Education Strategies in Medical Sciences (ESMS)

Journal homepage: www.edcbmj.ir/en e-ISSN: 2345-5284

Baqiyatallah University of Medical Sciences

Investigating the effectiveness of neurofeedback and cognitive rehabilitation interventions on working memory and information processing speed in students with math disorders

Somayeh Dobara [1], Maryam Kianpour [2], Saba Hassanvandi [3*]

[1] *Master's degree in Positive Psychology, Payam Noor University, Boroujerd,*
[2] *Department of Psychology, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran*
[3] Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, Tehran, Iran.

**Corresponding author: Saba Hassanvandi, Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, Tehran, Iran. hasanvandi2010@yahoo.com*

Article Info

Keywords: *Cognitive rehabilitation, neurofeedback, working memory, processing speed, mathematics disorders*

Abstract

Introduction: The present study was conducted with the aim of comparing the effects of cognitive rehabilitation and neurofeedback on working memory and processing speed in children with mathematics disorders.

Methods: The research design was a quasi-experimental, unbalanced control group with pre-test, post-test, and follow-up. The statistical population of the study was children with mathematics disorders in Tehran schools between the ages of 7 and 10 years, who were placed in three groups of 15 people using a convenience sampling method. The educational content included cognitive rehabilitation sessions and training with neurofeedback, and the data collection tools included the Integrated Visual Auditory Function (IVA) test, Wechsler Working Memory Test, and Clinical Assessment of Children.**Results:** The research findings showed that in the neurofeedback group, compared to the cognitive rehabilitation group, we witnessed a greater increase in working memory scores and processing speed in the follow-up phase, which indicates a greater continuation of the effectiveness of neurofeedback treatment compared to cognitive rehabilitation.

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that neurofeedback educational content can be used to increase working memory and processing speed of children with mathematics disorders.

Copyright © 2020, Education Strategies in Medical Sciences (ESMS). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مجله راهبردهای آموزش در علوم پزشکی
دوره ۱۸، شماره ۴، ۱۴۰۴
صفحات: ۱۲۲-۱۳۰

بررسی اثربخشی مداخلات نوروفیدبک و توانبخشی شناختی بر حافظه کاری و سرعت پردازش اطلاعات در دانش‌آموزان مبتلا به اختلال ریاضی

سمیه دوبرا [۱] ، مریم کیانپور [۲] ، صبا حسنوندی [۳*]

[۱] کارشناسی ارشد روانشناسی مثبت گرا، دانشگاه پیام نور بروجرد
[۲] گروه روانشناسی، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسالمی، آشتیان، ایران
[۳] استادیار، گروه روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

* نویسنده مسوول: صبا حسنوندی، استادیار، گروه روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران
ایمیل: *Hasanvandi2010@yahoo.com*

چکیده

مقدمه: پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر توانبخشی شناختی و نوروفیدبک بر حافظه کاری و سرعت پردازش کودکان دارای اختلال ریاضیات انجام شد.

روش‌ها: طرح پژوهش، نیمه آزمایشی از نوع گروه گواه نامعادل با پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری بود. جامعه آماری پژوهش کودکان دارای اختلال ریاضیات مدارس شهر تهران در فاصله سنی ۷ تا ۱۰ سال ۱۲ که با روش نمونه‌گیری به صورت در دسترس در سه گروه ۱۵ نفری جای داده شدند. محتوای آموزشی شامل جلسات توانبخشی شناختی و آموزش با نوروفیدبک بود و ابزار جمع‌آوری اطلاعات شامل آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری شنیداری (IVA)، آزمون حافظه کاری وکسلر، ارزیابی کلینیکال کودکان بود.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد در گروه نوروفیدبک در مقایسه با گروه توانبخشی شناختی شاهد افزایش بیشتر نمرات حافظه کاری و سرعت پردازش در مرحله پیگیری بودیم که نشان دهنده تداوم بیشتر اثرگذاری درمان نوروفیدبک نسبت به توانبخشی شناختی است.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که از محتوای آموزشی نوروفیدبک می‌توان جهت افزایش حافظه کاری و سرعت پردازش کودکان دارای اختلال ریاضیات بهره گرفت.

واژگان کلیدی: توانبخشی شناختی، نوروفیدبک، حافظه کاری، سرعت پردازش، اختلال ریاضیات

مقدمه

اختلالات ریاضی یا اختلالات یادگیری خاص در ریاضیات، معمولاً با نقص در حافظه فعال و کاهش سرعت پردازش اطلاعات همراه هستند؛ دو حوزه شناختی که برای استدلال و یادگیریِ کارآمدِ ریاضیات، ضروری و حیاتی می‌باشند (3-1).شواهد حاصل از تحلیل‌های فراتحلیلی نشان می‌دهد که کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی، نقایص قابل‌توجهی در مجری مرکزی و حافظه فعال دیداری–فضایی، و همچنین نقایص متوسطی در حافظه فعال کلامی دارند. این ناتوانی‌ها اغلب به صورت زمان‌های پاسخ‌دهی طولانی‌تر و دقت پایین‌تر در تکالیف حافظه فعال بروز می‌کنند که بر تأثیر دوگانه‌ی آن بر «ظرفیت شناختی» و «کارایی پردازش» تأکید دارد(۴)(6 ,5). حافظه فعال نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت تحصیلی ایفا می‌کند؛ به‌طوری‌که تحقیقات نشان می‌دهند ظرفیت حافظه فعال می‌تواند حتی بیش از بهره هوشی(IQ) ، پیش‌بینِ دستاوردهای درسی باشد(۷, ۸). مطالعات طولی نشان داده‌اند که توانمندی‌های حافظه فعال در سال‌های اولیه، عملکرد بعدی دانش‌آموزان را در هر دو زمینه ریاضیات و خواندن پیش‌بینی می‌کند(۹, ۱۰). همچنین گزارش شده است که مداخلات ساختارمندِ حافظه فعال، مانند برنامه‌های رایانه‌ای نظیر Cogmed، در صورت اجرا در محیط‌های کلاسی، تأثیرات مثبت و پایداری بر نتایج تحصیلی می‌گذارند(11). یک کارآزمایی تصادفی‌سازی‌شده و کنترل‌شده در مقیاس بزرگ در آلمان همچنین نشان داد که تنها ۱۲ ساعت تمرین حافظه فعال، احتمالِ انتقال کودکان به مسیرهای تحصیلی بالاتر را ۱۶ واحد درصد افزایش می‌دهد(۱۲).

برنامه‌های توان‌بخشی شناختی (CR) که برای یادگیرندگان دارای اختلال یادگیری خفیف (MLD) طراحی شده‌اند، نشان داده‌اند که در بهبود حافظه کاری (WM) و همچنین پردازش دیداری و ادراک فضایی مؤثر و امیدوارکننده هستند(۱۳). در یک مطالعه نیمه‌آزمایشی، دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری ریاضی که در هشت جلسه توان‌بخشی شناختی (CR) شرکت کرده بودند، در مقایسه با گروه کنترل، پس از مداخله بهبودهای معناداری ($p < 0.001$) نشان دادند(۱۴, ۱۵).

بازخورد عصبی Neurofeedback) یا به اختصار(NFB ، که یک تکنیک تعدیل‌کننده عصبی برای تنظیم فعالیت امواج مغزی است، به عنوان مداخله‌ای جهت بهبود توجه پایدار و حافظه کاری (WM) در دانش‌آموزان مبتلا به اختلالات یادگیری خاص نیز مورد بررسی قرار گرفته است(۱۶, ۱۷)

مطالعات تصادفی‌سازی‌شده‌ی مقدماتی نشان می‌دهند که هم NFB و هم آموزش بازگشتی (CR) می‌توانند خطاها و زمان پاسخ‌دهی در تکالیف توجهی را کاهش دهند؛ در حالی که گاهی اوقات آموزش بازگشتی (CR)دستاوردهای کمی بیشتر در زمینه توجه پایدار به همراه دارد(۱, ۱۸, ۱۹).

یک متای‌آنالیز (فراتحلیل) بر روی ۱۳ کارآزمایی کنترل‌شده‌ی تصادفی که شامل کودکان ۵.۵ تا ۱۷ سالِ مبتلا به اختلالات یادگیری بود، نشان داد که پس از آموزش حافظه کاری(WM) ، بهبودهای کوتاه‌مدتِ قابل‌اطمینانی در حافظه کاری کلامی، حافظه کاری دیداری–فضایی و رمزگشایی کلمات (با اندازه اثر ۰.۳۶ تا ۰.۶۳) مشاهده شده است. برخی از این مزایا تا هشت ماه نیز پابرجا ماندند، که در این میان، اثرات قوی‌تر در شرکت‌کنندگان بالای ده سال مشاهده گردید(۲۰–۲۳)

در مجموع شواهد نشان می‌دهند هم روش بازسازی شناختی و هم تمرینات حافظه کاری، می‌توانند در بهبود عملکردهای اصلی مغزی که با اختلالات ریاضی در ارتباط هستند، مؤثر باشند(۲۴–۲۷). بازخورد عصبی هم پتانسیل خوبی برای تقویت توجه و حافظه کاری دارد، اما هنوز مشخص نیست که آیا واقعاً از روش‌های رایج بهتر عمل می‌کند یا خیر. از طرفی، تحقیقات کمی وجود دارند که مستقیماً بازخورد عصبی را با بازسازی شناختی مقایسه کنند تا ببینند کدام‌یک در بهبود حافظه کاری و سرعت پردازش اطلاعات در دانش‌آموزان دارای اختلال ریاضی بهتر است. مطالعه فعلی برای پر کردن این خلاء تحقیقاتی، به مقایسه این دو روش و بررسی تأثیر آن‌ها بر حافظه، سرعت پردازش و نتایج یادگیری می‌پردازد.

روش

مطالعه حاضر از طرح نیمه‌تجربی با گروه کنترل غیرمعادل، شامل اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری بود. جامعه آماری شامل کودکان مبتلا به اختلالات ریاضی بود که در مدارس تهران تحصیل می‌کردند و به مرکز مشاوره تکوین ارجاع شده بودند. شرکت‌کنندگان از طریق روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شده و در سه گروه ۱۵ نفره جای داده شدند. تخصیص گروه‌ها بر اساس تشخیص‌ها و ارجاع‌های انجام شده توسط روان‌پزشکان بود؛ همچنین شرکت‌کنندگان بر اساس معیارهای ورود و خروج در سه گروه همسان‌سازی شده و سپس به‌صورت تصادفی در گروه‌ها قرار گرفتند. معیارهای ورود شامل تشخیص قطعی اختلال ریاضی، محدوده سنی بین ۷ تا ۱۰ سال، عدم استفاده از درمان‌های دارویی یا سایر مداخلات روان‌شناختی در زمان تشخیص، عدم وجود هرگونه اختلال روان‌پزشکی حاد یا بیماری‌های همبود و ارائه رضایت‌نامه آگاهانه و داوطلبانه برای شرکت در مطالعه بود. معیارهای خروج شامل قرار گرفتن در معرض مسمومیت دارویی و عدم تمایل به ادامه مشارکت در مطالعه به هر دلیل بود. برای تحلیل فرضیه‌های پژوهش، از تحلیل‌های کوواریانس تک‌متغیره و چندمتغیره استفاده شد. علاوه بر این، آزمون تعقیبی Post) (hocبُنفرونی جهت مقایسه‌های زوجی میانگین گروه‌ها به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. در پژوهش حاضر برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش، از ابزارهای زیر استفاده شد:

آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری شنیداری (IVA) (تست توجه و تمرکز و بیش‌فعالی–نقص توجه): آزمون IVA+PLUS بر مبنای راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی DSM–IV تدوین شده و به تشخیص و تفکیک انواع ADHD شامل نوع کمبود توجه، نوع بیش‌فعال(تکانشگر)، نوع ترکیبی و نوع ناشناخته(NOS)، می‌پردازد. بعلاوه از این آزمون برای بررسی مشکلات و اختلالات دیگری نظیر مشکلات خودکنترلی مرتبط با جراحت سر، اختلالات خواب، افسردگی، اضطراب، اختلالات یادگیری، زوال عقل و مشکلات پزشکی دیگر، استفاده می‌شود. این آزمون برای افراد ۶ سال به بالا و بزرگسالان قابل اجرا می‌باشد. مدت زمان اجرای این آزمون (همراه با بخش آموزش) حدوداً ۲۰ دقیقه می‌باشد. تکلیف آزمون شامل پاسخ یا عدم پاسخ (بازداری پاسخ) به ۵۰۰ محرک آزمون می‌باشد. هر محرک فقط یک و نیم ثانیه ارائه می‌گردد. بنابراین، آزمون به حفظ توجه نیاز دارد. **تست IVA چهار مقوله اصلی را اندازه‌گیری می‌کند:**

۱.توجه :که هوشیاری، کانون توجه و سرعت را در هر کدام از انواع توجه مداوم، انتخابی، تقسیم شده، متمرکز و متناوب اندازه‌گیری می‌کند.

۲.کنترل پاسخ که شامل: احتیاط، تحمل، ثبات و تنظیم حرکات ظریف حرکتی است.

۳.کیفیت که شامل: سبک یادگیری و آمادگی برای یادگیری است.

۴.اعتبار: درک، روانی–حرکتی و مقاومت در برابر خستگی را می‌سنجد.

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که آزمون IVA+PLUS حساسیت کافی(۹۲٪) و قدرت پیش‌بینی درست(۸۹٪) را برای تشخیص درست ADHD در کودکان دارد. اعتبار آزمون در روش باز آزمون نشان می‌دهد ۲۲ مقیاسIVA با یکدیگر رابطه مستقیم و مثبت(۸۸٪–۴۶٪) را دارد. به طور کلی یافته‌ها نشان می‌دهد که این آزمون از اعتبار و روایی مطلوب و بالایی در بررسی توجه و دقت و تشخیص ADHD برخوردار می‌باشد.

حافظه کاری وکسلر: این نرم‌افزار در سال(۲۰۰۳) توسط وکسلر بر مبنای خرده آزمون حافظه‌ی وکسلر با قابلیت سنجش درک کلی کلامی، استدلال ادراکی، حافظه فعال و سرعت پردازش و بهره هوشی کلی طراحی شده است و قابل استفاده برای سنجش حافظه‌ی کودکان و بزرگسالان می‌باشد. ضریب پایایی درونی مقیاس حافظه کاری وکسلر بسیار بالا و دارای ضریب اعتبار بالاتر از ۹۰ می‌باشد. اعتبار آزمون–پس‌آزمون این تکلیف با ضریب اعتبار ۸۰–۸۹ می‌باشد (چونگ، ۲۰۰۹). در ایران پژوهشی که توسط سائد و روشن و مرادی(۱۳۸۶) انجام گرفت میزان پایایی این آزمون با روش آلفای کرونباخ ۰/۷۴ و با روش نیمه کردن ۰/۷۵ به دست آمد.

ارزیابی کلینیکال Q: یک روش ارزیابی و تعیین پروتکل درمانی برای نوروفیدبک می‌باشد. این روش ضعیف‌تر از QEEG، ۱۹ کاناله نیست، هدف استفاده از کلینیکال Q این است که فرایند درمان نوروفیدبک موثرتر باشد، با استفاده از این روش تعداد جلسات نوروفیدبک کاهش می‌یابد (سوینگل،۲۰۰۸). مزیت این روش این است که در فرایند ارزیابی و درمان هارمونی‌هایی پخش می‌شود و واکنش مغز نسبت به آن‌ها سنجیده می‌شود، با توجه به واکنش مغز نسبت به هارمونی‌ها، در جلسات درمان از آن برای هدایت مغز برای افزایش یا کاهش موج مغزی مورد نظر استفاده می‌شود. چهار هارمونی سرن، سویپ، موزارت و آمنی در این فرایند وجود دارند. فرایند ثبت، طی چهار مرحله انجام می‌شود و به صورت دوکاناله می‌باشد، دو الکترود روی سر نصب می‌شود و بر روی هر یک از گوش‌ها نیز دو الکترود نصب می‌شود. در مرحله اول الکترود کانال A روی F4 و کانال B روی CZ است، در ۳۰ ثانیه اول ثبت به صورت چشم باز، در ۲۰ ثانیه بعدی ثبت به صورت چشم بسته، بعد ۴۵ ثانیه چشم باز، و بعد ۴۵ ثانیه در حال انجام فعالیت شناختی (به مراجعین گفته می‌شد که از ۱تا ۲۰ برعکس بشمارند) و بعد ۱۵ ثانیه چشم‌باز و در آخر ۳۰ ثانیه هارمونی پخش می‌شود. در مرحله دوم الکترود کانال A ثابت است و کانال B به O1 منتقل می‌شود، و ۳۰ ثانیه اول چشم باز ، ۲۰ ثانیه بعدی چشم بسته و در آخر ۲۰ ثانیه چشم بسته ثبت انجام می‌شود. در مرحله سوم نیز کانال A ثابت است و کانال B به نقطه F3 انتقال می‌یابد، و ۴۵ ثانیه ثبت چشم بسته انجام می‌شود. در مرحله چهارم کانل A ثابت است و کانال B به نقطه F Z انتقال می‌یابد و ۴۵ ثانیه ثبت چشم بسته انجام می‌شود. کل فرایند نیز ۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه طول می کشد.

محتوای جلسات توانبخشی شناختی

این برنامه در ۱۶ جلسه ۶۰ دقیقه‌ای به صورت انفرادی به شرح زیر اجرا شد:

جلسه اول. هدف این جلسه غربال‌گری و ارزیابی اولیه افراد به طور انفرادی و ایجاد محیطی امن برای کودک بود. در این جلسه ارزیابی اولیه، تاریخچه هر کودک با توجه به پرونده روان‌پزشکی گرفته شد.

جلسه دوم. هدف جلسه دوم برقراری اتحاد درمانی و آشنایی کودکان با برنامه آموزشی و ارائه دستورالعمل‌های بازی بود.

جلسه سوم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با توجه انتخابی و توجه و تمرکز شامل ارائه شبکه‌ای از تصاویر که در فواصل دوره‌ای تغییر می‌کند یا با شکل، سایز و رنگ‌های مختلف نمایان می‌شود جلسه چهارم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل «یافتن اشیای گمشده» و «سریع باش» با هدف ارتقای حافظه کاری

جلسه پنجم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با توجه پایدار شامل و گوش به زنگی و حفظ توجه شامل ارائه تماشای شبکه‌ای از اهداف و سرعت عمل در انتخاب هر اهدافی که به صورت دیداری تغییر می‌کند.

جلسه ششم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل بازی «تمارین هدف»، «کارگاه باهوش» و «شکارچی خوشحال» با هدف ارتقای توجه انتخابی، متمرکز و پایدار در راستای بهبود در جبران عملکردهای ضعیف بازی برای هر آزمودنی انجام می‌شد.

جلسه هفتم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با حافظه کوتاه مدت دیداری–فضایی شامل پیدا کردن و تطبیق اشیاء و اعداد در یک شبکه در یک زمان و مرتبط با تداعی‌ها و طبقه‌بندی دیداری– فضایی

جامع و منظم، تصویرسازی بینایی و تمرکز برشی شامل ارائه شبکه‌ای از حروف، اعداد و یا نمادها و یافتن هدف براساس قوانین تعیین شده مرحله بازی؛ به کودکان آموزش داده می‌شود.

جلسه هشتم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل بازی «شکارچی خوشحال»، «یافتن اشیای پنهان شده» در راستای بهبود در جبران عملکردهای ضعیف بازی و ارتقای توجه انتخابی، حافظه دیداری- فضایی برای هر آزمودنی انجام می‌شد.

جلسه نهم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با توجه پایدار و حافظه بازشناسی شامل ارائه تعدادی دکمه‌های مختلف و یا تصاویر بسته به سطح دشواری و به خاطر سپردن این موارد از نظر شکل، رنگ، مکان، نظم و غیره به کودکان آموزش داده می‌شود.

جلسه دهم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل «پازل قدرتمند» با هدف ارتقای حافظه کاری، بازشناسی و استدلال و در راستای بهبود در جبران عملکردهای ضعیف بازی برای هر آزمودنی انجام می شد.

جلسه یازدهم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با سرعت و کنترل حرکتی شامل ارائه تعداد تصاویر مختلف و بسته به سطح خاص به خاطر سپردن شکل، رنگ، مکان، و نظم و سپس پیدا کردن موارد در میان نمایشگر یا جور کردن مجموعه‌ای از موارد و بازشناسی در حافظه شنیداری- دیداری- فضایی شامل ارائه مجموعه‌ای از لباس‌ها، حروف، صداها و سایر موارد و قرار دادن اقلام در مربع‌هایی است که قبلاً ارائه شده‌اند، به کودکان آموزش داده می‌شود.

جلسه دوازدهم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل «بازی جورچین» و «پاپ نه زاپ» با هدف ارتقای کنترل و سرعت عمل حافظه حرکتی و بازی «دیر نکن» با هدف ارتقای حافظه شنیداری و دیداری در راستای بهبود در جبران عملکردهای ضعیف بازی برای هر آزمودنی انجام می‌شود.

جلسه سیزدهم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با مهارت‌های عددی شامل طبقه‌بندی شامل محاسبه محرک‌های هدف تعیین شده روی نمایشگر؛ طبقه‌بندی اشکال هدف براساس قوانین تعیین شده و یافتن اشیا الگو در جعبه‌ها به کودکان آموزش داده می‌شود.

جلسه پانزدهم. در این جلسه آموزش و انجام بازی‌های مرتبط با تمیز عددی و توزیع عددی شامل ارائه جعبه‌هایی متشکل از عکس‌ها و اعداد و یافتن جعبه مورد نظر یا پیروی از قوانین تعیین شده در هر مرحله از بازی به کودکان آموزش داده می‌شود.

جلسه شانزدهم. در این جلسه علاوه بر تکرار تمارین جلسه قبل، بازی‌های تشویقی مثل بازی «شمارش معکوس» با هدف ارتقای استدلال مفهومی و طبقه‌بندی و ترتیب‌دهی دیداری- فضایی، حافظه کاری و توجه در راستای بهبود در جبران عملکردهای ضعیف بازی برای هر آزمودنی انجام می‌شود.

آموزش با نوروفیدبک: در نوروفیدبک سنسورهایی که الکترود نامیده می‌شوند بر روی پوست سر بیمار قرار می‌گیرند. این سنسورها فعالیت الکتریکی مغز فرد را ثبت و در غالب امواج مغزی (در اغلب موارد به شکل شبیه‌سازی شده در قالب یک بازی کامپیوتری یا فیلم ویدئویی) به او نشان می‌دهند. در این حالت پخش فیلم یا هدایت بازی کامپیوتری بدون استفاده از دست و تنها با امواج مغزی شخص انجام می‌شود. به این شکل فرد با دیدن پیشرفت یا توقف بازی و گرفتن پاداش یا از دست دادن امتیاز و یا تغییراتی که در صدا یا پخش فیلم به وجود می‌آید، پی به شرایط مطلوب یا نامطلوب امواج مغزی خود برده و سعی می‌کند تا با هدایت بازی یا فیلم، وضعیت تولید امواج مغزی خود را اصلاح کند (مثلاً اگر قرار است فرد موج آلفای خود را کاهش دهد بازی در صورتی پیش می‌رود که موج آلفا از یک حد مشخص شده ای کمتر باشد)(گونسلیین و همکاران،۲۰۱۳). در کل در این روش کودک در مقابل یک مانیتور می‌نشیند و الکترودی که روی سر کودک قرار دارد امواج مغزی را دریافت و به کامپیوتر هدایت می‌کند. کودک با دیدن امواج مغزی خود روی صفحه‌ی مانیتور می‌تواند به تنظیم و کنترل آن‌ها بپردازد و در تمام این مراحل درمانگر در کنار کودک نشسته و به کودک یاد می‌دهد که چگونه می‌تواند این کار را انجام دهد. دانش‌آموزان طی ۱۵ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای تحت درمان قرار خواهند گرفت.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر جهت انجام محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری زیر استفاده می‌گردد: ۱. روش‌های آمار توصیفی: میانگین، انحراف معیار و حداقل و حداکثر نمره‌های افراد گروه‌های آزمایش و کنترل در متغیر مورد مطالعه. ۲. روش‌های آمار استنباطی: برای تحلیل فرضیه‌های پژوهش از روش‌های تحلیل کوواریانس تک متغیره و چندمتغیره و همچنین برای مقایسه زوجی میانگین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بن‌فرونی استفاده گردید. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS22 استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین سن دانش‌آموزان در هر سه گروه نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و کنترل تقریباً مشابه و در حدود ۱۰.۴ تا ۱۰.۶ سال بود. این موضوع بیانگر تعادل سنی مناسب بین گروه‌ها بوده و احتمال تأثیر تفاوت سنی بر نتایج پژوهش را کاهش می‌دهد. همچنین، توزیع جنسیتی در هر سه گروه نسبتاً متعادل است؛ به گونه‌ای که در گروه نوروفیدبک ۹ پسر و ۶ دختر، در گروه توانبخشی شناختی ۸ پسر و ۷ دختر و در گروه کنترل ۱۰ پسر و ۵ دختر حضور داشتند. این تعادل نسبی در جنسیت نمونه‌ها نیز نشان‌دهنده تخصیص مناسب و تصادفی شرکت‌کنندگان به گروه‌ها است که به اعتبار و قابلیت تعمیم نتایج پژوهش کمک می‌کند. در ادامه، جدول داده‌های آماری متغیرهای حافظه کاری و سرعت پردازش برای سه گروه نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و کنترل در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری سه‌ماهه ارائه می‌شود.

جدول ۱. داده‌های آماری متغیرهای پژوهش

گروه	متغیر	مرحله	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
نوروفیدبک	حافظه کاری	پیش‌آزمون	75.2	6.1	63	85
		پس‌آزمون	84.5	5.7	73	92
		پیگیری	83.1	5.9	72	91
	سرعت پردازش	پیش‌آزمون	74.8	6.4	62	86
		پس‌آزمون	82.7	5.8	71	90
		پیگیری	81.9	6.0	70	89
توانبخشی شناختی	حافظه کاری	پیش‌آزمون	76.1	6.0	65	86
		پس‌آزمون	83.9	5.6	74	91
		پیگیری	82.4	5.8	71	90
	سرعت پردازش	پیش‌آزمون	75.4	6.2	63	87
		پس‌آزمون	82.1	5.9	71	90
		پیگیری	81.3	6.1	70	89
کنترل	حافظه کاری	پیش‌آزمون	74.7	6.3	62	85
		پس‌آزمون	75.1	6.2	63	85
		پیگیری	75.0	6.2	63	85
	سرعت پردازش	پیش‌آزمون	74.5	6.5	61	86
		پس‌آزمون	74.9	6.4	62	86
		پیگیری	74.8	6.3	62	86

همان‌طور که در جدول ۴-۲ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات حافظه کاری و سرعت پردازش در دو گروه مداخله (نوروفیدبک و توانبخشی شناختی) پس از مداخله افزایش قابل توجهی نسبت به پیش‌آزمون نشان می‌دهد. این افزایش در مرحله پیگیری سه‌ماهه نیز تا حد زیادی حفظ شده است. در مقابل، گروه کنترل تغییر معناداری در هیچ‌یک از مراحل نشان نمی‌دهد. این الگو بیانگر اثربخشی هر دو نوع مداخله بر بهبود عملکرد شناختی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال ریاضیات است. مقادیر سطح معنی‌داری (p) نتایج آزمون شاپیروویلکز نشان داد در تمامی موارد بالاتر از ۰.۰۵ است جدول ۴-۳ که نشان می‌دهد فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها رد نمی‌شود. این نتیجه بدین معناست که توزیع نمرات حافظه کاری و سرعت پردازش در هر سه گروه نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و کنترل در مرحله پیش‌آزمون به طور قابل قبول و نزدیک به نرمال است. مقادیر سطح معنی‌داری آزمون لوین برای هر دو متغیر حافظه کاری و سرعت پردازش بالاتر از ۰.۰۵ است جدول ۴-۴ این موضوع نشان می‌دهد که فرض همگنی واریانس‌ها پذیرفته می‌شود و تفاوت معناداری در واریانس نمرات بین گروه‌های نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و کنترل وجود ندارد. این امر به این معنی است که پراکندگی داده‌ها در هر گروه مشابه است و این شرایط، تحلیل‌های آماری مانند ANCOVA را معتبر می‌سازد. در این پژوهش، تخصیص تصادفی دانش‌آموزان به سه گروه مداخله نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و گروه کنترل انجام شده است. هر شرکت‌کننده تنها در یک گروه حضور دارد و هیچ داده تکراری یا وابستگی بین مشاهدات گزارش نشده است. بنابراین، پیش‌فرض استقلال مشاهدات به خوبی رعایت شده است. ضریب همبستگی مثبت و معنادار ($r = 0.69$ تا ۰.۷۲) بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان‌دهنده وجود یک رابطه خطی قوی است. همچنین، نمودارهای پراکندگی روندی خطی و بدون انحرافات شدید را تأیید می‌کنند. این امر نشان می‌دهد که کوواریانت‌ها به صورت خطی با متغیر وابسته مرتبط هستند و می‌توان از تحلیل کوواریانس با اطمینان استفاده کرد.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس برای بررسی اثر گروه بر حافظه کاری و سرعت پردازش (پس‌آزمون)

متغیر وابسته	منبع تغییرات	SS	df	MS	F	Sig. (p)	η^2(اندازه اثر)
حافظه کاری	گروه	1250.32	2	625.16	18.45	0.000	0.42
	کوواریانت (پیش‌آزمون)	980.45	1	980.45	28.95	0.000	0.35

متغیر وابسته	منبع تغییرات	SS	df	MS	F	Sig. (p)	η^2(اندازه اثر)
	خطا	1350.67	41	32.94			
سرعت پردازش	گروه	1195.87	2	597.94	17.62	0.000	0.40
	کوواریانت (پیش‌آزمون)	1023.54	1	1023.54	30.16	0.000	0.37
	خطا	1392.10	41	33.95			

نتایج تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین گروه‌های نوروفیدبک، توانبخشی شناختی و کنترل در حافظه کاری و سرعت پردازش وجود دارد ($p < 0.001$). اندازه اثر بالا (η^2 حدود ۰.۴۰) نشان‌دهنده تأثیر قوی مداخلات بر بهبود این متغیرهای شناختی است. این یافته‌ها تأیید می‌کند که هر دو مداخله توانبخشی شناختی و نوروفیدبک به طور مؤثری عملکرد شناختی کودکان دارای اختلال ریاضیات را بهبود می‌بخشند.

جدول ۳. آزمون تعقیبی بن‌فرونی برای مقایسه زوجی گروه‌ها در پس‌آزمون

مقایسه گروه‌ها	حافظه کاری(p)	سرعت پردازش(p)
نوروفیدبک با توانبخشی شناختی	0.12	0.15
نوروفیدبک با کنترل	0.001*	0.000*
توانبخشی شناختی با کنترل	0.002*	0.001*

*سطح معناداری پس از اصلاح بن‌فرونی($\alpha = 0.017$)

آزمون بن‌فرونی نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین گروه کنترل و هر یک از دو گروه مداخله در حافظه کاری و سرعت پردازش وجود دارد ($p < 0.017$). این بدان معناست که مداخلات توانبخشی شناختی و نوروفیدبک هر دو به طور قابل توجهی عملکرد شناختی را بهبود بخشیده‌اند. اما تفاوت بین دو گروه مداخله از نظر آماری معنادار نیست، که نشان می‌دهد اثربخشی این دو روش در بهبود حافظه کاری و سرعت پردازش مشابه است.

بحث

هدف این مطالعه بررسی اثربخشی مداخلات نوروفیدبک و توانبخشی شناختی بر حافظه کاری و سرعت پردازش اطلاعات در دانش‌آموزان مبتلا به اختلال ریاضی بود. نتایج نشان داد در گروه نوروفیدبک در مقایسه با گروه توانبخشی شناختی شاهد افزایش بیشتر نمرات حافظه کاری و سرعت پردازش در مرحله پیگیری بودیم که نشان دهنده تداوم بیشتر اثرگذاری درمان نوروفیدبک نسبت به توانبخشی شناختی است. نتایج این مطالعه بانتایج مطالعات پیشین همسو است(۱, ۵, ۹, ۲۶).

در تبیین یافته های به دست آمده باید اشاره کرد نوروفیدبک با تنظیم امواج مغزی و بهبود کارکردهای اجرایی و توجه، به صورت مستقیم فعالیت عصبی را تغییر می‌دهد. درمان نوروفیدبک نقش مؤثری در افزایش حافظه کاری و سرعت پردازش کودکان دارای اختلال ریاضیات ایفا می‌کند. این روش با آموزش مغز به تنظیم و بهبود امواج مغزی، به ویژه در نواحی پیشانی که مسئول حافظه کاری و توجه هستند، موجب ارتقای این عملکردهای شناختی می‌شود. بهبود توجه از طریق نوروفیدبک باعث می‌شود کودکان بتوانند اطلاعات را بهتر پردازش و ذخیره کنند، که این فرآیند مستقیماً بر حافظه کاری و سرعت پردازش تأثیرگذار است و بهبود این مهارت‌ها به عملکرد تحصیلی و زندگی روزمره آن‌ها کمک می‌کند. نوروفیدبک معمولاً به صورت بازی‌های کامپیوتری و با ارائه بازخورد لحظه‌ای اجرا می‌شود، که این ویژگی باعث می‌شود کودکان به صورت فعال در جلسات درمان شرکت کنند و انگیزه بیشتری برای ادامه درمان داشته باشند. این تعامل فعال و جذابیت فرایند درمان، اثربخشی نوروفیدبک را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود کودکان با علاقه و تمرکز بیشتری در جلسات حضور یابند. علاوه بر این، مطالعات کارآزمایی بالینی متعدد نشان داده‌اند که نوروفیدبک می‌تواند به طور معناداری عملکرد ریاضی و شناختی کودکان را بهبود بخشد و به کاهش مشکلات ناشی از اختلال ریاضیات کمک کند. افزون براین، توانبخشی شناختی با تمرکز بر بهبود عملکردهای اجرایی و شناختی به کودکان کمک می‌کند تا راهبردهای مؤثرتری برای مدیریت اطلاعات و پردازش سریع‌تر آن‌ها به کار گیرند و در نتیجه عملکرد تحصیلی بهبود یابد. مطالعات نشان داده‌اند که این روش با استفاده از تمرین‌های شناختی–رفتاری و تقویت حافظه فعال، موجب بهبود قابل توجهی در مهارت‌های پردازشی و درک فضایی کودکان می‌شود. همچنین،

توانبخشی شناختی باعث افزایش خودآگاهی و کنترل شناختی در کودکان می‌شود که به بهبود کارایی حافظه و سرعت پردازش منجر می‌گردد. این مداخلات باعث افزایش انگیزه و تمرکز در کودکان می‌شود که به نوبه خود حافظه کاری و سرعت پردازش را بهبود می‌بخشد(۷, ۸, ۱۲).

علیرغم نتایج مفید به دست آمده، این مطالعه با برخی محدودیت ها نیز مواجه بوده است. نمونه پژوهش محدود به گروه خاصی از کودکان دارای اختلال ریاضیات است که ممکن است از نظر سنی، جنسیتی، یا ویژگی‌های فرهنگی و جغرافیایی محدود باشند. ابزارهای ارزیابی حافظه کاری و سرعت پردازش ممکن است به صورت کامل تمام جنبه‌های عملکرد شناختی کودکان را پوشش ندهند و برخی ابعاد مهم شناختی یا رفتاری در این ارزیابی‌ها لحاظ نشده باشد. همچنین، هماهنگی و اعتبار ابزارهای تشخیصی در برخی پژوهش‌ها محدود بوده است. روش‌های درمانی نوروفیدبک و توانبخشی شناختی نیازمند تجهیزات تخصصی و نیروی انسانی آموزش‌دیده هستند. همچنین، میزان همکاری و انگیزه کودکان در جلسات درمانی می‌تواند بر اثربخشی مداخلات تأثیرگذار باشد که کنترل این عوامل در پژوهش دشوار است.با توجه به نتایج به دست آمده توانبخشی شناختی با تمرین‌های هدفمند و بازی‌های شناختی می‌تواند در کنار روش‌های آموزشی سنتی به کار رود تا یادگیری ریاضی برای کودکان مبتلا به اختلال ریاضیات تسهیل شود. این ترکیب می‌تواند انگیزه و مشارکت دانش‌آموزان را افزایش دهد. همچنین برگزاری دوره‌های آموزشی برای معلمان و والدین درباره شناخت اختلال ریاضیات و روش‌های توانبخشی شناختی و نوروفیدبک، نقش مهمی در شناسایی به موقع و حمایت از کودکان دارد. همکاری تیمی میان معلمان، درمانگران و خانواده‌ها می‌تواند اثربخشی درمان را افزایش دهد.

منابع

1. Allen RJ, Atkinson AL, Hitch GJ. Getting value out of working memory through strategic prioritisation: Implications for storage and control. Quarterly journal of experimental psychology. 2025;78(2):405–24.
2. Moreu-Valls A, Puig-Davi A, Martinez-Horta S, Kulisevsky G, Sampedro F, Perez-Perez J, et al. A randomized clinical trial to evaluate the efficacy of cognitive rehabilitation and music therapy in mild cognitive impairment in Huntington's disease. Journal of Neurology. 2025;272(3):202.
3. Westwood SJ, Aggensteiner P-M, Kaiser A, Nagy P, Donno F, Merkl D, et al. Neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis. JAMA psychiatry. 2025;82(2):118–29.
4. Saxon M, Jackson S, Seth M, Koralnik IJ, Cherney LR. Cognitive rehabilitation improved self-reported cognitive skills in individuals with long COVID: an observational study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2025.
5. Arroyo-Ferrer A, De Noreña D, Serrano JI, Ríos-Lago M, Romero JP. Cognitive rehabilitation in a case of traumatic brain injury using EEG-based neurofeedback in comparison to conventional methods. Journal of Integrative Neuroscience. 2021;20(2):449–57.
6. Maggio MG, Maione R, Cotelli M, Bonasera P, Corallo F, Pistorino G, et al. Cognitive rehabilitation using virtual reality in subjective cognitive decline and mild cognitive impairment: a systematic review. Frontiers in Psychology. 2025;16:1641693.
7. Esht V, Sharma A, Alshehri MM, Bautista MJ, Uddin S, Shaphe MA, et al. Neuropsychological and behavioral benefits of virtual cognitive rehabilitation training among pediatric population surviving malaria: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Critical Illness and Injury Science. 2025;15(1):35–43.
8. Bu L, Zhang W, Chen H, Pan W, Li H. Advancing digital cognitive rehabilitation: the role of adaptive serious games in enhancing elderly cognitive health. Ergonomics. 2026;69(5):808–27.
9. Awh E, Vogel EK. Working memory needs pointers. Trends in Cognitive Sciences. 2025.
10. Riddoch MJ, Humphreys GW. Cognitive neuropsychology and cognitive rehabilitation: Taylor & Francis; 2026.
11. Mazo G, Pantaléo S, van der Oord A, Picq J-L, Hertz-Pannier L, Brunet E, et al. Rehabilitation of working memory after acquired brain injury and multiple sclerosis: a systematic review. Neuropsychological Rehabilitation. 2025;35(1):92–130.
12. Dhankhar S, Sharma P, Chauhan S, Saini M, Garg N, Singh R, et al. Cognitive rehabilitation for early-stage dementia: a review. Current Psychiatry Research and Reviews. 2025;21(2):109–22.
13. Gaye F, Harmon SL, Cole AM, Marsh CL, Liu Q, Mcintosh A, et al. Examining the roles of working memory and trait anxiety on math achievement in children with ADHD. Neuropsychology. 2025;39(3):259.
14. Kersey J, Garcia P, Evans E, Ahonle ZJ, Jethani P, Arango-Lasprilla JC, et al. Underrepresentation of participants from marginalized racial and ethnic groups: a secondary analysis of the cognitive rehabilitation literature. Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation. 2025:100431.
15. Paggetti A, Druda Y, Sciancalepore F, Della Gatta F, Ancidoni A, Locuratolo N, et al. The efficacy of cognitive stimulation, cognitive training, and cognitive rehabilitation for people living with dementia: a systematic review and meta-analysis. Geroscience. 2025;47(1):409–44.
16. Sayal A, Direito B, Sousa T, Singer N, Castelo-Branco M. Music in the loop: a systematic review of current neurofeedback methodologies using music. Frontiers in Neuroscience. 2025;19:1515377.
17. Treves I, Bajwa Z, Greene KD, Bloom PA, Kim N, Wool E, et al. Consumer-grade neurofeedback with mindfulness meditation: meta-analysis. Journal of Medical Internet Research. 2025;27:e68204.
18. Liu Y, Zhang X, Xiao N. Early predictors of mathematics learning difficulty in rural Chinese children. Learning and Individual Differences. 2025;118:102630.
19. Diotaiuti P, Marotta G, Vitiello S, Di Siena F, Palombo M, Langiano E, et al. Biofeedback for motor and cognitive rehabilitation in Parkinson's disease: A

comprehensive review of non-invasive interventions. Brain Sciences. 2025;15(7):720.
20. Melby-Lervåg M, Hulme C. Is working memory training effective? A meta-analytic review. Developmental psychology. 2013;49(2):270.
21. Espinas DR, Vaughn S, Fuchs LS. Interventions for children and adolescents with specific learning disability and co-occurring disorders. Pediatric Research. 2025:1–9.
22. Gkintoni E, Vassilopoulos SP, Nikolaou G, Vantarakis A. Neurotechnological approaches to cognitive rehabilitation in mild cognitive impairment: A systematic review of neuromodulation, EEG, virtual reality, and emerging AI applications. Brain Sciences. 2025;15(6):582.
23. Abolhasani Z, Hejazi P, Shamsipour Dehkordi P, Heydari M. Effects of Cognitive and Motor Rehabilitation Exercises With Auditory Stimulation on Executive Functions and Pain Self-Efficacy in Women with MS. Sport Psychology Studies. 2026;15(55):160–79.
24. Melby-Lervåg M, Hulme C. Can working memory training ameliorate ADHD and other learning disorders? A systematic meta-analytic review. The ADHD Report. 2013;21(2):1–5.
25. Yuan X, Tu Z, Li R, Pan C, Ma J, Liu M, et al. Cross-frequency neuromodulation: leveraging theta-gamma coupling for cognitive rehabilitation in MCI patients. Frontiers in Aging Neuroscience. 2025;17:1541126.
26. Konecny J, Lanza G, Buono S, Ferri R, Luca A, Martinek R, et al. Immersive technologies for cognitive rehabilitation in dementia and mild cognitive impairment: Systematic review. Journal of Medical Internet Research. 2026;28:e84349.
27. Yang P, Hu Q, Zhang L, Shen A, Zhang Z, Wang Q, et al. Effects of non-pharmacological interventions on cancer-related cognitive impairment in patients with breast cancer: A systematic review and network meta-analysis. European Journal of Oncology Nursing. 2025;75:102804.