

Evaluation of Neurofeedback Exercises on Executive Performance of Cognitive Flexibility and Attention in Students with Learning Disabilities

Sargol Sheri¹ , Mastrooreh Sedaghat^{2*} , Mehrangiz Shoakazemi³ , Hojatollah Moradi⁴ 

¹ Dept of Counselling, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

² Faculty of Counseling and Psychology, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

³ Dept of Women in Family Studies, Faculty of Social Sciences and Economic, Alzahra University, Tehran, Iran

⁴ Dept of Counseling and Psychology, Imam Hossein University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:

Research article

Article History:

Received: 06 February 2022

Revised: 05 March 2022

Accepted: 13 April 2022

Published Online: 23 July 2022

* Correspondence to:

Mastrooreh Sedaghat

Dept of Counseling and Psychology, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

Email:

Mastroorehsedaghat@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to evaluate the impact of neurofeedback exercises on executive performance, cognitive flexibility, and attention in students with learning disabilities.

Material & Methods: In this study, a total of 30 male students with learning disabilities were referred to the Movafaghiat Clinic in Tehran, Iran, and were randomly assigned to two groups (each including 15 students). The first group (experimental group) received 16 sessions of neurofeedback training (two sessions per week) and the second group (control) did not receive any intervention. The study instruments included the Wisconsin cognitive flexibility test and the Stroop attention test. The data were analyzed using the univariate and multivariate analysis of covariance in SPSS software (version 24). (Ethic code: IR.IAU.TNB.REC.1401.031)

Findings: The results showed that the experimental group had superiority in terms of the indicators of the Stroop Attention test and Wisconsin Cognitive Flexibility test.

Discussion & Conclusion: Based on the obtained results, neurofeedback training is effective in improving the executive functions of students with learning disabilities. Accordingly, this method can be used to improve the executive functions of these groups of students.

Keywords: Attention, Cognitive flexibility, Executive function, Learning disability neurofeedback

➤ How to cite this paper

Sheri S, Sedaghat M, Shoakazemi M, Moradi H. Evaluation of Neurofeedback Exercises on Executive Performance of Cognitive Flexibility and Attention in Students with Learning Disabilities. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2022;30(3): 62-74.



ارزیابی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد اجرایی انعطاف‌پذیری شناختی و توجه در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری

سرگل شعری^۱، مستوره صداقت^۲، مهرانگیز شعاع کاظمی^۳، حجت‌الله مرادی^۴

^۱ گروه مشاوره، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

^۲ گروه مشاوره و روان‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

^۳ گروه مطالعات زنان و خانواده، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

^۴ گروه مشاوره و روان‌شناسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

مقدمه: هدف این پژوهش ارزیابی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد اجرایی انعطاف‌پذیری شناختی و توجه در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری بود.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، ۳۰ دانش‌آموز پسر دارای اختلال یادگیری مراجعه‌کننده به کلینیک درمانی موفقیت در تهران، به صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفری قرار گرفتند. گروه اول به عنوان گروه آزمایش، ۱۶ جلسه تمرین نوروفیدبک (دو جلسه در هفته) دریافت نمود و گروه دوم (شاهد) هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. ابزارهای پژوهش شامل آزمون‌های رایانه‌ای انعطاف‌پذیری شناختی ویسکانسین و آزمون توجه استروپ بود. داده‌های به دست آمده از پژوهش با روش تحلیل کوواریانس تک متغیره و چندمتغیره و با استفاده از نرم‌افزار SPSS vol.24 تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد که گروه آزمایش در نشانگرهای آزمون توجه استروپ و انعطاف‌پذیری شناختی ویسکانسین برتری داشتند.

بحث و نتیجه‌گیری: با تمرکز بر یافته‌های این پژوهش، آموزش نوروفیدبک در ارتقای کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری مفید است و می‌تواند عملکرد اجرایی انعطاف‌پذیری شناختی و توجه این دانش‌آموزان را بهبود ببخشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

نویسنده مسئول:

مستوره صداقت

گروه مشاوره و روان‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

Email:

Mastorehsedaghat@yahoo.com

واژه‌های کلیدی: انعطاف‌پذیری شناختی، اختلال یادگیری، توجه، عملکرد اجرایی، نوروفیدبک

◀ **استناد:** شعری، سرگل؛ صداقت، مستوره؛ شعاع کاظمی، مهرانگیز؛ مرادی، حجت‌الله. ارزیابی تمرینات نوروفیدبک بر عملکرد اجرایی انعطاف‌پذیری شناختی و توجه در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، شهریور ۱۴۰۱؛ ۳۰(۳): ۷۴-۶۲.



مقدمه

مشکلات یادگیری، ارتباطی، آموزشی، عملکرد اجرایی و هماهنگی دیداری-حرکتی در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری از مشکلاتی است که والدین و معلمان با آن درگیر هستند (۱). بررسی ویژگی‌های نوروسایکولوژیک، به‌ویژه هماهنگی هیجانی در سیستم لیمبیک و مدار پایز هیپوکامپ یکی از ابعادی است که به آن توجه می‌شود و در توجه و انعطاف‌پذیری شناختی نقش مهمی را ایفا می‌کند (۲). کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از فعالیت‌های شناختی سطح بالا هستند که برای دستیابی به اهداف مدنظر استفاده می‌گردند و شامل مهارت‌هایی مانند حل مسئله، برنامه‌ریزی، بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی می‌شوند (۳-۵)؛ بنابراین، عملکرد اجرایی تشکیلات بااهمیتی است که در ساماندهی و بروز رفتار، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و برای سازگاری و بروز اجرایی رفتار موفق در رفتارهای روزمره فرد مهم است (۶). با توجه اینکه موقعیت‌های محیط یادگیری، عملکرد اجرایی، تشکیلات منسجم و بااهمیتی هستند که به اختلال یادگیری دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا موقعیت‌های غیرمنتظره را تشخیص دهند و به‌سرعت یادگیری منسجم و برنامه‌هایی را تجسم کنند؛ پس عملکرد اجرایی و توجه همراه با سازگاری و تاب‌آوری شناختی در یادگیری به‌ویژه در کودکان دارای اختلال یادگیری از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۷). کارکردهای اجرایی شامل نگهداری مجموعه، فعالیت‌های تغییر وضعیت، کنترل، بازداری، تجسم فضا و زمان، برنامه‌ریزی، حافظه کاری، تنظیم و توجه و انعطاف‌پذیری شناختی است که با بخشهای توجه، حل مسئله و استدلال ارتباط دارد (۸). توجه و بازداری شناختی، فرایند پیشگیری و ایجاد سد از ورود داده‌های غیرمرتبط با تکلیف به حافظه کاری است (۹). توجه و بازداری پاسخ توانایی سنجش محیط و موقعیت بروز رفتار را پیش از عملکرد اجرا می‌کند (۱۰). اجرای کامل کارکردهای اجرایی به ساختار و کنترل بازداری در لوب پیشانی و پیش‌پیشانی مغز فراگیر وابسته

است (۱۱). تداوم توجه به دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری کمک می‌کند تا تداخل‌ها را کنترل نمایند و تنها به یک محرک پاسخ دهند. کنترل تداخل نوعی توجه مداوم است و شامل کارکردهای بازداری است و در تداوم و استحکام رفتار و توجه هدف‌دار در یادگیری قابل‌تأمل و مهم به نظر می‌رسد (۱۲)؛ همچنین از همبسته‌های توجه و عملکردهای اجرایی در این پژوهش، مفهوم تاب‌آوری شناختی یا انعطاف‌پذیری شناختی است. بر اساس این، هدف از انعطاف‌پذیری شناختی توانایی انتزاع و تغییر راهبردهای شناختی بر اساس تغییر در بازخوردهای یادگیری و پاسخ‌های محیطی است که مستلزم برنامه‌ریزی، جستجوی سازمان‌یافته و توانایی استفاده از بازخوردهای محیطی برای تغییر طرح‌واره‌های شناختی است (۱۳). در تحقیقی، اثربخشی نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی کودکان دارای اختلال یادگیری و اتستیک بررسی شد و نتایج نشان داد که کارکردهای اجرایی پس از جلسات نوروفیدبک، بهبودی فراوانی پیدا کرد (۱۴)؛ بنابراین، تمرین‌های نوروفیدبک از شیوه‌های نو و روبه‌گسترش برای بهبود کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری است (۱۵). ارتقای مهارت‌های خودتنظیمی از اقدامات اساسی برای بهبود عملکرد اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری است. برای توسعه آرامش، مهارت‌های تمرکز و توجه، فرض اساسی نوروفیدبک این است که روش مستقیمی برای خودتنظیمی فراهم می‌کند؛ بنابراین، پژوهشگران را جذب می‌کند که تلاش نمایند عملکرد اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری را بهبود بخشند (۱۶). این پژوهش به دنبال آن است که تأثیر نوروفیدبک را بر بهبود کارکرد اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری را بررسی کند. با توجه به اینکه آموزش نوروفیدبک در بهبود کارکرد اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری از اهمیت شایسته‌ای برخوردار است، پژوهش حاضر بر آن است که به ارزیابی تمرینات

انجام داده باشند و یا در دستگاه عصبی آنان مشکل خاصی وجود داشته باشد.

پس از یافتن شرکت کنندگان با ویژگی‌های یادشده در جامعه مدنظر، همه شرکت کنندگان با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب و به صورت تصادفی، در گروه آزمایش و گواه گمارده شدند. در پژوهش حاضر نیز پانزده نفر در هر گروه و در مجموع سی نفر واجد شرایط با میانگین سنی مدنظر تعیین گردیدند و به صورت تصادفی در دو گروه پانزده نفره نوروفیدبک و گروه شاهد قرار گرفتند. پس از انتخاب گروه‌های نهایی پژوهش، از آزمودنی‌های دو گروه خواسته شد که در یک جلسه توجیهی شرکت کنند. در این جلسه، با تشریح اهداف پژوهش تلاش گردید که انگیزه و موافقت لازم والدین دانش‌آموزان برای شرکت در پژوهش جلب شود. فرم موافقت والدین دانش‌آموزان برای همکاری در پژوهش از سوی مراجعان تکمیل گردید. در ابتدا، از همه شرکت کنندگان گروه‌های آزمایش و گواه در جلسه نخست پیش‌آزمون گرفته شد و هر دو گروه به وسیله آزمون‌های کارکرد اجرایی شامل آزمون‌های استروپ و ویسکانسین به شکل انفرادی ارزیابی گردیدند؛ سپس شرکت کنندگان گروه نوروفیدبک طی پانزده جلسه، هفت هفته و هفته‌ای دو جلسه تحت آموزش نوروفیدبک، دستورالعمل افزایش ریتم حسی- حرکتی (۱۵-۱۲)، سرکوب تا (۷-۴) و افزایش بتا (۲۲-۱۸) در ناحیه سی زد (CZ) نروسایکولوژی مغز دریافت کردند و گروه گواه هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد و در پایان جلسات، پس‌آزمون نیز به شکل انفرادی از همه آزمودنی‌ها گرفته شد. ابزارهای پژوهش عبارت‌اند از:

۱. دستگاه نوروفیدبک: نوروفیدبک از انواع بازخورد زیستی است که افراد از طریق آن یاد می‌گیرند امواج مغزی خود را کنترل کنند. حس‌گرهایی که الکتروود نامیده می‌شوند، به سر مراجع متصل می‌گردد. امواج مغزی به آمپلی‌فایر و از آنجا به کامپیوتر منتقل می‌شود؛ سپس بازخوردهای مدنظر از طریق صفحه

نوروفیدبک در بهبود کارکردهای اجرایی توجه و انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری پردازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ جمع‌آوری داده‌ها، از نوع پژوهش نیمه آزمایشی است. در این پژوهش، از طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه شاهد استفاده شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل همه دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری مراجعه‌کننده به کلینیک درمانی موفقیت در تهران بود که در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مشغول تحصیل بودند. از میان دانش‌آموزان پسر ابتدایی به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. ابتدا در کلینیک موفقیت برای اجرای پژوهش اطلاع‌رسانی گردید. فهرستی از دانش‌آموزانی تهیه شد که به علت اختلال یادگیری به کلینیک موفقیت مراجعه کرده بودند. به همین صورت، فهرستی از والدین و دانش‌آموزانی آماده گردید که به شرکت در پژوهش علاقه داشتند. در نهایت، کسانی که واجد شرایط بودند، به تصادف در دو گروه نوروفیدبک و گواه قرار داده شدند. با توجه به آلفای ۰/۰۵ و توان آزمون حداقل ۰/۷ و حجم اثر ۰/۶، میزان نمونه تقریباً سی نفر به دست آمد. معیارهای ورود به پژوهش شامل این موارد بود: داشتن معیارهای تشخیص اختلال یادگیری بر اساس ملاک‌های پنجمین راهنمای تشخیصی و اختلال آماری (DSM-5)؛ دامنه سنی شرکت کنندگان بین ۷ تا ۱۲ سال باشد؛ دانش‌آموز مقطع اول متوسطه (ابتدایی) و پسر باشند؛ هیچ‌کدام از شرکت کنندگان با نوروفیدبک آشنایی نداشته باشند؛ از هرگونه خدمات روان‌درمانی و مشاوره در زمان اجرای پژوهش و یا پیش آن استفاده نکنند و ملاک‌های خروج شامل وضعیت جسمانی نامناسب، استفاده از داروهای روان‌پزشکی، نداشتن آمادگی و رضایت کامل (والدین) برای شرکت در جلسات آموزشی بود و نیز شرکت کنندگانی که در ناحیه مجمله عمل جراحی

نمایشگر (بازخورد بینایی) و بلندگوها (بازخورد شنوایی) به فرد ارائه می‌گردد. در این حالت، مراجع با کمک آزمایشگر و ارائه محرک‌های دیداری - شنیداری قادر خواهد بود امواج مغزی را دست‌کاری کند. پیش از قرارگیری الکترودها بر روی سر، پوست سر با الکل طبی و ژل نیوپرپ کاملاً تمیز می‌شود و الکترودها در منطقه مدنظر با چسب متصل می‌گردند. دستگاه استفاده‌شده در این تحقیق، دستگاه پروکامپ دو بود.

۲. *آزمون رایانه‌ای رنگ-واژه استروپ*: ریدلی استروپ این آزمون را برای نخستین بار در سال ۱۹۳۵، به‌منظور اندازه‌گیری توجه انتخابی و بازداری پاسخ ساخت. آزمون استروپ که یکی از پرکاربردترین آزمون‌های توجه انتخابی با توجه متمرکز و بازداری پاسخ است (۱۷)، یک مدل آزمایشگاهی و به‌عنوان یک آزمون پایه برای عملکرد قطعه پیشانی مغز تلقی می‌شود. در پژوهش حاضر، نوع رایانه‌ای آن استفاده گردید که مشتمل بر سه مرحله ذیل است: الف. در مرحله اول که مرحله کوشش‌های هماهنگ است، اسامی چهار رنگ اصلی با رنگ سیاه در مرکز صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود و شرکت‌کننده باید هرچه سریع‌تر بر اساس اسامی رنگ‌ها، یکی از کلیدهای آبی، قرمز، زرد و یا سبز را بر روی صفحه کلید فشار دهد؛ ب. در مرحله دوم اسامی چهار رنگ اصلی، هرکدام به رنگ خودشان در مرکز صفحه رایانه ظاهر می‌گردد و شرکت‌کننده باید هرچه سریع‌تر کلید مطابق با هر رنگ را در صفحه کلید فشار دهد؛ ج. مرحله سوم، مرحله کوشش‌های ناهماهنگ یا تداخل نام دارد که اسامی چهار رنگ اصلی، هرکدام با رنگی متفاوت از رنگ خودشان بر صفحه ظاهر می‌شود و از شرکت‌کننده می‌خواهند تا هرچه سریع‌تر بر اساس رنگ کلمه، کلید مطابق با آن را در صفحه کلید فشار دهد؛ برای مثال واژه قرمز با رنگ دیگری (مثلاً سبز) نوشته می‌شود و شرکت‌کننده باید به‌جای معنی کلمه، رنگ جوهر آن را تعیین کند. شاخص‌های موردسنجش در این آزمون عبارت‌اند از: دقت (تعداد پاسخ‌های

صحیح) و سرعت (میانگین زمان واکنش پاسخ‌های صحیح در برابر محرک برحسب هزارم ثانیه). پایایی آزمون استروپ، به روش بازآزمایی برای هر سه کوشش به‌ترتیب معادل ۰/۰۱، ۰/۸۳ و ۰/۹۰ به‌دست آمده است و بر اساس معیاری دیگر، پایایی بازآزمایی هر سه کوشش این آزمون به‌ترتیب ۰/۰۶، ۰/۸۳ و ۰/۹۷ گزارش شده است.

۳. *آزمون رایانه‌ای دسته‌بندی کارت‌های ویسکانسین*: این آزمون یکی از شاخص‌های اصلی تعیین عملکرد قطعه پیشانی مغز است و متداول‌ترین آزمون برای ارزیابی کارکردهای اجرایی به‌شمار می‌رود (۱۸). از این آزمون به‌طور سنتی، برای بررسی کارکردهای اجرایی مغز شامل تغییر مجموعه، انعطاف‌پذیری، حل مسئله، شکل‌گیری مفهوم و توانایی غلبه بر گرایش به تکرار و در جا زدن استفاده می‌شود. علاوه بر این، آزمون یادشده به‌عنوان ارزیابی‌کننده میزان انتقال پاسخ نیز به کار می‌رود (۱۱). در پژوهش حاضر، نوع رایانه‌ای آزمون ویسکانسین استفاده شد. آزمون یادشده ۶۴ کارت نامشابه دارد. نمرات ذیل از این آزمون به‌دست می‌آید: ۱. تعداد پاسخ‌های صحیح، ۲. نمره خطای در جاماندگی: وقتی مشاهده می‌شود که پاسخ‌دهنده علی‌رغم تغییر اصل از سوی آزمایشگر، بر اساس اصل پیشین به طبقه‌بندی خود ادامه می‌دهد و یا اینکه بر پایه یک گمان نادرست، به دسته‌بندی کارت‌ها اقدام کند و علی‌رغم دریافت بازخورد غلط، به پاسخ نادرست خود اصرار ورزد. ۳. تعداد طبقات: به تعداد دسته‌بندی‌های صحیح بر اساس سه اصل رنگ، شکل و تعداد اطلاق می‌گردد و از صفر تا سه در نوسان است. اعتبار این آزمون برای سنجش نارسایی‌های شناختی پس از آسیب‌های مغزی بیش از ۰/۸۶ گزارش شده است.

یافته‌ها

برای سنجش و ارزیابی تمرین‌های نوروفیدبک بر توجه و انعطاف‌پذیری شناختی، از آماره‌های توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) و آمار استنباطی شامل

جدول شماره ۱. دستورالعمل تمرین‌های نوروفیدبک

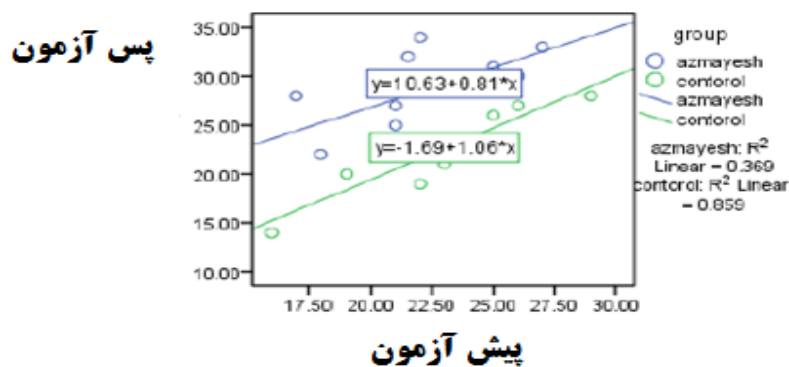
جلسه	مدت زمان جلسه	محتوای جلسه
اول	۴۵ دقیقه	در جلسه اول، ارتباط میان دستگاه نوروفیدبک، هماهنگی و پذیرش شناختی دانش‌آموزان، کامپیوتر و صفحه‌نمایش تشریح گردید و شرکت‌کنندگان راهنمایی می‌شدند تا به کمک آرمیدگی، تکلیف مدنظر را با موفقیت انجام دهند. تلاش‌های موفق مراجع با تشویق کلامی همراه می‌شد.
دوم تا شانزدهم	۳۰ دقیقه	در هر جلسه آموزشی، مراجع در صندلی راحتی می‌نشست. در ۱۵ دقیقه اول، مراجع با چشمان باز پویانمایی‌ها را مشاهده می‌کرد و به او گفته می‌شد که تمرکز کند تا پویانمایی حرکت نماید. فیدبک دیداری در قالب طرح‌ها و بازی‌های مختلف ارائه گردید؛ سپس در ۱۵ دقیقه بعدی، از بازی قایق استفاده شد. در این قسمت از فیدبک‌های دیداری - شنیداری بازی قایق استفاده گردید.

همخوان و زمان پاسخ واکنش همخوان در دو گروه، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. پیش از اجرای آزمون، مفروضه‌های آن بررسی گردید. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=5/653$ ، $P=0/001$). پیش شرط دیگر برابری واریانس‌های خطاست. نتایج آزمون لون نشان داد، در متغیر زمان آزمایش واکنش همخوان ($F=0/864$ ، $P>0/05$) و متغیر زمان پاسخ واکنش همخوان ($F=0/385$ ، $P>0/05$) این پیش شرط برقرار است؛ بنابراین، نتایج مانکوا نشان داد که تفاوت گروه معنادار است ($F=3/94$ ، $P<0/029$ ، $\lambda=0/816$ لامبدای ویلکز). برای بررسی الگوهای تفاوت، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره به شرح زیر استفاده شد (جدول شماره ۲).

نتایج جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که میان نمرات زمان آزمایش واکنش همخوان و زمان پاسخ واکنش

تحلیل کوواریانس تک‌متغیره و چندمتغیره استفاده گردید. دستورالعمل تمرین‌های نوروفیدبک در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. یافته‌های توصیفی تأثیر نوروفیدبک بر توجه و انعطاف‌پذیری شناختی به شرح زیر ارائه گشته است. با توجه به آزمودنی‌ها مشخص گردید که حدود ۵۰ درصد پاسخ‌دهندگان (۱۵ نفر) در محدوده سنی ۷-۹ سال و ۵۰ درصد پاسخ‌دهندگان (۱۵ نفر) در محدوده سنی ۹-۱۰ سال، قرار دارند. در ادامه، جدول فراوانی (تعداد و درصد) و نمودار وضعیت سنی پاسخ‌دهندگان مشخص گردیده است.

خطی بودن رابطه متغیر وابسته و متغیر همراه: در این مطالعه متغیر وابسته پس‌آزمون است که می‌بایست با پیش‌آزمون (متغیر همراه) رابطه خطی داشته باشد. با توجه به شکل شماره ۱ و خطوط رگرسیون مشاهده می‌گردد که رابطه خطی میان متغیرها در گروه‌ها برقرار است. برای تعیین تفاوت نمرات متغیرهای زمان آزمایش واکنش



شکل شماره ۱. پراکنش متغیرهای وابسته به تفکیک گروه آزمایش و کنترل

جدول شماره ۲. نتایج آمار بین آزمودنی‌ها روی نمرات متغیرهای پژوهش در دو گروه

متغیرها	مجموع مجدورات	درجه آزادی	میانگین مجدورات	F	Sig	اندازه اثر
زمان آزمایش	۱۲۴۳/۷۶	۱	۱۲۴۳/۷۶	۶/۴۳۲	۰/۰۲۳	۰/۱۲۱
واکنش همخوان	۱۶۵۴/۳۴	۱	۱۶۵۴/۳۴	۹/۴۱۱	۰/۰۱۱	۰/۱۱۳
زمان پاسخ	۱۹۴۰۳/۵۶	۱	۱۹۴۰۳/۵۶	۵/۴۵۵	۰/۰۳۱	۰/۱۱۹
واکنش همخوان	۲۱۲۳/۸۷	۱	۲۱۲۳/۸۷	۹/۸۷۷	۰/۰۱۱	۰/۱۱۰

همخوان در دو گروه افراد، تفاوت معنی‌داری در سطح $P < 0.05$ وجود دارد. به‌منظور بررسی تفاوت نمرات متغیرهای زمان آزمایش و واکنش ناهمخوان و زمان پاسخ و واکنش ناهمخوان در دو گروه، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیری مانکوا استفاده گردید. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=3.858, P=0.009$)، $M=12.273$ (Box's) پیش‌شرط دیگر برابری واریانس‌های خطاست. نتایج آزمون لون نشان داد، در متغیر زمان آزمایش و واکنش ناهمخوان ($P > 0.05$)، $F=0.116$ و زمان پاسخ و واکنش ناهمخوان ($P > 0.05$)، $F=0.193$ پیش‌شرط برقرار است؛ بنابراین، نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در دو گروه بود ($F=4.88, P < 0.05$)، $F=0.782$ (لامبدای ویلکز). برای بررسی الگوهای تفاوت از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره به شرح زیر استفاده شد (جدول شماره ۳).

نتایج جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که میان نمرات زمان آزمایش و واکنش ناهمخوان و زمان پاسخ و واکنش ناهمخوان در دو گروه افراد، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ به این معنی که این دو متغیر در تحلیل

کوواریانس چندمتغیره و به‌صورت کلی معنی‌دار بودند؛ اما هرکدام از آن‌ها به‌صورت جداگانه، در تحلیل تک‌متغیره معنی‌دار نبود. افزون بر آن، به‌منظور بررسی تفاوت نمرات متغیرهای نمره تداخل آزمون و زمان تداخل آزمون در دو گروه، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده گردید. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=5.353, P < 0.001$)، $M=17.031$ (Box's) پیش‌شرط دیگر برابری واریانس‌های خطاست. نتایج آزمون لون نشان داد در متغیر نمره تداخل آزمون ($F=11.630, P < 0.05$) این پیش‌شرط برقرار نیست؛ اما در زمان تداخل آزمون ($F=1.899, P > 0.05$) این پیش‌شرط برقرار است. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره بیانگر معنی‌دار نبودن در دو گروه بود. به‌منظور بررسی تفاوت نمرات متغیرهای تعداد خطاهای واکنش همخوان و تعداد صحیح‌های واکنش همخوان در دو گروه، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس‌ها نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=26.802, P=0.0001$)

جدول شماره ۳. نتایج آمار بین آزمودنی‌ها روی نمرات متغیرهای پژوهش در دو گروه

متغیرها	مجموع مجدورات	درجه آزادی	میانگین مجدورات	F	Sig	اندازه اثر
زمان آزمایش	۱۲۳۶/۷۲۴	۱	۱۲۳۶/۷۲۴	۳/۶۳۲	۰/۰۵۸	۰/۰۹۵
واکنش همخوان	۹۸۷۵/۹۴۳	۱	۹۸۷۵/۹۴۳	۱/۵۵۷	۰/۰۴۵	۰/۰۸۷
زمان پاسخ	۱۴۴۳۷/۵۲۱	۱	۱۴۴۳۷/۵۲۱	۳/۱۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴
واکنش همخوان	۷۶۴۴/۸۷۵۴	۱	۷۶۴۴/۸۷۵۴	۱/۲۳۴	۰/۰۲۱	۰/۰۸۲

جدول شماره ۴. نتایج آثار بین آزمودنی‌ها روی نمرات متغیرهای پژوهش

متغیرها	مجموع مجدورات	Df	میانگین مجدورات	F	Sig	اندازه اثر
تعداد خطاهای واکنش همخوان	۲۵/۶۵۴	۱	۲۵/۶۵۴	۲/۴۵۲	۰/۱۰۲	-
تعداد صحیح‌های واکنش همخوان	۷۴۴/۹۳۲	۱	۷۴۴/۹۳۲	۱۸/۲۳۱	۰/۰۰۰۵	۰/۳۲۳

خطاهای واکنش ناهمخوان در دو گروه، این تفاوت معنی‌دار نبود. به منظور بررسی تفاوت نمرات متغیرهای آزمون ویسکانسین (تعداد طبقات، خطای در جاماندگی، پاسخ‌های درست، پاسخ‌های نادرست و تعداد کوشش‌ها برای تکمیل الگوی اول) در دو گروه، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس‌ها نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=3.669, P<0.001$) و $(Box's M = 64/210)$ ؛ بنابراین، از شاخص اثر پیلای به عنوان شاخص چندمتغیره استفاده گردید ($P<0.01$)، $F=4.530, P=0/561$ اثر لامبدای ویلکز). برای بررسی الگوهای تفاوت در هر کدام از متغیرهای وابسته، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره به شرح زیر استفاده شد (جدول شماره ۶). نتایج جدول شماره ۷ نشان می‌دهد که میان نمرات همه متغیرها به استثنای متغیر پاسخ‌های درست، در دو گروه افراد تفاوت وجود دارد.

با توجه به جدول شماره ۷، آماره F برای مؤلفه توجه و مهارت‌های بازداری ($18/70$) در سطح $0/02$ ، انعطاف‌پذیری ($16/98$) در سطح $0/03$ درصد و مهارت‌های بازداری در سطح $0/02$ معنادار است. این یافته‌ها نشانگر آن هستند که میان گروه‌ها در این مؤلفه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج بررسی میانگین‌ها نشان می‌دهد که گروه تجربی نسبت به گروه گواه، میانگین بیشتری داشتند. با توجه به این یافته‌ها می‌توان

بنابراین، از شاخص اثر پیلای به عنوان شاخص چندمتغیره استفاده گردید ($P<0.001$)، $F=9.656, P=0/356$ اثر پیلایی). برای بررسی الگوهای تفاوت از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره به شرح جدول شماره ۴ استفاده شد. نتایج جدول شماره ۴ نشان می‌دهد که میان نمرات تعداد صحیح‌های واکنش همخوان در دو گروه افراد تفاوت معناداری ($P<0.001$) وجود دارد، این در حالی بود که در متغیر تعداد خطاهای واکنش همخوان تفاوت وجود نداشت. به منظور بررسی تفاوت نمرات متغیرهای تعداد خطاهای واکنش ناهمخوان و تعداد صحیح‌های واکنش ناهمخوان در دو گروه، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. نتایج آزمون باکس برای یکسانی ماتریس کوواریانس نشان داد که این مفروضه برقرار نیست ($F=25.934, P<0.001$ و $Box's M=82.535$)؛ بنابراین، از شاخص اثر پیلای به عنوان شاخص چندمتغیره استفاده گردید ($P<0.001$)، $F=9.260$ ، $P=0/346$ اثر پیلایی). نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان از تفاوت معنی‌دار دو گروه داشت. برای بررسی الگوهای تفاوت از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره به شرح زیر استفاده شد (جدول شماره ۵). نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که میان نمرات تعداد صحیح‌های واکنش ناهمخوان در دو گروه افراد تفاوت ($P<0.001$) وجود دارد، این در حالی بود که در متغیر تعداد

جدول شماره ۵. نتایج آثار بین آزمودنی‌ها روی نمرات متغیرهای پژوهش در دو گروه

متغیرها	مجموع مجدورات	Df	میانگین مجدورات	F	Sig	اندازه اثر
تعداد خطاهای واکنش ناهمخوان	۵۸/۵۴۶	۱	۵۸/۵۴۶	۳/۲۱۱	۰/۰۸۱	-
تعداد صحیح‌های واکنش ناهمخوان	۶۷۷/۳۲۱	۱	۶۷۷/۳۲۱	۱۷/۱۵۶	۰/۰۰۰۵	۰/۳۱۱

جدول شماره ۶. نتایج آثار بین آزمودنی‌ها روی نمرات متغیرهای پژوهش در دو گروه

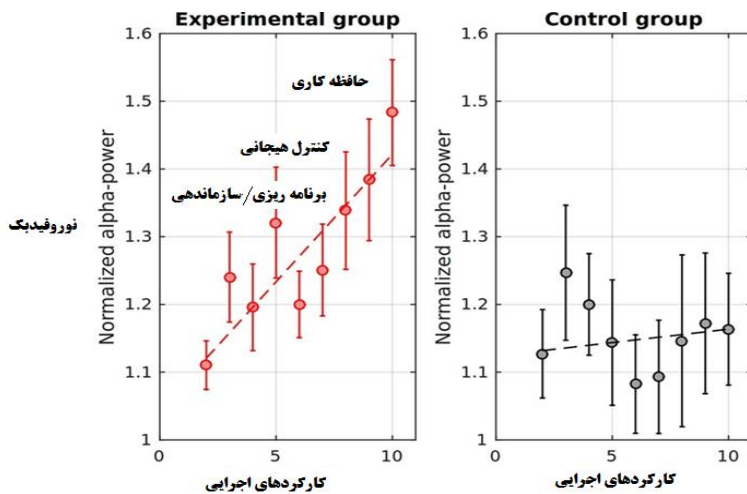
متغیرها	مجموع مجدورات	Df	میانگین مجدورات	F	معناداری	اندازه اثر
تعداد طبقات	۹/۱۷۸	۱	۹/۱۷۸	۱۲/۲۳۴	۰/۰۰۲	۰/۲۴۷
خطای درجاماندگی	۶۱/۴۵۵	۱	۶۱/۴۵۵	۱۸/۲۴۵	۰/۰۰۰۵	۰/۳۲۲
پاسخ‌های درست	۲/۳۴۴	۱	۲/۳۴۴	۰/۰۸۸	۰/۶۴۲	-
پاسخ‌های نادرست	۵۱۳/۴۶۶	۱	۵۱۳/۴۶۶	۱۸/۰۲۳	۰/۰۰۰۵	۰/۲۳۶
تعداد کوشش‌ها برای تکمیل الگوی اول	۳۱/۲۸۹	۱	۳۱/۲۸۹	۵/۴۵۳	۰/۰۱۶	۰/۱۷۷

جدول شماره ۷. نتایج تحلیل واریانس تفاوت گروه تجربی و گواه تأثیر نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری

مؤلفه	گروه	میانگین	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	F	P	اندازه اثر
توجه و مهارت‌های بازداری	تجربی	۲۶/۳	۲/۸۸	۰/۶۶	۱۸/۷۰	۰/۰۲	۰/۴۵
	گواه	۳۲/۵۶					
انعطاف‌پذیری	تجربی	۲۸/۷	۴/۳۵	۱/۱۵	۱۶/۹۸	۰/۰۳	۰/۳۳
	گواه	۳۲/۲۱					
کنترل هیجانی	تجربی	۵۴/۸۷	۹/۴۳	۰/۶۹	۹/۳۳	۰/۰۱	۰/۴۱
	گواه	۶۵/۳۷					
آغاز‌گری	تجربی	۶۸/۳۹	۸/۷۹	۰/۸۲	۱۲/۱۸	۰/۰۱	۰/۳۲
	گواه	۵۹/۶					
حافظه کاری	تجربی	۲۸/۷	۹/۷۸	۱/۱۵	۱۷/۳۱	۰/۰۲	۰/۳۸
	گواه	۲۵/۱۱					
برنامه‌ریزی/سازمان‌دهی	تجربی	۵۴/۲۲	۸/۴۳	۰/۶۹	۱۷/۳۳	۰/۰۱	۰/۳۹

یادگیری، به‌ویژه در توجه و مهارت‌های بازداری و انعطاف‌پذیری می‌شود (شکل شماره ۲).

گفت که تمرینات نوروفیدبک موجب بهبود کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دارای اختلال



شکل شماره ۲. بیانگر این است که تمرین نوروفیدبک بیشترین تأثیر را در کارکردهای اجرایی بر مؤلفه توجه و مهارت‌های بازداری (۱۸/۷۰) در سطح ۰/۰۲، انعطاف‌پذیری (۱۶/۹۸) در سطح ۰/۰۱ درصد داشته است. این یافته‌ها بیانگر آن هستند که میان گروه‌ها در این مؤلفه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف اثربخشی آموزش نوروفیدبک در بهبود کارکردهای اجرایی توجه و انعطاف پذیری شناختی در دانش آموزان دارای اختلال یادگیری انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که میان دو گروه نوروفیدبک و گواه در آزمون توجه استروپ، تفاوت معناداری وجود دارد؛ یعنی آزمودنی‌هایی که تحت آموزش نوروفیدبک بوده‌اند، نسبت به افرادی که تحت تأثیر آموزش نوروفیدبک نبوده‌اند، عملکرد بهتری در آزمون توجه استروپ در پس‌آزمون از خود نشان داده‌اند و این یافته با نتایج تحقیقات پیشین نیز همخوانی دارد (۱۹-۲۲).

مطابق پژوهش‌های گذشته، امواج با ریتم افزایشی حسی- حرکتی، باعث بهبود توجه و بازداری و تقویت پردازش و تمرکز در آرامش، ایجاد انعطاف پذیری شناختی میان محیط و یادگیری در دانش آموزان دارای اختلال یادگیری می‌گردد. توجه حاصل تعامل نواحی مختلف مغز است و هیچ منطقه خاصی در مغز وجود ندارد که به‌تنهایی مسئول کارکردهای توجه باشد (۲۳)؛ بنابراین می‌توان گفت که آموزش نوروفیدبک باعث بهبود ارتقای کارکرد توجه می‌شود؛ همچنین نوروفیدبک در تنظیم فعالیت‌های کورتکس، بهبود توجه و هوش، پیشرفت در حیطه‌های شناختی و رفتاری اثربخش بوده است (۲۴). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که نوروفیدبک، پردازش توجه و دقت، در آزمون حافظه کاری نقش مؤثری داشته است (۲۵). ارتباط میان امواج مغزی و عملکردهای شناختی نشان داده شده‌اند. آموزش افزایش ریتم حسی- حرکتی با تمرکز، عملکرد یادآوری، حافظه و کاهش خطا ارتباط دارد؛ همچنین آموزش کاهش تنا با بهبود تمرکز و توانایی توجه متمرکز مرتبط است (۲۶). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های گذشته همسو است و در تبیین این نتایج می‌توان گفت که نظریات کنترل حرکتی و یادگیری حرکتی، در اختلالاتی که در آن‌ها نقایص مرتبط با ادراک دیداری - حرکتی

وجود دارد، درگیری بیزال گانگلیا، مخچه و لوب پیشانی را پیشنهاد می‌کنند که به نظر می‌رسد، بازی درمانی شناختی- رفتاری بر این نواحی تأثیر می‌گذارد؛ زیرا بازی به‌عنوان یک فعالیت منحصربه‌فرد، نیازمند دریافت اطلاعات از دستگاه بینایی است که با تشخیص شیء و تعیین محل در فضا ارتباط دارد و در ارتباط تنگاتنگ با ادراک حرکتی است (۲۳). عملکرد مغز و تمرینات حرکتی (پاریاد) مناطقی از پیشانی و قشر آهیانه مغز که مخصوص فعالیت‌های شناختی است، در آنان فعال می‌شود. هرچه آمادگی بدنی فرد بیشتر باشد، مزیت‌های بیشتری برای عملکردهای شناختی ایجاد می‌شود؛ بنابراین، ارتباط میان فعالیت بدنی منظم و تحول مغز، به‌ویژه در ناحیه پیش‌پیشانی قشر مغز را تأیید کرده‌اند (۲۷). بر اساس تحقیقات لینگام، هرچه اکسیژن بیشتری به سطح مدار پاپز هیپوکامپ مغز برسد، میزان جاگیری اطلاعات در حافظه بیشتر خواهد بود و خون اکسیژن‌دار عامل این تغییرات در مغز است؛ بنابراین، فعالیت‌های ورزشی می‌تواند این راهبرد را بیشتر تشدید کند (۲۸). بر اساس این، تمرین‌های ادراکی- حرکتی در ترکیب با بازخورد و به‌ویژه بازخورد خودکنترل، در مقایسه با تمرین صرف می‌تواند سبب عملکرد بهتر هماهنگی حرکتی و زمان واکنش در کودکان با اختلال هماهنگی رشدی شود (۱). یکی از ابعاد موردتوجه، بررسی ویژگی‌های نوروسایکولوژیک، به‌ویژه هماهنگی هیجانی در سیستم لیمبیک و مدار پاپز هیپوکامپ است که در حافظه نقش مهمی را ایفا می‌کند و در این کودکان قابل توجه و برجسته است (۲۹). برخی از مطالعات بیانگر آن است که مهارت‌های حرکتی کودکان مبتلا به اختلال عملکرد اجرایی و هماهنگی دیداری حرکتی در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری، ضعیف‌تر از همسالان طبیعی‌شان است (۴)؛ بنابراین، این کودکان در درک، پردازش و استفاده از اطلاعات حس حرکت مشکل دارند. علل فراوانی را برای پیدایش اختلالات حرکتی ذکر کرده‌اند که می‌توان به تولد زودرس، نابهنجاری‌های مادرزادی

مغز، ضربه‌های پیش از تولد و اختلال‌های سوخت‌وساز، مسمومیت‌ها، عفونت‌ها و کشوری تیروئیدی مادر اشاره نمود (۳۰). کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از فعالیت‌های شناختی سطح بالا هستند که برای دستیابی به اهداف مدنظر استفاده می‌شوند و شامل مهارت‌هایی مانند حل مسئله، برنامه‌ریزی، بازداری و انعطاف‌پذیری ذهنی‌اند (۳۱). نوروفیدبک به دنبال آن است که به افراد آموزش دهد واکنش امواج مغزی خود را نسبت به محرک‌ها بهنجار کنند. از نوروفیدبک می‌توان برای تحریک یا تنظیم فعالیت مغزی استفاده کرد؛ همچنین نوروفیدبک برای افراد سالم نیز به کار می‌رود (۳۲). نوروفیدبک باعث بالا رفتن ظرفیت حافظه کاری، دقت و توجه می‌شود. در تحقیقات گذشته، اثربخشی نوروفیدبک بر کارکردهای اجرایی کودکان اتستیک بررسی شد و نتایج نشان داد که کارکردهای اجرایی پس از جلسات نوروفیدبک، بهبودی چشمگیری پیدا کرد (۲۵، ۳۳).

میان دو گروه در آزمون انعطاف‌پذیری شناختی ویسکانسین، تفاوت معناداری وجود دارد؛ یعنی آزمودنی‌هایی که تحت آموزش نوروفیدبک بوده‌اند، نسبت به افرادی که تحت تأثیر آموزش نوروفیدبک نبوده‌اند، عملکرد بهتری در آزمون انعطاف‌پذیری شناختی ویسکانسین در پس‌آزمون از خود نشان داده‌اند. شرکت‌کنندگان در گروه نوروفیدبک به‌طور معنی‌داری، در طبقات بیشتری موفقیت به‌دست آوردند و نسبت به گروه کنترل، خطاهای درجاماندگی کمتری مرتکب می‌شدند؛ همچنین نسبت به گروه کنترل، به تلاش کمتری جهت رسیدن برای تکمیل الگوی اول نیاز دارند. علاوه بر این، پاسخ‌های نادرست گروه نوروفیدبک به‌طور معنی‌داری، با گروه کنترل تفاوت داشت. بنا بر یافته‌های این پژوهش، تمرینات نوروفیدبک در بهبود انعطاف‌پذیری شناختی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری مؤثر است و در مقایسه با گروه کنترل، اثر سودمندی دارد؛ بنابراین یافته‌های پژوهش حاضر، تأثیر

آموزش نوروفیدبک بر انعطاف‌پذیری شناختی را تأیید کرد. از آنجا که در جستجوی منابع، هیچ گزارشی در رابطه با تأثیر نوروفیدبک بر انعطاف‌پذیری شناختی به‌دست نیامد، نتایج تحقیق حاضر در رابطه با تأثیر نوروفیدبک بر انعطاف‌پذیری شناختی منحصر به فرد است. به‌طور کلی، آموزش نوروفیدبک بر دیدگاه خوب یا بد بودن وضعیت مغزی و یا موج خاص بنا نهاده نشده، بلکه بر مفهوم انعطاف‌پذیری و اختصاصی شدن امواج مغزی استوار است؛ بنابراین، روش نوروفیدبک به‌عنوان شیوه ناظر بر ارائه اطلاعات به فرد کمک می‌کند تا در آینده رفتار مناسب نشان دهد؛ در نتیجه، با این اطلاعات آزمودنی یاد می‌گیرد تا رفتار مناسب را در جهت مطلوب تغییر دهد که این امور باعث افزایش توجه و انعطاف‌پذیری شناختی می‌شوند. انعطاف‌پذیری مخصوصاً به قشر پیشانی وابسته است (۳۴) و یکی از فرایندهای اساسی کارکردهای اجرایی است. توانایی توجه و تغییر توجه به لوب فرونتال ارتباط داده‌شده است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر و مطالعات پیشین می‌توان گفت که نوروفیدبک تمرین مؤثری برای افزایش عملکرد و بهبود کارکردهای اجرایی است.

پژوهش حاضر محدودیت‌هایی مانند مشکلات اجرا، گران و وقت‌گیر بودن اجرا و کمبود نیروی متخصص در این زمینه داشت؛ همچنین پژوهش‌های داخلی که تاکنون در ارتباط با اثربخشی نوروفیدبک بر اختلالات مختلف چون افسردگی، اضطراب، بیش‌فعالی و... انجام شده است، توجهی به کاستی‌های شناختی و به‌ویژه کارکردهای اجرایی نداشته‌اند که در واقع، به‌عنوان هسته اصلی یادگیری مطرح می‌شوند. پیشنهاد می‌گردد در آینده، از دختر و پسر به‌طور هم‌زمان در پژوهش‌های جدید استفاده شود؛ همچنین با توجه به اهمیت نوروفیدبک و نقش آن در بهبود کارکردهای اجرایی جمعیت بالینی و غیر بالینی پیشنهاد می‌شود از آموزش نوروفیدبک در بهبود کارکرد اجرایی همه دانش‌آموزان، سایر افراد و گروه‌های سنی مختلف

تعارض منافع

همه نویسندگان اعلام می کنند که هیچ تضاد منافی ندارند.

استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همه مسئولین کلینیک مشاوره موفقیت و نیز اولیا و مراجعین محترم که در این پژوهش ما را یاری کردند، صمیمانه سپاس گزاریم.

کد اخلاق: IR.IAU.TNB.REC.1401.031

References

- Graham HR, Minhas RS, Paxton G. Learning Problems in Children of Refugee Background: A Systematic Review. *Pediatrics* 2016;137. doi: 10.1542/peds.2015-3994
- Willcutt EG, Doyle AE, Nigg JT, Faraone SV, Pennington BF. Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biol Psychiatry* 2005; 57:1336-46. doi: 10.1016/j.biopsych.2005.02.006
- Dajani DR, Uddin LQ. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends Neurosci* 2015;38:571-8. doi: 10.1016/j.tins.2015.07.003
- Latzman RD, Elkovitch N, Young J, Clark LA. The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *J Clin Exp Neuropsychol* 2010;32:455-62. doi: 10.1080/13803390903164363
- Liira H. Managing functional disorders: opportunities and threats. *Scand J Prim Health Care* 2020;38:1-2. doi: 10.1080/02813432.2020.1718304
- Enriquez-Geppert S, Smit D, Pimenta MG, Arns M. Neurofeedback as a Treatment Intervention in ADHD: Current Evidence and Practice. *Curr Psychiatry Rep* 2019;21:46. doi: 10.1007/s11920-019-1021-4
- Mary A, Slama H, Mousty P, Massat I, Capiou T, Drabs V, et al. Executive and attentional contributions to Theory of Mind deficit in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychol* 2016;22:345-65. doi: 10.1080/09297049.2015.1012491
- Bays PM. Noise in neural populations accounts for errors in working memory. *J Neurosci* 2014;34:3632-45. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3204-13.2014
- Langarita-Llorente R, Gracia-Garcia P. Neuropsychology of generalized anxiety disorders: a systematic review. *Rev Neurol* 2019;69:59-67. doi: 10.33588/rn.6902.2018371
- Moll K, Kunze S, Neuhoff N, Bruder J, Schulte-Körne G. Specific learning disorder: prevalence and gender differences. *PloS one*. 2014; 9:e103537. doi: 10.1371/journal.pone.0103537
- Thibault RT, MacPherson A, Lifshitz M, Roth RR, Raz A. Neurofeedback with fMRI: A critical systematic review. *Neuroimage*. 2018;172:786-807. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.12.071
- Vernon D, Egnor T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, et al. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *Int J Psychophysiol* 2003;47:75-85. doi: 10.1016/s0167-8760(02)00091-0
- Ortega LA, Tracy BA, Gould TJ, Parikh V. Effects of chronic low-and high-dose nicotine on cognitive flexibility in C57BL/6J mice. *Behav Brain Res* 2013;238:134-45. doi: 10.1016/j.bbr.2012.10.032
- Coben R, Linden M, Myers TE. Neurofeedback for autistic spectrum disorder: a review of the literature. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010;35:83-105. doi: 10.1007/s10484-009-9117-y
- Banerjee S, Argáez C. CADTH Rapid Response Reports. Neurofeedback and Biofeedback for Mood and Anxiety Disorders: A Review of Clinical Effectiveness and Guidelines. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Copyright © 2017 Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health.; 2017. PMID: 30299634
- Medina JA, Netto TL, Muszkat M, Medina AC, Botter D, Orbetelli R, et al. Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *Atten Defic Hyperact Disord* 2010;2:49-58. doi: 10.1007/s12402-009-0018-y
- Chan RC, Chen EY, Law C. Specific executive dysfunction in patients with first-episode medication-naive schizophrenia. *Schizophr Res* 2006;82:51-64. doi: 10.1016/j.schres.2005.09.020
- Rahimi C, Hashemi R, Mohamadi N. The utility of the wisconsin card sorting test in differential diagnosis of cognitive disorders in Iranian psychiatric patients and healthy subjects. *Iran J Psychiatry* 2011;6:99-105.
- Balconi M, Crivelli D, Angioletti L. Efficacy of a Neurofeedback Training on Attention and Driving Performance: Physiological and Behavioral Measures. *Front Neurosci* 2019;13:996. doi: 10.3389/fnins.2019.00996
- Beauregard M, Lévesque J. Functional magnetic resonance imaging investigation of the effects of neurofeedback training on the neural bases of selective attention and response inhibition in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2006; 31:3-20. doi: 10.1007/s10484-006-9001-y
- Bielas J, Michalczyk Ł. Beta Neurofeedback Training Improves Attentional Control in the Elderly. *Psychol Rep* 2021;124:54-69. doi: 10.1177/0033294119900348
- Lévesque J, Beauregard M, Mensour B. Effect of neurofeedback training on the neural substrates of

- selective attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurosci Lett* 2006;394:216-21. doi: 10.1016/j.neulet.2005.10.100
23. Albaret JM, Chaix Y. Neurobiological bases and neurophysiological correlates of developmental coordination disorders. *Neurophysiol Clin* 2012;42:11-7. doi: 10.1016/j.neucli.2011.07.001
 24. Dentz A, Guay MC, Parent V, Romo L. Working Memory Training for Adults With ADHD. *J Atten Disord* 2020;24 :918-27. doi: 10.1177/1087054717723987
 25. Egner T, Gruzelier JH. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clin Neurophysiol* 2004;115:131-9. doi : 10.1016/s1388-2457(03)00353-5
 26. Wang JR, Hsieh S. Neurofeedback training improves attention and working memory performance. *Clin Neurophysiol* 2013;124:2406-20. doi : 10.1016/j.clinph.2013.05.020
 27. Bidzan-Bluma I, Lipowska M. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15. doi: 10.3390/ijerph15040800
 28. Zhang L, So KF. Exercise, spinogenesis and cognitive functions. *Int Rev Neurobiol* 2019;147:323-60. doi: 10.1016/bs.irm.2019.07.005
 29. Quevedo K, Liu G, Teoh JY, Ghosh S, Zeffiro T, Ahrweiler N, et al. Neurofeedback and neuroplasticity of visual self-processing in depressed and healthy adolescents: A preliminary study. *Dev Cogn Neurosci* 2019;40:100707. doi: 10.1016/j.dcn.2019.100707
 30. Sitaram R, Ros T, Stoeckel L, Haller S, Scharnowski F, Lewis-Peacock J, et al. Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nat Rev Neurosci* 2017;18:86-100. doi: 10.1038/nrn.2016.164
 31. Cheng ST. Cognitive Reserve and the Prevention of Dementia: the Role of Physical and Cognitive Activities. *Curr Psychiatry Rep* 2016;18 :85. doi: 10.1007/s11920-016-0721-2
 32. Marzbani H, Marateb HR, Mansourian M. Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications. *Basic Clin Neurosci* 2016;7:143-58. doi: 10.15412/J.BCN.03070208
 33. Aslam AR, Altaf MAB. An On-Chip Processor for Chronic Neurological Disorders Assistance Using Negative Affectivity Classification. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst* 2020;14:838-51. doi: 10.1109/TBCAS.2020.3008766
 34. Li K, Jiang Y, Gong Y, Zhao W, Zhao Z, Liu X, et al. Functional near-infrared spectroscopy-informed neurofeedback: regional-specific modulation of lateral orbitofrontal activation and cognitive flexibility. *Neurophotonics* 2019;6 :025011. doi: 10.1117/1.NPh.6.2.025011