

· 论著 · 头颈 ·

脑电生物反馈治疗对ADHD脑电波及临床疗效的观察*

李平* 马艳丽

郑州大学附属郑州中心医院儿童康复科(河南 郑州 450000)

【摘要】目的 探讨脑电生物反馈系统结合康复训练治疗注意缺陷障碍(ADHD)的临床疗效。方法 选取2022年6月至2023年6月收治的50例ADHD的患儿,随机分为研究组和观察组,每组25例。观察组给予康复训练,研究组在观察组的基础上加入脑电生物反馈系统治疗。使用Conners量表、数字划销测验和脑电波(θ 波、 β 波及SMR波)频率分别评价两组患儿情绪行为、注意力和脑电波改变。结果 治疗3个月后,研究组患儿较观察组患儿Conners量表六个因子均显著改善($P<0.05$);研究组患儿较观察组患儿数字划销测验粗分、净分及失误率均显著改善($P<0.05$);研究组患儿较观察组患儿脑电波频率 θ 波、 β 波和SMR波均显著改善($P<0.05$)。结论 脑电生物反馈系统在儿童ADHD的治疗中应用价值较高,可与康复训练同时应用。

【关键词】注意缺陷多动障碍;脑电生物反馈系统;脑电波

【中图分类号】R338.62

【文献标识码】A

【基金项目】河南省科技攻关计划项目(82102310443)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2026.1.011

Clinical Curative Effect Observation of EEG Biofeedback System Combined with Rehabilitation Training in the Treatment of ADHD*

Li Ping*, MA Yan-li

Department of Child Rehabilitation, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

Abstract: Objective To explore the clinical effect of EEG biofeedback System combined with rehabilitation training on attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). **Methods** From June 2022 to June 2023, 50 children with ADHD were randomly divided into study group and observation group, with 25 cases in each group. The observation group was given rehabilitation training, while the research group was treated with EEG biofeedback system on the basis of the observation group. Conners scale, digital cancellation test and brain wave frequency (θ wave, β wave and SMR wave) were used to evaluate the emotional behavior, attention and brain wave changes of the two groups respectively. **Results** After 3 months of treatment, the six factors of Conners scale in the study group were significantly improved compared with those in the observation group ($P<0.05$). Compared with the observation group, the gross score, net score and error rate of the children in the study group were significantly improved ($P<0.05$). Compared with the observation group, the frequency of brain waves θ wave, β wave and SMR wave in the study group were significantly improved ($P<0.05$). **Conclusion** EEG biofeedback system has high application value in the treatment of ADHD in children, and it can be used simultaneously with rehabilitation training.

Keywords: Attention Deficit Hyperactivity Disorder; EEG Biofeedback System; Brain Wave

注意缺陷多动障碍(Attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)是一种行为功能障碍,在儿童时期较为常见,而其影响可持续至成年^[1],基本特征是游离于任务、缺乏持续性、难以维持注意力以及不分场合活动过多、情绪激动易冲动,同时可合并有认知功能障碍及学习接收能力障碍,全球儿童ADHD发病率约为7.2%,可持续至青少年时期的为60%~80%,持续发展为成人ADHD的约为50.9%,且ADHD儿童存在一种或多种共患病的概率为65%,我国儿童ADHD发病率为6.26%,稍低于全球儿童,男童发病率高于女童,但ADHD儿童的就诊率仅10%左右^[2-4]。ADHD的早期识别、诊断和规范治疗可显著改善其预后,否则将导致儿童持久的学习困难,未得到有效治疗的儿童可能出现违拗行为、精神心理问题甚至反社会倾向,成年后会出现就业困难及社会交流障碍,因此,早期有效的治疗,可减少此病给患者、患者家庭以及社会带来的损害^[5]。目前ADHD治疗上临床常用的是药物治疗,对缓解核心症状效果尚可,对伴随的心理行为问题,效果

不显著,且不良反应较多具有局限性^[6-7],与之相比,非药物治疗趣味性高,安全,疗效更稳定,故本研究在康复训练治疗ADHD患儿的基础上给予脑电生物反馈训练,以治疗前后患儿脑电波特征、注意力、行为及情绪的改变为观察指标,为ADHD的治疗提供更为详实、客观的理论依据,本研究的报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究选取2022年6月至2023年6月在郑州大学附属郑州中心医院儿童康复科就诊的50例ADHD患儿作为研究对象,50例儿童中男孩31例,女孩19例,入组年龄6~12岁,平均年龄(7.94±1.14)岁。采用随机数字表法,50例患儿随机分为2组,分别为研究组和观察组,每组25例。2组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

纳入标准:ADHD的诊断标准参照由美国精神医学学会修订的《精神障碍诊断统计手册》第V版;入组年龄6~12岁;智

【第一作者】李平,女,主治医师,主要研究方向:儿童康复。E-mail: 17320125061@163.com

【通讯作者】李平

力正常：韦氏儿童智力测试 ≥ 75 分；经过我院伦理委员会批准；患儿监护人同意并签署知情同意书。排除标准：合并严重的其他脏器疾病者；患有癫痫、抽动症、孤独症等精神类疾病患者。

1.2 方法 观察组患儿给予常规康复训练，包括经颅磁刺激疗法、认知训练、感觉统合训练等，1次/天，5次/周，治疗时间为3个月。研究组患儿在给予经颅磁刺激疗法、认知训练、感觉统合训练等的基础上，同步开展脑电生物反馈系统治疗。通过采集患儿的脑电波，并以视频的方式进行实时反馈训练，抑制4~8Hz θ 波，强化12~15Hz的感觉运动节律波(sensory motor rhythm, SMR)。训练内容：包括由简单到复杂逐级进行的5级游戏。训练频次：每天1次，20min/次，5次/周。治疗时间维持3个月。

观察指标

1.2.1 行为问题评定 采用国际通用的康奈尔(Conners)儿童行为量表(PSQ)，其共48个条目,按照四级评分法：没有问题为0级，问题表现轻微为1级，问题经常出现或较严重为2级，问题很常见或十分严重3级^[8]。这48条项目包含品行问题、学习问题、心身问题、冲动-多动、焦虑、多动指数六个因子。分数越高，说明患儿临床表现越严重^[9]。

1.2.2 注意力测试 评估儿童注意力状况采用的是数字划销测验(NCT)。ADHD儿童需要按照不同要求，由易到难完成由阿拉伯数字构成五个分测验。每个测验限时3分钟，连续完成五个测验结束。计算粗分值、净分值和失误率^[10]。

1.2.3 脑电波频率变化 采用广州市润杰医疗器械有限公司生产的脑电生物反馈仪(型号：BBB-2A)，通过脑电波量化指标评定，选取的观察指标是 θ 波、 β 波以及SMR波。 θ 波频率一般在4~8Hz，当中枢神经系统处于抑制状态时，比如经历失望、受挫、困倦等负面情绪时该波出现，与积极思考问题、创造性思维和记忆力巩固有关，此波下降为改善^[11]； β 波频率

为15~35Hz，当注意力高度集中、进行逻辑推理或者引发好奇心，即大脑皮层兴奋时，该波广泛出现在大脑皮层，因此 β 波升高为改善；SMR波是 β 波的一种，其频率为13~15Hz，此波出现于感觉运动区时，提示注意力集中和肌肉放松，所以我们以提升 β 波和SMR波为治疗目标^[12]。治疗前检测患儿的基础状态，进行基线测试。治疗过程中，通过特殊的动画、音乐等方式减少患儿多动次数，使其集中注意力。治疗结束后再进行测试，记录治疗前后各波频率。

1.3 统计学方法 采用SPSS 21.0统计软件进行分析处理，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，组间差异、组内差异采用t检验；计数资料采用率(%)表示，予以 χ^2 检验，以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PSQ评分 2组患儿治疗前PSQ评分，差异无统计学意义($P > 0.05$)；组内比较，研究组六个因子治疗后均有改善，差异具有统计学意义($P < 0.05$)，观察组改善不明显，差异无统计学意义($P > 0.05$)；组间比较，治疗3月后，研究组六个因子评分均低于观察组患儿，组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.2 NCT评分 2组患儿治疗前NCT评分，差异无统计学意义($P > 0.05$)；组内比较，研究组粗分、净分和失误率治疗后均有改善，差异具有统计学意义($P < 0.01$)，观察组粗分改善不明显，差异无统计学意义($P > 0.05$)，净分和失误率改善显著，差异具有统计学意义($P < 0.01$)；组间比较，治疗3月后，研究组评分均低于观察组患儿，组间差异具有统计学意义($P < 0.01$)。见表2。

2.3 脑电波频率 2组患儿治疗前脑电波频率，差异无统计学意义($P > 0.05$)；组内比较，研究组和观察组治疗后均有改善，差异具有统计学意义($P < 0.01$)；组间比较，治疗3月后，研究组 θ 波、 β 波及SMR波均较观察组患儿改善明显，差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表3。

表1 两组患儿治疗前后Conners量表评分结果比较

项目	研究组				观察组				治疗后2组间比较	
	治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P	t	P
品行问题	1.40±0.36	1.06±0.25	3.721	<0.01	1.41±0.28	1.30±0.32	1.213	>0.05	-2.835	<0.01
学习问题	1.94±0.39	1.46±0.41	4.011	<0.01	1.95±0.39	1.88±0.47	0.451	>0.05	-3.207	<0.01
心身问题	0.86±0.38	0.56±0.30	2.862	<0.01	0.85±0.38	0.80±0.44	0.331	>0.05	-2.139	<0.05
冲动多动	1.44±0.34	1.04±0.25	4.447	<0.01	1.43±0.31	1.27±0.36	1.575	>0.05	-2.542	<0.05
焦虑问题	0.74±0.46	0.50±0.26	2.097	<0.05	0.75±0.39	0.72±0.42	0.298	>0.05	-2.066	<0.05
多动指数	1.97±0.42	1.44±0.44	4.073	<0.01	1.98±0.45	1.75±0.57	1.468	>0.05	-2.058	<0.05

表2 两组治疗前后NCT评分结果比较

项目	研究组				观察组				治疗后2组间比较	
	治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P	t	P
粗分	65.59±4.03	70.04±2.57	-4.369	<0.01	64.90±4.52	66.95±2.71	-1.818	>0.05	3.875	<0.01
净分	59.36±2.73	70.31±2.98	-12.698	<0.01	58.82±2.84	66.59±3.06	-8.726	<0.01	4.088	<0.01
失误率	11.51±0.33	7.11±1.46	13.761	<0.01	11.33±0.49	8.59±0.49	18.556	<0.01	-4.48	<0.01

表3 两组治疗前后脑电波频率变化比较

项目	研究组				观察组				治疗后2组间比较	
	治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P	t	P
θ波	24.94±2.14	18.74±1.65	10.752	<0.01	24.96±2.16	20.03±2.14	7.595	<0.01	-2.239	<0.05
β波	3.43±0.32	5.45±0.33	-20.684	<0.01	3.44±0.32	4.46±0.33	-10.475	<0.01	9.898	<0.01
SMR波	3.39±0.36	5.44±0.33	-19.644	<0.01	3.38±0.39	4.45±0.33	-9.855	<0.01	10.031	<0.01

3 讨论

ADHD作为一种较为复杂的精神卫生疾病，其发病机制目前尚不明确，常涉及到遗传、心理、社会、环境等诸多因素。患儿主要临床表现为注意力难以集中、过度活动、情绪上易冲动、控制力差等症状，并伴有学业难以完成、社会功能不良，甚至违法犯罪等^[13]。针对ADHD的病因及发病机制，国内外许多学者做了大量的研究工作，但目前关于ADHD的病因尚无明确的阐述，近年来，随着科学技术的进步与发展，ADHD发病机制的研究也取得了新的进展，主要与遗传因素、神经解剖因素、神经生化因素、神经生理因素、免疫病因学因素相关，其他的还涉及环境污染、家庭收入水平及教育方式等方面^[14-15]。此外，国内外多项^[16-19]研究发现，因膳食结构不合理而导致的肥胖症与ADHD密切相关，除此之外，膳食中的锌、镁元素对儿童脑细胞有保护作用，铅含量过高可损伤儿童脑细胞，因此改善饮食结构、增加膳食中镁和锌的含量，避免铅的摄入可有效预防ADHD。

脑电图应用于ADHD儿童的诊疗中，为ADHD的发病机制、客观诊断及治疗效果提供直观、量化的电生理依据，因其安全可靠，无创性被家长及患儿普遍接受。据报道^[20-21]ADHD儿童存在神经生物学的发育缺陷，脑电活动存在异常，表现为大脑皮层抑制的θ波增多，且频率较正常同龄儿显著升高；与大脑觉醒度正相关的快波，如β波和SMR波活动减少，其频率显著低于正常同龄儿，可能是患儿注意力分散的主要原因，大脑兴奋性减弱，难以维持注意；明显升高的还有θ波与β波的功率之比，提示脑功能存在唤醒不足的改变。虽然ADHD儿童缺乏特异性的神经生理学改变，脑电图不能作为独立诊断此病的依据，但仍可作为一项非常重要的辅助诊断，用于ADHD儿童的诊断。

关于ADHD的治疗方法，以往治疗较常用的是药物治疗，经典的药物如利他林，但药物治疗安全性低、副作用较多，有依赖性及成瘾性的风险，且远期疗效欠佳^[22]，所以脑电生物反馈系统作为一种新兴的无创诊断和治疗方式，在临床上被广泛认可，其原理主要是通过选择性强化或抑制某一频段的脑电波，达到临床治疗的目的。本研究中，通过脑电生物反馈系统治疗，θ波明显降低，β波及SMR波升高，显著增强患儿主动注意能力，延长注意力集中时间，提高行为和情绪管理能力。

综上所述，脑电生物反馈系统治疗ADHD的副作用小、疗效持久、可有目的性的反复训练，有较高的临床应用价值，本研究通过对ADHD患儿行脑电生物反馈系统治疗，明确了其改善ADHD患儿行为、记忆力及脑电波的疗效，但该研究尚存在

观察时间短，纳入患儿少，观察指标少等不足，本团队将扩大样本量进行长期的多维度的临床研究，为脑电生物反馈系统治疗ADHD提供更加详实客观的理论依据和临床应用价值。

参考文献

- [1] 杨莉. 注意缺陷多动障碍2017-2019年研究现状与展望[J]. 中国心理卫生杂志, 2020, 34(7): 594-601.
- [2] 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.
- [3] Velő S, Keresztény Á, Ferenczi-Dallos G, et al. Longterm effects of multimodal treatment on psychopathology and health-related quality of life of children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. Front Psychol, 2019, 10: 2037.
- [4] 李福轮, 谢晴牧, 赵乾龙, 等. 中国儿童注意缺陷多动障碍患病率的Meta分析[J]. 临床荟萃, 2017, 32(12): 1079-1083.
- [5] Jepsen JRM, Rydkjaer J, Fagerlund B, et al. Overlapping and disease specific trait, response, and reflection impulsivity in adolescents with first-episode schizophrenia spectrum disorders or attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. Psychol Med, 2017, 17(7): 1-13.
- [6] 刘蕊, 王燕, 姜艳蕊, 等. DSM-IV和DSM-V对儿童注意缺陷多动障碍诊断的比较研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(3): 306-309.
- [7] 王玉凤. 注意缺陷多动障碍. [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2019: 387-391.
- [8] 刘欣, 季忆婷, 李生慧, 等. 小学生注意缺陷多动障碍的危险因素分析[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2016, 36(8): 1191-1195.
- [9] 邹媚, 钟燕, 赵莎, 等. 脑电生物反馈治疗结合学习任务训练对注意缺陷多动障碍患儿临床症状的影响[J]. 中国中西医结合儿科学, 2021, 13(6): 493-496.
- [10] 刘治港, 赵晓峰, 张会杰, 等. 反复发作抑郁患者认知功能损害研究[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2019, 28(7): 636-641.
- [11] Helfer B, Cooper RE, Bozhilova N, et al. The effects of emotional lability, mind wandering and sleep quality on ADHD symptom severity in adults with ADHD[J]. Eur Psychiatry, 2019, 55: 45-51.
- [12] 杜涵. 脑电生物反馈仪在ADHD儿童注意力治疗中的效果分析[J]. 中国医疗器械信息, 2020(22): 12-13.
- [13] 杨帆, 夏之晨. 内注意缺陷多动障碍研究的综述[J]. 社会心理科学, 2014, 29(5): 41-44.
- [14] 唐其民, 涂一世. 补脾益肾颗粒联合脑电生物反馈治疗注意力障碍型儿童注意缺陷多动症[J]. 长春中医药大学学报, 2016, 32(6): 1235-1238.
- [15] 梁友芳. 儿童注意缺陷多动障碍病因研究进展[J]. 广西医科大学学报, 2017, 34(5): 781-784.
- [16] 王俊丽, 盛晓阳, 薛敏波, 等. 学龄期注意缺陷多动障碍儿童的健康状况[J]. 教育生物学杂志, 2020, 8(4): 250-256.
- [17] 王敏, 康慧聪, 朱遂强, 等. 癫痫合并注意力缺陷/多动障碍的研究进展[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(19): 1365-1367.
- [18] Reddy, DS. Current pharmacotherapy of attention deficit hyperactivity disorder[J]. Drugs Today (Barc), 2013, 49(10): 647- 665.
- [19] 李冰, 麻超. 儿童注意力缺陷多动障碍诱发因素研究[J]. 中国妇幼保健, 2014, 29(7): 1042-1044.
- [20] 章素芳, 程鹏. 多功能脑电生物反馈系统对ADHD及感觉统合失调的诊断和治疗研究. [J]. 中国医学创新, 2017, 14(20): 7-11.
- [21] 靳彦琴, 姚梅玲, 段桂琴, 等. 脑电生物反馈治疗注意缺陷多动障碍患儿疗效分析. [J]. 兰州大学学报(医学版), 2015, 41(1): 68-71.
- [22] 唐敏, 谭琼, 黄琪, 等. 利他林治疗对儿童多动症认知功能的影响[J]. 国际精神病学杂志, 2017, 44(2): 240-242.

(收稿日期: 2024-03-12)

(校对编辑: 姚丽娜)