·儿童发育与康复·

注意缺陷多动障碍儿童注意控制能力与行为社会功能及视频脑电图的相关性研究

任选辉，明阳灿，周金平，李东丽，王娜

武汉市第一医院儿科，湖北 武汉　430022

摘　要：目的　探讨注意缺陷多动障碍（ADHD）儿童注意控制能力与行为问题、社会功能及视频脑电图（V-EEG）异常的关联，为临床评估与个体化干预策略制定提供参考。**方法**　采用回顾性病例分析方法，纳入 2022 年 6 月—2025 年 6 月就诊于武汉市第一医院儿童保健中心的 130 例 ADHD 儿童，依据美国《精神障碍诊断与统计手册》（第 5 版）分为注意缺陷型（ADHD-I，49 例）、多动/冲动型（ADHD-HI，36 例）和混合型（ADHD-C，45 例）。所有儿童均完成视听整合连续测试（IVA-CPT）、Conners 父母症状问卷（PSQ）、Weiss 功能性缺陷量表（WFIRS-P）及 V-EEG 检查。比较不同亚型在行为问题、社会功能及 V-EEG 异常率上的差异，并采用偏相关分析（控制年龄和总智商）探讨 IVA-CPT 注意力和控制力商数与 PSQ、WFIRS-P 各维度的相关性，并采用偏点二列相关分析评价其与 V-EEG 异常的相关性。**结果**　三组儿童的性别、年龄、总智商差异无统计学意义（$P>0.05$）。PSQ 显示，ADHD-C 和 ADHD-HI 组在品行问题、冲动-多动及多动指数得分均高于 ADHD-I 组（$P<0.05$），ADHD-C 组在学习问题和冲动-多动得分最高（$P<0.05$）。WFIRS-P 显示，ADHD-C 组在学习/学校维度得分高于 ADHD-HI 组，冒险活动维度得分高于其他两组（$P<0.05$）。三组间 V-EEG 异常率差异无统计学意义（18.4%、22.2%、28.9%，$P=0.476$）。偏相关分析（控制年龄和总智商）显示：控制力商数与品行问题、冲动-多动、多动指数及生活技能损害呈负相关（偏 $r=-0.536\sim-0.309$，$P<0.05$）；注意力商数与学习问题、学习/学校及冒险活动损害呈负相关（偏 $r=-0.520\sim-0.233$，$P<0.05$）；偏点二列相关分析显示：注意力、控制力商数与 V-EEG 异常呈负相关（偏点二列 $r=-0.339\sim-0.220$，$P<0.05$）。**结论**　ADHD 不同亚型在行为问题和社会功能损害上存在异质性，混合型儿童在部分维度表现出更明显损害。注意控制能力与部分行为社会功能指标及 V-EEG 异常存在相关性，提示其可能参与 ADHD 临床表现异质性的形成。但 V-EEG 异常在不同亚型间缺乏特异性，尚不足以作为分型标志。

关键词：　注意缺陷多动障碍；异质性；注意控制能力；行为问题；社会功能；视频脑电图

中图分类号：R725　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1008-6579(2026)11-1237-07　　doi：10.11852/zgetbjzz2026-0307

Association of attention and response control with behavioral problems, social functioning, and video electroencephalogram in children with attention-deficit/hyperactivity disorder

REN Xuanhui, MING Yangcan, ZHOU Jinping, LI Dongli, WANG Na

Department of Pediatrics, Wuhan NO. 1 Hospital, Wuhan, Hubei 430022, China

Corresponding author: WANG Na, E-mail: wangna1027@126.com

Abstract: Objective　To investigate the association of attention control ability with behavioral problems, social functioning, and video electroencephalography (V-EEG) abnormalities in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), so as to provide reference for clinical assessment and individualized intervention. **Methods**　A total of 130 children with ADHD who attended the Child Health Center of Wuhan First Hospital from June 2022 to June 2025 were enrolled, and their clinical data were retrospectively collected. According to the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, the children were classified as inattentive type (ADHD-I, $n=49$), hyperactive/impulsive type (ADHD-HI, $n=36$), and combined type (ADHD-C, $n=45$). All participants completed the Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA-CPT), Conners Parent Symptom Questionnaire (PSQ), and Weiss Functional Impairment Rating Scale - Parent Report (WFIRS-P) and underwent video electroencephalography (V-EEG). Behavioral problems, social functioning, and V-EEG abnormality rates were compared among the three ADHD types. After adjustment for age and full-scale intelligence quotient (IQ), partial correlation analyses were used to examine the

基金项目：湖北省自然科学基金（2025AFC101）；湖北省儿科联盟医学科研项目（HPAMRP202410）

作者简介：任选辉（1993—），女，主治医师，硕士学位，主要研究方向为儿童神经发育疾病和儿童脑电图。

通信作者：王娜，E-mail：wangna1027@126.com

associations of IVA-CPT attention and response-control quotients with PSQ and WFIRS-P scores. Partial point-biserial correlation analyses were used to assess the associations between these quotients and V-EEG abnormalities. **Results** No significant differences were found in sex, age, or total IQ among the three groups ($P>0.05$). Compared with the ADHD-I group, the ADHD-C and ADHD-HI groups had higher scores for conduct problems, hyperactivity/impulsivity, and the hyperactivity index ($P<0.05$), while the ADHD-C group had higher learning-problem and hyperactivity/impulsivity scores than both other groups ($P<0.05$). In terms of WFIRS-P, the ADHD-C group scored higher than the ADHD-HI group in the learning/school domain and higher than both other groups in the risk-taking domain ($P<0.05$). The V-EEG abnormality rates were 18.4%, 22.2%, and 28.9% in the ADHD-I, ADHD-HI, and ADHD-C groups, respectively, with no significant difference among the three groups ($P=0.476$). After adjustment for age and full-scale IQ, response-control quotients were negatively correlated with conduct problems, hyperactivity/impulsivity, hyperactivity index, and impairment in life skills (partial $r=-0.536$ to -0.309, $P<0.05$). Attention quotients were negatively correlated with learning problems and impairment in the learning/school and risk-taking domains (partial $r=-0.520$ to -0.233, $P<0.05$). Both attention and response-control quotients were negatively correlated with V-EEG abnormalities (partial point-biserial $r=-0.339$ to -0.220, $P<0.05$). **Conclusions** Different ADHD subtypes exhibit heterogeneity in behavioral problems and social functioning impairments, with the combined subtype being the most severely affected in several domains. Attention and response-control quotients are associated with several measures of behavioral problems and social functioning impairment and with V-EEG abnormalities, suggesting that differences in attention and response control may be related to the clinical heterogeneity of ADHD. However, V-EEG abnormality rates do not differ significantly across ADHD subtypes, limiting their utility for distinguishing different subtypes.

Keywords: attention-deficit/hyperactivity disorder; heterogeneity; attention and response control; behavioral problems; social functioning; video-electroencephalogram

注意缺陷多动障碍(attention deficit hyperactivity disorder,ADHD)是一种与发育水平不相符的注意力缺陷和多动/冲动为特征的神经发育障碍性疾病,在儿童和青少年最为常见[1]。研究发现,ADHD 儿童大部分存在行为问题及共患病,表现多样的行为问题和功能障碍,在学习、生活、社交等方面均有负面影响[2],因此 ADHD 儿童早期诊断和干预具有重要意义。ADHD 的临床诊断主要依据美国《精神障碍诊断与统计手册》(第 5 版)(the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition,DSM-5)症状学和行为量表结合,存在评估者偏差和情境依赖性等局限,并且不同评估工具的一致性较低[3-4]。因此,需要客观、量化的神经生物学和神经心理学标志,以提高 ADHD 诊断的准确性并了解病因异质性。

依据 DSM-5,ADHD 可分为注意缺陷型(ADHD inattentive, ADHD-I)、多动/冲动型(ADHD hyperactive/impulsive,ADHD-HI)和混合型(ADHD combined type,ADHD-C)三种亚型。不同亚型不仅在行为表型上存在差异,其背后的认知功能损害模式及神经生物学基础也可能有所不同[5-6]。既往研究多探讨行为量表层面,将亚型差异与客观认知测评及神经电生理指标进行系统关联分析的研究较少。

视听整合连续测试(Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test, IVA-CPT)可客观量化评估注意力和控制力,有助于区分不同认知特征的亚型[7]。神经电生理技术为揭示 ADHD 的脑网络机制提供了途径。视频脑电图(video electroencephalogram, V-EEG)记录皮层电活动,部分 ADHD 患儿表现为慢波活动增多、快波活动减少等异常,可能与皮层唤醒调节异常、神经成熟延迟及脑网络功能失同步化有关,但不同临床亚型与特定脑电图模式的关系尚无定论[8]。将客观的神经心理测评与电生理指标相结合,探讨构建神经电生理机制-认知表型-行为社会功能框架的可行性。

本研究比较不同亚型 ADHD 儿童行为问题、社会功能及 V-EEG 异常的差异;探讨 IVA-CPT 评估的注意控制能力与行为社会功能及 V-EEG 异常的相关性,为 ADHD 儿童临床分型提供更精细化的客观依据,并为不同损害模式的儿童提供个体化干预措施(如认知训练、神经反馈等)提供科学依据。

1 对象和方法

1.1 对象 选择 2022 年 6 月—2025 年 6 月于武汉市第一医院儿童保健中心就诊的 ADHD 儿童为研究对象。采用 Gpower3.1 软件进行样本量计算($\alpha=0.05$,$1-\beta=0.9$,effect size=0.30)所需最小样本量为 112 例。本研究实际纳入 130 例,高于最低样本量要求,检验效能充足(actual power>0.90)。纳入标准:1)6~12 岁儿童;2)符合 DSM-5 诊断标准;3)既往未进行 ADHD 相关药物和非药物治疗;

4)韦氏儿童智力测试 IQ≥80 分;5)患儿家长或监护人知情同意。排除标准:1)合作性差、不能完成全部测试;2)共患严重器质性疾病;3)合并广泛性情绪、精神发育障碍疾病。本项回顾性研究严格遵守伦理准则,在获得武汉市第一医院正式批准(批号:科伦[2026]53 号)后启动。回顾性分析符合纳排标准患者的临床资料。所涉数据在分析前均已完成去标识化处理。

1.2　检测方法

1.2.1　诊断标准　采用美国 DSM-5 进行诊断。

1.2.2　视听整合连续测试　IVA-CPT 采用现场操作的方式进行评估,能够在一定程度上减少评估者和家长的主观判断对结果的影响。结果判断标准:控制力商数(综合、听觉、视觉)、注意力商数(综合、听觉、视觉),各项商数≥85 为正常[7]。

1.2.3　Conners 父母症状问卷　采用 Conners 父母症状问卷(Parent Symptom Questionnaire, PSQ)评估 ADHD 儿童的行为问题,共 48 个项目,包括品行问题、学习问题、心身问题、多动/冲动、焦虑 5 个因子和多动指数;得分越高提示对应行为问题越突出。该量表同质信度为 0.932,分半信度为 0.900,重测信度为 0.332～0.782,广泛被临床应用[9]。

1.2.4　Weiss 功能性缺陷量表　Weiss 功能性缺陷量表(父母版)(Weiss Functional Impairment Rating Scale-Parent Report, WFIRS-P)含 50 个条目,包括家庭、学习和学校、生活技能、自我管理、社会活动、冒险活动 6 个子量表,量化 ADHD 儿童社会功能损害程度,得分越高反映社会功能损害越严重,该量表具有良好的信效度(重测信度为 0.61～0.87,Cronbach's α 系数为 0.70～0.92)[10]。

1.2.5　视频脑电图　采用日本光电 EEG-1200C 型视频脑电图仪(V-EEG),按国际 10-20 系统放置电极,在静息闭目状态下记录,并进行睁闭眼试验及过度换气诱发试验,分析 α、β、δ、θ 等频段特征[8]。

1.3　统计学方法　采用 SPSS 27.0 统计学软件对数据进行分析。计量资料采用 Shapiro-Wilk 检验判断数据正态性,采用 Levene 检验判断方差齐性。若符合正态分布且方差齐用 $\bar{x}\pm s$ 描述,多组间比较采用单因素 ANOVA,两两比较采用 LSD 事后检验;若不符合用 $M(P_{25},P_{75})$ 描述,采用 Kruskal-Wallis H 检验。计数资料用例数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。将年龄和总智商作为控制变量,采用偏相关分析,分析 IVA-CPT 各商数与 PSQ、WFIRS-P 各因子的相关性;采用偏点二列相关分析,分析 IVA-CPT 各商数与 V-EEG 异常的偏点二列相关性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结　果

2.1　一般资料比较　符合纳入标准 ADHD 儿童 130 例,其中 ADHD-I 型 49 例,ADHD-HI 型 36 例,ADHD-C 型 45 例;三组儿童总智商差异无统计学意义($F=1.975$,$P=0.143$);三组间性别、年龄差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1　不同亚型 ADHD 儿童一般资料的比较(例,%)

Tab. 1　Comparison of general characteristics among children with different ADHD subtypes(n,%)

项目		ADHD-I 组($n=49$)	ADHD-HI 组($n=36$)	ADHD-C 组($n=45$)	χ^2/H 值	P 值
性别	男	35(71.40)	26(72.20)	31(68.9)	0.124[c]	0.940
	女	14(28.60)	10(27.80)	14(31.1)		
年龄		8.00(6.00,9.00)[a]	7.95±1.72[b]	8.00(7.00,9.00)[a]	4.200[d]	0.122

注:[a]$M(P_{25},P_{75})$,[b]$\bar{x}\pm s$,[c]χ^2 值,[d]H 值。

2.2　不同亚型 ADHD 儿童 PSQ 评分比较　PSQ 评分结果显示,不同 ADHD 亚型儿童品行问题、学习问题、冲动-多动得分和多动指数差异均有统计学意义($P<0.05$)。其中,ADHD-C 与 ADHD-HI 组的品行问题、冲动-多动得分及多动指数评分均显著高于 ADHD-I 组($P<0.05$),ADHD-C 组在学习问题及冲动-多动得分最高($P<0.05$)。见表 2。

2.3　不同亚型 ADHD 儿童 WFIRS-P 评分比较　WFIRS-P 评分结果显示,ADHD-C 组在学习/学校及冒险活动维度得分最高($P<0.05$)。ADHD-HI 组与 ADHD-I 组在各项功能损害评分上差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 3。

2.4　不同亚型 ADHD 儿童 V-EEG 异常情况比较　三组亚型 ADHD 儿童 V-EEG 异常率比较,差异无统计学意义($\chi^2=1.476$,$P=0.476$)。见表 4。

2.5　IVA-CPT 各项注意力、控制力与行为问题、社会功能及 V-EEG 异常的偏相关/偏点二列相关性分析　偏相关分析(控制年龄和总智商)显示:控制力商数与品行问题、冲动-多动、多动指数及生活技能呈负相关(偏 $r=-0.536$～-0.309,$P<0.05$);注

表 2 不同亚型 ADHD 儿童 PSQ 评分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 2 Comparison of PSQ scores in children with different subtypes of ADHD($\bar{x}\pm s$)

ADHD 亚型	品行问题	学习问题	心身问题	冲动-多动	焦虑	多动指数
ADHD-I	0.92±0.41	1.47±0.61	0.31±0.25	1.51±0.38	0.46±0.26	1.18±0.54
ADHD-HI	1.21±0.48[a]	1.30±0.61	0.38±0.20	1.64±0.52[a]	0.41±0.29	1.43±0.50[a]
ADHD-C	1.33±0.43[a]	1.73±0.54[ab]	0.40±0.26	1.81±0.49[ab]	0.42±0.20	1.47±0.62[a]
F 值	10.577	5.472	1.920	5.106	0.439	3.689
P 值	<0.001	0.005	0.151	0.007	0.646	0.028

注：与 ADHD-I 组比较，[a]$P<0.05$；与 ADHD-HI 组比较，[b]$P<0.05$。

表 3 不同亚型 ADHD 儿童 WFIRS-P 评分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 3 Comparison of WFIRS-P scores in children with different subtypes of ADHD($\bar{x}\pm s$)

ADHD 亚型	家庭	学习/学校	生活技能	自我管理	社会活动	冒险活动
ADHD-I	0.93±0.57	1.01±0.51	0.87±0.39	0.94±0.44	0.91±0.41	0.45±0.29
ADHD-HI	0.96±0.54	0.88±0.40	0.91±0.37	0.98±0.42	0.82±0.41	0.38±0.21
ADHD-C	1.01±0.58	1.20±0.46[b]	1.03±0.49	1.12±0.49	0.91±0.42	0.60±0.41[ab]
F 值	0.264	4.686	1.939	2.092	0.623	5.217
P 值	0.768	0.011	0.148	0.128	0.538	0.007

注：与 ADHD-I 组比较，[a]$P<0.05$；与 ADHD-HI 组比较，[b]$P<0.05$。

表 4 不同亚型 ADHD 儿童视频脑电图情况比较

Tab. 4 Comparison of V-EEG findings among children with different ADHD subtypes

ADHD 亚型	例数	V-EEG 正常(%)	非特异性异常				癫痫样放电	脑电图异常(%)
			θ 波增多不对称	δ 波增多不对称	α 波形不对称	慢波/快波比值增加		
ADHD-I	49	40(81.60)	1	2	2	2	2	9(18.40)
ADHD-HI	36	28(77.80)	2	1	1	2	2	8(22.20)
ADHD-C	45	32(71.10)	3	3	2	1	4	13(28.90)

注：脑电图异常判定标准：存在上述任一异常即判为异常；部分患儿可同时存在多种异常表现。

意力商数与学习问题、学习/学校及冒险活动呈负相关(偏 $r=-0.520\sim-0.233$，$P<0.05$)。偏点二列相关分析(控制年龄和总智商)显示：注意力商数、控制力商数与 V-EEG 异常均呈弱负相关(偏点二列 $r=-0.339\sim-0.220$，$P<0.05$)。各项能力与心身问题、焦虑因子、家庭、自我管理和社会活动无相关性($P>0.05$)。见表 5。

表 5 IVA-CPT 各项注意力、控制力与行为社会功能及 V-EEG 异常的偏相关/偏点二列相关分析

Tab. 5 Partial and point-biserial correlation analyses of IVA-CPT attention and control indices with behavioral/social functioning and V-EEG abnormalities

项目		综合控制能力	听觉控制能力	视觉控制能力	综合注意能力	听觉注意能力	视觉注意能力
PSQ 评分	品行问题	−0.342**	−0.330**	−0.335**	0.169	0.139	0.160
	学习问题	−0.021	0.004	−0.056	−0.520**	−0.475**	−0.485**
	冲动-多动	−0.458**	−0.392**	−0.467**	−0.095	−0.021	−0.115
	多动指数	−0.536**	−0.469**	−0.499**	−0.129	−0.092	−0.148
WFIRS-P	学习/学校	−0.052	−0.045	−0.057	−0.483**	−0.396**	−0.492**
	生活技能	−0.361**	−0.309**	−0.351**	−0.149	−0.110	−0.153
	冒险活动	<0.001	0.026	−0.057	−0.293**	−0.311**	−0.233**
V-EEG	脑电图异常	−0.278**	−0.251**	−0.289**	−0.328**	−0.220*	−0.339**

注：$n=130$；* $P<0.05$；** $P<0.01$。

3 讨 论

ADHD 是一种慢性神经发育障碍性疾病，在临床表现、认知损害和神经生物学三者之间具有复杂联系[11]。本研究通过整合神经心理测评(IVA-CPT)、行为量表(PSQ、WFIRS-P)及 V-EEG，探讨不同亚型 ADHD 儿童的行为社会功能和神经电生理差异，并分析 ADHD 儿童的注意控制能力与行为社会功能和脑电图异常的相关性。

3.1 不同亚型 ADHD 儿童行为社会功能损害模式

的异质性　本研究通过 PSQ 发现，ADHD-C 和 ADHD-HI 儿童在品行问题、冲动-多动和多动指数得分高于 ADHD-I 儿童，ADHD-C 儿童在学习问题得分高于其他亚型儿童。WFIRS-P 发现 ADHD-C 儿童在学习和学校、冒险活动得分最高。与 ADHD-C 儿童部分行为问题及功能损害较明显的研究结果一致[5,12]。通过功能磁共振成像发现，ADHD-C 儿童存在前额叶-纹状体环路（负责行为抑制）和默认模式网络（负责注意维持）的双重功能连接异常，ADHD-I 型主要为默认模式网络的改变[13]。有研究认为 ADHD-HI 主要影响行为抑制相关功能，ADHD-I 主要影响学业认知功能类似，从认知行为层面为 ADHD 的神经生物学特点提供了依据[14-15]。

3.2　ADHD 儿童注意控制能力与行为社会功能损害的特异性关联　通过 IVA-CPT 量化评估，本研究发现控制力商数与品行问题、多动/冲动及生活技能呈显著负相关；而注意力商数与学习问题、学习和学校、冒险活动呈显著负相关。这种弱-中度负相关关系，一方面与 ADHD 儿童的能力缺陷与行为社会功能之间不是简单的线性关系，可能受本研究未纳入的家庭环境、共患病等因素影响，未来研究应进一步验证[16]；另一方面与 IVA-CPT 是在医院执行的任务，所测量的能力与真实世界中的能力存在差异性[17]。同时也提示，ADHD 的行为社会功能损害不是由单独的能力缺陷决定。国外研究发现 ADHD 儿童存在广泛的神经缺陷领域，不同患儿可能以不同的缺陷组合呈现相同诊断，凸显了临床表现与功能障碍的复杂关系[18]。

随着神经影像学发展，研究发现反应抑制（控制力）主要依赖前额叶-纹状体-丘脑环路，额纹状体网络的激活不足会导致原发性抑制缺陷，表现为冲动行为和规则违反[19-20]。本研究中控制能力越低的儿童，其品行问题、冲动-多动表现越明显，可能是该环路功能减弱的认知行为表现。持续注意（注意力）主要依赖前额叶-顶叶-丘脑网络和背外侧前额叶、后顶叶皮层的协同活动，注意力缺陷核心症状的根源是额顶叶认知控制网络在执行较高的任务期间出现激活减少，导致网络激活不足和任务不平衡[21]。本研究中注意力与学习问题、学校功能呈负相关，可能是前额叶-顶叶网络效率不足的表现。控制力不足可能与冲动行为及规则违反（品行问题）表现相关，并影响日常生活技能的习得与执行；注意力缺陷会干扰课堂学习与任务完成（学习问题、学习功能）[13]。

本研究发现 ADHD-C 组冒险得分最高，偏相关分析显示注意力商数与冒险活动呈弱负相关，反映所测儿童注意力与冒险行为较弱的线性关系。注意缺陷导致对危险信号的感知和评估不足，控制力不足导致对冒险冲动的抑制能力减弱，冒险行为可能与注意控制力不足有关，但其具体影响机制仍需进一步研究。ADHD-C 组冒险行为最为显著[22]。注意缺陷和冲动在冒险中扮演不同角色，两者的交互影响而非单一维度决定了最终的冒险行为[23]。

刘子奇等[24]的研究发现不同注意力、控制力水平的 ADHD 儿童表现出差异化的认知功能特点，支持 IVA-CPT 在认知分型中的应用价值。这提示未来的行为干预和认知训练应更具靶向性，例如，对 ADHD-HI 儿童应强化抑制控制训练，而对 ADHD-I 儿童需侧重注意维持与分配能力的提升，ADHD-C 儿童两者兼顾。

3.3　视频脑电图异常与注意控制能力的相关性　本研究发现不同亚型间 ADHD 儿童 V-EEG 异常差异无统计学意义；偏相关性分析显示注意控制能力与 V-EEG 异常呈弱负相关（偏点二列 $r=-0.339\sim-0.220$）。提示 V-EEG 异常可能不是 ADHD 亚型的特异性改变，而是 ADHD 儿童共有的神经电生理特征。Kopańska 等[25]认为 ADHD 患者慢波活动增加和快波活动减少的神经生理模式是皮层-丘脑节律发生器失同步化和神经成熟延迟的电生理标志。研究发现在任务态脑电振荡变化中，ADHD-I 和 ADHD-C 两种亚型既存在各自独特的神经生理损伤（ADHD-I 表现后刺激 α 抑制减弱，ADHD-C 表现 β 抑制减弱），也存在共同的额叶 θ-后部 α 功能连接减弱[26]。采用高密度脑电图对不同亚型 ADHD 患儿进行微状态特征和功率谱分析，发现 ADHD 患儿在额中央区存在更高的 δ 功率和更高的 θ/β 比值，但亚型间的显著差异主要局限于视觉网络[27]。因此，ADHD 儿童存在共同的脑电慢波活动增多，而不同亚型间的差异体现在特定频段或特定脑区的精细模式上，而不是总体异常率层面。

V-EEG 异常可能反映部分 ADHD 儿童存在神经电生理功能改变（皮层-丘脑节律发生器功能紊乱、神经网络效率不足），这些共性的神经电生理异常通过不同认知内表型（注意力或控制力缺陷为主）的分流导致不同领域的行为社会功能损害。从共性神经基础→分流认知路径→异质行为表型，可以解释 V-EEG 异常率在亚型间无差异，但和认知功能水平普遍相关。脑电图反映的是共性的神经基础，而认知测评捕获的是分流路径的状态。同时，也解释了认知-脑电仅为弱至中度负相关：在从共性神经基础到行为表型的传导网络中，存在多个中间变量（如

遗传基因、环境家庭、共患病等)的调节作用,单一的相关性被多重因素所稀释。因此,V-EEG 异常可作为支持 ADHD 诊断并提示可能存在潜在神经功能紊乱的客观参考,但其本身不足以区分 ADHD 亚型。临床应用中需结合 IVA-CPT 等认知测评和行为量表,实现多维度综合评估。

综上所述,对 ADHD 儿童的评估不应局限于症状学,整合 IVA-CPT 等认知测评与脑电图检查,实现从症状、认知到神经生理的多维度描述,为神经反馈、认知训练等干预提供方向。本研究为单中心回顾性研究,样本来源于临床就诊儿童,结果外推需谨慎。样本量较小,未控制家庭社会经济等混杂因素;未来可结合功能磁共振、弥散张量成像等脑影像技术,开展多中心、大样本前瞻性研究,促进 ADHD 向认知-神经环路的精准诊疗模式发展。

利益冲突声明 本文不存在利益冲突

数据可用性声明 本研究的原始数据因涉及参与者隐私保护、伦理限制及法律约束等原因,无法公开共享。经脱敏处理后的数据可根据合理请求,向通信作者王娜(邮箱:wangna1027@126.com)申请获取。申请人须通过伦理委员会审批,并签署数据使用协议。

参考文献

[1] Posner J, Polanczyk GV, Sonuga-Barke E. Attention-deficit hyperactivity disorder[J]. Lancet, 2020, 395(10222): 450-462.

[2] Liu A, Xu Y, Yan Q, et al. The prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among Chinese children and adolescents[J]. Sci Rep, 2018, 8: 11169.

[3] Association AP. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders[M]. Fifth Edition. American Psychiatric Association, 2013.

[4] 杨珠虹,刘舒,杨昕,等. 不同类型评价方式对注意缺陷多动障碍患儿核心症状评估的一致性分析[J]. 医学研究杂志, 2025, 54(7): 140-144.
Yang ZH, Liu S, Yang X, et al. Consistency analysis of core symptom assessment in children with attention deficit hyperactivity disorder by different types of evaluation modalities[J]. J Med Res, 2025, 54(7): 140-144. (in Chinese)

[5] 黄娟,孟仙,聂晶,等. 6～11 岁不同亚型注意缺陷多动障碍儿童行为问题分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2023, 34(12): 46-51.
Huang J, Meng X, Nie J, et al. Analysis of behavioral problems in children with different subtypes of attention deficit hyperactivity disorder aged 6-11 years[J]. Chin J Woman Child Health Res, 2023, 34(12): 46-51. (in Chinese)

[6] 崔芷君,黄鸿眉,梁爱民,等. 注意缺陷多动障碍儿童的脑网络特点[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2024, 33(8): 762-768.
Cui ZJ, Huang HM, Liang AM, et al. Characteristics of brain networks in children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. Chin J Behav Med Brain Sci, 2024, 33(8): 762-768. (in Chinese)

[7] Wu X, Tao M, Qiu Y. The diagnostic effect of integrated visual and auditory continuous performance and event-related potentials in ADHD[J]. Am J Transl Res, 2024, 16(10): 5248-5267.

[8] 李向娥,弓汶钰,王瑞. 注意缺陷多动障碍患儿视频脑电图异常改变与智力水平的关系[J]. 海南医学, 2023, 34(13): 1893-1897.
Li XE, Gong WY, Wang R. Relationship between abnormal changes of video electroencephalogram and intelligence level in children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. Hainan Med J, 2023, 34(13): 1893-1897. (in Chinese)

[9] 刘雪纯,胡兰芳,曾熙雯,等. 不同焦虑水平注意缺陷多动障碍患儿执行功能损害特征研究[J]. 中国儿童保健杂志. 2026, 34(6): 630-635 .
Liu XC, Hu LF, Zeng XW, et al. Executive function impairments in children with attention-deficit/ hyperactivity disorder at different anxiety levels[J]. Chin J Child Health Care. 2026, 34(6): 630-635. (in Chinese)

[10] 谭文开,陈立. 3 种常用功能损害评定量表在儿童注意缺陷多动障碍诊断与管理中的应用[J]. 教育生物学杂志, 2025, 13(6): 493-496.
Tan WK, Chen L. Application of three functional impairment rating scales in diagnosis and management of childhood attention deficit and hyperactivity disorder[J]. J Bio Educ, 2025, 13(6): 493-496. (in Chinese)

[11] 中华医学会儿科学分会发育行为学组. 注意缺陷多动障碍早期识别、规范诊断和治疗的儿科专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2020, 58(3): 188-193.
The Subspecialty Group of Developmental and Behavioral Pediatrics, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association. Consensus on pediatric clinical practice of early identification, standardized diagnosis and treatment of attention deficit hyperactivity disorder[J]. Chin J Pediatr, 2020, 58(3): 188-193. (in Chinese)

[12] 吴迪,沈春丽,朱建胜,等. 注意缺陷多动障碍患儿智力水平、认知功能与脑电图异常的相关性分析[J]. 实用临床医药杂志, 2025, 29(1): 73-76, 93.
Wu D, Shen CL, Zhu JS, et al. Correlations of intelligence level and cognitive function with electroencephalogram abnormalities in children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. J Clin Med Pract, 2025, 29(1): 73-76, 93. (in Chinese)

[13] Mizuno Y, Yamashita M, Shou Q, et al. A brief review of MRI studies in patients with attention-deficit/hyperactivity disorder and future perspectives[J]. Brain Dev, 2025, 47(2): 104340.

[14] 张心怡,刘宁宁,李海梅,等. 不同亚型注意缺陷多动障碍男童脑血流特征及其与执行功能的关系[J]. 协和医学杂志, 2025, 16(2): 314-320.
Zhang XY, Liu NN, Li HM, et al. Cerebral blood flow characteristics of boys with different subtypes of attention

deficit hyperactivity disorder and their relationship with executive function[J]. Med J Peking Union Med Coll Hosp，2025，16(2)：314-320. (in Chinese)

[15] 龚云，骆宏，王东林，等. 注意缺陷多动障碍不同亚型行为特征分析[J]. 浙江临床医学，2022，24(1)：45-47.

[16] Nigg JT，Karalunas SL，Feczko E，et al. Theory and measurement of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) cognitive heterogeneity：A network approach[J]. J Child Psychol Psychiatry，2020，61(8)：867-878.

[17] Oh HK，Cho YJ，Kim JJ，et al. Advancing ecological validity and clinical utility in virtual reality-based continuous performance test：Exploring the effects of task difficulty and environmental distractors[J]. Front Psychiatry，2024，14：1329221.

[18] Coghill DR，Seth S，Matthews K. A comprehensive assessment of memory，delay aversion，timing，inhibition，decision making and variability in ADHD：Exploring multiple deficits[J]. J Child Psychol Psychiatry. 2014；55(8)：869-884.

[19] Daviddi S，Santangelo V. The neural correlates of response inhibition with and without conflict in ADHD：An activation likelihood estimation meta-analysis[J]. Eur J Neurosci，2025，62(5)：e70244.

[20] Saraçaydın G，van Rooij D，Kleine-Deters R，et al. Disentangling the neural underpinnings of response inhibition in disruptive behavior and co-occurring ADHD[J]. Eur Child Adolesc Psychiatry，2025，34(7)：2253-2267.

[21] Drechsler R，Brem S，Brandeis D，et al. ADHD：Current concepts and treatments in children and adolescents[J]. Neuropediatrics，2020，51(5)：315-335.

[22] Nejati V，Peyvandi A，Nazari N，et al. Cognitive correlates of risky decision-making in individuals with and without ADHD：A Meta-analysis[J]. Neuropsychol Rev，2025，35(3)：535-551.

[23] Roberts DK，Alderson RM，Betancourt JL，et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder and risk-taking：A three-level meta-analytic review of behavioral，self-report，and virtual reality metrics[J]. Clin Psychol Rev，2021，87：102039.

[24] 刘子奇，刘思奇，陶梦娇，等. 不同注意力、控制力水平注意缺陷多动障碍儿童认知功能特点[J]. 中国儿童保健杂志，2024，32(6)：591-596.
Liu ZQ，Liu SQ，Tao MJ，et al. Characteristics of cognitive function in children with attention-deficit/hyperactivity disorder with different levels of attention and control[J]. Chin J Child Health Care，2024，32(6)：591-596. (in Chinese)

[25] Kopańska M，Trojniak J. From aberrant brainwaves to altered plasticity：A review of QEEG biomarkers and neurofeedback in the neurobiological landscape of ADHD[J]. Cells，2025，14(17)：1339.

[26] Luo N，LuoX，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.

[27] Mazaheri A，Fassbender C，Coffey-Corina S，et al. Differential oscillatory electroencephalogram between attention-deficit/hyperactivity disorder subtypes and typically developing adolescents[J]. Biol Psychiatry，2014，76(5)：422-429.

收稿日期：2026-03-25　**修回日期**：2026-08-06　**本文编辑**：杨媛媛

(上接第 1219 页)

brain developmental disorder in children[J]. Chin J Contemp Pediatr，2018，20(11)：964-967. (in Chinese)

[15] Bian Q，Chen Y，Zhang J，et al. Maternal natural killer cells drive neuroimmune disorders in offspring through aberrant secretion of extracellular granzyme B[J]. Immunity，2025，58(6)：1502-1518. e8.

[16] Yin Z，Gordon C，Zhou Z，et al. Maternal immune activation and neuropsychiatric disease in offspring：Pathogen's perspective[J]. Decod Infect Transm，2024，2：100029.

[17] Peyre H，Rios P，Botton J，et al. Shared and disorder-specific prenatal and perinatal risk factors for neurodevelopmental disorders：A nationwide cohort study[J]. Molecular Psychiatry，2026，31：5162-5171.

[18] Khayat S，Fanaei H，Lakzaee N. Effects of prenatal mobile phone radiation exposure on MMP9 expression：Implications for inflammation，oxidative stress，and sensory-motor impairment after neonatal hypoxia-ischemia in rats[J]. Toxicol Rep，2023，11：378-384.

[19] 郭程，余晓丹. 全面发育迟缓儿童语言及社交早期干预研究进展[J]. 中国儿童保健杂志，2025，33(9)：987-991.
Guo C，Yu XD. Advances in early intervention for language and social development in children with global developmental delay[J]. Chin J Child Health Care，2025，33(9)：987-991. (in Chinese)

收稿日期：2026-01-30　**修回日期**：2026-06-25　**本文编辑**：李少闻