

神经反馈对儿童注意缺陷多动障碍治疗效果的 meta 分析

郭睿谦¹ 王丙森² 李玲²

1.北京化工大学国际教育学院,北京 100069;2.中国医学科学院医学信息研究所,北京 100020

[摘要] 目的 系统评价神经反馈对儿童注意缺陷多动障碍(ADHD)患者的治疗效果。方法 系统检索 PubMed、Web of Science 核心合集数据库、Embase、中国生物医学文献数据库、中国知网和万方数据知识服务平台,纳入使用神经反馈干预治疗儿童及青少年儿童 ADHD 患者的随机对照试验,检索时间为自建库至 2025 年 5 月,提取数据并使用 Revman 5.4.1 进行 meta 分析。结果 共纳入 6 项研究。meta 分析结果显示,神经反馈组患者病情评分降低值小于安慰剂组[MD=-0.35, 95%CI(-0.72, 0.02), P=0.06]。亚组分析结果显示,在提高患者注意力方面,神经反馈组评分改善值小于安慰剂组,但差异无统计学意义[MD=-0.24, 95%CI: (-0.51, 0.03), P=0.08];在改善多动/冲动障碍方面,神经反馈组评分改善值大于安慰剂组[MD=-2.16, 95%CI(-3.87, -0.45), P=0.01]。结论 神经反馈治疗效果并不优于安慰剂治疗,仅在患者多动/冲动障碍和攻击性两方面疗效显著。

[关键词] 儿童注意缺陷多动障碍;神经反馈;meta 分析

[中图分类号] R749 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-7210(2025)11(c)-0073-07

DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2025.33.14

Meta-analysis of the therapeutic effect of neurofeedback on attention deficit hyperactivity disorder in children

GUO Ruiqian¹ WANG BingSen² LI Ling²

1.School of International Education, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100069, China; 2.Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100020, China

[Abstract] **Objective** To systematically evaluate the efficacy of neurofeedback in the treatment of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). **Methods** The system retrieves PubMed, the Web of Science core Collection database, Embase, CBM, CNKI, and Wanfang data were systematically retrieved to include randomized controlled trials using neurofeedback intervention for the treatment of children and adolescent children with ADHD. The search period was from the establishment of the database to May 2025. Extract the data and conduct meta-analysis using Revman 5.4.1. **Results** A total of six studies were included. The results of the meta-analysis showed that the reduction in disease score in the neurofeedback group was lower than that in the placebo group (MD=-0.35, 95%CI: [-0.72, 0.02], P=0.06). The results of subgroup analysis showed that in terms of improving patients' attention, the improvement value of the neurofeedback group was lower than that of the placebo group, but the difference was not statistically significant (MD=-0.24, 95%CI [-0.51, 0.03], P=0.08). In terms of improving hyperactivity/impulsivity disorders, the improvement value of the neurofeedback group was greater than that of the placebo group (MD=-2.16, 95%CI: [-3.87, -0.45], P=0.01). **Conclusion** The effect of neurofeedback therapy is not superior to that of placebo treatment, and it is only significantly effective in terms of hyperactivity/impulsivity disorder and aggression in patients.

[Key words] Attention deficit disorder with hyperactivity; Neurofeedback; Meta-analysis

儿童注意缺陷多动障碍(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)是一种常见起始于幼年的神经发育障碍疾病,其发病原因与多种基因和非遗传因素

[基金项目] 国家社会科学基金重大项目(19ZDA041);中国妇幼保健研究会立项项目(2023CAMCHS05)。

[通讯作者] 李玲(1985.12-),女,硕士,副研究员;研究方向:临床医学、医学信息学。

的联合效应有关,其主要表征为儿童注意力不集中、心不在焉、情绪调节障碍及过度活跃/冲动症状。ADHD 是一种发病率较高的异质性疾病,其儿童患病率超过 5%,并且男性的患病率较女性更高。同时,该疾病伴随有社交困难、睡眠障碍等严重影响患者生活质量的症状^[1-2]。

目前治疗 ADHD 的方法包括药物干预和非药物干预^[3]。药物干预是指使用一种或多种药物治疗 ADHD 的过程,使用的药物目前多为精神兴奋剂,其中使用最广泛的精神兴奋剂药物为安非他命和哌甲酯、托莫西汀、 α_2 肾上腺素受体激动剂、抗抑郁药等^[4]。虽然药物治疗可显著改善 ADHD 的核心症状,却因成瘾风险、不良副作用等原因而饱受担忧。此外,药物也难以有效改善认知功能缺陷和社会问题。对此,鉴于患者对治疗 ADHD 的需求,非药物疗法近来备受人们关注。目前,常用的非药物疗法有心理社会疗法、神经反馈(neurofeedback, NF)疗法、认知训练、非侵入性脑刺激技术等^[5]。

在非药物干预中,神经反馈作为一种治疗 ADHD 的方法,近年来逐步赢得了更多临床医师的认可。NF 是一种生物反馈技术,其通过基于脑电图的无创大脑刺激形式通过脑机接口把从个体大脑中提取的电生理活动特征以实时反馈刺激的形式呈现给个体,使个体在反馈刺激的强化作用下学习自我调节大脑活动^[6]。

根据国际临床神经生理学会联盟的定义,脑电图是在特定的位置通过头皮表面放置的电极采集到的

大脑皮质的电活动^[7]。不同的随机对照试验可能会根据试验需求选择不同的脑区范围,同时,不同的信号频段选取也会对 NF 结果产生影响,目前多数 NF 所选取的信号频段为 θ 抑制, β 增强等。虽然目前 NF 技术相对成熟,且成本较药物治疗更加低廉,但 NF 疗法对于 ADHD 的治疗效果现仍少有准确评定。因此,本研究进行了一项系统评价,目的为根据现有的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)研究的结论,系统性评估 NF 在改善 ADHD 和青少年患者功能方面的有效性。

1 资料与方法

1.1 文献检索

检索 PubMed、Web of Science 核心合集数据库、Embase、中国生物医学文献数据库、中国知网和万方数据知识服务平台使用 NF 治疗 ADHD 的临床研究,检索时间为建库至 2025 年 5 月。检索时采用主题词与主题 / 摘要检索相结合的方式。英文检索词包括 Neurofeedback、EEG biofeedback、ADHD 等,中文检索词包括 ADHD、神经反馈、注意缺陷、脑电生物反馈等。检索式见表 1。

表 1 文献检索式

数据库	检索式
PubMed	((("Attention Deficit Disorder with Hyperactivity"[MeSH Terms]OR "ADHD"[MeSH Terms]OR "ADDH"[MeSH Terms] OR (Attention Deficit Disorder with Hyperactivity [Title/Abstract])OR "(ADHD [Title/Abstract])OR (ADDH [Title/Abstract])OR (Attention Deficit Hyperactivity Disorders [Title/Abstract]))AND ("Neurofeedback"[MeSH Terms] OR (Neuro feedback[Title/Abstract])OR (EEG biofeedback[Title/Abstract])))
Web of Science 核心合集数据库	((TS=(("Attention Deficit Hyperactivity Disorder" OR "ADHD" OR "ADDH")ORTI=(("Attention Deficit Hyperactivity Disorder"OR "ADHD" OR "ADDH")ORAB=(("Attention Deficit Hyperactivity Disorder"OR "ADHD"OR "ADDH") OR AK=(("Attention Deficit Hyperactivity Disorder" OR "ADHD" OR "ADDH") OR KP=(("Attention Deficit Hyperactivity Disorder" OR "ADHD" OR "ADDH")) AND (TS=(("Neurofeedback" OR "EEG Biofeedback") OR TI=(("Neurofeedback" OR "EEG Biofeedback") OR AB=(("Neurofeedback" OR "EEG Biofeedback") OR AK=(("Neurofeedback" OR "EEG Biofeedback") OR KP=(("Neurofeedback" OR "EEG Biofeedback")) AND (TI=(("Randomized Controlled Trial") OR TS=(("Randomized Controlled Trial") OR AB=(("Randomized Controlled Trial") OR AK=(("Randomized Controlled Trial") OR KP=(("Randomized Controlled Trial"))))
Embase	('attention deficit disorder with hyperactivity':ab,ti OR adhd:ab,ti OR addh:ab,ti OR 'attention deficit hyperactivity disorders':ab,ti) AND (neurofeedback:ab,ti OR 'eeg biofeedback':ab,ti) AND 'randomized controlled trial':ab,ti
中国生物医学文献数据库	((("注意缺陷障碍"[标题]OR"儿童注意缺陷多动障碍"[标题] OR "注意缺陷障碍"[摘要]OR"儿童注意缺陷多动障碍"[摘要])AND(("神经反馈"[标题]OR"Neurofeedback"[标题]OR"脑电反馈"[标题]OR"脑电生物反馈"[标题] OR"脑波生物反馈"[标题]OR" α 脑电生物反馈"[标题]OR" α 反馈"[标题]OR"肌电图反馈"[标题]OR"脑电图反馈"[标题]OR"脑电图生物反馈"[标题] OR " α 生物反馈"[标题]OR"脑电生物反馈"[标题]OR"神经反馈"[标题]OR"Neurofeedback"[标题]OR"脑电反馈"[标题]OR"脑波生物反馈"[标题]OR" α 脑电生物反馈"[标题]OR " α 反馈"[标题]OR"肌电图反馈"[标题]OR"脑电图反馈"[标题]OR"脑电图生物反馈"[标题]OR" α 生物反馈"[标题])OR("神经反馈"[摘要]OR"Neurofeedback"[摘要]OR"脑电反馈"[摘要]OR"脑电生物反馈"[摘要]OR"脑波生物反馈"[摘要]OR" α 脑电生物反馈"[摘要]OR" α 反馈"[摘要]OR"肌电图反馈"[摘要]OR"脑电图反馈"[摘要]OR"脑电图生物反馈"[摘要]OR" α 生物反馈"[摘要])OR("脑电生物反馈"[摘要]OR"神经反馈"[摘要]OR "Neurofeedback"[摘要]OR"脑电反馈"[摘要]OR"脑波生物反馈"[摘要]OR" α 脑电生物反馈"[摘要]OR" α 反馈"[摘要]OR"肌电图反馈"[摘要]OR"脑电图反馈"[摘要]OR"脑电图生物反馈"[摘要]OR" α 生物反馈"[摘要]))AND 随机对照试验[文献类型]
中国知网	(TKA='儿童注意缺陷多动障碍' ORTKA='注意缺陷障碍')AND(TKA='神经反馈' ORTKA='脑电生物反馈')
万方数据知识服务平台	((TI=(注意缺陷障碍 或 儿童注意缺陷多动障碍)or AB=(注意缺陷障碍 或 儿童注意缺陷多动障碍))AND(TI=(神经反馈 OR 脑电生物反馈)OR AB=(神经反馈 OR 脑电生物反馈)))

1.2 纳入及排除标准

纳入标准。①研究类型:RCT;②研究对象:ADHD 患者;③干预措施:试验组进行 NF 治疗,对照组进行安慰剂或非 NF 治疗;④年龄 ≤ 18 岁;⑤国家、种族、性别和日期不限。

排除标准。①不完整的论文;②无法获取全文的文章;③写作语言非中文或英文。

1.3 文献筛选与数据提取

在人工阅读并排除重复文献后,由 1 名团队成员对标题和摘要进行初筛,在去除与检索主题不符的文献后,再由 2 名团队成员独立阅读其余的文献全文,按照先前设定的文献纳入及排标准进行复筛并相互核对,核对完成后确定纳入的文献。2 名研究者按照预先设计的数据提取表,分别从文献中提取相关数据和信息,并相互核对。对于存在意见分歧的情况,通过复查或团队讨论予以解决^[8]。提取内容包括作者、发表时间、样本量、受试者情况、NF 模式、主要结果等。同时,提取文献研究终点应尽量相似,以便于进行分析。

1.4 评估量表

根据 meta 分析结果部分所涉及的指标,主要使用的量表包括:①美国精神病学会的《精神障碍诊断与统计手册》第四版 (the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-IV)。该量表包含 18 项症状 (注意障碍 9 项,多动 / 冲动 9 项),用于诊断 ADHD 和评估症状严重程度,得分越高症状越严重^[9]。②临床总体印象量表 - 改善程度 (clinical global impression-improvement, CGI-I)。用于评估患者治疗后总体改善程度,采用 1 级 (显著改善)至 7 级 (严重恶化)评分,分数越高改善越差^[9]。③临床总体印象量表 - 疾病严重程度 (clinical global impressions-severity of illness scale, CGI-S)。用于评估精神障碍严重程度,采用 1 级 (无病)至 7 级 (极严重疾病)评分,分数越高严重程度越高^[11]。④康纳斯家长评估报告 (Conners 3-P)。由家长填写的儿童行为评定量表,包含 48 个问题,评估多动、注意力等问题,采用 0 级 (无症状)至 3 级 (症状严重)评分,分数越高问题越严重^[12]。⑤简明注意力缺陷量表 (attention deficit disorder with hyperactivity-RS, ADHD-RS)。包含 18 个项目评估注意力和多动症状,采用 0 级 (没有)至 3 级 (重度)评分,分数越高症状越严重^[13]。⑥攻击行为问卷 (the buss perry aggression questionnaire, BPAQ)。用于测量攻击性倾向 (身体攻击、言语攻击、愤怒、敌意),共 29 个条目,采用 1 级 (非常不同意)至 5 级 (非常同意)评分,得分越高攻击性越强^[14]。⑦冲动性量表 (barratt impulsiveness scale,

BIS):用于评估冲动性行为 (非计划、行动、认知冲动性)。共 30 个条目,采用 1 级 (很少 / 从不)至 4 级 (几乎总是)评分,得分越高冲动性越强^[15]。

1.5 数据处理与统计学方法

使用 Rerman 5.4.1 软件对获取的文献数据进行 meta 分析。计量资料采用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用均数差进行分析,95% 置信区间作为区间估计,合并效应值以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。文献间的异质性检验使用 χ^2 检验联合 I^2 检验,若 $P \geq 0.1$ 且 $I^2 < 50\%$ 则表示各文献间异质性较小,使用固定效应模型实施 meta 分析;若 $P < 0.1$ 或 $I^2 \geq 50\%$ 则表示各文献间存在明显异质性,则使用随机效应模型实施 meta 分析并分析异质性来源。采用 Cochrane Handbook 5.1.0 推荐的偏倚风险评估工具对纳入文献进行质量评价。评价内容包括随机分配方法、分配隐藏、评估者和患者盲法、结局评估中的盲法、结果数据的完整性、选择性报告和其他偏倚来源。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选结果

检索中英文数据库,检索出相关文献 432 篇;去除重复 128 篇,剩余 304 篇;选取符合 NF 治疗 ADHD 的 RCT 文章,排除不符合要求文章 244 篇,剩余 60 篇;其中 11 篇无法获取全文。获取全文阅读后,发现其中 42 篇研究的对照组使用药物治疗或行为训练或两种方式联合治疗进行对照研究,符合排除标准,予以排除,共纳入 10 篇文章^[16-25]。进一步分析纳入文献结局指标发现,大部分纳入文献的主要研究终点为评估量表分值,而其中 2 篇文献^[16-17]的研究终点分别为相对相位平均误差和受试者反应时间,即测量的距离结局和时间结局,与其余文献研究终点无法统一进行分析;1 篇文献^[18]中缺少研究终点数据结果,1 篇文献^[19]采用 fMRI-NF 模式治疗,无法进行亚组分析。最终纳入 6 篇文献^[20-25]。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征

从每项研究中提取基本信息:第一作者、发表年份、样本量、性别、年龄、试验组 NF 模式、选取信号、主要终点及随访时间。本项研究共计纳入 482 例患者,其中 261 例患者接受 NF 治疗,221 例患者接受安慰剂干预或非 NF 治疗。所纳入的研究发表年份为 2011—2023 年,样本量为 14~142 例。受试者中男性占比 75.7%。6 项研究的试验组采用 EEG-NF 模式治疗,随访时间 0~25 个月。见表 2。

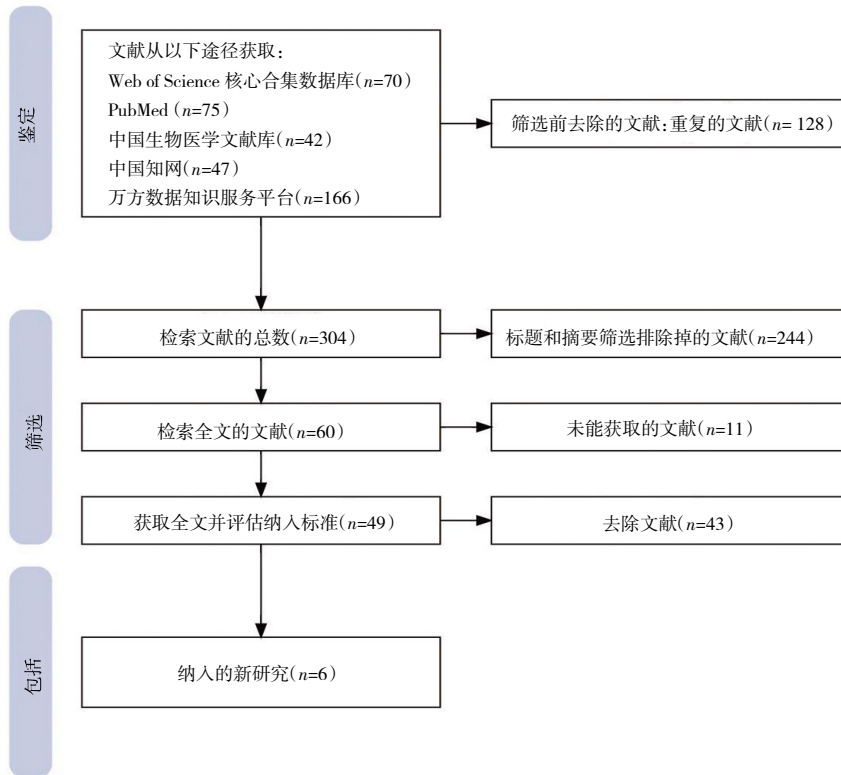


图 1 文献筛选流程图

表 2 纳入 meta 分析文献的基本特征

第一作者	发表年份	受试者情况			NF 模式	信号选取	观察指标
		样本量 对照组(安慰组) (例)	试验组 / 性别 (男 / 女 例,)	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)			
Lansbergen 等 ^[20]	2011	8/6	13/1	10.2 ± 2.0	EEG-NF	Theta; Beta	DSM-IV
Steiner 等 ^[21]	2014	34/36	48/22	8.4 ± 1.1	EEG-NF	Theta; Beta	Conners 3-P; BRIEF
The Neurofeedback Collaborative Group ^[22]	2021	84/58	111/31	8.58 ± 1.14	EEG-NF	Theta; Beta	C3-DSM-5; CGI-S; CGI-I;
Dashbozorgi 等 ^[23]	2021	20/20	40/0	11.17 ± 0.97	EEG-NF	Theta; Beta	BPAQ; BIS
The Neurofeedback Collaborative Group ^[24]	2023	84/58	92/50	8.60 ± 1.14	EEG-NF	Theta; Beta	C3-DSM-5; CGI-S; CGI-I;
Kwon 等 ^[25]	2024	35/39	61/13	9.92 ± 1.93	EEG-NF	Theta; Beta	CGI-S; C-GAS

注 NF: 神经反馈; EEG: 脑电图; DSM-IV: 《精神疾病诊断与统计手册》(第四版); CGI-I: 临床总体印象量表 - 改善程度; Conners 3-P: 康纳斯家长评估报告; BRIEF: 执行功能行为评定量表; C3-DSM-5: 康纳斯第三版量表(DSM-5 症状子量表); CGI-S: 临床总体印象量表 - 疾病严重度; BPAQ: 攻击行为问卷; BIS: 冲动性量表; ADHD-RS: 简明注意力缺陷量表; C-GAS: 儿童整体评估量表。

2.3 文献质量评价

对单个研究采用低风险、高风险和不清楚的方式进行偏倚风险评价^[26]。研究共纳入 6 篇^[20-25]文献, 其中 Steiner 等^[21]研究未采用盲法, 其余 5 项研究^[20,22-25]均为随机、双盲试验, 结果数据完整、无偏倚。图 2~3 为纳入文献质量评价结果。

2.4 meta 分析结果

2.4.1 NF 治疗与安慰剂组 ADHD 严重程度比较分析

NF 治疗是否可以显著改善 ADHD 患者疾病严重程度方面, 共纳入 2 篇文献^[20,25]。研究结果显示, NF 治疗后患者 ADHD 严重程度评分较治疗前有所下降, 但与对照组比较, 差异无统计学意义 [MD=-0.35, 95%CI (-0.72, 0.02), P=0.06], NF 治疗效果并不优于安慰剂

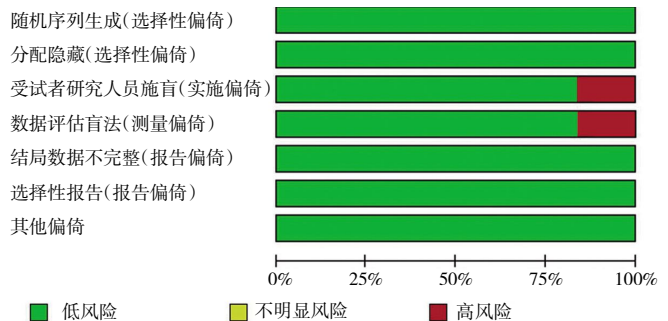


图 2 纳入文献质量评价结果

治疗。见图 4。

2.4.2 神经反馈治疗与对照组 ADHD 注意力缺陷比较

进一步针对 ADHD 患者注意力缺陷、多动/冲动障碍及攻击性方面进行亚组分析。在分析 NF 治疗改善 ADHD 患者注意力缺陷方面, 纳入 5 篇文献^[20-22,24-25]。

	随机序列生成(选择性偏倚)	分配隐藏(选择性偏倚)	受试者研究人员施盲(实施偏倚)	数据评估盲法(测量偏倚)	结局数据不完整(报告偏倚)	选择性报告(报告偏倚)	其他偏倚
L.Eugene Arnold 2021	+	+	+	+	+	+	+
M.M.Lansbergen 2011	+	+	+	+	+	+	+
Naomi J. Steiner 2014	+	+	+	+	+	+	+
Seo Young Kwon 2023	+	+	+	+	+	+	+
The Neurofeedback Collaborative Group 2022	+	+	+	+	+	+	+
Zahra Dashbozorgi 2021	+	+	+	+	+	+	+

图 3 纳入文献质量评价结果

研究结果显示,与安慰剂治疗比较,NF 治疗并不能显著提高患者注意力[MD=-0.24,95%CI(-0.51,0.03),P=0.08]。NF 治疗在改善患者注意力缺陷方面并不优于安慰剂治疗。见图 5。

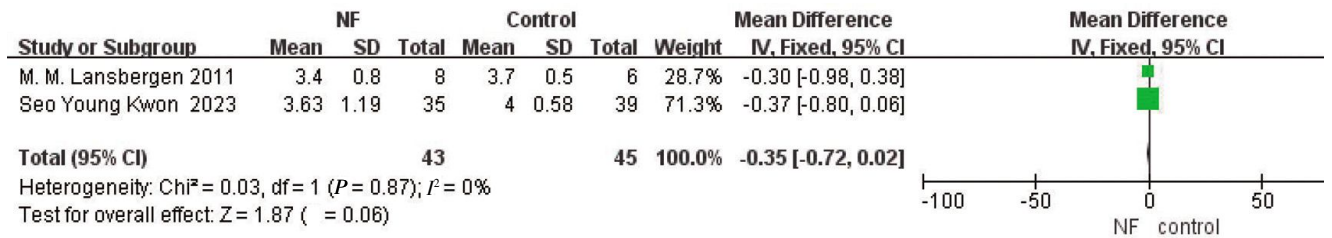
2.4.3 神经反馈治疗与对照组 ADHD 多动/冲动障碍比较 在分析 NF 治疗改善 ADHD 患者多动/冲动障碍方面,纳入 4 篇文献^[20-21,23,25]。研究结果显示,与安慰剂治疗比较,NF 治疗能够显著改善 ADHD 患者多动/冲动障碍[MD=-2.16,95%CI(-3.87,-0.45),P=0.01],疗效显著优于安慰剂治疗。见图 6。

2.5 敏感性分析

对纳入文献进行敏感性分析,结果显示逐一剔除任意一篇文献对合并效应值均无明显影响,表明本研究结果稳定性良好。

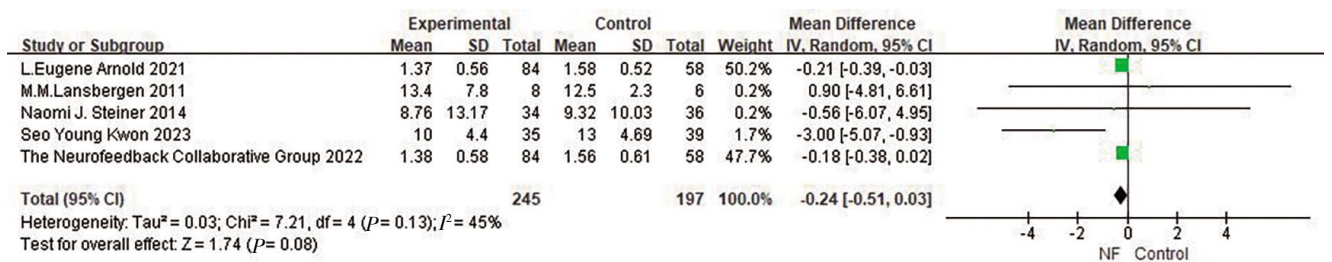
3 讨论

本研究系统性综述了现有 RCT 研究的结论,以评估神经反馈在改善 ADHD 患者功能方面的有效性及其实际应用。对纳入的 6 篇 RCT 研究进行 meta 分析后发现,NF 治疗效果并不优于安慰剂治疗,仅在患者多动/冲动障碍和攻击性两方面疗效显著优于安慰剂治疗组。



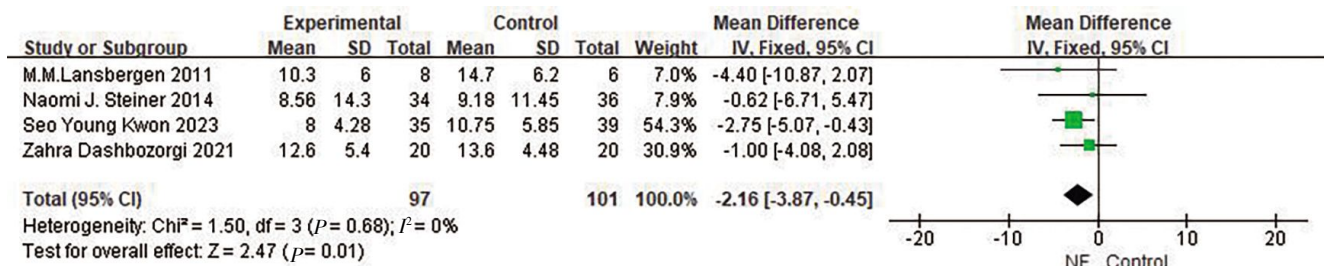
ADHD: 儿童注意缺陷多动障碍。

图 4 神经反馈治疗与对照组 ADHD 严重程度量表评估结果比较的森林图



ADHD: 儿童注意缺陷多动障碍。

图 5 神经反馈治疗与对照组 ADHD 注意力缺陷量表评估结果比较的森林图



ADHD: 儿童注意缺陷多动障碍。

图 6 神经反馈治疗与对照组 ADHD 多动/冲动障碍量表评估结果比较的森林图

尽管 NF 在精神类疾病治疗上已有一定的应用历史,但对于 ADHD 患者 NF 治疗是否有效仍然是于下火热讨论的话题。既往研究表明,与治疗前比较,NF 治疗能够有效提升 ADHD 患儿注意力,改善患儿多动/冲动障碍,可以作为治疗 ADHD 患儿注意力不集中和行动迟缓的一种治疗方法^[27]。然而,分析本研究纳入的文献后发现,在患儿个体接受 NF 治疗前后,虽然能显著改善患者多动/冲动状态,但对于改善 ADHD 严重程度、提高患者注意力方面无明显作用。虽然 NF 能显著改善患儿病情,但疗效并非显著高于安慰剂组。即安慰剂组患儿在个体接受治疗前后,也同样表现为病情显著减轻,注意力和多动障碍的明显改善,文献中作者分析认为这可能是由于安慰剂效应所导致^[27]。尽管如此,NF 作为治疗 ADHD 的干预措施,有着实施难度低、安全性高、易进行个性化调整等优点,仍然展现出一定的临床应用和推广价值。

本研究纳入的 RCT 研究中使用的评定量表涉及多种不同量表及评定尺度,研究中需要对各个量表数值进行换算以达到统一量程尺度的目的,因此,将 ADHD 的治疗评定量表标准化对于指导 ADHD 的临床工作、理论研究有着重大意义。但因 ADHD 有较高异质性,的确存在单一量表无法精确评估治疗效果的问题,因此,采用多个量表进行疗效评估仍然重要。不同量表可从不同角度如行为、社交、认知等提供不同信息,可以全方位立体化评价患者的治疗效果与患者状态,以形成更全面的结论。通过对多角度的量表数据进行整合分析,还可以让临床医师更精准地评估患者在一系列精神健康状况如认知、沟通等方面的表现,还能为不同症状的 ADHD 患者的制订更加个性化的治疗方案。另外,即使大量研究对 ADHD 的治疗效果评定使用不同的量表,仍有众多 RCT 研究以 DSM-IV 为评定 ADHD 治疗效果的基础量表。

虽然本研究所纳入的临床试验所使用的神经反馈模式都不尽相同,Norouzi 等^[16]曾研究了 NF 对 ASD 儿童 EEG 活动的影响,发现 NF 可以通过抑制 θ 波活动并增加 β 波活动,降低儿童的 θ/β 比率。因此,几乎所有 NF 信号选择为 θ 抑制 β 增强。然而,在感兴趣区选取方面,多数 RCT 选择 Cz 脑区,但仍有大量 RCT 会采取不同选择,如 Dashbozorgi 等^[23]所进行的随机对照试验选择了 Q1、Q2 脑区进行神经反馈试验,这也说明了 NF 疗法的广阔个性化发展空间与 NF 疗法拥有精确的定向治疗的可能。

同时,本研究存在一定的局限性:①纳入的研究数量偏少,总样本量偏小,可能会导致得到的结果普适性不足。②纳入的研究涉及不同地区和不同水平医疗机构的研究,各机构间实施模式的不同及神经反馈缺乏统一的标准可能带来一定的偏倚。③现有研究采用的 NF 训练流程和评估指标不尽相同,导致研究间的可比性受限。未来需要开展更大规模、更高质量的 RCT 研究,以进一步验证 NF 在 ADHD 干预中的疗效,并优化其应用方案。

综上所述,对纳入的 6 篇 RCT 研究进行 meta 分析发现,在针对 ADHD 患儿治疗方面,尽管 NF 治疗并不优于安慰剂治疗,但进一步亚组分析显示在冲动性和攻击性方面 NF 治疗效果显著优于安慰剂组。考虑到两组患儿在治疗前后病情均出现改善的情况下,今后可能需要开展更多临床研究和大规模、高质量的 RCT 进一步证实 NF 治疗是否能够成为改善 ADHD 患儿病情的重要治疗手段之一。

利益冲突声明:本文所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] THAPAR A, COOPER M. Attention deficit hyperactivity disorder [J]. *Lancet*, 2016, 387(10024):1240-1250.
- [2] DRECHSLER R, BREM S, BRANDEIS D, *et al.* ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents [J]. *Neuropediatrics*, 2020, 51(5):315-335.
- [3] CAYE A, SWANSON J M, COGHILL D, *et al.* Treatment strategies for ADHD: an evidence-based guide to select optimal treatment [J]. *Mol Psychiatry*, 2019, 24(3):390-408.
- [4] 朱一可, 王昕, 王琳, 等. 儿童注意缺陷多动障碍的非药物治疗研究进展[J]. *中国医药导报*, 2020, 17(30):28-32.
- [5] 周茂洋, 高子奇, 史康, 等. 脑电神经反馈:一种前景广阔的注意力训练方法[J]. *心理学探新*, 2023, 43(6):509-515.
- [6] BABILONI C, BARRY R J, BASAR E, *et al.* International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN)-EEG research workgroup: Recommendations on frequency and topographic analysis of resting state EEG rhythms. Part 1: Applications in clinical research studies [J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(1):285-307.
- [7] SALEEM S, HABIB S H. Neurofeedback Recuperates Cognitive Functions in Children with Autism Spectrum Disorders (ASD) [J]. *J Autism Dev Disord*, 2024, 54(8):2891-2901.
- [8] 王丙森, 李玲, 林建海, 等. 神经反馈对儿童及青少年孤

- 独症疗效的 Meta 分析[J]. 医学研究杂志, 2025, 54(6): 143-148.
- [9] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders [M]. 4th ed. Washington, DC: American Psychiatric Publishing, 1994.
- [10] GUY W. ECDEU assessment manual for psychopharmacology [R]. Rockville, MD: US Department of Health, Education, and Welfare, 1976: 218-222.
- [11] BUSNER J, TARGUM S D. The Clinical Global Impressions Scale [J]. Psychiatry, 2007, 4(7): 28-37.
- [12] CONNERS C K. Conners 3rd edition manual [M]. Toronto: Multi-Health Systems, 2008.
- [13] DUPAUL G J, POWER T J, ANASTOPOULOS A D, *et al.* ADHD Rating Scale-IV: Checklists, norms, and clinical interpretation [M]. New York: Guilford Press, 1998.
- [14] BUSS A H, PERRY M. The Aggression Questionnaire [J]. J Personal Social Psychol, 1992, 63(3): 452-459.
- [15] PATTON JH, STANFORD MS, BARRATTE S. Factor structure of the Barratt Impulsiveness Scale [J]. Clinical Psychol, 1995, 51(6): 768-774.
- [16] NOROUZI E, HOSSIENI F, SOLYMANI M. Effects of Neurofeedback Training on Performing Bimanual Coordination In-phase and Anti-phase Patterns in Children with ADHD [J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2018, 43(4): 283-292.
- [17] LUKITO S, LAM S L, CRIAUD M, *et al.* Effects of fMRI neurofeedback of right inferior frontal cortex on inhibitory brain activation in children with ADHD [J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2024, 379(1915): 20230097.
- [18] ARNOLD L E, LOFTHOUSE N, HERSCH S, *et al.* EEG neurofeedback for ADHD: double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility trial [J]. J Atten Disord, 2013, 17(5): 410-419.
- [19] LAM S L, CRIAUD M, LUKITO S, *et al.* Double-Blind, Sham-Controlled Randomized Trial Testing the Efficacy of fMRI Neurofeedback on Clinical and Cognitive Measures in Children With ADHD [J]. Am J Psychiatry, 2022, 179(12): 947-958.
- [20] LANSBERGENMM, VANDONGEN-BOOMSMAM, BUIE-LAARJK, *et al.* ADHD and EEG-neurofeedback: a double-blind randomized placebo-controlled feasibility study [J]. J Neural Transm (Vienna), 2011, 118(2): 275-284.
- [21] STEINER N J, FRENETTE E C, RENE K M, *et al.* In-school neurofeedback training for ADHD: sustained improvements from a randomized control trial [J]. Pediatrics, 2014, 133(3): 483-492.
- [22] The Neurofeedback Collaborative Group. Double-Blind Placebo Controlled Randomized Clinical Trial of Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder With 13-Month Follow-up [J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 2021, 60(7): 841-855.
- [23] DASHBOZORGI Z, GHAFFARI A, KARAMALI E S, *et al.* Effect of Neurofeedback Training on Aggression and Impulsivity in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Double-Blinded Randomized Controlled Trial [J]. Basic Clin Neurosci, 2021, 12(5): 693-702.
- [24] The Neurofeedback Collaborative Group. Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: 25-Month Follow-up of Double-Blind Randomized Controlled Trial [J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 2023, 62(4): 435-446.
- [25] KWON S Y, SEO G, JANG M, *et al.* The Effect of Mobile Neurofeedback Training in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Randomized Controlled Trial [J]. Clin Psychopharmacol Neurosci, 2024, 22(1): 67-78.
- [26] 张硕, 霍霖宇, 司小北, 等. 参附注射液改善心肺复苏后病人生存率的 Meta 分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(5): 771-774.
- [27] HEINRICH H, GEVENSLEBEN H, FREISLEDER F J, *et al.* Training of slow cortical potentials in attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence for positive behavioral and neurophysiological effects [J]. Biol Psychiatry, 2004, 55(7): 772-775.

(收稿日期: 2025-03-18)

(修回日期: 2025-07-22)