doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2506048

论著·临床研究

脑电图评估额叶α波不对称与注意缺陷多动障碍患儿情绪失调的关系

陈磊[1]　赵莉莉[1]　吴晓晨[1]　李虹媛[1]　张炜炜[2]

（1.阜阳市妇女儿童医院儿童保健科，安徽阜阳　236000；
2.安徽省阜阳市中医医院护理部，安徽阜阳　236000）

［摘要］**目的**　探讨脑电图评估额叶α波不对称（frontal alpha asymmetry, FAA）与注意缺陷多动障碍（attention deficit hyperactivity disorder, ADHD）患儿情绪失调（emotion dysregulation, ED）的关系。**方法**　前瞻性选取2021年9月—2024年12月阜阳市妇女儿童医院收治的104例ADHD患儿为研究对象。按照Achenbach儿童行为量表（Child Behavior Checklist, CBCL）得分分为ED组（3个子量表得分之和<180分；*n*=41）和非ED组（3个子量表得分之和≥180分；*n*=63）。收集患儿临床资料，采用中文版ADHD SNAP-Ⅳ量表-父母版、Weiss功能缺陷量表父母版进行评估，使用脑电图检测FAA。分析不同区域FAA与患儿CBCL得分的相关性及其对ADHD患儿发生ED的预测价值。**结果**　与非ED组相比，ED组ADHD分型以注意缺陷为主型比例、SNAP-Ⅳ总分、Weiss功能缺陷量表父母版总分、前额（FP1/FP2）区域的FAA、中央区（C3/C4）区域的FAA更高（*P*<0.05）。ADHD患儿FP1/FP2、C3/C4区域的FAA与CBCL得分呈负相关（*P*<0.05）。多因素logistic回归分析结果显示，FP1/FP2区域的FAA、C3/C4区域的FAA与ADHD患儿发生ED密切相关（*P*<0.05）。受试者操作特征曲线结果显示，FP1/FP2区域的FAA、C3/C4区域的FAA单独及两者联合预测ADHD患儿发生ED的曲线下面积分别为0.827、0.685、0.917（*P*<0.05）；两者联合预测曲线下面积高于FP1/FP2区域的FAA或C3/C4区域的FAA单独预测（*P*<0.05）。多动冲动型ADHD患儿FP1/FP2区域的FAA值低于混合型ADHD患儿和注意缺陷为主型的ADHD患儿（*P*<0.05）。**结论**　FP1/FP2区域的FAA、C3/C4区域的FAA是ADHD患儿情绪失调的可靠神经标志物，两者联合预测性能更优。不同ADHD分型表现出特异的FAA-功能损害关联模式。

［中国当代儿科杂志，2025，27（12）：1493-1499］

［关键词］注意缺陷多动障碍；脑电图；额叶α波不对称；情绪失调；儿童

Electroencephalographic assessment of the relationship between frontal alpha asymmetry and emotion dysregulation in children with attention deficit hyperactivity disorder

CHEN Lei, ZHAO Li-Li, WU Xiao-Chen, LI Hong-Yuan, ZHANG Wei-Wei. Department of Nursing Administration, Fuyang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Fuyang, Anhui 236000, China (Zhang W-W, Email: 43289221@qq.com)

Abstract: Objective　To explore the relationship between frontal alpha asymmetry (FAA) assessed by electroencephalogram (EEG) and emotion dysregulation (ED) in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). **Methods**　Children with ADHD admitted to Fuyang Women and Children's Hospital from September 2021 to December 2024 were prospectively enrolled (*n*=104). Based on the Achenbach Child Behavior Checklist (CBCL), participants were classified into an ED group (sum of three subscales <180; *n*=41) and a non-ED group (sum ≥180; *n*=63). Clinical data were collected, and the Chinese ADHD SNAP-IV parent version and the Weiss Functional Impairment Rating Scale-Parent Report were used. FAA was measured by EEG. Correlations between FAA in different regions and

［收稿日期］2025-06-10；［接受日期］2025-11-05

［作者简介］陈磊，女，本科，主治医师。

［通信作者］张炜炜，女，主任护师。Email：43289221@qq.com。

CBCL score were analyzed, and the predictive value of FAA for ED was evaluated with multivariable logistic regression and receiver operating characteristic curves. **Results** Compared with the non-ED group, the ED group had a higher proportion of the predominantly inattentive ADHD subtype, higher SNAP-IV total score, higher Weiss Functional Impairment Rating Scale-Parent Report total score, and higher FP1/FP2-FAA and C3/C4-FAA (P<0.05). FP1/FP2-FAA and C3/C4-FAA were negatively correlated with CBCL score (P<0.05). The multivariable logistic regression analysis showed that FP1/FP2-FAA and C3/C4-FAA were closely associated with ED in children with ADHD (P<0.05). The areas under the curve for predicting ED using FP1/FP2-FAA, C3/C4-FAA, and their combination were 0.827, 0.685, and 0.917, respectively (P<0.05), and the combined prediction had a higher area under the curve than either single marker (P<0.05). The FP1/FP2 FAA value in hyperactive-impulsive ADHD was lower than in combined-type ADHD and predominantly inattentive ADHD (P<0.05). **Conclusions** FP1/FP2-FAA and C3/C4-FAA are reliable neural markers of emotion dysregulation in children with ADHD, and their combination shows superior predictive performance. ADHD subtypes show distinct patterns of FAA-functional impairment associations.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2025, 27(12): 1493-1499]

Key words: Attention deficit hyperactivity disorder; Electroencephalogram; Frontal alpha asymmetry; Emotion dysregulation; Child

注意缺陷多动障碍（attention deficit hyperactivity disorder, ADHD）是一种常见的儿童神经发育障碍，据不完全统计，ADHD的发病率为5%~10%[1]，给患儿及其家庭带来沉重负担。近年来研究发现，ADHD患儿常伴随情绪失调（emotion dysregulation, ED）现象，ED不仅影响ADHD儿童的社会适应能力，还会对其学业和人际关系造成负面影响[2-3]。因此深入探讨ADHD合并ED的神经生物学机制十分重要。脑电图（electroencephalogram, EEG）作为一种无创的神经影像学工具，已广泛应用于ADHD研究[4]。α波通常在放松状态下活跃，额叶作为情绪和决策的重要神经区域，其活动状态与个体的情绪体验密切相关[5]。有研究指出，额叶α波不对称（frontal alpha asymmetry, FAA）可能反映成人在情绪处理上的差异，进而影响情绪调节能力[6-7]，但FAA与ADHD患儿发生ED之间的关系尚未见相关文献报道。本研究通过评估ADHD患儿的FAA，并探讨其与ED之间的关系，为临床制定针对性干预措施提供理论依据，进一步改善ADHD儿童的生活质量和心理健康。

1 资料与方法

1.1 临床资料

前瞻性选取2021年9月—2024年12月阜阳市妇女儿童医院收治的104例ADHD患儿为研究对象。纳入标准：（1）确诊为ADHD[8]；（2）年龄4~12岁；（3）韦氏智力量表≥80分；（4）入组前1个月内未服用ADHD治疗药物者；（5）患儿父母同意参与本次研究，签署知情同意书。排除标准：（1）合并精神分裂等精神疾病者；（2）合并其他神经系统疾病；（3）合并严重躯体疾病；（4）病例资料不全者。

按照Achenbach儿童行为量表（Child Behavior Checklist, CBCL）得分对患儿进行分组，将CBCL中注意问题、攻击性行为、焦虑/抑郁3个子量表得分相加，得分之和<180分，则视为ED[9]。104例ADHD患儿分为ED组（n=41）和非ED组（n=63）。本研究已取得阜阳市妇女儿童医院医学伦理委员会批准，伦理批号为阜六伦审20250428006号。

1.2 评估和资料收集

ADHD分型：依据儿童临床诊断性会谈量表评估结果，分为多动冲动型、注意缺陷为主型和混合型[10]。

临床特征及严重程度：使用中文版ADHD SNAP-Ⅳ量表-父母版（Chinese Version of the Swanson, Nolan, and Pelham, Version Ⅳ Scale-Parent Form, SNAP-Ⅳ）进行评估，分为对立违抗、多动/冲动、注意力不集中3个子量表，共26个条目，各个条目采用4级评分法，得分越高提示ADHD症状越严重[11]。

功能状态：使用Weiss功能缺陷量表父母版（Weiss Functional Impairment Scale-Parent Form, WFIRS-P）进行评估，该量表分为自我观念、社会活动、冒险活动、生活技能、学习/生活、家庭6个子量表，均采用4级评分法，总分越高表明患儿社会功能受损越严重[12]。

通过电子病历系统收集患儿的年龄、性别、ADHD分型、是否为独生子女、成长环境、韦氏智力量表得分、临床特征、家庭一般情况、父母年

龄、受教育程度等。

1.3 FAA评估方法

使用美国Nicolet One脑电图机采集患儿脑电数据。采集前确保受试者处于放松状态，依据国际标准，按照10-20系统在头皮放置电极（尤其额叶区，如F3、F4、F7、F8等）；采用0.1~100 Hz带通滤波器，采样频率为256 Hz，确保电极连接良好，避免噪声干扰。于安静环境中记录EEG信号，均在静息态下进行测量，以获取额叶α波数据。受试者闭眼，保持放松，记录时间5~10 min。过滤掉部分低频和高频的伪迹后，采用傅里叶变换等方法将EEG信号转换为频域[13]，包括δ（1~3 Hz）、θ（4~7 Hz）、α（8~13 Hz）、β（14~30 Hz），提取α波频段的数据。根据既往文献［14–15］结果，将FAA定义为横向指数，主要反映左右半球相应频带的α功率百分比差异，P为相应电极的α功率，计算公式为：FAA=（$P_{右}$–$P_{左}$）/（$P_{右}$+$P_{左}$）。分析侧额（F7/F8）、中额叶（F3/F4）、顶叶区（P3/P4）、中央区（C3/C4）、前额（FP1/FP2）5个区域的FAA。

1.4 统计学分析

采用SPSS 27.0进行统计学分析。正态分布计量资料以均数±标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用两样本t检验；非正态分布计量资料以中位数（四分位数间距）［M（Q_1，Q_3］表示，组间比较采用Mann-Whitney U或Kruskal-Wallis H检验，组间两两比较采用Dunn's事后检验。计数资料以例数和百分比（%）表示，组间比较采用卡方检验。相关性分析采用Spearman秩相关法。ADHD患儿发生ED的影响因素采用多因素logistic回归分析。绘制受试者操作特征曲线（receiver operating characteristic curve, ROC曲线）分析不同区域FAA对ADHD患儿发生ED的预测价值，曲线下面积（area under the curve, AUC）比较采用Delong检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

与非ED组相比，ED组ADHD分型以注意缺陷为主型比例、SNAP-Ⅳ量表总分、WFIRS-P量表总分更高（P<0.05），见表1。

表1 两组临床资料比较

项目	非ED组（n=63）	ED组（n=41）	χ^2/t值	P值
年龄（$\bar{x} \pm s$，岁）	7.9±2.2	8.1±1.6	0.300	0.765
男性［例(%)］	55(87)	30(73)	3.321	0.068
ADHD分型［例(%)］				
注意缺陷为主型	21(33)	24(59)		
多动冲动型	2(3)	1(2)	6.454	0.040
混合型	40(63)	16(39)		
独生子女［例(%)］	45(71)	31(76)	0.221	0.639
成长环境［例(%)］				
与父母双方居住	49(78)	29(71)		
与父母一方居住	13(21)	10(24)	2.416	0.299
其他	1(2)	3(7)		
父亲年龄（$\bar{x} \pm s$，岁）	33.8±4.1	34.2±3.9	0.480	0.632
母亲年龄（$\bar{x} \pm s$，岁）	33.7±3.6	33.8±3.5	0.155	0.877
父亲受教育程度［例(%)］				
高中及以下	6(10)	7(17)	1.294	0.255
大专及以上	57(90)	34(83)		
母亲受教育程度［例(%)］				
高中及以下	9(14)	9(22)	1.020	0.313
大专及以上	54(86)	32(78)		
韦氏智力量表得分（$\bar{x} \pm s$，分）	108±18	111±16	0.915	0.363
SNAP-Ⅳ量表总分（$\bar{x} \pm s$，分）	30±8	72±11	21.926	<0.001
WFIRS-P量表总分（$\bar{x} \pm s$，分）	24±10	43±11	9.325	<0.001

注：［ED］情绪失调；［ADHD］注意缺陷多动障碍；［WFIRS-P］Weiss功能缺陷量表父母版。

2.2 两组FAA比较

与非ED组相比，ED组FP1/FP2、C3/C4区域的FAA更高（P<0.05）。两组F3/F4、F7/F8、P3/P4区域的FAA比较差异无统计学意义（P>0.05）。见表2。

表2 两组FAA比较 ［M（Q_1，Q_3］

项目	非ED组（n=63）	ED组（n=41）	Z值	P值
FP1/FP2	0.09(0.05, 0.36)	0.12(0.11, 0.49)	5.236	<0.001
F3/F4	0.11(0.08, 0.18)	0.10(0.05, 0.19)	1.339	0.569
F7/F8	0.12(0.07, 0.20)	0.11(0.06, 0.19)	1.108	0.784
P3/P4	0.12(0.08, 0.21)	0.12(0.08, 0.20)	1.952	0.494
C3/C4	0.07(0.01, 0.16)	0.11(0.08, 0.29)	4.374	<0.001

注：［ED］情绪失调；［FAA］额叶α波不对称。

2.3 ADHD 患儿 FAA 与 CBCL 得分的相关性分析

ADHD 患儿 FP1/FP2、C3/C4 区域的 FAA 与 CBCL 得分呈负相关（P<0.05），见表 3。

2.4 影响 ADHD 患儿发生 ED 的多因素 logistic 回归分析

以 ADHD 患儿伴有 ED 为因变量，以 ADHD 分型、SNAP-Ⅳ量表总分、WFIRS-P 量表总分、C3/C4 区域的 FAA、FP1/FP2 区域的 FAA 为自变量，各变量方差膨胀因子均<10，表明变量间不存在多重共线性。多因素 logistic 回归分析结果显示，在控制性别、年龄、ADHD 分型等混杂因素后，FP1/FP2 区域的 FAA、C3/C4 区域的 FAA 仍与 ADHD 患儿发生 ED 密切相关（P<0.05）。见表 4。

表 3 ADHD 患儿 FAA 与 CBCL 得分的相关性分析

FAA	r_s 值	P 值
FP1/FP2	−0.412	<0.001
F3/F4	−0.108	0.825
F7/F8	−0.115	0.833
P3/P4	−0.179	0.759
C3/C4	−0.371	<0.001

注：［ADHD］注意缺陷多动障碍；［FAA］额叶 α 波不对称；［CBCL］Achenbach 儿童行为量表。

表 4 影响 ADHD 患儿发生 ED 的多因素 logistic 回归分析

因素	赋值	β	SE	Waldχ^2	P	OR	95%CI
SNAP-Ⅳ量表总分	连续型变量	−0.208	0.185	1.267	0.284	0.812	0.565~1.167
WFIRS-P 量表总分	连续型变量	−0.302	0.211	2.055	0.097	0.739	0.489~1.118
FP1/FP2 区域的 FAA	连续型变量	−0.216	0.054	15.951	<0.001	0.806	0.725~0.896
C3/C4 区域的 FAA	连续型变量	−0.194	0.061	10.071	<0.001	0.824	0.731~0.929

注：［ADHD］注意缺陷多动障碍；［ED］情绪失调；［WFIRS-P］Weiss 功能缺陷量表父母版；［FAA］额叶 α 波不对称。

2.5 不同区域 FAA 预测 ADHD 患儿发生 ED 的 ROC 曲线结果分析

ROC 曲线结果显示，FP1/FP2 区域的 FAA、C3/C4 区域的 FAA 单独及两者联合预测 ADHD 患儿发生 ED 的 AUC 分别为 0.827、0.685、0.917（P<0.05），其中以 FP1/FP2 区域的 FAA 联合 C3/C4 区域的 FAA 预测的 AUC 最高，灵敏度为 87.80%，特异度为 77.78%。Delong 检验结果显示，联合预测的 AUC 优于 FP1/FP2 区域的 FAA（Z=2.841，P=0.005）或 C3/C4 区域的 FAA（Z=4.926，P<0.001）单独预测。见表 5。

表 5 不同区域 FAA 预测 ADHD 患儿发生 ED 的 ROC 曲线结果

指标	AUC(95%CI)	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	约登指数	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	P 值
FP1/FP2 区域的 FAA	0.827(0.748~0.907)	0.10	73.17	68.25	0.414	60.00	79.63	<0.001
C3/C4 区域的 FAA	0.685(0.597~0.773)	0.08	63.41	55.56	0.190	48.15	70.00	0.002
二者联合	0.917(0.869~0.965)	–	87.80	77.78	0.656	72.00	90.74	<0.001

注：［ADHD］注意缺陷多动障碍；［ED］情绪失调；［FAA］额叶 α 波不对称。

2.6 不同分型 ADHD 儿童的 FAA 比较

不同分型 ADHD 儿童在 FP1/FP2 区域的 FAA 比较，差异有统计学意义（P<0.05），进一步采用 Dunn's 事后检验进行两两比较发现，多动冲动型 ADHD 患儿 FP1/FP2 区域的 FAA 值低于混合型 ADHD 患儿和注意缺陷为主型 ADHD 患儿（P<0.05）。其他区域的 FAA 比较差异无统计学意义（P>0.05）。见表 6。

表 6　不同分型 ADHD 儿童的 FAA 比较

项目	注意缺陷为主型组 (n=45)	混合型组 (n=56)	多动冲动型组 (n=3)	H值	P值
FP1/FP2	0.10(0.06, 0.33)	0.12(0.06, 0.31)	0.05(0.01, 0.12)[a,b]	4.695	<0.001
F3/F4	0.08(0.06, 0.14)	0.09(0.07, 0.15)	0.09(0.08, 0.16)	1.873	0.154
F7/F8	0.10(0.05, 0.16)	0.09(0.05, 0.15)	0.08(0.05, 0.14)	0.942	0.393
P3/P4	0.09(0.07, 0.18)	0.10(0.06, 0.16)	0.09(0.13, 0.17)	0.636	0.412
C3/C4	0.08(0.04, 0.13)	0.09(0.03, 0.14)	0.10(0.08, 0.15)	1.977	0.119

注：［ADHD］注意缺陷多动障碍；［FAA］额叶α波不对称。a示与注意缺陷为主型组比较，P<0.05；b示与混合型组比较，P<0.05。

3　讨论

ADHD 是一种以注意力缺陷、多动和冲动为主要特征的神经发育障碍，而 ED 作为 ADHD 患儿常见的伴随问题，具体表现为情绪反应过于强烈、持续时间过长，或难以有效控制自身情绪反应，容易影响个人的社会适应能力、心理健康和生活质量。既往研究指出，约 57.6% 的 ADHD 患儿会发生 ED，相较于不伴有 ED 的患儿，伴有 ED 的患儿核心症状更显著，社会功能受损也更为严重[16]。本研究中，与非 ED 组相比，ED 组 ADHD 分型以注意缺陷为主型比例、SNAP-Ⅳ量表总分、WFIRS-P 量表总分更高，这提示伴有 ED 的 ADHD 患儿临床症状更为严重，功能受损也更为严重。有研究指出，ED 会加剧 ADHD 的核心症状，例如增加冲动性和多动行为；由于 ED 的存在，这些患儿更容易受到外界刺激的影响，从而表现出更严重的行为问题，形成恶性循环，进一步恶化其行为症状[17-18]。因此，及早评估 ADHD 患儿的 ED 情况，有助于改善患儿的临床症状，延缓其病情进展。

FAA 作为一种反映大脑情绪调节相关区域活动特征的指标，在 ADHD 患儿 ED 的研究中展现出潜在价值[19-20]。研究报道，ADHD 患儿在静息状态下表现出右侧额叶α波优势，这种不对称模式通常与积极情绪加工及外向性人格相关[21]。然而，ADHD 患儿常表现出 ED（如情绪波动大、易激惹、焦虑等），这与右侧额叶α波优势的理论解释[22]相悖。有学者认为，右侧额叶α波优势可能反映 ADHD 患儿对消极情绪的抑制能力受损，进而导致 ED[23]。但多数研究证实，额叶α波反映抑制性神经活动，其不对称性可能预示情绪信息处理偏侧化[24-25]。因此，FAA 可能作为一种潜在的生物标志物，用于区分不同分型的 ADHD 患儿以及预测其 ED 程度。

本研究结果显示，ADHD 患儿 C3/C4、FP1/FP2 区域的 FAA 与 CBCL 得分呈负相关，提示 ED 与 C3/C4、FP1/FP2 区域的 FAA 有关，与 Chen 等[26]结果相近。进一步的多因素 logistic 回归分析发现，C3/C4 区域的 FAA、FP1/FP2 区域的 FAA 与 ADHD 患儿发生 ED 密切相关，推测原因可能是，额叶是情绪调节和社会认知的重要区域，FP1/FP2 区域覆盖前额叶背外侧皮质和额极区，其α波不对称性增高可能反映情绪调节神经环路的异常激活模式，从神经生物学角度来看，原因可能与前额叶背外侧皮质–杏仁核通路的失衡有关[27]。解剖学上，FP 电极更接近额极区，该区域在情绪评估和元认知监控中起关键作用，而 C3/C4 覆盖的初级运动区与情绪调节关联较弱[28]。本研究中 Delong 检验结果显示，联合预测模型的 AUC 值显著优于 FP1/FP2 区域的 FAA 或 F3/F4 区域的 FAA 单独预测，将两种区域 FAA 联合预测 ED 可提高预测性能，提示临床可将两种区域 FAA 联合预测以提高预测的准确性和可靠性。本研究中分型分析显示，多动冲动型 ADHD 患儿 FP1/FP2 区域的 FAA 值显著低于混合型 ADHD 患儿和注意缺陷为主型 ADHD 患儿，可能是因为注意缺陷为主型 ADHD 患儿表现出更强的认知控制能力，常采用“过度控制”策略来补偿注意缺陷，这种过度努力可能导致前额叶皮质代谢需求增加，表现为α活动异常增高。而多动冲动型 ADHD 患儿 FP1/FP2 区域的 FAA 值较低，提示其左侧前额叶活动相对更弱，右侧前额叶活动相对更强，这与驱动趋近行为的动机系统不足和负责行为抑制的退缩系统过度活跃直接相关[29]，这提示临床针对表现出显著 FAA 异常的注意缺陷为主型 ADHD 患儿，提供前额叶功能的靶向干预可能获得更好的疗效。针对显著 FAA 异常的多动冲动型 ADHD 患儿，通过神经反馈训练直接矫正其 FAA，并联合执行功能与情绪调节训练，以增强行为抑制和趋近动机。

本研究属于单中心小样本研究，难以揭示 FAA 与 ADHD 患儿 ED 之间的因果关系。其次，尽管本研究已尽可能控制已知混杂因素，但仍可能

存在未测量的混杂变量（如遗传因素或细微的环境差异）。因此，未来研究可采用纵向设计追踪FAA发育轨迹，结合功能磁共振成像明确脑功能–结构关联，进一步控制潜在混杂因素。此外，多动冲动型样本量不足影响分型分析，不同研究使用的α波提取方法、不对称分析方法以及情绪评估工具不尽相同，导致研究结果的可比性较差，未来研究应进一步探讨FAA与ADHD患儿ED之间的内在联系，为ADHD患儿的早期识别、诊断和干预提供新的思路和方法。

综上所述，FP1/FP2区域的FAA、C3/C4区域的FAA是ADHD患儿ED的可靠神经标志物，两者联合预测性能更优，不同ADHD分型表现出特异的FAA-功能损害关联模式，临床可通过评估FAA以评估ADHD儿童发生ED的风险，进一步缓解病情。

作者贡献声明：陈磊负责文章的构思设计、数据分析、论文撰写；赵莉莉、吴晓晨、李虹媛负责数据收集、整理和分析；张炜炜负责论文指导。

利益冲突声明：所有作者均声明无利益冲突。

［参 考 文 献］

[1] Popit S, Serod K, Locatelli I, et al. Prevalence of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): systematic review and meta-analysis[J]. Eur Psychiatry, 2024, 67(1): e68. PMID: 39381949. PMCID: PMC11536208. DOI: 10.1192/j.eurpsy.2024.1786.

[2] Baweja R, Waxmonsky JG. Updates in pharmacologic strategies for emotional dysregulation in attention deficit hyperactivity disorder[J]. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am, 2022, 31(3): 479-498. PMID: 35697397. DOI: 10.1016/j.chc.2022.02.003.

[3] Groves NB, Wells EL, Soto EF, et al. Executive functioning and emotion regulation in children with and without ADHD[J]. Res Child Adolesc Psychopathol, 2022, 50(6): 721-735. PMID: 34762251. PMCID: PMC9091051. DOI: 10.1007/s10802-021-00883-0.

[4] Feng M, Xu J. Electroencephalogram-based ConvMixer architecture for recognizing attention deficit hyperactivity disorder in children[J]. Brain Sci, 2024, 14(5): 469. PMID: 38790448. PMCID: PMC11118831. DOI: 10.3390/brainsci14050469.

[5] Bitsika V, Sharpley CF, Evans ID, et al. Neurological validation of ASD diagnostic criteria using frontal alpha and theta asymmetry[J]. J Clin Med, 2024, 13(16): 4876. PMID: 39201017. PMCID: PMC11355183. DOI: 10.3390/jcm13164876.

[6] Im S, Fitzpatrick S, Hien DA, et al. Frontal alpha asymmetry in children with trauma exposure[J]. Clin EEG Neurosci, 2022, 53 (5): 418-425. PMID: 35125036. DOI: 10.1177/15500594221076346.

[7] Zsigo C, Greimel E, Primbs R, et al. Frontal alpha asymmetry during emotion regulation in adults with lifetime major depression[J]. Cogn Affect Behav Neurosci, 2024, 24(3): 552-566. PMID: 38302819. PMCID: PMC11078823. DOI: 10.3758/s13415-024-01165-0.

[8] 李功迎, 宋思佳, 曹龙飞. 精神障碍诊断与统计手册第5版解读[J]. 中华诊断学电子杂志, 2014, 2(4): 310-312. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-655X.2014.04.017.

[9] 岳鑫鑫, 刘若楠, 刘倩溶, 等. 注意缺陷多动障碍儿童父母情绪调节困难和儿童情绪调节的关系[J]. 中国心理卫生杂志, 2024, 38(7): 553-558. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6729.2024.07.001.

[10] Luo N, Luo X, Zheng S, et al. Aberrant brain dynamics and spectral power in children with ADHD and its subtypes[J]. Eur Child Adolesc Psychiatry, 2023, 32(11): 2223-2234. PMID: 35996018. PMCID: PMC10576687. DOI: 10.1007/s00787-022-02068-6.

[11] 周晋波, 郭兰婷, 陈颖. 中文版注意缺陷多动障碍SNAP-IV评定量表-父母版的信效度[J]. 中国心理卫生杂志, 2013, 27(6): 424-428. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6729.2013.06.005.

[12] 钱英, 杜巧新, 曲姗, 等. Weiss功能缺陷量表父母版的信效度[J]. 中国心理卫生杂志, 2011, 25(10): 767-771. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6729.2011.10.012.

[13] Edmunds SR, Fogler J, Braverman Y, et al. Resting frontal alpha asymmetry as a predictor of executive and affective functioning in children with neurodevelopmental differences[J]. Front Psychol, 2023, 13: 1065598. PMID: 36710763. PMCID: PMC9880425. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1065598.

[14] Allison MLH, Broomell APR. Associations between ADHD symptoms, executive function and frontal EEG in college students[J]. Appl Neuropsychol Adult, 2024. Epub ahead of print. PMID: 39541278. DOI: 10.1080/23279095.2024.2426180.

[15] Chueh TY, Hsieh SS, Tsai YJ, et al. The relationship between internalizing problems and acute exercise duration in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: the role of frontal alpha asymmetry[J]. Res Dev Disabil, 2021, 118: 104063. PMID: 34507050. DOI: 10.1016/j.ridd.2021.104063.

[16] 杨燕平, 李思迅, 王美雯, 等. 伴情绪失调的注意缺陷多动障碍患儿执行功能与临床特征[J]. 四川精神卫生, 2024, 37(4): 307-311. DOI: 10.11886/scjsws20240423002.

[17] Taskiran C, Karaismailoglu S, Cak Esen HT, et al. Clinical features and subjective/physiological responses to emotional stimuli in the presence of emotion dysregulation in attention-deficit hyperactivity disorder[J]. J Clin Exp Neuropsychol, 2018, 40(4): 389-404. PMID: 28721740. DOI: 10.1080/13803395.2017.1353952.

[18] Hernandez ML, Garcia AM, Spiegel JA, et al. Multimodal

assessment of emotion dysregulation in children with and without ADHD and disruptive behavior disorders[J]. J Clin Child Adolesc Psychol, 2024, 53(3): 444-459. PMID: 38270592. PMCID: PMC11192619. DOI: 10.1080/15374416.2024.2303706.

[19] Alperin BR, Smith CJ, Gustafsson HC, et al. The relationship between alpha asymmetry and ADHD depends on negative affect level and parenting practices[J]. J Psychiatr Res, 2019, 116: 138-146. PMID: 31233897. PMCID: PMC6625668. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2019.06.016.

[20] Ölçüoğlu R. Neurofeedback for ADHD: exploring the role of quantitative EEG and brainwave modulation[J]. Brain Behav, 2025, 15(8): e70714. PMID: 40760811. PMCID:PMC12321976. DOI: 10.1002/brb3.70714.

[21] Kim JS, Oh S, Jeon HJ, et al. Resting-state alpha and gamma activity in affective disorder with ADHD symptoms: comparison between bipolar disorder and major depressive disorder[J]. Int J Psychophysiol, 2019, 143: 57-63. PMID: 31255738. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2019.06.009.

[22] Stead VE, Schmidt LA, Crowley MJ, et al. Frontal EEG asymmetry moderates the relation between borderline personality disorder features and feelings of social rejection in adolescents[J]. Dev Psychopathol, 2023, 35(2): 876-890. PMID: 35440357. DOI: 10.1017/S0954579422000128.

[23] Postema MC, Hoogman M, Ambrosino S, et al. Analysis of structural brain asymmetries in attention-deficit/hyperactivity disorder in 39 datasets[J]. J Child Psychol Psychiatry, 2021, 62 (10): 1202-1219. PMID: 33748971. PMCID: PMC8455726. DOI: 10.1111/jcpp.13396.

[24] Longarzo M, Cavaliere C, Alfano V, et al. Electroencephalographic and neuroimaging asymmetry correlation in patients with attention-deficit hyperactivity disorder[J]. Neural Plast, 2020, 2020: 4838291. PMID: 32952547. PMCID: PMC7481992. DOI: 10.1155/2020/4838291.

[25] Berretz G, Packheiser J, Wolf OT, et al. Acute stress increases left hemispheric activity measured via changes in frontal alpha asymmetries[J]. iScience, 2022, 25(2): 103841. PMID: 35198894. PMCID: PMC8850739. DOI: 10.1016/j.isci.2022.103841.

[26] Chen R, Liu WJ, Wang JJ, et al. Aperiodic components and aperiodic-adjusted alpha-band oscillations in children with ADHD[J]. J Psychiatr Res, 2024, 173: 225-231. PMID: 38552332. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2024.03.042.

[27] Grassini S, Sikka P, Revonsuo A, et al. Subjective ratings of fear are associated with frontal late positive potential asymmetry, but not with early brain activity over the occipital and centro-parietal cortices[J]. Psychophysiology, 2020, 57(12): e13665. PMID: 32790915. DOI: 10.1111/psyp.13665.

[28] Luo Y, Tang M, Fan X. Meta analysis of resting frontal alpha asymmetry as a biomarker of depression[J]. Npj Ment Health Res, 2025, 4(1): 2. PMID: 39820155. PMCID: PMC11739517. DOI: 10.1038/s44184-025-00117-x.

[29] Ahmadi M, Kazemi K, Kuc K, et al. Disrupted functional rich-club organization of the brain networks in children with attention-deficit/hyperactivity disorder, a resting-state EEG study [J]. Brain Sci, 2021, 11(7): 938. PMID: 34356174. PMCID: PMC8305540. DOI: 10.3390/brainsci11070938.

（本文编辑：王颖）

（版权所有©2025 中国当代儿科杂志）