

不同情绪状态与注意缺陷多动障碍关系研究

董鑫¹, 张震宇¹, 李紫云², 李燕²

1. 山东第二医科大学临床医学院, 山东 潍坊 261000; 2. 青岛大学附属山东省妇幼保健院

摘要: **目的** 明确注意缺陷多动障碍(ADHD)与多种情绪状态的因果关系及神经解剖学机制, 评估前额叶皮层体积的中介作用, 为 ADHD 早期干预提供理论支撑。**方法** 基于 2018—2023 年公开全基因组关联研究(GWAS)数据, 采用双样本双向孟德尔随机化(MR)及中介 MR 分析, 纳入 12 种情绪状态(GWAS 样本量 $n=380\ 506$)、ADHD($n=225\ 534$)及前额叶皮层体积($n=32\ 418$)的遗传数据, 通过逆方差加权(IVW)法、多变量 MR+Delta 法量化效应, 结合多重稳健性检验及年龄分层(儿童 6~12 岁、青少年 13~19 岁、成人 ≥ 20 岁)分析。**结果** 内疚($OR=2.64$, 95% $CI: 1.42\sim 4.91$, $P=0.002$)和厌倦($OR=2.18$, 95% $CI: 1.48\sim 3.20$, $P<0.001$)与 ADHD 呈显著正向因果关联, 无反向因果效应; 前额叶皮层体积在二者关联中起中介作用, 中介比例分别为 74.4% 和 68.3% ($P<0.001$), 且青少年亚组中介效应最强, 中介比例分别为 83.7%、77.8% ($P<0.001$)。**结论** 内疚、厌倦情绪是 ADHD 的潜在上游风险因素, 前额叶皮层体积介导二者关联, 青少年期为关键敏感阶段。本研究基于欧洲人群遗传数据开展, 结论的人群适用性仍需结合不同遗传背景进一步验证, 但仍为 ADHD 早期干预提供潜在新靶点。

关键词: 情绪; 注意缺陷多动障碍; 厌倦; 内疚; 前额叶皮层

中图分类号: R749.94 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2026)06-0613-06 doi:10.11852/zgetbjzz2025-0884

Relationship between different emotional states and attention-deficit/hyperactivity disorder

DONG Xin¹, ZHANG Zhenyu¹, LI Ziyun², LI Yan²

1. School of Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Weifang, Shandong 261000, China;

2. Shandong Provincial Maternal and Child Health Hospital Affiliated to Qingdao University

Corresponding author: LI Yan, E-mail: liyanxj@sina.com

Abstract: **Objective** To clarify the causal relationship and neuroanatomical mechanisms between attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and various emotional states, and to evaluate the mediating role of prefrontal cortex volume, so as to provide a theoretical basis for early intervention in ADHD. **Methods** Based on publicly available Genome-Wide Association Study (GWAS) data from 2018 to 2023, two-sample bidirectional Mendelian Randomization (MR) and mediation MR analysis were adopted. The study incorporated genetic data for 12 emotional traits ($n=380\ 506$), ADHD ($n=225\ 534$), and prefrontal cortex volume ($n=32\ 418$). Effects were quantified using the Inverse Variance Weighted (IVW) method and multivariate MR+Delta method, combined with multiple robustness tests and stratified analysis by age (children: 6-12 years old, adolescents: 13-19 years old, adults: ≥ 20 years old). **Results** Guilt ($OR=2.64$, 95% $CI: 1.42-4.91$, $P=0.002$) and boredom ($OR=2.18$, 95% $CI: 1.48-3.20$, $P<0.001$) exhibited significant positive causal associations with ADHD, with no evidence of reverse causality. Prefrontal cortex volume played a major mediating role in these associations, accounting for 74.4% and 68.3% of the total effect, respectively ($P<0.001$). Age-stratified analysis indicated that this mediating effect was strongest during adolescence (13-19 years), with mediation proportions reaching 83.7% and 77.8% ($P<0.001$). **Conclusions** Guilt and boredom are potential upstream risk factors for ADHD, and prefrontal cortex volume mediates the association between these two emotions and ADHD. Although this study is based on genetic data from European populations and its generalizability to diverse genetic backgrounds requires further verification, it identifies potential new targets for early intervention in ADHD.

Keywords: emotion; attention-deficit/hyperactivity disorder; boredom; guilt; prefrontal cortex

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2021MH296); 山东省医药卫生科技项目(202412030598); 山东省中医药科技项目(Z20243204)

作者简介: 董鑫(1994—), 男, 主治医师, 硕士研究生在读, 主要研究为注意缺陷多动障碍。

通信作者: 李燕, E-mail: liyanxj@sina.com

注意缺陷多动障碍 (attention-deficit/hyperactivity disorder, ADHD) 是儿童期最常见的神经发育障碍之一, 核心特征为注意力不集中、冲动及过度活动^[1]。全球 ADHD 患病率呈上升趋势, 中国儿童青少年发病率已达 6.26%, 成为重要的公共卫生问题^[2]。本研究采用的遗传数据来源于公开欧洲人群队列, 而不同人群的遗传背景与表型关联模式可能存在差异, 后续需结合本土数据进一步探索。研究显示, 25% 的 ADHD 患儿存在严重情绪失调, 50% 为中度失调, 间接效应占总效应的 33%, 提示情绪调节障碍是 ADHD 患儿负性情绪的核心诱因^[3]。

然而, 情绪状态与 ADHD 的因果方向尚存争议, 负性情绪可能诱发 ADHD, 或 ADHD 症状导致负性情绪, 传统观察性研究难以界定^[4]。且不同情绪类型的影响差异、前额叶皮层 (执行功能核心) 与杏仁核 (情绪加工中枢) 的中介机制, 均缺乏系统性验证^[5]。此前相关双样本双向孟德尔随机化 (Mendelian randomization, MR) 研究多聚焦单一情绪维度, 未系统评估多种情绪状态, 也未深入探究神经解剖学中介机制^[6-7]。因此, 本研究采用双样本双向 MR 结合中介 MR 分析, 系统评估 12 种情绪状态与 ADHD 的因果关联, 以前额叶皮层和杏仁核体积为中介变量, 结合年龄分层分析, 旨在揭示 ADHD 发病机制, 为临床早期干预提供新靶点。

1 资料和方法

1.1 MR 分析的核心假设 本研究是一项涉及多重暴露及中介效应分析的 MR 研究, 遵循 STROBE-MR 指南进行报告^[8]。MR 分析基于 3 个核心假设: 相关性、独立性和排除限制^[9]。

1.2 数据来源 本研究使用的所有全基因组关联研究 (genome-wide association study, GWAS) 数据均为公开可得, 来源于已发表的 GWAS、开放 GWAS 项目 (<https://gwas.mrcieu.ac.uk/>)、精神病学基因组学联盟 (<https://pgc.unc.edu/>) 及 ENIGMA 联盟 (<https://enigma.ini.usc.edu/>)。为避免样本重叠导致的偏倚, 通过查阅原始研究文献和 GWAS 数据库说明, 确认纳入研究的暴露队列和结局队列相对独立, 无显著样本重叠。其中, 情绪状态的遗传变异数据来自一项样本量为 380 506 的 GWAS, 涵盖 12 种情绪状态, 具体包括神经质、易怒、孤独感、痛苦感、情绪波动、内疚、过度担忧、厌倦、紧张、忧虑、情感伤害、紧绷^[6]; ADHD 遗传关联数据来自一项样本量为 225 534 的 GWAS 研究^[7]; 前额叶皮层体积 GWAS 数据取自 ENIGMA 联盟,

样本量为 32 418^[10], 所有数据均可获取。

1.3 工具变量选择 首先, 将 $P < 5 \times 10^{-8}$ 作为全基因组显著性阈值, 用于筛选与不同情绪状态、混杂因素、中介因素、ADHD 密切相关的单核苷酸多态性 (single nucleotide polymorphism, SNPs)。其次, 为避免连锁不平衡 (linkage disequilibrium, LD), 剔除部分工具变量以确保这些变量之间的独立性 ($R^2 = 0.001, kb = 10\ 000$)。第三, 使用 F 统计量确定工具变量与暴露的相关性。SNPs 的 F 值用于判断是否存在弱工具变量偏倚。若 $F > 10$, 则认为相关性足够强, 可避免弱工具变量偏倚。

1.4 统计学方法 本研究以情绪状态为暴露变量, 性别、年龄为混杂因素, 前额叶及杏仁核皮层体积为中介变量, ADHD 为结局变量, 采用 R 软件 4.4.0 版本及 Two Sample MR 包进行因果关联分析。以逆方差加权 (IVW) 法为主要分析方法, 辅以 MR-Egger、加权中位数等方法; 通过科克伦 Q 检验 (Cochran's Q test) 检验异质性, MR-Egger 截距检验水平多效性^[11], 并使用 MR-PRESSO 识别异常值 SNPs^[12]。采用留一法分析检验结果的稳定性^[13]。

为深入揭示情绪状态影响 ADHD 的神经解剖学机制, 本研究在基础 MR 验证直接因果关联后, 引入中介 MR 分析, 以前额叶皮层体积 (执行功能调控中枢)^[5] 和杏仁核 (情绪加工核心)^[7] 为核心中介变量; 二者与情绪调节、注意力控制密切相关, 是连接情绪与 ADHD 发病的关键靶点。分析严格遵循中介 MR 四步因果假设: 1) 验证情绪状态 (暴露) 与中介变量的显著关联 (a 效应); 2) 验证中介变量与 ADHD (结局) 的显著关联 (b 效应); 3) 验证暴露与结局的总因果关联 (c 效应); 4) 控制中介后, 暴露对结局的直接效应 (c') 显著降低, 以此排除虚假关联。中介效应量化采用“多变量 MR + Delta 法”, 兼顾混杂控制与标准误估算准确性, 适配多工具变量场景。具体为: 1) 通过 IVW 法检验“内疚/厌倦与中介变量”的 a 效应, 提升估算稳定性; 2) 用多变量 MR 模型控制混杂, 精准估算中介变量与 ADHD 的 b 效应, 避免效应干扰; 3) 以 IVW 法计算总效应 (c), 并通过“总效应-间接效应”推导直接效应 (c'); 4) 以 $a \times b$ 定义间接效应, 标准误采用 Delta 法估算 (公式: $SE_{a \times b} = \sqrt{b^2 \times SE_a^2 + a^2 \times SE_b^2}$), P 值通过 Z 检验判定, 同时以“中介比例 = (间接效应/总效应) $\times 100\%$ ”量化中介作用强度, 直观反映中介变量在因果链中的解释力。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同情绪状态对 ADHD 的影响 为确保因果

推断的可靠性,本研究制定严格纳入标准:1)IVW 分析 $P < 0.05$;2)异质性检验(Het) $P > 0.05$ (工具变量效应方向一致,无显著异质性);3)水平多效性检验(pleiotropy) $P > 0.05$ 且 MR-PRESSO $P > 0.05$ (排除工具变量通过其他路径影响结局的偏倚);4)留一法验证结果稳定,且 MR-Egger 与 IVW 分析效应方向一致。判定情绪与 ADHD 存在显著因果关联的标准为 IVW 分析 $P < 0.05$ 、无显著异质性、无水平多效性且结果稳定,仅内疚和厌倦完全满足上述标准,揭示内疚和厌倦与 ADHD 呈显著正向因果关联;其余 10 种情绪中,部分虽有关联趋势但存在显著异质性或水平多效性,另一部分未达到 IVW 统计显著性标准,故未呈现与 ADHD 的显著因果关联。见表 1。

表 1 不同情绪状态与注意缺陷多动障碍分析结果

Tab. 1 Results of the associations between different emotional states and attention-deficit/hyperactivity disorder

编号	暴露因素	SNP 数	OR 值(95%CI)	统计学方法(P 值)				
				IVW	MR-Egger	pleiotropy	Het	MR-PRESSO
1	神经质	77	1.85(1.41~2.42)	<0.001	0.937	0.424	<0.001	<0.001
2	易怒	30	1.78(1.18~2.68)	0.006	0.428	0.656	<0.001	<0.001
3	孤独感	6	1.82(0.70~4.73)	0.219	0.977	0.850	0.191	0.211
4	痛苦感	27	1.97(1.11~3.51)	0.020	0.357	0.743	<0.001	<0.001
5	情绪波动	39	2.97(1.98~4.47)	<0.001	0.773	0.539	<0.001	<0.001
6	内疚	9	2.64(1.42~4.91)	0.002	0.663	0.793	0.392	0.407
7	过度担忧	17	0.71(0.36~1.39)	0.316	0.085	0.113	0.002	0.005
8	厌倦	22	2.18(1.48~3.20)	<0.001	0.420	0.980	0.805	0.808
9	紧张	30	0.89(0.55~1.46)	0.646	0.576	0.625	<0.001	0.001
10	忧虑	32	0.78(0.46~1.30)	0.334	0.426	0.502	<0.001	0.001
11	情感伤害	26	1.59(0.99~2.55)	0.057	0.443	0.734	0.011	0.005
12	紧绷	17	1.41(0.64~3.11)	0.396	0.174	0.141	<0.001	<0.001

2.2 中介效应结果 IVW 分析显示,“内疚”、“厌倦”均通过前额叶皮层体积介导 ADHD 风险,针对杏仁核体积的中介效应检验显示,未筛选到同时与情绪状态(内疚或者厌倦)、杏仁核体积及 ADHD 显著相关的工具变量。当因果关联依赖单一或多个中介路径时,效应量会因“传递稀释”呈现 OR 值接近 1 的特征,但只要 95%CI 不包含 1 且 P 值显著,即为真实且有意义的因果关联,符合中介 MR 分析中“间接效应温和但稳健”的普遍规律^[14-15]。见表 2。

表 2 内疚、厌倦情绪通过前额叶皮层体积影响 ADHD 的核心中介效应结果(IVW 分析)

Tab. 2 Core mediating effect results of guilt and boredom on ADHD through prefrontal cortex volume (IVW analysis)

暴露因素	效应类型	β 值	OR 值(95%CI)	S_e 值	P 值	中介比例(%)
内疚	暴露-中介(a)	0.004	1.004(1.003~1.005)	<0.001	<0.001	—
内疚	中介-ADHD(b)	0.780	2.180(1.952~2.435)	0.059	<0.001	—
内疚	总效应(c)	0.004	1.004(1.004~1.005)	<0.001	<0.001	—
内疚	间接效应(a×b)	0.003	1.003(1.003~1.004)	<0.001	<0.001	74.4
内疚	直接效应(c')	0.001	1.001(1.000~1.002)	<0.001	0.058	—
厌倦	暴露-中介(a)	0.004	1.004(1.003~1.005)	<0.001	<0.001	—
厌倦	中介-ADHD(b)	0.730	2.075(1.860~2.312)	0.061	<0.001	—
厌倦	总效应(c)	0.004	1.004(1.004~1.005)	<0.001	<0.001	—
厌倦	间接效应(a×b)	0.003	1.003(1.002~1.003)	<0.001	<0.001	68.3
厌倦	直接效应(c')	0.001	1.001(1.000~1.002)	<0.001	0.062	—

注:中介比例=(间接效应 β /总效应 β) $\times 100\%$,反映前额叶皮层体积在情绪影响 ADHD 路径中的主要作用强度,剩余效应可能由其他未捕捉通路(如杏仁核调节、神经递质分泌等)。

2.3 工具变量阈值敏感性检验 结果呈现显著稳定性,且不同阈值下,“情绪与前额叶皮层体积”的 a 效应波动幅度小于 5%、“前额叶皮层体积与 ADHD”的 b 效应均保持稳定,所有间接效应 P 值均 <0.000 1,满足稳健性标准。留一法验证中,无任何极端偏离值,且所有间接效应 P 值均 <0.001,未发现单一 SNP 对整体结果的驱动作用,证实中介效应并非由个别异常位点主导。此外,水平多效性检验(MR-Egger 截距检验)显示,内疚组截距为 0.000 1($P = 0.896$)、厌倦组截距为 0.000 2($P =$

0.983),均远大于 0.05,表明工具变量仅通过前额叶皮层体积路径影响 ADHD,无显著水平多效性干扰;MR-PRESSO 检验未检测到任何异常值 SNP (内疚异常值 $P=0.512$,厌倦异常值 $P=0.876$),进一步排除了极端值导致的偏倚风险。综上,多重敏感性分析从工具变量筛选标准、单一 SNP 干扰、水平多效性及异常值等多个关键维度,同时,不同敏感性场景下中介比例始终稳定在 66%~81% 区间,从未达到 100%,进一步印证了“非完全中介”的生物学逻辑:情绪对 ADHD 的影响存在未被捕捉的其他潜在通路(如杏仁核功能调节、神经递质分泌等)。

2.4 年龄分层中介效应分析 年龄分层中介效应结果按 ADHD 发病关键期分层(儿童:6~12 岁、青少年:13~19 岁、成人: ≥ 20 岁)后,青少年亚组的中介效应显著强于其他亚组。见表 3。

表 3 不同年龄亚组中情绪-前额叶皮层体积-ADHD 的中介比例对比

Tab. 3 Comparison of mediation proportions of emotion-prefrontal cortex volume-ADHD in different age subgroups

暴露因素	年龄亚组(分组依据)	中介比例(%)	P 值
内疚	儿童亚组(6~12 岁)	29.3	0.115
内疚	青少年亚组(13~19 岁)	83.7	<0.001
内疚	成人亚组(≥ 20 岁)	39.6	0.032
厌倦	儿童亚组(6~12 岁)	27.5	0.138
厌倦	青少年亚组(13~19 岁)	77.8	<0.001
厌倦	成人亚组(≥ 20 岁)	38.9	0.041

3 讨 论

3.1 内疚与厌倦是 ADHD 的潜在上游风险因素

本研究通过双样本双向 MR 结合中介 MR 分析,系统探究了 12 种情绪状态与 ADHD 的因果关联及潜在神经解剖学机制,首次明确内疚与厌倦是 ADHD 发病的潜在上游风险因素,且无反向因果关系,这一结果与既往多项观察性研究的发现高度一致。Shaw 等^[5]在一项针对 ADHD 患者情绪特征的研究中发现,ADHD 患者的情绪失调症状尤为突出,其中内疚感和厌倦感的得分显著高于健康对照组,且这两种情绪的严重程度与 ADHD 核心症状的严重程度呈正相关,提示负性情绪可能参与 ADHD 的发病过程。Mojzisch 等^[13]从社会认知神经科学角度出发,提出长期厌倦会导致大脑认知资源耗竭,进而影响注意力调控功能,而注意力不集中正是 ADHD 的核心症状之一,这为厌倦与 ADHD 的因果关联提供了理论支撑。此外,Newark 等^[16]研究发现,ADHD 患者常存在自我效能感低下的问题,而这

种低自我效能感会加剧内疚情绪的产生,形成“内疚-自我否定-注意力进一步下降”的恶性循环,进一步支持了内疚作为 ADHD 上游风险因素的合理性。

3.2 前额叶皮层体积是情绪影响 ADHD 的核心中介通路 本研究首次验证了“内疚或厌倦-前额叶皮层体积-ADHD”的因果链,揭示了前额叶皮层体积在其中的关键中介作用,这一发现具有坚实的神经解剖学和遗传学基础。Grasby 等^[10]通过对大规模人群的 GWAS 分析,明确了前额叶皮层体积具有显著的遗传性,且其遗传变异与神经发育障碍密切相关,这为本研究中采用 MR 方法探究前额叶皮层体积的中介作用提供了方法学前提。Demontis 等^[7]在最新的 ADHDGWAS 研究中发现,ADHD 的遗传风险基因主要富集于前额叶发育相关通路,其中多巴胺 D4 受体基因(dopamine D4 receptor gene, DRD4)、脑源性神经营养因子(brain-derived neurotrophic factor, BDNF)等基因的变异与 ADHD 发病风险显著相关,而这些基因同时也参与调节前额叶皮层的神经元突触修剪和神经营养过程,与本研究“前额叶皮层体积异常介导情绪对 ADHD 影响”的机制高度契合。Shaw 等^[5]研究还指出,前额叶皮层作为大脑执行功能的核心中枢,其体积和功能直接影响注意力调控、冲动控制等关键能力,而 ADHD 患者的前额叶皮层发育往往滞后于健康人群,这进一步解释了为何前额叶皮层体积会成为情绪影响 ADHD 的核心中介路径。

3.3 青少年期是中介效应的关键敏感阶段 年龄分层分析显示,青少年亚组的中介效应最强,这一结果与青少年期大脑发育的生理特征密切相关。Akse 等^[17]研究表明,青少年期是大脑发育的关键窗口期,尤其是前额叶皮层,其突触密度在 15~17 岁达到峰值,之后会经历选择性修剪过程,这一阶段的大脑结构和功能具有高度可塑性,同时也对外部环境和情绪应激更为敏感。Caye 等^[18]元分析研究发现,ADHD 症状在青少年期最易持续和加重,这一时期的负性情绪体验可能通过影响前额叶皮层的正常发育,进一步加剧 ADHD 症状,而本研究的年龄分层结果恰好印证了这一结论。此外,中国科学院心理研究所的心理健康蓝皮书指出,中国青少年面临的学业竞争压力和单一化学习模式,使得内疚情绪和厌倦情绪的检出率持续升高^[2],而这一时期恰好是前额叶皮层发育的关键敏感阶段,负性情绪对脑结构的损伤更为显著,这也为青少年亚组中介效应最强的结果提供了本土化的现实依据。

3.4 本土化临床转化是 ADHD 早期干预的新靶点与实践路径 从本土化临床转化角度来看,本研究结果具有重要的实践意义。研究显示,中国儿童青少年 ADHD 发病率已达 6.26%,且具有显著的本土化特征,学业压力诱发的内疚情绪和长期单一化学习模式导致的厌倦情绪,已成为影响青少年心理健康的主要情绪诱因^[2]。与西方个体主义文化不同,中国集体主义文化背景下,青少年的内疚情绪更多与社会归因相关,如对家庭期望的辜负、对学业表现的自责等,这种文化特异性的情绪诱因使得本研究的核心发现更贴合中国青少年的实际情况^[19]。基于本研究结果,临床干预可针对性地聚焦青少年期这一关键敏感阶段,通过情绪管理训练帮助青少年缓解内疚和厌倦情绪^[20],针对学业相关内疚,可设计“合理归因 + 自我接纳”双模块训练:通过案例分析、角色扮演帮助青少年区分“努力不足”“能力局限”与“环境因素”,避免过度自责;引导梳理内疚触发场景,接纳“不完美”,打破恶性循环^[20]。同时配套家庭沟通指导,建议家长采用“具体行为描述 + 情感接纳”的沟通方式(比如“这次作业错题多,妈妈看到你很努力,我们一起分析原因”),减少内疚诱发源^[21]。针对学习厌倦,引入“兴趣导向 + 自主掌控”策略:将学习任务按 15~20min 拆分,间隙嵌入兴趣轻量活动或在学习融入兴趣元素,提升任务吸引力;让青少年自主选择学习顺序、工具或伙伴,增强掌控感^[20]。可结合神经反馈训练强化前额叶皮层功能,形成“情绪调节 + 认知强化”双重干预体系^[15]。家庭与学校需协同干预:学校课堂融入“任务切换”理念,家长减少指责式沟通,为青少年提供宽松多样的成长环境^[21]。这套本土化方案贴合中国青少年实际,操作明确,可为临床、家校提供落地参考。

3.5 局限性 本研究基于以欧洲人群为主的 GWAS 数据,不同种族在情绪相关 SNP 频率、LD 结构、遗传背景及情绪诱因等方面存在固有差异,跨种族遗传异质性可能导致研究结论难以直接外推至中国人群。本研究发现的情绪-ADHD 因果链是否在中国人群中成立,尚待本土遗传数据验证。未来需开展基于中国人群的 MR 研究,可利用 China Kadoorie Biobank 或 CHARGE 联盟亚洲子队列等本土遗传资源,验证本研究发现的因果关联及中介机制。此外,ADHD 常合并焦虑、抑郁等共病,可能干扰“情绪-前额叶-ADHD”链,本研究未将其纳入多变量 MR 控制,可能对中介效应的评估结果产生一定偏倚。ADHD 为全脑网络失调,本研究仅聚焦于

前额叶这一核心脑区,未涉及隔核、杏仁核等,难以全面揭示 ADHD 发生发展的多脑区协同作用机制。ADHD 的发病特征与病理表现存在显著性别差异,本研究未开展性别亚组分析,一定程度上限制了结论在不同性别群体中的适用性。

利益冲突声明 本文无利益冲突。

数据可用性声明 本研究的核心数据源自开放 GWAS 项目 (<https://gwas.mrcieu.ac.uk/>)、精神病学基因组学联盟 (PGC) (<https://pgc.unc.edu/>)、ENIGMA 联盟 (<https://enigma.ini.usc.edu/>),上述资源可通过公开网络直接访问获取。本研究结论仅代表作者学术观点。经处理的关键分析数据已在论文结果部分详细呈现;若需复现研究方法或验证结论,可向通信作者提出合理申请,获取脱敏后的数据集。

参考文献

- [1] Epstein JN, Loren RE. Changes in the definition of ADHD in DSM-5: Subtle but important[J]. Neuropsychiatry (Lond), 2013, 3(5): 455-458.
- [2] 孙向红,陈雪峰,陈雪峰,等. 心理健康蓝皮书:中国国民心理健康发展报告(2023—2024)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2024.
Sun XH, Chen XF, Chen XF, et al. Mental health blue book: Report on national mental health development in China (2023—2024) [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press (China), 2024. (in Chinese)
- [3] 李思迅,王美雯,杨燕平,等. 情绪调节与注意缺陷多动障碍患儿焦虑/抑郁症状:社交问题的中介效应和家庭功能的调节[J]. 四川大学学报(医学版), 2024, 55(2): 346-352.
Liu SX, Wang MW, Yang YP, et al. Effect of emotion regulation on anxiety/depression symptoms in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: The mediating role of social problems and the moderating role of family functioning [J]. Journal of Sichuan University (Medical Science Edition), 2024, 55(2): 346-352. (in Chinese)
- [4] Richmond RC, Davey Smith G. Mendelian randomization: Concepts and scope[J]. Cold Spring Harb Perspect Med, 2022, 12(1): a040501.
- [5] Shaw P, Stringaris A, Nigg J, et al. Emotion dysregulation in attention deficit hyperactivity disorder[J]. Am J Psychiatry, 2014, 171(3): 276-293.
- [6] Nagel M, Watanabe K, Stringer S, et al. Item-level analyses reveal genetic heterogeneity in neuroticism[J]. Nat Commun, 2018, 9(1): 905.
- [7] Demontis D, Walters GB, Athanasiadis G, et al. Author correction: Genome-wide analyses of ADHD identify 27 risk loci, refine the genetic architecture and implicate several cognitive domains[J]. Nat Genet, 2023, 55(4): 730.
- [8] Skrivankova VW, Richmond RC, Woolf BAR, et al. Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology using mendelian randomisation (STROBE-MR): Explanation and elaboration[J]. BMJ, 2021, 375: n2233.

- [9] Lawlor DA, Harbord RM, Sterne JA, et al. Mendelian randomization: Using genes as instruments for making causal inferences in epidemiology[J]. *Stat Med*, 2008, 27(8): 1133-1163.
- [10] Grasby KL, Jahanshad N, Painter JN, et al. The genetic architecture of the human cerebral cortex[J]. *Science*, 2020, 367(6484).
- [11] Bowden J, Davey Smith G, Burgess S. Mendelian randomization with invalid instruments: Effect estimation and bias detection through Egger regression[J]. *Int J Epidemiol*, 2015, 44(2): 512-525.
- [12] Verbanck M, Chen CY, Neale B, et al. Publisher correction: Detection of widespread horizontal pleiotropy in causal relationships inferred from mendelian randomization between complex traits and diseases[J]. *Nat Genet*, 2018, 50(8): 1196.
- [13] Mojzisch A, Schulz-Hardt S. Being fed up: A social cognitive neuroscience approach to mental satiation[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2007, 1118: 186-205.
- [14] Tong J, Li N, Hu F, et al. Metabolic improvement mediates the causal relationship between GLP-1 receptor agonists and myocardial infarction: A mendelian randomization and mediation analysis study[J]. *Diabetes Care*, 2026, 49(1):171-178.
- [15] Shen J, Tozer DJ, Markus HS, et al. Network efficiency mediates the relationship between vascular burden and cognitive impairment: A diffusion tensor imaging study in UK biobank[J]. *Stroke*, 2020, 51(6): 1682-1689.
- [16] Newark PE, Elsasser M, Stieglitz RD. Self-esteem, self-efficacy, and resources in adults with ADHD[J]. *J Atten Disord*, 2016, 20(3): 279-290.
- [17] Akse J, Hale WW, Engels RC, et al. Stability and change in personality type membership and anxiety in adolescence[J]. *J Adolesc*, 2007, 30(5): 813-834.
- [18] Caye A, Spadini AV, Karam RG, et al. Predictors of persistence of ADHD into adulthood: A systematic review of the literature and meta-analysis[J]. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 2016, 25(11): 1151-1159.
- [19] Deng J. Cultural influences on emotional display rules[D]. London: Brunel University, 2019.
- [20] Bramham J, Young S, Bickerdike A, et al. Evaluation of group cognitive behavioral therapy for adults with ADHD[J]. *J Atten Disord*, 2009, 12(5): 434-441.
- [21] Song J, Fogarty K, Suk R, et al. Behavioral and mental health problems in adolescents with ADHD: Exploring the role of family resilience[J]. *J Affect Disord*, 2021, 294: 450-458.

收稿日期:2025-08-06 修回日期:2025-12-09 本文编辑:杨媛媛

(上接第 612 页)

- [10] 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.
- Zhou JB, Guo LT, Chen Y. Reliability and validity of the Chinese version of Swanson, Nolan, and Pelham Version IV Rating Scale-Parent Form for attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *Chinese Mental Health Journal*, 2013, 27(6): 424-428. (in Chinese)
- [11] Collett BR, Ohan JL, Myers KM. Ten-year review of rating scales. V: Scales assessing attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2003, 42(9):1015-1037.
- [12] 张慧凤,张劲松,帅澜,等. 学龄前儿童中文版 SNAP-IV 评定量表父母版的信效度检验[J]. *中国儿童保健杂志*, 2016, 24(12): 1253-1256.
- Zhang HF, Zhang JS, Shuai L, et al. Reliability and validity of the Chinese version of the Swanson, Nolan, and Pelham, version IV scale-parent form [J]. *Chin J Child Health Care*, 2016, 24(12): 1253-1256. (in Chinese)
- [13] 苏林雁,李雪荣,黄春香,等. 儿童行为评定量表全国协作组. Conners 父母症状问卷的中国城市常模[J]. *中国临床心理学杂志*, 2001(4):241-243,252.
- [14] 苏林雁,谢光荣,罗学荣,等. 儿童行为评定量表全国协作组. Conners 教师评定量表的全国城市常模[J]. *中国实用儿科杂志*, 2001(12): 716-719.
- [15] 龚栩,黄宇霞,王妍,等. 中国面孔表情图片系统的修订[J]. *中国心理卫生杂志*, 2011, 25(1): 40-46.
- Gong X, Huang YX, Wang Y, et al. Revision of the Chinese Facial Affective Picture System[J]. *Chinese Mental Health Journal*, 2011, 25(1): 40-46. (in Chinese)
- [16] Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences[M]. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [17] 陆伟,张劲松,邱美慧. ADHD 儿童视觉注意加工基本特征的脑电研究[J]. *武警后勤学院学报(医学版)*, 2021, 30(9): 128-129, 132.
- Lu W, Zhang JS, Qiu MH. A study on the basic features of ADHD children's visual attention processing[J]. *Journal of Logistics University of PAP(Medical Sciences)*, 2021, 30(9): 128-129, 132. (in Chinese)
- [18] 陈依,麻焱,范晓莉,等. 注意缺陷多动障碍患儿面部表情识别能力及其神经心理机制[J]. *浙江大学学报(医学版)*, 2024, 53(2):254-260.
- Chen Y, Ma Y, Fan XL, et al. Facial expression recognition ability and its neuropsychological mechanisms in children with attention deficit and hyperactive disorder[J]. *Journal of Zhejiang University(Medical Sciences)*, 2024, 53(2):254-260. (in Chinese)
- [19] Levy T, Dupuis A, Andrade BF, et al. Facial emotion recognition in children and youth with attention-deficit/hyperactivity disorder and irritability[J]. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 2023, 32(11):2271-2280.
- [20] Bozkurt A, Yıldırım Demirdöğen E, Kolak Çelik M, Akıncı MA. An assessment of dynamic facial emotion recognition and theory of mind in children with ADHD: An eye-tracking study[J]. *PLoS One*, 2024, 19(2):e0298468.
- [21] Borhani K, Nejati V. Emotional face recognition in individuals with attention-deficit/hyperactivity disorder: A review article[J]. *Dev Neuropsychol*, 2018, 43(3):256-277.

收稿日期:2025-09-23 修回日期:2026-01-16 本文编辑:杨媛媛