Sport. Psychol. Stud, 2025, 14(51): 55-89, Doi: 10.22089/spsyj.2021.11070.2214

Sport Psychology Studies

Journal hompage: https://spsyj.ssrc.ac.ir

Article Type: Systematic Review

Neurofeedback Intervention and Athletic Performance Optimization: Systematic Review, Metaanalysis and Proposing a Theoretical Model

Amin Amini[1]*, Mohammad VaezMousavi[2]

1. Assistant Professor, Faculty of Artificial Intelligence and Cognitive Sciences, Imam Hossein University, Teheran, Iran.
2. Professor, School of Social and Cultural Sciences, Imam Hossein University, Tehran, Iran

Received: 05/09/2021, Revised: 22/11/2021, Accepted: 30/11/2021

* Corresponding Author: Amin Amini, E-mail: a.amini2087@gmail.com

How to Cite: Amini, A., VaezMousavi, M. (2025). Neurofeedback Intervention and Athletic Performance Optimization; Systematically review, metaanalysis and proposing a theoretical model. *Sport Psychology Studies*, *14*(51), 55-89. In Persian

Extended Abstract

Background and Purpose

Neurofeedback training (NFT), which refers to the perception and learning of one's own brain signals, is the most widely used technique in biofeedback. Neurofeedback training (NFT) is a non-invasive, safe, and effective method of regulating the nerve state of the brain. Presently, NFT is widely used to prevent and rehabilitate brain diseases and improve an individual's external performance. Researchers use a "top-down" approach to improve external performance by regulating brain function and influencing behavior. For example, using NFT to improve individuals' cognitive ability can enhance focus and memory, as well as motor ability, helping them achieve better sports performance (Gruzelier, 2014). In sports science, improving sports performance has been an important research topic. In contrast to the traditional training of strengthening endurance and speed, NFT mainly focuses on the psychological state of athletes. Some studies have shown that NFT can teach athletes to control their mental state and thus improve their sports performance. Therefore, NFT has been widely studied. Landers et al. (1991) first utilized NFT to improve sports performance (SP–NFT) with 24 pre-professional archers as participants. Their results showed that the shooting performance of the participants who enhanced the right temporal activity of their brain increased, while that of those who enhanced the left temporal activity decreased (Landers et al., 1991). Similarly, Paul et al. (2011) conducted four weeks of SP–NFT with school-level archers and found that their pre-competition pleasure levels, pre-competition arousal levels, and post-competition arousal levels had increased, and their archery shooting performance also had improved (Paul

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

et al., 2011).

Although the training methods in these studies differ, most studies only use sports performance as the evaluation index. If the evaluation is not properly classified, researchers may obtain incorrect analysis results, and some non-standard SP–NFT results may even affect the evaluation of the effectiveness of the overall SP–NFT research. To solve the above-mentioned problems, it is necessary to establish a more detailed classification of SP–NFT. At the same time, we should minimize overly professional SP–NFT descriptions to facilitate coaches and athletes to understand and learn NFT. This may help promote the development of SP–NFT research and its application and make the results more practical and instructive.

The fact that the application of emerging and numerous neurofeedback protocols (number of sessions, the target area of the brain, selected brain parameter, execution mechanism) and "agreed standards" is appropriate and the initial training for athletes is so varied that may cause confusion. This emphasizes the need for meta-analysis of the effectiveness of interventions. Therefore, the present study seeks to answer the question of the effectiveness of neurofeedback intervention on optimizing athletes' performance by using meta-analysis method.

Material and Methods

In the systematic review stage, the statistical population of this research was, all articles related to the subject and index in Pubmed, Google Scholar, Scopus, Cochrane database, PsycInfo, Science Direct, Magiran, and Scientific Information Database (SID). Studies were included in the study if the subject of the study was neurofeedback intervention to improve athletes' performance. Criteria for exclusion of articles also included research that was conducted as a summary of the article or as a review or correlation and articles that did not have the full text. In this study, combined meta-analysis was used to collect, combine and summarize research findings related to the effect of neurofeedback on athletes' performance.

Data were extracted (mean of experimental and control groups, the standard deviation of groups and number of samples in each group) and analyzed by comprehensive meta-analysis software using the meta-analysis method. Finally, to answer the research questions, first, the size of the combined effect of the initial studies was calculated according to the tools and criteria of sports performance used, the type of sport based on team or individual, and the skill level of athletes. Finally, in order to simultaneously test the idea of the effectiveness of the assumptions, the structural equation modeling method was applied.

Results

The number of articles published by researchers on the effect of neurofeedback intervention on athletes' performance was 46. The Q index was used to evaluate the heterogeneity of the studies. The Q index was calculated for 28 studies with a degree of freedom of 27 equal to 323/689, which is significant at the level of $P < 0.001$. Therefore, the null hypothesis based on homogeneity of studies was rejected and it is concluded that the studies under study are heterogeneous. To

check the printing and publishing bias, a funnel diagram was drawn by comprehensive meta-analysis software. The following is an index of structural equations obtained from the results of neurofeedback intervention on athletes' performance.

Conclusion

The results of this study show that neurofeedback intervention has a significant effect on some variables related to functional outcomes as well as functional underlying processes such as cognitive, psychological, and physiological functions of athletes. The results of this meta-analysis showed that neurofeedback intervention could enable athletes to successfully change the strength of electroencephalographic frequency bands and effectively improve their athletic performance. This result meets the criteria for the effectiveness of neurofeedback intervention, which is a simultaneous change in electroencephalographic strength and athletic performance. Therefore, it is suggested that the effect size of exercise performance be calculated as a measurement in the neurofeedback intervention group, minus the same measurement in the active / placebo control group.

Keywords: Cognitive Readiness; Excellent Brain Functions; Functions of the Mind; Performance Optimization.

Funding

This article is derived from a postdoctoral project numbered 98016798 and has received financial support from the Iran National Science Foundation (INSF).

Authors' contributions

All authors contributed equally to the writing and revision of the article.

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات روان‌شناسی ورزشی، بهار ۱۴۰۴، دوره ۱۴، شماره ۵۱، صص ۸۹-۵۵. Doi: 10.22089/spsyj.2021.11070.2214

مطالعات روان‌شناسی ورزشی

Journal hompage: https://spsyj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: مطالعه مروری نظام دار

اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران: مرور نظام‌دار، فرا تحلیل و پیشنهاد یک الگوی نظری

امین امینی*[۱]، سید محمدکاظم واعظ موسوی [۲]

۱. استادیار، دانشکده و پژوهشکده هوش مصنوعی و علوم شناختی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

۲. استاد دانشکده و پژوهشکده علوم اجتماعی و فرهنگی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۴ ، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹

* Corresponding Author: Amin Amini, E-mail: a.amini2087@gmail.com

How to Cite: Amini, A., VaezMousavi, M. (2025). Neurofeedback Intervention and Athletic Performance Optimization; Systematically review, metaanalysis and proposing a theoretical model. *Sport Psychology Studies*, *14*(51), 55-89. In Persian

چکیده

هدف: گزارش‌های بسیاری نشان می‌دهند مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران تأثیرگذار است. بااین‌حال، مداخله نوروفیدبک ابعاد گسترده‌ای دارد و با توجه به نوع پروتکل، چگونگی مداخله و جامعه هدف اثرات متفاوتی می‌گذارد. روش فراتحلیل با یکپارچه کردن نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف، اندازه اثر روش مداخله را مشخص می‌کند. بنابراین مطالعه حاضر با هدف دستیابی به اندازه اثر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران و بررسی سایر عوامل مؤثر در اثربخشی آن و پیشنهاد یک الگوی نظری انجام شد.

مواد و روش ها: پژوهش حاضر مطالعه مروری از نوع فراتحلیل می‌باشد. در مرحله اول پژوهش، تمامی پژوهش‌های فارسی و انگلیسی انجام‌شده در زمینه اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران به طور نظام‌مند مرور شدند و از میان آن‌ها، پژوهش‌های دارای ملاک‌های فرا تحلیل، توسط نرم‌افزار جامع فرا تحلیل بررسی شدند. از میان ۷۵۸ مطالعه به دست آمده، تعداد ۲۸ مطالعه فرا تحلیل شدند. در مرحله دوم، یک الگوی مداخله‌ای ویژه ورزشکاران بر اساس مؤلفه‌های مختلف تأثیرگذار بر عملکرد، تدوین شد.

یافته ها: یافته‌های پژوهش نشان داد میزان اندازه اثر مداخله نوروفیدبک طبق جدول کوهن زیاد است؛ لذا مداخله نوروفیدبک عملکرد ورزشکاران را بهتر می‌کند. در مرحله دوم، عوامل اثرگذار بر بهبود عملکرد ورزشکاران به دنبال مداخله نوروفیدبک، در قالب یک الگوی مداخله‌ای ویژه ورزشکاران تدوین شد.

نتیجه گیری: به‌طورکلی از یافته‌های این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران زیاد است و می‌تواند نظر محققین مبنی بر اهمیت مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران را تأیید نمود.

کلید واژه ها: آمادگی شناختی؛ کارکردهای عالی مغز؛ کارکردهای ذهن؛ بهینه‌سازی عملکرد.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

یکی از اهداف بلندمدت محققان علوم ورزشی در جهت بهینه‌سازی و ارتقاء عملکرد ورزشکاران، تمرکز بر توانمندسازی و افزایش کارایی شناختی ورزشکاران است. تغییرات محیط، تجهیزات، فنون و روش-های تمرینی ورزشکاران و همچنین رقابتی شدن بخش علم و فناوری در حوزه‌های ورزشی و افزایش کارآمدی نهادهای پژوهشی و آموزشی ازجمله آزمایشگاه‌های نوروساینس ورزشی، دلیلی بر این مدعاست. لذا آنچه برای باشگاه‌ها اهمیت ویژه‌ای خواهد داشت و در رقابت‌های ورزشی موفقیت را به همراه می‌آورد، افزایش کارآمدی ورزشکاران است. براین اساس لازم است تا با بهره‌گیری از دانش‌های میان‌رشته‌ای به‌ویژه علوم و فناوری‌های شناختی گام‌های تازه‌ای در راستای بهینه‌سازی و ارتقاء عملکرد ورزشکاران برداشته شود. در همین راستا، کیل[1] (۱۹۶۸) نظریه کنترل حرکتی[2] را برای توضیح عملکرد ورزشی ارائه داد. این نظریه به این موضوع اشاره دارد که دستیابی به بهترین سطح عملکرد، به توانایی برنامه‌ریزی دقیق حرکات در انتهای مرحله آمادگی[3] برای اجرا وابسته است.

فرضیه کارایی روانی–حرکتی[4] در حوره فیزیولوژی عصبی[5] نیز دیدگاه ویژه‌ای برای درک بیشتر فرایند پردازش قشر مغز[6] در جهت بهبود عملکرد ورزشی فراهم می‌کند (هافلر، اسپالدینگ، سانتاماریا و هاتفیلد[7] ۲۰۰۰). فرضیه کارایی روانی–حرکتی بیان می‌کند که سرکوب فرایندهای نامرتبط با تکلیف و تقویت فرایندهای مربوط به تکلیف با پردازش ادراکی–حرکتی[8] بهتری در زمینه عملکرد ورزشی مرتبط است (هاتفیلد، هافلر، هانگ و اسپالدینگ[9] ۲۰۰۴). در همین رابطه اخیراً پژوهش‌هایی در رابطه با بررسی اثربخشی مداخله نوروفیدبک[10] بر عملکرد ورزشکاران اجرا شده و از الکترونسفالوگرافی[11] برای بررسی فعالیت قشر مغز طی فرایند آماده‌سازی برای اجرا و در حین اجرای حرکت استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، چنگ و همکاران[12] (۲۰۱۷) دریافتند که بهترین عملکرد تیراندازی قبل از اجرای شلیک، در بالاترین طول موج ریتم حسی حرکتی[13] بود، در حالی که قبل از شروع ضعیف‌ترین عملکرد، شاهد کاهش قدرت ریتم حسی حرکتی بودند. همچنین، کاهش فعالیت قشر مغز یا به‌طور دقیق‌تر کاهش میزان فعال شدن مناطق نیمکره چپ مغز هنگام برنامه‌ریزی و اجرای حرکات در ورزشکاران خبره، در مقایسه با ورزشکاران تازه‌کار در بسیاری از مطالعات مشاهده شده است (هانگ، هافلر، لوو، مایرکرس و هاتفیلد[14] ۲۰۰۸). علاوه بر این، پژوهش‌های نشان دادند که پس از یک دوره طولانی آموزش مهارت ورزشی به ورزشکاران تازه‌کار، که به‌تدریج باعث افزایش مهارت‌های حرکتی آن‌ها می‌شود، سطح فعال‌سازی نیمکره چپ مغز آن‌ها کاهش می‌یابد (برآد[15] و همکاران، ۱۹۸۴). این نتایج نه تنها با بیان اینکه رابطه نزدیکی بین قشر مغز و اوج عملکرد ورزشی وجود دارد و از فرضیه کارایی روانی–حرکتی پشتیبانی می‌کند، بلکه محققان را به استفاده از آموزش نوروفیدبک در جهت بهبود عملکرد ورزشکاران ترغیب می‌کند.

مداخله نوروفیدبک یک روش بازخورد بیولوژیکی[16] است که برای آموزش ورزشکاران در تنظیم الگوی فعال‌سازی قشر مغزی استفاده می‌شود (نریمانی، رجبی و دلاور، ۲۰۱۳). در الگوی معمولی مداخله نوروفیدبک، سیگنال‌های الکترونسفالوگرافی مورد نظر از قشر مغز ورزشکاران به طور مداوم اندازه‌گیری شده و در زمان مشخص به شکل بازخورد بینایی یا شنیداری به آنان ارائه می‌شود. با گذشت زمان، ورزشکاران می‌توانند یاد بگیرند که حالت خاص ذهن / مغز آن‌ها با سیگنال‌های الکترونسفالوگرافی چگونه ارتباط پیدا می کند و به این ترتیب امکان کنترل اختیاری قشر مغز برای تنظیم شناخت، احساسات و رفتار فراهم می‌شود.

به عبارت دیگر نوروفیدبک بر یک رابط مغز و کامپیوتر[17] مبتنی است و توسط یک سیستم نرم‌افزاری و یک خط لوله پردازش، در مجموع از پنج عنصر تشکیل شده است (سوآنگ‌بریک، برندس، هولتمن و کورتس[18] ۲۰۱۴). نوروفیدبک فعالیت مغز ورزشکاران را که از قبل پردازش شده است، اندازه‌گیری می‌کند. پارامترهای از پیش انتخاب شده مغز (باند فرکانس خاص یا پتانسیل مغزی) به‌صورت آنلاین محاسبه می‌شوند و به سیگنال‌هایی ترجمه می‌شوند که در زمان واقعی

1. Keele
2. Theory of Motor Control
3. Preparation
4. Psychomotor Efficiency Hypothesis
5. Neurophysiological
6. Cortical Processing
7. Haufler, Spalding, Santa Maria, & Hatfield
8. Perceptual-Motor
9. Hatfield, Haufler, Hung, & Spalding

10. Neurofeedback Intervention
11. Electroencephalography (EEG)
12. Cheng et al.
13. Sensorimotor Rhythm (SMR)
14. Hung, Haufler, Lo, Mayer-Kress, & Hatfield
15. Brad
16. Biological Feedback
17. Brain-Computer Interface (BCI)
18. Sonuga-Barke, Brandeis, Holtmann, & Cortese

به کاربر برگردانده می‌شوند؛ بنابراین، ویژگی‌های منتخب فعالیت مغز برای ورزشکاران قابل درک است. از طریق این بازخورد، ورزشکاران می‌توانند یاد بگیرد که فعالیت مغز خود را تنظیم کنند تا مستقیماً مکانیسم عصبی زیربنایی شناخت و رفتار را تغییر دهند (ضیاء بخش، شریفی، فتح آبادی و نجاتی، ۲۰۲۰). بیان شده است که نوروفیدبک مبتنی بر اصول یادگیری مهارت‌های رویه‌ای[1]است. با توجه به این مکانیسم‌های یادگیری، انتظار می‌رود که در طول آموزش نوروفیدبک، نوروپلاستیسیته[2] یا انعطاف‌پذیری هوموستاتیک[3]انجام شود. اعتقاد بر این است که چنین مکانیسم‌هایی مانع از فعالیت‌های شدید مغز مانند تغییر پاتولوژیک می‌شوند (ضیاء بخش و همکاران، ۲۰۲۰).

هرچند مداخله نوروفیدبک در اصل در برخی از مطالعات بالینی برای درمان اختلالات روانشناختی[4] مانند اضطراب[5] افسردگی[6] اختلال استرس پس از سانحه[7]و اختلال بیش فعالی با کمبود توجه[8]طراحی شده است (میکولاندفرانچی[9]و همکاران، ۲۰۱۴)، با این حال، اخیراً، شواهدی مشاهده شده است که نشان می‌دهد مداخله نوروفیدبک ممکن است عملکرد و رفتارهای شناختی را در هر دو جمعیت بالینی و سالم بهبود بخشد (روگالا[10]و همکاران، ۲۰۱۶)، این موضوع محققان را به سمت انجام پژوهش‌هایی در خصوص اجرای مداخله نوروفیدبک در جامعه سالم به‌ویژه ورزشکاران سوق داده است. علاوه بر این، مداخله نوروفیدبک می‌تواند تغییرات الکتروانسفالوگرافی ورزشکاران را هنگام اجرای یک سری تکالیف حرکتی، که فرض می‌شود روش‌های مستقیم خود تنظیمی را ارائه می‌دهند، ثبت کند. بنابراین، محققان به‌دنبال آن هستند تا از مداخله نوروفیدبک به عنوان ابزاری موثر برای بهبود عملکرد ورزشی استفاده کنند (میریفر، بکمن و ارلنسپیل؛[11] ۲۰۱۷).

اولین مطالعه در این خصوص توسط لندرز و همکاران[12](۱۹۹۱) اجرا شد که از پتانسیل‌های قشری مداخله نوروفیدبک برای بررسی عملکرد ورزشی کمانداران خبره در سه گروه استفاده کردند. دو گروه از شرکت کنندگان مداخله نوروفیدبک دریافت کردند، در حالی که گروه سوم به عنوان گروه کنترل فعالیتی نداشت. گروه مداخله یک نوروفیدبک تشویق می‌شد که سطح فعالیت قشر خود را در ناحیه T3 به سمت منفی بیشتر (بازخورد صحیح)[13]افزایش دهد. گروه مداخله دو نوروفیدبک تشویق می شد تا سطح فعالیت قشر خود را در ناحیه T4 به سمت منفی بیشتر (بازخورد نادرست)[14]تغییر دهند. مداخله نوروفیدبک این محققان بر اساس درک عمیق از فرضیه کارایی روانی–حرکتی طرّاحی شده بود. پتانسیل قشر آهسته[15]نشان دهنده تغییر منفی الکتروانسفالوگرافی پایه در چند ثانیه قبل از اجرای یک رویداد ارادی است و فرض بر این است که آماده‌سازی یا بسیج منابع مغزی را برای یک پاسخ پیش‌بینی شده نشان می‌دهد (بیربومر، البرت، کاناوان و روکستروچ؛[16] ۱۹۹۰). همانطور که انتظار می‌رفت، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که بهترین عملکرد تنها در گروه بازخورد صحیح مشاهده شد، در حالی که گروه بازخورد نادرست عملکرد نسبتاً ضعیف‌تری نشان دادند (سالازر[17]و همکاران، ۱۹۹۰). لازم به ذکر است که لندرز و همکاران (۱۹۹۱) شرکت‌کنندگان را برای افزایش پتانسیل‌های قشری، نه تغییر دادن مؤلفه فرکانس خاصی از الکتروانسفالوگرافی (به عنوان مثال، باند فرکانس آلفا) آموزش دادند.

علاوه بر پژوهش قبل که شواهدی برای بررسی اثربخشی مداخله نوروفیدبک در تیراندازی با کمان ارائه دادند. مطالعات معاصر نیز باندهای فرکانسی خاصی را دست‌کاری می‌کنند، تا اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشی را مشاهده نمایند. با این وجود، مطالعاتی که با استفاده از طرح پژوهشی کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده[18]اجرا شده یاشند، هنوز محدود هستند و نتایج متناقضی از تأثیرات آموزشی نوروفیدبک ارائه داده‌اند. به عنوان مثال، چنگ و همکاران (۲۰۱۵ الف و ب) دریافت که تقویت ریتم حسی حرکتی به طور قابل توجهی عملکرد ورزشکاران گلف را بهبود می‌بخشد، در حالی

1. Procedural Skills

۲. در علوم اعصاب، انعطاف‌پذیری سیناپس‌ها یا پلاستیسیته سیناپسی (Synaptic Plasticity) توانایی سیناپس‌ها برای تقویت یا تضعیف در طی زمان، در پاسخ به افزایش یا کاهش فعالیتشان است

۳. در علوم اعصاب، انعطاف‌پذیری هوموستاتیک (Homeostatic Plasticity) اشاره دارد به ظرفیت نورون برای تنظیم تحریک پذیری خود نسبت به فعالیت شبکه، یک تنظیم جبرانی که در مقیاس زمانی اتفاق می‌افتد.

4. Psychological Disorders
5. Anxiety
6. Depression
7. Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD)
8. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)
9. Micoulaud-Franchi
10. Rogala
11. Mirifar, Beckmann, & Ehrlenspiel
12. Landers, et al.
13. Correct Feedback
14. Incorrect Feedback
15. Slow Cortical Potentials (SCPS)
16. Birbaumer, Elbert, Canavan, & Rockstroh
17. Salazar
18. Randomized Controlled Trial

که رینگ، کوک[1]و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که تقویت فرکانس آلفا عملکرد ورزشکاران گلف را بهبود نمی‌بخشد. بدیهی است که لازم بود تا یک بررسی سیستماتیک و فراتحلیل در خصوص این نتایج ناسازگار انجام شود.

نکته مهم در اینجا این است که در هنگام بررسی اثربخشی مداخله نوروفیدبک، دو موضوع باید مورد توجه قرار گیرد. موضوع اولی که باید در نظر گرفته شود این است که با توجه به اینکه ماهیت ارزیابی اثربخشی مداخله نوروفیدبک افزایش عملکرد ورزشی از طریق بررسی تغییرات الکتروانسفالوگرافی است (اورندورف–پلانکت، سینگ، آرگون و پیندا[2] ۲۰۱۷)، بنابراین اثر مداخله نوروفیدبک باید در هر دو سطح تغییرات در فعالیت پایه قشر و نتایج آشکار رفتاری مانند، حرکت، ادراک و تجربه اندازه‌گیری شود. به عبارت دیگر، معیار روش اثربخشی مداخله نوروفیدبک این است که هر دو متغیر تغییرات الکتروانسفالوگرافی و عملکرد ورزشی به طور خاص در زمینه ورزش مورد ارزیابی قرار گیرند (اورندورف–پلانکت و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال، در طول پژوهش‌های فعلی در مورد اثربخشی مداخله نوروفیدبک، بسیاری از مطالعات فقط بهبود عملکرد ورزشی را بدون شناسایی تغییرات الکتروانسفالوگرافی از پیش‌آزمون به پس‌آزمون، که فاقد معیارهای ضروری بررسی عملکرد است، گزارش کرده‌اند. اگر مداخله نوروفیدبک نتواند تغییرات مورد انتظار را در سطح الکتروانسفالوگرافی ایجاد کند، طرح مطالعه ایده‌آل لازم را ندارد و بنابراین، بهبود عملکرد را نمی‌توان به سادگی متأثر از مداخله نوروفیدبک دانست. برای رفع این مشکل و ارزیابی بهتر کارآیی مداخله نوروفیدبک، لازم است تا هر دو تغییر در قدرت الکتروانسفالوگرافی و عملکرد ورزشی تحلیل شوند. موضوع دیگری که باید در نظر گرفته شود، مسائل مربوط به طراحی و استفاده از گروه کنترل است. برخی از مطالعات مداخله نوروفیدبک از یک گروه کنترل غیرفعال استفاده کردند که هیچ گونه مداخله آموزشی دریافت نکردند (میکیسین[3]و همکاران، ۲۰۱۵). این طرح مطالعه نمی‌تواند طراحی ایده‌آلی باشد، زیرا نمی‌توان بهبود عملکرد ورزشی را کاملاً به خود تمرین نسبت داد. به عبارت دیگر، این یافته‌ها ممکن است تحت تأثیر اثر دارونما باشد. در راستای این مسائل، در این فرا تحلیل، ما بر اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران متمرکز شده‌ایم. این حقیقت که کاربرد پروتکل‌های نوپدید و متعدد نوروفیدبک (تعداد جلسات، ناحیه هدفمند مغز، پارامتر انتخاب شده مغز، مکانیسم اجرا) و «استانداردهای توافق شده» مناسب و آموزش‌های اولیه برای ورزشکاران دارای گوناگونی زیادی است که موجبات سردرگمی آنان را فراهم می آورد، بر لزوم انجام فراتحلیل اثربخشی مداخله‌ها تاکید می‌کند. بنابراین پژوهش حاضر با کاربرد روش فرا تحلیل در پی پاسخگویی به این سؤال است که اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران به چه میزان است.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از فراتحلیل مرکب جهت جمع‌آوری، ترکیب و خلاصه کردن یافته‌های پژوهشی مرتبط با تأثیر نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران استفاده شده است. در فراتحلیل، اصل اساسی محاسبه‌ی اندازه اثر برای پژوهش‌های مجزا و برگرداندن آن‌ها به یک ماتریس مشترک و آن‌گاه ترکیب آن‌ها برای دستیابی به میانگین تأثیر می‌باشد.

منابع داده

جامعه آماری: جامعه آماری این پژوهش در مرحله مرور نظام‌مند، تمامی مقالات مربوط به موضوع و نمایه شده در پایگاه‌های داده پاب‌مد[4] گوگل اسکالر[5] اسکاپوس[6] پایگاه اطلاعاتی کوکران[7] سای اینفو[8] ساینس دایرکت[9] مگ ایران[10](بانک اطلاعات نشریات کشور) و مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[11]بود. همچنین محدوده زمانی در نظر گرفته‌شده برای جستجوی مقالات از تاریخ ۲۰۱۰/۰۹/۰۱ تا ۲۰۲۰/۰۹/۰۱ می‌باشد. کلیدواژه‌های استفاده شده شامل عبارت نوروفیدبک، همراه با ورزش، عملکرد ورزشی و ورزشکار بود. غربال منابع مقالات انتخاب شده و بررسی‌های مربوطه توسط دو نویسنده به صورت مستقل انجام شد.

1. Cooke
2. Orndorff-Plunkett, Singh, Aragón, & Pineda
3. Mikicin
4. PubMed
5. Google Scholar
6. Scopus
7. Cochrane database
8. PsycInfo
9. Science Direct
10. Magiran
11. Scientific Information Database (SID)

معیار انتخاب و حذف مقالات

مطالعات در صورتی وارد پژوهش شدند که موضوع پژوهش مداخله نوروفیدبک در زمینه بهبود عملکرد ورزشکاران بود؛ همچنین دارای شرایط لازم ازنظر روش‌شناسی (فرضیه‌سازی، روش پژوهش، جامعه، حجم نمونه و روش نمونه‌گیری، ابزار اندازه‌گیری، مفروضه‌های آماری، روش تحلیل آماری و صحیح بودن محاسبات آماری) بوده و نتایج پژوهش از طریق سایت‌های معتبر مورد بررسی در این پژوهش قابل دسترسی باشند.

ملاک‌های خروج مقالات نیز شامل پژوهش‌هایی بود که به‌صورت خلاصه مقاله و یا به صورت مروری یا همبستگی انجام‌شده بودند، و مقالاتی که متن کامل آن‌ها وجود نداشت، و همچنین مقالاتی که بر اساس سیاهه ارزیابی نقادانه [زبان (فارسی/انگلیسی)؛ تمام متن؛ هدف‌گیری متغیرهای شناختی؛ تناسب نوع مطالعه با اهداف؛ ورود صحیح موردها و کنترل؛ کنترل متغیرهای مخدوش گر نتایج (متغیر کنترل)؛ حجم نمونه کافی؛ روش نمونه‌گیری؛ پایایی و روایی ابزار؛ تناسب روش تحلیل بامطالعه؛ تعمیم‌پذیری] امتیاز صفر به دست آوردند (داشتن حداقل معیارها برای فرا تحلیل یک و نداشتن حداقل معیارها برای فرا تحلیل صفر تلقی می‌شد).

شیوه استخراج داده‌ها

با استفاده از چک‌لیست گزینش پژوهش، داده‌های هر مطالعه به طور مستقل استخراج شد. مشخصات ثبت شده از مطالعات شامل نام نویسنده اول، سال انتشار، حجم نمونه، سن شرکت‌کننده، پروتکل مداخله، مکان قراردادن الکترودها، مدت مداخله، نوع بازخورد، نوع کنترل، عملکرد ورزشی و سطح مهارت ورزشکاران بود. جهت فرا تحلیل از خلاصه نتایج، میانگین، انحراف معیار[1] و تعداد شرکت کنندگان هر گروه قبل و بعد از مداخله استفاده شد.

شیوه تحلیل داده‌ها

داده‌ها، پس از استخراج (میانگین گروه‌های آزمایش و کنترل، انحراف معیار گروه‌ها و تعداد نمونه در هر گروه)، به وسیله نرم افزار جامع فراتحلیل[2] و با استفاده از روش فراتحلیل، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین ترتیب که آزمون‌های آماری استفاده شده در فرضیات پس از تبدیل به اندازه اثر از طریق فرمول‌های ارائه شده توسط ولف[3] (۱۹۸۶)، با ترکیب اندازه‌های اثر به روش اشمیت و هانتر[4](۲۰۱۵) مورد تحلیل قرار گرفتند. همچنین برای تفسیر اندازه اثر از جدول کوهن[5]استفاده شد (کوهن، ۱۹۸۸).

پس از محاسبه اندازه اثر معمولاً محقق دچارتردید می‌شود که آیا این مقدار اندازه اثر برای قبول یا رد فرضیه صفر مناسب است یا نه؟ به‌زعم اندیشمندان، بهترین معیار برای تفسیر و قضاوت در مورد مقدار اندازه اثر، چه از طریق شاخص r و چه از طریق شاخص d محاسبه شده باشد، باید از مرور پیشینه تحقیق به دست آید؛ یعنی باید مقادیر اندازه اثر تحقیقاتی را که طی چندین سال انجام شده است محاسبه کرد و میانگین آن‌هارا به‌عنوان معیار مناسب برای مقایسه سایر اندازه‌های اثر که در آینده در آن حوزه تحقیقاتی انجام می‌شود انتخاب نمود. البته کوهن معیارهایی را برای استفاده سریع پیشنهاد می‌کند که در جدول ۱ آمده است (قاضی طباطبایی، ودادهیر، ۲۰۰۹).

جدول ۱- حدود بالا و پایین اندازه اثر

	حد بالای اندازه اثر	حد پایین اندازه اثر
کوچک	۰/۳	۰/۱
متوسط	۰/۵	۰/۳
بزرگ	۰/۸	۰/۵

بنابر ماهیت مطالعات اولیه وارد شده به این فراتحلیل (مطالعات مربوط به تفاوت‌های گروهی) برای محاسبه اندازه اثر از شاخصD[6] استفاده شد (لاکنس[7] ۲۰۱۳). مراحل کار به این صورت بود که ابتدا از روش محاسبه اندازه اثر تفکیکی برای هر مطالعه، اندازه اثر خلاصه با مدل اثرات تصادفی[8] برای مجموع مطالعات و آزمون‌های تشخیص ناهمگنی استفاده شد. آزمون Q کوکران برای تشخیص معناداری ناهمگنی و شاخص مجذور I برای تعیین میزان ناهمگنی موجود مورد استفاده قرار گرفت. شاخص مجذور I برای تعیین ناهمگنی در فراتحلیل مناسب است زیرا مقدار ناهمگنی را بدون تأثیر پذیری از

1. Standard Deviation (SD)
2. Meta- Analysis Basics and Applications (CMA2)
3. Wolf
4. Schmidt and Hunter
5. Cohen
6. Effect size indices D
7. Lakens
8. Random Effects Model

حجم نمونه نشان می‌دهد (جین، شارما و جین[1] ۲۰۱۹). علاوه بر بررسی ناهمگنی در فراتحلیل، لازم است سوگیری انتشار نیز بررسی شود. بنابراین، ابتدا سوگیری انتشار با استفاده از نمودار قیفی[2]بررسی شد و سپس برای رفع ناهمگنی و سوگیری انتشار احتمالی، اندازه‌های اثر پرت یا افراطی از طریق تحلیل حساسیت[3]شناسایی و حذف شدند. در نهایت برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های پژوهش، ابتدا اندازه اثر ترکیبی مطالعات اولیه به تفکیک ابزارها و معیارهای عملکرد ورزشی، نوع ورزش براساس تیمی یا انفرادی بودن و سطح مهارت ورزشکاران محاسبه شد. در نهایت جهت آزمودن هم‌زمان انگاره اثربخشی مفروض‌ها، روش الگویابی معادلات ساختاری اعمال گردید.

یافته‌ها

نتایج جستجو

بر اساس مرور نظام‌مند که از پیش‌نیازهای فرا تحلیل است، مطالعات بر اساس یک الگوی ارزیابی دقیق (سیاهه ارزیابی مقالات) مورد بررسی قرار گرفت و مقالات مناسب شناسایی و وارد مرور فراتحلیل شد. در شکل ۱، ابتدا روند جستجو و جمع‌آوری منابع پرداخته‌شده است که عبارت است از ۷۵۸ مقاله شناسایی‌شده در منابع جستجو، حذف موارد تکراری برابر ۱۷۸، نتایج غربال‌گری اولیه برابر ۱۷۶، حذف مقالات با بررسی عنوان و چکیده و فقدان تمام متن برابر ۷۸، انتخاب موارد جهت بررسی متن اصلی برابر ۱۹۸، حذف مقالات بر اساس بررسی متن اصلی برابر ۱۵۰، مقالات نهایی جهت بررسی مروری برابر ۴۶، حذف مقالات بر اساس بررسی نتایج پژوهش برابر ۱۸ و سپس فرا تحلیل مقالات نهایی جهت فرا تحلیل برابر ۲۸ بود. در ادامه، مقالات مرتبط با مداخله نوروفیدبک و اندازه اثر مطالعات بیان شده است.

ویژگی‌های مطالعات

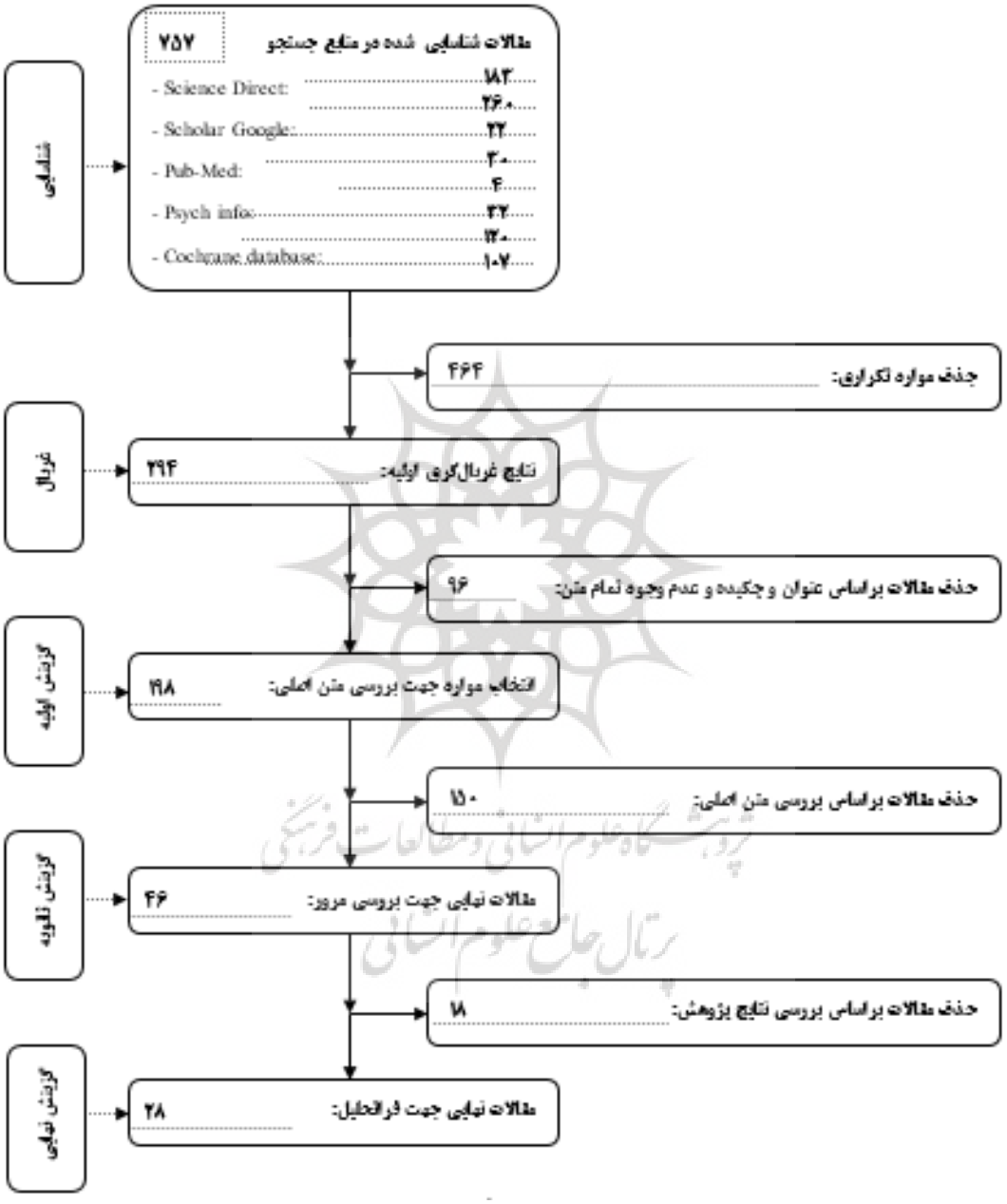
مشخصات اصلی ۴۶ مطالعه بررسی شده در جدول ۲ خلاصه شده است. این مطالعات بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ منتشر شده‌اند. حجم نمونه پژوهش‌ها از ۷ تا ۶۰ نفر و در مجموع ۱۱۸۶ نفر با میانگین ۲۵/۷۸ نفر بود. میانگین سنی شرکت‌کنندگان نیز ۲۲/۶۲ سال بود. نسبت جنسیت شرکت‌کنندگان ۱۵/۲۲٪ زن و ۳۹/۱۳٪ مرد و ۴۵٪/۶۵ مرد و زن بودند و رشته ورزشی شرکت‌کنندگان شامل گلف، تنیس روی میز، تیر و کمان، تیراندازی، دارت، بسکتبال، دوومیدانی، ژیمناستیک، شنا، فوتبال، و ورزش‌های رزمی بود. شرکت کنندگان، ورزشکاران در تمام سطح مهارت‌ها، از مبتدی (۳۴/۷۸٪)؛ نیمه خبره (۳۴٪/۷۸) تا خبره (۳۰/۴۴٪) بودند. تعداد جلسات مداخله‌ای از ۱ تا ۲۰ جلسه با میانگین ۱۴/۴۱ جلسه و مدت زمان جلسات۲۰ تا ۷۵ دقیقه با میانگین ۲۸/۴۳ دقیقه در هر جلسه بود. نوع بازخورد نوروفیدبک ارائه شده شامل ۸/۶۹٪ بازخورد دیداری؛ ۱۵/۲۱٪ بازخورد شنیداری؛ ۷۶/۱۰٪ بازخورد دیداری –شنیداری بود. مکان الکترودها نیز شامل نقاط / C3 / C4 / Cz / Oz / P3 / P4 / Pz / T3 / T4 O1 / F3 / F4 / Fz / FCz بود. پروتکل نوروفیدبک ارائه شده تقویت ریتم حسی حرکتی و بتا و سرکوب تتا و بتا ۲، تقویت ریتم حسی حرکتی سرکوب تتا و بتا – تقویت بتا و سرکوب بتا، تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب آلفا، تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب بتا، تقویت تتا و سرکوب آلفا در ناحیه Pz، تقویت آلفا و تتا، تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و های‌بتا، تقویت بتا و سرکوب آلفا، تقویت بتا و سرکوب تتا، تقویت تتا و سرکوب آلفا، تقویت دلتا، تتا و آلفا و سرکوب بتا، بتا ۱ بتا ۲ و گاما، تقویت تتا، سرکوب آلفا و تتا و تقویت ریتم حسی حرکتی، سرکوب تتا، سرکوب موج آلفا، سرکوب آلفا و تقویت تتا بود. شاخص‌های ارزیابی عملکرد ورزشکاران شامل انعطاف‌پذیری شناختی، حداکثر اکسیژن مصرفی[4] استرس، اضطراب، افسردگی، برنامه‌ریزی، پردازش بصری، تعادل، تغییرات ضربان قلب، تغییرات الکترونسفالوگرافی (ریتم حسی حرکتی (۱۲–۱۵ هرتز)، آلفا (۱۲–۸ هرتز)، تتا (۴–۸ هرتز) و پتانسیل قشر آهسته (۰/۵–۲ هرتز))، توجه، حافظه، خلاقیت، دقت عملکرد، سرعت پردازش، زمان واکنش، کنترل حرکت، کیفیت خواب، و کنترل ترس بود. هرچند ۸۹/۱۳٪ از مطالعات از گروه کنترل در پژوهش خود استفاده نمودند، با این وجود تنها ۳ مطالعه از یک گروه کنترل فعال / دارونما مانند بازخورد نادرست استفاده کرده بودند.

نتایج مرور نظام‌مند

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، مقالات منتشرشده توسط محققین در زمینه تأثیر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران، ۴۶ مقاله بود.

1. Jain, Sharma, & Jain
2. Funnel Chart
3. Sensitivity Analysis
4. VO2 max

در جدول ذیل خلاصه نتایج حاصل از مرور نظام‌مند مقالات منتشرشده ارائه‌شده است.



شکل ۱- روند جستجو و جمع‌آوری منابع جهت فرا تحلیل

جدول ۲- مشخصات مقالات منتشرشده توسط محققین در زمینه مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

پژوهشگر	سال	مکان الکترود	نوع بازخورد	نوع پروتکل	تعداد جلسات	مدت مداخله	کنترل شرایط	تعداد نمونه	سن نمونه	جنس نمونه	ارزیابی عملکرد	سطح ورزشکار	نوع ورزش
میکیچین و همکاران	۲۰۲۰	C3 / C4	دیداری	تقویت بتا	۲۰	۲۰	بدون گروه کنترل	۷	۲۱/۵	زن	عملکرد ذهنی و پارامترهای فیزیولوژیکی	نیمه خبره	شنا
گونگ همکاران	۲۰۲۰	C3 / Cz / C4 / T3 / T4	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب آلفا	۶	۴۵	با گروه کنترل	۴۵	۱۹/۵	مرد	رکورد شلیک و تغییرات الکتروانسفالوگرافی استراحت	خبره	تیراندازی
سیدهو و همکاران	۲۰۲۰	Cz	دیداری و شنیداری	تقویت آلفا و سرکوب آلفا	۲	۳۰	با گروه کنترل	۲۵	۲۳/۵	مرد و زن	کارکرد ادراکی – حرکتی	مبتدی	همگانی
ماسکزیک و همکاران	۲۰۲۰	C3	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و سرکوب تتا	۱۵	۱۰	با گروه کنترل	۱۲	۲۳/۵	مرد	پردازش بصری و زمان واکنش	خبره	جودو
جیونت و همکاران	۲۰۲۰	C3 / C4 / Cz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی	۱۰	۲۵	بدون گروه کنترل	۸	۲۱/۴	مرد و زن	عملکرد دروازه بان فوتبال	خبره	فوتبال
وانگو همکاران	۲۰۱۹	Cz	دیداری– لمسی	تقویت بتا و سرکوب آلفا	۱۰	۳۰	با گروه کنترل	۱۹	۲۴/۲	مرد و زن	عملکرد طبقه بندی	مبتدی	فوتبال
کریول و همکاران	۲۰۱۹	C3 / C5	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و سرکوب تتا	۲۱	۲۰	با گروه کنترل	۵۰	۲۳/۶	مرد و زن	بهزیستی روانشناختی و توجه	مبتدی	رانندگی
چریستی و همکاران	۲۰۱۹	C3 / C5	دیداری و شنیداری	تقویت بتا ۱ و ریتم حسی حرکتی و سرکوب بتا ۲ و تتا	۲۰	۳۰	با گروه کنترل	۱۲	۲۱	مرد	ضربه هاکی	خبره	هاکی روی‌یخ
ماسکزیک و همکاران	۲۰۱۸	O1 / O2	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و سرکوب تتا	۱۰	۲۵	با گروه کنترل	۱۸	۲۱	مرد	تعادل پویا	نیمه خبره	جودو
پالوچ و همکاران	۲۰۱۷	F3 / F4 / P3 / P4	دیداری	تقویت تتا و سرکوب آلفا	۸	۳۰	با گروه کنترل	۳۲	۲۱/۹	مرد	خلاقیت	نیمه خبره	همگانی
میکیسین و همکاران	۲۰۱۷	C3 / C4	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و بتا ۱ و سرکوب تتا و بتا ۲	۲۰	۲۰	با گروه کنترل	۳۵	۲۱/۵	مرد	توجه و زمان واکنش	مبتدی	فوتبال
یاماشیتا و همکاران	۲۰۱۷	Fz	شنیداری	تقویت تتا و سرکوب آلفا	۴	۴۰	با گروه کنترل	۳۰	۲۲/۷	مرد و زن	عملکرد شناختی و تغییرپذیری عملکردی	نیمه خبره	همگانی

پژوهشگر	سال	مکان الکترود	نوع بازخورد	تعداد جلسات	نوع پروتکل	مدت مداخله	کنترل شرایط	تعداد نمونه	سن نمونه	جنس نمونه	ارزیابی عملکرد	سطح ورزشکار	نوع ورزش
ریجکن و همکاران	۲۰۱۶	C3 / C4 / Oz / P3 / P4	دیداری و شنیداری	۹۴	تقویت آلفا	۳۰	بدون گروه کنترل	۱۰	۲۲	مرد	عملکرد و کیفیت خواب	خبره	فوتبال
چنگ و همکاران	۲۰۱۵	Cz	شنیداری	۸	تقویت ریتم حسی حرکتی	۴۵	بدون گروه کنترل	۱۴	۲۲/۳	مرد و زن	ضربه گلف	خبره	گلف
میکیسین و همکاران	۲۰۱۵	C3 / C4	دیداری و شنیداری	۲۰	تقویت بتا ۱ و ریتم حسی حرکتی و سرکوب بتا ۲ و تتا	۳۰	با گروه کنترل	۵۰	۲۳/۸	مرد و زن	توجه و سرعت پردازش شناختی	خبره	شنا و کاراته
دکر و همکاران	۲۰۱۴	C3 / C4	دیداری و شنیداری	۱۰	تقویت آلفا	۴۰	با گروه کنترل	۱۲	۲۲	مرد و زن	کیفیت خواب و آرماسازی روانی	نیمه خبره	ژیمناستیک
رینگ و همکاران	۲۰۱۴	Fz	دیداری و شنیداری	۳	سرکوب آلفا	۱	با گروه کنترل	۱۲	۲۳	مرد	ضربه گلف	خبره	گلف
گراسزیک و همکاران	۲۰۱۴	F3 / F4 / P3 / P4	دیداری و شنیداری	۴	تقویت بتا و سرکوب تتا	۶۰	با گروه کنترل	۱	۲۵	مرد و زن	اعتماد به نفس	خبره	همگانی
شی-چان کو و همکاران	۲۰۱۴	FCz / Cz / Pz	شنیداری	۱۱	سرکوب تتا	۲۵	بدون گروه کنترل	۳	۲۲	مرد	ضربه گلف و اضطراب رقابتی	خبره	گلف
گرازلیر و همکاران	۲۰۱۳	Pz	شنیداری	۱۰	تقویت تتا و سرکوب آلفا	۲۰	با گروه کنترل	۱۲	۲۱	زن	اضطراب و خلاقیت	مبتدی	هنرهای نمایش
شرلین و همکاران	۲۰۱۳	C3 / Cz / C4 / T3 / T4	دیداری و شنیداری	۱۵	تقویت دلتا، تتا و ، آلفا و سرکوب بتا، بتا ۱ بتا ۲ و گاما	۲۰	با گروه کنترل	۱۲	۲۸	مرد و زن	تغییرات الکتروانسفالوگرافی کمی و آزمون عملکرد پیوسته	خبره	بیس بال
گرازلیر و همکاران	۲۰۱۳	Pz	دیداری و شنیداری	۲۰	سرکوب آلفا و تتا و تقویت ریتم حسی حرکتی	۱۵	با گروه کنترل	۱۲	۲۵/۲	مرد و زن	خلاقیت	مبتدی	هنرهای نمایش
رستمی و همکاران	۲۰۱۲	C3 / C4	دیداری و شنیداری	۱۵	تقویت ریتم حسی‌حرکتی و سرکوب بتا	۴۰	با گروه کنترل	۲۴	۳۰	مرد	رکورد تیراندازی	خبره	تیراندازی
فریدنیا و همکاران	۲۰۱۲	C3 / C4	دیداری	۱۲	تقویت ریتم حسی حرکتی سرکوب تتا و بتا – تقویت بتا و سرکوب بتا	۴۵	با گروه کنترل	۲۰	۱۳/۵	زن	اضطراب رقابتی	نیمه خبره	شنا

پژوهشگر	سال	مکان الکترود	نوع بازخورد	نوع پروتکل	تعداد جلسات	مدت مداخله	کنترل شرایط	تعداد نمونه	سن نمونه	جنس نمونه	ارزیابی عملکرد	سطح ورزشکار	نوع ورزش
غرایاق زندی و همکاران	۲۰۲۰	Pz	دیداری و شنیداری	سرکوب موج آلفا و تقویت موج تتا	۱۲	۳۰	با گروه کنترل	۴۵	۱۸	مرد	عملکرد پیوستهٔ دیداری	نیمه خبره	فوتبال
نوروزی و همکاران	۲۰۱۸	F4	دیداری و شنیداری	سرکوب‌آلفا	۵	۲۰	با گروه کنترل	۲۰	۲۴/۸	مرد	فرایند حرکتی هشیار و امتیاز پرتاب دارت	نیمه خبره	دارت
موحدی	۲۰۱۸	Cz / O1 / F3 / F4 / Fz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و بتا و سرکوب تتا	۲۰	۳۰	با گروه کنترل	۳۰	۲۴/۶	مرد	خالقیت	مبتدی	فوتبال
فلاح و همکاران	۲۰۱۸	Pz / Cz	شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و بتای‌بالا – تقویت آلفا و تتا	۱۰	۲۰	با گروه کنترل	۲۴	۲۴	مرد و زن	توجه انتخابی و توزیع شده و پرتاب آزاد بسکتبال	نیمه خبره	بسکتبال
محمدی‌فر و همکاران	۲۰۱۸	Cz	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۱۶	۴۵	با گروه کنترل	۶۰	۲۰	مرد	کارکرد اجرایی برنامه‌ریزی	مبتدی	فوتبال
نامدارطلجری و همکاران	۲۰۱۷	O1 / O2 Cz / Fz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و بتا ۱	۱۲	۱۵	با گروه کنترل	۴۸	۲۵	مرد و زن	تعادل / زمان واکنش	نیمه خبره	دوومیدانی
افتاه‌حال و همکاران	۲۰۱۷	F4 / F3 / O1 / Cz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و بتا و سرکوب تتا	۲۰	۴۵	با گروه کنترل	۳۰	۲۰	مرد	زمان واکنش	نیمه خبره	فوتبال
کرمانی‌مامازندی	۲۰۱۷	CZ	دیداری و شنیداری	تقویت و بتا ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۱۶	۳۰	با گروه کنترل	۴۰	۲۰/۵	مرد	توجه و انعطاف پذیری شناختی	مبتدی	فوتبال
فغفوری‌آذر و همکاران	۲۰۱۷	T3 / Pz	شنیداری	تقویت آلفا – تقویت تتا و سرکوب آلفا	۱۲	۳۰	با گروه کنترل	۳۰	۳۰	زن	رکورد تیراندازی	خبره	تیر و کمان
تقی زاده و همکاران	۲۰۱۷	Cz	دیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و های‌بتا	۱۲	۳۰	با گروه کنترل	۱۶	۱۳/۲	مرد	دقت فورهند و بکهند	مبتدی	تنیس روی میز
پارسایی و همکاران	۲۰۱۷	Cz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۱۵	۳۰	با گروه کنترل	۱۶	۳۸	مرد	زمان واکنش دیداری و شنیداری	مبتدی	تنیس روی میز
طاهری و همکاران	۲۰۱۷	Cz / C4	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۳	۴۵	با گروه کنترل	۳۱	۱۸/۲	مرد و زن	کیفیت خواب و مهارتهای روانشناختی	نیمه خبره	فوتبال

پژوهشگر	سال	مکان الکترود	نوع بازخورد	نوع پروتکل	تعداد جلسات	مدت مداخله	کنترل شرایط	تعداد نمونه	سن نمونه	جنس نمونه	ارزیابی عملکرد	سطح ورزشکار	نوع ورزش
افتاده‌حال و همکاران	۲۰۱۶	Cz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و بتا و سرکوب تتا	۲۰	۲۰	با گروه کنترل	۳۰	۲۰	مرد	توجه مستمر	مبتدی	فوتبال
زادخوش و همکاران	۲۰۱۶	Pz	شنیداری	سرکوب آلفا و تقویت موج تتا	۱۲	۳۰	با گروه کنترل	۳۰	۱۸/۵	مرد	اضطراب و عملکرد شوت فوتبال	نیمه خبره	فوتبال
فلاح و همکاران	۲۰۱۶	Cz / Pz	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و بتای بلند	۱۰	۳۰	با گروه کنترل	۳۶	۲۴	مرد و زن	توجه و پرتاب آزاد بسکتبال	نیمه خبره	بسکتبال
امینی و همکاران	۲۰۱۵	C3 / Pz	شنیداری	تقویت تتا و سرکوب آلفا در – تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۱۵	۴۵	با گروه کنترل	۲۴	۲۱/۳	زن	پرتاب دارت	مبتدی	دارت
زارعی و همکاران	۲۰۱۵	PZ / C3	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا در ناحیه C3 و تقویت تتا و سرکوب آلفا در ناحیه Pz	۱۵	۲۰	با گروه کنترل	۴۵	۲۲/۳	مرد	پرتاب توپ بسکتبال	نیمه خبره	بسکتبال
محمدزاده و همکاران	۲۰۱۴	O1 / O2	دیداری و شنیداری	تقویت بتا و ریتم حسی حرکتی / سـرکوب تتـا	۱۰	۳۰	با گروه کنترل	۲۴	۲۲	مرد و زن	ثبت امواج مغزی و تعادل پویا	مبتدی	همگانی
هاشمیان و همکاران	۲۰۱۳	Cz / Fz	دیداری	تقویت بتا ۱	۱۰	۱۵	با گروه کنترل	۳۶	۲۱/۳	زن	توجه	خبره	دو و میدانی
امینی و همکاران	۲۰۱۳	C3 / PZ	دیداری و شنیداری	تقویت تتا و سرکوب آلفا – تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا	۱۵	۲۰	با گروه کنترل	۲۴	۲۵/۳	مرد و زن	امتیاز پرتاب دارت	مبتدی	دارت
نبوی‌آل‌آقا و همکاران	۲۰۱۳	Cz	دیداری و شنیداری	تقویت ریتم حسی حرکتی و سرکوب تتا و بتا۲	۲۰	۲۰	با گروه کنترل	۳۶	۲۲/۵	مرد و زن	عملکرد اجرایی و زمان واکنش	مبتدی	تنیس روی میز
فرخی و همکاران	۲۰۱۳	O1 / O2	دیداری و شنیداری	تقویت آلفا	۱۵	۱۲	با گروه کنترل	۳۶	۲۱/۵	زن	اضطراب	نیمه خبره	دو و میدانی

نتایج فرا تحلیل

جدول ۳- اندازه اثر مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	-۱	-۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
میکیچین و همکاران	۲۰۲۰	۴/۱۳	۱/۰۷	۷	۴/۲۷	۰/۷۴	۷	۰//۷۹۹	[۱/۲۰۱ و -۰/۸۹۷ ۰/۲۸۴]					
ماسکزیک و همکاران	۲۰۲۰	۰/۱۸۶	۰/۰۰۹	۱۲	۰/۱۹۴	۰/۰۱۲	۱۲	۱/۲۸۳	[۱/۵۸۲ و -۰/۰۷۴ ۱/۷۸۵]					
		۰/۱	۰/۰۰۸	۱۲	۰/۱۹۱	۰/۰۱۲	۱۲	۰/۱۲۵	[۱۱/۵۷۱ و ۶/۲۷۵ ۶/۶۰۴]					
ماسکزیک و همکاران	۲۰۱۸	۹۵/۱۱	۱۲/۲۴	۹	۸۲/۳۴	۱۵/۸۵	۹	۰/۹۶۳	[۱/۸۷۲ و -۰/۰۶۸ ۱/۸۲۳]					
		۳/۸۳	۰/۶۲	۹	۴/۸۸	۰/۸۵	۹	۰/۸۱۸	[۲/۴۸۲ و ۰/۴۰۷ ۲/۷۲۹]					
		۶/۰۱	۱/۶۹	۹	۷/۸	۲/۸۱	۹	۰/۵۹۵	[۱/۷۳۰ و -۰/۱۸۶ ۱/۵۸۰]					
		۴/۳۲	۱/۰۸	۹	۴/۴۴	۱/۲۲	۹	۱/۰۲۹	[۱/۰۲۹ و -۰/۸۲۰ ۰/۲۲۱]					

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲-	۱-	۰	۱	۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
میکیچین و همکاران	۲۰۱۷	۱۰/۷۵	۱/۰۲	۹	۹/۲۱	۱/۷۱	۹	۰/۸۹۷	[۲/۰۸۴ و ۰/۱۰۳ ۲/۱۶۴]					
		۱/۲۲	۰/۴۴	۹	۱/۳۷	۰/۳۸	۹	۱/۰۱۴	[۱/۲۹۶ و -۰/۵۶۷ ۰/۷۶۸]					
		۲/۲۳	۰/۶۹	۱۷	۲/۹۳	۱/۷۷	۱۸	۱/۹۳۸	[۱/۷۸۹ و -۰/۱۵۸ ۱/۴۹۹]					
		۱/۹۸	۱/۰۱	۱۷	۱/۴۵	۰/۵۹	۱۸	۱/۹۰۴	[۱/۳۲۶ و -۰/۰۳۴ ۱/۸۶۱]					
		۲/۵۳	۱/۷۶	۱۷	۱/۷۷	۱/۶۲	۱۸	۱/۹۵۳	[۱/۱۲۱ و -۰/۲۲۱ ۰/۳۱۴]					
		۰/۵۵	۰/۳۳	۱۷	۰/۳۶	۰/۲	۱۸	۱/۸۸۷	[۱/۳۸۴ و -۰/۰۱۸ ۰/۰۱۳]					
		۰/۹۲	۰/۴۷	۱۷	۰/۶۷	۰/۳۵	۱۸	۱/۹۱۵	[۱/۲۸۴ و -۰/۰۷۲ ۰/۷۵۲]					
		۰/۶۱	۰/۳۱	۱۷	۰/۵۴	۰/۲۱	۱۸	۱/۹۸۵	[۰/۹۳۲ و -۰/۴۰۰ ۰/۷۸۳]					
		۰/۳۵	۰/۲۷	۱۷	۰/۳۵	۰/۲۶	۱۸	۲/۰۰۳	[۰/۶۶۳ و					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	۱-	۲-
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
									-۰/۶۶۳ [۰/۰۰۰]					
ریجکن و همکاران	۲۰۱۶	۶/۵	۰/۴۲	۱۰	۶/۶	۱/۷	۱۰	۱/۱۴۴	۰/۷۹۶] و [-۰/۹۵۸ -۰/۱۸۱]					
		۱/۸۲	۰/۳۳	۱۰	۱/۹۲	۰/۲۲	۱۰	۱/۱۲۷	۱/۲۴۰] و [-۰/۵۲۷ ۰/۷۹۱]					
		۹/۸۱	۷/۷۱	۱۰	۲/۵۳	۲/۹۱	۱۰	۰/۹۵۸	۲/۲۰۸] و [۰/۲۹۱ ۰/۵۵۵]					
چنگ و همکاران	۲۰۱۵	۳/۴	۲/۱۷	۱۴	۳/۶	۲/۴۲	۱۴	۱/۶۰۲	۰/۸۲۸] و [-۰/۶۵۴ ۰/۲۳۰]					
میکیسین و همکاران	۲۰۱۵	۱۸/۶۴	۱/۸۲	۲۵	۱۳/۶	۳/۲	۲۵	۱/۹۵۰	۲/۶۰۸] و [۱/۲۶۴ ۰/۶۴۹]					
		۱۸/۱۶	۱/۹۷	۲۵	۱۴/۱۶	۳/۵۵	۲۵	۲/۳۰۴	۲/۰۱۱] و [۰/۷۷۵ ۰/۴۱۹]					
		۱۸/۴۴	۱/۵۲	۲۵	۱۴/۳۲	۴/۱۲	۲۵	۲/۳۴۷	۱/۹۳۹] و [۰/۷۱۴ ۰/۲۴۷]					
		۱۸/۴۴	۱/۵۲	۲۵	۱۵/۳۲	۴/۳۸	۲۵	۲/۵۷۲	۱/۵۳۷] و [۰/۳۶۷					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	-۱	-۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
									۰/۱۸۹					
		۱۴/۸۴	۴/۵۱	۲۵	۱۰/۰۴	۴/۴۱	۲۵	۲/۵۰۱	۱/۶۶۹ [۰/۴۸۳ و ۰/۵۵۶]					
		۱۷/۲	۳/۰۶	۲۵	۱۳/۷۲	۳/۵۲	۲۵	۲/۵۱۴	۱/۶۴۷ [۰/۴۶۳ و ۰/۴۹۵]					
		۱۸/۶۴	۱/۵۵	۲۵	۱۴/۸۴	۳/۱۸	۲۵	۲/۲۲۲	۲/۱۴۸ [۰/۸۹۰ و ۰/۷۳۲]					
دکر و همکاران	۲۰۱۴	۵	۰/۲۹	۱۲	۰/۷۳	۰/۰۵۶	۱۲	۱/۳۴۷	۱/۲۱۲ [-۰/۴۰۵ و ۰/۹۷۹]					
شی-چان کو و همکاران	۲۰۱۴	۷	۰/۳	۱۵	۹	۰/۵	۱۵	۰/۴۳۶	۶/۲۷۲ [۳/۴۳۰ و ۶/۶۹۱]					
		۱۲	۰/۶	۱۵	۱۴	۰/۰۳	۱۵	۰/۴۵۶	۶/۰۹۸ [۳/۳۱۸ و ۶/۶۴۰]					
رستمی و همکاران	۲۰۱۲	۹/۷۳	۰/۱۳	۱۲	۹/۴۸	۰/۲۶	۱۲	۱/۱۶۰	۲/۰۸۷ [۰/۳۴۵ و ۲/۷۳۷]					
فریدنیا و همکاران	۲۰۱۲	۱۶/۷	۱/۷۵	۱۰	۱۸/۸	۲/۷۴	۱۰	۱/۰۳۷	۱/۸۳۵ [-۰/۰۰۸ و ۱/۹۴۴]					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	-۲	-۱	۰	۱	۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
نوروزی و همکاران	۲۰۱۸	۹/۱	۳/۵	۱۰	۸/۲	۲/۶	۱۰	۱/۱۳۳	[۱/۱۷۳ و -۰/۵۸۹] ۰/۶۴۹					
		۱/۹	۲/۴	۱۰	۴/۳	۱/۴	۱۰	۰/۹۶۵	[۲/۱۷۶ و ۰/۲۶۷] ۲/۵۰۸					
موحدی و همکاران	۲۰۱۸	۱۳۹/۲	۶/۲۱	۱۵	۱۳۲/۶	۴/۱۳	۱۵	۱/۴۳۷	[۲/۰۳۴ و ۰/۴۶۹] ۳/۱۳۴					
فلاح و همکاران	۲۰۱۸	۶/۸۹	۲/۱	۱۲	۴/۷	۷/۵	۱۲	۱/۳۴۸	[۱/۲۰۶ و -۰/۴۱۰] ۰/۹۶۵					
کرمانی‌مامازندی و همکاران	۲۰۱۸	۳۳/۴	۲/۳	۲۰	۳۰/۶۵	۳/۱۳	۲۰	۲/۰۳۶	[۱/۶۵۹ و ۰/۳۴۴] ۲/۹۸۵					
نامدارطجری و همکاران	۲۰۱۷	۲۳۸/۷۵	۳۲/۱۳	۱۲	۲۶۰/۵	۲۰/۵۳	۱۲	۱/۲۷۱	[۰/۰۲۵ و -۱/۶۳۹] -۱/۹۰۰					
		۳۳۴/۳۳	۲۵/۷۸	۱۲	۳۵۵/۹	۱۵/۸۵	۱۲	۱/۲۲۰	[-۰/۱۵۹ و -۱/۸۵۷] -۲/۳۲۶					
		۰/۵۴	۰/۰۴	۱۲	۰/۶۷	۷/۰۷	۱۲	۰/۸۳۳	[-۱/۲۵۳ و -۳/۳۰۸] -۴/۳۴۸					
افتاده‌حال و	۲۰۱۷	۳۷۲/۷۳	۵۹/۵۹	۱۵	۴۱۲	۴۶/۲۴	۱۵	۱/۶۰۹	[۱/۴۷۶ و					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	-۱	-۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
همکاران									[-۰/۰۰۳ ۱/۹۵۱]					
		۲۸۴/۴	۲۵/۹۶	۱۵	۲۸۴/۹۳	۳۲/۵۹	۱۵	۱/۴۴۱	[۲/۰۲۱ و ۰/۴۵۸ ۳/۱۱۰]					
		۲۶۴/۶۷	۷۷/۱۵	۱۵	۳۴۹/۰۷	۸۱/۲۷	۱۵	۱/۵۰۵	[۱/۸۳۰ و ۰/۳۰۰ ۲/۷۳۰]					
		۱۹۹/۰۷	۸۹/۷۴	۱۵	۲۶۹/۶۷	۱۰۴/۲۵	۱۵	۱/۶۱۲	[۱/۴۶۵ و -۰/۰۱۳ ۱/۹۲۵]					
		۱۶۰/۶	۵۱۴۶	۱۵	۱۹۴/۳۳	۴۸/۱۱	۱۵	۱/۷۱۸	[۰/۷۲۵ و -۰/۷۰۶ ۰/۰۲۵]					
کرمانی‌مامازندی	۲۰۱۷	۰/۷	۲/۸۱	۲۰	۳	۶/۷۹	۲۰	۲/۲۳۶	[۱/۰۷۰ و -۰/۱۸۵ ۱/۳۸۳]					
		۲۳/۳۵	۱۸/۰۳	۲۰	۱۵/۳۵	۲۳/۳۸	۲۰	۲/۲۴۹	[۱/۰۰۹ و -۰/۲۴۲ ۱/۲۰۱]					
		۱/۵۵	۲/۲۳	۲۰	۳/۵۵	۳/۰۷	۲۰	۲/۱۴۲	[۱/۳۸۶ و ۰/۱۰۴ ۲/۲۷۹]					
فغفوری آذر و همکاران	۲۰۱۷	۳۲۲/۱	۹/۵۲	۱۰	۳۱۰/۹	۴/۵	۱۰	۰/۸۹۳	[۲/۴۹۷ و ۰/۵۱۱]					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	-۱	-۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
									۲/۹۷۰					
پارسایی و همکاران	۲۰۱۷	۳۲۲/۹۲	۶۰/۱۷	۸	۳۸۸/۱۱	۶۰/۹۶	۸	۰/۸۰۰	[۲/۱۲۵ و ۰/۰۲۸] ۲/۰۱۲					
		۴۸۸/۱۲	۴۰/۳۵	۸	۶۲۲/۲	۷۳/۵۹	۸	۰/۵۵۹	[۳/۵۱۴ و ۱/۰۰۵] ۳/۵۳۱					
		۴۰۳/۱۵	۳۳/۳۹	۸	۶۲۶/۲	۷۳/۵۹	۸	۰/۳۱۵	[۵/۵۷۴ و ۲/۲۳۳] ۴/۵۸۱					
		۶۱۵/۱۲	۴۶/۰۴	۸	۸۱۳/۲۲	۷۳/۷۷	۸	۰/۳۹۹	[۴/۷۰۷ و ۱/۷۳۶] ۴/۲۵۱					
طاهری و همکاران	۲۰۱۷	۲۴/۲	۳/۳	۱۶	۱۶/۲	۲/۸	۱۵	۰/۹۵۹	[۳/۵۶۵ و ۱/۶۴۹] ۵/۳۳۵					
		۱۷/۸	۳/۱	۱۶	۱۷/۲	۳/۴	۱۵	۱/۷۶۶	[۰/۸۹۱ و -۰/۵۲۱] ۰/۵۱۳					
افتاده‌حال و همکاران	۲۰۱۶	۲/۵۳	۰/۸۳	۱۵	۳/۸	۱/۲	۱۵	۱/۴۴۴	[۲/۰۱۱ و ۰/۴۵۰] ۳/۰۹۱					
		۲	۰/۸۴	۱۵	۲/۹۳	۰/۷۹	۱۵	۱/۴۷۸	[۱/۹۱۲ و ۰/۳۶۹] ۲/۸۹۷					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			وزن مطالعه	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	۲	۱	۰	۱-	۲-
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
		۳/۰۶	۰/۹۶	۱۵	۴/۴	۱/۲۴	۱۵	۱/۴۵۳	[۱/۹۸۷ و ۰/۴۳۰] ۳/۰۴۳					
زاد خوش و همکاران	۲۰۱۶	۴۷/۶۶	۱۴/۲	۱۵	۴۴/۸۳	۱۴/۰۴	۱۵	۱/۷۰۹	[۰/۹۱۸ و ۰/۵۱۷-] ۰/۵۴۸					
		۷۶/۶۶	۴۰/۵۵	۱۵	۶۹/۱۶	۲۶/۸۶	۱۵	۱/۷۰۸	[۰/۹۳۶ و ۰/۵۰۰-] ۰/۵۹۵					
امینی و همکاران	۲۰۱۵	۱۳۵/۷۵	۵۲/۳	۱۲	۱۳۰	۲۷/۳۹	۱۲	۱/۳۷۱	[۰/۹۳۹ و ۰/۶۶۳-] ۰/۳۳۷					
محمد زاده و همکاران	۲۰۱۴	۸۵/۳۴	۱۷/۳۹	۱۲	۸۸/۶	۱۲/۲۵	۱۲	۱/۳۶۶	[۱/۰۱۹ و ۰/۵۸۶-] ۰/۵۲۹					
		۴/۴۵	۱/۱۵	۱۲	۴/۳۶	۱/۷	۱۲	۱/۳۷۴	[۰/۸۶۲ و ۰/۷۳۸-] ۰/۱۵۲					
		۳/۸۳	۰/۵۲	۱۲	۴/۱۱	۰/۸۸	۱۲	۱/۳۴۹	[۱/۱۹۵ و ۰/۴۲۰-] ۰/۹۴۰					
		۶/۴۲	۱/۷۹	۱۲	۷/۸	۲/۸۱	۱۲	۱/۳۱۸	[۱/۴۰۳ و ۰/۲۳۱-] ۱/۴۰۵					
		۱/۳۶	۰/۳۴	۱۲	۱/۶	۰/۵۶	۱۲	۱/۳۳۰	[۱/۳۳۲ و					

پژوهشگر	سال	نوروفیدبک			کنترل			اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی	وزن مطالعه	۲	۱	۰	-۱	-۲
		Mean	SD	N	Mean	SD	N							
								[-۰/۲۹۵ ۱/۲۴۸]						
		۷/۸۵	۲/۰۲	۱۲	۹/۹۷	۲/۹۱	۱۲	[۱/۶۸۲ و ۰/۰۱۱] ۱/۹۸۶	۱/۲۶۱					
هاشمیان و همکاران	۲۰۱۳	۱۶۵/۵۸	۱۰/۰۵	۱۲	۱۶۰/۵۵	۳/۵۳	۱۲	[۱/۴۹۰ و -۰/۱۵۴] ۱/۵۹۲	۱/۳۰۲					
نبوی‌آل‌آقا و همکاران	۲۰۱۳	۲۸۷/۴۴	۴۹/۹۸	۱۲	۲۹۶/۷۸	۷۰/۲	۱۰	[۰/۹۹۶ و -۰/۶۸۵] ۰/۳۶۳	۱/۲۴۶					
		۱۷/۷۵	۱/۷۲	۱۲	۱۰/۶۶۳	۱/۰۴	۱۰	[۶/۵۴۱ و ۳/۲۰۸] ۵/۷۳۱	۰/۳۱۷					
فرخی و همکاران	۲۰۱۳	۳/۶۶۶	۳/۹۶۱	۱۲	۰/۳	۳/۹۴۹	۱۲	[۱/۶۸۷ و ۰/۰۱۵] ۱/۹۹۶	۱/۲۶۰					
		کل (اندازه ثابت)						M=۰/۷۹۸ و P≤۰/۰۰۱						
		کل (اندازه تصادفی)						M=۰/۹۰۳ و P≤۰/۰۰۱						

*برخی مقالات به دلیل تعدد متغیر، تکرار شده‌اند.

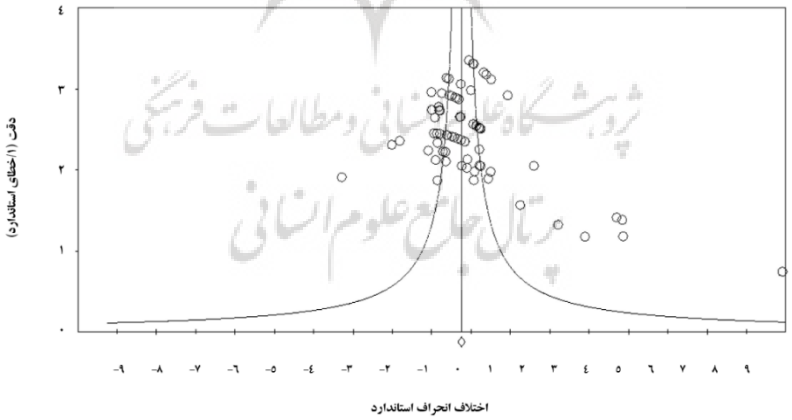
جدول ۴- آماره‌های اندازه اثر ثابت و تصادفی فراتحلیل تأثیر مداخله نوروفیدبک بر بهبود عملکرد ورزشکاران

مدل	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصدی					آزمون فرض صفر (۲ دامنه)		ناهمگونی		
اثر	تعداد مطالعه	برآورد نقطه‌ای	خطای استاندارد	واریانس	حد پایین	حد بالا	Z-value	P-value	Q-value	df (Q)	P-value	I-squarwd
ثابت	۲۸	۰/۷۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۰۲	۰/۶۶۱	۰/۸۴۹	۱۵/۷۷۸	۰/۰۰۱	۳۲۳/۶۸۹	۲۷	۰/۰۰۱	۷۸/۰۶۵
تصادفی	۲۸	۰/۸۶۳	۰/۱۰۴	۰/۰۱۱	۰/۶۵۹	۱/۰۶۷	۸/۲۷۲	۰/۰۰۱				

جدول ۳ فراتحلیل مطالعات اثر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران در ۲۸ مطالعه را نشان می‌دهد. میانگین اندازه اثر کلی مطالعات انجام شده در زمینه اثر مداخلات نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران برای مدل اثرات ثابت برابر با (Z=۱۵/۷۷۸) و معنادار (P=۰/۰۰۱) است و برای اثرات تصادفی برابر با (Z=۸/۲۷۲) و معنادار (P=۰/۰۰۱) است که نشان دهنده ناهمگونی مطالعات است (هومان، گنجی و امیدی‌فر، ۲۰۱۳). بدین ترتیب فرضیه صفر مبنی بر اینکه متوسط کلی اندازه اثر در گروه‌های کنترل و مداخله تفاوت ندارد، رد می‌شود. بر اساس کوهن (۱۹۸۸) برای تفسیر معناداری عملی اندازه اثر، ارزش‌های d بالا نشانگر میزان اندازه اثر هستند (سیادتیان، قمارانی و یعقوبیان، ۲۰۱۳). بنابراین حد بالای اندازه اثر ثابت پژوهش حاضر (۰/۸۴۹) را می‌توان به عنوان تأثیر زیاد اثر مداخلات نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران تفسیر کرد.

به استثنای مطالعه میکیچین و همکاران (۲۰۲۰)، ماسکزیک و همکاران (۲۰۱۸)، میکیچین و همکاران (۲۰۱۷)، ریجکن و همکاران (۲۰۱۶)، کرمانی‌مامازندی و همکاران (۲۰۱۸)، پارسایی و همکاران (۲۰۱۷)، هاشمیان و همکاران، (۲۰۱۳)، نبوی‌آل‌آقا و همکاران (۱۳۹۲) و فرخی و همکاران (۲۰۱۳) اندازه اثر سایر مطالعات مورد بررسی در سطوح ۰/۹۵ تا ۰/۹۹ درصد معنادار هستند و همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد میانگین اندازه اثر کلی تمام این ۴۶ مطالعه، در مدل اثرات ثابت در سطح P<۰/۰۰۱ معنادار است. بالاترین اندازه اثر در ۲۸ مطالعه مورد بررسی مربوط به مطالعه ماسکزیک و همکاران (۲۰۲۰) (۶/۶۰۴) است.

برای بررسی ناهمگونی مطالعات از شاخص Q استفاده شد (جدول ۴). شاخص Q برای ۲۸ مطالعه با درجه آزادی ۲۷ برابر با ۳۲۳/۶۸۹ محاسبه شد که در سطح P<۰/۰۰۱ معنادار است. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر همگنی مطالعات رد می‌شود و نتیجه گرفته می‌شود که مطالعات مورد بررسی، نامتجانس و ناهمگون هستند. هر چند تعداد مطالعات کم نیست، با این حال، آماره I نیز محاسبه شد که مقدار آن ۷۸/۰۶۵ است که بازهم نشان‌گر ناهمگونی بسیار قابل توجه در مطالعات است. بدین ترتیب مطالعات مورد بررسی در یک اندازه اثر حقیقی مشترک هستند و تفاوت‌های اندازه اثر مشاهده شده ناشی از خطای نمونه‌گیری است. از سوی دیگر، محاسبه‌های مربوط به اثر تصادفی معنادار بودند. در مجموع از مدل اثرهای ثابت استفاده و نسبت به جستجوی متغیرهای تعدیل کننده اقدام شد. تصادفی یا غیر تصادفی بودن به‌عنوان متغیر تعدیل کننده نتایج در نظر گرفته شد.



شکل ۲- نمودار منحنی اندازه اثر مطالعات خطای استاندارد میانگین در مدل اثرات ثابت تأثیر مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

برای بررسی تورش چاپ و انتشار، نمودار قیفی توسط نرم افزار جامع فراتحلیل ترسیم شد (شکل ۲) و از آزمون N ایمن از خطای کلاسیک استفاده شد. همانگونه که در نمودار منحنی اندازه اثر نشان داده شده است، پژوهش حاضر تا حدودی دارای تورش چاپ و انتشار است. این امر می‌تواند ناشی از حجم نمونه مطالعات مورد استفاده باشد. آزمون N ایمن از خطای کلاسیک نیز نشان داد که تفاوت بین مطالعات مشاهده شد (N=۲۸) و مطالعات جاافتاده (N=۷۱۲) قابل توجه است (Z=۱۵/۷۷۸، P=۰/۰۰۱). در جدول ۵، تعداد مطالعات مداخله نوروفیدبک و حد بالای اندازه اثر نشان داده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که مداخله نوروفیدبک با حد بالای اندازه اثر ۰/۸۴۹ به‌عنوان یک روش مداخله‌ای مؤثر بر عملکرد ورزشکاران در مطالعات محسوب می‌شود.

جدول ۵- آماره‌های اندازه اثر مداخله نوروفیدبک مؤثر بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

تعداد مطالعه	مداخله مؤثر بر عملکرد ورزشکاران		حد بالای اندازه اثر	حد پایین اندازه اثر	تفسیر بر اساس نظر کوهن
۲۸	نوروفیدبک	کل (اندازه ثابت)	۰/۸۴۹	۰/۶۶۱	بزرگ
		کل (اندازه تصادفی)	۱/۰۶۷	۰/۶۵۹	بزرگ

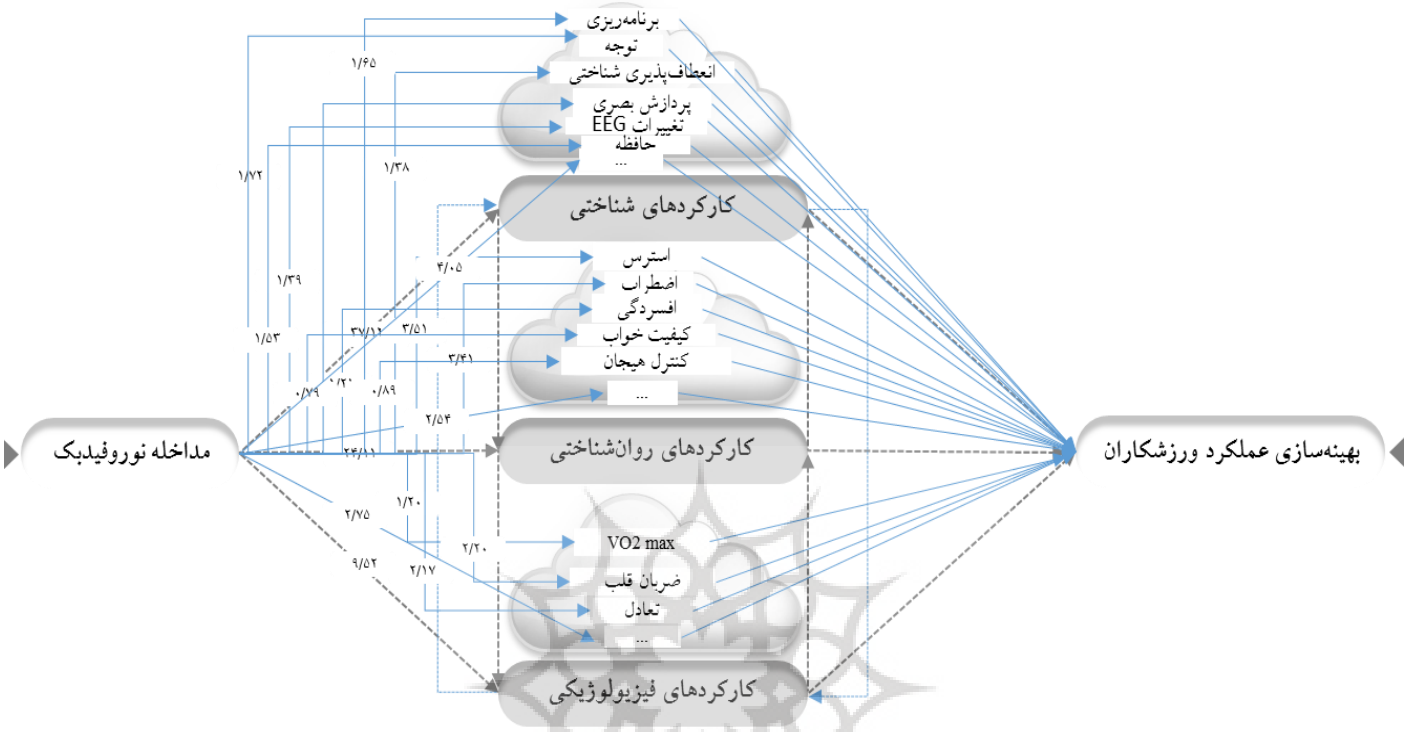
مدل نظری

مطابق نتایج فرا تحلیل حاضر مداخله نوروفیدبک بر برخی کارکردهای شناختی؛ کارکردهای رسوان‌شناختی؛ کارکردهای فیزیولوژیکی و نتایج عملکردی ورزشکاران تأثیرگذار است. نمایه پارامترهای ساختاری در خصوص اجرای یک مداخله استاندارد مداخله نوروفیدبک برای بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران مبتنی بر فرا تحلیل حاضر در شکل ۳ ارائه‌شده است:

شکل ۳- نمایه پارامترهای ساختاری در خصوص اجرای مداخله نوروفیدبک برای بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

در ادامه نمایه معادلات ساختاری به‌دست‌آمده از نتایج حاصل از مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران ارائه‌شده است. همان‌طور که یافته‌های حاصل از فرا تحلیل نشان داد، مداخله نوروفیدبک نسبت به برخی از متغیرهای مربوط به نتایج عملکردی و همچنین فرایندهای زیربنایی عملکردی همچون کارکردهای شناختی؛ روان‌شناختی و فیزیولوژیکی در سطح ۰/۰۱ اثر معنادار است. جهت آزمودن هم‌زمان انگاره اثربخشی مفروض‌ها در پژوهش حاضر، روش الگویابی معادلات ساختاری اعمال گردید. این تحلیل‌های اثربخشی، در قالب مدل متغیرهای مستقل[1] و به‌صورت مدل‌های تحلیل مسیر[2] یک‌طرفه[3] در خصوص اثربخشی چندمتغیری نشان داده‌شده است. شکل ۴ الگوی ارائه شده در خصوص اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران و ضرایب مسیر در میان متغیرها را نشان می‌دهد.

1. Independent
2. Path Analysis
3. Recursive



شکل ۴- الگوی تحلیل مسیر اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر بهینه‌سازی عملکرد ورزشکاران

بحث و نتیجه‌گیری

فرا تحلیل حاضر نشان داد که اندازه‌های اثر برای آزمایش یک فرضیه خاص ترکیب شده‌اند؛ بنابراین، می‌توان تعدادی پژوهش را با استفاده از همان متغیر انجام داد و نتایج را می‌توان در پژوهشی واحد ترکیب کرد (زانگ، هو، لیائو، لیائو و هو[1] ۲۰۱۸).

نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که مداخله نوروفیدبک بر برخی از متغیرهای مربوط به نتایج عملکردی و همچنین فرایندهای زیربنایی عملکردی همچون کارکردهای شناختی، روان‌شناختی و فیزیولوژیکی ورزشکاران تأثیر معنی‌دار دارد. نتایج این فرا تحلیل با مطالعات قبلی در مورد اثربخشی مداخله نوروفیدبک مطابقت دارد. بررسی‌های نظام‌دار و فراتحلیل گذشته نشان داده بود که مداخله نوروفیدبک روشی مؤثر برای بهبود مؤلفه‌های عملکردی در نمونه‌های بالینی (آرنس[2] و همکاران، ۲۰۰۹) و بهبود عملکرد در آزمایشات پزشکی (روگالا و همکاران، ۲۰۱۶) است. همچنین بررسی‌های نظام‌دار و فراتحلیل کاربرد مداخله نوروفیدبک در حوزه ورزش نیز توسط میری‌فر و همکاران (۲۰۱۷) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) انجام شده است. با این وجود اندازه اثر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشی در ابعاد مختلف عملکردی هنوز نامشخص بود و سؤالات زیادی بدون پاسخ مانده است. بنابراین، هدف از فراتحلیل حاضر ارزیابی اندازه اثر مداخله نوروفیدبک به عنوان یکی از انواع مداخلات شناختی بر عملکرد ورزشکاران بود.

نتایج این فراتحلیل نشان داد که مداخله نوروفیدبک می‌تواند باعث شود تا ورزشکاران با موفقیت خود را در تغییر قدرت باندهای فرکانسی الکتروانسفالوگرافی توانمند کنند و به طور مؤثر عملکرد ورزشی خود را بهبود بخشند. این نتیجه معیار اثربخشی مداخله نوروفیدبک را که تغییر همزمان در قدرت الکتروانسفالوگرافی و عملکرد ورزشی است، برآورده می‌کند. در این پژوهش مشخص شد که، محققان از باندهای

1. Xiang, Hou, Liao, Liao, & Hu

2. Arns

الکتروانسفالوگرافی، از جمله ریتم حسی حرکتی، آلفا و تتا در مداخلات نوروفیدبک بیشتر استفاده می‌کنند. از این میان، باندهای ریتم حسی حرکتی و آلفا بیشترین تأثیر را در بهبود عملکرد ورزشی داشتند (چنگ و همکارانن، ۲۰۱۵).

ریتم حسی حرکتی نوار فرکانسی قشر حسی–حرکتی است که با فعالیت قشر حسی–حرکتی رابطه معکوس دارد (استرمن[1] ۱۹۹۶) و منعکس کننده این است که فعالیت هسته تالاموس پایین[2]با تداخل کمتری در پردازش حسی مرتبط است (کوبر[3]و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، قدرت بیشتر ریتم حسی حرکتی به عنوان حالت ذهنی سازگار پردازش عصبی مربوط به تکالیف ورزشی در طی فعالیت‌های مربوط به توجه و مهارت‌های روانی–حرکتی[4]مشخص شده است (چنگ و همکاران، ۲۰۱۷). در حوزه ورزش، پژوهش‌های قبلی نشان داده بود که قدرت ریتم حسی حرکتی بالاتر در مرحله نهایی آماده‌سازی با عملکرد بهتر در پرتاب دارت (چنگ و همکاران، ۲۰۱۵)، ضربه گلف (چنگ و همکاران، ۲۰۱۵) و تیراندازی با تپانچه بادی (چنگ و همکاران، ۲۰۱۷) همراه است. بنابراین بر اساس نقش عملکردی ریتم حسی حرکتی، چنگ و همکاران (۲۰۱۷) پیشنهاد کردند که قدرت ریتم حسی حرکتی بالاتر می‌تواند به عنوان شاخصی از کارایی روانی–حرکتی بالاتر در حین اجرای مهارت‌های حرکتی شناخته شود (چنگ و همکاران، ۲۰۱۷).

همچنین اثر ریتم حسی حرکتی تقویت شده بر عملکرد ورزشی با وضعیت عملکرد نوع ۱ که توسط مدل برنامه چند اقدام[5]پیشنهاد شده (برتولو[6]و همکاران، ۲۰۱۶) و نشان می‌دهد که کنترل هوشیارانه کمتر تکالیف روانی–حرکتی به عملکرد مطلوب خودکار حرکتی مربوط است. در تحلیل پژوهش حاضر نیز، برخی از مطالعات که مداخله را در باند ریتم حسی حرکتی اعمال کردند، تأثیر مثبت مداخله نوروفیدبک را بر عملکرد ورزشی نشان دادند. همچنین یک مطالعه نیز کهریتم حسی حرکتی را در مداخله نوروفیدبک تقویت نمود، یک باند منفرد را با افزایش ریتم حسی حرکتی در منطقه Cz اعمال کرد و بهبود قابل توجهی در عملکرد گلف‌بازان مشاهده نمود (چنگ و همکاران، ۲۰۱۵). سایر مطالعات از باند ریتم حسی حرکتی همراه با سایر باندهای الکتروانسفالوگرافی استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، تقویت ریتم حسی حرکتی و همزمان مهار بتا در مناطق C3 و C4 منجر به عملکرد بهتر تیراندازان با تفنگ می‌شود (رستمی و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر این، همزمان با تقویت ریتم حسی حرکتی، در مناطق C3 و C4، بتا و تتا بالا سرکوب می‌شوند، این عمل منجر به تغییرات قابل توجهی در تعامل خودکار[7](میکیسین و همکاران، ۲۰۱۵) و کاهش اضطراب ورزشی[8]در گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل می‌شود (فریدنیا، ۲۰۱۲). با این حال، یک مطالعه توسط پل و همکاران[9] (۲۰۱۱)، پیشنهاد کرد که تقویت[10]ریتم حسی‌حرکتی و سرکوب[11]بتا و تتا بالا در منطقه Cz، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد ضربه توپ[12]در گروه آزمایش ندارد. هرچند، مطالعه آن‌ها تأثیر مهمی بر وضعیت روانشناختی[13]از جمله انگیختگی رقابت[14]و لذت رقابت[15]نشان داد. به طور خلاصه، این نتایج نشان می‌دهد که افزایش قدرت ریتم حسی‌حرکتی (یا کاهش همزمان بتا / تتا) توسط مداخله نوروفیدبک، باعث مهار پردازش حسی و حرکتی شده (کوبر و همکاران، ۲۰۱۵)، لذا به نظر می‌رسد مداخله نوروفیدبک پردازش آگاهانه را کاهش داده و باعث افزایش پردازش خودکار در اجرای مهارت حرکتی شده، که این نتیجه منجر به بهبود عملکرد ورزشی می‌شود.

فرکانس آلفا، ریتم غالب در الکتروانسفالوگرافی است و به طور کلی با مهار فعالیت عصبی قشر همراه است تا کنترل شناختی عملکرد نهایی را اعمال کند (کلیمسچ[16]۱۹۹۷). به عنوان مثال، پژوهش‌های قبلی نشان داد که ورزشکاران خبره در مقایسه با ورزشکاران تازه‌کار، هنگام آماده‌سازی برای اجرای حرکت، قدرت آلفا را در مناطق گیجگاهی[17] قشر بالاتر می‌برند (یعنی سرکوب بیشتر)[18]و قدرت آلفا را در مناطق مرکزی[19]قشر کاهش می‌دهند (یعنی سرکوب کمتر)[20] (کوک و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین، الگوی فعالیت قشر مغز در سراسر پوست سر که در آن مهار به موقع برخی از فعالیت‌های بی‌ربط در مناطق

1. Sterman
2. Lower Thalamic Nucleus
3. Kober
4. Psychomotor
5. The Multi-Action Plan (MAP) Model
6. Bertollo
7. Autotelic Engagement
8. Sport Anxiety
9. Paul Et Al.
10 . Increasing
11 . Inhibiting
12 . Shot
13 . Psychological Status
14 . Competition Arousal
15 . Competition Pleasure
16 . Klimesch
17 . Temporal Regions
18 . More Inhibition
19 . Central Regions
20 . Less Inhibition

قشر مغز (به عنوان مثال، مناطق گیجگاهی) و عدم مهار فعالیت‌های مربوط به تکلیف در مناطق قشر مغز (به عنوان مثال، مناطق مرکزی) می‌تواند به بهینه‌سازی عملکرد حرکتی ورزشکاران خبره مربوط باشد (گالیچیو، کوک و رینگ[1] ۲۰۱۷). در فراتحلیل حاضر، برخی از مطالعات مورد بررسی که باند آلفا را برای اعمال انتخاب نموده بودند، تأثیر مؤثری بر عملکرد ورزشی نشان دادند. در پژوهش رستمی و همکاران (۲۰۱۲) از کراس اور ترینینگ[2](تغییر از یک پروتکل به پروتکل دیگر) استفاده شده که متشکل از تقویت فرکانس آلفا و تتا بود در حالی که بتا بالا در منطقه Pz سرکوب می‌شد. این فرایند باعث بهبود عملکرد تیراندازی با تفنگ شد (رستمی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، نتایج پژوهش دیگر نشان داد که تقویت آلفا تأثیر مهمی بر بهبود فعالیت‌های هماهنگ پیچیده در ژیمناست‌های خبره ایجاد می‌کند (استریزکوا[3] و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه‌براین، سرکوب آلفا ضمن تقویت تتا در منطقه Pz، عملکرد بهتری را در ورزشکاران باله نشان داد (ریموند[4] و همکاران، ۲۰۰۵). با این حال، مطالعه دیگری که در مورد اجراکنندگان باله انجام شد و پروتکلی مشابه پژوهش قبل را اعمال نمود، نتوانست اثر مثبت مداخله نوروفیدبک را بر عملکرد اجراکنندگان باله نشان دهد (گرازیلر، ۲۰۱۴). علاوه براین، سرکوب آلفای بالا در کنار تتا در منطقه Pz نیز نتوانست به طور انتخابی عملکرد گلف‌بازان را افزایش دهد (رینگ و همکاران، ۲۰۱۵).

به طور خلاصه، فراتحلیل حاضر نشان داد که مطالعات منتشر شده از اثربخشی مداخله نوروفیدبک در بهینه‌سازی عملکرد ورزشی پشتیبانی می‌کنند. این یافته از فرضیه کارایی روان–حرکتی حمایت می‌کند که پیشنهاد می‌کند توسعه مهارت حرکتی از طریق تمرین با اصلاحات فیزیولوژیکی همراه است که در آن فرایندهای بی‌ربط سرکوب می‌شوند و فرایندهای مربوطه تقویت می‌شوند (برادلی، هاتفیلد و کریک[5] ۲۰۰۷).

نتیجه این‌که پس از مداخله نوروفیدبک، پردازش قشر مغز کارآمدتر شده که شاخص عملکرد بهتر ورزشی است. در این حالت به نظر می رسد که تداخل کمتری رخ داده و پردازش قشر بیشتر به تکالیف مربوط و عوامل اساسی تشکیل دهنده عملکرد بهینه می‌پردازد. با این حال، با توجه به محدودیت های پژوهش، هنگام تفسیر این یافته، باید احتیاط کرد، زیرا امکان تفسیر نادرست وجود دارد. یکی از این محدودیت‌ها این است که اکثر مطالعات مربوط به مداخله نوروفیدبک از گروه‌های کنترل غیرفعال استفاده کرده‌اند که اثر مداخله نوروفیدبک را با اثر هیچ تکلیف دیگری مقایسه نمی‌کنند. بنابراین، فراتحلیل باید اندازه اثر را برای تعدیل شرایط طراحی گروه کنترل بررسی کند.

با وجود حجم گسترده‌ای از مطالعات که به بررسی اثربخشی مداخلات نوروفیدبک در حوزه ورزش پرداخته‌اند، فراتحلیل حاضر تنها معدودی از مطالعات را شناسایی نمود که به خوبی کنترل شده بودند. محققان در بررسی کاربردهای مداخله نوروفیدبک در محیط‌های بالینی نیز شرایط مشابهی را تجربه کردند. به عنوان مثال، نیو[6](۲۰۱۳) قصد داشت تا میزان کارآیی مداخله نوروفیدبک را در بیماران مبتلا به اختلالات عصبی (به عنوان مثال اختلال استرس پس از سانحه و اختلال بیش فعالی با کمبود توجه، اوتیسم، مصرف مواد و مشکلات یادگیری) بررسی کند، فراتحلیل صورت گرفته توسط آن‌ها نیز فقط شامل ۲۲ آزمایش کنترل شده مناسب بود و به گفته آن‌ها، شرایط کنترل شده در پژوهش‌ها به‌خوبی اعمال نشده بود.

فراتحلیل‌هایی که توسط لفتاوس و همکاران[7](۲۰۱۲) و کورتس و همکاران (۲۰۱۶)، که اثرات مداخله نوروفیدبک اعمال شده را در بیماران مبتلا به اختلال بیش فعالی با کمبود توجه بررسی کردند، به ترتیب تنها ۱۴ و ۱۳ مطالعه را شناسایی کردند که به خوبی شرایط کنترل شده را ایجاد کرده بودند.

در فراتحلیل حاضر، تعداد کمی از مطالعات بررسی شده شامل یک گروه کنترل فعال / دارونما، مانند یک بازخورد نادرست یا یک گروه بازخورد ساختگی بود. مطالعه رینگ و همکاران (۲۰۱۵) نمونه خوبی از اهمیت گروه کنترل و دارونما است. نتایج آن‌ها نشان داد که هرچند ورزشکاران در گروه مداخله نوروفیدبک یاد گرفتند که قبل از ضربه گلف قدرت آلفا بالای قشر فرونتال خود را کاهش دهند (الگویی شبیه به یک ورزشکار خبره)، با این وجود مداخله نوروفیدبک نتوانست عملکرد انتخابی را افزایش دهد؛ زیرا هر دو گروه کنترل و کنترل دارونما، عملکردی مشابه گروه آزمایش داشتند. بنابراین، برای ارزیابی منظم تأثیرات واقعی مداخلات نوروفیدبک بر عملکرد ورزشی، داشتن گروه کنترل کافی نیست و وجود یک گروه کنترل فعال / دارونما از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا این احتمال وجود دارد که اثر مداخلات نوروفیدبک در عملکرد ورزشی تفاوت معناداری در مطالعات

1. Gallicchio, Cooke, & Ring
2. Crossover Training
3. Strizhkova
4. Raymond
5. Bradley, Hatfield & Kerick
6. Niv
7. Lofthouse et al.

کنترل شده با گروه کنترل فعال / دارونما نداشته باشد. در این صورت شواهد مربوط به تأثیر پروتکل‌های الکتروانسفالوگرافی خاص در بهبود عملکرد ورزشی نسبتاً ضعیف بوده و بر نیاز به پژوهش‌های گسترده‌تر تاکید می‌کند. با این حال، یافته های پژوهش حاضر با نتیجه‌گیری‌های انجام شده توسط کورتس و همکاران (۲۰۱۶) که مداخلهٔ نوروفیدبک را رویکرد موثری برای بهبود عملکرد ورزشکاران معرفی می کند مطابقت دارد (کورتس و همکاران، ۲۰۱۶ و تقی‌زاده، ۱۳۹۸). بر اساس این یافته‌ها، بهتر است برای همه مطالعاتی که قرار است در حوزه مداخله نوروفیدبک اجرا شود از یک گروه کنترل فعال / دارونما استفاده شود تا از بروز برخی خطاهای ناخواسته هم‌چون اثرات غیر فعال بودن گروه کنترل، سوگیری آزمون‌گر و غیره جلوگیری شود.

لذا پیشنهاد می شود اندازه اثر عملکرد ورزشی به عنوان اندازه‌گیری در گروه مداخلات نوروفیدبک، منهای اندازه‌گیری مشابه در گروه کنترل فعال / دارونما محاسبه شود. بدون چنین کمیتی، نتایج تجربی قادر به ارائه شواهد محکم در مورد اثربخشی مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران نیستند.

مداخله نوروفیدبک برای بهبود کارکردهای شناختی، روانی و فیزیولوژیکی به ورزشکاران کمک می‌کند تا برای اجرای مهارت‌ها و تکالیف شناختی (ادراک، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری) و از طرف دیگر برای عملکرد مناسب فیزیکی و حرکتی (هدف‌گیری، پرتاب، دریافت و ...) آماده‌تر شوند. ازآنجاکه مداخله نوروفیدبک با اثرگذاری بر مغز باعث بهبود فرایندهای متعددی شده و در کنترل بدن و رفتار حرکتی نیز ایفای نقش می‌کند، می‌توان از طریق آن ورزشکاران را جهت رویارویی با استرسورهای مختلف، بدون کاهش عملکرد، آماده نمود. بنابراین حفظ قابلیت‌های ورزشکار در برابر عوامل استرس‌زا و همچنین ریکاوری پس از تجربه موقعیت استرس‌زا، از طریق مداخله نوروفیدبک امکان‌پذیر است.

به‌طورکلی، مداخله نوروفیدبک می‌تواند باعث تغییر قدرت الکتروانسفالوگرافی در ورزشکاران شده و به‌طور مؤثر عملکرد ورزشی را بهبود بخشد. بااین‌حال، اثر مداخله نوروفیدبک برای عملکرد ورزشی با طراحی و به‌کارگیری گروه کنترل تعدیل می‌شود، یعنی هنگامی‌که تجزیه‌وتحلیل به کنترل‌های فعال و دارونما محدود شود، ممکن است اثر مداخله نوروفیدبک در عملکرد ورزشی کاهش یابد. پژوهش‌های آینده باید بر تکرار و گسترش اندازه اثر مداخله نوروفیدبک با اندازه‌های نمونه بزرگ‌تر، اتخاذ یک طراحی کاملاً کنترل‌شده از یک گروه فعال / دارونما، ارائه شواهدی برای تغییرات در باندهای فرکانسی آموزش‌دیده، شناسایی مناسب‌ترین پروتکل مداخله‌ای نوروفیدبک بر اساس ارتباط مستقیم نتایج در عملکرد ورزشی و ادغام مداخله نوروفیدبک در فعالیت‌های واقعی و در موقعیت‌های رقابتی در زمین های ورزشی توجه کنند.

اعتبار یک مرور نظام‌دار و فرا تحلیل، توسط روش‌های مطالعات موجود محدود می‌شود؛ بنابراین، نتایج این مرور نظام‌دار و فرا تحلیل ممکن است ضعف‌های روش‌های مطالعات را به‌جای نقاط ضعف یاقوت اثر مداخله نوروفیدبک بر عملکرد ورزشکاران منعکس کند. درواقع، مطالعاتی که در مرور نظام‌دار و فرا تحلیل حاضر موردبررسی قرار گرفت، دارای برخی محدودیت‌های روش‌شناسی[1] همچون به‌کارگیری گروه کنترل بود.

محدودیت اول پژوهش مربوط به ناهمگنی و تعداد محدود مطالعات است که شامل توانایی تجزیه‌وتحلیل اندازه اثر مداخله نوروفیدبک در حوزه ورزش است. مطالعاتی که به‌صورت آزمایش‌های تصادفی کنترل‌شده اجراشده‌اند، بیشتر شامل اندازه نمونه کوچکی بودند که ممکن است در مقایسه با آزمایش‌های با اندازه نمونه بزرگ‌تر، اندازه اثر را بیش‌ازحد نشان دهد؛ بنابراین، پژوهش‌های آینده باید بر تکرار و گسترش اندازه اثر مداخله نوروفیدبک با اندازه نمونه‌های بزرگ‌تر متمرکز باشد.

محدودیت دوم پژوهش مربوط به این است که برخی از مطالعات در نتایج خود گزارش نکردند که آیا مداخله نوروفیدبک درواقع به یادگیری و بهبود عملکرد منجر شده است که با تغییرات در سطح الکتروانسفالوگرافی نشان داده می‌شود یا خیر (رستمی و همکاران، ۲۰۱۲)، این نکته‌ای کلیدی است؛ زیرا اگر مداخله نوروفیدبک نتواند تغییرات مورد انتظار را در سطح الکتروانسفالوگرافی ایجاد کند، بنابراین اندازه اثر آموزش به‌احتمال‌زیاد به عوامل دیگر نسبت داده می‌شود. بنابراین، پژوهش‌های آینده نه‌تنها باید تغییر در عملکرد ورزشی را در نظر بگیرند، بلکه باید تغییر ویژه در قدرت الکتروانسفالوگرافی را نیز مشخص کنند.

محدودیت سوم، مربوط به پروتکل‌های استفاده‌شده به‌عنوان مداخله نوروفیدبک است که بسیار متنوع و گوناگون هستند و در مطالعات نیز

1. Methodological

بسیار متفاوت استفاده‌شده‌اند. به‌عنوان‌مثال، مطالعات باند فرکانس مختلف (به‌عنوان‌مثال، ریتم حسی‌حرکتی، آلفا و تتا) و مناطق مختلف مغزی (به‌عنوان‌مثال، Pz، Fz، Cz، C3، C4، T3 و T4) را برای اندازه‌گیری اثرات مداخلات نوروفیدبک انتخاب کرده‌اند. این در حالی است که بسیاری از صاحب‌نظران معتقدند که انتخاب فرکانس و مناطق تحریک مغزی، دو جنبه اصلی پروتکل نوروفیدبک هستند (میریفر و همکاران، ۲۰۱۷). منطق مورداستفاده برای انتخاب پروتکل‌ها و مناطق الکترود گذاری باید ازنظر تئوری و تجربی به ارتباط بین باند فرکانس ویژه الکتروانسفالوگرافی و یک رفتار خاص پیوند داشته باشد. مطالعه توسط رینگ و همکاران (۲۰۱۵) نمونه خوبی از منطق انتخاب پروتکل‌های مداخلات نوروفیدبک است (رینگ و همکاران، ۲۰۱۵). آن‌ها نوروفیدبک را در گلف بازان موردبررسی قراردادند تا فعالیت مغز را نسبت به کاهش قدرت آلفای بالای آن‌ها در مناطق پیشانی (Fz) به‌عنوان یک پیش‌شرط قبل از عملکرد موفقیت‌آمیز تنظیم کنند. در این پژوهش قدرت آلفا بر اساس یافته‌های قبلی انتخاب شد که مهارت و عملکرد مطلوب اجرای ضربه گلف را با مهار الکتروانسفالوگرافی باقدرت آلفا بالا مشخص می‌نمود (کوک و همکاران، ۲۰۱۴). انتخاب Fz بسیار هوشمندانه بود، زیرا مشخص شد که این نقطه بیشترین اختلاف را در قدرت آلفای بالا بین ورزشکاران خبره و تازه‌کار نشان می‌دهد. همچنین مقایسه اجرای موفقیت و ناموفق را در لحظات قبل از ضربات گلف نشان می‌داد (کوک و همکاران، ۲۰۱۴). با این‌حال، برخی از مطالعات، دلیل واضح و مشخصی برای انتخاب پروتکل‌های خود و محل ثبت الکترودها نداشتند (رستمی و همکاران، ۲۰۱۲). این عوامل ممکن است تأثیر بالقوه‌ای بر نتایج ما داشته باشند؛ بنابراین، منطق انتخاب ویژگی فرکانس و مناطق مغزی باید ازنظر تئوری و تجربی بر اساس ارتباط مستقیم عملکرد در اجرای مهارت‌های ورزشی با الگوهای مغزی در پژوهش‌های مداخله نوروفیدبک ارائه شود.

محدودیت چهارم این است که الکترودهای الکتروانسفالوگرافی توسط پوست سر، جمجمه و مایع مغزی نخاعی از منابع فعلی مغز جدا می‌شوند (جان و همکاران، ۲۰۱۴)؛ درنتیجه، الکتروانسفالوگرافی دارای وضوح زمانی میلی‌ثانیه است اما وضوح مکانی ضعیفی دارد. در پژوهش‌های آینده باید به محدودیت تفکیک مکانی الکتروانسفالوگرافی توجه شود و روش‌هایی برای بهبود وضوح مکانی الکتروانسفالوگرافی، مانند انجام تصویربرداری از منبع، یا ترکیب الکتروانسفالوگرافی و تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی برای مداخله نوروفیدبک در زمینه‌های ورزشی ایجاد شود (مانو و همکاران، ۲۰۱۷).

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه مازندران ابراز می‌دارند.

منابع مالی

این مقاله مستخرج از پروژه پسادکترا با شماره ۹۸۰۱۶۷۹۸ و مورد حمایت مالی "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" می‌باشد.

سهم نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند. در اجرای پژوهش آقای دکتر سید محمدکاظم واعظ موسوی به عنوان سرپرست پروژه در نگارش و تکمیل ایده‌ی پژوهش و همچنین آقای دکتر امین امینی به عنوان مجری پروژه و ایده‌پرداز اصلی پژوهش همکاری نمودند.

References

1. Amini, A., Mohammad Zadeh, H., salehi, M. (2016). The effect of neurofeedback (SMR training) on performance and reaction time of individuals who undertake difficult tasks. *Journal of Development and Motor Learning*., 8(3), 467-483. In Persian
2. Amini, A., Salehi, M., & Mohammadzadeh, H. (2015). A Comparison of the Effects of Neurofeedback and Physical Practices on Performance and Retention of Dart Throw Skill. *Journal of Neuropsychology*, *1*, 86-103. In Persian
3. Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M., & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention,

impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEGNeurosci*, *40*(3), 180-189. https://doi.org/10.1177/155005940904000311

4. Bertollo, M., di Fronso, S., Filho, E., Conforto, S., Schmid, M., Bortoli, L., . . . Robazza, C. (2016). Proficient brain for optimal performance: the MAP model perspective. *PeerJ*, *4*, e2082. https://doi.org/10.7717/peerj.2082
5. Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G., & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiol Rev*, *70*(1), 1-41. https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.1.1
6. Brad, D. H., Daniel, M. L., & William, J. R. (1984). Cognitive Processes During Self-Paced Motor Performance: An Electroencephalographic Profile of Skilled Marksmen. *Journal of Sport Psychology*, *6*(1), 42-59. https://doi.org/10.1123/jsp.6.1.42
7. Bradley D. Hatfield, Scott E. Kerick. (2007). The psychology of superior sport performance: A cognitive and affective neuroscience perspective *Handbook of sport psychology, 3rd ed.* (pp. 84-109). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons, Inc.
8. Cheng, M.-Y., Huang, C.-J., Chang, Y.-K., Koester, D., Schack, T., & Hung, T.-M. (2015). Sensorimotor Rhythm Neurofeedback Enhances Golf Putting Performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *37*, 626 – 636. https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0166
9. Cheng, M.-Y., Wang, K.-P., Hung, C.-L., Tu, Y.-L., Huang, C.-J., Koester, D., . . . Hung, T.-M. (2017). Higher power of sensorimotor rhythm is associated with better performance in skilled air-pistol shooters. *Psychology of Sport and Exercise*, *32*, 47-53. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.05.007
10. Cheng, M. Y., Hung, C. L., Huang, C. J., Chang, Y. K., Lo, L. C., Shen, C., & Hung, T. M. (2015). Expert-novice differences in SMR activity during dart throwing. *Biol Psychol*, *110*, 212-218. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.08.003
11. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (H. N. L. E. Associates Ed. 2nd edition ed.): Routledge.
12. Cooke, A., Kavussanu, M., Gallicchio, G., Willoughby, A., McIntyre, D., & Ring, C. (2014). Preparation for action: psychophysiological activity preceding a motor skill as a function of expertise, performance outcome, and psychological pressure. *Psychophysiology*, *51*(4), 374-384. https://doi.org/10.1111/psyp.12182
13. Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P., Daley, D., . . . Sonuga-Barke, E. J. (2016). Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, *55*(6), 444-455. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.03.007
14. Christie, S., Bertollo, M., & Werthner, P. (2020). The Effect of an Integrated Neurofeedback and Biofeedback Training Intervention on Ice Hockey Shooting Performance, Journal of Sport and Exercise Psychology, 42(1), 34-47. https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0278
15. Crivelli, D., Fronda, G., & Balconi, M. (2019). Neurocognitive Enhancement Effects of Combined Mindfulness-Neurofeedback Training in Sport. *Neuroscience*, *412*, 83-93. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.05.066
16. Dekker, M., Berg, B., Denissen, A., Sitskoorn, M., & Van Boxtel, G. (2014). Feasibility of eyes open alpha power training for mental enhancement in elite gymnasts. *Journal of sports sciences*, *32*, 1-11. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.906044
17. Fallah, M., Moghadas Tabrizi, Y., & gharayagh Zandi, H. (2018). The Effects of Neurofeedback training on Attention and performance in free throw skill. *Journal of Neuropsychology*, *4*(13), 97-108. In Persian
18. Faridnia, M., Shojaei, M., & Rahimi, A. (2012). The effect of neurofeedback training on the anxiety of elite female swimmers. *Annals of Biological Research*, *3*, 1020-1028.
19. Farokhi, A., Hashemian, P., Mirifar, A.,

Keyhani, M., & Kaikhavani, S. (2013). The effect of neurofeedback training on the trait-competitive anxiety of athletes. *Ilam University of Medical Science, 21*(2), 21-27. In Persian

20. Gallicchio, G., Cooke, A., & Ring, C. (2017). Practice Makes Efficient: Cortical Alpha Oscillations Are Associated With Improved Golf Putting Performance. *Sport, exercise, and performance psychology, 6*(1), 89-102. https://doi.org/10.1037/spy0000077
21. Qazi Tabatabai M, Abu Ali V. Meta-analysis in social and behavioral research. Tehran: Office of Social and Cultural Studies of Tehran Municipality.; 2012. In Persian
22. Gong, A., Nan, W., Yin, E., Jiang, C., & Fu, Y. (2020). Efficacy, Trainability, and Neuroplasticity of SMR vs. Alpha Rhythm Shooting Performance Neurofeedback Training. *Front Hum Neurosci, 14*, 94-94. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00094
23. Graczyk, M., Pąchalska, M., Ziółkowski, A., Mańko, G., Łukaszewska, B., Kochanowicz, K., Kropotov, I. D. (2014). Neurofeedback training for peak performance. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 21*(4), 871-875. https://doi.org/10.5604/12321966.1129950
24. Gruzelier, J. (2013). EEG -neurofeedback for optimising performance. II: Creativity, the performing arts and ecological validity. *Neuroscience and biobehavioral reviews, 44*. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.004
25. Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. I: A review of cognitive and affective outcome in healthy participants. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 44*, 124-141. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.09.015
26. Hashemian, P,. Farrokhi A, Mirifar A, Keihani K, Sadjadi A. The effect of neurofeedback training on attention rate in proficient track and field athletics. Journal of Fundamentals of Mental Health. 2014;15(60):312-8. In Persian
27. Hassan Gharayagh, Z., & Seyed Mohammad, Z. (2020). The effects of neurofeedback and mindfulness on visual continuous performance of young football players. *Development & Motor Learning, 12*(40), 133-151. In Persian
28. Hatfield, B. D., Haufler, A. J., Hung, T. M., & Spalding, T. W. (2004). Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance. *J Clin Neurophysiol, 21*(3), 144-156. https://doi.org/10.1097/00004691-200405000-00003
29. Hooman, H.A, Ganji, K., & Omidifar, A. (2013). The Meta-Analysis of the Effectiveness of Life Skills Training on Mental Health. *Developmental Pscychology, 10*(37), 39. In Persian
30. Haufler, A. J., Spalding, T. W., Santa Maria, D. L., & Hatfield, B. D. (2000). Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEGprofiles in marksmen and novice shooters. *Biol Psychol, 53*(2-3), 131-160. https://doi.org/10.1016/s0301-0511(00)00047-8
31. Hung, T. M., Haufler, A. J., Lo, L. C., Mayer-Kress, G., & Hatfield, B. D. (2008). Visuomotor expertise and dimensional complexity of cerebral cortical activity. *Med Sci Sports Exerc, 40*(4), 752-759. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318162c4d
32. Jain, S., Sharma, S., & Jain, K. (2019). Meta-Analysis of Fixed, Random and Mixed Effects Models. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 4*, 199-218. https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2019.4.1-018
33. Jeunet, C., Tonin, L., Albert, L., Chavarriaga, R., Bideau, B., Argelaguet, F., Kulpa, R. (2020). Uncovering EEGCorrelates of Covert Attention in Soccer Goalkeepers: Towards Innovative Sport Training Procedures. *Scientific Reports, 10*(1), 1705. https://doi.org/10.1038/s41598-020-58533-2
34. Kao, S.-C., Huang, C.-J., & Hung, T.-M. (2014). Neurofeedback Training Reduces Frontal Midline Theta and Improves Putting Performance in Expert Golfers. *Journal of Applied Sport Psychology, 26*, 271-286. https://doi.org/10.1080/10413200.2013.855682
35. Keele, S. W. (1968). Movement control in

skilled motor performance. *Psychological Bulletin, 70*(6, Pt.1), 387-403. https://doi.org/10.1037/h0026739

36. Kermani, Z., Mohammadyfar, M., Talepasand, S. & Najafi, M., (2020). Comparison of the Effectiveness of Neurofeedback and Mindfulness Training in Improving the Executive Function of Athlete Students'. *Quarterly Journal of Psychological Studies, 15*(4), 125-140.
37. Klimesch, W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *Int J Psychophysiol, 26*(1-3), 319-340. https://doi.org/10.1016/s0167-8760(97)00773-3
38. Kober, S. E., Witte, M., Stangl, M., Väljamäe, A., Neuper, C., & Wood, G. (2015). Shutting down sensorimotor interference unblocks the networks for stimulus processing: An SMR neurofeedback training study. *Clinical Neurophysiology, 126*(1), 82-95. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.03.031
39. Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology, 4*(863). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863
40. Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Salazar, W., Crews, D. J., Kubitz, K. A., Gannon, T. L., & Han, M. (1991). The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Med Sci Sports Exerc, 23*(1), 123-129.
41. Lofthouse, N., Arnold, L. E., Hersch, S., Hurt, E., & DeBeus, R. (2012). A review of neurofeedback treatment for pediatric ADHD. *J Atten Disord, 16*(5), 351-372. https://doi.org/10.1177/1087054711427530
42. Maszczyk, A., Dobrakowski, P., Nitychoruk, M., Żak, M., Kowalczyk, M., & Toborek, M. (2020). The Effect of Neurofeedback Training on the Visual Processing Efficiency in Judo Athletes. *Journal of Human Kinetics, 71*, 219-227. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0097
43. Maszczyk, A., Gołaś, A., Pietraszewski, P., Kowalczyk, M., Cieszczyk, P., Kochanowicz, A., Zajac, A. (2018). Neurofeedback for the enhancement of dynamic balance of judokas. *Biology of Sport, 35*. https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.71488
44. Micoulaud-Franchi, J. A., Geoffroy, P. A., Fond, G., Lopez, R., Bioulac, S., & Philip, P. (2014). EEGneurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Hum Neurosci, 8*, 906. doi: 10.3389/fnhum.2014.00906
45. Mikicin, M. (2015). The autotelic involvement of attention induced by EEGneurofeedback training improves the performance of an athlete's mind. *Biomedical Human Kinetics, 7*. https://doi.org/10.1515/bhk-2015-0010
46. Mikicin, M., Orzechowski, G., Jurewicz, K., Paluch, K., Kowalczyk, M., & Wróbel, A. (2015). Brain-training for physical performance: a study of EEG -neurofeedback and alpha relaxation training in athletes. *Acta Neurobiol Exp (Wars), 75*(4), 434-445.
47. Mirifar, A., Beckmann, J., & Ehrlenspiel, F. (2017). Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research. *Neurosci Biobehav Rev, 75*, 419-432. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.005
48. Mohammadyfar, M., & Kermani, Z. (2018). The Effectiveness of Neurofeedback Training in Improving Executive Functional Attention and Cognitive Flexibility of Athlete Students. *Journal of Neuropsychology, 3*(11), 71-90. In Persian
49. Movahedi, Y. (2018). Effectiveness of EEGbiofeedback on creativity and pattern of brain waves. *Nurse and Physician Within War, 6*(20), 36-42. In Persian
50. Nabavi Aleagha A, Naderi F, Heidarei A, Nazari M, Nicksirat A, Avakh F. The effect of neurofeedback (SMR training) on performance and reaction time of individuals who undertake difficult tasks. *EBNESINA*. 2014;15(4):36-41. In Persian
51. Namdar, S., Mirifar, A., & Memar, Moghadam, M. (2017). Effects of Neurofeedback Training on Balance and Reaction Time of Track and

Field Athletes. *Sport Psychology Studies, 6*(19), 19-30. In Persian https://doi.org/10.22089/spsyj.2017.2410.1253

52. Narimani, M., Rajabi, S., & Delavar, S. (2013). Effects of Neurofeedback Training on Female Students with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder. J Arak Uni Med Sci, *16*(2), 91-103. In Persian
53. Niv, S. (2013). Clinical efficacy and potential mechanisms of neurofeedback. *Personality and Individual Differences, 54*(6), 676-686. https://doi.org/10.1016/j.paid.2012.11.037
54. Norozi, E., Hosseyni, F.S., & Vaez musavi, V. (2018). The effect of Neurofeedback training on sport performance enhancement and conscious motor processing in skilled dart player. *Development & Motor Learning, 10*(31), 139-157. In Persian
55. Oftadehal, M., Movahedi, Y., & Sepahvand, R. (2017). The Effectiveness of Neurofeedback Training on Improving Reaction time Performance in Football Athletes. *Community Health Journal, 11*(2), 1-9.
56. Orndorff-Plunkett, F., Singh, F., Aragón, O. R., & Pineda, J. A. (2017). Assessing the Effectiveness of Neurofeedback Training in the Context of Clinical and Social Neuroscience. *Brain sciences, 7*(8). https://doi.org/10.3390/brainsci7080095
57. Paul, M., Ganesan, S., & Sandhu, J. S. (2011). Effect of sensory motor rhythm neurofeedback on psycho-physiological, electro-encephalographic measures and performance of archery players. *Ibnosina J. Med. Biomed. Sci, 4*, 32-39. https://doi.org/10.4103/1947-489X.210753
58. Raymond, J., Sajid, I., Parkinson, L. A., & Gruzelier, J. H. (2005). Biofeedback and dance performance: a preliminary investigation. *Appl Psychophysiol Biofeedback, 30*(1), 64-73. https://doi.org/10.1007/s10484-005-2175-x
59. Rijken, N. H. M., Soer, R., Maar, E., Prins, H., Teeuw, W., Peuscher, J., & Oosterveld, F. (2016). Increasing Performance of Professional Soccer Players and Elite Track and Field Athletes with Peak Performance Training and Biofeedback: A Pilot Study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 41*. https://doi.org/10.1007/s10484-016-9344-y
60. Ring, C., Cooke, A., Kavussanu, M., McIntyre, D., & Masters, R. (2015). Investigating the efficacy of neurofeedback training for expediting expertise and excellence in sport. *Psychology of Sport and Exercise, 16*, 118-127. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.08.005
61. Rogala, J., Jurewicz, K., Paluch, K., Kublik, E., Cetnarski, R., & Wróbel, A. (2016). The Do's and Don'ts of Neurofeedback Training: A Review of the Controlled Studies Using Healthy Adults. *Front Hum Neurosci, 10*, 301. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00301
62. Rostami, R., Sadeghi, H., Karami, K. A., Abadi, M. N., & Salamati, P. (2012). The Effects of Neurofeedback on the Improvement of Rifle Shooters' Performance. *Journal of Neurotherapy, 16*(4), 264-269. https://doi.org/10.1080/10874208.2012.730388
63. Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., Crews, D. J., & Kubitz, K. A. (1990). Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. *Res Q Exerc Sport, 61*(4), 351-359. https://doi.org/10.1080/02701367.1990.10607499
64. Salehi, M., Mohammadzadeh, H. Nazari, M.A. (2013). Effect of neurofeedback training on performance and retention of dart throwing skill. *Journal of Sports Psychology*, 5(1), 739-748. In Persian
65. Sherlin, L., Ford, N., & Sherlin, R. (2012). Developing a Performance Brain Training™ Approach for Baseball: A Process Analysis with Descriptive Data. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 38*. https://doi.org/10.1007/s10484-012-9205-2
66. Siadatian, S. H., Ghamarani, A., & Yaghobian, F. (2013). The Meta-Analysis of the Effectiveness of Psychological Interventions on the Iranians' Feeling of Happiness. *Transformational Psychology: Iranian Psychologists, 10*(37), 61-69. In Persian

67. Sidhu, A., & Cooke, A. (2020). Electroencephalographic neurofeedback training can decrease conscious motor control and increase single and dual-task psychomotor performance. *Exp Brain Res*. https://doi.org/10.1007/s00221-020-05935-3
68. Schmidt, F., & Hunter, J. (2015). Methods of meta-analysis (Third Edition ed.). SAGE Publications, Ltd https://www.doi.org/10.4135/9781483398105
69. Sonuga-Barke, E., Brandeis, D., Holtmann, M., & Cortese, S. (2014). Computer-based Cognitive Training for Attention- Deficit/Hyperactivity Disorder A Review of Current Evidence Introduction Target of Treatment: Distinguishing Clinical and Neuropsychological Elements. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*.
70. Sterman, M. B. (1996). Physiological origins and functional correlates of EEGrhythmic activities: implications for self-regulation. *Biofeedback Self Regul*, *21*(1), 3-33. https://doi.org/10.1007/bf02214147
71. Strizhkova, O., Cherapkina, L., & Strizhkova, T. (2012). Neurofeedback course applying of high skilled gymnasts in competitive period. *Journal of Human Sport and Exercise*, *7*. https://doi.org/10.4100/jhse.2012.7.Proc1.21
72. Wang, Z., Zhou, Y., Chen, L., Gu, B., Liu, S., Xu, M., Ming, D. (2019). A BCI based visual-haptic neurofeedback training improves cortical activations and classification performance during motor imagery. *Journal of Neural Engineering*, *16*(6), 066012. https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab377d
73. Wolf, F. M. (1986). *Meta-Analysis.* Retrieved from https://methods.sagepub.com/book/meta-analysis https://doi.org/10.4135/9781412984980
74. Xiang M-Q, Hou X-H, Liao B-G, Liao J-W, Hu M. The effect of neurofeedback training for sport performance in athletes: A meta-analysis. Psychology of Sport and Exercise. 2018;36:114-22.
75. Yamashita, A., Hayasaka, S., Kawato, M., & Imamizu, H. (2017). Connectivity Neurofeedback Training Can Differentially Change Functional Connectivity and Cognitive Performance. *Cereb Cortex*, *27*(10), 4960-4970. https://doi.org/10.1093/cercor/bhx177
76. Zadkhosh, S.M., Gharayagh, H.Z., & Hemayattalab, R. (2017). The effects of Neurofeedback on Anxiety decrease and Athletic performance Enhancement. *Journal of Applied Psycology Research*, *7*(4), 21-37. In Persian
77. Zarei, A.A., & Aghaei, H. (2016). A Comparison of the Effectiveness of the Dictates of Hypnosis and Cognitive Rehabilitation Training on Improving the Status of Throwing Basketball Ball. *Journal of Neuropsychology*, *1*(3), 80-96. . In Persian
78. Ziabakhsh S M, Sharifi M, Fath Abadi J, Nejati V. (2020). The effect of neurofeedback on reduction symptoms of Attention Deficit and Hyperactivity Disorder: a meta-analysis study. *shenakht Journal of Psychology and Psychiatry*, *7*(2), 64-78. . In Persian
79. Taghizadeh, F., hosseini ghatreh, F., aghdasi, M. (2019). Effect of SMR Neurofeedback Training on Performance of Table Tennis Players. *Sport Psychology Studies*, 8(27), 55-66. . In Persian https://doi.org/10.22089/spsyj.2017.4521.1475