

(مقاله پژوهشی)

پیش بینی کمبود توجهی و تکانش گری در کودکان مبتلا به ADHD به کمک تحلیل سیگنال مغزی و آزمون یکپارچه دیداری - شنیداری IVA

*مجید قشونی^{1,2}، حسن غریبی³، ایرج وثوق⁴

1. گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران. 2. گروه روانشناسی، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. 3. استادیار گروه روانشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. 4. گروه روان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

(تاریخ وصول: 1400/01/17 - تاریخ پذیرش: 1400/06/23)

Predicting Attention Deficit and Impulsivity in Children with ADHD Using Brain Signal Analysis and Integrated Visual and Auditory (IVA) Test

*Majid Ghoshuni^{1,2}, Hassan Gharibi³, Iraj Vosoigh⁴¹Department of Biomedical Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran²Department of Psychology, Electronic Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran³Assistant Professor, Department of Psychology, Payame Noor University, Tehran, Iran⁴Department of Psychiatry, Mashhad University of Medical Science, Mashhad, Iran

(Received: Apr, 06, 2021- Accepted: Sep, 14, 2021)

Abstract

Introduction: In this study the features extracted from EEG signal and Integrated Visual and Auditory test (IVA) was used to determine the level of attention deficit and impulsivity. **Methods:** Participants were selected from children with ADHD using the convenience sampling method. 50 children (32 boys and 18 girls) with mean and standard deviation of age 1.90 ± 9.17 years have been selected. Subjects first participated in the IVA test. Then, EEG signal was recorded with eyes-closed and eyes-open conditions. Spearman correlation and multiple linear regression were used to evaluate the fetures and prediciting attention deficit and impulsivity. **Results:** Results showed, all parameters extracted from IVA had a significant negative correlation ($p < 0.05$) with the level of attention deficit in ADHD children. Also, theta beta ratio of EEG in the closed-eye condition had a significant positive correlation ($p < 0.05$) with the impulsivity index. In the regression results, the visual focus index of IVA was able to predict attention deficit in children with ADHD ($R^2 = 0.391$, $p < 0.00001$). Also, the reaction time of children in response to visual and auditory stimuli in IVA test, and the theta beta ratio of brain waves each separately were able to predict impulsivity ($R^2 = 0.22$, $p < 0.05$). **Conclusion:** Therefore, IVA variables could have played a more effective role in predicting the level of attention deficit. But the performance of the theta beta ratio of brain waves and the IVA test was similar in predicting the level of impulsivity. Therefore, IVA variables and theta beta ratio of brain waves can play an effective role in predicting ADHD.

Keywords: Attention Deficit/Hyperactivity Disorder, attention deficit, impulsivity, IVA, EEG.

چکیده

مقدمه: هدف این تحقیق، استفاده از پارامترهای استخراج شده امواج مغزی و آزمون یکپارچه دیداری - شنیداری IVA به منظور تعیین سطح کمبود توجهی و تکانش گری است. **روش:** نمونه‌های تحقیق از بین کودکان مبتلا به ADHD مراجعه کننده به کلینیک‌های درمانی شهر مشهد به روش نمونه در دسترس انتخاب شده‌اند. 50 کودک (32 پسر و 18 دختر) با میانگین و انحراف استاندارد سنی 1.90 ± 9.17 سال مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. افراد ابتدا در آزمون IVA و سپس در ثبت امواج مغزی حالت چشم بسته و چشم باز شرکت کرده‌اند. در این تحقیق از روش همبستگی اسپیرمن و رگرسیون خطی چندگانه برای ارزیابی متغیرهای IVA و امواج مغزی و پیش بینی سطوح کمبود توجهی و تکانش گری استفاده شده است. **یافته‌ها:** طبق نتایج حاصله، تمام پارامترهای استخراج شده از آزمون IVA، همبستگی منفی معنی داری ($p < 0.05$) با سطح کمبود توجهی داشته‌اند. همچنین نسبت تان/بتای امواج مغزی در حالت چشم بسته همبستگی مثبت معنی داری ($p < 0.05$) با شاخص تکانش گری داشته است. نتایج رگرسیون شاخص تمرکز دیداری توانسته است با ضریب $R^2 = 0.391$ ($p < 0.00001$) سطح کمبود توجهی را در کودکان ADHD پیش بینی کند. همچنین زمان عکس العمل دیداری و شنیداری آزمون IVA و نسبت تان/بتای امواج مغزی هر کدام به طور جداگانه توانسته‌اند با ضریب $R^2 = 0.22$ ($p < 0.05$) و سطح تکانش گری را پیش بینی کنند. **نتیجه گیری:** بنابراین متغیرهای آزمون IVA توانسته‌اند نقش مؤثرتری در پیش بینی سطح کمبود توجهی داشته‌اند. اما عملکرد نسبت تان/بتای امواج مغزی و آزمون IVA در پیش بینی سطح تکانش گری مشابه هم بوده است. در نتیجه متغیرهای آزمون IVA و نسبت تان به بتای امواج مغزی می‌توانند نقش مؤثری در پیش بینی بیماری ADHD ایفا کنند. **واژگان کلیدی:** اختلال نقص توجه/ بیش فعالی، کمبود توجهی، تکانش گری، آزمون IVA، امواج مغزی.

مقدمه

به این بیماری ممکن است به سرعت شروع به پاسخ سوالات امتحانی کنند، اما پس از یکی دو سؤال دست از فعالیت بردارند. ممکن است نتوانند منتظر نوبت خود شوند و به جای هر کس دیگر به سوالات پاسخ دهند. در خانه قادر نیستند حتی برای چند لحظه هم ثابت باشند. کودکان مبتلا به این اختلال اغلب انفجاری و تحریک‌پذیرند. البته بیشتر بچه‌ها در سنین خردسالی خصوصاً اگر مضطرب یا هیجان‌زده باشند چنین رفتارهایی می‌کنند، اما در کودکان بیش‌فعال این علائم مدت‌زمان طولانی وجود دارند و در شرایط و محیط‌های مختلف روی می‌دهند. بسته به اینکه معیارهای تشخیصی علائم مربوط به بی‌توجهی، بیش‌فعالی - تکانش‌گری یا هر دو را نشان دهد، اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به سه نوع عمدتاً بی‌توجه¹⁰، عمدتاً بیش‌فعال - تکانش‌گر¹¹ و یا ترکیبی تقسیم می‌شود (ژسته و همکاران، 201). با توجه به اینکه اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی یک اختلال رفتاری است که ماهیت بیولوژیکی دارد تشخیص آن نیازمند بررسی عصب‌شناختی و الگوهای رفتاری است. عمدتاً روان‌پزشکان در کاربردهای کلینیکال برای تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی با کودک و والدین و مربیان وی مصاحبه بالینی کرده و بر اساس پاسخ‌هایی که از آن‌ها دریافت می‌کنند به تشخیص اختلال می‌پردازند. اما از آنجایی که مصاحبه بالینی یک ابزار کیفی است و صرفاً وضعیت بالینی بیمار را ارزیابی می‌کند، معمولاً روان‌پزشکان برای ارزیابی دقیق‌تر اختلال از

اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی¹ (ADHD) یکی از شایع‌ترین اختلالات فکری - ذهنی دوران کودکی است (ژسته² و همکاران، 2013). میزان شیوع این اختلال در کودکان سنین دبستان، 3 تا 5 درصد بوده (پولانسزیک و ژنسن³، 2008) و احتمال تشخیص این اختلال در پسران سه‌برابر دختران است (دایتز و مونتاز⁴، 2008). علت بروز این اختلال هنوز به طور قطعی مشخص نشده است؛ اما نتایج تحقیقات نشان داده است که این اختلال ماهیت بیولوژیکی داشته و از عدم تعادل عصبی - شیمیایی در مغز ناشی می‌شود (ارنست⁵ و همکاران، 1994). بر اساس معیار⁶ DSM-V اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به صورت الگوی پایدار بی‌توجهی⁷ (میدان توجهی کوتاه، حواس‌پرتی، درج‌اماندگی، نامتوازی برای به انجام رساندن تکالیف و تمرکز ضعیف)، بیش‌فعالی⁸ (اختلال حرکتی ادراکی، بی‌ثباتی هیجانی و نقص هماهنگی کلی) و تکانش‌گری⁹ (اقدام قبل از اندیشیدن، تغییرات ناگهانی فعالیت و از جا پریدن در کلاس) بروز پیدا می‌کند (ژسته و همکاران، 2013). این علائم باید حداقل به مدت 6 ماه در فرد وجود داشته باشند و نیز باید به میزانی باشد که فراتر از حد انتظار تحولی کودک است تا اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به شخص نسبت داده شود. در مدرسه کودکان مبتلا

1. Attention Deficit/Hyperactivity Disorder
2. JESTE
3. Polanczyk & Jensen
4. Dietz & Montague
5. Ernst
6. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition
7. Inattention
8. Hyperactivity
9. Impulsivity

10. Predominately Inattention
11. Predominately Hyperactive-Impulsive

عکس‌العمل در پاسخ‌گویی به تحریک‌های هدف و مقایسه آن با افراد سالم، میزان عدم‌توجه، تکانش‌گری و بیش‌فعالی بیمار استخراج می‌شود. از آنجایی‌که اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی یکی از اختلالات رایج در کودکان است و در صورت عدم تشخیص و درمان به‌موقع ممکن است آسیب‌هایی را در آینده زندگی فرد بگذارد، بنابراین تشخیص به‌موقع این اختلال در کودکی حائز اهمیت است. عمدتاً روان‌پزشکان و روانشناسان برای تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی با کودک و والدین و مربیان وی مصاحبه بالینی کرده و براساس پاسخ‌هایی که از آن‌ها دریافت می‌کنند به تشخیص اختلال می‌پردازند. اما چون مصاحبه بالینی صرفاً یک ابزار کیفی است و فقط وضعیت بالینی فرد را ارزیابی می‌کند، معمولاً روان‌پزشکان و روانشناسان برای تشخیص دقیق‌تر اختلال از پرسشنامه‌ها یا آزمون‌های کامپیوتری استاندارد استفاده می‌کنند. در ادامه تحقیقاتی که تاکنون در مورد تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، انجام‌شده و نظریه‌های مرتبط با آن‌ها موردبررسی قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه نقص توجه/ بیش‌فعالی، اختلال ناشی از عملکرد مغز است، یکی از مطمئن و دقیق‌ترین روش تشخیص آن بررسی امواج مغز⁹ (EEG) است. از این‌رو در دهه‌های اخیر تحقیقات بسیار زیادی در خصوص تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی با استفاده از سیگنال مغزی انجام‌شده است. یکی از اولین مطالعات انجام‌شده در این خصوص به حدود هشتاد سال قبل برمی‌گردد که به وجود ناهنجاری با درجات مختلف در سیگنال مغزی کودکان دارای اختلال

پرسشنامه‌های استاندارد استفاده می‌کنند. پرسشنامه کانرز والدین، ابزاری رایج برای تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در کودکان است که بایستی توسط والدین کودک تکمیل شود. این پرسشنامه 5 عامل اصلی مشکلات سلوک، یادگیری، روان‌تنی، بیش‌فعالی - تکانش‌گری و اضطراب را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (کانرز¹، 1997). همچنین پایایی و روایی این پرسشنامه در ایران به اثبات رسیده است (شهبانیان و همکاران، 1386). علاوه بر این روان‌پزشکان برای کمی‌سازی میزان بی‌توجهی، تکانش‌گری و بیش‌فعالی کودک ADHD از آزمون‌های کامپیوتری عملکرد پیوسته² (CPT) استفاده می‌کنند. آزمون متغیرهای توجه³ (TOVA) (گرینبرگ⁴، 2007)، آزمون عملکرد پیوسته کانرز (کانرز، 200) و آزمون یکپارچه دیداری شنیداری⁵ (IVA) (استنفورد و ترنر⁶، 1995) از معروف‌ترین و پرکاربردترین آزمون‌ها برای ارزیابی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی محسوب می‌شوند. در هر سه آزمون، بیمار باید به هنگام ارائه محرک هدف (تصویر هندسی در آزمون متغیرهای توجه، یک حرف مجزا در آزمون عملکرد پیوسته و عدد در آزمون یکپارچه دیداری شنیداری) دکمه‌ای را فشار دهد. همچنین براساس خطای بیمار در عدم پاسخ‌گویی به محرک‌های هدف⁷ و یا خطا در پاسخ‌گویی به محرک‌های غیرهدف⁸ و نیز زمان

1. Conners
2. Continuous Performance Test
3. Test Of Variables of Attention
4. Greenberg
5. Integrated Visual and Auditory
6. Sandford & Turner
7. Omission Error
8. Commission Error

9. Electroencephalogram

2021؛ رستمی¹¹ و همکاران، 2021). در کاربرد کلینیکال استفاده از این روش به‌عنوان یک ابزار کمک تشخیصی برای شناسایی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی کاملاً بی‌خطر و غیرتهاجمی است و در مقایسه با روش‌های مبتنی بر عکس‌برداری نسبتاً ارزان‌تر است. همچنین در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای تفکیک افراد بزرگسال دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی از افراد سالم همسال با استفاده از سیگنال مغزی شده است (ادامو¹² و همکاران، 2020). همچنین در داخل کشور تحقیقات متعددی در خصوص تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی از طریق الگوی امواج مغزی پرداخته‌شده است. طی تحقیقی که توسط رجبی و مرادی، 1397 انجام شده است، امواج مغزی دانشجویان پسر دارای نقص توجه همراه با بیش‌فعالی با دانشجویان سالم در طی آزمون عملکرد پیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. طبق نتایج حاصل شده در زیرمقیاس‌های آزمون عملکرد پیوسته و دامنه امواج مغزی بتا، تتا و ریتم حسی حرکتی بین افراد سالم و بیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است. علاوه بر این صرف‌نظر از دسته‌بندی انجام شده برای کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی طبق معیار DSM5، صرفاً بر اساس الگوی امواج مغزی، کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به چهار زیرگروه مختلف تقسیم شده‌اند و نشان داده شده بین این چهار گروه از نظر طیف امواج مغزی و ویژگی‌های رفتاری تفاوت‌های معناداری وجود دارد (هاشمی و همکاران، 1396). همچنین در

نقص توجه - بیش‌فعالی در مقایسه با کودکان سالم اشاره کرده است (جاسپر¹ و همکاران، 1938؛ لیندسلی و کاتز²، 1940). در این مطالعات که صرفاً به ارزیابی چشمی سیگنال مغزی ثبت‌شده بر روی کاغذ پرداخته شده بود، افزایش فعالیت امواج آهسته مغزی دلتا و تتا در لوب پیشانی³ گزارش شده است که با نتایج تحقیقات جدیدتر سازگاری دارد (جودی زاده⁴ و همکاران، 2020). همچنین در اکثر مطالعات⁵ QEEG که بر روی بخش قابل‌توجهی از کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی انجام شده، بیانگر افزایش توان نسبی تتا و کاهش نسبی آلفا و بتا بوده است (ام سی وی⁶، 2019). علاوه بر این نسبت تتا به آلفا و تتا به بتا به‌عنوان معیارهای قابل‌اعتماد برای تفکیک بین کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی و گروه کنترل شناخته شده‌اند (ام سی وی، 2019). از سوی دیگر الگوی فعالیت مغزی جلوی سر در دختران و پسران دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی متفاوت گزارش شده است (باوینگ⁷، 2003). از طرفی در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در خصوص تفکیک کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی از افراد سالم با استفاده از پردازش و تحلیل سیگنال مغزی انجام شده است (کایور⁸ و همکاران، 2020؛ احمدی⁹ و همکاران، 2021؛ مایا - پیدراهیتا¹⁰ و همکاران،

1. Jasper
2. Lindsley & Cutts
3. Frontal lobe
4. Jouzizadeh
5. Quantitative Electroencephalogram
6. Mcvov
7. Baving
8. Kaur
9. Ahmadi
10. Maya-Piedrahita

11. Rostami
12. Adamou

گروه کنترل تقسیم شدند. کودکان از طریق پرسشنامه سیاهه رفتاری کودک CBCL، آزمون یکپارچه دیداری- شنیداری IVA و طیف توان امواج مغزی در حالت استراحت و با چشمان بسته مورد بررسی قرار گرفتند. بعدازآن، داده‌ها با استفاده از تحلیل آماری تفکیکی عملکردی و تحلیل مؤلفه‌های مستقل مورد بررسی قرار گرفتند.

طبق نتایج حاصل‌شده، ویژگی‌های عصب‌روانشناسی بیشترین سهم را در طبقه‌بندی زیرگروه‌ها داشتند. ویژگی‌های استخراج‌شده از امواج مغزی تأثیری در تفکیک گروه‌ها نداشتند، و از بین ویژگی‌های آسیب‌شناسی روانی، فقط نمره اختلال رفتاری متضاد در طبقه‌بندی گروه‌ها با صحت 74/3% نقش داشته است. علاوه بر این، چهار عامل با مقادیر ویژه بیشتر از یک در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی و گروه کنترل پیدا شدند، که یکی از آن‌ها از مقیاس CBCL، عامل دیگر با گوش‌به‌زنگی دیداری و شنیداری و سرعت پاسخ‌دهی در آزمون IVA و توان باند بتای امواج مغزی، عامل سوم مقیاس احتیاط در آزمون دیداری و شنیداری و عامل چهارم با توان باند بتای امواج مغزی ارتباط داشتند. بنابراین نتایج این تحقیق بیانگر این است که انواع زیرگروه‌های اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی با وجود همپوشانی علائم بالینی می‌توانند در سطوح مختلف اثرگذاری از یکدیگر متفاوت باشند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که نه تنها آسیب‌شناسی روانی بلکه اختلال در پردازش‌های حسی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرند تا بتوان از این اطلاعات اضافی در یک مداخله بالینی

بررسی ریتم‌های مغزی نشان داده‌شده است که در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی نسبت تا به بتا در مقایسه با افراد سالم افزایش معناداری دارد (رستمی و همکاران، 1399). از طرفی تأثیر درمان نوروفیدبک بر بهبود علائم بالینی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در دنیا و در داخل کشور مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده‌شده است که همچنان درمان نوروفیدبک در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی دارای چالش‌های متعددی است (نعمتی و علیزاده، 1396). با توجه به اینکه آزمون‌های عملکرد پیوسته می‌توانند در تشخیص کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی کارآمد باشند و از طرفی تغییرات امواج مغزی در افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی نسبت به افراد سالم به اثبات رسیده است، در تحقیقات متعددی به تشخیص و دسته‌بندی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی بر اساس نتایج عملکردی آزمون IVA و امواج مغزی پرداخته شده است. در یکی از آخرین تحقیق انجام‌شده در این زمینه به بررسی تأثیر سه عامل اساسی آسیب‌شناسی روانی¹، عصب‌روانشناسی² و الکتروفیزیولوژی در گروه‌بندی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی پرداخته شده است (رستمی³ و همکاران، 2021). به همین منظور 104 پسر 7 تا 12 ساله به سه گروه با اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی ترکیبی (22 نفر)، بی‌توجهی (25 نفر) و بیش‌فعالی/ تکانشی (14 نفر) و 43 نفر در

1. psychopathology
2. neuropsychology
3. Rostami

از کودکان دارای اختلال به‌جز اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی و گروه افراد سالم مفید بوده است، درحالی‌که آزمون IVA برای تشخیص گروه اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی از گروه افراد سالم توانسته مفید باشد. بنابراین پزشکان قبل از استفاده از هر ابزار باید ویژگی و توانایی آن‌ها درک می‌کنند تا بتوانند به‌طور مناسب از این ابزارها در تشخیص اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی استفاده کنند (وان و همکاران، 2020). همچنین در تحقیقی که توسط غلامی و همکاران در سال 1396 در داخل کشور انجام شده است به مقایسه نتایج الکتروانسفالوگرافی کمی² (QEEG) با نتایج آزمون IVA در کودکان دارای اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی پرداخته شده است. در این پژوهش 100 کودک بین 8 تا 12 سال مراجعه‌کننده به مرکز پارند، که به‌وسیله آزمون IVA تشخیص اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی را دریافت نموده بودند، به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. بر اساس آزمون IVA این کودکان به سه گروه بیش‌فعال، بی‌توجه و ترکیبی دسته‌بندی شدند. از این کودکان ارزیابی امواج مغزی توسط دستگاه 21 کاناله صورت گرفت و امواج مغزی این افراد از 19 نقطه سر ثبت شد. داده‌ها جمع‌آوری شد و روی توان مطلق و توان نسبی این امواج کار شده است. داده‌ها از طریق تحلیل واریانس چندگانه و آزمون تحلیل تشخیصی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان داد که بین نتایج الگوی مغزی و انواع اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی مشخص شده در آزمون IVA رابطه مثبت وجود دارد. نتایج حاصله بیانگر تفاوت معنادار در نیمرخ

برای افزایش موفقیت در درمان استفاده کرد (رستمی و همکاران، 2021). همچنین در تحقیق دیگری که توسط وان¹ و همکارانش (2020) در کشور کره انجام شده است، باهدف مقایسه نسخه کره‌ای مقیاس رتبه‌بندی اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی، K-ARS و آزمون یکپارچه دیداری شنیداری IVA به تجزیه و تحلیل توانایی این آزمون‌ها در تشخیص گروه‌های مختلف بیماران (اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی ADHD، بیماران به‌جز ADHD و افراد سالم در گروه کنترل) پرداخته شده است. شرکت‌کنندگان این تحقیق کودکان 7-12 ساله بوده‌اند که به کلینیک روان‌پزشکی کودک و نوجوان مراجعه کرده‌اند. 74 شرکت‌کننده (58 مرد، 16 زن) بر اساس نتایج نسخه کره‌ای از برنامه مصاحبه تشخیصی کودکان (نسخه چهارم) در سه گروه طبقه‌بندی شدند. سپس آزمون‌های K-ARS و IVA بر روی آن‌ها اجرا شدند. سپس داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل کوواریانس ANCOVA مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین صحت این ابزارها در تفکیک افراد دارای اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی از دو گروه دیگر با استفاده از تجزیه و تحلیل منحنی مشخصه عامل گیرنده (ROC) مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج حاصل شده از تحلیل کوواریانس، آزمون K-ARS توانسته است اختلاف معنی‌داری بین سه گروه از افراد حاصل کند، درحالی‌که بر اساس آزمون IVA فقط بین گروه‌های اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی و گروه کنترل اختلاف معنی‌دار مشاهده شده است. بنابراین آزمون K-ARS برای تشخیص گروه‌های اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی

روش

این پژوهش از نوع توصیفی - همبستگی است که از روش رگرسیون چندگانه¹ به پیش‌بینی متغیرهای ملاک کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از متغیرهای پیش‌بین استخراج شده از سیگنال مغزی و آزمون پیوسته دیداری - شنیداری IVA می‌پردازد.

جامعه آماری

جامعه آماری این تحقیق از کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعال (ADHD) مراجعه‌کننده به کلینیک‌های روان‌پزشکی سطح شهر مشهد در بازه سنی 6 تا 13 سال تشکیل شده است. روش نمونه‌گیری و حجم نمونه: شرکت‌کنندگان این تحقیق از بین کودکان مبتلا به نقص توجه - بیش‌فعال مراجعه‌کننده به کلینیک‌های روان‌پزشکی سطح شهر مشهد به صورت نمونه در دسترس انتخاب شده‌اند. بازه سنی 6 تا 13 سال، عدم ابتلا به بیماری‌های نورولوژیک عصبی مانند صرع، داشتن دید طبیعی و یا اصلاح‌شده، داشتن وضعیت شنیداری سالم و سرپرستی که حداقل 6 ماه وظیفه نگهداری کودک را به عهده داشته باشد از معیارهای ورود شرکت‌کنندگان به این تحقیق بوده است. همچنین عدم همکاری کودک در انجام آزمون کامپیوتری یکپارچه دیداری - شنیداری IVA، عدم ثبت امواج مغزی، شرکت در جلسات درمانی نوروفیدبک و تکمیل نکردن پرسشنامه کانرز والدین توسط سرپرست کودک از معیارهای خروج تحقیق بوده است در مجموع داده‌های 50 نفر در این تحقیق

کلی توان نسبی امواج مغزی تنها در کودکان دارای اختلال نقص توجه / بیش‌فعالی از نوع تکانشی است. به این صورت که موج مغزی تنها در نقطه O2 در سه گروه باهم متفاوت است. در نتیجه با توجه به اینکه موج تنها در نقطه O2 در کودکان تکانشی بیشتر از کودکان گروه بی‌توجه و ترکیبی است، درمان‌گرانی که برای تشخیص، دسترسی به ارزیابی امواج مغزی ندارند، می‌توانند با کاهش موج تنها در ناحیه پس‌سری به‌ویژه در نقطه O2، در کاهش علائم تکانشی در کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی از نوع بیش‌فعال تأثیرگذار باشند (غلامی و همکاران، 1396).

با توجه به اینکه تحقیقات متعددی در خصوص ارزیابی سیگنال مغزی افراد دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی و مقایسه آن با افراد سالم انجام شده و پارامترهای مختلفی از سیگنال EEG مرتبط با اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی شناخته شده است و حتی ارتباط بین برخی از پارامترهای سیگنال مغزی و میزان توجه در کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی گزارش شده است، اما در هیچ‌یک از آنها یک روش دقیق برای پیش‌بینی میزان بی‌توجهی و نیز تکانش‌گری کودکان دارای اختلال نقص توجه - بیش‌فعالی ارائه نشده است. هدف از انجام پژوهش حاضر ارائه یک روش پیش‌بینی به کمک پارامترهای استخراج شده از امواج مغزی EEG و آزمون یکپارچه دیداری شنیداری IVA برای تعیین سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری است.

استفاده‌شده است که از این تعداد 32 پسر و 18 دختر هستند. ضمناً میانگین و انحراف استاندارد سن شرکت‌کنندگان برابر $9/17 \pm 1/90$ سال است.

ابزار تحقیق و روش گردآوری داده‌ها:

1- پرسشنامه کانرز والدین فرم 48 سؤالی (CPRS¹-48): این آزمون از یک فرم با سؤالات از قبل طراحی‌شده، تشکیل شده است و سؤالات بر مبنای رفتار و تمایلاتی که غالباً در کودکان دارای اختلال مشاهده‌شده، طراحی شده است. پاسخ‌دهندگان به این فرم نظرسنجی والدین کودک هستند. تعداد 48 سؤال در این آزمون بر اساس مقیاس لیکرت مطرح شده است که باید هر سؤال با یکی از گزینه‌های هرگز، فقط کمی، زیاد، خیلی زیاد با توجه به عملکرد وی در 6 ماه گذشته پاسخ داده شود (کانرز، 1997). این پرسشنامه در کشورهای مختلف استفاده‌شده و پایایی و روایی آن به اثبات رسیده است. گویت، کانرز و الریچ (1978)، (به نقل از شهائیان و همکاران، 1386) مقیاس درجه‌بندی کانرز والدین را در یک نمونه از کودکان سنین 9 تا 11 ساله در پترزبورگ اجرا کردند و همبستگی 41% بین نمرات پرسشنامه تکمیل‌شده توسط مادران و پدران به‌دست‌آمده است. تحلیل عامل برای پرسشنامه‌های تکمیل‌شده توسط پدران و مادران محاسبه شده است و برای هر دو گروه 6 عامل به‌دست آمد که نهایتاً به 5 عامل تقلیل یافت. در محاسبه همبستگی درونی تمام زیر مقیاس‌ها معنی‌دار و از 0/41 تا 0/57 تغییر کرده است (جیاناریس، گولدن و گرین، 2001 به نقل از شهائیان و همکاران،

1386). همچنین در ایران در یک نمونه هنجار والدین 598 کودک (292 دختر و 306 پسر) که به روش نمونه‌گیری طبقه‌ای انتخاب شده بودند پرسشنامه کانرز والدین فرم 48 سؤالی را تکمیل کردند. طبق نتایج حاصل‌شده ضریب پایایی بازآزمایی 0/58 و ضریب آلفای کرونباخ معادل 0/73 به‌دست‌آمده است. همچنین ضریب پایایی بین نمره‌گذاری پدر و مادر 0/70 به‌دست‌آمده است (شهائیان و همکاران، 1386). در این پرسشنامه هر سؤال بر اساس مقیاس لیکرت به‌وسیله چهار پاسخ (به‌هیچ‌وجه، فقط کمی، تقریباً زیاد و بسیار زیاد) درجه‌بندی شده و به‌ترتیب به‌صورت 0، 1، 2 و 3 نمره‌گذاری می‌شود. در پیوست الف، یک نمونه از این پرسشنامه و زیرمقیاس‌های آن آورده شده است.

2- آزمون کامپیوتری یکپارچه دیداری - شنیداری IVA: این آزمون کامپیوتری که مدت‌زمان اجرای آن 13 دقیقه است، به‌طور کلی دو عامل اصلی یعنی کنترل پاسخ و توجه را در ابعاد دیداری² و شنیداری³ مورد ارزیابی قرار می‌دهد. وظیفه آزمودنی، پاسخ (از طریق کلیک کردن موس) به‌محض دیدن یا شنیدن تحریک هدف⁴ (عدد 1) و عدم پاسخ، به‌محض دیدن یا شنیدن تحریک غیرهدف⁵ (عدد 2) است. البته لازم به ذکر است ترتیب نمایش کلیه تحریک‌های هدف و غیرهدف دیداری و شنیداری به‌صورت تصادفی است. این آزمون شامل چهار مرحله است: الف - مرحله

2. Visual
3. Auditory
4. Target
5. Non target

1. Conners' Parent Rating Scale

برعکس بلوک قبل است، تعداد 8 تحریک هدف و 42 تحریک غیرهدف وجود دارد. یعنی آزمودنی باید کمتر کلیک کند و در عوض توجه خود را بر روی کلیک هنگام دیدن یا شنیدن تحریک هدف معطوف کند. بنابراین کلیک به موقع آزمودنی در پاسخ به تحریک‌های هدف، نشانگر میزان توجه وی خواهد بود. الگوی استفاده شده در این دو بلوک برای تحریک‌های هدف و غیرهدف، آینه‌وار و معکوس یکدیگر است. بدین صورت که اگر در بلوک با فراوانی زیاد الگو به صورت 111112111112، ارائه شده باشد، در بلوک با فراوانی کم این الگو به صورت 222221222221 خواهد بود. یعنی جای محرک هدف و غیرهدف عوض می‌شود. اما باید توجه داشت که نوع تحریک (دیداری یا شنیداری) در هر دو الگو یکسان خواهد بود. همچنین سعی شده است، تحریک‌های هدف و غیرهدف در طول آزمون به صورت تصادفی ظاهر شوند تا آزمودنی قدرت پیشگویی تحریک بعدی را نداشته باشد. در مجموع این مرحله شامل پنج بلوک با فراوانی زیاد و پنج بلوک با فراوانی کم است که به ترتیب و پشت سر هم به سوژه ارائه می‌شوند.

مرحله سرد کردن: مشابه مرحله گرم کردن است با این تفاوت که بعد از اتمام آزمون اصلی اجرا می‌شود.

روایی و پایایی این آزمون در تحقیقات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. سندفورد و ترنر (2004)، (به نقل از سادات مدنی و همکاران 1394). برای بررسی پایایی این آزمون از روش بازآزمایی استفاده کردند که ضریب 0/75 حاصل شده است که این ضریب حاکی از پایایی مطلوب این آزمون است. همچنین برای

گرم کردن¹. ب- مرحله تمرینی². ج- مرحله آزمون اصلی³. د- مرحله سرد کردن⁴.

مرحله گرم کردن: شامل دو بخش یک دقیقه‌ای است. یک بخش صرفاً برای گرم کردن با تحریک‌های دیداری و بخش دیگر صرفاً برای گرم کردن با تحریک‌های شنیداری در نظر گرفته می‌شود. مرحله تمرینی: بلافاصله بعد از مرحله گرم کردن شروع می‌شود و در آن تحریک‌های دیداری و شنیداری به صورت ترکیبی ارائه می‌شود. این مرحله یک و نیم دقیقه به طول می‌انجامد.

مرحله آزمون اصلی: بعد از مرحله تمرینی، آزمون اصلی اجرا می‌شود. با توجه به اینکه مدت زمان ارائه هر محرک یک و نیم ثانیه است، در مجموع 13 دقیقه برای انجام مرحله اصلی آزمون کافی است. این مرحله شامل دو نوع بلوک به شرح زیر است: 1- بلوک با فراوانی زیاد⁵. در این بلوک تعداد محرک‌های هدف (یعنی 1)، بیشتر از محرک‌های غیرهدف (یعنی 2) ارائه می‌شود. عملکرد شخص در این بلوک به صورت کلیک کردن به طور مداوم و متوالی به محرک‌های هدف و توقف ناگهانی پاسخ در مواجهه با محرک غیرهدف است.

این بلوک که در کل شامل 50 تحریک (42 تحریک هدف و 8 تحریک غیرهدف) است، به ارزیابی میزان تکانش‌گری فرد از طریق اندازه‌گیری تعداد کلیک‌های سوژه در پاسخ به محرک‌های غیرهدف می‌پردازد. 2- بلوک با فراوانی کم⁶: در این بلوک که

1. Warm up
2. Practice
3. Main test
4. Cool down
5. Frequent block
6. Rare block

به محرک هدف «1» پاسخ نمی‌دهد. یعنی در زمانی که احتمال وقوع تعداد محرک‌های غیر هدف «2» ها بیشتر از محرک‌های هدف «1» هستند، شخص محرک هدف را از دست می‌دهد. بنابراین لازم است فرد آزمون‌شونده توجه اش را در طول آزمون حفظ کند تا محرک هدف را از دست ندهد. اما خطای حالت دوم که در بلوک با فراوانی زیاد اتفاق می‌افتد، زمانی است که فرد به یک محرک هدف «1» بلافاصله بعد از اینکه یک محرک غیرهدف «2» ظاهر شده، پاسخ ندهد. احتمال رخداد این نوع خطا زیاد نیست.

به عبارت دیگر در این حالت فرد از پاسخ دادن به محرک غیرهدف خودداری می‌کند و این تمایل به بازداری منجر به خطای حذف در تحریک هدف بعدی می‌شود. از مجموع خطای حذف در دو حالت فوق، برای محاسبه میزان گوش‌به‌زنگی سوژه‌ها استفاده می‌شود. در مجموع تعداد کل خطاهای حذف ممکن برای هرکدام از تحریک‌های دیداری و شنیداری 125 است. بنابراین میزان گوش‌به‌زنگی افراد برحسب درصد برای هر یک از محرک‌های دیداری و شنیداری به صورت زیر مقایسه می‌شود:

$$100 - (\text{Number of Vigilance Auditory errors} / 125) * 100$$
$$100 - (\text{Number of Vigilance Visual errors} / 125) * 100$$

لازم به ذکر است که برای گوش‌به‌زنگ بودن باید شخص توجه‌اش را برای تشخیص محرک هدف یا غیرهدف حفظ کند و در نهایت یک پاسخ مناسب به نوع محرک بدهد.

ارزیابی اعتبار این آزمون روی افراد سالم و دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی این آزمون اجرا شده است که در 92 درصد موارد این آزمون قادر به تشخیص درست این اختلال بوده است. همچنین در ایران در مطالعه انجام‌شده توسط سادات مدنی و همکاران (1394) ضریب بازآزمایی 0/89 و ضریب اعتبار با ابزار مجموعه عصب‌شناختی 0/60 گزارش شده است. مقیاس‌های¹ استخراج‌شده از آزمون IVA، به‌طور کلی به دودسته تقسیم می‌شوند:

دسته اول: مقیاس‌های توجه². نمرات مقیاس توجه نیز به دو بعد دیداری و شنیداری تقسیم می‌شود که هرکدام از این ابعاد به سه بخش مجزای گوش‌به‌زنگی³، تمرکز⁴ و سرعت⁵ تقسیم می‌شود.

گوش‌به‌زنگی: این مقیاس، عدم توجه را به‌وسیله دو نوع خطا ارزیابی می‌کند. این دو نوع خطا شامل، زمانی که تعداد تحریک‌های غیرهدف (یعنی 2) فراوان و فرد به تحریک هدف (یعنی 1) با بی‌دقتی پاسخ ندهد، می‌شود. نمره پایین می‌تواند نشان‌دهنده پاسخ‌دهی سهل‌انگارانه و بی‌اعتنا باشد. در خرده مقیاس گوش‌به‌زنگی با اندازه‌گیری خطاهای حذف (خطای ناشی از عدم پاسخ‌گویی به محرک هدف)، میزان توجه فرد ارزیابی می‌شود. در دو حالت ممکن است این خطا اتفاق بیفتد. حالت اول که در بلوک با فراوانی کم اتفاق می‌افتد و رایج‌تر است، شخص

1. Scales
2. Attention
3. Vigilance
4. Focus
5. Speed

زمان عکس‌العمل پاسخ‌های صحیح در طول اجرای آزمون اندازه‌گیری می‌شود. این مقیاس مشکلات مربوط به توجه را با در نظر گرفتن سرعت پردازش مغزی، بررسی می‌کند. نمره پایین در این مقیاس می‌تواند نشان‌دهنده تمایل به وقت تلف کردن یا کندی سوژه باشد. لازم به ذکر است کوشش‌هایی با چندین کلیک پشت سر هم و یا پاسخ‌هایی با زمان کمتر از 125 میلی‌ثانیه که از لحاظ فیزیکی توجیه ندارد، در نظر گرفته نمی‌شوند. نحوه محاسبه خرده مقیاس سرعت برای هریک از تحریک‌های دیداری و شنیداری به صورت ذیل است:

Mean auditory reaction time in milliseconds for all correct trials
Mean visual reaction time in milliseconds for all correct trials

دسته دوم: مقیاس کنترل پاسخ¹، نمرات این مقیاس به دو بعد دیداری و شنیداری تقسیم می‌شود که در این بخش از مقیاس احتیاط² استفاده شده است.

احتیاط: این مقیاس پاسخ‌های تکانشی و بازدارنی پاسخ را به وسیله سه نوع از خطا مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این سه نوع خطا به اختصار شامل خطاهای تکانشی، گرایش به خطا و خطای ناشی از تغییر توجه از دیداری به شنیداری است. نمره پایین در این مقیاس می‌تواند نشان‌دهنده بی‌دقتی، بی‌فکری و تکانشی بودن فرد باشد. خرده مقیاس احتیاط نشان‌دهنده عدم تکانش‌گری، توانایی توقف و فکر کردن و جلوگیری از خودکار واکنش دادن به محرک غیرهدف است.

تمرکز: این مقیاس تغییر واریانس سرعت عکس‌العمل را در پاسخ‌های صحیح مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نمره پایین در این مقیاس می‌تواند نشان‌دهنده توجه ضعیف و پاسخ‌دهی غیر معتبر و سرسری فرد باشد. در خرده مقیاس تمرکز با محاسبه واریانس زمان عکس‌العمل پاسخ‌های صحیح، تغییرات سرعت پردازش ذهنی برای پاسخ‌های صحیح اندازه‌گیری می‌شود. واریانس زمان عکس‌العمل می‌تواند مشکلات مربوط به حفظ و نگهداری توجه را منعکس کند. نمره پایین در این مقیاس نشان‌دهنده توجه ضعیف و پاسخ‌دهی غیرمعتبر و سرسری فرد است. نحوه محاسبه میزان تمرکز برحسب درصد برای تحریک‌های دیداری و شنیداری به صورت زیر است:

1-(SD of auditory reaction times/Mean auditory reaction time) *100
1-(SD of visual reaction times/Mean visual reaction time) *100

منظور از SD در این رابطه انحراف استاندارد است. در صورتی که برای مقیاس تمرکز در این رابطه عدد بزرگی به دست آید بدان معنی است که پراکندگی کمی در زمان عکس‌العمل نسبت به میانگین زمان عکس‌العمل وجود دارد و به معنی تمرکز بالای سوژه است.

سرعت: این مقیاس، میانگین زمان واکنش به پاسخ‌های صحیح را اندازه‌گیری کرده و مشکلات توجه مربوط به سرعت پردازش مغزی را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمره پایین می‌تواند نشان‌دهنده تمایل به وقت تلف کردن یا کندی روانی آزمودنی باشد. در خرده مقیاس سرعت، میانگین

1. Response control
2. Prudence

می‌دهد. در حالت سوم خطای پاسخ که در بلوک با فراوانی کم اتفاق می‌افتد، هنگامی است که به‌عنوان مثال یک توالی از محرک‌های «2» دیداری (دو عدد یا بیشتر) ظاهر می‌شوند و بعد از آن‌ها یک «2» شنیداری پخش می‌شود و این تحریک متفاوت شخص را از جا می‌پراند و او بدون تأمل پاسخ می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر این خطا وقتی رخ می‌دهد که به یک محرک غیرهدف شنیداری «2» پاسخ داده می‌شود درحالی‌که قبل آن حداقل دو عدد محرک غیرهدف دیداری «2» ظاهر شده است. و یا برعکس، شخص به یک محرک غیر هدف دیداری «2» پاسخ می‌دهد درحالی‌که قبل آن حداقل دو عدد محرک غیرهدف شنیداری «2» ظاهر شده است. به‌عبارت‌دیگر این خطا ناشی از واکنش شخص به تغییر شرایط محیط اطراف است. در هر سه حالت، خطاهای پاسخ بر روی هم اثر جمع شونده دارند و خرده مقیاس احتیاط را می‌سازند. تعداد کل خطاهای ممکن برای محرک‌های دیداری و شنیداری 125 است. بنابراین مقیاس احتیاط برای محرک‌های دیداری و شنیداری برحسب درصد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$100 - (\text{Number of Prudence auditory errors} / 125) * 100$$

$$100 - (\text{Number of Prudence visual errors} / 125) * 100$$

ثبت امواج مغزی EEG¹: برای ثبت امواج مغزی EEG در این تحقیق از دستگاه ثبت نوار مغز Mitsar استفاده شده است. طبق استاندارد بین‌المللی 10-20 از 19 کانال اصلی شامل Fz, Cz, Pz, O1, O2, C3, C4, T3, T4, Fp1, Fp2

در خرده مقیاس احتیاط با اندازه‌گیری خطاهای پاسخ (خطای ناشی از پاسخ‌گویی به محرک غیرهدف)، میزان تکانش‌گری فرد ارزیابی می‌شود. در سه حالت ممکن است این خطا اتفاق بیفتد. حالت اول که در بلوک با فراوانی زیاد اتفاق می‌افتد، هنگامی است که فرد به یک تحریک غیرهدف «2» به‌اشتباه پاسخ می‌دهد و کلیک می‌کند، درحالی‌که تحریک هدف «1» شایع و رایج است. در بلوک با فراوانی زیاد فرد باید به‌سرعت پاسخ صحیح به محرک هدف بدهد و ناگهان در مقابل تحریک غیرهدف پاسخ خود را متوقف کند. این خطا طبیعی است و حتی افراد بدون هیچ مشکل مشخص، ممکن است تعدادی از این نوع خطا را مرتکب شوند. اما در حالت دوم زمانی که شخص در بلوک با فراوانی زیاد قرار دارد، تعداد محرک‌های هدف زیاد بوده و سوژه باید مرتباً در پاسخ به محرک هدف «1» کلیک می‌کند و در مقابل محرک‌های غیرهدف «2» که به تعداد کم ظاهر می‌شوند، از پاسخ خودداری می‌کند. هنگامی که آزمون وارد مرحله با فراوانی کم می‌شود، به‌یک‌باره محرک‌های غیرهدف «2» مرتباً پشت سر هم تکرار می‌شوند. خطا در این حالت هنگامی رخ می‌دهد که فرد آزمون‌شونده، به دومین «2» در ابتدای بلوک با فراوانی کم پاسخ اشتباه بدهد. گرایش فرد در طول دوره با فراوانی زیاد این‌گونه است که با ظاهر شدن متوالی محرک‌های هدف، پشت سر هم پاسخ دهد، اما بعد از ورود به بلوک با فراوانی کم نمی‌تواند این تمایل را به‌سرعت تغییر دهد و ناخودآگاه به دومین محرک غیرهدف پاسخ اشتباه

روش‌های مبتنی بر آمار توصیفی به بررسی توزیع جمعیت شناختی آزمودنی‌ها، نمرات آزمون کانرز والدین، زیرمقیاس‌های استخراج شده از آزمون IVA و مقادیر طیف توان باند تتا، بتا و نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی پرداخته شده است. مقادیر طیف توان باند تتا، بتا و نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی پرداخته شده است. همچنین برای پیش‌بینی شدت تکانشگری و کمبود توجهی از نرم‌افزار SPSS نسخه 18 و روش تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شده است. ضمناً برای ورود متغیرها در تحلیل رگرسیون چندگانه¹، از روش گام به گام² استفاده شده است. علاوه بر این برای بررسی ارتباط همبستگی دویه‌دوی متغیرها، از روش همبستگی اسپیرمن استفاده شده است.

اطلاعات و داده‌ها:

در این بخش به بیان نتایج حاصل از تحلیل آمار توصیفی داده‌ها شامل اطلاعات جمعیت شناختی شرکت کنندگان، میانگین و انحراف استاندارد هریک از متغیرها و نتایج همبستگی بین متغیرها پرداخته شده است. همچنین نتایج ناشی از تحلیل رگرسیون چندگانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 18 گزارش شده است.

اطلاعات جمعیت شناختی

در جدول 1 توزیع جنسیتی و میانگین و انحراف استاندارد سن شرکت کنندگان نشان داده شده است.

، P3, P4, F3, F4, F7, F8, T5, T6 برای ثبت سیگنال EEG استفاده شده است. علاوه بر این از کانال‌های A1 و A2 مربوط به گوش‌های سمت چپ و راست به‌عنوان مرجع استفاده شده است. برای ثبت داده، کلاه EEG با استفاده از ژل مخصوص بر روی سر تثبیت شده و پس از بررسی امپدانس تمام الکترودها ثبت داده انجام شده است. بعد از اتمام ثبت امواج، داده‌ها وارد نرم‌افزار نوروگاید شده و پس از پیش‌پردازش و حذف نویزهای ناخواسته، به کمک نرم‌افزار نوروگاید توان باند تتا (4-8Hz) و بتای (12-25Hz) سیگنال مغزی استخراج و در تحلیل‌های بعدی استفاده شده است.

مراحل اجرای پژوهش:

در ابتدا از کودک خواسته می‌شود در آزمون کامپیوتری یکپارچه دیداری شنیداری IVA شرکت کند. همچنین از سرپرست کودک خواسته می‌شود بر اساس علائم رفتاری وی در 6 ماهه گذشته فرم 48 سؤالی کانرز والدین را تکمیل کند. در مرحله بعد آزمودنی به اتاق ثبت امواج مغزی هدایت شده و پس از قرار دادن کلاه مخصوص و تزریق ژل رسانا، ثبت امواج مغزی در دو حالت چشم‌باز و چشم‌بسته هرکدام به مدت 5 دقیقه انجام می‌شود.

روش تحلیل داده‌ها

در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش شاپیرو-ویلک به بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها پرداخته شده است. سپس با استفاده از

1. Multiple Regression
2. Stepwise Method

مجید قشونی و همکاران: پیش‌بینی کمبود توجهی و تکانش‌گری در کودکان مبتلا به ADHD به کمک تحلیل سیگنال مغزی...

جدول 1: شاخص‌های توصیفی سن شرکت‌کنندگان

جنسیت	تعداد	کمینه (سال)	بیشینه (سال)	میانگین (سال)	انحراف استاندارد (سال)
دختر	18	6	12	9,47	2,03
پسر	32	6	13,5	9	1,84
کل	50	6	13,5	9,17	1,90

شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای ملاک یکپارچه دیداری شنیداری IVA به شرح جدول مستخرج از آزمون کانرز والدین و آزمون زیر است.

جدول 2: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آزمون کانرز والدین و آزمون IVA

نام متغیر	نقش متغیر در تحقیق	میانگین	انحراف استاندارد
کمبود توجهی	ملاک	7,68	3,85
تکانشگری	ملاک	8,12	4,00
گوش‌به‌زنگی	شنیداری	%80,82	%15,27
	دیداری	%81,70	%14,16
تمرکز	شنیداری	%67,20	%7,26
	دیداری	%68,76	%7,93
زمان عکس‌العمل	شنیداری	741,87 ms	106,49 ms
	دیداری	673,95 ms	216,21 ms
احتیاط	شنیداری	%84,49	%10,81
	دیداری	%85,00	%9,71

بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها

قبل از انجام تحلیل‌های بعدی بر روی متغیرها، لازم است نرمال بودن وضعیت توزیع متغیرهای تحقیق را مورد ارزیابی قرار دهیم. در اینجا برای ارزیابی نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شده است. در جدول 3 نتایج این آزمون بر روی متغیرهای مستخرج از آزمون کانرز والدین و آزمون IVA آورده شده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشخص است، اکثر متغیرهای تحقیق و به‌خصوص

1. Spearman

جهت بررسی فرض نرمال بودن توزیع متغیرهای آزمون کانرز والدین و آزمون IVA. سطح معنی داری کوچک تر یا مساوی 0,05 با علامت ستاره مشخص شده است.

نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای آزمون IVA و متغیرهای آزمون کانرز والدین: در جدول 4 نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای کمبود توجهی و تکانشگری با متغیرهای استخراج شده از آزمون IVA آورده شده است.

جدول 3: نتایج آزمون شاپیرو ویلک

نام متغیر	آماره	df	p value
کمبود توجهی	0,896	50	0,00003*
تکانشگری	0,862	50	0,00003*
گوش به زنگی	0,925	50	0,004*
	0,923	50	0,003*
تمرکز	0,985	50	0,77
	0,961	50	0,10
زمان عکس العمل	0,979	50	0,51
	0,877	50	0,00009*
احتیاط	0,902	50	0,001*
	0,954	50	0,05*

جهت بررسی فرض نرمال بودن توزیع متغیرهای آزمون کانرز والدین و آزمون IVA. سطح معنی داری کوچک تر یا مساوی 0,05 با علامت ستاره مشخص شده است.

در جدول 4، نتایج همبستگی اسپیرمن متغیرهای کمبود توجهی و تکانشگری با متغیرهای آزمون IVA سطح معنی داری کوچک تر از 0/05 با علامت یک ستاره و سطح معنی داری کوچک تر از 0/01 با علامت دو ستاره مشخص شده است.

جدول 4: نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای کمبود توجهی و تکانشگری با متغیرهای استخراج شده از آزمون IVA

کمبود توجهی	ضریب همبستگی	گوش به زنگی		تمرکز		زمان عکس العمل		احتیاط	
		شنیداری	دیداری	شنیداری	دیداری	شنیداری	دیداری	شنیداری	دیداری
		-0/195	-0/505**	-0/380**	-0/573**	-0/386**	-0/323*	-0/510**	-0/363**

مجید قشونی و همکاران: پیش‌بینی کمبودتوجهی و تکانش‌گری در کودکان مبتلا به ADHD به کمک تحلیل سیگنال مغزی...

0/009	0/0002	0/02	0/006	0/00001	0/007	0/0002	0/17	p value	
-0/301*	-0/422**	-0/283*	-0/168	-0/380**	-0/057	-0/311*	-0/143	ضریب همبستگی	تکانش‌گری
0/03	0/001	0/05	0/24	0/006	0/70	0/03	0/32	p value	

کانرز والدین پرداخته شده است. در جدول 5 نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای کمبودتوجهی و تکانش‌گری با متغیر تتا/ بتای سیگنال مغزی در حالت چشم‌باز و در تمام 19 کانال ثبت آورده شده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشاهده می‌شود، همبستگی نسبت تتا به بتا در کانال F7 با کمبودتوجهی و تکانش‌گری معنی‌دار شده است. همچنین شاخص تکانش‌گری با نسبت تتا به بتا در کانال‌های O1 و O2 به‌طور معنی‌داری همبسته شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول 4 مشاهده می‌شود، اکثر پارامترهای استخراج‌شده از آزمون IVA همبستگی معنی‌داری با کمبودتوجهی و تکانش‌گری کودکان دارند. نتایج تحلیل همبستگی نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی با متغیرهای آزمون کانرز والدین: در این بخش به ارزیابی همبستگی نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم‌باز و چشم‌بسته و در تمام 19 کانال ثبت با متغیرهای کمبودتوجهی و تکانش‌گری مستخرج از آزمون

جدول 5: نتایج همبستگی اسپیرمن کمبودتوجهی و تکانش‌گری با نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم‌باز

تکانش‌گری		کمبودتوجهی		کانال ثبت EEG
p value	ضریب همبستگی	p value	ضریب همبستگی	
0/44	0/112	0/84	-0/030	FP1
0/08	0/249	0/24	0/168	FP2
0/91	-0/017	0/97	0/005	F3
0/79	-0/039	0/91	-0/017	F4
0/35	0/135	0/26	0/161	C3
0/24	0/170	0/46	0/108	C4
0/09	0/239	0/17	0/197	P3
0/26	0/164	0/58	0/080	P4
0/008	0/370**	0/13	0/216	O1
0/004	0/398**	0/15	0/206	O2
0/04	0/290*	0/05	0/284*	F7
0/31	0/146	0/37	0/130	F8
0/82	0/033	0/19	0/189	T3
0/82	-0/032	0/33	-0/140	T4
0/08	0/251	0/17	0/198	T5

0/37	0/129	0/59	0/079	T6
0/49	0/101	0/54	0/09	Fz
0/22	0/178	0/18	0/192	Cz
0/23	0/174	0/25	0/167	Pz

سطح معنی داری کوچکتر از 0/05 با علامت یک ستاره و سطح معنی داری کوچکتر از 0/01 با علامت دو ستاره مشخص شده است.

علاوه بر این در جدول 6 همبستگی بین متغیرهای کمبود توجهی و تکانش گری با متغیر تتا/ بتای سیگنال مغزی در حالت چشم بسته و برای تمام 19 کانال ثبت نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود در این حالت چشم بسته در اکثر کانال های ثبت، همبستگی شاخص های کمبود توجهی و تکانش گری با نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم بسته معنی دار شده است.

جدول 6: نتایج همبستگی اسپیرمن کمبود توجهی و تکانش گری با نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم بسته

تکانش گری		کمبود توجهی		کانال ثبت EEG
p value	ضریب همبستگی	p value	ضریب همبستگی	
0/005	0/394**	0/06	0/270	FP1
0/007	0/376**	0/03	0/303*	FP2
0/007	0/378**	0/02	0/334*	F3
0/01	0/348*	0/03	0/307*	F4
0/005	0/389**	0/01	0/347*	C3
0/008	0/370**	0/03	0/304*	C4
0/002	0/432**	0/008	0/370**	P3
0/006	0/384**	0/08	0/254	P4
0/002	0/430**	0/03	0/310*	O1
0/001	0/469**	0/02	0/339*	O2
0/006	0/383**	0/04	0/297*	F7
0/009	0/366**	0/008	0/370**	F8
0/031	0/306*	0/008	0/370**	T3
0/04	0/290*	0/36	0/134	T4
0/003	0/411**	0/006	0/382**	T5
0/11	0/229	0/38	0/128	T6
0/008	0/373**	0/02	0/338*	Fz
0/005	0/392**	0/01	0/348*	Cz
0/005	0/392**	0/01	0/350*	Pz

سطح معنی داری کوچکتر از 0/05 با علامت یک ستاره و سطح معنی داری کوچکتر از 0/01 با علامت دو ستاره مشخص شده است.

نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای

پیش‌بینی متغیرهای کمبود توجهی و تکانش‌گری:

بعد از بررسی معنی‌دار بودن ارتباط بین متغیرهای کمبود توجهی و تکانش‌گری با متغیرهای استخراج‌شده از آزمون IVA و سیگنال مغزی، در این بخش به پیش‌بینی متغیرهای کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه و متغیرهای آزمون IVA و سیگنال مغزی پرداخته می‌شود. برای این منظور در مرحله اول، صرفاً با استفاده از متغیرهای آزمون IVA به پیش‌بینی شاخص‌های کمبود توجهی و تکانش‌گری پرداخته می‌شود. سپس در مرحله بعد فقط با استفاده از متغیرهای مستخرج از سیگنال مغزی به پیش‌بینی پرداخته می‌شود.

الف- پیش‌بینی کمبود توجهی و تکانش‌گری

با استفاده از متغیرهای آزمون IVA: در این بخش به پیش‌بینی سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از متغیرهای گوش‌به‌زنگی، تمرکز، زمان عکس‌العمل و احتیاط در دو بعد شنیداری و دیداری مستخرج از آزمون IVA پرداخته می‌شود. بدین ترتیب که در نرم‌افزار SPSS،

ابتدا متغیر کمبود توجهی به‌عنوان متغیر وابسته (ملاک) انتخاب شده و متغیرهای استخراج‌شده از آزمون IVA در دو بعد دیداری و شنیداری را به‌عنوان متغیرهای مستقل (پیش‌بین) انتخاب می‌شوند. سپس با انتخاب روش گام‌به‌گام، تحلیل رگرسیون اجرا می‌شود. نتایج تحلیل رگرسیون در جدول 7 آمده است. همان‌طور که از نتایج این جدول مشخص است، از بین متغیرهای آزمون IVA، فقط تمرکز دیداری توانسته است در پیش‌بینی کمبود توجهی نقش داشته باشد و توانسته است 39 درصد تغییرات کمبود توجهی را پیش‌بینی کند و ضریب همبستگی خطی 63 درصد را با متغیر کمبود توجهی ایجاد کند. واضح است که بر اساس نتایج روش گام‌به‌گام، متغیرهای دیگر آزمون IVA نتوانسته‌اند نقش مؤثری در بهبود میزان درصد پیش‌بینی شاخص کمبود توجهی ایجاد کنند و بنابراین از مدل رگرسیون خطی حذف‌شده‌اند.

جدول 7: نتایج روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی کمبود توجهی با استفاده از متغیرهای آزمون IVA

p value	t	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		متغیرهای پیش‌بین
			B	خطای استاندارد	
1×10^{-9}	7/55		3/78	28/55	مقدار ثابت
1×10^{-6}	-5/55	-0/625	0/06	-0/303	تمرکز دیداری
ADJ.R ² =0/379			R ² =0/391	R=0/625	

شنیداری توانسته است 23 درصد پراکندگی شاخص تکانش‌گری را پیش‌بینی کند و ضریب خطی همبستگی 47 درصد را با شاخص تکانش‌گری ایجاد کند. واضح است که متغیرهای دیگر آزمون IVA نتوانسته‌اند نقشی در بهبود پیش‌بینی شاخص تکانش‌گری ایجاد کنند.

در مرحله بعد، به پیش‌بینی سطح تکانش‌گری با استفاده از متغیرهای آزمون IVA و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه می‌پردازیم. در جدول 8، نتایج این تحلیل نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود زمان عکس‌العمل کودک در پاسخ‌گویی به تحریکات هدف دیداری و

جدول 8: نتایج روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی تکانش‌گری با استفاده از متغیرهای آزمون IVA

P value	t	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		متغیرهای پیش‌بین
			خطای استاندارد	B	
0/14	1/51		3/84	5/801	مقدار ثابت
0/001	-3/65	-0/658	3/34	-12/179	زمان عکس‌العمل دیداری
0/04	2/09	0/377	6/78	14/190	زمان عکس‌العمل شنیداری
		ADJ.R ² =0/193	R ² =0/226	R=0/475	

در جدول 9 نتایج ناشی از اجرای روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی شاخص کمبود توجهی آورده شده است. بر اساس این جدول، از بین 19 کانال ثبت EEG، نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در کانال F7 توانسته است 12 درصد پراکندگی کمبود توجهی را پیش‌بینی کند و ضریب خطی همبستگی 34 درصد را با شاخص کمبود توجهی ایجاد کند.

ب- پیش‌بینی کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از سیگنال مغزی: در این بخش به پیش‌بینی شاخص‌های کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی می‌پردازیم. از آنجایی که بر اساس نتایج حاصل از همبستگی، سیگنال مغزی حالت چشم‌بسته توانسته است همبستگی بهتری با پارامترهای آزمون کانرز والدین داشته باشد، بنابراین در این بخش از سیگنال مغزی حالت چشم‌بسته برای پیش‌بینی استفاده شده است.

مجید قشونی و همکاران: پیش‌بینی کمبود توجهی و تکانش‌گری در کودکان مبتلا به ADHD به کمک تحلیل سیگنال مغزی...

جدول 9: نتایج روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی کمبود توجهی با استفاده از نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم‌بسته

p value	t	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		متغیرهای پیش‌بین
			خطای استاندارد	B	
0/0004	3/81		1/26	4/799	مقدار ثابت
0/02	2/51	0/341	0/48	1/193	تتا/ بتای کانال F8
ADJ.R ² =0/098		R ² =0/116		R=0/341	

در مرحله بعد به پیش‌بینی شاخص تکانش‌گری با استفاده از نسبت تتا به بتای طیف توان سیگنال مغزی در حالت چشم‌بسته می‌پردازیم. در جدول 10 نتایج روش گام‌به‌گام تحلیل رگرسیون خطی آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در کانال O2 و T6 توانسته‌اند 23 درصد پراکندگی شاخص تکانش‌گری را پیش‌بینی کنند. همچنین نسبت تتا به بتا در کانال‌های O2 و T6 توانسته است ضریب همبستگی خطی 48 درصدی با شاخص تکانش‌گری ایجاد کند.

جدول 10: نتایج روش گام‌به‌گام در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای پیش‌بینی تکانش‌گری با استفاده از نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی در حالت چشم‌بسته

p value	t	ضرایب استاندارد شده	ضرایب استاندارد نشده		متغیرهای پیش‌بین
			خطای استاندارد	B	
			خطای استاندارد	B	مقدار ثابت
6× ⁸ -10	6/45		1/02	6/556	مقدار ثابت
0/001	3/47	0/902	0/46	1/585	تتا/ بتای کانال O2
0/02	-2/336	-0/614	0/50	-1/169	تتا/ بتای کانال T6
ADJ.R ² =0/194		R ² =0/227		R=0/476	

نتیجه‌گیری و بحث:

متغیرهای ملاک سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری کودکان مشکوک به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی پرداخته شده است. تحقیق

در این تحقیق به بررسی ارتباط بین متغیرهای پیش‌بین مستخرج از آزمون عملکرد پیوسته یکپارچه دیداری شنیداری IVA و امواج مغزی با

توجهی و تکانش‌گری با متغیرهای آزمون IVA و سیگنال مغزی: طبق نتایج حاصل از این تحقیق همبستگی معنی‌داری بین زمان عکس‌العمل در پاسخ‌گویی به محرک‌های هدف در آزمون IVA و شاخص کمبود توجهی مشاهده شده است. همچنین بین زمان عکس‌العمل در پاسخ‌گویی به محرک‌های هدف دیداری در آزمون IVA و شاخص تکانش‌گری همبستگی معنی‌داری مشاهده شده است. علاوه بر این ضریب همبستگی، بین زمان عکس‌العمل و سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری منفی به دست آمده است. یعنی هرچه سطح کمبود توجهی یا تکانش‌گری کودکان بیشتر باشد، زمان عکس‌العمل آن‌ها کمتر می‌شود و با سرعت بیشتری به محرک‌ها پاسخ می‌دهند. در تحقیقات متعددی به بررسی زمان عکس‌العمل افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در مقایسه با افراد سالم پرداخته شده است (اندرو¹ و همکاران، 2007؛ بولفر² و همکاران، 2010؛ اپستین³ و همکاران، 2010؛ هروی⁴ و همکاران، 2006؛ توری⁵ و همکاران، 2015؛ متین⁶ و همکاران، 2016؛ روشنی⁷ و همکاران، 2020). اما در هیچ‌یک به ارزیابی همبستگی بین زمان عکس‌العمل و شاخص‌های کمبود توجهی و تکانش‌گری پرداخته نشده است. روشنی و همکاران (2020) نشان دادند افراد بزرگ‌سال

از نوع توصیفی - همبستگی بوده که علاوه بر استخراج روابط همبستگی بین متغیرهای ملاک و پیش‌بین از روش رگرسیون چندگانه به پیش‌بینی سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری با استفاده از متغیرهای مستخرج از آزمون IVA و امواج مغزی پرداخته شده است. در این تحقیق اطلاعات 50 کودک در بازه سنی 6 تا 13 سال مشکوک به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی که به کلینیک‌های درمانی روان‌پزشکی سطح شهر مشهد مراجعه کرده‌اند به صورت در دسترس مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج ناشی از تحلیل و ارزیابی همبستگی داده‌ها و نیز نقش هریک از متغیرهای استخراج شده از آزمون IVA و امواج مغزی در پیش‌بینی سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری در بخش قبل ارائه شده است. در ادامه در این بخش به بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج این تحقیق پرداخته خواهد شد.

همان‌طور که در بخش نتایج همبستگی مشاهده شد، اکثر شاخص‌های استخراج شده از آزمون یکپارچه دیداری شنیداری IVA همبستگی معنی‌داری با سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری نشان داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از ثبت امواج مغزی بیانگر ارتباط معنی‌دار نسبت متناهی به بتای امواج مغزی با سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی است. در ادامه این بخش به صورت جزء به جزء نتایج ناشی از ارتباط معنی‌دار بین متغیرها با تحقیقات قبلی مورد مقایسه و بحث قرار خواهد گرفت.

تفسیر نتایج همبستگی بین سطوح کمبود

1. Andreou
2. Bolfer
3. Epstein
4. Hervey
5. Torre
6. Metin
7. Roshani

حذف در دو گروه کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی و افراد سالم پرداخته‌شده است (آلبرچ² و همکاران، 2015؛ متین و همکاران، 2016؛ هروری و همکاران، 2006؛ کریستنسن و لاندوال، 2018). بر این اساس نشان داده شده است که تعداد خطای حذف در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی نسبت به افراد سالم در گروه کنترل به‌طور معنی‌داری بیشتر است (آلبرچ و همکاران، 2015؛ کریستنسن و لاندوال³، 2018؛ هروری و همکاران، 2006؛ توری و همکاران، 2015؛ متین و همکاران، 2016). همچنین در طی تحقیق انجام‌شده توسط هالپرین⁴ و همکاران (1988) بین خطای حذف و شدت کمبود توجهی بر اساس معیار DSM-III همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده‌شده است. با توجه به اینکه شاخص گوش‌به‌زنگی در آزمون IVA از تفاضل کل محرک‌های هدف از تعداد خطای حذف تقسیم‌بر کل محرک‌های هدف به‌دست می‌آید، بنابراین هرچه تعداد خطاهای حذف در پاسخ به محرک‌های هدف بیشتر باشد، گوش‌به‌زنگی کمتر است و بالعکس.

در نتیجه نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق ما با نتایج تحقیقات قبلی سازگار است چون کاهش گوش‌به‌زنگی به معنی افزایش تعداد خطاهای حذف و در نتیجه افزایش سطح تکانش‌گری و کمبود توجهی است که نتیجه مشابه آن در تحقیق هالپرین و همکاران (1988) و نیز تحقیقات قبلی در خصوص مقایسه افراد ADHD با گروه افراد

دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در مقایسه با گروه افراد سالم در حین انجام آزمون عملکردی IGT¹ زمان عکس‌العمل کمتری دارند. با توجه به اینکه در تحقیق ما بین زمان عکس‌العمل و کمبود توجهی و تکانش‌گری ضریب همبستگی منفی به‌دست‌آمده است، بنابراین نتایج تحقیق ما با تحقیق روشنی و همکاران (2020) سازگار است. اما از طرف دیگر طی تحقیقاتی که بر روی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی انجام‌شده، نشان داده‌شده است که زمان عکس‌العمل در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بیشتر است (اندرو و همکاران، 2007؛ بولفر و همکاران، 2010؛ اپستین و همکاران، 2010؛ هروری و همکاران، 2006؛ توری و همکاران، 2015؛ متین و همکاران، 2016). این بدان معنی است که کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی عملکرد کندتری نسبت به کودکان سالم داشته‌اند.

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق بین کمبود توجهی و تکانش‌گری با گوش‌به‌زنگی دیداری در آزمون IVA ارتباط معنی‌داری وجود دارد. از آنجایی که همبستگی بین گوش‌به‌زنگی دیداری و سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری منفی شده است، بنابراین هرچه افراد در پاسخ‌گویی به تحریکات هدف دیداری عملکرد بهتری داشته باشند، از سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری کمتری برخوردار است. در چندین تحقیق مختلف به مقایسه تعداد خطای

2. Albrecht

3. Christensen & Lundwall

4. Halperin

1. Iowa gambling task

پاسخ افراد به تحریکات هدف زیاد باشد به معنی کم بودن شاخص تمرکز خواهد بود و بالعکس اگر واریانس عکس‌العمل در افراد کم باشد به معنی زیاد بودن تمرکز افراد خواهد بود. بنابراین بر اساس تحقیقات قبلی می‌توان نتیجه گرفت که در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی واریانس عکس‌العمل بیشتر از افراد سالم است و در نتیجه شاخص تمرکز در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی کمتر از افراد سالم است. اگرچه در داخل و خارج از کشور تحقیقی مبتنی بر بررسی ارتباط معنی‌دار بین شاخص‌های کمبود توجهی و تکانش‌گری با شاخص تمرکز انجام نشده است، اما به نوعی نتایج تحقیقات قبلی بر روی مقایسه واریانس عکس‌العمل کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی با افراد سالم تأیید کننده نتایج تحقیق ما هستند.

بر اساس نتایج این تحقیق، یعنی بین سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری و شاخص احتیاط در آزمون پیوسته دیداری شنیداری IVA ارتباط معنی‌داری وجود دارد. بر اساس نتایج حاصل شده، سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری با شاخص احتیاط چه در بعد شنیداری و چه در بعد دیداری همبستگی منفی دارد. یعنی هرچه سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری در افراد بیشتر باشد، مقدار شاخص احتیاط در آن‌ها کمتر است و بالعکس.

در تحقیقات قبلی داخل و خارج از کشور نیز این موضوع بر روی کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی مورد بررسی قرار گرفته است. در داخل کشور در تحقیقی که توسط بخشی‌پور و همکاران (1398) انجام شده، به

سالم حاصل شده است (آلبرچ¹ و همکاران، 2015؛ متین و همکاران، 2016؛ هروی و همکاران، 2006؛ کریستنسن و لاندوال، 2018؛ توری و همکاران، 2015).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر بین کمبود توجهی و تمرکز در بعد دیداری و شنیداری ارتباط معنی‌داری وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج، ارتباط بین کمبود توجهی و تکانش‌گری با شاخص تمرکز در آزمون پیوسته دیداری شنیداری IVA به صورت همبستگی منفی گزارش شده است. این بدان معنی است که هرچه تمرکز افراد در آزمون IVA کمتر باشد، شدت کمبود توجهی و تکانش‌گری در این افراد بیشتر خواهد بود. در تحقیقات مختلفی نشان داده شده است واریانس عکس‌العمل کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در آزمون عملکرد پیوسته CPT به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است (آدامو² و همکاران، 2019؛ اپستین و همکاران، 2010؛ کولفر³ و همکاران، 2013؛ لوی⁴ و همکاران، 2018؛ متین و همکاران، 2016؛ ترودسون⁵ و همکاران، 2020). از طرفی با توجه به اینکه شاخص تمرکز از حاصل تفاضل عدد 1 از حاصل تقسیم انحراف استاندارد زمان عکس‌العمل بر میانگین زمان عکس‌العمل به دست می‌آید. بنابراین شاخص تمرکز استفاده شده در تحقیق ما با واریانس زمان عکس‌العمل در ارتباط است. بدین نحو که اگر واریانس عکس‌العمل در

1. Albrecht
2. Adamo
3. Kofler
4. Levy
5. Truedsson

تکانش‌گری با نسبت تتا به بتای سیگنال مغزی همبستگی مثبت مشاهده شده است. این بدان معنی است در افرادی که دارای سطح کمبود توجهی و تکانش‌گری بالاتری هستند، نسبت تتا به بتای امواج مغزی بیشتر است.

در تحقیقات داخل کشور به بررسی نسبت تتا به بتا امواج مغزی کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در مقایسه با افراد سالم پرداخته شده و نشان داده شده است که کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به‌طور معنی‌داری نسبت تتا به بتای امواج مغزی بیشتری نسبت به گروه افراد سالم هم‌سن خود دارند (رستمی و همکاران، 1399؛ هاشمی و همکاران، 1396). همچنین در خارج از کشور طی تحقیقات مختلفی بالا بودن نسبت تتا به بتای امواج مغزی در کودکان ADHD نسبت به افراد سالم نشان داده شده است (ام‌سی‌وی^۱، 2019؛ سیندر و هال^۲، 2006). همچنین اُگ‌ریم^۳ و همکاران (2012) نشان دادند در کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بین شاخص کمبود توجهی و توان باند تتای سیگنال مغزی در کانال Cz همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین نتایج تحقیق ما با کار اُگ‌ریم و همکاران (2012) و نیز تحقیقات قبلی (ام‌سی‌وی، 2019؛ سیندر و هال، 2006) که مقایسه بین گروه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و سالم از نظر نسبت توان باند تتا به بتای مغزی داشته‌اند، سازگار است.

مقایسه پارامترهای مستخرج از آزمون عملکرد پیوسته CPT بین دو گروه کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و سالم پرداخته شده است. ایشان نشان دادند، کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به‌طور معنی‌داری تعداد خطای پاسخ بیشتری نسبت به افراد سالم دارند. در تحقیقات خارج از کشور نیز این موضوع نتیجه گرفته شده است که خطای پاسخ کودکان دارای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نسبت به افراد سالم به‌طور معنی‌داری بیشتر است (آلبرچ و همکاران، 2015؛ کریستنسن و لاندوال، 2018؛ هروی و همکاران، 2006؛ متین و همکاران، 2016). با توجه به اینکه در تحقیق ما برای محاسبه شاخص احتیاط از خطای پاسخ استفاده شده است، بدین نحو که شاخص احتیاط از تفریق عدد 1 از حاصل تقسیم تعداد خطای پاسخ به تعداد کل تحریکات غیرهدف به‌دست می‌آید، بنابراین هرچه تعداد خطای پاسخ در افراد بیشتر باشد مقدار شاخص احتیاط کمتر خواهد بود و بالعکس. طبق نتایج حاصل از تحقیق ما افرادی که در شاخص احتیاط نمره کمتری به‌دست آورده‌اند، مقدار خطای پاسخ بیشتری داشته‌اند و بر اساس ارتباط همبستگی از سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری بیشتری برخوردارند که این نتیجه‌گیری حاصل شده با نتایج تحقیقات داخل و خارج کشور در این زمینه هم‌سو است.

طبق نتایج حاصل شده از این تحقیق، بین کمبود توجهی و تکانش‌گری با نسبت توان باند تتا به بتای سیگنال مغزی ارتباط معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین سطوح کمبود توجهی و

1. Mcvoy
2. Snyder & Hall
3. Ogrim

تفسیر نتایج رگرسیون چندگانه برای

پیش‌بینی شدت کمبود توجهی و تکانش‌گری: بر اساس نتایج ارائه‌شده، متغیرهای مستخرج از آزمون پیوسته دیداری شنیداری IVA و نیز نسبت توان باند تتا به بتای امواج مغزی به‌عنوان متغیرهای پیش‌بین نقش قابل قبولی را در پیش‌بینی سطوح کمبود توجهی و تکانش‌گری داشته‌اند. طبق نتایج حاصل‌شده شاخص تمرکز دیداری آزمون IVA به‌تنهایی توانسته است تا 39 درصد ($R^2=0.39$) پراکنده‌ی شدت کمبود توجهی را در کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی پیش‌بینی کند. همچنین شاخص زمان عکس‌العمل دیداری و شنیداری آزمون IVA قادر به پیش‌بینی 23 درصد ($R^2=0.226$) از پراکنده‌ی سطح تکانش‌گری در افراد بوده است.

مقایسه نتایج پیش‌بینی شاخص‌های آزمون IVA با نسبت توان باند تتا به بتای سیگنال مغزی، نشان‌دهنده قدرت بیشتر شاخص تمرکز دیداری آزمون IVA در پیش‌بینی شدت کمبود توجهی نسبت به شاخص تتا به بتای امواج مغزی است. بنابراین آزمون IVA عملکرد بهتری را در تشخیص سطوح کمبود توجهی و در نتیجه پیش‌بینی آن دارد. اما در شاخص تکانش‌گری، قدرت پیش‌بینی شاخص زمان عکس‌العمل دیداری و شنیداری آزمون IVA و نسبت تتا به بتای امواج مغزی در تعیین سطح تکانش‌گری تقریباً یکسان به‌دست آمده است و هر دو روش توانسته‌اند 23 درصد از پراکنده‌ی سطح تکانش‌گری را در کودکان دارای اختلال

نقص توجه/ بیش‌فعالی پیش‌بینی کنند. اگرچه تحقیقات انجام‌شده در داخل و خارج از کشور برای پیش‌بینی شاخص‌های کمبود توجهی و تکانش‌گری کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی بسیار محدود و نادر است. طی آخرین تحقیق انجام‌شده توسط مونگر¹ و همکاران (2021) با استفاده از متغیرهای آزمون CPT و مؤلفه‌های ناشی از پتانسیل‌های وابسته به رخداد مغزی (ERP) و به کمک تحلیل رگرسیون چندگانه به پیش‌بینی سطح افراد دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در مقایسه افراد سالم و بر اساس سن آن‌ها پرداخته‌شده است. نتایج بیانگر نقش معنی‌دار متغیرهای مختلف آزمون CPT شامل خطاهای حذف و پاسخ، واریانس زمان عکس‌العمل و نیز مؤلفه‌های ERP مستخرج از امواج مغزی در پیش‌بینی سطح اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی است. طبق نتایج مونگر و همکاران (2021) مؤلفه‌های ERP امواج مغزی نقش مؤثرتری در پیش‌بینی اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی نسبت به شاخص‌های آزمون CPT داشته‌اند.

محدودیت‌های تحقیق و پیشنهادات

باتوجه به اینکه شرکت‌کنندگان بر اساس روش نمونه در دسترس و از بین کودکان مراجعه‌کننده به کلینیک‌های سطح شهر مشهد انتخاب شده‌اند، بنابراین نتایج این تحقیق قابلیت تعمیم به سایر مناطق کشور را ندارد، پیشنهاد می‌شود نمونه‌های تحقیق به کودکان دارای اختلال

1. Munger
2. Event Related Potentials

مجید قشونی و همکاران: پیش‌بینی کمبود توجهی و تکانش‌گری در کودکان مبتلا به ADHD به کمک تحلیل سیگنال مغزی...

مدت‌زمان ثبت امواج مغزی افزایش یابد تا پس از حذف نویز و آرتیفکت‌ها، طول سیگنال مغزی بیشتری برای تحلیل داده‌ها وجود داشته باشد. همچنین کودکان شرکت‌کننده در این تحقیق صرفاً از نظر اختلال نقص‌توجه/ بیش‌فعالی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و از نظر عوامل دیگر مثل اضطراب، بیماری‌های خلقی و ذهنی مورد غربالگری قرار نگرفته‌اند. از آنجایی که ممکن است علائم اضطراب یا شاخص‌های شناختی دیگر مثل بهره‌هوشی بر روی نتایج تحقیق تأثیرگذار باشد، بنابراین بهتر است این موضوع نیز در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد و از روش‌هایی مثل هم‌تاسازی یا تحلیل کوواریانس متغیرهای دیگر کنترل شوند.

در نهایت با توجه نتایج حاصل شده و به منظور کسب نتایج بهتر در پیش‌بینی متغیرهای کمبود توجهی و تکانش‌گری، پیشنهاد می‌شود، آزمون IVA هم‌زمان با ثبت سیگنال مغزی اجرا شود و از مؤلفه‌های پتانسیل‌های وابسته به رخداد مغزی ERP برای پیش‌بینی متغیرهای کمبود توجهی و تکانش‌گری استفاده شود.

بررسی همه‌گیرشناسی و مقایسه دامنه امواج مغزی، عملکرد پیوسته دیداری حرکتی و عملکرد تحصیلی دانشجویان دارای علائم اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی با دانشجویان عادی. همایش بین‌المللی افق‌های نوین در روانشناسی و علوم شناختی.

نقص توجه/ بیش‌فعالی مراجعه‌کننده به کلینیک‌های درمانی سطح کل کشور توسعه داده شوند، تا ضمن افزایش تعداد نمونه‌ها قابلیت تعمیم‌پذیری آن نیز بهبود یابد. همچنین به دلیل کامپیوتری بودن آزمون پیوسته دیداری شنیداری IVA و عدم آشنایی برخی کودکان به کامپیوتر و نیز پیچیدگی آزمون به دلیل ارائه هم‌زمان تحریکات دیداری و شنیداری، تعداد نسبتاً زیادی از کودکان قادر به انجام صحیح آزمون IVA نبوده‌اند و نتایج آزمون برای آن‌ها نامعتبر به دست آمده بود و از مجموع داده‌های تحقیق حذف شدند. لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، آزمون IVA به صورت تحریکات فقط دیداری یا شنیداری برگزار شود و یا از نسخه‌های قابل نصب در تلفن همراه یا تبلت استفاده شود تا تعداد بیشتری از کودکان قادر به پاسخ‌دهی به محرک‌ها باشند. علاوه بر این داده‌های EEG ثبت شده در برخی از کودکان دارای اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی به دلیل حرکات بدنی زیاد و عدم توجه به تذکرات تکنسین در حین ثبت امواج مغزی، با نویز و آرتیفکت‌های زیادی همراه بود که کار پردازش و تحلیل آن‌ها را با مشکل مواجه می‌کرد. برای این منظور پیشنهاد می‌شود،

منابع

بخشی پور؛ چلبیان لو و جهان‌بین، فرناز (1398). مقایسه تکانش‌گری سرعت پاسخ و تکانش‌گری انتخاب در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی و کودکان عادی. تازه‌های علوم شناختی، 21(4)، 1-11.
رجبی، سوران و مرادی، نزهت الزمان (1397).

- رستمی، محمد؛ خسروآبادی، رضا و پور اعتماد، حمیدرضا (1399). ویژگی‌های الکتروانسفالوگرافی زیرگروه‌های کودکان با نقص توجه/ بیش‌فعالی. *تازه‌های علوم شناختی*، سال 22، 70-80.
- سادات مدنی، اعظم؛ حیدری نسب، لیلا؛ یعقوبی، حمید و رستمی، رضا (1394). اثربخشی نوروفیدبک همراه با تکالیف شناختی بر علائم اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی (ADHD) دوره بزرگ‌سالی. *فصلنامه روانشناسی بالینی*، 7(4)، 59-69.
- شه‌ایان، آمنه؛ شهیم، سیما؛ بشاش، لعی و یوسفی، فریده (1386). هنجاریابی تحلیل عاملی و پایایی فرم کوتاه ویژه والدین مقیاس درجه‌بندی کانرز برای کودکان 6 تا 11 ساله شهر شیراز. *مطالعات روان‌شناختی*، 3(3)، 97-120.
- غلامی، رودابه؛ استکی، مهناز و نصرت‌آبادی، مسعود (1396). مقایسه نتایج الکتروانسفالوگرافی کمی (QEEG) با نتایج Adamo, N.; Hodson, J.; Asherson, P.; Buitelaar, J. K. & Kuntsi, J (2019). Ex-Gaussian, frequency and reward analyses reveal specificity of reaction time fluctuations to ADHD and not autism traits. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 47(3), 557-567.
- Adamou, M.; Fullen, T. & Jones, S. L (2020). EEG for Diagnosis of Adult ADHD: A Systematic Review With Narrative Analysis. 11(August), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00871>.
- Ahmadi, A.; Kashefi, M.; Shahrokhi, H. & Ali, M (2021). Computer aided diagnosis system using deep convolutional neural networks for ADHD subtypes. *Biomedical Signal Processing and Control*, 63(June 2020), 102227. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102227>.
- Albrecht, B.; Uebel-von Sandersleben, H.; Wiedmann, K. & Rothenberger, A (2015). ADHD history of the concept: The case of the continuous performance test. *Current Developmental Disorders Reports*, 2(1), 10-22.
- Andreou, P.; Neale, B. M.; Chen, W. A. I.; Christiansen, H.; Gabriels, I.; Heise, A.; Meidad, S.; Muller, U. C.; Uebel, H.; Banaschewski, T. & others (2007). Reaction time performance in ADHD: improvement under fast-incentive condition and familial effects. *Psychological Medicine*, 37(12), 1703-1715.
- گنجی، مهدی (1389). ویراستار: دکتر حمزه گنجی، مؤلف آنتونی موریاتی، روان‌شناسی ساتانیسم: راهنمای والدین، مشاوران، روحانیان و معلمان، ناشر: نشر ساوالان، چاپ اول.
- نعمتی، شهروز و عزیزاده، حمید (1396). واکاوی اثربخشی نوروفیدبک در درمان اختلال نارسایی توجه/ بیش‌فعالی. *روانشناسی افراد استثنایی*، سال هفتم، 1-20.
- هاشمی، تورج؛ نظری، محمدعلی؛ نورآذر، غلامرضا و عباسی، نعیمه (1396). نمودهای جدید اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی در آیینه باندهای فرکانسی الکتروانسفالوگرافی کمی: رویکرد نظری معاصر. *کودکان استثنایی*، سال هفدهم، 49-64.

- Barry, R. J.; Clarke, A. R. & Johnstone, S. J (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*, 114(2), 171–183. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00362-0](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00362-0).
- Baving, L.; Laucht, M. & Schmidt, M. H (2003). Frontal EEG correlates of externalizing spectrum behaviors. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 12(1), 36–42. <https://doi.org/10.1007/s00787-003-0307-5>.
- Bolfer, C.; Casella, E. B.; Baldo, M. V. C.; Mota, A. M.; Tsunemi, M. H.; Pacheco, S. P. & Reed, U. C (2010). Reaction time assessment in children with ADHD. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 68, 282–286.
- Christensen, K. E. & Lundwall, R. A (2018). Errors on a computer task and subclinical symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Scandinavian Journal of Psychology*, 59(5), 511–517.
- Conners, C (1997). *Conners' rating scales: revised technical manual*.
- Conners, C. K (1997a). *Conners' rating scales-revised*. North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems Publishing.
- Conners, C. K (1997). *Conners' rating scales: revised technical manual*. North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems Publishing.
- Conners, C. K (2000). *Conners' Continuous Performance Test II: Computer Program for Windows Technical Guide and Software Manual*.
- Dietz, S. & Montague, M (2006). Attention deficit hyperactivity disorder comorbid with emotional and behavioral disorders and learning disabilities in adolescents. *EXCEPTIONALITY*, 14(1), 19–33.
- Epstein, J. N.; Hwang, M. E.; Antonini, T.; Langberg, J. M.; Altaye, M. & Arnold, L. E (2010). Examining predictors of reaction times in children with ADHD and normal controls. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(1), 138–147.
- Ernst, M.; Cohen, R. M.; Liebenauer, L. L.; Jons, P. H. & Zametkin, A. J (1994). Reduced brain metabolism in hyperactive girls. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 858–868.
- Halperin, J. M.; Wolf, L. E.; Pascualvaca, D. M.; Newcorn, J. H.; Healey, J. M.; O'BRIEN, J. D.; Morganstein, A. & Young, J. G (1988). Differential assessment of attention and impulsivity in children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 27(3), 326–329.
- Hervey, A. S.; Epstein, J. N.; Curry, J. F.; Tonev, S.; Eugene Arnold, L.; Keith Conners, C.; Hinshaw, S. P.; Swanson, J. M. & Hechtman, L (2006). Reaction time distribution analysis of neuropsychological performance in an ADHD sample. *Child Neuropsychology*, 12(2), 125–140.
- Jasper, H.; Solomon, P. & Bradley, C (1938). Electroencephalographic analyses of behavior problem children. *AM. j Psychiatry*, 95, 641–658.
- JESTE, P. D. V.; LIEBERMAN, P. E. J. A.; FASSLER, T. D. & PEELE, S. R (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. In *Am Psychiatric Assoc* (Vol. 21).
- Jouzizadeh, M.; Khanbabaie, R. & Ghaderi, A. H (2020). A spatial profile difference in electrical distribution of resting-state EEG in ADHD children using sLORETA.

- International Journal of Neuroscience*, 130(9), 917–925.
<https://doi.org/10.1080/00207454.2019.1709843>.
- Kaur, S.; Singh, S.; Arun, P.; Kaur, D. & Bajaj, M (2020). *Phase Space Reconstruction of EEG Signals for Classification of ADHD and Control Adults*.
<https://doi.org/10.1177/1550059419876525>.
- Kofler, M. J.; Rapport, M. D.; Sarver, D. E.; Raiker, J. S.; Orban, S. A.; Friedman, L. M. & Kolomeyer, E. G (2013). Reaction time variability in ADHD: a meta-analytic review of 319 studies. *Clinical Psychology Review*, 33(6), 795–811.
- laTorre, G. G.; Barroso, J. M.; Leon-Carrion, J.; Mestre, J. M. & Bozal, R. G (2015). Reaction time and attention: Toward a new standard in the assessment of ADHD. A pilot study. *Journal of Attention Disorders*, 19(12), 1074–1082.
- Levy, F.; Pipingas, A.; Harris, E. V.; Farrow, M. & Silberstein, R. B. (2018). Continuous performance task in ADHD: Is reaction time variability a key measure? *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 14, 781.
- Lindsley, D. & Cutts, K (1940). Electroencephalograms of constitutionally inferior and behaviour problem children: comparison with those of normal children and adults. *Arch Neural Psychiatry*, 44, 1199–1212.
- Maya-Piedrahita, M. C.; Cardenas-Pena, D. & Orozco-Gutierrez, A. A (2021). Diagnosis of attention deficit and hyperactivity disorder (ADHD) using Hidden Markov Models. *2020 28th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 1205–1209.
- Mcvoy, M.; Lytle, S.; Fulchiero, E.; Aebi, M. E.; Adeleye, O. & Sajatovic, M (2019). Review article A systematic review of quantitative EEG as a possible biomarker in child psychiatric disorders. *Psychiatry Research*, 279(June), 331–344.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.07.004>.
- Metin, B.; Wiersema, J. R.; Verguts, T.; Gasthuys, R.; van Der Meere, J. J.; Roeyers, H. & Sonuga-Barke, E (2016). Event rate and reaction time performance in ADHD: Testing predictions from the state regulation deficit hypothesis using an ex-Gaussian model. *Child Neuropsychology*, 22(1), 99–109.
- Munger, M.; Candrian, G.; Kasper, J.; Abdel-Rehim, H.; Eich, D., Müller, A. & Jancke, L (2021). Behavioral and Neurophysiological Markers of ADHD in Children, Adolescents, and Adults: A Large-Scale Clinical Study. *Clinical EEG and Neuroscience*, 1550059421993340.
- Ogrim, G.; Kropotov, J. & Hestad, K (2012). The quantitative EEG theta/beta ratio in attention deficit/hyperactivity disorder and normal controls: sensitivity, specificity, and behavioral correlates. *Psychiatry Res*, 198(3), 482–488.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2011.12.041>.
- Polanczyk, G. & Jensen, P (2008). Epidemiologic considerations in attention deficit hyperactivity disorder: a review and update. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 17, 245–260.
- Roshani, F.; Piri, R.; Malek, A.; Michel, T. M. & Vafae, M. S (2020). Comparison of cognitive flexibility, appropriate risk-taking and reaction time in individuals

- with and without adult ADHD. *Psychiatry Research*, 284, 112494.
- Rostami, M.; Khosrowabadi, R.; Albrecht, B. & Pouretamad, H (2021). Classifying ADHD subtypes/presentations considering the joint effect of three levels of investigation. *Nordic Journal of Psychiatry*, 75(1), 31–37. <https://doi.org/10.1080/08039488.2020.1787512>.
- Sandford, J. A. & Turner, A (1995). *Manual for the Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test*.
- Snyder, S. M. & Hall, J. R (2006). A meta-analysis of quantitative EEG power associated with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23(5), 441–456.
- Truedsson, E.; Bohlin, G. & Wahlstedt, C (2020). The specificity and independent contribution of inhibition, working memory, and reaction time variability in relation to symptoms of ADHD and ASD. *Journal of Attention Disorders*, 24(9), 1266–1275.
- Won, G. H.; Choi, T. Y. & Kim, J. W (2020). Application of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Diagnostic Tools: Strengths and Weaknesses of the Korean ADHD Rating Scale and Continuous Performance Test. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 16, 2397.

