



The Effect of Neurofeedback on Memory and Spatial Memory

Zeynab Akbari¹ , Zahra Pooraghaei Ardakani^{2*}, Ehsan Zareian²

1- Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2- Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabatabaie University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and aim: Many sports fields require the implementation of various techniques with precision, and it is necessary for athletes and coaches to meet these needs optimally in addition to their physical training and to improve and accelerate performance. The aim of this study was to investigate the effect of neurofeedback training on motor memory and spatial memory.

Methods: The subjects of this study were 15 female students of Allameh Tabatabaie University with a mean age ($26/2 \pm 26/2$). They were selected voluntarily and available. First, the subjects' motor and spatial memory were measured by intermittent chain reaction time test and Corsi block software, respectively. SMR increment, Theta, and beta suppression were performed in the Cz region for 10 sessions, each session lasting 30 minutes twice a week. The mentioned tests were repeated as post-tests. A paired t-test was used to evaluate the difference between pre-test and post-test.

Results: Results showed that neurofeedback training had a significant effect on motor memory ($p=0.001$) and spatial memory ($p=0.001$).

Conclusion: It can be concluded that using neurofeedback exercises can affect memory functions and enhance motor memory and spatial memory. Due to the role of these two memories in skillful movement performance, this method can be used with the routine exercises of athletes to improve their cognitive abilities.

Please cite as: Akbari Z, Pooraghaei Ardakani Z, Zareian E. "The Effect of Neurofeedback on Memory and Spatial Memory". SOREN Journal 2023;4(2):76-83 [In Persian].

Article history:

Received

2023/03/13

Accepted

2023/04/30

Keywords:

- Neurofeedback
- Motor Memory
- Spatial Memory
- Performance

Corresponding Author

Name: Zahra Pooraghaei Ardakani

Email Address: zpooraghaei@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-8633-4017

تأثیر نوروفیدبک بر حافظه حرکتی و حافظه فضایی

زینب اکبری^۱ , زهرا پورآقایی اردکانی^{۲*}، احسان زارعیان^۲

۱- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰

واژگان کلیدی

تمرینات نوروفیدبک،

حافظه حرکتی،

حافظه فضایی،

عملکرد.

سابقه و هدف: بسیاری از رشته‌های ورزشی به اجرای تکنیک‌های مختلف و با دقت نیاز دارند و لازم است ورزشکاران و مربیان در کنار تمرینات جسمانی خود این نیازها را نیز به‌طور بهینه‌ای برآورده نمایند و موجب بهبود و تسریع عملکرد شوند. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر حافظه حرکتی و حافظه فضایی انجام شد. **روش کار:** آزمودنی‌های این پژوهش ۱۵ نفر دانشجوی دختر ورزشکار با میانگین سنی $(26/2 \pm 9/5)$ بودند و با توجه به معیارهای تحقیق و پس از پر کردن پرسشنامه سلامت روان عمومی (GHQ)، که ملاک ورود به آزمایش بود، به‌صورت داوطلبانه و در دسترس انتخاب شدند. ابتدا حافظه حرکتی و حافظه فضایی آزمودنی‌ها به ترتیب توسط آزمون زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب و نرم‌افزار کرسی بلاک، سنجیده شد. سپس با استفاده از دستگاه پروکامپ ده کاناله نوروفیدبک و نرم‌افزار بیوگراف، پروتکل تمرینی شامل افزایش موج اس‌ام‌آر (۱۲-۱۵)، سرکوب تتا و بتا در ناحیه Cz و به مدت ۱۰ جلسه، هر جلسه ۳۰ دقیقه و دو بار در هفته مداخله تحقیق انجام شد. آزمون‌های یادشده مجدداً به شکل پس‌آزمون تکرار شد. از آزمون t همبسته به‌منظور بررسی تفاوت میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد تمرینات نوروفیدبک تأثیر معناداری بر حافظه حرکتی ($p=0/01$) و حافظه فضایی ($p=0/01$) داشت.

نتیجه‌گیری: می‌توان نتیجه گرفت با استفاده از تمرینات نوروفیدبک می‌توان عملکردهای حافظه را تحت تأثیر قرار داد و حافظه حرکتی و حافظه فضایی را تقویت کرد. با توجه به نقش این دو حافظه در اجرای ماهرانه حرکات می‌توان از این روش در کنار تمرینات روتین ورزشکاران برای بهبود توانایی‌های شناختی آنها بهره برد.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین تلاش‌هایی که در جهت کشف رازهای نگشوده ذهن و عملکرد مغز انجام گرفت پذیرش این عقیده بود که موضوعات پیچیده مانند یادگیری و حافظه نیز می‌توانند با روش‌های علمی مورد مطالعه قرار گیرند. مطالعه یادگیری و حافظه در حقیقت جستجو برای فهم ارتباط بین ذهن و بدن است. جستجوی عمیق که ریشه در فلسفه و زیست‌شناسی دارد (۱). یک مرکز منفرد برای حافظه وجود ندارد (۳، ۲). حافظه به نواحی مختلفی تقسیم می‌شود. هیپوکامپ، لوب قدامی، قشر حرکتی و مانند آن که از آنجا می‌تواند بعداً بازایی شده و در صورت نیاز دوباره یکپارچه و ترکیب شود. حافظه‌ها شبیه قطعه‌های پراکنده

جورچین هستند، که هنگام بازیابی آن‌ها را به‌عنوان یک کل گرد هم آورد (۴). حافظه عاطفی که در ارتباط با حالات خلقی و تجربه است، حافظه حرکتی که شامل یادگیری چگونگی انجام کارها و ادامه حرکات و حافظه کاری که مسئول نگهداشتن اطلاعات در ذهن برای یک مدت‌زمان کوتاهی است، هرکدام در نواحی مختلفی از مغز قرار دارند (۵). حافظه حرکتی بازنمایی اعمال حرکتی در تمامی شکل‌ها، از حرکات اسکلتی گرفته تا حرکات زبان را شامل می‌شود که فراگیری آن‌ها از طریق تمرین و تجربه میسر می‌شود (۶). حافظه فضایی بخشی از حافظه است که مسئول ثبت اطلاعات درباره محیط اطرافمان است و فرد را قادر می‌سازد تا مکان‌های مختلف و همچنین روابط بین اشیاء را به خاطر آورد

نوروفیدبک بر حافظه بینایی و حافظه کاری (۲۰)، بهرامی و یزدان بخش (۲۰۱۷)، بهبود حافظه شنیداری (۲۱)، آبدان‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تمرینات منتخب نوروفیدبک را بر تعادل ایستا و پویای سالمندان (۲۲)، تقی‌زاده، حسینی و اقدسی (۲۰۱۹)، تأثیر تمرین نوروفیدبک را بر عملکرد بازیکنان تنیس روی میز (۲۳)، هژبرنیا و طهماسبی (۲۰۱۸) روی بهبود حافظه بینایی و فضایی (۲۴)، و پارساز و فابور (۲۰۲۱) به تأثیر نورو فیدبک بر افزایش یادگیری (۲۵) پرداختند. در همه این پژوهش‌ها در گروه تمرینات نوروفیدبک تأثیرات معناداری دیده شد. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد، با استفاده از تمرینات نوروفیدبک می‌توان در عملکرد بخصوص عملکردهای شناختی تغییراتی بوجود آورد.

با توجه به مطالعات انجام‌شده در زمینه علوم شناختی و حافظه و از آنجایی‌که ورزشکاران به کمک حافظه فضایی اطلاعات محیط اطراف را ثبت نموده و حافظه حرکتی منبع اجرای حرکات ماهرانه در افراد است. پژوهش حاضر درصدد یافتن راهی با استفاده از پروتکل نوروفیدبک است که ورزشکاران بتوانند در مواجهه با محیط بازی متغیر بتوانند موقعیت خود را در محیط بهتر شناسایی کرده و با یک پاسخ مناسب، به موقع و آگاهانه بهترین عملکرد را از خود به‌جای بگذارند. بسیاری از رشته‌های ورزشی به اجرای تکنیک‌های مختلف و با دقت نیاز دارند و لازم است ورزشکاران و مربیان در کنار تمرینات جسمانی خود این نیازها را نیز به طور بهینه‌ای برآورده نمایند و موجب بهبود و تسریع عملکرد به خصوص در میان افراد مبتدی شوند. استفاده از روش‌های نوین مانند نوروفیدبک می‌تواند مفید باشد و نتایج آن به مربیان و ورزشکاران ارایه شود و از آنجایی‌که در پژوهش‌های مختلف روش‌های مختلف نوروفیدبک باعث بهبود عملکردهای مغزی شده است و تاکنون حافظه حرکتی و حافظه فضایی مورد بررسی پژوهشگران قرار نگرفته است. مطالعه‌ی حاضر درصدد بررسی این موضوع است که نوروفیدبک بر حافظه حرکتی و حافظه فضایی چه تأثیری دارد؟ نتایج چنین تحقیقاتی و ارایه این نتایج به ورزشکاران و مربیان می‌تواند باعث ارتقا عملکرد مغز در ورزشکاران و موفقیت بیشتر آن‌ها شود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از حیث هدف کاربردی و از منظر روش نیمه آزمایشی است. که به صورت پیش‌آزمون-پس‌آزمون برگزار شد. شرکت‌کنندگان ۱۵ نفر از دانشجویان دانشگاه علامه طباطبائی با میانگین سنی ۲۶/۲ بودند که به‌صورت داوطلبانه و در دسترس انتخاب شدند. نخست قبل از ورود به مراحل تحقیق آزمون سلامت روان آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه سلامت روان عمومی (GHQ) سنجیده شد و آزمودنی‌ها رضایت کتبی خود را اعلام نمودند. آزمودنی‌ها پس از انجام پیش‌آزمون که شامل آزمون‌های تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای برای سنجش حافظه حرکتی و نرم‌افزار کرسی بلاک برای سنجش حافظه فضایی استفاده گردید. سپس آزمودنی‌ها در جلسات تمرین نوروفیدبک به مدت ۵ هفته و هفته‌ای دو جلسه شرکت نمودند. پس از پایان ده جلسه، آزمون‌های تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای و نرم‌افزار کرسی بلاک، دوباره به شکل پس‌آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد. جهت تحلیل داده‌ها از آزمون t همبسته به‌منظور بررسی تفاوت میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد.

(۷). این دو حافظه در اجرای حرکات ماهرانه فرد نقش اساسی دارند و حافظه حرکتی بر انجام دادن رفتارهای ماهرانه حاکم است (۸).

به سبب نقش و اهمیت حافظه در زندگی روزمره، روش‌ها و تکنیک‌هایی که بتوان با استفاده از آن حافظه را بهبود بخشید از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند. یکی از روش‌ها، اندازه‌گیری سطح فعالیت نوروفیزیولوژیک امواج مغزی و شرطی‌سازی امواج مغزی انسان می‌باشد و روشی برای بهبود یادگیری فعالیت‌های عملکردی مغز شناخته‌شده است (۹). در این روش ریتم‌ها و فرکانس‌های ناهنجار به ریتم‌ها و فرکانس‌های بهنجار تبدیل و به دنبال آن فرآیندهای روانشناختی ناهنجار به فرآیندهای روانشناختی بهنجار تبدیل می‌شوند (۱۰، ۱۱). درمان با نوروفیدبک ضمن مقرون به‌صرفه بودن عوارضی را هم در پی ندارد و اغلب موجب کاهش یا محدود شدن نیاز به داروهای روان‌گردان می‌شود (۱۲). تمرینات نوروفیدبک فرد را قادر می‌سازد تا نسبت به حالات متفاوت امواج مغزی خود آگاهی پیدا کند. لذا توانایی ایجاد آنها را در صورت لزوم پیدا می‌کند (۱۳). الکتروانسفالوگرافی برخلاف سایر روش‌های دیگر، به‌منظور بررسی کارکرد مغز (نه ساختار مغز) ابداع‌شده است. در این روش امواج مغزی حاصل از فعالیت قشر مخ (با استفاده از الکترودهای متصل به مجموعه)، وارد کامپیوتر شده و با انجام یک سری عملیات ریاضی، امواج به عدد تبدیل‌شده و اعداد به نمودار یا تصویر (تصویر سر یا رنگ‌های آبی، زرد، قرمز و سبز به‌صورت دو یا سه‌بعدی) تبدیل می‌شوند. در این روش به‌طور مجازی به ورزشکار بازخورد لحظه‌ای مربوط به فعالیت مغزی اش ارایه می‌شود و الگوهای فعال‌سازی در مناطق مختلف مغزی در هر لحظه، نحوه عملکرد فرد را در تکلیفی خاص معین می‌کند (۱۴). امروزه می‌توان با مقایسه الکتروانسفالوگرافی کمی افراد با الکتروانسفالوگرافی کمی پایگاه داده‌های موجود (تحلیل‌های الکتروانسفالوگرافی کمی افراد بهنجار)، کارکرد مغز هر فرد را شناسایی کرد و آن را با الگوهای موجود تطبیق داد. از آنجایی‌که ترکیب طیفی فعالیت الکتریکی مغز با افزایش سن تغییر می‌یابد، بنابراین در هنگام مقایسه با جمعیت بهنجار، سن فرد و جمعیت بهنجار باید یکسان باشد (۱۵). نوروفیدبک از پژوهش‌های آمایشگاهی نشأت می‌گیرد اما اکنون با پیشرفت در علوم کامپیوتر و ابزارها، این تمرین برای متخصصان بالینی، مشاوران و مربیان قابل دسترس است. در سال‌های اخیر نیاز به عالی بودن در ورزش افزایش یافته است و ابزارها و روش‌های جدیدی برای ورزشکاران پدید آمده است که در موفقیت آنها سهم دارند. نوروفیدبک می‌تواند در بهبود عملکرد ورزشکاران سهیم باشد (۱۶).

مطالعات گوناگونی در زمینه تأثیر نوروفیدبک بر کارکردهای فیزیولوژیکی و روانشناختی انجام شده است که از جمله آن پژوهش راسی و همکارانش (۱۹۹۵)، پروتکل کاهش تتا و افزایش اس‌ام‌آر باعث بهبود چشمگیر حافظه آزمودنی‌ها در تست زمان واکنش آن‌ها شد آموزش نوروفیدبک بر روی آزمودنی‌ها نشان داد با استفاده از پروتکل یادشده (افزایش اس‌ام‌آر و کاهش تتا و بتا در ناحیه Cz) بر بهبود حافظه حرکتی که با تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب سنجیده شد و یک نمونه متفاوت دیگر از تست زمان واکنش به شمار می‌آید، مؤثر می‌باشد (۱۷). دوپل مایر و امیلی وبر (۲۰۱۱)، خلاقیت و توانایی خاص و زمان عکس‌العمل (۱۸)، جن‌جوی و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد حافظه کاری و حافظه ایپزودیک (۱۹)، قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) اثربخشی

به نشان دادن مکان دایره توپر شده است را بر روی صفحه کلید فشار دهد. پاسخ‌ها توسط چهار کلید مشخص شده در صفحه کلید رایانه انتخاب شدند. تا زمانی که آزمودنی به مکان ظاهر شدن محرک روی صفحه‌نمایش از طریق فشردن کلید مربوط به آن مکان روی صفحه کلید پاسخ ندهد، محرک (دایره توپر شده از بین چهار دایره) در صفحه باقی خواهد ماند. زمان عکس‌العمل برای هر پاسخ به‌عنوان نمره عملکرد آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد (۲۷). این الگو، الگویی است که آهار و همکاران (۱۳۹۵)، از آن در تحقیقات خود استفاده کردند (۲۸).

دستگاه نوروفیدبک: در پژوهش حاضر برای ثبت سیگنال مغزی و نیز تمرین نوروفیدبک، دستگاه ده کاناله فلکس کامپ اینفنتی و نرم‌افزار ویژه بیوگراف اینفنتی موجود در دانشگاه علامه طباطبائی استفاده شد (۲۹). طرز کار این دستگاه به‌این‌ترتیب است که الکترودها یا الکترودهایی بر اساس پروتکل مورد استفاده، منطبق با مسئله مورد پژوهش طبق نظام بین‌المللی ۱۰-۲۰ روی پوست سر و لاله‌های گوش توسط چسب مخصوص چسبانیده می‌شود. سپس با کمک تجهیزات رایانه‌ای بر اساس دامنه امواج مغزی فرد (که به میکرو ولت سنجیده می‌شود)، یک فیدبک دیداری یا شنیداری (معمولاً در قالب بازی، تصویر و یا صوت کامپیوتری) به فرد ارائه می‌شود. فرد طی مراحل بالاتر درمی‌یابد که می‌تواند با استفاده از امواج مغزی‌اش، این فیدبک‌ها را کنترل و تنظیم کند (۱۰). تداوم این فرآیند باعث بروز تغییراتی در امواج مغزی و بهبود ناهنجاری‌های آن می‌شود (۱۸). مونسترا و همکاران حساسیت ۰/۸۶ درصد و ویژگی ۰/۹۸ درصد را برای این تکنیک گزارش کرده‌اند (۳۰). چابت و همکاران نیز حساسیت ۰/۹۳ و ویژگی ۰/۸۸ درصد را برای آن به دست آورده‌اند (۳۱).

پروتکل تمرینی پژوهش حاضر برگرفته از جلسات نوروفیدبک به روش دموس بود. هر جلسه قبل و بعد از پروتکل تمرینی دو دقیقه ثبت با چشمان باز و دو دقیقه ثبت با چشمان بسته انجام می‌شد. تا معیار فعلی امواج مغزی آزمودنی مشخص شود. پروتکل تمرینی شامل افزایش موج اس‌ام‌ار، سرکوب موج تتا و سرکوب موج بتا در ناحیه Cz بود. هر جلسه شامل ۳۰ دقیقه تمرین نوروفیدبک بود که کل جلسه با آماده‌سازی محل نصب الکترودها و تنظیمات سیستم ۴۵ دقیقه به طول می‌انجامید.

نتایج

جدول ۱ توصیف داده‌های تحقیق را براساس شاخص‌های آمار توصیفی نشان می‌دهد.

نتایج آزمون t همبسته در متغیر حافظه حرکتی نشان داد که تمرینات نوروفیدبک تاثیر معناداری بر حافظه حرکتی داشت ($p=0/001$). جدول ۲ نتایج این آزمون را نشان می‌دهد.

ابزارهای پژوهش: پرسشنامه سلامت عمومی (GHQ): این پرسشنامه ملاک ورود به آزمون بود. پرسشنامه سلامت عمومی ۲۸ سؤالی توسط گلدبرگ و هیلر (۱۹۷۹) ارائه شده است. روایی و پایایی آن توسط بشارت اعتباریابی شد و این از اعتبار و پایایی قابل قبولی در ایران برخوردار است (۲۶).

نرم‌افزار کرسی بلاک (CBT): این نرم‌افزار در پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد استفاده قرار گرفت. نرم‌افزار کرسی بلاک از آزمون‌هایی است که برای ارزیابی حافظه کوتاه‌مدت فضایی استفاده می‌شود. کار کرسی بلاک تپینگ از اوایل ۱۹۷۰ آغاز شد و بعدها نسخه کامپیوتری این آزمون ساخته شد. این آزمون شامل ۹ بلاک است که در صفحه ظاهر می‌شود. نحوه اجرای تست کرسی بلاک به این صورت است که هر آزمودنی با فشردن دکمه Run یک تست کامل را اجرا می‌کند. اولین آزمون برای آشنایی آزمودنی با محیط آزمون است و آزمودنی باید تست را درست انجام دهد تا بتواند وارد مرحله تست اصلی شود. پس از تست آزمایشی تست‌های مکرر کرسی بلاک آغاز خواهند شد که در این تحقیق ۸ تست از هر آزمودنی گرفته شد. در زمان آغاز تست ۴ بلوک روشن می‌شود و پس از محو شدن آزمودنی باید محل بلوک‌ها را حدس بزند. با هر سه پاسخ متوالی صحیح، یک بلوک در تست بعدی اضافه می‌شود. همچنین اگر ۴ پاسخ ناصحیح متوالی از یک کاربر دریافت شود تست کرسی بلاک در آن مرحله متوقف خواهد شد. اعتبار این آزمون بر اساس یک منطق ساختاری- حاصل از نظریه‌های روان‌شناسی استوار است. نرم‌افزار بر اساس دقت فرد و زمان صرف شده نمره فرد را اعلام می‌نماید (۲۷).

تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب (ASRTT): در این تحقیق برای سنجش حافظه حرکتی از تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب در پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب نوعی سنجش تکلیف زمان عکس‌العمل متناوب می‌باشد که می‌توان با استفاده از آن به کاوش در زمینه حافظه حرکتی پنهان پرداخت. این تکلیف برای اولین بار توسط هوارد و همکاران (۱۹۹۷) مورد استفاده قرار گرفت. این تکلیف بر روی رایانه پنتیوم چهار با صفحه مانیتور ۱۷ اینچ قابل اجرا است. آزمودنی‌ها روی صندلی روبروی مانیتور می‌نشینند و چهار انگشت میانی و اشاره دست چپ و اشاره و میانی دست راست را به ترتیب بر روی کلیدهای (X)، (Z)، (I)، (.) صفحه کلید قرار می‌دهند. در هر کوشش تمرینی، چهار دایره توخالی و سفید رنگ به ترتیب و به‌طور هم‌زمان از سمت چپ به راست روی صفحه کامپیوتر ظاهر می‌شوند. یک مکان اولین دایره در سمت چپ، دو مکان دومین دایره، سه مکان سومین دایره و چهار مکان چهارمین دایره بود که در سمت راست قرار داشت. این دایره‌ها به‌صورت افقی و در یک خط راست قرار دارند. انجام تکلیف بدین‌صورت است که به‌طور ناگهانی یکی از دایره‌ها توپر و سیاه‌رنگ می‌شود و آزمودنی باید بلافاصله کلیدی که مربوط

جدول ۱. داده‌های توصیفی مرتبط با متغیر حافظه حرکتی و حافظه فضایی

تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین	خطای استاندارد	انحراف استاندارد
۱۵	۴۰۸/۳۵	۵۶۷/۴۰	۴۹۱/۷۶	۱۰/۷۲	۴۱/۵۳
۱۵	۲۸۵/۵۵	۴۹۵/۷۰	۳۶۲/۹۸	۱۴/۴۲	۵۵/۸۶
۱۵	۴۹۱۳	۸۵۳۵	۷۱۷۴/۲۶	۲۷۵/۰۶	۱۰۶۵/۳۳
۱۵	۴۳۴۳	۷۵۷۳	۵۲۸۷	۲۲۱/۳۷	۸۵۷/۳۶

جدول ۲. جدول t همبسته مربوط به تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر حافظه حرکتی

میانگین	انحراف استاندارد	حد پایینی	حد بالایی	خطای استاندارد میانگین	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
پیش آزمون- پس آزمون	۱۲۸/۷۸۳	۵۳/۷۸۳	۹۸/۹۹۹	۱۵۸/۵۶	۱۳/۸۸	۹/۲۷۴	۰/۰۰۱

جدول ۳. تأثیر تمرینات نوروفیدبک بر حافظه فضایی

میانگین پیش آزمون	میانگین پس آزمون	کمینه	بیشینه	خطای استاندارد میانگین	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
پیش آزمون- پس آزمون	۱۸۸۷/۲۶	۱۳۶۹/۳۳	۳۵۳/۵۶	۱۱۲۸/۹۵	۲۶۴۵/۵۸	۵/۳۳	۰/۰۰۱

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون حافظه حرکتی آزمودنی‌ها تفاوت معنی‌دار یافت شد ($p=0/001$). این تفاوت همچنین در میانگین عملکرد به‌طور محسوس خود را نشان داد. با توجه به جدول فوق میانگین عملکرد آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون برابر با ۴۹۱/۷۶ و میانگین عملکرد زمان واکنش آزمودنی‌ها در پس‌آزمون برابر با ۳۶۲/۹۸ بوده است. با توجه به اختلاف و کاهش ۱۲۸/۷۶ میلی‌ثانیه در عملکرد که ناشی از بالا رفتن سرعت و کاهش زمان عکس‌العمل بوده است، می‌توان نتیجه گرفت تمرینات نوروفیدبک بر حافظه حرکتی آزمودنی‌ها تأثیر مثبت داشته است.

همچنین نتایج t همبسته در مولفه حافظه فضایی حاکی از اثر مثبت مداخله نوروفیدبک است و نتایج آزمون نشان داد که نوروفیدبک تأثیر معنا داری بر حافظه فضایی دارد ($p=0/001$).

با توجه به اطلاعات جدول ۳ بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون حافظه فضایی آزمودنی‌ها تفاوت معنی‌دار یافت شد. با نگاهی به میانگین عملکرد آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تکلیف کرسی بلاک و نمره عملکرد ۱۸۸۷/۲۶ (واحد میلی‌ثانیه است) در پیش‌آزمون و نمره عملکرد ۱۳۶۹/۳۳ در پس‌آزمون شاهد کاهش محسوس در نمره عملکرد و به عبارتی افزایش سرعت در انجام تکلیف و بازیابی حافظه فضایی کوتاه‌مدت هستیم. بنابراین با توجه به جدول می‌توان نتیجه گرفت تمرینات نوروفیدبک بر حافظه فضایی ورزشکاران تأثیر داشت.

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر تأثیر مثبت تمرینات نوروفیدبک را بر حافظه حرکتی و حافظه فضایی را تأیید نمود. یکی از اعمال قشر حسی-حرکتی تشخیص فضایی و توانایی تشخیص محلی از بدن که حس‌های گوناگون از آنجا نشأت می‌گیرد، انجام حرکات ماهرانه و اعمال ظریف تکراری، مهارت‌های حرکتی خوب، چالاکی، تجزیه تحلیل حسی-حرکتی و جمع‌بندی می‌باشد (۳۲). قشر حسی حرکتی همچنین در رمزگردانی تکالیف فیزیکی و شناختی به قشر مغزی کمک می‌کند. مدارهای مغز که برای نظم دادن، توالی و زمان‌بندی یک عمل ذهنی استفاده می‌شوند، همان‌هایی است که برای نظم دهی، توالی و زمان‌بندی یک عمل فیزیکی

انجام می‌شوند. به‌بیان‌دیگر قشر حسی حرکتی در رهبری فرآیندهای فیزیکی و روانی هر دو به اشتراک عمل می‌کند (۳۳). بنابراین با استناد به نتیجه پژوهش می‌توان این‌گونه استدلال کرد که توانایی تشخیص فضایی و حافظه مهارت‌های حرکتی که در مغز وجود دارد با استفاده از تمرینات نوروفیدبک در نقطه میانی سر که پاسخی آمیخته از هر دو نیمکره چپ و راست را تسهیل می‌کند را می‌توان بهبود بخشید.

همسو با این تحقیق تحقیقات جن‌جوی و همکاران (۲۰۱۶)، دوپل مایر و امیلی وبر (۲۰۱۱)، اگتر و استرمان (۲۰۰۶)، راسی و همکاران (۱۹۹۵)، قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰)، بهرامی و یزدان‌بخش (۲۰۱۷)، آبدان‌زاده و همکاران (۲۰۱۸)، تقی‌زاده، حسینی و اقدسی (۲۰۱۹) و هژبرنیا و طهماسبی (۲۰۱۸) می‌باشد که همه‌ی این موارد نشان‌دهنده تأثیر نوروفیدبک بر انواع حافظه و اعمال شناختی می‌باشند (۳۴، ۲۴-۱۷).

اگتر و استرمان (۳۴)، پژوهشی با عنوان بیوفیدبک EEG به اجزاء باند پایین بتا تأثیرات فرکانسی مشخص بر متغیرهای توجه و پتانسیل‌های وابسته به رویداد مغزی، را بر ۲۵ نفر که به‌طور تصادفی در سه گروه، گروه آموزش پروتکل اس‌ام آر گروه آموزش بتا ۱ و گروه کنترل غیر نوروفیدبک (تکنیک الکساندر) قرار گرفتند، انجام دادند. افراد قبل و بعد از فرآیند آموزش در دو آزمون توجه پایدار، ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که دو گروه آموزش نوروفیدبک اس‌ام آر و بتا منجر به تأثیرات مهم در پروتکل خاص در افراد سالم شد. این داده‌ها می‌توانند چنین تفسیر شوند که یک تأثیر تقویت‌کننده توجه را از آموزش اس‌ام آر و یک تأثیر تقویت‌کننده برانگیختگی را از آموزش بتا نشان می‌دهند، اما در گروه کنترل تغییرات مهم درون‌گروهی هیچ‌یک از متغیرهای ارزیابی‌شده را به نمایش نگذاشت.

دوپل مایر و امیلی وبر (۱۸) تأثیر نوروفیدبک اس‌ام آر و بتا بر خلاقیت و توانایی خاص و زمان عکس‌العمل را در ۴۲ نفر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نوروفیدبک اس‌ام آر نتایج و اثرات مثبتی را در حیطه‌های شناختی مشخص می‌کند. همسو با پژوهش دوپل و امیلی چنین به نظر می‌رسد آموزش نوروفیدبک تأثیر بسزایی در عملکرد شناختی ورزشکاران دارد. اگتر و گروزلیور (۳۵)، پژوهشی با عنوان

سه قشر بدنی، حسی و حرکتی و سینگولا (قشر سینگولا را سطح قشری آمیگدال نیز می‌نامند) تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تمرین این ناحیه از مغز که مرکزی‌ترین نقطه در سطح مغز است به‌نوعی افزایش فعالیت تتا یا بیانگر یک تأخیر رسش در توانایی پردازش‌شناختی (۳۳) یا بیانگر یک انحراف از تحول نرمال (۳۸) می‌باشد. تتا با حواس‌پرتهی، بی‌توجهی، خیال‌یافی، افسردگی و اضطراب ارتباط دارد. با این‌وجود به نظر می‌رسد که افزایش در فعالیت تتای آهسته مشکل‌ساز است و می‌توان از طریق آموزش نوروفیدبک به آن پرداخت. خوب بودن در تکلیف حافظه‌شناختی همچنین با آلفای خط پایه بالا و تتای پایین مرتبط است (۳۸). بخش دیگری از پروتکل این تحقیق، افزایش موج اس‌ام‌آر بود. سلول‌های پیش‌سیناپسی با افزایش مکرر اس‌ام‌آر بیشتر حساس می‌شوند و بنابراین احتمال فعالیت‌های بعدی این سلول‌ها زیاد می‌شود و تمرینات نوروفیدبک با افزایش آستانه تحریک، باعث بهبود در عملکرد حافظه‌ای می‌شود (۳۹). همچنین افزایش موج اس‌ام‌آر تداخل پردازش محرک‌های نامربوط را کاهش می‌دهد و یکپارچگی شناختی محرک‌های مربوط به تکلیف را تسهیل می‌کند (۴۰). اس‌ام‌آر به‌عنوان ریتم آماده به کار در مسیر قشر تالاموسی-حسی-حرکتی است و تمرینات نوروفیدبک منجر به کنترل بهتر این ریتم می‌شود. اس‌ام‌آر مستقیماً بر روی عملکرد بازیابی و رمزگردانی حافظه معنایی تأثیر می‌گذارد (۱۳). بسیاری از تحقیقات نشان‌دهنده این است که بتای بالا با عملکرد بهینه ارتباط دارد و کاهش تتا دارای اهمیتی برابر با کاهش بتای بالاست (۴۱). با وجود اینکه افراد زیادی اظهار داشته‌اند که می‌توانند الگوهای متفاوت امواج مغزی را در صورت لزوم ایجاد کنند، اما کاملاً مطمئن نیستند که این کار را چگونه انجام می‌دهند. این نکته حاکی از آن است که احتمالاً نوروفیدبک متضمن یادگیری ضمنی یا غیر هوشیارانه است (۴۲). نوروفیدبک باعث فراگیری خود‌نظم‌بخشی فعالیت مغز می‌شود. مغز از طریق انبساط و انقباض رگ‌های خونی دریافت خون لازم را کنترل می‌کند و جریان خون در مغز به نواحی خاصی که در این خود‌نظم‌بخشی فعالیت بیشتری دارند، هدایت می‌کند (۱۱).

باید گفت هنوز ابهامات زیادی در مورد تمرینات نوروفیدبک روش‌ها، مدت، تعداد جلسات و نوع تمرینات نوروفیدبک وجود دارد، و هر یک از این فاکتورها می‌تواند به‌تنهایی تأثیر بسزایی در نتیجه پژوهش و متمایز شدن آن از دیگر پژوهش‌ها داشته باشد. چه بسا یک پروتکل یکسان که برای دو نوع آزمودنی مثلاً دارای اختلال و سالم یا یک گروه مبتدی و ماهر مورد استفاده قرار می‌گیرد منتج به نتایج یکسانی نشود، یا میزان تأثیر آن در یک گروه بیشتر از گروه دیگر باشد. تعداد جلساتی که برای تمرین دادن در نظر گرفته می‌شود عامل مهم دیگری در میزان اثربخشی است. آزمودنی‌هایی که تمرینات نوروفیدبک دریافت می‌کنند برای اطمینان از اثربخشی به تعداد جلسات بیشتر (حداقل ۱۲ جلسه) در مقایسه با افراد عادی (حداقل ۸ جلسه) نیاز دارند. مدت‌زمان جلسات و فاصله بین جلسات دو عامل مهم دیگری هستند که نتیجه یک پژوهش را کنترل می‌کنند، چه بسا که در اثر فاصله بیش‌ازحد بین جلسات اثر تمرین خنثی‌شده و نتیجه مطلوب حاصل نگردد. به‌طور خلاصه نوظهور بودن این روش و درعین‌حال هزینه بالا در مقایسه با روش‌های معمول، پیچیدگی کارکردهای مغزی و اطلاعات اندک از این فرآیندها و از همه

بیوفیدبک EEG به اجزاء باند پایین بتا تأثیرات فرکانسی مشخص بر متغیرهای توجه و پتانسیل‌های وابسته به رویداد مغزی، را بر ۲۵ نفر که به‌طور تصادفی در سه گروه، گروه آموزش پروتکل اس‌ام‌آر گروه آموزش بتا و گروه کنترل غیر نوروفیدبک (تکنیک الکساندر) قرار گرفتند، انجام دادند. افراد قبل و بعد از فرآیند آموزش در دو آزمون توجه پایدار، ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که دو گروه آموزش نوروفیدبک اس‌ام‌آر و بتا ۱ منجر به تأثیرات مهم در پروتکل خاص در افراد سالم شد. این داده‌ها می‌توانند چنین تفسیر شوند که یک تأثیر تقویت‌کننده توجه را از آموزش اس‌ام‌آر و یک تأثیر تقویت‌کننده برانگیختگی را از آموزش بتا ۱ نشان می‌دهند اما در گروه کنترل تغییرات مهم درون‌گروهی هیچ‌یک از متغیرهای ارزیابی‌شده را به نمایش نگذاشت.

جن جوی و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر NFT آلفا را بر عملکرد حافظه کاری و حافظه ایپزودیک مورد بررسی قرار دادند. ریتم آلفا در منطقه فرونتوپاریتال با حافظه، هوش و وضعیت آسیب‌شناسی افراد سالم در ارتباط است. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه ۸ نفره شامل گروه آزمایش و گروه کنترل جایگزین شدند. گرچه گروه کنترل تغییری در دامنه و طول آلفا داشت. در مقابل گروه آزمایش بهبود معنادار و پیشرفت قابل توجهی در دامنه آلفا و طول آلفای کل منطقه فرونتوپاریتال را نشان داد. هر دو متغیر حافظه ایپزودیک و حافظه کاری به‌طور قابل توجهی بهبود یافت. این مطالعه شواهد حمایتی برای توانایی آلفا در بهبود حافظه ایپزودیک و حافظه کاری فراهم می‌کند (۱۹). علاوه بر آن قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند حافظه بینایی و حافظه کاری تحت تأثیر تمرینات نوروفیدبک بهبود می‌یابد (۲۰). نتایج پژوهش آنها، بهبود چشمگیری در حافظه بینایی و همچنین افزایش ریتم حسی-حرکتی که باعث کاهش چشمگیر زمان واکنش در گروه آزمایش بود را نیز نشان داد (۲۰). بر اساس این تحقیقات می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات نوروفیدبک می‌تواند بر انواع حافظه بسیار اثربخش باشد. هژرنیا و طهماسبی (۲۰۱۸) تأثیر تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر افزایش موج اس‌ام‌آر و کاهش موج بتا را بر بهبود حافظه بینایی و فضایی مطالعه کردند و در نتیجه دریافتند که می‌توان تمرینات نوروفیدبک را به‌عنوان ابزار مفیدی برای ارتقای توانایی‌های شناختی از جمله حافظه در نظر گرفت (۲۴). با استفاده از این یافته‌ها می‌توان گفت که نوروفیدبک به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای ارتقای توانایی‌های شناختی و کارکردهای ذهنی مؤثر واقع می‌شود. از آنجایی که نتایج تحقیق تقی‌زاده، حسینی و اقدسی (۲۳) تأثیر مثبت تمرین نوروفیدبک ریتم حسی-حرکتی را بر عملکرد بازیکنان تنیس روی میز مورد توجه قرار دادند با استفاده از پروتکل‌های نوروفیدبک می‌توان عملکرد حرکتی را نیز بهبود بخشید.

پروتکل مورد استفاده سرکوب تتا (۴-۷) در ناحیه Cz بود. Cz در ناحیه ورتکس و در مرکز سر و در ناحیه قشر حسی-حرکتی قرار گرفته است. انجام حرکات ماهرانه، اعمال ظریف و تجزیه تحلیل حسی-حرکتی از جمله وظایف این منطقه از مغز است. آموزش در نقطه میانی (Cz) پاسخ‌های آمیخته را تسهیل می‌کند. آموزش در قشر حسی حرکتی نیمکره راست (C4) می‌تواند احساسات، هیجانات یا آرام بودن را فراخواند، همچنین آموزش در قشر حسی حرکتی نیمکره چپ (C3) با درک توالی منطقی تکالیف شناختی در ارتباط است. با تمرین Cz هر

14. Strack, Benjamin, M. Linden and Vietta Wilson. *Biofeedback & Neurofeedback Applications in Sport Psychology*. 2011.
15. Evans JR, Abarbanel A, editors. *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. Elsevier; 1999.
16. Domingos C, Peralta M, Prazeres P, Nan W, Rosa A, Pereira JG. Session Frequency Matters in Neurofeedback Training of Athletes. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2021;1:0.
17. Rasey H, Lubar JF, McIntyre A, Zoffuto A, Abbott PL. EEG biofeedback for the enhancement of attentional processing in normal college students. *Journal of Neurotherapy* 1995;1:15-21.
18. Doppelmayr M, Weber E. Effects of SMR and theta/beta neurofeedback on reaction times, spatial abilities, and creativity. *Journal of Neurotherapy* 2011;15:115-29.
19. Jen-Jui Hsueh, Tzu-Shan Chen, Jin-Jin Chen, and Fu-Zen Shaw. Neurofeedback Training of EEG Alpha Rhythm Enhances Episodic and Working Memory. *Haman Brain Mapping* 2016.
20. Golizadeh Z, Babapour J, Rostami R, Beyrami M, Poursharifi H. Effects of neurofeedback on working memory. *Journal Of Psychology* 2011;5:87-100. [In Persian]
21. Bahrami S, Yazdanbakhsh K. Effects of Neurofeedback on improvement auditory memory in students of Islamic Azad University of Kermanshah. *Zanko Journal of Medical Sciences* 2017;17:68-78.
22. Abedanzadeh R, Shetab Boushehri N, Alboghebeysh S, Rezaeemanesh S, Barati P. Effect of Selected Beta/Theta Neurofeedback Training on Static and Dynamic Balance in the Elderly in Ahvaz City (Iran). *Qom University of Medical Sciences Journal* 2018;11:95-103.
23. Taghizadeh f, Hosseini F, Aghdasi, M. Effect of SMR Neurofeedback Training on Performance of Table Tennis Players. *Journal of Sport Psychology Studens* 2019;27:55-66.
24. Hojabrnia R, Tahmasebi Boroujeni Sh. Improvement of Visual and Spatial Memory as a Result of Neurofeedback with an Emphasis in Decreasing Beta Wave and Increasing SMR Wave. *Neuroscychology* 2018;4.
25. Parsons B, Faubert J. Enhancing learning in a perceptual-cognitive training paradigm using EEG-neurofeedback. *Scientific Reports* 2021;11:1-0.
26. Besharat MA. Reliability and Validity of a short form of the Mental Health Inventory in an Iranian population. *Iran J Forensic Med* 2009;15:87-91.
27. Corsi P. Memory and the medial temporal region of the brain. Unpublished doctoral dissertation), McGill University, Montreal, QB. 1972.
28. Ahar S, Aslankhani MA, Zareian E. Effect of Different Offline Periods on Consolidation Process Based on Stability in Implicit Motor Memory of Veteran and Disabled Athletes. *Iranian Journal of War and Public Health* 2016;8:67-73.
29. Lawrence JT. *Neurofeedback and your brain: A beginner's manual*. New York: Faculty, NYU medical center & brain research lab 2002.

مهم‌تر سوابق تحقیق اندک، تفسیر یافته‌های تحقیق در این زمینه را مشکل می‌کند. با توجه به نتایج تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود، تمرین نوروفیدبک می‌تواند به‌عنوان یک برنامه تمرینی مکمل در کنار دیگر برنامه‌های تمرینی ورزشکاران باشد تا موفقیت بیشتر فرد را جهت حافظه حرکتی و حافظه فضایی و کوتاه‌تر شدن زمان عکس‌العمل در پی داشته باشد. علاوه بر آن اثربخشی این متد در ورزشکاران مورد بررسی قرار گیرد و با توجه به این‌که که رشته‌های ورزشی مختلف نیازهای شناختی متفاوتی دارند، می‌توان با بررسی ویژگی‌های الکتروانسفالوگرافی ورزشکاران رشته‌های ورزشی مختلف، پروتکل‌های نوروفیدبک خاص هر رشته ورزشی و مؤثرترین پروتکل‌ها برای بهبود اجرا در هر رشته ورزشی مشخص شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

1. Hammond DC. What is neurofeedback?. *Journal of Neurotherapy* 2007;10:25-36.
2. Baddeley A. Working memory, thought, and action. OUP Oxford; 2007.
3. Johnson EA, Adamo-Villani N. A study of the effects of immersion on short-term spatial memory. *Engineering and Technology* 2010;71:582-587.
4. Edwards WH. Motor learning and control: From theory to practice. Cengage Learning 2010.
5. Ofengenden T. Memory formation and belief. *Dialogues in Philosophy, Mental and Neuro Sciences* 2014;7:34-44.
6. Foster JK, Lidder PG, Sünram SI. Glucose and memory: fractionation of enhancement effects?. *Psychopharmacology* 1998;137:259-70.
7. Yaroshevich AO. Prosopon interface conception 2018;302. [In Russian]
8. Edwards WH. Motor learning and control: From theory to practice. Cengage Learning 2010.
9. Larsen S, Sherlin L. Neurofeedback: an emerging technology for treating central nervous system dysregulation. *Psychiatric Clinics* 2013;36:163-8.
10. Kaiser DA, Othmer S. Effect of neurofeedback on variables of attention in a large multi-center trial. *Journal of Neurotherapy* 2000;4:5-15.
11. Gunkelman JD, Johnstone J. Neurofeedback and the brain. *Journal of Adult Development* 2005;12:93-8.
12. Lubar JF. Neocortical dynamics: Implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 1997;22:111-26.
13. Vernon D, Egner T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, Gruzelier J. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology* 2003;47:75-85.

30. Monastra VJ, Lubar JF, Linden M, VanDeusen P, Green G, Wing W, et al. Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: An initial validation study. *Neuropsychology* 1999;13:424.
31. Chabot RJ, Serfontein G. Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biological Psychiatry* 1996;40:951-63.
32. Demos JN. Getting started with neurofeedback. WW Norton & Company 2005.
33. Ratey JJ. A user's guide to the brain: Perception, attention, and the four theatres of the brain. Vintage 2001.
34. Egner T, Serman MB. Neurofeedback treatment of epilepsy: from basic rationale to practical application. *Expert Review of Neurotherapeutics* 2006;6:247-57.
35. Gruzelier J, Egner T. Critical validation studies of neurofeedback. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics* 2005;14:83-104.
36. Mann CA, Lubar JF, Zimmerman AW, Miller CA, Muenchen RA. Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: controlled study with clinical implications. *Pediatric Neurology* 1992;8:30-6.
37. Chabot RJ, di Michele F, Pritchep L, John ER. The clinical role of computerized EEG in the evaluation and treatment of learning and attention disorders in children and adolescents. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* 2001;13:171-86.
38. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews* 1999;29:169-95.
39. Ensafi E, Rostami R, Dolatshahi B, Poursharifi H, Nouri M. The effectiveness of neurofeedback on the working memory in children with ADHD. *Pract Clin Psychol* 2014;2:128-34.
40. Gruzelier J, Egner T. Critical validation studies of neurofeedback. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics* 2005;14:83-104.
41. Naeinian M, Babapur J, Shaeiri M, Rostami R. The effect of neurofeedback training on the decrement of generalized anxiety disorder (GAD) symptoms and patients quality of life. *Journal of Scientific Research Sychology Tabriz University* 2009.
42. Vernon D, Frick A, Gruzelier J. Neurofeedback as a treatment for ADHD: A methodological review with implications for future research. *Journal of Neurotherapy* 2004;8:53-82.