

Research Article

The Effect of Infra Low Frequency Neurofeedback on Improving Shifting Attention in High-Functioning Autistic Children

Sara Rezaei Aliabad¹, Hamidreza Pouretmad^{2*} & Reza Khosrowabadi³

1. Ph.D. candidate in Cognitive Psychology, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: h-pouretmad@sbu.ac.ir
3. Assistant Professor, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract

Aim: This study investigated the effect of Infra-Low Frequency (ILF) neurofeedback on shifting attention in children with high-functioning autism (HFA), assessed using the Shifting Attention Task (SAT).

Method: A true experimental pretest-posttest design was conducted with 8 boys aged 4–8, selected via convenience sampling from Tehran Autism Center. The SAT was administered across four stages: two pretests, a posttest, and follow-up, following a one-month acclimatization period. Data were analyzed using repeated measures ANOVA and Bonferroni tests.

Results: ILF neurofeedback significantly improved SAT performance ($p < 0.01$), with effects remaining stable at follow-up (effect size = 0.95).

Conclusion: ILF neurofeedback may effectively improve attentional shifting in children with HFA. Larger sample studies are needed to confirm the findings and assess real-world applicability.

Key words: Autism Spectrum Disorder- Cognitive Flexibility- Shifting Attention- ILF Neurofeedback

Citation: Rezaei Aliabad, S., Pouretmad, H., & Khosrowabadi, R. (2025). The Effect of Infra Low Frequency Neurofeedback on Improving Shifting Attention in High-Functioning Autistic Children. *Appl. Psychol* 19 (2):58-79.

تأثیر نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین بر بهبود توجه انتقالی در کودکان دارای اتیسم با عملکرد بالا

سارا رضائی علی‌آباد^۱، حمیدرضا پوراعتماد^{۲*} و رضا خسروآبادی^۳

۱. کاندیدای دکتری روان‌شناسی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استاد، گروه روان‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. ایمیل: h-pouretamad@sbu.ac.ir

۳. استادیار، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

هدف: اتیسم از جمله اختلالات عصب-تحوالی است که با طیفی از کمبودهای رشدی و رفتارهای اضافی همراه است. یکی از مشکلات رایج در اتیسم، نارسایی‌های توجه و انعطاف‌پذیری شناختی است. هدف پژوهش حاضر بررسی هرگونه تأثیر احتمالی نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین (ILF) بر توجه انتقالی در کودکان دارای اتیسم با عملکرد بالا بود. این کنش شناختی توسط تکلیف انتقال توجه (SAT) از مجموع آزمون‌های کامپیوتری کاگنیل (۲۰۱۹) سنجیده شد.

روش: این پژوهش از نوع طرح تمام-آزمایشی و از نظر هدف کاربردی-توسعه‌ای است که به صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون روی ۸ کودک پسر دارای اتیسم در طیف سنی ۸-۴ اجرا شد. شرکت‌کنندگان در سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱ با روش نمونه‌گیری در دسترس از مرکز تهران-اتیسم انتخاب شدند. پس از یک‌ماه آشنایی کودک با محیط آزمایشگاه و ارتباط با پژوهشگر، SAT طی چهار مرحله اجرا شد: پیش‌آزمون ۱، پیش‌آزمون ۲، پس‌آزمون و پیگیری. در پایان، داده‌ها با روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون بن‌فرونی با SPSS۲۶ تحلیل شد.

یافته‌ها: با توجه به افزایش معنادار ($p < ۰/۰۱$) پاسخ‌های صحیح در SAT در مرحله سوم و پایداری تغییرات مرحله چهارم و نیز چشمگیر بودن اندازه اثر (۰/۹۵)، احتمال اثر پایدار نوروفیدبک ILF بر بهبود عملکرد در SAT وجود دارد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد نوروفیدبک ILF موجب بهبودی نسبتاً پادوام عملکرد توجه انتقالی در کودکان اتیسم با عملکرد بالا می‌شود. البته یافته‌های این مطالعه باید در نمونه‌های مشابه با حجم بزرگتر اجرا و به تأیید برسد و اعتبار بوم‌شناختی این گونه بهبودهای شناختی در محیط آزمایشگاهی بررسی شود.

کلید واژه‌ها: اختلال طیف اتیسم- انعطاف‌پذیری شناختی- توجه انتقالی- نوروفیدبک ILF

استناد به این مقاله: رضائی علی‌آباد، سارا، پوراعتماد، حمیدرضا، و خسروآبادی، رضا. (۱۴۰۴). تأثیر نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین بر بهبود توجه انتقالی در کودکان دارای اتیسم با عملکرد بالا. فصلنامه روان‌شناسی کاربردی، ۱۹ (۲): ۷۹-۵۸.

مقدمه

اختلال طیف اتیسم^۱ یک اختلال عصب-تحوالی است که با ضعف در روابط اجتماعی، ناتوانی یا اختلال در برقراری ارتباط و فعالیت‌ها، علایق و رفتارهای محدود با رفتارهای تکراری مشخص می‌شود (DSM-V^۲، ۲۰۱۳). بسیاری از این علائم و نشانه‌ها، منشا یا همبسته‌های شناختی دارند (نجاتی و ایزدی، ۱۳۹۵). به نحوی که برخی محققین و متخصصین نارساکنش‌وری‌های شناختی را از نشانه‌های مهم اختلال طیف اتیسم می‌دانند (صادقی و پوراعتماد، ۲۰۲۲). کنش‌های اجرایی^۳ به عنوان یک کارکرد عالی شناختی و فراشناختی مطرح است، (انجمن روانپزشکان آمریکا، ۲۰۱۳) همچنین به عنوان یک سازه عصب‌شناختی مهم در نظر گرفته می‌شود که مجموعه‌ای از توانایی‌ها، از جمله سازمان‌دهی^۴، تصمیم‌گیری^۵، حافظه کاری^۶، حفظ توجه^۷، بازداری حرکتی^۸، بازداری یا کنترل پاسخ^۹، خودآغازگری^{۱۰}، برنامه‌ریزی راهبردی^{۱۱}، توجه انتقالی^{۱۲} و انعطاف‌پذیری شناختی^{۱۳} و کنترل تکانه^{۱۴} می‌باشند (نوذری، نجاتی و میرزاییان، ۲۰۱۹) و به ما کمک می‌کند رفتارهای هدفمند را مدیریت و کنترل کنیم (نجاتی، ۲۰۲۱). در ادبیات پژوهشی طیف وسیعی از نارسایی‌ها در مؤلفه‌های مختلف کنش‌های اجرایی در کودکان اتیسم وجود دارد (پوراعتماد و شیر، ۲۰۲۱). در این بین، ضعف در توجه انتقالی و انعطاف‌پذیری شناختی، توجهات زیادی را جلب کرده است (چن، قو و لی، ۲۰۱۹). توجه انتقالی که به جابجایی توجه یا تغییر توجه نیز معروف است، به فرد اجازه می‌دهد توجه خود را بین تکالیفی که نیازهای شناختی متفاوتی دارند منتقل کند (صادقی، نظری، زارعی و کاملی، ۲۰۱۳). انعطاف‌پذیری شناختی یا تغییر راهبردها یعنی توانایی سازگاری با تغییر شرایط جاری (اسکات، ۱۹۶۲). توانایی بازنگری در یک برنامه به هنگام برخورد با موانع اطلاعات یا خطاهای جدید می‌تواند نشان دهنده توانایی افراد در انعطاف‌پذیری شناختی باشد (کاناس، آنتولی و فاجاردو، ۲۰۰۳). از دیدگاه عصب‌شناختی، توجه انتقالی با فعالیت نواحی مختلف مغز از جمله قشر پیش‌پیشانی^{۱۵} مرتبط است (نجاتی، ۲۰۲۱) که مسئول پردازش‌های اجرایی از جمله تنظیم توجه و انعطاف‌پذیری شناختی است (پارک، لی، مون و کیم، ۲۰۱۶). اختلال در عملکرد این نواحی می‌تواند به

¹ autism spectrum disorder

² the diagnostic and statistical manual of mental disorders, fifth edition

³ executive functions

⁴ organization

⁵ decision-making

⁶ working memory

⁷ sustained attention

⁸ motor inhibition

⁹ response inhibition or control

¹⁰ self-initiation

¹¹ strategic planning

¹² shifting attention

¹³ cognitive flexibility

¹⁴ impulse control

¹⁵ pre-frontal lobe

نارسایی‌های شناختی منجر شود که عملکرد روزمره کودکان اتیستیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب مشکلات جبران ناپذیر در سلامت روان کودک دارای اتیسم و اعضای خانواده وی می‌شود (احقر بازرگان و سجادیان، ۲۰۲۳)، عملکردهای فردی هیجانی تحصیلی و کنش‌های اجتماعی کودک را مختل نموده (رضائی، مجتبیایی و شمالی اسکویی، ۲۰۲۳) و از این رهگذر هزینه‌های بسیار سنگین اقتصادی به فرد، خانواده و جامعه تحمیل می‌شود (هسائو، ۲۰۱۶).

گرچه هنوز به طور قطع و دقیق دلیل بروز این مشکلات رفتاری و شناختی در اتیسم مشخص نیست، پژوهشگران تلاش کردند تا راهکارهایی برای کاهش این مشکلات بیابند (صادقی، پوراعتماد، خسروآبادی، فتح آبادی و نیکبخت، ۲۰۱۹؛ دانا و شمس، ۲۰۲۰). در این چارچوب، روش‌های مداخله‌ای گوناگونی معرفی شده است. از آن جمله مداخلات عصب‌روانشناختی مثل نوروفیدبک^۱ است که در اولویت اول فهرست مداخلات درمانی در اختلالات توجه و بیش‌فعالی و افسردگی (کروپوتف، یاتسکو، پونومارو، چوتکو، یاکونکو و همکاران، ۲۰۰۷) قرار گرفته است. گرچه تأثیرگذاری آن در مورد سایر اختلالات روانشناختی و از جمله اتیسم مورد سوال است.

نوروفیدبک شیوه‌ای از درمان است که تغییرات موجود در فعالیت‌های نوروئی مغز را بررسی کرده و اطلاعاتی در ارتباط با فعالیت نوروئی‌های مغزی بدست می‌آورد و سپس در جهت تنظیم عملکرد مغز بازخورد می‌دهد (بیربامیر، روئیز و سیتارام، ۲۰۱۳) نوروفیدبک نوعی بیوفیدبک^۲ زیستی است (سلساپور، همایون‌پیما و پیرخایفی، ۲۰۱۳) علاوه بر ثبت فعالیت‌های الکتریکی مغز، به افراد فیدبک‌های مختلفی ارائه می‌دهد (لگارد، مک‌موهان، اوتمر و اوتمر، ۲۰۱۱) به شکلی که مغز فرد خودتنظیمی^۳ را آموزش می‌بیند (اوتمر و اوتمر، ۲۰۱۶). مکانسیم عمل در روش درمانی نوروفیدبک شرطی‌سازی عامل یا تقویت‌کنشگر^۴ است که رفتار مناسب را در فرد ایجاد می‌کند (قمری، نریمانی و رجبی، ۲۰۰۹) در حقیقت نوروفیدبک، باعث می‌شود مغز فرد، خود را مجدد تنظیم کند. به شکلی که مؤلفه‌های شناختی و رفتاری تعدیل شود (سلساپور و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، نوروفیدبک یک روش غیرتهاجمی و بدون درد و بدون عوارض جانبی (موناسترا، موناسترا و جورج، ۲۰۰۲) با دوره درمانی کوتاه مدت است (کوئزر، دیمور، جریس، بوتلار و شی، ۲۰۰۹) که در جریان آن با اصلاح نامنظمی‌های فرکانس‌های مغزی، فرآیندها و عملکردهای شناختی نامناسب تعدیل می‌یابند (هموند، ۲۰۰۷). البته بخش اعظم مستندات یا دعوی در مورد کارایی این روش، هنوز جنبه پژوهشی دارد و به تأیید موسسات

¹ neurofeedback² biofeedback³ self-regulation⁴ operant conditioning

رسمی مثل سازمان غذا و دارو در ایران یا اف دی ای^۱ در آمریکا نرسیده است. این محدودیت در مورد اثربخشی نوروفیدبک با فرکانس بسیار پایین^۲ (ILF) نیز صادق است. گرچه این روش نسبت به نورفیدبک کلاسیک، نوین محسوب می شود. اما رجحان آن بر روش های کلاسیک مستند شده است. (کارلسون و وبستر ۲۰۲۱، اوتمر و همکاران، ۲۰۲۰).

نوروفیدبک ILF به علت اینکه مبتنی بر علائم است (کورومیناس، روسل، ایبرن، کاپدویلا، رونکرو و همکاران، ۲۰۲۰)، احتمالاً از سایر روش های نوروفیدبک موثرتر است (راتر، اشنایدر و پرینز، ۲۰۲۲). در مطالعه ای نوروفیدبک ILF را روی سه فرد افسرده به مدت ۲۰ جلسه اجرا کردند که با بهبودی علائم بالینی افسردگی و کاهش قابل توجه قدرت تتا در نواحی فرونتال و مرکزی هر سه بیمار، همراه بود (گرین-یاتسنکو، اوتمر، پونومارو، اودوکیمو، کونوپلو و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعه دیگری نوروفیدبک ILF بر روی سه کودک دارای اختلال بیش فعالی انجام شد. یافته ها نه تنها کاهش قابل توجهی در شدت علائم نشان داد، بلکه عملکرد آنها در توجه و کنترل تکانه، زمان پاسخ، تغییرپذیری زمان واکنش، به طور قابل توجهی بهبود یافت (اشنایدر، ریدلر و سو، ۲۰۲۱). در یک مطالعه مروری که به بررسی تحقیقات مربوط به نوروفیدبک پرداختند نتایج نشان می دهد که مواردی از بهبودی در توجه پایدار، توجه اجرایی، حافظه و خلق و خوی وجود دارد (جریوزیلر، ۲۰۱۴). در یک مطالعه موردی، راتر و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند ۲۶ جلسه درمان ILF روی یک کودک اتیستیک باعث کاهش علایم رفتاری و افزایش رضایتمندی والد شده است. در مطالعه مشابهی، ۲۰ جلسه نوروفیدبک ILF روی یک کودک دارای اتیسم موجب کاهش علائم رفتاری شد (کرک، ۲۰۱۵). سرانجام، در یک مطالعه مروری سیستماتیک، بازانان، فنزی، فینی و ویجیلا، (۲۰۲۲) نشان دادند که نوروفیدبک ILF پتانسیل زیادی برای استفاده در همه شرایط بالینی که در آن تنظیم فعالیت مغز و فرآیندهای فیزیولوژیکی عصبی بسیار مهم است، دارد.

گرچه محدود مطالعات پیش گفته امیدوارکننده به نظر می رسند، اما اغلب در حد گزارشات موردی باقی مانده و شاید هیچکدام به مکانیسم های شناختی همبسته با تغییرات رفتاری پیامد نوروفیدبک ILF نپرداخته اند. از این رو، در مطالعه جاری تأثیر نوروفیدبک ILF بر توجه انتقالی کودکان دارای اختلال طیف اتیسم با عملکرد بالا بررسی شده است.

¹ food and drug administration

² Infra-Low Frequency
Neurofeedback (ILF)

روش

این پژوهش از نوع طرح تمام آزمایشی با تکرار سنجش بود که بصورت پیش‌آزمون ۱ و ۲ و پس‌آزمون و پیگیری با یک گروه اجرا شد. گروه نمونه شامل ۸ پسر در طیف سنی ۴-۸ سال (میانگین = ۵.۷، انحراف معیار = ۱.۳) با تشخیص رسمی اتیسم با عملکرد بالا بودند که از بین مراجعین به مرکز تهران اتیسم در فاصله زمانی آبان‌ماه ۱۴۰۰ تا فروردین‌ماه ۱۴۰۱ به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. مراحل ثبت داده‌ها و اجرای پروتکل‌های درمانی با دستگاه نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین (EEG NeuroAmp II ساخت شرکت BEE Medic سوئیس) در کلینیک توانبخشی شناختی دانشگاه شهید بهشتی اجرا شد.

معیارهای ورود به پژوهش شامل:

- تشخیص رسمی اختلال طیف اتیسم براساس ملاک‌های DSM-V (۲۰۱۳)
- بازه سنی بین ۴-۸ سال
- دارای توانایی کلامی
- رضایت آگاهانه والدین برای شرکت فرزندان‌شان در پژوهش.

معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل:

- عدم تمایل والدین به ادامه روند درمان
- وجود بیماری‌های نورولوژیک همراه مثل صرع
- هرگونه ضعف بارز دیداری یا شنوایی
- دریافت سایر مداخلات درمانی بلافاصله قبل یا در جریان درمان با نوروفیدبک ILF
- غیبت بیش از دو جلسه
- انصراف از ادامه مشارکت در پژوهش.

فرم رضایت‌نامه شرکت در طرح تحقیقاتی براساس فرم مورد نظر کمیته اخلاق در پژوهش زیستی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد که شامل توضیحات لازم درباره کلیه اهداف و مراحل و اطلاعات کامل مسئول این تحقیق است که به امضای والدین کودکان شرکت‌کننده در پژوهش رسید. در ادامه به ابزارهای پژوهشی این مطالعه اشاره می‌شود.

ابزار پژوهش

۱. تکلیف توجه انتقالی (SAT)

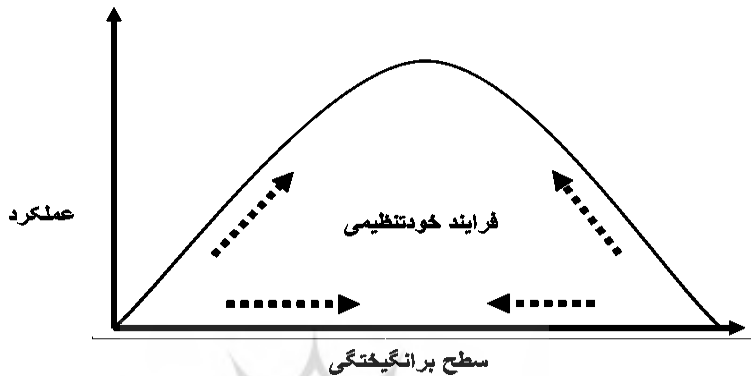
این آزمون از مجموع آزمون‌های کامپیوتری کاگنیل (۲۰۱۹) است که دارای ۱۲۰ آزمون است. در این پژوهش به منظور سنجش توجه انتقالی از آزمون SAT این مجموعه استفاده شد که نمرات پاسخ صحیح کل تحلیل شدند. تکلیف توجه انتقالی بدین صورت اجرا می‌شود که فرد ملزم به جابجایی توجه خود بین محرک‌هایی با ابعاد و رنگ و شکل مختلف می‌باشد دو محرک به طور متناوب نشان داده شد (دایره و مثلث رنگ‌های قرمز و آبی) و از فرد خواسته می‌شود طی مراحل پشت سر هم توجه خود را تنها به یک بعد محرک ارایه شده (شکل یا رنگ) متمرکز کند بدین ترتیب باید محرک‌های متغیر را با محرک ثابت مقایسه کرده و در هر مرحله هر چه سریع‌تر محرک هم‌شکل و یا هم‌رنگ را با محرک ثابت انتخاب کند. داده‌های این آزمون شامل پاسخ‌های صحیح و ناصحیح و میانگین زمان پاسخ‌ها می‌باشد که سیستم بر اساس تعداد پاسخ درست و نادرست محاسبه می‌کند (اصلاخانی، نجاتی و عساری، ۲۰۱۳). این آزمون دارای پایایی بین ۰/۷۰ تا ۰/۹۰ و آلفای کرونباخ بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ است (مایک، فریدمن، امرسون، ویتسکی و هاورتر، ۲۰۰۰).

۲. دستگاه نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین

دستگاه نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین با نام دستگاه EEG NeuroAmp II ساخت شرکت BEE Medic سوئیس می‌باشد که براحتی قابلیت اتصال به دستگاه ثبت EEG را دارد. این دستگاه علاوه بر ثبت کلیه فرکانس‌های مرسوم در ۸ تا ۱۰ باند فرکانسی، سیگنال‌های EEG را در فرکانس‌های بسیار پایین کمتر از ۰/۵ هرتز تا ۰/۰۰۰۰۱ هرتز را هم اندازه‌گیری می‌کند و براساس آن به مغز فیدبک‌های دیداری، شنیداری و لمسی می‌دهد (اوتمر و اوتمر، ۲۰۲۰). مکانسیم و شیوه کار با دستگاه نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین براساس بازخورد سطح برانگیختگی مغز فرد می‌باشد (مارشال، مولی، فیهلم و بورن، ۲۰۰۰) و هدف از این درمان رساندن مغز به بهینه‌ترین سطح برانگیختگی و بهترین سطح عملکرد در افراد است و معلوم شده است که سطح عملکرد و کارایی فرد با سطح برانگیختگی وی رابطه مثبت و قوی دارد (گرین-یاتسنکو و همکاران، ۲۰۱۸). برانگیختگی^۱ به یک وضعیت فیزیولوژیکی و روانی از هشیاری و بیداری می‌گویند که منجر به واکنش به موقع به محرک‌ها می‌شود. نظریه برانگیختگی از نظریه U وارونه

1 arousal

از یرکس و دادسون نشأت گرفته است، عقیده بر این است که برای اجرای بهینه تکلیف، سطح متوسطی از انگیزتگی مورد نیاز است طوری که با کاهش یا افزایش انگیزتگی از این سطح، عملکرد و کارایی بسته به شیب کاهش یا افزایش پیدا خواهد کرد (یرکس و داوسون، ۱۹۰۸).



نمودار ۱. میزان سطح برانگیختگی و ارتباط آن با کیفیت عملکرد (اوتمر، ۲۰۱۹)

شیوه اجرا

پس از انجام مصاحبه بالینی و انجام ارزیابی‌های رفتاری و شناختی مناسب برای اختلال‌های مختلف و تشخیص‌گذاری، می‌توان از این شیوه درمانی و بسته به پروتکل درمانی طبق تشخیص درمانگر بهره گرفت، سپس برای اجرای نوروفیدبک ILF به کامپیوتری با ویژگی‌های ویندوز ۱۰ (۶۴ بیت)، پردازنده مرکزی ۵ هسته‌ای، رم ۱۶ گیگ، کارت گرافیکی NVIDIA با رم ۲ گیگ و صفحه نمایش ۲۰ اینچ نیاز است، سپس نرم‌افزاری به نام سیگنت^۱ نصب می‌شود، در ادامه به مدت سه الی پنج جلسه فرکانس پاداش بهینه^۲ (ORF) فرد بررسی می‌شود. فرکانس بهینه معیاری است اعمال بازخورد با توجه به آن انجام می‌پذیرد (کرک، ۲۰۱۵). در جلسات ابتدایی درمانگر با توجه به علائم ایجاد شده و تغییر حالت فرد، فرکانس پاداش را تغییر می‌دهد. این عمل تا جایی تکرار می‌شود که فرکانس پاداش بهینه یافت شود و پس از آن فرد، طبق پروتکل‌های اجرایی در فرکانس یافت شده به تکرار جلسات می‌پردازد. این تکرار به منظور تثبیت تغییرات مطلوب انجام می‌شود.

^۱ cygnet

^۲ optimal reward frequency

مجموعه علائم مرتبط با سطح برانگیختگی پایین آرام بودن، احساس سنگینی، احساس سستی، ناراحتی و غم، حساسیت عاطفی، کمبود خواب عمیق، سخت بیدار شدن و علائم کاهش قند خون است و مجموعه علائم مرتبط با سطح برانگیختگی بالا شامل بی‌قراری، اضطراب، بیش‌فعالی، کابوس، یبوست، تپش قلب، پرخاشگری و تنش عضلانی می‌باشد (اوتمر، ۲۰۱۹). فرد باید در فرکانس پاداش بهینه خود بهترین حالت و مناسب‌ترین عملکرد ممکن را داشته باشد که به عنوان فرکانس پاداش بهینه برای دیگر جلسات درمانی محفوظ شده و اجرا می‌شود. پروتکل‌های اصلی و اساسی این شیوه درمان به دو صورت آرام‌سازی^۱ و ایجاد ثبات^۲ اجرا می‌شود برای افرادی که از نظر روانی بی‌قرار هستند و مشکلاتی ناشی از آسیب‌های روحی و روانی یافته‌اند از پروتکل آرام‌سازی و برای افراد با منشأ ارثی و ژنتیکی و افرادی که از مشکلات بی‌ثباتی در رنج هستند از پروتکل درمانی ایجاد ثبات استفاده می‌شود (اوتمر، ۲۰۱۹).

جدول ۱. دسته بندی عوامل مرتبط با سطح برانگیختگی (اوتمر، ۲۰۱۳)

سطح برانگیختگی پایین بسیار پایین: افزایش RF	سطح برانگیختگی بالا بسیار بالا: کاهش RF
آرام بودن	مضطرب بودن
احساس سنگینی داشتن	تنش عضلانی
احساس سستی	طغیان احساسات
ناراحت و گریان	به خواب رفتن دشوار
حساسیت عاطفی	کابوس
ناپختگی رفتاری	بیش‌فعالی و تکانش
کمبود خواب عمیق	خستگی چشم
بیدار شدن دشوار	تپش قلب
علائم افت قند خون	یبوست
	تیک، پرخاش، وسواس فکری عملی

پیش از شروع جلسات ارزیابی و مداخله، کودک به مدت یک ماه در اتاق بازی کلینیک توانبخشی شناختی و مغز در دانشگاه شهید بهشتی، حضور می‌یافت تا ضمن آشنایی با محل، ارتباط وی با پژوهشگر تسهیل شود. به طوری که کودکان برای مراجعه به کلینیک در خانواده ابزار علاقمندی می‌کردند. هم‌زمان، والدین با روند اجرای آزمایشات آشنا می‌شدند و اطلاعاتی

¹ calming² stabilization

راجع به علاقمندی‌های کودک از والدین دریافت می‌شد تا محیط و محل اجرای ارزیابی و مداخله، متناظر با علاقمندی کودکان تغییراتی یابد. بعلاوه، مواد غذایی مورد علاقه کودک نیز فراهم می‌شد. بدین ترتیب کودک با نگرش مثبت و خوش‌آیند آماده شروع ارزیابی و مداخله می‌شد. پس از این دوره و اخذ رضایت‌نامه از والدین، SAT طی چهار مرحله اجرا شد: پیش‌آزمون اول، دو هفته بعد پیش‌آزمون دوم، پس‌آزمون با دوره ۱۵ جلسه‌ای مداخله با نوروفیدبک ILF و در نهایت با یک ماه فاصله دوره پیگیری. هر جلسه اجرای SAT حدود ۱۰ دقیقه و هر جلسه اجرای نوروفیدبک ILF حدود ۲۰ دقیقه زمان می‌برد و هفته‌ای دو بار جلسات مداخله تشکیل می‌شد در این جلسات از پروتکل درمانی T4-P4 استفاده شد که دو الکتروتود فعال در نواحی مذکور قرار داده شد و الکتروتود گراند در پیشانی و الکتروتود رفرنس در ناحیه CZ قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های SAT این پژوهش با روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر از طریق نرم افزار SPSS ۲۶ صورت گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناسی پژوهش

جامعه آماری پسران مبتلا به اوتیسم در بازه سنی ۴ تا ۸ سال بود. تعداد نمونه‌ها در این مطالعه ۸ نفر (همگی پسر) در طیف سنی ۴ تا ۸ سال (میانگین ۵/۷۵ سال با انحراف معیار ۱/۳۵) بودند که از طریق نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند.

تحلیل داده‌های رفتاری پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT)

داده‌های مربوط به پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) شرکت‌کنندگان در مطالعه، در جدول ۲ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود میانگین پاسخ صحیح در مراحل پیش‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون ۲ از یک سو و مراحل پس‌آزمون و پیگیری، از سوی دیگر، تفاوت چشمگیر داشته است. بر این اساس، به احتمال قوی مداخله با نوروفیدبک ILF (متغیر مستقل) موجب افزایش عملکرد کودکان در SAT (متغیر وابسته) شده است. البته برای تأیید این فرضیه تحلیل‌های بیشتری لازم است که در پی می‌آید.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) طی مراحل چهارگانه اندازه‌گیری

مراحل	پیش‌آزمون ۱	پیش‌آزمون ۲	پس‌آزمون	پیگیری		
	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف
	معیار	معیار	معیار	معیار	معیار	معیار
پاسخ صحیح در SAT	۲/۵۰	۱/۳۰	۲/۳۷	۰/۹۶	۱۴/۱۲	۲/۱۶
					۱۳/۲۵	۱/۳۸

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع متغیر و تعیین شیوه تحلیل پاسخ صحیح در SAT از آزمون ناپارامتریک کلموگراف-اسمیرنف استفاده شد که نتایج در جدول ۳ نمایش داده می‌شود.

جدول ۳. نتایج نرمال بودن توزیع متغیر پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) طی مراحل چهارگانه اندازه‌گیری

متغیر	زمان	مقدار آماره	سطح معنی‌داری
پاسخ صحیح در SAT	پیش‌آزمون ۱	۰/۲۲	۰/۲۰
	پیش‌آزمون ۲	۰/۲۸	۰/۵۷
	پس‌آزمون	۰/۲۷	۰/۸۱
	پیگیری	۰/۱۹	۰/۲۰

با توجه به سطح معنی‌داری در این آزمون ($P > 0.05$) پیش فرض نرمال بودن متغیر پاسخ صحیح در SAT تأیید می‌شود. بدین ترتیب می‌توان از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل‌های بعدی استفاده نمود. بدین منظور، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر روی داده‌های حاصل از چهار مرحله SAT اجرا شد. لازم به ذکر است که به منظور بررسی همگن بودن واریانس‌های پاسخ‌های صحیح SAT در چهار مرحله سنجش، آزمون موخلی به کار گرفته شد که نتایج در جدول ۴ به نمایش درآمده است و قابل رویت است که فرضیه همگن بودن واریانس‌ها و فرض کرویت تأیید شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون موخلی برای بررسی کروییت پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) در مراحل چهارگانه اندازه‌گیری

متغیر	آزمون موخلی	خی دو	Df	سطح معناداری	-Greenhouse Geisse
پاسخ صحیح در SAT	۰/۱۷	۱۰/۰۰	۵	۰/۰۷	۰/۶۷

بدین ترتیب تمام پیش‌فرض‌های لازم برای کارآیی تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت مشاهده شده در مراحل چهارگانه اجرای SAT، برقرار است. جدول ۵ نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر را گزارش داده است. همانطور که مشاهده می‌شود بین نمرات صحیح در چهار بار اجرای SAT، تفاوت معنادار وجود دارد ($F=146$, $df=338$, $eta^2=0.95$, $P=0.001$). از این نتایج می‌توان دریافت که به احتمال ۹۹٪ عامل مداخله (نوروفیدبک ILF) بر پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) تأثیر داشته است.

جدول ۵. نتایج حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر از نظر آزمون معنی‌داری اثر متغیر مستقل بر متغیر وابسته

منبع	مجموع مجذورات	Df	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	اندازه اثر (مجذوراتا)
پاسخ صحیح در SAT	۱۰۱۵	۳	۳۳۸	۱۴۶	۰/۰۰۱	۰/۹۵
خطا	۴۸	۲۱	۲			

برای تحلیل دقیق‌تر تفاوت مشاهده در نتایج SAT در چهار مرحله بررسی پیش‌آزمون ۱، پیش‌آزمون ۲، پس‌آزمون و پیگیری آزمون تعقیبی بن فرونی به کار گرفته شد. جدول ۶ نشان می‌دهد که بین میانگین‌های پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) در مراحل ۱ و ۳ ($P<0.001$)، مراحل ۱ و ۴ ($P<0.001$)، مراحل ۲ و ۳ ($P<0.001$) و نهایتاً در آزمون‌های مراحل ۲ و ۴ ($P<0.001$) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. لذا نتیجه‌گیری می‌شود که پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی در مرحله پس‌آزمون و پیگیری افزایش معناداری یافته است.

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی بن فرونی برای مقایسه ی زوجی بین نتایج تکلیف توجه انتقالی (SAT) در مراحل چهارگانه اندازه گیری

متغیر	مرحله A	مرحله B	اختلاف میانگین A-B	انحراف استاندارد	سطح معناداری
پاسخ صحیح در SAT	پیش آزمون ۱	پیش آزمون ۲	۰/۱۲	۰/۳۹	۱/۰۰
	پیش آزمون ۱	پس آزمون	-۱۱/۶۲	۰/۸۲	۰/۰۰۰۱*
	پیش آزمون ۱	پیگیری	-۱۰/۷۵	۰/۹۰	۰/۰۰۰۱*
	پیش آزمون ۲	پیش آزمون ۱	-۰/۱۲	۰/۳۹	۱/۰۰
	پیش آزمون ۲	پس آزمون	-۱۱/۷۵	۰/۵۵	۰/۰۰۰۱*
	پیش آزمون ۲	پیگیری	-۱۰/۸۷	۰/۷۱	۰/۰۰۰۱*
	پس آزمون	پیش آزمون ۱	۶۲۱۱	۰/۸۲	۰/۰۰۰۱*
	پس آزمون	پیگیری	۰/۸۷	۰/۹۹	۰۰/۱

*($p < ۰/۰۱$)

طبق جدول ۷، تفاوت چندانی در میانگین نمرات صحیح SAT بین پیش آزمون ۱ و پیش آزمون ۲ وجود ندارد. یعنی عوامل تصادفی، رشدی و یادگیری در فاصله زمانی بین سنجش پیش آزمون ۱ و پیش آزمون ۲ تأثیر بر نتایج SAT نداشته است. اما پس از ۱۵ جلسه مداخله با نوروفیدبک ILF میانگین نمرات صحیح در SAT افزایش چشمگیر داشته است. البته یک ماه بعد، در این نمرات کاهش جزئی مشاهده می شود که معنادار نیست. براساس کل نتایج به نظر می رسد که تأثیر نوروفیدبک ILF بر شاخص توجه انتقالی (نمرات صحیح در SAT) معنادار و پایدار بوده است.

جدول ۷. میانگین و انحراف استاندارد پاسخ صحیح در تکلیف توجه انتقالی (SAT) در مراحل چهارگانه اندازه گیری

زمان	پیش آزمون ۱		پیش آزمون ۲		پس آزمون		پیگیری	
	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف
	معیار		معیار		معیار		معیار	
پاسخ صحیح در SAT	۲/۵۰	۱/۳۰	۲/۳۷	۰/۹۶	۱۴/۱۲	۲/۱۶	۱۳/۲۵	۱/۳۸

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی اثرات احتمالی نوروفیدبک ILF بر توجه انتقالی کودکان دارای اتیسم با عملکرد بالا بود. توجه انتقالی، که یک مؤلفه مهم از کارکردهای اجرایی است که توسط تکلیف توجه انتقالی (SAT) از مجموع آزمون‌های کامپیوتری کاگنیلاندازه‌گیری شد. یافته‌ها نشان داد که میانگین نمرات صحیح SAT در پیش‌آزمون ۱ و پیش‌آزمون ۲ تغییری نداشته است. بدین معنا که احتمالاً متغیرهای تصادفی، تمرین و یا رشد طبیعی، اثری بر نتایج SAT نداشته است. در این صورت هرگونه افزایش در عملکرد آزمودنی‌ها در پس‌آزمون و پیش‌آزمون با احتمال بیشتر می‌توان به کاربست متغیر عامل یا مستقل نسبت داد. به هر تقدیر، نمرات صحیح در پس‌آزمون بطور چشمگیری افزایش یافته است که می‌تواند ناشی از تأثیر نوروفیدبک ILF باشد. در ادامه تحلیل‌ها مشخص شد اندازه اثر، 0.95 و سطح معنی‌داری آن $(p < 0.01)$ می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان ادعان داشت نوروفیدبک ILF تأثیر بسیار بالایی بر کارکرد توجه انتقالی در کودکان دارای اتیسم با عملکرد بالا داشته است. بدین ترتیب فرضیه پژوهش تأیید می‌شود. با این حال، باید توجه داشت که این نتایج در محیط آزمایشگاهی به‌دست آمده و لزوماً به معنای کاربرد عملی مستقیم در محیط‌های بالینی و زندگی روزمره نیست. این محدودیت نشان می‌دهد که پیش از تعمیم نتایج به شرایط واقعی، باید مطالعات بیشتری با نمونه‌های بزرگتر و در محیط‌های طبیعی انجام شود. گرچه گزارشات غیررسمی و بالینی از سوی والدین نشان‌دهنده رضایت و بهبودهای ملموس در رفتارهای روزمره کودکان بود، اما اعتبار بوم‌شناختی این بهبودها باید با تحقیقات آینده تأیید شود. در نهایت، بررسی اثربخشی این مداخله در زندگی روزمره کودکان نیازمند مطالعات گسترده‌تر و طولانی‌مدت‌تر است تا اثرات پایدار نوروفیدبک ILF مشخص شود.

به هر حال، به تعدادی از مطالعات در حوزه اثربخشی نوروفیدبک بر کنش‌های اجرایی من جمله عملکرد توجه اشاره می‌گردد. مطالعه کوبن، لیندین و می‌یر، (۲۰۱۰)، با مطالعه حاضر همخوان بوده و نشان داده است که نوروفیدبک می‌تواند در بهبود کنش‌های اجرایی مؤثر باشد. در ادامه، تحقیقات سید احمدی (۲۰۱۳) نیز با نتایج ما همخوان بود که نشان داد نوروفیدبک در بهبود کنش‌های اجرایی من جمله کنترل مهاری تأثیر مثبتی دارد. مطالعات پی‌یرولینک، لیزارد، لونسکو و بروگارد (۲۰۱۶) نیز همخوان با مطالعه حاضر بود که نشان داد درمان نوروفیدبک در کنش‌های اجرایی مداخله مناسبی می‌تواند باشد. مطالعات معین، گندمانی و امین (۲۰۱۸) نشان داد نوروفیدبک در بهبود کنش‌های اجرایی مؤثر است که با مطالعه ما همخوان بوده است. در مطالعه پینیدا، کاراسکو، داتکو، پیلین و اسکالس (۲۰۱۴) دیده شد آموزش نوروفیدبک با هدف تقویت سیستم نوروهای آینه‌ای و تعدیل ریتم‌های میو که بر روی کودکان اتیستیک و کودکان معمولی

انجام شد موجب بهبودی در علائم کودکان اتیستیک شد. مطالعه همسوی دیگری که کویر، دیمور، جریس، کانگو و ون شی (۲۰۰۹) بر روی هفت کودک مبتلا به اختلالات طیف اتیسم انجام دادند، بهبودهایی در رفتار اجتماعی و ارتباطی آن‌ها در پی درمان با نوروفیدبک مشاهده شد. سوخادز، الباز، تاسمن، سیرس، ونگ و همکاران (۲۰۱۴) در یک مطالعه اثرات ترکیب تحریک مغناطیسی تکراری با فرکانس پایین و نوروفیدبک بر روی ۴۲ کودک مبتلا به اختلال طیف اتیسم را بررسی کردند. دو گروه شامل یک گروه درمانی (۲۰ نفر) و یک گروه کنترل در لیست انتظار (۲۲ نفر) تشکیل شدند. نتایج نشان داد که گروه درمانی بهبودهای قابل توجهی در نتایج رفتاری و عملکردی نسبت به گروه کنترل داشت که این پژوهش نیز با مطالعه حاضر همخوان است.

در مطالعه دیگری نوروفیدبک ILF بر روی سه کودک دارای اختلال بیش فعالی انجام شد. یافته‌ها نه تنها کاهش قابل توجهی در شدت علائم نشان داد، بلکه عملکرد آنها در توجه و کنترل تکانه، زمان پاسخ، تغییرپذیری زمان واکنش، به طور قابل توجهی بهبود یافت (اشنایدر، ریدلر و سو، ۲۰۲۱). در یک مطالعه موردی، راتر و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند جلسات درمان ILF روی کودک اتیستیک باعث بهبودی وی و افزایش عملکرد شده است که همسو با مطالعه است، سرانجام، در یک مطالعه مروری سیستماتیک، بازانا، فنزی، فینی و ویجیلا، (۲۰۲۲) نشان دادند که نوروفیدبک ILF پتانسیل زیادی برای استفاده در همه شرایط بالینی که در آن تنظیم فعالیت مغز و فرآیندهای فیزیولوژیکی عصبی بسیار مهم است، دارد. در مطالعه بازی‌برون، عقدایی و فارسی (۲۰۲۳) که تأثیر نوروفیدبک بر کارکردهای شناختی دانش آموزان پسر بررسی کرده است نتایج با مطالعه ما همخوان است و نشان از تأثیر مثبت این روش بر مشکلات شناختی دارد. عیسایی برزگر نامی و بردیده (۲۰۲۴) در مطالعه خود که هدف بررسی اثربخشی نوروفیدبک بر شبکه‌های مغزی کودکان اتیستیک بود نتایج همسو با مطالعه حاضر بدست آمد و به اثربخشی و اندازه اثر مناسب روش نوروفیدبک در بهبود نشانه‌های اختلال و بهبود سطح توجه تأکید شد.

جمع‌آوری داده‌های این مطالعه در شرایط بسیار سخت کرونایی انجام شده است و از آنجا که مادران نگران کودکان خود بودند، به سختی حاضر به شرکت در مطالعه بودند. اما با این حال تعداد شرکت‌کنندگان به حدی رسید که پروژه با آنها ادامه یافت. همچنین فقدان مطالعه پیشین در این خصوص و کمبود اطلاعات کافی در این باره، ما را در ایجاد فرضیات و بررسی یافته‌های پژوهش با مشکلاتی روبرو کرده بود و نمی‌توانستیم از یافته‌های پیشین در تفسیر نتایج بهره‌مند شویم. از دیگر محدودیت‌های پژوهش شرط سنی ۴-۸ سال بود که تعمیم یافته‌های این پژوهش

را به دیگر گروه‌های سنی را دشوار می‌کرد. و در نهایت، از آنجا که این پروژه، بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بود، با محدودیت زمانی آموزشی روبرو بود. ضرورت بررسی ارتباط داده‌های رفتاری، شناختی و الکتروفیزیولوژیکی باهم محسوس است. امید می‌رود که مطالعات آتی به این مهم بپردازند. در انتها پیشنهاد می‌شود که طی مجموعه مطالعات سیستماتیک، تأثیر نوروفیدبک کلاسیک و نوروفیدبک ILF بر مؤلفه‌های شناختی و علائم ایتسم مقایسه شود.

موازن اخلاقی

این پژوهش با شناسه‌ی اخلاق IR.SBU.REC.1400.225 در دانشگاه شهید بهشتی توسط کار گروه اخلاق در پژوهش مصوب شده است. بعلاوه جهت رعایت اصول اخلاقی، کدهایی به هر شرکت‌کننده تخصیص داده شد که جایگزین نام و نام خانوادگی شرکت‌کننده باشد. در ابتدای پژوهش به طور کامل نحوه اجرای جلسات و مدت زمان اجرا و چگونگی اجرای جلسات به والدین شرح داده شد و در جهت جلب اعتماد والدین در زمینه نوروفیدبک فرکانس بسیار پایین به طور مفصل توضیحاتی داده شد، فرم رضایت آگاهانه توسط والدین برای شرکت فرزند خود در مطالعه پر شد و همچنین امکان ترک مطالعه در صورت عدم تمایل به همکاری از جانب آنان در نظر گرفته شد و متعهد شدیم محرمانه بودن اطلاعات حاضر در پرونده کودک و حریم خصوصی کودک و خانواده حفظ شود.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول مسئولیت اجرای پرتکل مداخله‌ای، گردآوری داده‌ها و نگارش نسخه اولیه مقاله را زیر نظر استاد راهنمای اول (نویسنده دوم) و استاد راهنمای دوم (نویسنده سوم) برعهده داشت. ایده این پروژه با نویسنده دوم (نویسنده مسئول) و نویسنده سوم بود. این نویسندگان مسئولیت هدایت و نظارت بر حسن اجرای پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها و ویرایش نهایی مقاله نیز به عهده داشتند. مسئولیت تامین و معرفی آزمودنی‌ها نیز با نویسنده دوم بود.

تعارض منافع

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه ارشد علوم شناختی، گرایش توانبخشی شناختی خانم سارا رضائی علی‌آباد است که در تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۰۵ دفاع شده است و نویسندگان اظهار می‌دارند که

هیچگونه تعارض منافعی در رابطه با یافته‌های مطالعه حاضر وجود ندارد. کلیه حقوق مادی و معنوی این کار متعلق به دانشگاه شهید بهشتی است.

سپاسگزاری

در این بخش از همکاری صمیمانه والدین کودکان شرکت‌کننده، مرکز تهران اتیسم، کلینیک توانبخشی شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی که در فرایند اجرای پژوهش ما را یاری و حمایت کردند تقدیر به عمل می‌آید لازم به ذکر است این مقاله بدون کمک مالی انجام شده است.

References

- Ahghar Bazargan, G., & Sajjadian, I. (2023). The Effectiveness of Emotion Efficacy Therapy on Psychological Hardiness and Parental Burnout among Mothers with Autistic Children. *Quarterly of Applied Psychology*, 17 (4):81-104. ([Link](#))
- American Psychiatric Association. (2022). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Ed, Text Revision. Washington, DC, American Psychiatric Association. ([Link](#))
- Aslankhani, MA., Nejati, V., Asari Jami, S. (2013). Interference of two attentional tasks with balance performan. *J Res Rehabil Sci*, 9(2): 197-208. ([Link](#))
- Bazi Borooun, B., Agdai, M., & Farsi, A. (2023). The effect of neurofeedback and aerobic exercises on depression symptoms and cognitive functions in male students. *Motor Behavior Journal*. ([Link](#))
- Bazzana, F., Finzi, S., Di Fini, G & Veglia, F. (2022). Infra-Low Frequency Neurofeedback: A Systematic Mixed Studies Review. *Front. Hum. Neurosci*, 16:920659. ([Link](#))
- Birbaumer, N., Ruiz, S., Sitaram, R. (2013). Learned Regulation of Brain Metabolism. *Trends Cogn Sci*, 17(6): pp. 295-302. ([Link](#))
- Canas, J., Quesada, J., Antolí, A., & Fajardo, I. (2003). Cognitive flexibility and adaptability to environmental changes in dynamic complex problem-solving tasks. *Ergonomics*. 46(5):482-501. ([Link](#))
- Carlson, J & Webster, G. (2021). Neurofeedback Impact on Chronic Headache, Sleep, and Attention Disorders Experienced by Veterans with Mild Traumatic Brain Injury: A Pilot Study. *Biofeedback*, Volume 49, Issue 1, pp. 2-9. ([Link](#))
- Chen, C. P., Gau, S. S. F., & Lee, C. C. (2019). Toward differential diagnosis of autism spectrum disorder using multimodal behavior descriptors and executive functions. *Computer Speech & Language*, 56(12), 17-35. ([Link](#))

- Coben, R., Linden, M., Myers, TE. (2010). Neurofeedback for autistic spectrum disorder: a review of the literature. *Applied Psychophysiol Biofeedback*, 35: 83-105. [\(Link\)](#)
- Cognitive Neuroscience Research Center, 2019. [\(Link\)](#)
- Corominas roso, I., Ibern, M., Capdevila, R., Ramon, C., Roncero, &. Ramos-Quiroga, J. A . (۲۰۲۰). Benefits of EEGNeurofeedback on the Modulation of Impulsivity in a Sample of Cocaine and Heroin Long-Term Abstinent Inmates: A Pilot Study*International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology*, 1–24. [\(Link\)](#)
- Dana, a., Shams, a. (2020). The Effectiveness of Cognitive Brain Rehabilitation Interventions on Executive Functions in Children with Attention Deficit Hyperactivity and Attention Deficit. *Neuropsychology*, 5(3), 131-140. [\(Link\)](#)
- Eauregard, M., Lévesque, J. (2006). 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*, 31, 3–20. [\(Link\)](#)
- Ghamari givi, H., Narimani, M., & Rabiee, J. (2009). Comparison of executive functions among children with attention deficit hyperactivity disorder, learning disability and normal children. Research articles. *J ment health.*, 3: 22-33. [\(Link\)](#)
- Grin-Yatsenko, V. A., Othmer, S., Ponomarev, V. A., Evdokimov, S. A., Konoplev, Y. Y., & Kropotov, J. D. (2018). Infra-low frequency neurofeedback in depression: Three case studies. *NeuroRegulation*, 5(1), 30–42. [\(Link\)](#)
- Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. I: A review of cognitive and affective outcome in healthy participants. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 124-141. [\(Link\)](#)
- Hsiao, YJ. (2016). Pathways to mental health-related quality of life for parents of children with autism spectrum disorder: roles of parental stress, children’s performance, medical support, and neighbor support. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 23:122– 30. [\(Link\)](#)
- Hammond, DC. (2007). What is neurofeedback? *J neurofeedback*: 10(4):25-36. [\(Link\)](#)
- International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems: (2013). Tenth Revision. World Health Organization. [\(Link\)](#)
- Isaei, M., Barzegar, M., Nami, M., & Bordideh, M. R. (2024). The effectiveness of neurofeedback-based treatment on brain networks of

- elementary school children with attention deficit/hyperactivity disorder. *New Approach to Educating Children*, 6(4). ([Link](#))
- Kirk, H. (2015). Restoring the Brain: Neurofeedback as an Integrative Approach to Health. *CRC Press, Taylor and Francis Group*. ([Link](#))
- Kouijzer, MEJ., de Moor, JMH., Gerrits, BJL., Buitelaar, JK., & van Schie, HT. (2009). Long-term effects of neurofeedback treatment in autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*;3(2):496-501. ([Link](#))
- Kouijzer, M. M. E. J., de Moor, J. J. M. H., Gerrits, B. B. J. L., Congedo, M., & van Schie, H. H. T. (2009). Neurofeedback improves executive functioning in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(1), 145-162. ([Link](#))
- Kropotov, J. D., Grin-Yatsenko, V. A., Ponomarev, V. A., Chutko, L. S., Yakovenko, E. A., & Nikishena, I. S. (2007). Changes in EEG spectrograms, event-related potentials and event-related desynchronization induced by relative beta training in ADHD children. *Journal of Neurotherapy*, 11, 3-11. ([Link](#))
- Legarda, S. B., McMahon, D., Othmer, S., & Othmer, S. (2011). Clinical neurofeedback: case studies, proposed mechanism, and implications for pediatric neurology practice. *J. Child Neurol.* 26, 1045. ([Link](#))
- Marshall, L., Mölle, M., Fehm, HL., & Born J. (2000). Changes in direct current (DC) potentials and infra-slow EEG oscillations at the onset of the luteinizing hormone (LH) pulse. *Eur J Neurosci* 12: 3935-3943. ([Link](#))
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable approach. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. ([Link](#))
- Moin, N., Asadi Gandomani, R., Amin, M. (2018). The Effect of Neurofeedback on Improving Executive Functions in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of rehabilitation*. ([Link](#))
- Monastra, V. J; Monastra, D. M & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 27(4), 231-49. ([Link](#))
- Nejati, V. (2021). Evaluation of the Validity of a Set of Executive Functions' Tests in a Sample of Iranian Children. *Quarterly of Applied Psychology*, 15(4):233-257. ([Link](#))
- Nejati, V., Ezadi S. (2011). Comparison of executive functions of high-functioning autistic children and normal counterparts. *Research in Rehabilitation Sciences*. 8(1), 29-39. ([Link](#))

- Norouzian, M., Nejati, V., Bagheri F. (2022). Investigation of the evolution of attention-related abilities in preschool and primary school children with normal development. *Advances in Cognitive Sciences*. 24 (3) :30-40. ([Link](#))
- Nozari, M., Nejati, V., & Mirzaeyan, B. (2020). Effectiveness of Transcranial direct current stimulation on executive functions and amelioration of symptoms of individuals with Major Depression Disorder. *Quarterly of Applied Psychology*, 13(4): 577-599. ([Link](#))
- Othmer, S. and I. (2013). Eeg Info, Protocol guide for neurofeedback clinicians: clinicians: optimizing assessment and training with infra-low frequency HD and alpha-theta neurofeedback. ([Link](#))
- Othmer, S., Othmer, F., David, A, & Putman, J. (2013) *Endogenous Neuromodulation at Infralow Frequencies*. ([Link](#))
- Othmer, S., Othmer, S., & Legarda, S. B. (2011). Clinical neurofeedback: Training brain behavior. Treatment Strategies. *Pediatric Neurology and Psychiatry*, 2(1), 67–73. ([Link](#))
- Othmer S., & Othmer, S. F. (2020). Toward a theory of infra-low frequency neurofeedback. In H. W. Kirk (Ed.), *Restoring the brain: Neurofeedback as an integrative approach to health* (2nd ed., pp. 56–86). ([Link](#))
- Othmer, S., Othmer, S.F., Kaiser D. & Putman, J. (2013). Endogenous Neuromodulation at Infra-Low Frequencies. *Seminars in Paediatric Neurology*, 20(4), 246-257. ([Link](#))
- Park HR, Lee JM, Moon HE, Lee DS, Kim B-N, Kim J, et al. A short review on the current understanding of autism spectrum disorders. *Experimental neurobiology*. 2016; 25(1): 1-13. ([Link](#))
- Perreau-Linck, E., Lessard, N., Lévesque, J & Beauregard, M. (2010). Effects of Neurofeedback Training on Inhibitory Capacities in ADHD Children: A Single-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Study, *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 14:3, 229-242. ([Link](#))
- Pineda, J. A., Carrasco, K., Datko, M., Pillen, S., & Schalles, M. (2014). Neurofeedback training produces normalization in behavioural and electrophysiological measures of high-functioning autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1644), 20130183. ([Link](#))
- Pouretmad H, Shiri E. Improvement of executive function in children with autism through Home Playtime Program. *koomesh*. 2021;23(1): e153243. ([Link](#))
- Pouretmad, H., Shiri, E. (2020). Improvement of executive function in children with autism through Home Playtime Program. ([Link](#))

- Rauter, A., Schneider, H & Prinz, W. (2022). Effectivity of ILF Neurofeedback on Autism Spectrum Disorder—A Case Study. *Front. Hum. Neurosci*, 16:89-96. ([Link](#))
- Rezaei, Sh., Mojtabaei, M., & Shomali Oskoei, A. (2023). Comparison of the Effectiveness of Intensive Short-Term Dynamic Psychotherapy and Schema Therapy on Depression, Anxiety in Mothers with Autistic Children. *Appl. Psychol*, 17 (4):143-168. ([Link](#))
- Sadeghi, S., Pouretamad, H. R. (2022) Cognitive predictors of behavioral inflexibility in young children with autism spectrum disorder symptoms. *Advances in Cognitive Sciences*, 23 (4) :117-129. ([Link](#))
- Sadeghi, S., Pouretamad, H. R., Khosrowabadi, R., Fathabadi, J., & Nikbakht, S. (2019). Parent-child interaction effects on autism symptoms and EEG relative power in young children with excessive screen-time. *Early Child Development and Care*, 1-10. ([Link](#))
- Sadeghi, S., Naeinipour, N., Nazari, MA., Alizade Zarei, M., Kamali, M. (2013). The effect of neurofeedback training on balance performance and attention shifting in children with reading disorder. *J Res Rehabil Sci*, 9(2): 185-96. ([Link](#))
- Schneider, H., Riederle, J., Seuss, S. (2021). Brain-Computer Interface, Therapeutic Effect of Infra-Low-Frequency Neurofeedback Training on Children and Adolescents with ADHD. ([Link](#))
- Scott, William. A. (1962). "Cognitive complexity and cognitive flexibility". *Sociometry*, 25 (4): 405-414. ([Link](#))
- Seed Ahmadi, S. (2013). The efficacy of neurofeedback treatment in improving response inhibition and working memory in children with ADHD. ([Link](#))
- Selsapour, M., Hamounpeyma, E., Pirkhaefi, A. (2013). The effect of Neurofeedback therapy sessions on female elementary students with attention deficit and hyperactivity in elementary students of varamin city. *Navid No*, 60, 33-24. ([Link](#))
- Sokhadze, E. M., El-Baz, A. S., Tasman, A., Sears, L. L., Wang, Y., Lamina, E. V., & Casanova, M. F. (2014). Neuromodulation integrating rTMS and neurofeedback for the treatment of autism spectrum disorder: An exploratory study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 39(3-4), 237-257. ([Link](#))
- Wing, L., Gould, J., & Gillberg, C. (2011). "Autism spectrum disorders in the DSM-V: better or worse than the DSM-IV?". *Research in Developmental Disabilities*. 32 (2). ([Link](#))
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482. ([Link](#))

Zwaigenbaum, L., Bryson, S., Lord, C., Rogers, S., Carter, A., Carver, L., et al. (2009). "Clinical assessment and management of toddlers with suspected autism spectrum disorder: insights from studies of high-risk infants". *Pediatrics*. 123 (5): 1383–91. ([Link](#))

