Quarterly Scientific journal
license Number: 94603
Research Strategies in Educational Sciences
Special Issue

Comparing the differences in beta brain waves in attention deficit hyperactivity disorder and generalized anxiety disorder during cognitive activity

Saemeh Nazari [*1], **Zahra Rajabpor Azizi** [2], **YarAli Dosti** [3]

1. **(Corresponding Author)**: Master's student in General Psychology, Farvardin Institute of Higher Education, Iran
2. Assistant Professor, Department of Psychology, Farvardin Institute of Higher Education, Iran
3. Assistant Professor, Department of Psychology, Farvardin Institute of Higher Education, Iran

Article Info

Article Type:

Research Article

Received Date:
06 July 2025
Accepted Date:
09 November 2025

Keywords:
Attention Deficit Disorder, Generalized Anxiety Disorder, Electroencephalography, Beta Waves

Abstract

Background and Aims: Neurophysiological differentiation between attention deficit/hyperactivity disorder and generalized anxiety disorder in children can help improve differential diagnosis and design targeted interventions. The present study investigated and compared beta-band brain wave activity patterns in children with ADHD and children with generalized anxiety disorder during a cognitive task.

Method: This study was designed as a quasi-experimental study. The sample population included 40 children aged 8-12, 20 of whom had attention deficit hyperactivity disorder and 20 had generalized anxiety disorder, selected from psychiatric clinics. Electroencephalographic data were recorded at rest and during the Stroop test, and signal processing was performed using MATLAB and EEGLAB. The indices studied included beta band spectral power (13–30 Hz), θ/β ratio, and ΔPβ changes in the prefrontal (Fz) and central (Cz) channels.

Findings: The results showed that the absolute power of the beta band in the prefrontal and central regions in the generalized anxiety disorder group was significantly higher than in the hyperactivity disorder group ($p < 0.001$). Also, the θ/β ratio was observed to be higher in the hyperactivity disorder group than in the generalized anxiety group. ($p < 0.001$) There was no significant difference in the changes in beta power during the task (ΔPβ) between the two groups.

Conclusion: This pattern of increased beta power in anxious children and higher θ/β ratio in children with ADHD can be used as auxiliary indicators in differential diagnosis and guide the design of neurophysiological interventions such as neurofeedback or non-invasive stimulation.

Cite this article: Nazari, S., Rajappor Azizi, Z., & Dosti, Y. A. (2025). Comparing the differences in beta brain waves in attention deficit hyperactivity disorder and generalized anxiety disorder during cognitive activity**.** *Research Strategies in Educational Sciences*, 3(3), 1-9.

CC BY NC

Extended abstract

Introduction

Neurophysiological differentiation between attention deficit/hyperactivity disorder and generalized anxiety disorder in children can help improve differential diagnosis and design targeted interventions. The present study investigated and compared beta-band brain wave activity patterns in children with ADHD and children with generalized anxiety disorder during a cognitive task.

Methods

The research method was designed as a quasi-experimental study. The sample population included 40 children aged 8-12, 20 of whom had attention deficit hyperactivity disorder and 20 had generalized anxiety disorder,

selected from psychiatric clinics. Electroencephalographic data were recorded at rest and during the Stroop test, and signal processing was performed using MATLAB and EEGLAB. The indices studied included beta band spectral power (13–30 Hz), θ/β ratio, and ΔPβ changes in the prefrontal (Fz) and central (Cz) channels.

Results

The findings of the study revealed that the absolute power of the beta band in the prefrontal and central regions in the generalized anxiety disorder group was significantly higher than in the hyperactivity disorder group ($p < 0.001$). Also, the θ/β ratio was observed to be higher in the hyperactivity disorder group than in the generalized anxiety group. ($p < 0.001$) There was no significant difference in the changes in beta power during the task (ΔPβ) between the two groups.

Conclusion

The findings of the study demonstrated that pattern of increased beta power in anxious children and higher θ/β ratio in children with ADHD can be used as auxiliary indicators in differential diagnosis and guide the design of neurophysiological interventions such as neurofeedback or non-invasive stimulation.

Ethical considerations

Following the ethics of research

In this study, efforts were made to ensure that no physical or psychological harm would come to the participants, and their information remained completely confidential.

Financial sponsor

This study did not have a financial sponsor and the costs were covered by the authors.

Authors' contribution

All of authors of this study participated in the design, implementation, and writing of all parts of the research.

Conflict of interest

There is no conflict of interest between the authors and the Quarterly Journal of Research Strategies in Educational Sciences.

فصلنامهٔ علمی
راهبردهای پژوهش در علوم تربیتی
Research Strategies in Educational Sciences
شمارهٔ مجوز: ۹۴۶۰۳
۹ تا ۵

مقایسه تفاوت امواج مغزی بتا در اختلال بیش‌فعالی نقص توجه با اضطراب فراگیر در طی انجام فعالیت شناختی

صائمه نظری* [۱]، **زهرا رجب پورعزیزی** [۲]، **یارعلی دوستی** [۳]

۱. **نویسنده مسئول**: دانشجوی کارشناسی ارشد روان‌شناسی عمومی، مؤسسه آموزش عالی فروردین، ایران
۲. استادیار گروه روان‌شناسی، مؤسسه آموزش عالی فروردین، ایران
۳. استادیار گروه روان‌شناسی، مؤسسه آموزش عالی فروردین، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۴/۱۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۸/۱۸

کلیدواژه‌ها:
اختلال نقص توجه، اختلال اضطراب فراگیر، الکتروانسفالوگرافی، موج بتا

چکیده

زمینه و هدف: تمایز نوروفیزیولوژیک بین اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و اختلال اضطراب فراگیر در کودکان می‌تواند به بهبود تشخیص افتراقی و طراحی مداخلات هدفمند کمک کند. در پژوهش حاضر به بررسی و مقایسه‌ی الگوهای فعالیت امواج مغزی باند بتا در کودکان مبتلا به اختلال بیش‌فعالی و کودکان مبتلا به اضطراب فراگیر در طول انجام یک تکلیف شناختی پرداخته شد.

روش: این مطالعه از نوع نیمه‌آزمایشی طراحی شد. جامعه‌ی نمونه شامل ۴۰ کودک ۸–۱۲ ساله بود که ۲۰ نفر مبتلا به اختلال بیش‌فعالی و ۲۰ نفر مبتلا به اضطراب فراگیر از کلینیک‌های روان‌پزشکی انتخاب شدند. داده‌های الکتروانسفالوگرافی در حالت استراحت و حین اجرای آزمون استروپ ثبت گردید و پردازش سیگنال‌ها با استفاده از MATLAB و EEGLAB انجام گرفت. شاخص‌های مورد بررسی شامل توان طیفی باند بتا (۱۳–۳۰ هرتز)، نسبت θ/β و تغییرات $\Delta P\beta$ در کانال‌های پیش‌پیشانی (Fz) و مرکزی (Cz) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که توان مطلق باند بتا در نواحی پیش‌پیشانی و مرکزی در گروه اضطراب فراگیر به‌طور معناداری بالاتر از گروه اختلال بیش‌فعالی بود ($p < 0.001$). همچنین نسبت θ/β در گروه اختلال بیش‌فعالی بیشتر از گروه اضطراب فراگیر مشاهده شد ($p < 0.001$) تغییرات توان بتا طی تکلیف ($\Delta P\beta$)بین دو گروه تفاوت معناداری نشان نداد.

نتیجه‌گیری: این الگوی افزایش توان بتا در کودکان مضطرب و نسبت بالاتر θ/β در کودکان مبتلا به اختلال بیش‌فعالی می‌تواند به‌عنوان شاخص‌های کمکی در تشخیص افتراقی مورد استفاده قرار گیرد و راهنمای طراحی مداخلات نوروفیزیولوژیک مانند نوروفیدبک یا تحریک غیرتهاجمی باشد.

استناد به این مقاله: نظری، ص؛ رجب پور عزیزی، ز؛ و دوستی، ی. ع. (۱۴۰۴). مقایسه تفاوت امواج مغزی بتا در اختلال بیش‌فعالی نقص توجه با اضطراب فراگیر در طی انجام فعالیت شناختی. *راهبردهای پژوهش در علوم تربیتی*، ۳(۳). ۹-۱.

CC BY NC

مقدمه

اختلالات روانی در کودکان یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه علوم اعصاب و روان‌شناسی به شمار می‌آیند، زیرا این اختلالات در دوره‌ای بروز می‌کنند که مغز کودک هنوز در حال رشد و تکامل است و فرایندهای شناختی و هیجانی مانند حافظه کاری، تنظیم هیجان و مهار پاسخ در این مقطع شکل می‌گیرند. هرگونه اختلال در این فرآیندها می‌تواند پیامدهای عمیقی بر حوزه‌های مختلف زندگی کودک از جمله پیشرفت تحصیلی، روابط اجتماعی، اعتمادبه‌نفس و کیفیت زندگی در بلندمدت داشته باشد (بارکلی[1] ۱۹۹۷). در میان این اختلالات، دو مورد یعنی اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و اختلال اضطراب فراگیر از شیوع بالایی برخوردارند و به دلیل ویژگی‌های بالینی متفاوت، اما در عین حال همپوشانی علائم، توجه بسیاری از متخصصان را به خود جلب کرده‌اند.

اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی معمولاً در سه زیرگروه بی‌توجه، بیش‌فعال/تکانشی و ترکیبی طبقه‌بندی می‌شود و با مشکلاتی مانند دشواری در تمرکز، کنترل تکانه‌ها و فعالیت حرکتی بیش از حد شناخته می‌شود(کریمی،خضری، ۱۴۰۰) در مقابل، اختلال اضطراب فراگیر با نگرانی‌های فراگیر و مزمن درباره موضوعاتی همچون عملکرد تحصیلی، آینده و روابط بین‌فردی همراه است و معمولاً با علائمی نظیر تنش عضلانی، تحریک‌پذیری، اختلال خواب و خستگی مداوم همراهی دارد (انجمن روان‌پزشکی آمریکا[2] ۲۰۲۲). با وجود تفاوت‌های تشخیصی، برخی علائم مانند بی‌قراری، دشواری در تمرکز و تحریک‌پذیری در هر دو اختلال دیده می‌شوند که کار تشخیص افتراقی را دشوار می‌سازد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بیش از ۳۰ درصد کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی هم‌زمان نشانه‌هایی از اضطراب را نیز تجربه می‌کنند (هاروی و همکاران[3] ۲۰۰۹). از دیدگاه عصب‌روان‌شناختی، تفاوت‌های قابل‌توجهی میان این دو اختلال مشاهده شده است. در کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی کاهش فعالیت امواج مغزی بتا در نواحی پیش‌پیشانی گزارش شده که می‌تواند بازتابی از مشکلات تمرکز و مهار رفتاری باشد (بری و کلارک[4] ۲۰۰۳).

در مقابل، در اختلال اضطراب فراگیر افزایش فعالیت امواج بتا مشاهده می‌شود که نشانه‌ای از هوشیاری بیش از حد و اضطراب مزمن است(جلالی، ۲۰۱۸). این تفاوت‌ها می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای زیستی برای تمایز دو اختلال مورد استفاده قرار گیرند. روش‌های غیرتهاجمی مانند الکتروآنسفالوگرافی (EEG) ابزار ارزشمندی برای بررسی این تفاوت‌ها به شمار می‌روند، زیرا امکان سنجش مستقیم فعالیت الکتریکی مغز را در شرایط استراحت و انجام تکالیف شناختی فراهم می‌کنند(معصومی، ۱۴۰۲).

برخلاف بسیاری از مطالعات گذشته که عمدتاً به ثبت امواج مغزی در شرایط استراحت پرداخته‌اند، بررسی فعالیت مغزی در حین انجام تکالیف شناختی می‌تواند تصویر واقعی‌تری از فرآیندهای عصبی ـ شناختی فراهم آورد. به‌ویژه، این رویکرد کمک می‌کند تا ارتباط میان فعالیت مغزی و دشواری‌های عملکردی کودکان مبتلا به هر یک از اختلالات روشن‌تر گردد. اهمیت این موضوع تنها در حوزه تشخیص محدود نمی‌شود، بلکه در پیش‌بینی نوع پاسخ به درمان نیز کاربرد دارد. برای مثال، کودکانی با کاهش امواج بتا معمولاً به داروهای محرکی مانند متیل‌فنیدات پاسخ بهتری می‌دهند، در حالی‌که کودکانی با افزایش امواج بتا، به درمان‌های ضداضطرابی مانند مهارکننده‌های بازجذب سروتونین پاسخ مطلوب‌تری نشان می‌دهند (لو و بارکلی[5] ۲۰۰۵).

همچنین، مداخلات مبتنی بر بازخورد عصبی می‌توانند به کودکان آموزش دهند تا به شکل ارادی الگوی فعالیت مغزی خود را تنظیم کنند و از این طریق علائم اختلال کاهش یابد. علاوه بر جنبه‌های بالینی، انجام مطالعاتی از این دست می‌تواند در توسعه ابزارهای دقیق تشخیصی و درمانی مؤثر باشد و حتی در طراحی مداخلات آموزشی یا اجتماعی نیز نقش داشته باشد. این امر به‌ویژه در شرایطی که اختلالات روانی کودکان نه تنها سلامت فرد بلکه کیفیت زندگی خانواده و جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، ضرورت بیشتری می‌یابد (غفاری‌پور و محمدی، ۱۳۹۶). بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه الگوهای امواج مغزی بتا در کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و کودکان مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر در حین انجام فعالیت شناختی انجام می‌شود تا به درک دقیق‌تر از تفاوت‌های زیست‌عصبی این دو اختلال کمک کند و مسیر را برای طراحی روش‌های تشخیصی و درمانی کارآمدتر هموار سازد. از این رو سوال اصلی این پژوهش این است که آیا میان الگوهای امواج مغزی بتا در کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و کودکان مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر هنگام انجام فعالیت شناختی تفاوت معناداری وجود دارد؟

---

[1] Barkley
[2] American Psychiatric Association
[3] Harvey et al
[4] Barlow & Clark
[5] Rowe & Barkley

روش

پژوهش حاضر از نوع علی ـــــ مقایسه‌ای و مقطعی است و هدف آن بررسی تفاوت امواج مغزی بتا در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و کودکان دارای اختلال اضطراب فراگیر در حین انجام تکالیف شناختی بود. جامعه آماری شامل کلیه کودکان ۸ تا ۱۲ ساله شهرهای ساری، بابل و قائم‌شهر بود که به مراکز علوم اعصاب، کلینیک‌های روان‌پزشکی و مراکز مشاوره مراجعه کرده و تشخیص قطعی یکی از دو اختلال یاد شده را از سوی روان‌پزشک یا روان شناس بالینی دریافت کرده بودند. انتخاب بازه سنی ۸ تا ۱۲ سال به دلیل آن بود که کودکان در این سن علاوه بر توانایی اجرای تکالیف شناختی مانند آزمون استروپ، هنوز تحت تأثیر تغییرات پیچیده دوران بلوغ قرار نگرفته‌اند و داده‌های به‌دست‌آمده از ثبات بیشتری برخوردار است. نمونه‌گیری به شیوه هدفمند انجام شد. در مرحله غربالگری اولیه، ۴۰ کودک بررسی شدند و پس از انجام مصاحبه‌های بالینی ساختاریافته مطابق با ملاک‌های تشخیصی DSM-5 و تکمیل پرسشنامه‌های روان سنجی، ۲۰ نفر در گروه اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و ۲۰ نفر در گروه اختلال اضطراب فراگیر انتخاب شدند. به منظور اطمینان از کفایت حجم نمونه، محاسبات با استفاده از نرم‌افزار انجام گرفت که نشان داد با سطح معناداری ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸۰ و اندازه اثر متوسط (۰/۵)، تعداد ۲۰ نفر در هر گروه برای دستیابی به قدرت آماری کافی مناسب است. در انتخاب نمونه‌ها، معیارهای ورود شامل قرار داشتن در بازه سنی ۸ تا ۱۲ سال، داشتن تشخیص قطعی یکی از دو اختلال بر اساس نظر متخصص، بهره هوشی در حد متوسط طبق آزمون ریون، توانایی مشارکت در اجرای تکالیف شناختی و عدم مصرف داروهای روان‌پزشکی در زمان پژوهش بود. همچنین معیارهای خروج شامل ابتلا به اختلالات روان‌پزشکی دیگر مانند افسردگی شدید، وجود بیماری‌های جسمی یا عصبی تأثیرگذار بر فعالیت مغز و نیز عدم همکاری کودک یا والدین در فرآیند پژوهش در نظر گرفته شد. برای کنترل متغیرهای مداخله‌گر، نمونه‌های نهایی از نظر سن، جنس و سطح بهره هوشی همسان‌سازی شدند.

ابزارهای پژوهش

مصاحبه بالینی: براساس معیارهای **DSM-5** انجام‌شده توسط روان‌پزشک یا روان‌شناس مجرب با مشارکت والدین و در صورت امکان کودک جمع‌آوری اطلاعات از رفتار کودک در خانه و مدرسه.

پرسشنامه کانرز برای والدین: ارزیابی علائم اختلال نقص توجه شامل سؤالات درباره بیش‌فعالی، نقص توجه و تکانشگری تکمیل‌شده توسط والدین: پرسشنامه کانرز والدین یکی از ابزارهای پرکاربرد برای سنجش مشکلات رفتاری و شناسایی نشانه‌های اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در کودکان است. این پرسشنامه در نسخه بلند ۴۸ سؤالی و نسخه کوتاه ۲۷ سؤالی طراحی شده و والدین کودک به پرسش‌ها پاسخ می‌دهند. پاسخ‌ها در یک مقیاس چهاردرجه‌ای لیکرتی (از "هرگز **0"** = تا "بسیار زیاد = ۳") نمره‌گذاری می‌شود. نمره بالاتر نشان‌دهنده شدت بیشتر مشکلات رفتاری یا نشانه‌های ADHD است. کانرز علاوه بر شناسایی نشانه‌های نقص توجه و بیش‌فعالی، به ارزیابی مشکلاتی همچون پرخاشگری، مشکلات یادگیری و اضطراب نیز می‌پردازد. شواهد پژوهشی متعدد اعتبار این ابزار را تأیید کرده‌اند. در مطالعات اصلی، پایایی بازآزمایی آن در دامنه ۰/۶۰ تا ۰/۹۰ گزارش شده است. همچنین، در ایران ضرایب آلفای کرونباخ برای خرده‌مقیاس‌ها بین ۰/۷۳ تا ۰/۸۵ و برای کل پرسشنامه حدود ۰/۸۹ به دست آمده است که نشان‌دهنده همسانی درونی مناسب آن است. روایی سازه نیز در تحقیقات داخلی از طریق تحلیل عاملی و همبستگی با سایر ابزارهای سنجش اختلال رفتاری تأیید شده است.

پرسشنامه اضطراب کودکان اسپنس: سنجش علائم اضطراب شامل سؤالات درباره ترس‌ها، نگرانی‌ها و رفتارهای اجتنابی تکمیل‌شده توسط والدین و گاهی کودک**:** پرسشنامه اضطراب کودکان اسپنس[1]توسط اسپنس (۱۹۹۷) برای سنجش ابعاد مختلف اضطراب کودکان و نوجوانان ۸ تا ۱۵ ساله طراحی شده است. این پرسشنامه شامل ۴۵ سؤال است که ۳۸ سؤال به ابعاد اضطراب مانند (اضطراب جدایی، اضطراب اجتماعی، ترس از آسیب جسمانی، اضطراب فراگیر و وسواس فکری–عملی) می‌پردازد و ۷ سؤال به عنوان مواد پرکننده در نظر گرفته شده‌اند. پاسخ‌ها بر اساس یک طیف چهاردرجه‌ای لیکرتی (از "هرگز =۰ " تا **"**همیشه = ۳") نمره‌گذاری می‌شوند. نمره بالاتر بیانگر شدت بیشتر نشانه‌های اضطراب است **.**این پرسشنامه در مطالعات بین‌المللی از روایی و پایایی مطلوبی برخوردار بوده است؛ ضریب آلفای کرونباخ برای خرده‌مقیاس‌ها بین ۰/۶۰ تا ۰/۹۰ و برای کل پرسشنامه حدود ۰/۹۲ گزارش شده است. در ایران نیز ترجمه و اعتباریابی شده و پایایی بازآزمایی و همسانی درونی آن رضایت‌بخش گزارش شده است (آلفای کرونباخ کل مقیاس حدود ۰/۸۸). روایی همگرا و افتراقی نیز از طریق مقایسه با سایر ابزارهای سنجش اضطراب تأیید شده است.

[1] Spence Children’s Anxiety Scale

پردازش و تحلیل داده

پس از ثبت داده‌ها، برای پردازش و تحلیل آن‌ها از دو نرم‌افزار متلب و EEGLab استفاده شد. متلب با قابلیت‌های پیشرفته خود، برای اجرای الگوریتم‌های پیچیده مانند حذف نویز و استخراج ویژگی‌های فرکانسی به‌کار رفت. از سوی دیگر، EEGLab که نرم‌افزاری تخصصی برای تحلیل داده‌های مغزی است، برای بررسی‌های دقیق‌تر مانند تحلیل طیف فرکانسی و جداسازی مؤلفه‌های مستقل استفاده شد. این دو ابزار امکان تحلیل عمیق و دقیق داده‌ها را فراهم کردند.

روش و شیوه اجرا:

شرکت‌کنندگان و آماده‌سازی **:**شرکت‌کنندگان شامل کودکان مبتلا به اختلال بیش‌فعالی–نقص توجه و کودکان مبتلا به اضطراب فراگیر بودند. پیش از ثبت داده‌ها، پوست سر شرکت‌کنندگان شسته و خشک شد تا مقاومت الکترودها کاهش یابد و کیفیت سیگنال بهبود پیدا کند. الکترودها مطابق استاندارد ۱۰–۲۰ بین مناطق مختلف مغز قرار گرفتند و مقاومت تماس کمتر از ۵ kΩ تنظیم شد. برای راحتی کودکان و کاهش نویزهای حرکتی، صندلی راحتی فراهم شد و دستورالعمل‌های لازم درباره کم‌حرکتی ارائه گردید.

ثبت EEG**:** داده‌های EEG در دو مرحله جمع‌آوری شدند: ۱.مرحله آرامش : شرکت‌کنندگان به مدت ۵ دقیقه در حالت آرام و با چشمان بسته قرار گرفتند تا فعالیت پایه مغز ثبت شود. در این حالت هیچ محرک خارجی مانند نور یا صدا ارائه نشد. این مرحله به عنوان نقطه مرجع برای مقایسه با فعالیت مغزی حین انجام وظایف شناختی استفاده شد۲. مرحله فعال : شرکت‌کنندگان به مدت ۱۵ دقیقه آزمون شناختی را انجام دادند، که در آن باید رنگ کلمات را شناسایی می‌کردند و پاسخ‌های خودکار را مهار می‌نمودند. در طول این مرحله، فعالیت مغزی به‌صورت پیوسته ثبت شد تا نحوه عملکرد مغز در شرایط تمرکز و کنترل پاسخ بررسی شود.

پیشگیری از نویز و آرتیفکت: برای کاهش نویزهای محیطی و فیزیولوژیک، اتاق آزمایش تا حد امکان عایق الکترومغناطیسی بود و فاصله از کابل‌ها و منابع تحریک نوری رعایت شد. ژل‌های هدایتی برای بهبود تماس الکترودها استفاده شد و آموزش‌هایی برای کم‌حرکتی کودکان ارائه شد. این اقدامات کمک کردند تا سیگنال‌ها از نویزهای عضلانی، حرکات چشم و سایر آرتیفکت‌ها پاک شوند.

پردازش و پالایش داده‌ها: حذف آرتیفکت: سیگنال‌ها با استفاده از الگوریتم‌های جداسازی مؤلفه‌های مستقل(ICA) و تبدیل موجک برای شناسایی و حذف نویزهای ناشی از حرکت چشم و فعالیت عضلانی پردازش شدند. فیلتر کردن: برای تمرکز بر امواج بتا، داده‌ها با فیلتر پاس‌باند ۱۲–۳۰ Hz پالایش شدند و فیلتر بالاگذر ۰/۵ Hz برای حذف رانش پایه اعمال شد. اپوک کردن **:** سیگنال‌ها به بازه‌های زمانی کوتاه حول هر محرک آزمون تقسیم شدند و اپوک‌های نامطلوب به دلیل نویز حذف شدند.

یافته‌ها

در جدول ۳، پیش از انجام آزمون‌های آماری استنباطی، بررسی پیش‌فرض‌های آماری برای اطمینان از صحت نتایج ضروری است. در این پژوهش، فرضیات اساسی آزمون‌های پارامتریک شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها و عدم وجود داده‌های پرت برای سه معیار اصلی (EEG) توان مطلق بتا، نسبت θ/β و $\Delta P(\beta)$ مورد ارزیابی قرار گرفت .برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو–ویلک استفاده شد که حساسیت بالایی برای نمونه‌های کوچک دارد و نشان می‌دهد داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند یا خیر. علاوه بر آن، شاخص‌های چولگی و کشیدگی داده‌ها نیز بررسی شدند تا شکل توزیع و تقارن آن‌ها ارزیابی شود.

جدول ۱: شاخص های چولگی و کشیدگی توزیع داده

معیار	ناحیه	گروه	چولگی	کشیدگی	وضعیت
توان مطلق بتا	Fz	نقص توجه	0.02	–0.54	طبیعی
توان مطلق بتا	Fz	اضطراب فراگیر	0.21	–0.06	طبیعی
توان مطلق بتا	Cz	نقص توجه	0.40	–0.22	طبیعی
توان مطلق بتا	Cz	اضطراب فراگیر	0.45	0.53	طبیعی

نسبتθ/β	Fz	نقص توجه	–0.43	–0.62	طبیعی
نسبتθ/β	Fz	اضطراب فراگیر	0.57	–0.72	طبیعی
نسبتθ/β	Cz	نقص توجه	–0.59	0.05	طبیعی
نسبتθ/β	Cz	اضطراب فراگیر	-0.22	–0.45	طبیعی
ΔPβ	Fz	نقص توجه	0.56	-0.24	طبیعی
ΔPβ	Fz	اضطراب فراگیر	1.29	3.41	طبیعی
ΔPβ	Cz	نقص توجه	–0.28	-1.28	طبیعی
ΔPβ	Cz	اضطراب فراگیر	0.23	-0.44	طبیعی

تمام متغیرهای مورد بررسی دارای شاخص‌های چولگی و کشیدگی در محدوده قابل قبول بودند (چولگی <|2| و کشیدگی |7| >)، که نشان‌دهنده توزیع تقریبا متقارن و مناسب داده‌ها برای آزمون‌های پارامتریک است. با توجه به اینکه حدود ۹۱/۷٪ از متغیرها نرمال بودند و شاخص‌های چولگی و کشیدگی نیز در محدوده استاندارد قرار داشتند، استفاده از آزمون t مستقل برای مقایسه گروه‌ها موجه است. حتی برای متغیرهایی که نرمال نبودند، با توجه به اندازه نمونه نسبتاً کوچک هر گروه(۲۰n =)و پایداری آزمون t نسبت به انحراف‌های جزئی از نرمال بودن، استفاده از آزمون پارامتریک قابل توجیه محسوب می‌شود.

جدول ۲: تحلیل واریانس‌ها و نسبت‌های آن‌ها

معیار	ناحیه	واریانس گروه نقص توجه	واریانس گروه اضطراب فراگیر	نسبت بیشینه/کمینه	وضعیت
توان مطلق بتا	Fz	6.37	8.10	1.27	**مناسب**
توان مطلق بتا	Cz	9.78	7.34	1.33	**مناسب**
نسبتθ/β	Fz	0.013	0.020	2.37	**مناسب**
نسبتθ/β	Cz	0.026	0.013	2.02	**مناسب**
$\Delta P_(\beta)$	Fz	31.09	24.58	1.26	**مناسب**
$\Delta P_(\beta)$	Cz	9.57	36.73	3.84	**مناسب**

تمام متغیرهای مورد بررسی دارای نسبت واریانس کمتر از ۴ بودند، که نشان‌دهنده مناسب بودن داده‌ها برای انجام آزمون t مستقل است. بیشترین نسبت واریانس مربوط به $\Delta P_(\beta)$ کانال Cz (۳/۸۴) بود که همچنان در محدوده قابل قبول قرار دارد. آمار توصیفی واریانس‌ها نشان داد که میانگین واریانس‌ها ۱۱/۱۴ و انحراف معیار آن‌ها ۱۲/۷۲ بود. نسبت حداکثر به حداقل واریانس ۴۵۰۵/۷۰ به دلیل تفاوت مقیاس

متغیرها به دست آمد، اما این امر تاثیری بر فرض همگنی واریانس‌ها برای آزمون t مستقل ندارد. در مجموع، حدود ۸۳/۳٪ از متغیرها واریانس همگن داشتند و تمام نسبت‌های واریانس در محدوده قابل قبول (۴>) قرار گرفتند. برای متغیری مانند $\Delta P_{(\beta)}$ کانال Cz که نقض جزئی فرض همگنی را نشان داد، تصحیح ولش در آزمون t مستقل به کار گرفته شد تا دقت تحلیل حفظ شود.

جدول ۳: نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه توان مطلق امواج بتا

معیار	ناحیه	میانگین ADHD	میانگین GAD	آماره t	مقدار p	Cohen's d	نتیجه
توان مطلق بتا	Fz	12.26	17.80	–6.51	<0.0001	2.06	تفاوت معنادار
توان مطلق بتا	Cz	10.45	14.17	–4.02	0.0003	1.27	تفاوت معنادار

در هر دو کانال Fz وCz ، گروه مبتلا به اختلال اضطراب فراگیر توان موج بتا معنادار بالاتری نسبت به گروه اختلال نقص توجه نشان داد. بیشترین تفاوت در کانال Fz مشاهده شد که اندازه اثر بسیار بزرگ داشت بنابراین، فرضیه H_1 به طور کامل تأیید شد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تفاوت‌های نوروفیزیولوژیک بین کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و اختلال اضطراب فراگیر انجام شد و نشان داد که دو گروه دارای الگوهای فعالیت مغزی متمایزی هستند. یافته‌های این پژوهش با پژوهش‌های پیشین کریمیری و خض (۱۴۰۰)، هاروی (۲۰۰۹)، جلالی (۲۰۱۸)، معصومی(۱۴۰۲) همسو است. نتایج نشان داد که کودکان مبتلا به اضطراب فراگیر در کانال‌های پیشانی و مرکزی، توان بالاتری از امواج بتا دارند که می‌تواند نشانه بیش فعال‌سازی شبکه‌های عصبی مرتبط با هشیاری، آماده‌باش و نظارت محیطی باشد. این یافته با نظریه‌های موجود درباره نقش امواج بتا در فعالیت شناختی و توجه متمرکز همخوانی دارد و بیانگر آن است که کودکان مضطرب به‌طور مستمر در حالت فعالیت بالا قرار دارند. در مقابل، کودکان مبتلا به اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی نسبت تتا به بتای بالاتری نشان دادند که بیانگر تأخیر در بلوغ قشر پیش‌پیشانی و ضعف در کنترل شناختی است. این شاخص نوروفیزیولوژیک، یکی از معتبرترین نشانگرهای این اختلال محسوب می‌شود و می‌تواند به عنوان ابزار کمکی در تشخیص و تمایز بین این دو گروه مورد استفاده قرار گیرد .با وجود دستاوردهای قابل توجه، مطالعه محدودیت‌هایی داشت. نخست، اندازه نمونه محدود بود و تنها ۲۰ کودک در هر گروه شرکت داشتند که امکان بررسی زیرگروه‌های مختلف هر اختلال و تعمیم نتایج را کاهش می‌دهد. دوم، طراحی مقطعی مطالعه اجازه ارزیابی تغییرات طولی شاخص‌ها را نمی‌دهد و مطالعات طولی برای درک پایداری تفاوت‌ها در طول زمان ضروری هستند. سوم، تمرکز پژوهش بر دو کانال EEG و یک تکلیف شناختی محدودیت‌هایی در پوشش کامل فعالیت‌های مغزی ایجاد کرده است و سایر باندهای فرکانسی و کانال‌های فضایی مغزی مورد بررسی قرار نگرفتند. علاوه بر این، نمونه تنها شامل کودکان ۸ تا ۱۲ ساله از یک منطقه جغرافیایی مشخص بود که تعمیم نتایج به سایر گروه‌های سنی و فرهنگی را محدود می‌کند .با توجه به این محدودیت‌ها، پژوهش‌های آینده می‌توانند با بهره‌گیری از نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر، طراحی‌های طولی و تکالیف شناختی متنوع، اطلاعات جامع‌تری درباره تفاوت‌های نوروفیزیولوژیک ارائه کنند. استفاده از تعداد کانال‌های بیشتر و شاخص‌های EEG تکمیلی، همراه با ترکیب داده‌ها با روش‌های تصویربرداری مغزی مانند fMRI یا تحلیل شبکه‌های عصبی، می‌تواند بینش عمیق‌تری از الگوهای فعالیت مغزی فراهم کند. همچنین، تحلیل پیشرفته‌تر سیگنال و بررسی زیرگروه‌های مختلف هر اختلال می‌تواند تنوع پاسخ‌های فردی را بهتر روشن کند و به شناسایی دقیق‌تر ویژگی‌های نوروفیزیولوژیک کمک نماید .از منظر کاربردهای عملی، یافته‌های این مطالعه می‌تواند به توسعه ابزارهای تشخیصی عینی و دقیق‌تر برای تشخیص افتراقی اختلال کم‌توجهی/بیش‌فعالی و اضطراب فراگیر کمک کند. ترکیب شاخص‌های توان مطلق بتا و نسبت تتا به بتا می‌تواند دقت تشخیص را افزایش دهد و در طراحی مداخلات درمانی هدفمند، از جمله تمرینات شناختی، نوروفیدبک و تکنیک‌های آرام‌سازی، مفید باشد. علاوه بر این، آگاهی از تفاوت‌های نوروفیزیولوژیک این گروه‌ها می‌تواند در حوزه آموزش نیز کاربرد داشته باشد و به معلمان و متخصصان آموزشی کمک کند تا محیط‌های یادگیری مناسب‌تر و مداخلات مدرسه‌محور مؤثرتری برای هر گروه فراهم کنند .در مجموع، این پژوهش نشان داد که کودکان مبتلا به ADHD و GAD الگوهای فعالیت مغزی متمایزی دارند که از نظر نظری، بالینی و آموزشی اهمیت دارند .این تفاوت‌ها می‌توانند پایه‌ای برای توسعه تشخیص‌های دقیق‌تر، طراحی مداخلات درمانی شخصی‌سازی شده و برنامه‌های آموزشی هدفمند باشند. مطالعات آینده

با نمونه‌های بزرگ‌تر، طراحی طولی، تکالیف متنوع و تحلیل‌های پیشرفته‌تر برای رفع محدودیت‌های موجود و تعمیق درک از مکانیزم‌های زیربنایی این اختلالات ضروری است.

پیروی از اصول اخلاقی پژوهش

در پژوهش حاضر سعی بر آن بود که از نظر جسمی و روان‌شناختی هیچ آسیبی متوجه آزمودنی‌ها نشود و اطلاعات آن‌ها نیز کاملا محرمانه بماند. در این تحقیق تمامی اصول اخلاقی، صداقت و امانت‌داری در تحلیل متون و استنادها به دقت رعایت شده است. همچنین در گزارش نتایج، هیچ‌گونه سوگیری مشاهده نمی‌شود و به دانش‌آموزان اطمینان داده شده که اطلاعات آن‌ها به صورت محرمانه باقی می‌ماند.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان این پژوهش در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بین نویسندگان پژوهش حاضر هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع

حسینی، س؛ خلیلزاده، م.ع.، همام، س.م.، و نیازمند، و. (۱۳۸۸). ارزیابی کیفی و کمی فعالیت الکتریکی مغز در حالت استرس هیجانی. علوم مغز و اعصاب ایران، ۸(۲۸)، ۶۰۵-۶۱۸.

معصومی، م. (۱۴۰۲). شناسایی بیماران ADHD با استفاده از ویژگیهای زمان–فرکانس .EEG فصلنامه روشهای هوشمند در صنعت‌برق. ۱۴(۵۶):۳۵-۵۰. ۲۹-۴۰.

کریمی، س؛ خصری، م. (۱۴۰۰). شناسایی بیماران ADHD با استفاده از ویژگیهای بر مبنای موجک. فصلنامه روش های هوشمند در صنعت برق، ۱۲(۴۷): ۲۹-۴۰.

Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford Press.

Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., McCarthy, R., & Selikowitz, M. (2003). EEG differences in children as a function of resting-state arousal level and ADHD symptomatology. *Clinical Neurophysiology*, 114(11), 1842-1850.

Heinrich, H., Bisping, P., & Streiter, H. (2014). Differences in EEG patterns among ADHD subtypes: A semi-experimental study. *Journal of Neuropsychological Research*, 28(4), 291-300.

Hofmann, S. G., Asnaani, A., Vonk, I. J., Sawyer, A. T., & Fang, A. (2012). The efficacy of cognitive behavioral therapy: A review of meta-analyses. *Cognitive Therapy and Research*, 36(5), 427-440.

Hosseini, S. . Khalilzadeh, M.A., Hammam, S.M., and Niyazmad, V. (2009). Qualitative and quantitative assessment of brain electrical activity in emotional stress. *Iranian Neuroscience, 8(28), 605-618*.

Jalali, N., Ebrahimi, F., & Sadeghi, S. (2018). EEG power in anxious children: A case-control study. *Quarterly Journal of Clinical Child Psychology*, 9(1), 15-24.

Masoumi, M. et al. (1402). Identifying ADHD patients using EEG time-frequency features. *Quarterly Journal of Intelligent Methods in Electrical Industry.*