DOI:10.1080/00222895.2018.1528203] [PMID]

[18] Mohammadi M, Taheri HR, Sohrabi M. [The effect of a course of neurofeedback training on error detection ability and performance of skilled shooters (Persian)]. Journal of Sport Management and Motor Behavior. 2016; 12(23):27-38. [Link]

[19] Rostami R, Sadeghi H, Karami KA, Abadi MN, Salamati P. The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. Journal of Neurotherapy. 2012; 16(4):264-9. [DOI:10.1080/10874208.2012.730388]

[20] Wang KP, Cheng MY, Elbanna H, Schack T. A new EEG neurofeedback training approach in sports: The effects function-specific instruction of Mu rhythm and visuomotor skill performance. Frontiers in Psychology. 2023; 14:1273186. [DOI:10.1080/10874208.2012.730388]

[21] Chen TT, Wang KP, Chang WH, Kao CW, Hung TM. Effects of the function-specific instruction approach to neurofeedback training on frontal midline theta waves and golf putting performance. Psychology of Sport and Exercise. 2022; 61:102211. [DOI:10.1016/j.psychsport.2022.102211]

[22] Chuang LY, Huang CJ, Hung TM. The differences in frontal midline theta power between successful and unsuccessful basketball free throws of elite basketball players. International Journal of Psychophysiology. 2013; 90(3):321-8. [DOI:10.1016/j.ijpsycho.2013.10.002] [PMID]

[23] Kamali AM, Nami M, Yahyavi SS, Saadi ZK, Mohammadi A. Transcranial direct current stimulation to assist experienced pistol shooters in gaining even-better performance scores. Cerebellum. 2019; 18(1):119-27. [DOI:10.1007/s12311-018-0967-9] [PMID]

[24] Janelle CM, Hillman CH, Apparies RJ, Murray NP, Meili L, Fallon EA, et al. Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting. Journal of Sport and Exercise psychology. 2000; 22(2):167-82. [DOI:10.1123/jsep.22.2.167]

[25] Vine SJ, Moore LJ, Cooke A, Ring C, Wilson MR. Quiet eye training: A means to implicit motor learning. International Journal of Sport Psychology. 2013; 44(4):367-86. [DOI:10.7352/IJSP2013.00.000]

[26] Babiloni C, Del Percio C, Iacoboni M, Infarinato F, Lizio R, Marzano N, et al. Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. The Journal of Physiology. 2008; 586(1):131-9. [DOI:10.1113/jphysiol.2007.141630] [PMID]

[27] Rushworth MF, Johansen-Berg H, Göbel SM, Devlin JT. The left parietal and premotor cortices: Motor attention and selection. Neuroimage. 2003; 20(Suppl 1):S89-100. [DOI:10.1016/j.neuroimage.2003.09.011] [PMID]

[28] Rolls ET. Emotion and decision-making explained: A précis. Cortex. 2014; 59:185-93. [DOI:10.1016/j.cortex.2014.01.020] [PMID]

[29] Mathewson KE, Beck DM, Ro T, Maclin EL, Low KA, Fabiani M, et al. Dynamics of alpha control: Preparatory suppression of posterior alpha oscillations by frontal modulators revealed with combined EEG and event-related optical signal. Journal of Cognitive Neuroscience. 2014; 26(10):2400-15. [DOI:10.1162/jocn_a_00637] [PMID]