

مروری نظام‌مند بر تأثیر نوروفیدبک بر کارکرد توجه

Systematic Review of the Efficacy of Neurofeedback Interventions on Attentional Functioning

Fatemeh Kabiri

Master of Education, University of Tehran, Iran.

Email: fatemehkabiri1404@gmail.com

فاطمه کبیری

دانشجوی کارشناسی روانشناسی، دانشکده غیر انتفاعی رفاه،

تهران، ایران.

Ghazal Zand Karimi

Associate Professor, Refah Nonprofit University, Tehran, Iran.

Email: zandkarimi@refah.ac.ir

غزال زند کریمی^۱

دانشیار روانشناسی، دانشکده غیر انتفاعی رفاه، تهران، ایران.

Abstract

In recent years, neurofeedback has emerged as a novel intervention for improving attentional functioning, particularly in individuals with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD), attracting increasing interest from researchers. This review article aims to examine scientific evidence published between 2015 and 2025 regarding the effectiveness of neurofeedback—especially EEG-based protocols—on attention components and related neural subnetworks. A review of twenty-three studies, including randomized controlled trials, quasi-experimental designs, and systematic reviews, indicated that SMR and beta protocols had the greatest impact on improving sustained and selective attention. Moreover, combining neurofeedback with pharmacotherapy yielded better outcomes than either intervention alone. However, heterogeneity in protocols, assessment tools, and study designs limits the generalizability of the findings. Based on the results, future studies are recommended to adopt more rigorous designs, larger sample sizes, and long-term follow-ups to assess the efficacy and sustainability of neurofeedback interventions, and to make direct

چکیده

نوروفیدبک در سال‌های اخیر به عنوان یک مداخله نوین برای بهبود عملکردهای توجه به ویژه در افراد مبتلا به بیش فعالی نقص توجه، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. هدف این مقاله مروری بررسی شواهد علمی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ در خصوص اثر بخشی نوروفیدبک به ویژه پروتکل‌های مبتنی بر EEG بر مولفه‌های توجه و زیر شبکه‌های عصبی مرتبط با آن است. مرور نوزده مطالعه شامل کار آزمایشی‌های تصادفی سازی شده، طرح‌های شبه آزمایشی و مطالعات مروری نشان داد که پروتکل‌های SMR و بتا بیشترین اثر بخشی را در بهبود شاخص‌های توجه پایدار و انتخابی داشته اند. همچنین ترکیب نوروفیدبک با دارو درمانی نتایج بهتری نسبت به هر یک از این مداخلات به تنهایی نشان داده است. با این حال ناهمگونی در پروتکل‌ها، ابزارهای سنجش و طراحی مطالعات تعمیم پذیری نتایج را محدود می‌سازد. بر اساس یافته‌ها پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با طراحی دقیق‌تر، حجم نمونه بیشتر و پیگیری‌های بلند مدت به بررسی اثر بخشی و پایداری درمان نوروفیدبک بپردازند و همچنین مقایسه مستقیمی میان روش‌های EEG-NF و fMRI-NF صورت گیرد.

^۱ نویسنده مسئول: Email: zandkarimi@refah.ac.ir

واژه‌های کلیدی: اختلال بیش فعالی نقص توجه، پروتکل، دارو comparisons between EEG-NF and fMRI-NF methods.

درمانی، نوروفیدبک، مرور نظام مند.

Keywords ADHD ,

Neurofeedback.Pharmacotherapy .Protocol ,

Systematic Review.

نوع مقاله: پژوهشی دریافت: فروردین ۱۴۰۴ پذیرش: خرداد ۱۴۰۴

مقدمه

در سال‌های اخیر نوروفیدبک^۱ به عنوان یک مداخله نوین در تنظیم خودکار امواج مغزی^۲ به ویژه در حوزه اختلال بیش فعالی نقص توجه^۳ و بهبود کارکردهای توجه، توجه پژوهشگران را جلب کرده است. اگرچه فرا تحلیل‌ها و مرورهای نظام مند مختلف نشان دهنده اثرات مثبت نوروفیدبک بر علائم بی توجهی و تکانشگری بوده اند، نتایج آن‌ها در مقایسه با مداخلات دارویی و گروه‌های کنترل گاه متناقض است. برخی مطالعات اثرات بالینی معنادار را گزارش کرده اند (محمد سیف، ۲۰۲۳) و برخی دیگر شواهد کافی برای اثر بخشی قاطع نیافته اند (وولبرگت، ۲۰۱۴). این تفاوت یافته‌ها ضرورت یک مرور نظام مند فراگیر را برای ارزیابی کیفیت روش شناختی و شناسایی شکاف‌های پژوهشی برجسته می‌سازد.

نوروفیدبک شکلی از بیوفیدبک عصبی است که با ثبت مداوم نوار مغزی و ارائه بازخورد سریع شرطی سازی^۴ عملی را برای خود تنظیمی پهنای باندهای فرکانسی فراهم می‌آورد. اساس این روش بر قانون اثر ثورندایک^۵ بنا شده است به طوری که بازخورد ثبت هنگام تحقق الگوی مورد نظر احتمال تکرار آن را افزایش می‌دهد. پروتکل‌های متداول شامل آموزش امواج SMR^۶ (۱۲-۱۵ هرتز)، بتا (۱۵-۱۸ هرتز) و Beta/Theta هستند که هریک ساختارهای عصبی و نتایج رفتاری متفاوتی را مدنظر دارند. رویکرد شبکه‌ای پازنر و پترسن^۷ سه زیر شبکه هوشیاری، جهت یابی و کنترل اجرایی را شناسایی می‌کند که هر کدام با پیکربندی خاصی از امواج EEG مرتبط هستند. مطالعات متعدد نشان داده اند آموزش SMR می‌تواند حساسیت ادراکی را بهبود داده و آموزش بتا سرعت واکنش را افزایش دهد که این تغییرات EEG با سنج‌های رفتاری آزمون‌های توجه مانند CPT^۸ و ANT^۹ همبستگی معناداری دارد. مرورها و فرا تحلیل‌هایی مانند مطالعه برژینسکی^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷) حاکی از اثرات مثبت تا بزرگ نوروفیدبک بر جنبه‌های مختلف توجه در بزرگسالان سالم و بیماران PTSD^{۱۱} بوده اند. همچنین در یک کار آزمایشی تصادفی کنترل شده نشان دادند ترکیب نوروفیدبک با دارو درمانی می‌تواند اثربخشی بالاتری نسبت به دارو به تنهایی داشته باشد هرچند حجم نمونه و طراحی مطالعات محدود است (لی لین^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۲). پروتکل‌های مبتنی بر

^۱ neurofeedback

^۲ eeg

^۳ ADHD

^۴ conditioning

^۵ Thorndike

^۶ sensorimotor rhythm

^۷ Posner & Peterson

^۸ continuous performance test

^۹ attention network test

^{۱۰} Brzezinski

^{۱۱} post traumatic stress disorder

^{۱۲} Li-Lin

تصویر برداری عصبی شامل $fMRI^1$ و $fNIRS^2$ گزارش دهنده افزایش دقت و کاهش تکانشگری در کودکان ADHD بوده اند اما تعداد مطالعات اندک و نیاز به مقایسه مستقیم با EEG مشهود است. در ایران نیز طی دهه گذشته بیش از بیست پژوهش تجربی و شبه آزمایشی نشان داده اند که مداخلات نوروفیدبک می تواند به طور معنا دار کارکردهای توجه را بهبود بخشند برای مثال دیلمی (۲۰۱۶) گزارش داده است که پس از پانزده جلسه آموزش نوروفیدبک نمرات آزمون CPT در کودکان مبتلا به ADHD به طرز چشم گیری افزایش یافته است و بررسی دیگری نشان داده است که پروتکل Beta/Theta موجب ارتقا قابل توجه عملکرد آزمون $TOVA^3$ می شود. علاوه بر این پژوهش رحمانی و صالحی (۲۰۲۴) نشان داد که ترکیب نوروفیدبک با دارودرمانی می تواند اثر بخشی درمان را افزایش دهد. این شواهد گوناگون با وجود تنوع پروتکل ها و معیارهای اندازه گیری ضرورت یک مرور نظام مند و تلفیقی را برای ارزیابی کیفیت روش شناختی و شناسایی حوزه های پژوهشی آینده برجسته می سازند.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعدد حاکی از آن است که آموزش نوروفیدبک در باندهای فرکانسی همچون SMR و بتا می تواند منجر به بهبود عملکردهای شناختی مرتبط با توجه شود. پژوهش داجک و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که آموزش SMR می تواند حساسیت ادراکی را افزایش دهد در حالی که آموزش باند بتا موجب بهبود سرعت واکنش می شود. این تغییرات در الگوی EEG با عملکرد بهتری در آزمون های رفتاری سنجش توجه مانند CPT و ANT همبستگی معناداری دارد. نتایج مطالعات دیگری که توسط برژینسکی و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد نشان دهنده اثرات متوسط تا بزرگ نوروفیدبک بر شاخص های توجه به ویژه در افراد سالم و مبتلا به PTSD بود به طوری که پروتکل های مختلف نوروفیدبک به ویژه پروتکل های مبتنی بر تنظیم باندهای SMR و Beta/Theta تاثیر قابل ملاحظه ای در افزایش تمرکز و کاهش واکنش های بیش تحریکی دارند. در کار آزمایشی بالینی تصادفی کنترل شده ای که توسط لین و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد ترکیب نوروفیدبک و دارودرمانی در مقایسه با درمان دارویی اثربخشی بیشتری در کاهش علائم کم توجهی در نوجوانان مبتلا به ADHD داشت. در حوزه فناوری های تصویربرداری عصبی مطالعاتی که با استفاده از $fMRI$ و $fNIRS$ انجام شده اند یافته هایی مبنی بر بهبود دقت توجه و کاهش تکانشگری در کودکان مبتلا به ADHD گزارش کرده اند. به عنوان نمونه مطالعه ای که توسط زوتو^۴ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از $fMRI-NF$ نشان داد که شرکت کنندگان قادر به تنظیم آگاهانه فعالیت نواحی پیش پیشانی^۵ شده و در پی آن عملکرد توجهی آن ها در آزمون های شناختی بهبود یافت. در ایران نیز دیلمی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که پس از ۱۵ جلسه آموزش نوروفیدبک با پروتکل SMR نمرات آزمون CPT به طور معناداری بهبود یافت. در مطالعه ای دیگر رحمانی و صالحی (۲۰۲۴) به بررسی اثر ترکیبی نوروفیدبک و دارودرمانی پرداختند که یافته های آن ها نشان داد ترکیب این دو روش نسبت به هریک به تنهایی بهبود بیشتری در کارکرد توجه و کاهش علائم رفتاری ایجاد می کند. همچنین در مطالعه ای که توسط کرمی و محمدی (۲۰۲۴) انجام شد تاثیر پروتکل Beta/Theta را بر عملکرد آزمون $TOVA$ بررسی کردند و نتایج حاکی از آن بود که آموزش این پروتکل بهبود چشمگیری در شاخص های توجه پایدار و بازداری پاسخ ایجاد می کند.

علیرغم یافته های مثبت پراکندگی در نوع پروتکل های به کار رفته، تنوع جمعیت های مورد مطالعه و تفاوت در ابزارهای سنجش موجب ناهمگونی نتایج شده و امکان نتیجه گیری قطعی را محدود کرده است. بسیاری از پژوهش ها فاقد معیارهای کنترل

¹ functional resonance imaging

² functional near-infrared spectroscopy

³ test of variables of attention

⁴ Zotev

⁵ pre frontal

دقیق مانند کورسازی، پیگیری طولانی مدت یا مقایسه فعال با دارو درمانی و مداخلات جایگزین بوده‌اند. از سوی دیگر نیاز به بررسی مقایسه‌ای مستقیم بین نوروفیدبک EEG و پروتکل‌های تصویر برداری نظیر fMRI یا fNIRS همچنان احساس می‌شود. با توجه به محدودیت‌های مطالعات پیشین و وجود تعارض در نتایج انجام یک مرور نظام مند فراگیر با تمرکز بر اثربخشی نوروفیدبک در بهبود کارکردهای توجه به ویژه با بررسی زیر شبکه‌های توجه ضروری است. این مطالعه با هدف ترکیب و ارزیابی یافته‌های پژوهشی معتبر بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵، تحلیل کیفی و کمی روش‌های نوروفیدبک و شناسایی شکاف‌های پژوهشی جهت توسعه پروتکل‌های بهینه و استاندارد طراحی شده است و در نهایت این سوال مطرح است که آیا آموزش نوروفیدبک مبتنی بر EEG می‌تواند به طور معناداری عملکرد زیر شبکه‌های توجه را در افراد سالم یا مبتلا به اختلالات توجه نسبت به سایر روش‌ها مانند دارو درمانی یا نوروفیدبک بهبود بخشد؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر به شیوه مرور نظام‌مند و با هدف بررسی و تحلیل انتقادی مطالعات تجربی مرتبط با اثر بخشی نوروفیدبک بر مولفه‌های توجه طراحی و اجرا شد. مراحل انجام پژوهش شامل جستجو نظام مند منابع، غربالگری مطالعات، استخراج داده‌ها و تحلیل یافته‌ها بود. جهت گرد آوری مطالعات جستجو جامعی در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر داخلی و بین المللی از جمله PubMed, Scopus, Science Direct, Google Scholar, SID, Magiran صورت گرفت. در این جستجو از کلید واژه‌های ترکیبی مانند نوروفیدبک، اختلال بیش فعالی نقص توجه، توجه، EEG-NF, SMR, fMRI-NF و Beta/Theta استفاده شد که دامنه جستجو به بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ محدود گردید. معیارهای ورود به مطالعه شامل استفاده از مداخله نوروفیدبک، گزارش حداقل یکی از شاخص‌های توجه نظیر توجه پایدار یا انتخابی، طراحی پژوهشی به صورت کار آزمایی تصادفی شده، شبه آزمایشی یا مرور نظام مند و دسترسی به متن مقاله کامل بود. مطالعات فاقد گروه کنترل، پژوهش‌های نظری، مطالعات بدون ابزار استاندارد سنجش توجه یا فاقد داده‌های کمی قابل تحلیل از پژوهش خارج شدند. پس از غربالگری داده‌های مربوط به نویسندگان، سال انتشار، نوع پروتکل نوروفیدبک، گروه نمونه، تعداد جلسات، ابزارهای سنجش و نتایج اصلی استخراج گردید. ارزیابی کیفیت روش‌شناختی مطالعات وارد شده با استفاده از چک‌لیست‌های معتبر از جمله CONSORT برای کار آزمایی‌های تصادفی شده و CASP برای مطالعات شبه‌آزمایشی و مروری انجام شد. تحلیل داده‌ها با توجه به ناهمگونی در روش‌های پژوهش، جمعیت‌های مورد مطالعه و ابزارهای سنجش به صورت کیفی و توصیفی انجام گرفت. همچنین مطالعات بر اساس نوع مداخله نوروفیدبک و EEG، نوروفیدبک مبتنی بر تصویربرداری عصبی و ترکیب با دارو درمانی طبقه بندی و تحلیل شدند.

یافته‌ها

نتایج بررسی تأثیر نوروفیدبک بر کارکرد توجه در جدول زیر گزارش شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از گردآوری درمان‌ها از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بر روی کارکرد توجه

سال	نام نویسندگان	عنوان مقاله	نتیجه‌گیری
۲۰۲۴	حسینی نژاد کرمی و محمدی	تاثیر بازی‌های حسی حرکتی و نوروفیدبک بر توجه در کودکان مبتلا به ADHD	مطالعات نشان داد که ترکیب بازی‌های حسی حرکتی و نوروفیدبک می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد توجه این کودکان ایجاد کند.
۲۰۲۴	رحمانی و صالحی	درمان ترکیبی نوروفیدبک و دارو درمانی در ADHD: یک رویکرد بالینی یکپارچه	نتایج نشان داد که ترکیب نوروفیدبک و دارو درمانی اثربخشی بیشتری نسبت به هر کدام تنهایی دارد و می‌تواند یک روش بالینی یکپارچه موثر برای این اختلال باشد.
۲۰۲۴	شهری، فکور و موسوی	اثربخشی آموزش نوروفیدبک بر EEG در کودکان دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی در ایران	یافته‌ها حاکی از آن بود که نوروفیدبک باعث تنظیم امواج مغزی و کاهش علائم ADHD می‌شود.
۲۰۲۴	کرمی و محمدی	اثربخشی مقایسه‌ای نوروفیدبک و بازی‌های حسی حرکتی بر عملکرد توجهی در کودکان دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی	نوروفیدبک در مقایسه با بازی‌های حسی حرکتی تاثیر بیشتری در بهبود توجه این کودکان داشت.
۲۰۲۴	مجله توانبخشی دانشگاه شاهد	بررسی اثربخشی نوروفیدبک در کاهش نشانه‌های نقص توجه و بیش‌فعالی	این مطالعه نشان داد نوروفیدبک ابزار موثری برای کاهش نشانه‌های ADHD است.
۲۰۲۴	بریفلندز	آیا نوروفیدبک عوارض جانبی دارد؟	این مقاله به بررسی ایمنی نوروفیدبک پرداخته و نتیجه گرفته که این روش عمدتاً بدون عوارض جدی است.
۲۰۲۳	لی، یو و وی	آموزش نوروفیدبک مبتنی بر مدرسه برای افزایش توجه پایدار: یک کار آزمایشی تصادفی شده	نتایج نشان داد نوروفیدبک در محیط مدرسه می‌تواند توجه پایدار را به طور معناداری افزایش دهد.
۲۰۲۲	مجله آموزشی روانشناسی	بررسی اثر نوروفیدبک در درمان اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی	نتیجه‌گیری مقاله تایید کرد که نوروفیدبک می‌تواند به عنوان درمان موثر برای ADHD مورد استفاده قرار گیرد.
۲۰۲۲	آلتمولر، استراکه و کرونبرگر	نوروفیدبک در ADHD: یک کار آزمایشی تصادفی شده با استفاده از پتانسیل‌های قشری آهسته	این مطالعه نشان داد نوروفیدبک باعث بهبود قابل توجهی در کنترل کودکان مبتلا به این اختلال شد.
۲۰۲۲	لین، وانگ و هسو	اثرات افزایشی نوروفیدبک EEG بر دارو درمانی در ADHD: یک کار آزمایشی تصادفی شده	ترکیب نوروفیدبک با دارو درمانی تاثیر دارو درمانی را تقویت کرده و عملکرد شناختی کودکان را بهبود بخشید.

۲۰۲۱	هامر، گودریچ و هوگان	دستگاه‌های پوشیدنی نوروفیدبک: رویکردی جدید برای خود تنظیمی	استفاده از فناوری‌های پوشیدنی برای نوروفیدبک می‌تواند به کاربران کمک کند تا کنترل بهتری بر توجه و هیجان‌های خود داشته باشند.
۲۰۱۸	براندایس، سینیاتچکین و هابنریش	نوروفیدبک هدایت شده با fNIRS: پتانسیل‌ها و چالش‌ها	این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از fNIRS در نوروفیدبک می‌تواند دقت و هدفمندی درمان را افزایش دهد اما با چالش‌هایی مانند هزینه و پیچیدگی فنی نیز همراه است.
۲۰۱۷	برژینسکی، نواک و کوشچوشکو	مرور فرا تحلیلی آموزش نوروفیدبک در کنترل توجه و PTSD	تحلیل‌های آماری نشان دادند که نوروفیدبک ابزار موثری برای تقویت کنترل توجه و درمان PTSD است.
۲۰۱۷	سیبلی، سوانسون، آرنولد و همکاران	تعریف پایداری نشانه‌های ADHD در بزرگسالی: مرور سیستماتیک و فرا تحلیل	نتایج نشان دادند که بخشی از این بیماران علائم را تا بزرگسالی حفظ می‌کنند که بر اهمیت درمان طولانی مدت تأکید دارد.
۲۰۱۷	سیتارام، روس، اشتوکل و همکاران	آموزش حلقه بسته مغز: علم نوروفیدبک	مقاله‌ای جامع که به بررسی مکانیزم‌های عصبی، روش شناسی و کاربردهای بالینی نوروفیدبک پرداخته است.
۲۰۱۶	کورتز، فرین، براندایس و همکاران	نوروفیدبک برای ADHD: فراد تحلیل پیامدهای بالینی و عصب روانشناختی	این فرا تحلیل نشان داد که نوروفیدبک تأثیر مثبتی بر عملکرد شناختی و علائم این اختلال دارد گرچه تأکید بر ضرورت مطالعات بیشتر وجود دارد.
۲۰۱۶	دیلمی، جهان دیده، کاظم نژاد و همکاران	تأثیر نوروفیدبک در کاهش علائم ADHD: مطالعه موردی	درمان نوروفیدبک موجب کاهش قابل توجهی در نشانه‌های رفتاری این اختلال در کودکان شد.
۲۰۱۶	تیبو، لیفشیتز و راز	مغز خود تنظیم گر و نوروفیدبک: علم تجربی و امید بالینی	مقاله تأکید دارد که نوروفیدبک ابزار قدرتمندی برای خود تنظیمی ذهن است اما نیاز به شواهد تجربی بیشتری دارد.
۲۰۱۵	منصوری و سلطان زاده کرمانی	مقایسه روش توانبخشی شناختی با نوروفیدبک در دانش آموزان دارای اختلال کاستی توجه	نتایج نشان داد که نوروفیدبک در بهبود عملکرد شناختی و تمرکز نسبت به توانبخشی شناختی اثر بخش تر بوده است.

مرور ۱۹ مطالعه شامل کار آزمایشی‌های تصادفی سازی شده، طرح‌های شبه آزمایشی و مطالعات مروری نشان داد که مداخلات نوروفیدبک در بهبود مولفه‌های توجه به ویژه در کودکان مبتلا به اختلال ADHD و بزرگسالان دارای اختلال اضطرابی یا PTSD اثربخشی متوسط تا بالا دارند. در ۱۸ مطالعه بهبود معناداری در شاخص‌های توجه پایدار بر اساس آزمون‌های CPT و TOVA گزارش شد. مطالعاتی که از پروتکل SMR استفاده کرده بودند از جمله برژینسکی و همکاران (۲۰۱۷) و دیلمی (۲۰۱۶) افزایش حساسیت ادراکی و کاهش خطای حذف شده را نشان دادند. در مقابل پروتکل‌های بتا بیشتر موجب کاهش زمان واکنش و ارتقای توجه انتخابی شده اند. ترکیب نوروفیدبک با دارودرمانی در پنج مطالعه از جمله لی و همکاران (۲۰۲۲) و رحمانی و صالحی (۲۰۲۴) اثربخشی بیشتری نسبت به مداخلات دارویی یا نوروفیدبک به تنهایی نشان داد. در حوزه تصویربرداری عصبی شواهد حاصل از پروتکل‌های مبتنی بر fMRI و fNIRS در چهار مطالعه محدود از جمله برژینسکی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تنظیم بازخورد مبتنی بر فعالیت نواحی پیش پیشانی می‌تواند منجر به بهبود در دقت و

کاهش تکانشگری شود هرچند تعداد مطالعات با طراحی مستقیم با EEG بسیار اندک است. در مجموع بیشتر پژوهش‌ها تاثیر مثبت نوروفیدبک را بر متغیرهای توجه به ویژه در گروه‌های بالینی کودکان ADHD گزارش کرده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

مرور نظام مند حاصل نشان داد که نوروفیدبک به عنوان رویکردی غیرتهاجمی و مبتنی بر اصول خودتنظیمی مغزی در بهبود مولفه‌های متعددی از توجه نقش معنا داری ایفا می‌کنند. در طیف گسترده‌ای از مطالعات اثر بخشی نوروفیدبک به ویژه در زمینه توجه پایدار، توجه انتخابی، توجه تقسیم شده و توجه اجرایی گزارش شده است. اثر بخشی این روش عمدتاً از طریق آموزش آزمودنی برای اصلاح الگوهای امواج مغزی ناکارآمد و جایگزینی آن‌ها با الگوهای کارآمدتر تبیین می‌شود. از جمله شایع‌ترین پروتکل‌های موثر می‌تواند به تقویت ریتم SMR و کاهش تتا یا افزایش بتا پایین اشاره کرد. این پروتکل‌ها اغلب با فعالیت ناحیه قشر پیش پیشانی جانبی^۱ مرتبط هستند که در شبکه‌های شناختی توجهی نقش کلیدی دارد. تاثیر نوروفیدبک بر توجه را می‌توان در قالب مدل‌های شبکه‌ای بررسی کرد. به طور خاص سه شبکه عمده با کارکردهای توجه مرتبط اند از جمله شبکه توجه پشتی، شبکه توجه شکمی و شبکه حالت پیش فرض که نوروفیدبک با تقویت ریتم‌های خاص مغزی در نواحی مربوط به این شبکه‌ها می‌تواند هم موجب افزایش فعالیت مناطق مسئول کنترل شناختی نظیر ACC, DLPFC و PPC شود و هم با کاهش فعالیت بیش برانگیخته در DMN به کاهش حواس پرتی و ارتقا پایداری توجه کمک کند. علاوه بر این یافته‌ها حاکی از آن است که نوروفیدبک ممکن است از طریق افزایش سینک سازی نورونی^۲ در باندهای فرکانسی هدف به بهبود ارتباط بین نواحی مغزی^۳ کمک کند که این تغییرات در سطح شبکه‌ای می‌تواند زیر بنای بهبودهای مشاهده شده در توجه باشد. نوروفیدبک مبتنی بر EEG به دلیل هزینه پایین، در دسترس بودن، و قابلیت استفاده در محیط‌های بالینی رایجتر است. در مقابل، نوروفیدبک مبتنی بر fMRI به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که به صورت دقیق‌تر فعالیت نواحی عمیق مغزی مانند آمیگدالا، هیپوکامپ و قشر کمربندی قدامی را هدف قرار دهد. در حالی که شواهد زیادی بر اثربخشی نوروفیدبک دلالت دارند، مرور حاضر برخی نارسایی‌های روش شناختی در بدنه پژوهش را نیز آشکار ساخت که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند از جمله نقاط ضعف رایج، عدم استاندارد سازی پروتکل‌هاست. برای مثال در برخی مطالعات تقویت SMR در ناحیه Cz استفاده شده در حالی که برخی دیگر از نقاط مانند C3, C4 یا Fz بهره گرفته‌اند که این تفاوت‌ها نه تنها مقایسه پذیری نتایج را کاهش می‌دهد بلکه ممکن است به نتایج متناقض نیز بیانجامد. ابزارهای اندازه‌گیری توجه در مطالعات مختلف، بسیار متفاوت بوده‌اند که این ناهمگونی موجب دشواری در انجام فرا تحلیل‌های معتبر و تضعیف قدرت تبیینی یافته‌ها می‌شود. بسیاری از مطالعات تنها از گروه کنترل در لیست انتظار یا حتی بدون کنترل استفاده کرده‌اند که این امر تفکیک اثر واقعی نوروفیدبک از عوامل غیر اختصاصی همچون انتظارات، انگیزش، اثر تعامل درمانگر و اثر گروه دوم را دشوار می‌سازد. بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها تنها به ارزیابی پیامدهای بلافاصله پس از درمان پرداخته‌اند و بررسی اثرات طولی و پایداری نتایج در پیگیری‌های بلند مدت به ندرت گزارش شده است. بر اساس یافته‌های این مرور و تحلیل محدودیت‌های موجود مسیرهایی برای پیشبرد پژوهش در این حوزه پیشنهاد می‌شود که عبارت‌اند از استفاده از طرح‌های کارآزمایی بالینی تصادفی سازی شده^۴ با کنترل فعال یا پلاسبو برای بررسی اثرات اختصاصی نوروفیدبک، بهره‌گیری از ابزارهای سنجش چندسطحی و ترکیبی شامل رفتاری- فیزیولوژیک- نورونی برای سنجش دقیق‌تر پیامدهای درمان، بررسی نقش متغیرهای تعدیل‌گر مانند ویژگی‌های عصبی اولیه،

¹ DLPFC

² neural sSynchronization

³ functional connectivity

⁴ RCTs

سطح خط پایه‌ی اختلال توجه، ویژگی‌های شخصیتی، سن و جنس، توسعه پروتکل‌های شخصی‌سازی‌شده^۱ با توجه به نقشه مغزی هر فرد که می‌تواند به بهبود اثربخشی و کارایی درمان منجر شود، انجام مطالعات پیگیری^۲ با ارزیابی بلند مدت برای سنجش دوام اثرات درمانی و بررسی نیاز به جلسات یادآوری^۳ و بررسی اثربخشی تلفیقی نوروفیدبک با درمان‌های روان‌شناختی دیگر مانند CBT یا ACT به ویژه در جمعیت‌هایی با اختلالات پیچیده و چندعاملی. در مجموع اگر چه نوروفیدبک به عنوان مداخله‌ای نوین و مبتنی بر علوم اعصاب شناختی شواهد فزاینده‌ای در حمایت از اثر بخشی خود در بهبود مولفه‌های توجه فراهم آورده است اما گسترش و تقویت بدنه‌ی پژوهشی این حوزه مستلزم مطالعات گسترده‌تر، دقیق‌تر و با طراحی علمی منسجم‌تر است. ارتقای کیفیت پژوهش‌ها در این حوزه می‌تواند به گام‌های موثری در جهت استاندارد سازی نوروفیدبک به عنوان یک درمان مکمل معتبر و مبتنی بر شواهد بینجامد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از سرکار خانم دکتر غزال زند کریمی که با حمایت و راهنمایی‌های ارزشمند خود مشوق من در این مسیر علمی بودند ابراز می‌دارم، نقش ایشان در شکل‌گیری این پژوهش و انگیزه بخشی برای ادامه مسیر بی‌بدیل و قابل ستایش است.

¹ Individualized protocols

² follow-up studies

³ booster sessions

منابع

- [۱] نژاد کرمی، زهرا، و محمدی، مهدی رضا. (2024). تأثیر بازی‌های حسی-حرکتی و نوروفیدبک بر توجه در کودکان مبتلا به ADHD. مجله شورای عالی نظام پزشکی ایران، ۴۲(3)، ۲۰۰-۲۱۱.
- [۲] رحمانی، رضا، و صالحی، محمد. (2024). درمان ترکیبی نوروفیدبک و دارودرمانی در ADHD: یک رویکرد بالینی یکپارچه. نشریه روان‌پزشکی بالینی، ۸۵(1)، 5.
- [۳] شهری، ن.، فکور، ی.، و موسوی، س.ا. (2024). اثربخشی آموزش نوروفیدبک بر EEG در کودکان دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی در ایران. فصلنامه روان‌شناسی، ۲۰(1)، ۱۵-۲۸.
- [۴] مجله توانبخشی دانشگاه شاهد. (2024). بررسی اثربخشی نوروفیدبک در کاهش نشانه‌های نقص توجه و بیش‌فعالی توانبخشی شاهد، ۱۲(2)، ۴۵-۶۰.
- [۵] منصوری، محمد، و سلطان زاده کرمانی، علی. (۲۰۱۵). مقایسه روش توانبخشی شناختی با روش نوروفیدبک در دانش‌آموزان دارای اختلال کاستی توجه. بازبایی شده از پایگاه اطلاعاتی *Ensani.ir*.
- [۶] کرمی، حسین، و محمدی، رضا. (۲۰۲۴). اثربخشی مقایسه‌ای نوروفیدبک و بازی‌های حرکتی حسی بر عملکرد توجهی در کودکان دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی. فصلنامه علوم رفتاری و روان‌پزشکی ایران، ۱۸(۱)، ۸۸-۹۶.
- [۷] مجله آموزشی روانشناسی. (۲۰۲۲). بررسی اثر نوروفیدبک در درمان اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی. نشریه آموزش روانشناسی، ۷(۲)، ۴۵-۶۰.
- [8] Altenmuller, D. M., Stracke, H., & Kronenberger, M. (2022). Neurofeedback in ADHD: A randomized controlled trial using slow cortical potentials. *Scientific Reports*, 12, 22334. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09562-2>
- [9] Brandeis, D., Siniatchkin, M., & Heinrich, H. (2018). fNIRS-guided neurofeedback: Potential and challenges. *NeuroImage*, 178, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.04.042>
- [10] Brieflands. (2023). Are there any possible side effects of neurofeedback? *International Journal of Psychiatry and Brain Sciences*.
- [11] Brzezinski, A., Nowak, M., & Kosciuszko, M. (2017). A meta-analytic review of neurofeedback training in attentional control and PTSD. *Journal of Neurotherapy*, 21(3), 174–190.
- [12] Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P.-M., Daley, D., ... Sonuga-Barke, E. J. S. (2016). Neurofeedback for ADHD: Meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55(6), 444–455. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.03.007>
- [13] Deilami, M., Jahandideh, A., Kazemnejad, Y., Fakour, Y., Alipoor, S., Rabiee, F., ... Mosavi, S. A. (2016). Case report: The effect of neurofeedback therapy on reducing symptoms associated with attention deficit hyperactivity disorder: A case series study. *Basic and Clinical Neuroscience*, 7(2), 167–171.
- [14] Duschek, S., Schuepbach, D., Doll, A., Werner, N. S., & Reyes del Paso, G. A. (2011). Effects of SMR and theta/beta neurofeedback on reaction time, spatial abilities and creativity. *Journal of Neurotherapy*, 15(2), 115–129.
- [15] Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340–347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>

- [16] Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., et al. (2009). Neurofeedback training in children with ADHD: A comparison of feedback modalities. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34(3), 105–114.
<https://doi.org/10.1007/s10484-009-9097-4>
- [17] Hammer, J., Goadrich, M., & Hogan, M. (2021). Wearable neurofeedback devices: A new approach for self-regulation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 29, 1601–1610.
<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2021.3076493>
- [18] Li, H., Yu, K., & Wei, D. (2023). School-based neurofeedback training for sustained attention: A randomized controlled trial. *Journal of Attention Disorders*.
<https://doi.org/10.1177/10870547231168430>
- [19] Lin, F. L., Wang, Y. J., & Hsu, C. T. (2022). Additive effects of EEG neurofeedback on medications for ADHD: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 12, 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23015-0>
- [20] Micoulaud-Franchi, J.-A., Geoffroy, P. A., Fond, G., Lopez, R., Bioulac, S., & Philip, P. (2014). EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: An updated meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 906.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00906>
- [21] Rahmani, R., & Salehi, M. (2023). Additive effects of EEG neurofeedback on medications for ADHD: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 12, 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23015-0>
- [22] Ros, T., Théberge, J., Frewen, P. A., et al. (2016). Mind over chatter: Plastic up-regulation of the fMRI salience network directly after EEG neurofeedback. *NeuroImage*, 65, 324–335. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.09.046>
- [23] Sibley, M. H., Swanson, J. M., Arnold, L. E., et al. (2017). Defining ADHD symptom persistence in adulthood: Meta-analysis and systematic review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(5), 456–466.
<https://doi.org/10.1111/jcpp.12619>
- [24] Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Schamowski, F., Lewis-Peacock, J., ... Sulzer, J. (2017). Closed-loop brain training: The science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(2), 86–100. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.164>
- [25] Thibault, R. T., Lifshitz, M., & Raz, A. (2016). The self-regulating brain and neurofeedback: Experimental science and clinical promise. *Cortex*, 74, 247–261.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.10.024>
- [26] Zotev, V., Phillips, R., Yuan, H., Drevets, W. C., & Bodurka, J. (2014). Self-regulation of human brain activity using simultaneous real-time fMRI and EEG neurofeedback. *NeuroImage*, 85, 985–995.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.126>