

بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا و

افزایش موج SMR

راضیه هژبرنیا^۱، *شاهزاد طهماسبی بروجنی^۲

۱. دانشجوی دکتری یادگیری حرکتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار رفتار حرکتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ وصول: ۹۷/۰۵/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۰۵)

Improvement of Visual and Spatial Memory as a Result of Neurofeedback with an Emphasis on Decreasing Beta Wave and Increasing SMR WaveRazieh Hojabrnia¹, *Shahzad Tahmasebi Boroujeni²

1. Ph.D. Student of Motor Behavior, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Associate Professor of Motor Behavior, University of Tehran, Tehran, Iran.

(Received: Aug. 02, 2018 - Accepted: Aug. 27, 2018)

Abstract

چکیده

Aim: Neurofeedback training is known as a useful and inexpensive tool for enhancing and improving in memory types, however, its effect on the visual and spatial memory has not been investigated yet. Therefore, the aim of this study was to improve visual and spatial memory because of neurofeedback training with an emphasis on decreasing beta wave and increasing SMR wave. **Method:** The present study's design was a within group with a pre-test post-test method. The research method was semi-experimental and in terms of purpose was applied. To did this research, 11 students (mean age: 27.63 ± 2.76) participated voluntarily in this study. By obtaining informed consent, the visual memory pre-test was first taken from the subjects through short-term visual test of the Vienna and spatial memory through the LM-01 spatial memory device. Then subjects perform for 5 sessions of neurofeedback training protocol with an emphasis on decreasing beta wave and increasing SMR wave. After training completion, the post-test was done. The data were analyzed by paired t-test at a significant level of $p \leq 0.05$. **Results:** The results showed that neurofeedback training significantly improved visual memory ($P \leq 0.020$) and spatial memory ($P \leq 0.013$). **Conclusion:** Therefore, neurofeedback training can be considered as useful tools for improving cognitive abilities such as memory.

Keywords: Neurofeedback, Short-term Visual Memory, Spatial Memory, Sensory-Motor Rhythm, Beta Wave.

مقدمه: تمرینات نوروفیدبک به عنوان یک ابزار مفید و ارزان برای تقویت و افزایش بهبود در انواع حافظه شناخته شده است، با این حال تاکنون تأثیر آن بر حافظه بینایی و فضایی بررسی نشده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا و افزایش موج SMR بود. **روش:** طرح تحقیق حاضر از نوع درون گروهی و به صورت پیش آزمون - پس آزمون، روش پژوهش از نوع نیمه تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. جهت انجام این پژوهش، ۱۱ دانشجو (میانگین سنی 27.63 ± 2.76) به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. با کسب رضایت نامه آگاهانه، ابتدا پیش آزمون حافظه بینایی از طریق آزمون حافظه کوتاه مدت بینایی دستگاه وینا و حافظه فضایی از طریق دستگاه حافظه فضایی مدل LM-01 از آزمودنی ها گرفته شد. سپس آزمودنی ها به مدت ۵ جلسه به تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر پروتکل کاهش موج بتا و افزایش موج SMR پرداختند. با اتمام تمرینات پس آزمون به عمل آمد. داده ها از طریق آزمون تی همبسته در سطح معنی داری $P \leq 0.05$ تحلیل شد. **یافته ها:** نتایج نشان داد که تمرینات نوروفیدبک موجب بهبود معنی دار حافظه بینایی ($P \leq 0.020$) و نیز حافظه فضایی ($P \leq 0.013$) شد. **نتیجه گیری:** بنابراین می توان تمرینات نوروفیدبک را به عنوان ابزاری مفید برای ارتقای توانایی های شناختی مانند حافظه در نظر گرفت.

واژگان کلیدی: نوروفیدبک، حافظه کوتاه مدت بینایی، حافظه فضایی، ریتم حسی - حرکتی، موج بتا.

کنل، هورن و کارول^۵ پردازش بینایی را یک توانایی پایه معرفی کردند که به عنوان "توانایی ایجاد، ذخیره، بازیابی و انتقال تصاویر و حس‌های بینایی" تعریف می‌شود (نقل از مک‌گرو^۶، ۲۰۰۹). علاوه بر این، مطالعات نقشه‌برداری عصبی^۷ نشان می‌دهند که توانایی بینایی فضایی و حافظه کاری هر دو مناطقی از مغز را که در ارتباط با یکدیگر هستند فعال می‌کنند (گلاچر و همکاران^۸، ۲۰۱۰). ظرفیت حافظه بینایی ۳ تا ۴ آیتم است (وگل، وودمن و لاک^۹، ۲۰۰۱). این آیتم‌ها در حافظه کاری بینایی به عنوان یک آیتم یکپارچه می‌شوند. به این معنی که رنگ و ویژگی‌های اشیاء به عنوان یک ویژگی به یاد آورده می‌شوند. بعضی از محققان محدودیت ۴ آیتم را برای حافظه بینایی مورد سوال قرار داده‌اند و دریافتند که ظرفیت حافظه کاری بینایی با توجه به مقدار و پیچیدگی اشیاء تعیین می‌شود (الوارز و کاواناق^{۱۰}، ۲۰۰۴؛ انگ، چن و جیانگ^{۱۱}، ۲۰۰۵).

نوع دیگر حافظه، حافظه فضایی^{۱۲} است. حافظه فضایی بخشی از حافظه است که مسئول ثبت اطلاعات درباره محیط اطراف فرد و

حافظه مفهوم پیچیده، مبهم و گسترده‌ای است که بر تمام رفتارهای فردی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد، به طوری که هیچ رفتاری بدون تأثیر گرفتن از آن متصور نیست و مفهومی است که برای ذخیره و کدگذاری اطلاعات، تفکر، استدلال، تحلیل، سازماندهی، ارزیابی، بازیابی و سایر فعالیت‌های شناختی و فراشناختی ضروری است. به نظر مایر^۱ (۲۰۰۷)، حافظه فرآیندی ذهنی و شامل توانایی ذخیره و رمزگردانی (در حال)، بازخوانی و یادآوری (در آینده) و پردازش (در حال و آینده) موضوع‌هاست (نقل از هژبرنیا، ۱۳۹۲). به عبارت دیگر، حافظه قابلیت کسب، نگهداری و بازیابی اطلاعات است که به طرق مختلف طبقه‌بندی می‌گردد. در واقع حافظه فرآیندی است که توسط آن اطلاعات اکتسابی از طریق یادگیری ذخیره شده و مجدداً بازخوانی می‌شوند (عالیوند، ۱۳۹۵).

در طول تاریخ روان‌شناسی در حوزه حافظه، تقسیم‌بندی‌های بسیاری ارائه شده است. یکی از انواع حافظه، حافظه بینایی^۲ است. حافظه بینایی می‌تواند یک جزء از حافظه کاری^۳ توصیف شود و اغلب به عنوان حافظه کاری بینایی معرفی می‌شود. حافظه کاری بینایی را بدلی و هیچ^۴ (۱۹۷۴)، معرفی کردند.

5. Cattell - Horn - Carroll
6. MacGraw
7. Mapping nervous
8. Gläscher
9. Vogel, Woodman & Luck
10. Alvarez & Cavanagh
11. Eng, Chen, Jiang
12. Spatial memory

1. Maueir
2. Visual memory
3. Working memory
4. Baddeley and Hitch's

نوروفیدبک از جمله روش‌های آموزشی و درمان‌گری است به طوری که در فرایند شرطی‌سازی فرد می‌تواند یاد بگیرد تا عامل فعالیت الکتریکی مغزش را تغییر دهد (زوفل، هوستر و هرمان^۷، ۲۰۱۱). این شیوه روشی غیرتهاجمی و بدون درد است که طی آن حس گرهایی (الکتروود) به سر بیمار متصل می‌گردد و ریتم‌ها و فرکانس‌های نابهنجار به ریتم‌ها و فرکانس‌های بهنچار تبدیل و به دنبال آن فرایندهای روان‌شناختی نابهنجار به فرایندهای روان‌شناختی بهنچار تغییر می‌یابد (گونکلمن و جانستون^۸، ۲۰۰۵؛ کیسر و اوتمر^۹، ۲۰۰۰). این روش با استفاده از ابزار متصل به بدن، اطلاعاتی درباره عملکردهای زیست‌شناختی بدن به فرد ارائه می‌کند (فرناندز و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۳).

نوروفیدبک به وسیله ثبت الکتروآنسفالوگرافی (EEG)^{۱۱} از طریق الکترودهای روی پوست سر و بازخوردهای آن به شخص، از طریق صفحه نمایش کامپیوتر انجام می‌شود. به این نحو که با تغییر وضعیت فکری شخص، دامنه سیگنال EEG در فرکانس‌های مختلف تغییر کرده و این تغییر، به طور هم‌زمان به شکل‌های مختلفی روی صفحه مانیتور نمایش داده می‌شود و از این طریق شخص به منظور رسیدن به اهداف از پیش

جایگاهی‌های فضایی است. قابل ذکر است که حافظه‌های فضایی افراد یا حیوانات در قالب نقشه شناختی^۱ خلاصه می‌شوند (کاندل^۲، ۱۹۹۱).

هیپوکامپ^۳ جایگاهی است که یک نقشه شناختی از نواحی فضایی که در آن حرکت انجام می‌شود را رمزگذاری می‌کند. سلول‌هایی که این خصوصیات فضایی را رمزگذاری می‌کنند اصطلاحاً "سلول‌های مکانی"^۴ اطلاق می‌شوند و وقتی جاندار در قسمتی از محیط پیرامونش حرکت می‌کند؛ هر سلول به حد مطلوبی فعال می‌شود. بدین صورت، جاندار یک حوزه مکانی یا یک بازنمایی درونی از فضایی که در آن زندگی می‌کند، ایجاد می‌کند (کاندل، ۱۹۹۱؛ دوسترووسکی^۵، ۱۹۷۱).

به سبب نقش و اهمیت حافظه در زندگی و رفتار روزمره، روش‌ها و تکنیک‌هایی که بتوانند حافظه را بهبود بخشند از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در این میان نوروفیدبک^۶، یکی از تکنیک‌های نوین است که اخیراً جهت تقویت حافظه مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان ابزار مناسبی برای بهبود فرایندهای شناختی شناخته شده است (قلی‌زاده، باباپور، رستمی، بیرامی و پورشریفی، ۲۰۱۰).

7. Zoefel, Huster & Herrmann
8. Gunkelman & Johnstone
9. Kaiser, Othmer
10. Fernandez
11. Electro Encephalo Graphy

1. Cognitive map
2. Kandel
3. Hippocampus
4. Place cells
5. Dostrovsky
6. Neurofeedback

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه‌بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج‌بنا...

تعداد تحقیقات زیادی، ریتم تتا (بورگس و گرازلیر^۳، ۲۰۰۰؛ کروس و همکاران^۴، ۲۰۰۰)، آلفا آلفا (جنسن، گلغانده، کونیوس و لیسن^۵، ۲۰۰۲؛ جوکسیچ^۶ و جنسن، ۲۰۰۷؛ تولادهار و همکاران^۷، همکاران^۸، ۲۰۰۷)، بتا (دیموس^۹، ۲۰۰۵)، گاما (هاوارد و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۳؛ کیسر، ورنمت و هومل^{۱۱}، ۲۰۱۰؛ لوتزنبرگر، ریپر، بووس، بیرومر و کیسر^{۱۱}، ۲۰۰۲) و SMR (هارمان و کامرون^{۱۲}، ۲۰۰۵؛ ورنون^{۱۳}، ۲۰۰۳؛ قشونی و همکاران، ۱۳۹۱) مرتبط با حافظه معرفی شده‌اند.

با توجه به تحقیقات بی‌شمار انجام شده در خصوص حافظه و ارتباط آن با سیگنال‌های مغزی، هنوز در خصوص انتخاب ریتم مرتبط با حافظه اختلاف نظر وجود دارد، که از دلایل آن پیچیدگی ساختار حافظه و تاثیر عوامل مختلف شناختی مثل روحیه، میزان هوش و میزان توجه فرد بر روی حافظه است قشونی و همکاران (۱۳۹۱).

از میان امواج مختلف EEG پژوهش‌های اخیر نشان داده است که فعالیت ریتم حسی _ حرکتی (SMR) (۱۲ تا ۱۵ هرتز) موجب تغییر در EEG و بهبود چشمگیری در تمرکز توجه و

تعیین شده برای تغییر الگوهای سیگنال مغزی خود تلاش می‌کند (قشونی، فیروزآبادی، هاشمی گلپایگانی و خلیل‌زاده، ۱۳۹۱).

امواج مغزی ثبت شده توسط EEG بر حسب فرکانس به شش دسته متفاوت تقسیم‌بندی می‌شوند. این شش دسته از بلندترین و آهسته‌ترین تا کوتاه‌ترین و سریع‌ترین به ترتیب عبارتند از دلتا (۱ تا ۳ هرتز)، تتا (۴ تا ۷ هرتز)، آلفا (۸ تا ۱۳ هرتز)، SMR^۱ (۱۲ تا ۱۵ هرتز)، بتا (۱۴ تا ۳۲ هرتز) و گاما (۳۳ تا ۴۲ هرتز). امواج دلتا زمانی که فرد در خواب عمیق است و تتا زمانی که فرد در حالت خواب نسبتاً سبک‌تری است مشاهده می‌شود. فعالیت آلفا معمولاً زمانی به حداکثر می‌رسد که فرد بیدار و نسبتاً در حال آرامش است، موج SMR نشان‌دهنده آرام بودن سیستم حرکتی، در اجرای مناسب حرکات حسی _ حرکتی است، بتا زمانی دیده می‌شود که فرد فعالیت عقلانی، کانونی کردن توجه و وضعیت گوش بزنگی دارد و گاما به سازماندهی مغز و افزایش یادگیری کمک می‌دهد (مگیل و اندرسون^۱، ۲۰۰۷).

تاکنون در ارتباط با حافظه و سیگنال‌های مغزی تحقیقات زیادی انجام شده است و ارتباط بین حافظه با ریتم‌های مختلف سیگنال مغزی در طی فرایندهای به خاطر سپاری و فراخوانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در

3. Burgess & Gruzelier
4. Krause
5. Jensen, Gelfand, Kounios & Lisman
6. Jokisch
7. Tuladhar
8. Demos
9. Howard
10. Keizer, Verment & Hommel
11. Lutzenberger, Ripper, Busse, Birbaume
12. Cameron
13. Vernon

1. Sensory Motor Rhythm
2. Magill & Anderson

حافظه کاری معنایی^۱ (کیسر و همکاران، ۲۰۱۰؛ ورنون و همکاران، ۲۰۰۳) کاهش معنی‌دار در زمان واکنش ساده و انتخابی و افزایش در تکلیف فضایی می‌شود (داپلمایر و وبر^۲، ۲۰۱۱). (۲۰۱۱). تحقیقات گذشته حاکی از سودمندی نوروفیدبک بر حافظه کاری (قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰؛ انصافی، رستمی، دولت‌شاهی و پورشریفی، ۲۰۱۴)، عملکرد شناختی و کاهش زمان واکنش (نبوی، نادری، حیدری، احدی و محمدی، ۲۰۱۳)، یادگیری و توجه (هاشمیان، فرخی، میری‌فر، کیهانی و سجادی، ۲۰۱۳؛ ونگ و سیا، ۲۰۱۳)، حافظه شنیداری^۳ (بهرامی و یزدانبخش، ۲۰۱۷)، حافظه ضمنی^۴ (سیا، چن و شاو^۵، ۲۰۱۶؛ روزنگورت، شتوتس، شریف، سادکا و لوی^۶، ۲۰۱۷)، چرخش ذهنی (هانس مایر، سوسنگ، داپلمایر، شوبوس و کلیمسج^۷، ۲۰۰۵) و حافظه فعال افراد دارای اختلال نقص توجه / بیش‌فعالی، افراد نارسا خوان، بیماران سخته مغزی و بیماران آلزایمری بوده است (شریفی، لاجوردی، نظری و قربانی، ۲۰۱۴؛ قشونی و همکاران، ۱۳۹۱؛ علیدوستی و عسگری، ۲۰۱۶؛ حیدری‌نسب، مدنی، یعقوبی، رستمی و کاظمی، ۲۰۱۶).

با وجود آنکه امروزه تحقیقات بسیاری به تأثیر نوروفیدبک بر کارکردهای شناختی پرداخته‌اند (قشونی و همکاران، ۱۳۹۱)، اما اثر بخشی نوروفیدبک بر بهبود حافظه فضایی و بینایی مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به خلأ پژوهشی اشاره شده، جایگاه و اهمیت حافظه در فرایند یادگیری انسان‌ها و نقش تقویت حافظه در افزایش توانمندی و یادگیری که می‌تواند سبب بهبود کارایی و عملکرد فردی گردد؛ ضرورت انجام این پژوهش دیده می‌شود. لذا مطالعه حاضر درصدد بررسی این موضوع است که آیا مداخله نوروفیدبک بر حافظه بینایی و فضایی دانشجویان، اثر مثبتی دارد؟

روش

طرح تحقیق حاضر از نوع درون‌گروهی به‌صورت پیش‌آزمون - پس‌آزمون، روش پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. با استفاده از نرم‌افزار G-Power، با توان آزمون ۰/۸، اندازه اثر ۰/۸ و سطح خطای ۰/۰۵ حجم نمونه ۱۱ نفر تعیین شد. شرکت‌کنندگان از دانشجویان دانشگاه تهران (۲/۷۶ ± ۲۷/۳۶) بودند که به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. جنبه‌های اخلاقی که در این پژوهش رعایت شد، شامل دادن اختیار همکاری در مطالعه به شرکت‌کنندگان و کسب رضایت آگاهانه از آن‌ها و همچنین محفوظ نگه داشتن اطلاعات افراد شرکت‌کننده در مطالعه و

1. Semantic Working Memory
2. Doppelmayr & Weber
3. Auditory Memory
4. Implicit Memory
5. Hsueh, Chen, Chen & Shaw
6. Rozenfurt, Shtoots, Sheriff, Sadka & Levy
7. Hanslmayr, Sauseng, Doppelmayr, Schabus & Klimesch

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج‌بنا...

آزمودنی‌ها بازخورد صحت پاسخ خود را دریافت می‌کنند. در این آزمون ۳ مرحله کوشش تمرینی و پس از آن ۳۰ کوشش تکلیف اصلی وجود دارد. سپس اطلاعات مربوط به هر فرد ثبت و ذخیره می‌شود. در این آزمون مدت زمان کل آزمون، عملکرد فرد براساس رتبه درصدی و نمره تی، تعداد کوشش‌های غلط و درست، مدت زمان انجام هر کوشش، سطح دشواری هر کوشش و سطح اطمینان نسبی گزارش می‌شود. در پژوهش حاضر تعداد کوشش‌های درست و غلط هر آزمودنی گزارش شده است. طبق دستورالعمل موجود برای دستگاه وینا و آزمون حافظه بینایی کوتاه مدت آن، پایایی این آزمون $r=0/84$ گزارش شده است و اعتبار این آزمون براساس یک منطق ساختاری حاصل از نظریه های روان‌شناسی استوار است.

دستگاه حافظه فضایی: برای سنجش حافظه فضایی، از دستگاه حرکت خطی (مدل LM-01) استفاده شد که در دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه تهران طراحی و ساخته شده است. این دستگاه شبیه یک قطعه چوب اندازه‌گیری است که شامل یک دستگیره سوار شده بر روی لوله است. آزمودنی ابتدا با چشمان باز دستگیره را چندین بار تا یک مانع مشخص که در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از نقطه شروع قرار دارد، حرکت می‌دهد. سپس در حالی که چشمانش بسته است (از چشم بند استفاده می‌شود)، از او خواسته می‌شود تا بدون

دادن اطمینان به آنان در خصوص محرمانه بودن اطلاعات آنان بود.

ابزار مورد استفاده در این پژوهش، آزمون کوتاه مدت حافظه بینایی وینا، دستگاه حافظه فضایی مدل (LM-01) و دستگاه نوروفیدبک جهت انجام تمرینات بود.

آزمون کوتاه مدت حافظه بینایی از دستگاه وینا:

دستگاه وینا مجموعه‌ای از برنامه‌های کامپیوتری برای آزمون‌های روان‌شناختی است که توسط شرکت Schuhfried Vienna Test System ساخته شده است. آزمون‌های طراحی شده در آن دامنه وسیعی از سنجش‌های توانایی عمومی، اختصاصی، ساختار شخصیت، علاقه و انگیزش و آزمون‌های بالینی است. مجموعه این آزمون‌ها در بررسی‌های بالینی و تحقیقاتی کاربرد دارد. در این پژوهش از آزمون حافظه بینایی استفاده شد. این آزمون عملکرد حافظه بینایی را اندازه‌گیری می‌کند. آزمودنی‌ها در ابتدا با یک نقشه بر روی مانیتور روبرو می‌شوند که در آن مکان‌های مشخص با نمادهایی علامت‌گذاری شده‌اند. آزمودنی‌ها بایستی موقعیت نمادها را به خاطر سپرده و پس از آن را به درستی به یاد بیاورند. که با یک نقشه بدون نمادها از آزمودنی‌ها درخواست پاسخ برای نشان دادن موقعیت مکانی نمادها می‌شود. به محض این که آزمودنی‌ها مکان نماد را بر روی نقشه مشخص کردند، موقعیت واقعی نماد مورد نظر نمایش داده می‌شود، بدین ترتیب

تمرینات طی یک دوره ۵ روزه (هر روز به مدت ۳۰ دقیقه) انجام شد (زوفل و همکاران^۲، ۲۰۱۱).

پس از کسب رضایت و اعلام آمادگی کامل آزمودنی‌ها جهت شرکت در مدت زمان مداخله، آزمون حافظهٔ بینایی فرم کوتاه در نرم‌افزار وینا و حافظه فضایی با استفاده از دستگاه خطی مدل (LM-01) به صورت پیش‌آزمون از آزمودنی‌ها گرفته شد. پس از آن آزمودنی‌ها تحت مداخلهٔ نوروفیدبک با پروتکل ذکر شده (تأکید بر کاهش موج بتا و افزایش موج SMR) قرار گرفتند؛ این برنامه آموزشی توسط پژوهشگر و به مدت ۵ جلسه تمرینی اجرا شد (زوفل و همکاران، ۲۰۱۱). پس از اتمام جلسات، افراد مجدداً با آزمون حافظه بینایی و حافظه فضایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جهت تحلیل داده‌ها از روش آماری در دو سطح آمار توصیفی شامل: میانگین و انحراف معیار متغیرهای توصیفی و آمار استنباطی آزمون تی همبسته برای بررسی تأثیر مداخله انجام شده، استفاده شد. به منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها، آزمون آماری شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها آمارهٔ لوین مورد استفاده قرار گرفت. مقدار خطا در سطح معنی‌داری ($P \leq 0.05$) در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

وجود مانع و با انجام ۳ کوشش، مکان حرکات خود را به یاد آورد و آن را اجرا کند. دستگاه حرکت خطی نیز فاصله‌ای را که آزمودنی، دستگیره دستگاه را در سراسر لوله به حرکت در می‌آورد (بر حسب میلی‌متر) ثبت می‌کند. در نهایت، عملکرد آزمودنی به امتیازات خطای میانگین، تبدیل می‌شود (رودسیل^۱، ۲۰۰۲). قابل ذکر است که روایی صوری دستگاه توسط متخصصان مورد تایید واقع شده است و در بعد فضایی و زمانی، دارای پایایی نسبتاً مناسبی است (به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۵۱) (زارعیان، رازدان و طهماسبی بروجنی، ۲۰۱۶).

دستگاه نوروفیدبک: تمرینات نوروفیدبک توسط دستگاه ewave8d از شرکت biofeedback system Science Beam انجام شد. برای همه شرکت‌کنندگان الکترودها در مناطق C3 و C4 و مرجع در گوش چپ و الکتروود زمین در گوش راست قرار داده شد. موج‌های مورد استفاده در این تمرینات با توجه به پروتکل ساخته شده جهت تقویت حافظه بینایی و فضایی کاهش موج بتا و افزایش موج SMR بودند. در ابتدا از هر آزمودنی، نوار خام مغزی گرفته شد تا معیار فعلی امواج مغزی وی مشخص شود. در مرحله بعد، امواجی که باید تقویت یا بازداری شوند، شناسایی شده و الکترودها و رفرنس‌ها در مکان‌های مورد نظر چسبانده می‌شد.

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا...

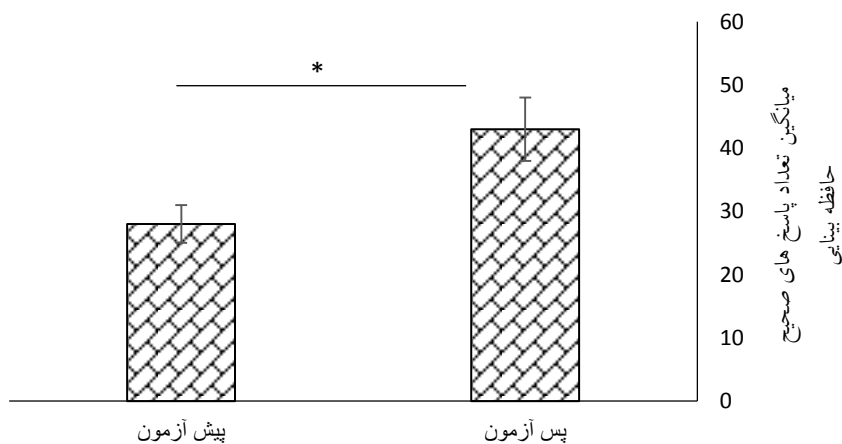
یافته‌ها

داد ($P \geq 0/05$). همچنین نتایج آماره لوین نشان داد تفاوت میانگین نمره‌های آزمودنی‌ها در مراحل آزمون معنی‌دار نیست ($P \geq 0/05$). جدول ۱ نتایج آزمون توصیفی را نشان می‌دهد.

برای ارزیابی تاثیر مداخله نوروفیدبک بر حافظه بینایی و فضایی، از آزمون شاپیرو-ویلک برای طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. نتایج این آزمون توزیع طبیعی داده‌ها را نشان

جدول ۱. اطلاعات توصیفی حافظه بینایی و فضایی قبل و بعد از تمرینات نوروفیدبک

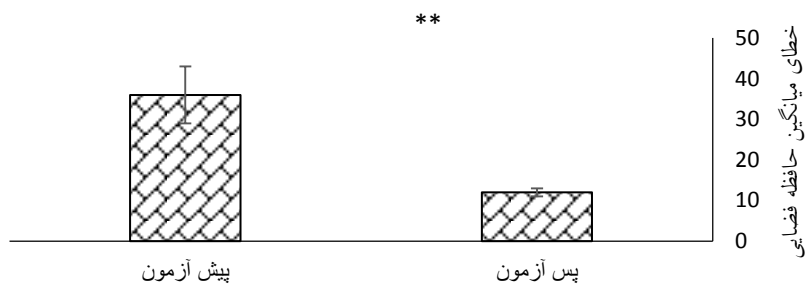
میانگین و انحراف استاندارد	تعداد		
36 ± 7	۱۱	خطای میانگین پیش‌آزمون	حافظه
$12 \pm 1/07$	۱۱	خطای میانگین پس‌آزمون	فضایی
28 ± 3	۱۱	پیش‌آزمون	حافظه
43 ± 5	۱۱	پس‌آزمون	بینایی



نمودار ۱. نتایج آزمون تی همبسته حافظه بینایی

(43 ± 5) نسبت به قبل از اعمال مداخله (میانگین پیش‌آزمون = 28 ± 3) و $p = 0/020$, $-2/000$ = $t(10)$ شد.

هم‌چنین همان‌طور که در نمودار ۱ نشان داده شده است تمرینات نوروفیدبک موجب بهبود معنی‌دار حافظه بینایی شرکت‌کنندگان پس از تمرینات نوروفیدبک (میانگین پس‌آزمون =



نمودار ۲. نتایج آزمون تی همبسته حافظه فضایی

همکارش (۱۳۹۵)، روزنگورت و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، ونگ و همکاران^۲ (۲۰۱۳)، نبوی آل آقا و همکاران (۲۰۱۳)، داپلمایر و همکاران (۲۰۱۱)، کیسر و همکاران (۲۰۱۰)، هرمان و کمرون (۲۰۰۵) و ورنون و همکاران (۲۰۰۳) هم‌خوانی دارد (داپلمایر و وبر، ۲۰۱۱؛ قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰؛ هرمان و کمرون، ۲۰۰۵؛ کیسر و همکاران، ۲۰۱۰؛ نبوی و همکاران، ۲۰۱۳؛ روزنگورت و همکاران، ۲۰۱۷؛ ورنون و همکاران، ۲۰۰۳؛ ونگ و سیا، ۲۰۱۳؛ بهرامی و یزدانبخش، ۱۳۹۵). بهرامی و یزدانبخش (۲۰۱۷)، در پژوهش خود اثربخشی تمرینات نورفیدبک بر حافظه شنیداری دانشجویان را مورد بررسی قرار دادند، آنها از خرده‌آزمون‌های شنیداری حافظه بالینی وکسلر بزرگسالان استفاده کردند. پس از انجام ده جلسه تمرینات نورفیدبک، به این نتیجه دست یافتند که آموزش نورفیدبک بر بهبود حافظه شنیداری اثر بخش بوده و آن را به عنوان ابزاری مؤثر برای ارتقای توانایی‌های شناختی و کارکردهای

نتایج تی همبسته نشان داد ($p=0/013$)، کاهش معنی‌داری در خطای میانگین حافظه فضایی افراد پس از تمرینات نورفیدبک (خطای میانگین پس‌آزمون = $12 \pm 1/07$) نسبت به پیش‌آزمون (خطای میانگین پیش‌آزمون = 36 ± 7)، وجود داشت. لذا، این کاهش خطا نشان‌دهنده بهبود معنی‌دار حافظه فضایی اطلاق می‌شود (نمودار ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر مداخله نورفیدبک بر حافظه بینایی و فضایی بود. با توجه به نتایج پژوهش در خصوص اثربخشی تمرینات نورفیدبک بر حافظه بینایی و فضایی، این نتیجه حاصل شد که میانگین پس‌آزمون در حافظه بینایی بیشتر از میانگین آن در پیش‌آزمون است و هم‌چنین میانگین خطای پس‌آزمون در حافظه فضایی کمتر از میانگین خطا در پیش‌آزمون است. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات نورفیدبک بر حافظه بینایی و فضایی اثربخش بوده است. این نتایج با یافته‌های قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰)، بهرامی و

1. Rozengurt
2. Wang

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا...

از حالات متفاوت امواج مغزی خود آگاه شده و لذا توانایی ایجاد آن‌ها را در صورت لزوم پیدا می‌کند. با این حال افراد زیادی اظهار داشته‌اند که گرچه 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 (ورنون، فریک و گرازلیر، ۲۰۰۴). 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 (گانکلمن و جانستون^۱، ۲۰۰۵). بخشی از پروتکل تمرینی در این پژوهش افزایش ریتم SMR بود. در طی دهه گذشته محققان نشان دادند که فعالیت آشکار ریتم SMR تأثیر مثبتی بر توانایی پردازش شناختی افراد دارد. افزایش ریتم حسی - حرکتی تداخل پردازش محرک‌های نامرتبط را کاهش می‌دهد و یکپارچگی شناختی محرک‌های مربوط به تکلیف را تسهیل می‌کند (گرازلیر و اگنر، ۲۰۰۵). ریتم حسی - حرکتی بر عملکرد بازیابی و رمزگردانی حافظه به طور مستقیم اثرگذار است (ورنون و همکاران، ۲۰۰۳). هم‌چنین افزایش این ریتم باعث بهبود

ذهنی پیشنهاد کردند (بهرامی و یزدانبخش، ۲۰۱۷). ورنون و همکاران (۲۰۰۳) پس از انجام هشت جلسه تمرینی نوروفیدبک، اثربخشی نوروفیدبک بر آزمون حافظه کاری و حافظه ضمنی را مورد تأیید قرار دادند (ورنون و همکاران، ۲۰۰۳). علیدوستی و عسگری (۲۰۱۶)، به بررسی تأثیر آموزش نوروفیدبک بر بهبود حافظه فعال افراد نارساخوان پرداختند. روش پژوهش آنان مورد منفرد با طرح A-B بود و تمرینات نوروفیدبک در ۳۰ جلسه مداخله انفرادی به آزمودنی‌ها ارائه گردید. نتایج نشان داد که آموزش نوروفیدبک در بهبود حافظه فعال و نارساخوانی اثر بخش بوده است (علیدوستی و عسگری، ۲۰۱۶). اگنر و گرازلیر (۲۰۰۱)، نشان دادند که افزایش فعالیت ریتم SMR با کاهش خطای عملکرد در حافظه و بهبود حساسیت ادراکی همراه است (اگنر و گرازلیر، ۲۰۰۱). قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که نوروفیدبک بر بهبود حافظه بینایی اثر قابل توجهی دارد. در تحقیق آنان برای ارزیابی حافظه بینایی از پرسش‌نامه خرده آزمون حافظه بینایی وکسلر استفاده شده بود و هم‌چنین پروتکل تمرینی آنان افزایش ریتم حسی - حرکتی، سرکوب تتا و بتا در ناحیه CZ بود (قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان می‌دهد تمرینات نوروفیدبک به بهبود حافظه بینایی و فضایی کمک می‌کند. پس از تمرینات نوروفیدبک فرد

1. Gunkelman and Johnstone

حسی - حرکتی دارد و رابطه مثبتی با تحریک بیش از حد در فیبرهای مغزی قشر تالاموسی و حسی - حرکتی دارد (استرمن، ۱۹۹۶؛ استرمن و اگنر، ۲۰۰۶). سلول‌های پیش سیناپسی با افزایش مکرر SMR بیشتر حساس می‌شوند و بنابراین احتمال فعالیت‌های بعدی این سلول‌ها زیاد می‌شود و با افزایش آستانه تحریک، تمرینات نوروفیدبک احتمال بهبود در عملکرد حافظه را افزایش می‌دهد (انصافی، رستمی، دولتشاهی و پورشریفی، ۲۰۱۴).

برای توصیف این یافته‌ها به روشی دیگر، می‌توان گفت که افزایش ریتم SMR منجر به فعال شدن مدار عصبی در حافظه‌کاری می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که حافظه‌کاری مبتنی بر مدار عصبی‌ای است که نتیجه تعامل بین سیستم‌های کنترل توجه در قشر پیش پیشانی و ذخیره اطلاعات حسی در قشر خلفی است (انصافی، رستمی، دولت‌شاهی و پورشریفی، ۲۰۱۴). در نتیجه می‌توان گفت ریتم SMR منجر به بهبود حافظه بینایی و فضایی می‌شود.

نوروفیدبک همراه با تمرین‌های رایانه‌ای شناختی موجب فعال‌سازی قشر پیش پیشانی و تولید موج بتا و در نتیجه افزایش کارکرد لوب پیشانی بالاخص حافظه فعال می‌گردد. هرمان و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داده‌اند که در طول تکلیف حافظه فعال، موج بتا بین مناطق پیشانی و مناطق خلفی افزایش می‌یابد. در نتیجه، می‌توان گفت که افزایش موج بتا در لوب

و فعال‌سازی مدارهای عصبی در حافظه‌کاری می‌شود (سنکوسکی و همکاران^۱، ۲۰۰۸).

شناخت فیزیولوژی ریتم SMR می‌تواند به تبیین بهبود عملکرد در تکلیف شناختی کمک کند. ریتم SMR معمولاً در محدوده فرکانس ۱۲ تا ۱۵ هرتز است؛ در نتیجه تا حدودی با ریتم بتا (۱۴ تا ۳۲ هرتز) (کلیمسچ، ۱۹۹۹) و میو (۱۰ تا ۱۲ هرتز) (فورسچلر و نئوپر^۲، ۱۹۹۴) هم‌پوشانی دارد. با این حال هنوز بحث وجود دارد که آیا واقعا این سه ریتم متمایز هستند؟ همان‌طور که استرمن^۳ (۲۰۰۶) توضیح داده است، SMR ریتمی است که توسط نوسانات قشر تالاموسی ایجاد شده است، که با نوسانات جزئی در عقده‌های قاعده‌ای همراه است (استرمن و اگنر، ۲۰۰۶). SMR به عنوان ریتم "آماده به کار"^۴ در مسیر قشر تالاموسی، حسی - حرکتی است و تمرینات نوروفیدبک منجر به کنترل بهتر این ریتم می‌شود. افزایش ریتم SMR باعث کنترل بهتر مسیرهای حسی - حرکتی و در نتیجه موجب بهبود در عملکرد حافظه می‌شود (داپلمایر و وبر، ۲۰۱۱). استرمن مطالعات نظری خود را در مورد مکانیسم‌های عصبی احتمالی اثرات نوروفیدبک در SMR انجام داده است (استرمن، ۱۹۹۶؛ استرمن و اگنر، ۲۰۰۶). ریتم SMR حداکثر بزرگی خود را در قشر

1. Senkowski
2. Pfurtscheller & Neuper
3. Sterman
4. Standby Frequency

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا...

می‌توان پیامد تغییر در امواج مغزی در نظر گرفت. در نتیجه؛ استفاده از آموزش نوروفیدبک به عنوان یک ابزار مؤثر برای ارتقای توانایی‌های شناختی و کارکردهای ذهنی می‌تواند مورد توجه مربیان و ورزشکاران قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی به بررسی اثربخشی تمرینات نوروفیدبک بر کارکردهای شناختی دیگر مانند کارکردهای اجرایی، حل مسئله و تصمیم‌گیری و پیش‌بینی پرداخته شود.

هم‌چنین به بررسی این روش با داشتن گروه کنترل جهت مقایسه پس‌آزمون آن‌ها، آزمون‌های پیگیری پس از تمرینات (یادداری) به منظور بررسی دوام تمرینات و بررسی دقیق زیرساخت‌های عصبی و جایگاه‌های مغزی مختلف مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را از تمامی شرکت‌کنندگان و کارکنان محترم آزمایشگاه رفتار حرکتی دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه تهران که صبورانه ما را در انجام این پژوهش یاری کردند اعلام می‌دارند

پیشانی، از طریق افزایش متابولیسم، هوشیاری، تمرکز و پایداری هیجانی منجر به بهبود حافظه می‌شود (هرمان و کمرون، ۲۰۰۵).

به طور کلی مکانیسم عمل نوروفیدبک، تکنیک شرطی‌سازی عاملی است که فرد با استفاده از بازداری یا برانگیختگی، فعالیت امواج مغزی خود را ترمیم و بازسازی می‌کند. از آن جایی که فرآیندهای ناخودآگاه مغز موجب یادگیری شده و مغز می‌تواند بدون آگاهی مستقیم و دخالت عوامل بیرونی یاد بگیرد لذا این تکنیک به اشخاص کمک می‌کند تا عملکرد و کارایی شناختی خود (مانند حافظه) را بهبود بخشند (بهرامی و یزدانبخش، ۲۰۱۷).

این پژوهش با محدودیت‌هایی همراه بود؛ از جمله نداشتن مرحله پیگیری به دلیل عدم دسترسی به برخی از شرکت‌کنندگان، نداشتن گروه کنترل و هم‌چنین به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی در گرفتن نقشه مغزی هر یک از شرکت‌کنندگان، امکان مطالعه تغییرات هم‌نوسانی امواج مغزی بعد از مداخله نوروفیدبک وجود نداشت.

نوروفیدبک به عنوان یک روش درمانی، بر مبنای عمل مستقیم بر امواج مغزی متمرکز است. تغییرات صورت گرفته در سطح رفتار را

منابع

- انصافی، ا.، رستمی، ر.، دولتشاهی، ب.، پورشریفی، ح. (۲۰۱۴). تاثیر نوروفیدبک بر حافظه کاری کودکان ADHA. *تمرین در روان‌شناسی بالینی*، ۲(۲)، ۱۰۱-۱۰۸.
- بهرامی، س.، یزدانبخش، ک. (۱۳۹۵). تاثیر نوروفیدبک بر بهبود حافظه شنیداری در دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه. *مجله علوم پزشکی زانکو، دانشگاه علوم پزشکی کردستان*، ۱۷(۵۵)، ۶۸-۷۸.
- حیدری نسب، ل.، مدنی، ا.، یعقوبی، ح.، رستمی، ر.، کاظمی، ر. (۲۰۱۶). بررسی اثربخشی نوروفیدبک همراه با تمرین‌های شناختی رایانه‌ای در بهبود حافظه فعال در بزرگسالان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی. *فصلنامه علمی پژوهشی یافته*، ۱۸(۱)، ۱۰۱-۱۱۲.
- زارعیان، ا.، رازدان، س.، طهماسبی‌بروجنی، ش. (۱۳۹۵). تاثیر انگیزختگی ناشی از حضور تماشاگر mechanisms". *Neuroscience journal of shefaye khatam*. 3(4):123-30.
- Bahrami, S. & Yazdanbakhsh, K. (2017). "Effects of Neurofeedback on improvement auditory memory in students of Islamic Azad University of Kermanshah". *Zanko Journal of Medical Sciences*. 17(55):68-78.
- Burgess, A. & Gruzelier, J. (2000). "Short duration power changes in the EEG during recognition memory for
- بر ادراک عمق و حافظه فضایی دانشجویان دختر ورزشکار. *رفتار حرکتی*، ۸(۲۵)، ۱۲۱-۱۳۸.
- علیدوستی، ن.، عسکری، ک. (۲۰۱۶). اثربخشی آموزش نوروفیدبک بر بهبود حافظه فعال دانش‌آموزان نارساخوان: پژوهش مورد منفرد. *دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، سال هجدهم*، ۱۰۵-۱۲۱.
- قشونی، م.، فیروز آبادی، م.، هاشمی گلپایگانی، م.، خلیل‌زاده، م. (۱۳۹۱). *طراحی و پیاده‌سازی پروتکل یک سیستم نوروفیدبک جهت تقویت حافظه: مطالعه موردی بیماران آلزایمری*. رساله دکتری رشته مهندسی پزشکی-بیوالکترونیک، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
- هژرنیا، ر.، نزاقت الحسینی، م.، موحدی، ا.، اسفرجانی، ف. (۱۳۹۲). *مقایسه بهره حافظه افراد با تیپ شخصیتی صبحی و عصری پس از یک دوره تمرینات هوازی در صبح و عصر*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- Alvarez, G.A. & Cavanagh, P. (2004). "The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects". *Psychological science*. 15(2):106-111.
- Alivand F. & Karimzadeh F. (2015). "The effect of exercise on the memory improvement: a review of cellular and molecular

راضیه هژبرنیا و شهزاد طهماسبی بروجنی: بهبود حافظه بینایی و فضایی در نتیجه تمرینات نوروفیدبک با تأکید بر کاهش موج بتا...

- words and faces". *Psychophysiology*. 37(5):596-606.
- Demos, J.N. (2005). "Getting Started with Neurofeedback". *Journal of Psychology*. 60(3):313.
- Doppelmayr, M. & Weber, E. (2011). "Effects of SMR and theta/beta neurofeedback on reaction times, spatial abilities, and creativity". *Journal of Neurotherapy*. 15(2):115-129.
- Egner, T. & Gruzelier, J. (2001). "Learned self-regulation of EEG frequency components affects attention and event-related brain potentials in humans". *Journal of Neuroreport*. 12(18):4155-4159.
- Eng, H.Y., Chen, D. & Jiang, Y. (2005). "Visual working memory for simple and complex visual stimuli". *Psychonomic bulletin & review*. 12(6):1127-1133.
- Fernandez, T., Herrera, W., Harmony, T., Diaz-Comas, L., Santiago, E., Sanchez, L. & Ricardo-Garcell, J. (2003). "EEG and behavioral changes following neurofeedback treatment in learning disabled children". *Clinical Electroencephalography*. 34(3):145-152.
- Gläscher, J., Rudrauf, D., Colom, R., Paul, L.K., Tranel, D., Damasio, H. & Adolphs, R. (2010). "Distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107(10):4705-4709.
- Golizadeh, Z., Babapour, J., Rostami, R., Beyrami, M. & Poursharifi, H. (2010). "Effects of Neurofeedback on Working Memory". 5(18):87 - 100.
- Gruzelier, J. & Egner, T. (2005). "Critical validation studies of neurofeedback". *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*. 14(1):83-104.
- Gunkelman, J.D. & Johnstone, J. (2005). "Neurofeedback and the brain". *Journal of Adult Development*. 12(2-3):93-98.
- Haarmann, H.J. & Cameron, K.A. (2005). "Active maintenance of sentence meaning in working memory: Evidence from EEG coherences". *International journal of psychophysiology*. 57(2):115-128.
- Hanslmayr, S., Sauseng, P., Doppelmayr, M., Schabus, M. & Klimesch, W. (2005). "Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects". *Applied psychophysiology and biofeedback*. 30(1):1-10.
- Hashemian, P., Farrokhi, A., Mirifar, A., Keihani, M. & Sadjadi, A. (2013). "The effect of neurofeedback training on attention rate in proficient track and field athletes". *Journal of Fundamentals of Mental Health*. 15(60):312-318.
- Howard, M.W., Rizzuto, D.S., Caplan, J.B., Madsen, J.R., Lisman, J., Aschenbrenner-Scheibe, R. & Kahana, M. J. (2003). "Gamma oscillations correlate with working

- memory load in humans". *Cerebral cortex*. 13(12):1369-1374.
- Hsueh, J.J., Chen, T.S., Chen, J.J. & Shaw, F.Z. (2016). "Neurofeedback training of EEG alpha rhythm enhances episodic and working memory". *Human brain mapping*. 37(7):2662-2675.
- Jensen, O., Gelfand, J., Kounios, J. & Lisman, J.E. (2002). "Oscillations in the alpha band (9–12 Hz) increase with memory load during retention in a short-term memory task". *Cerebral cortex*. 12(8):877-882.
- Jokisch, D. & Jensen, O. (2007). "Modulation of gamma and alpha activity during a working memory task engaging the dorsal or ventral stream". *Journal of Neuroscience*. 27(12):3244-3251.
- Kaiser, D.A. & Othmer, S. (2000). "Effect of neurofeedback on variables of attention in a large multi-center trial". *Journal of Neurotherapy*. 4(1):5-15.
- Kandel, E.R. (1991). "Cellular mechanisms of learning and the biological basis of individuality". *Principles of neural science*. 3:1009-1031.
- Keizer, A.W., Verment, R.S. & Hommel, B. (2010). "Enhancing cognitive control through neurofeedback: A role of gamma-band activity in managing episodic retrieval". *Neuroimage*. 49(4):3404-3413.
- Klimesch, W. (1999). "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis". *Brain research reviews*. 29(2-3):169-195.
- Krause, C.M., Sillanmäki, L., Koivisto, M., Saarela, C., Häggqvist, A., Laine, M. & Hämäläinen, H. (2000). "The effects of memory load on event-related EEG desynchronization and synchronization". *Clinical neurophysiology*. 111(11):2071-2078.
- Lutzenberger, W., Ripper, B., Busse, L., Birbaumer, N. & Kaiser, J. (2002). "Dynamics of gamma-band activity during an audiospatial working memory task in humans". *Journal of Neuroscience*. 22(13):5630-5638.
- Magill, R.A. & Anderson, D.I. (2007). "Motor learning and control: Concepts and applications (Vol. 11)". *McGraw-Hill New York*.
- McGrew, K.S. (2009). "CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research". *In: Elsevier*. 37(1):1-10.
- Nabavi, A.A. F., Naderi, F., Heidari, A., Ahadi, H. & Mohammad, N. A. (2013). "Effectiveness Of Neurofeedback Training In Cognitive Performance". 27-36.
- O'Keefe, J. & Dostrovsky, J. (1971). "The hippocampus as a spatial map: Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat". *Brain research*. 34:171-175.
- Pfurtscheller, G. & Neuper, C. (1994). "Event-related synchronization of mu rhythm in the EEG over the cortical hand area in man". *Neuroscience letters*. 174(1):93-96.

- Rozengurt, R., Shtoots, L., Sheriff, A., Sadka, O. & Levy, D.A. (2017). "Enhancing early consolidation of human episodic memory by theta EEG neurofeedback". *Neurobiology of learning and memory*. 145:165-171.
- Rudisill, M.J. A. (2002). "Laboratory guide to the theory and application of motor learning". *tehran: Samt Publicatio*. 65-67.
- Senkowski, D., Schneider, T.R., Foxe, J.J. & Engel, A.K. (2008). "Crossmodal binding through neural coherence: implications for multisensory processing". *journal of trends in Neurosciences*. 31(8):401-409.
- Sharifi, S., Lajverdi, L., Nazari, M. & Ghorbani, M. (2014). "Comparison effect of neurofeedback training with occupational therapy and occupational therapy alone on stroke patient memory". *Pajouhan Scientific Journal*. 12(2):8-17.
- Sterman, M.B. (1996). "Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation". *Biofeedback and Self-regulation*. 21(1):3-33.
- Sterman, M.B. & Egner, T. (2006). "Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy". *Applied psychophysiology and biofeedback*. 31(1):21.
- Tuladhar, A.M., Huurne, N.T., Schoffelen, J.M., Maris, E., Oostenveld, R. & Jensen, O. (2007). "Parieto-occipital sources account for the increase in alpha activity with working memory load". *Human brain mapping*. 28(8):785-792.
- Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A. & Gruzelier, J. (2003). "The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance". *International journal of psychophysiology*. 47(1):75-85.
- vernon, D, Frick, A. & Gruzelier, J. (2004). "Neurofeedback as a treatment for ADHD: a methodological review with implications for future research". *journal of Neurotherapy*. 8:53-82.
- Vogel, E.K., Woodman, G.F. & Luck, S.J. (2001). "Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 27(1):92.
- Wang, J. R. & Hsieh, S. (2013). "Neurofeedback training improves attention and working memory performance". *Clinical Neurophysiology*. 124(12):2406-2420.
- Zoefel, B., Huster, R.J. & Herrmann, C.S. (2011). "Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance". *Neuroimage*. 54(2):1427-1431.