

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2025.06.019

脑电仿生电刺激联合辅助沟通系统对 脑瘫言语障碍儿童的影响

The Effect of EEG Biomimetic Electrical Stimulation Combined with AAC on Children
with Cerebral Palsy and Speech Disorders

管文燕 许西长 孙映红 杨洁 周凡

GUAN Wen-yan, XU Xi-chang, SUN Ying-hong, YANG Jie, ZHOU Fan

【摘要】目的 探究脑电仿生电刺激联合辅助沟通系统(augmentative and alternative communication, AAC)对脑瘫(cerebral palsy, CP)言语障碍儿童言语可懂度、构音障碍的影响。**方法** 以2021年10月~2024年10月江苏大学附属医院82例CP言语障碍患儿进行前瞻性试验,随机数字表法分为观察组与对照组各41例,对照组接受AAC训练,观察组接受脑电仿生电刺激+AAC训练,持续3个月。比较2组疗效、汉语构音语音能力评估词表、口部运动功能量表、Frenchay构音障碍评定法(frenchay dysarthria assessment, FDA)、复旦中文版沟通功能分级系统(communication function classification system, CFCS)、事件相关单位P300(P300潜伏期、波幅)结果。**结果** 观察组总有效率(95.12%)显著高于对照组(80.49%)($P<0.05$);观察组干预后语音清晰度、口部运动功能、FDA评分、CFCS分级、P300潜伏期、波幅均显著高于对照组($P<0.05$)。**结论** 脑电仿生电刺激联合AAC治疗儿童CP言语障碍效果较好,可减轻构音障碍,增强言语可懂度及沟通功能。

【关键词】 言语障碍;脑电仿生电刺激;辅助沟通系统;言语可懂度;构音障碍

【中图分类号】 G762

【文献标识码】 A

【文章编号】 1672-4933(2025)06-0641-04

【Abstract】 Objective Exploring the effects of EEG biomimetic electrical stimulation combined with assisted communication system (AAC) on speech intelligibility and articulation disorders on children with cerebral palsy (CP) speech disorders. **Method** A prospective trial was conducted on 84 children with CP speech disorders at XX Hospital from October 2021 to October 2024. They were randomly divided into two groups of 41 each using a random number table method. The AAC group received AAC, while the observation group received EEG biomimetic electrical stimulation+AAC for 3 months. Compare the efficacy of two groups by administering "Chinese Phonetic Ability Assessment Vocabulary", Oral Motor Function Scale, Frenchay Phonetic Disorder Assessment(FDA), Fudan Chinese Communication Function Classification System (CFCS), and Event Related Unit P300 (P300 Latency and Wave Amplitude). **Result** The total effective rate of the combined group was 95.12%, higher than that of the AAC group at 80.49% ($P<0.05$). After intervention, the speech clarity and oral motor function scores of the combined group were higher than those of the AAC group ($P<0.05$). After intervention, the FDA score of the combined group was higher than that of the AAC group ($P<0.05$). After intervention, the CFCS grading of the combined group was better than that of the AAC group ($P<0.05$). After intervention, the latency and amplitude of P300 in the combined group were higher than those in the AAC group ($P<0.05$). **Conclusion** The combination of EEG biomimetic electrical stimulation and AAC has a definite effect on the treatment of CP speech disorders in children, which can reduce articulation disorders, enhance speech intelligibility and communication function, improve event-related potential P300, and is worthy of clinical promotion.

【Key words】 Speech disorder; EEG biomimetic electrical stimulation; Augmentative and alternative communication; Speech intelligibility; Dysarthria

我国脑瘫(cerebral palsy, CP)儿童发病率约1.8%~4.0%,每年新增病例约3~6万例,累计病例达600万以上^[1]。脑瘫患儿表现为运动和姿势发育障碍,约70%~80%伴言语障碍,表现为不同程度的语言发育迟缓及构音障碍,影响其社交、心理、学习及生存质量,是儿童康复领域亟待研究的课题^[2,3]。CP患儿言语障碍涉及多系统

损伤,联合治疗可通过协同作用促进患儿言语康复,是兼顾短期疗效与长期预后的核心策略^[4]。辅助沟通系统(augmentative and alternative communication, AAC)通过替代性表达和认知强化训练,可显著改善患儿沟通能力及沟通意愿,是CP康复体系中不可或缺的辅助技术^[5]。脑电仿生电刺激具有改善脑代谢、提高神经可塑性和缓

作者单位:江苏大学附属医院儿科 镇江 212000

作者简介:管文燕 本科 康复技师;研究方向:脑瘫患儿言语迟缓及孤独症谱系障碍康复

通讯作者:周凡, E-mail:916082268@qq.com

解运动障碍等多重机制,对发育性言语障碍有显著辅助治疗作用。本研究探究脑电仿生电刺激联合AAC在CP言语障碍患儿中的应用价值。

1 对象与方法

1.1 对象

以我院收治的CP言语障碍患儿(2021年10月~2024年10月)进行前瞻性试验,纳入标准:(1)符合脑瘫诊断标准^[6];(2)普通话声母构音能力不低於第3阶段,句长复述不少于5个音节;(3)年龄3~12岁;(4)粗大运动功能分级(gross motor function classification system, GMFCS) I~III级;(5)依从性好,在家属陪同下能配合治疗;(6)家属签署知情同意书。排除标准:(1)喉部或发音器官有器质性损伤或手术史;(2)反复呼吸道感染;(3)存在智力或视、听觉障碍;(4)重度、极重度构音障碍;(5)患有急慢性传染病;(6)合并注意缺陷多动障碍、孤独症谱系障碍等行为问题;(7)治疗周期内因其他原因无法继续治疗。采用随机数字表法将82例脑瘫言语障碍患儿分为观察组与对照组各41例。其中观察组男26例,女15例;年龄3~12(7.41±1.65)岁;受累部位左侧24例,右侧17例;言语障碍类型:构音障碍32例,语言发育迟缓9例;GMFCS分级:I级10例,II级23例,III级8例。对照组男28例,女13例;年龄3~13(7.83±1.91)岁;受累部位左侧26例,右侧15例;言语障碍类型:构音障碍34例,语言发育迟缓7例;GMFCS分级:I级7例,II级25例,III级9例。两组一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究已获得我院伦理委员会审批(KY2025H0926-04)。

1.2 干预方法

对照组接受AAC训练,采取访谈的方式充分了解患儿语言沟通能力,具体流程:(1)将以下词汇制作成图片,以图片+文字沟通符号作为沟通辅具,名词、代名词、表达意愿的词:妈妈、要、我、不要;动词:吃、看、喝、玩;受词(动作的直接对象):棒棒糖、篮球;表达社交类词:请帮忙、谢谢。(2)筛选患儿可用到的情感、社交、表达等词汇,通过配对、指认、按压和仿说,确保其掌握词汇意思,认词正确率 $>90\%$;(3)句子构成训练:熟练掌握词汇后进入表达、社交、回应句型组句阶段,进行实景对话和情景教学,引导患儿沟通,认组句正确率 $>80\%$ 进入下一阶段;(4)自然情景教学:依据患儿兴趣,在日常生活和模拟学校情境中使用提示、示范方式干预,提高患儿组句能力,注重自发沟通和教学反馈结果,及时强化训练,观察晨间、午间、晚间3个时段患儿语言沟通能力变化,包括沟通次数、沟通形式及平均句长。每个项目10 min,间隔10 min,每日2次。

观察组接受脑电仿生电刺激+AAC训练。脑电仿生

电刺激仪器为JD-2008型脑循环系统治疗仪(上海晋电成套设备有限公司),以患儿双侧太阳、乳突穴为靶点,酒精擦拭后,电极沾水,粘贴在靶点上,两组线之间不产生交叉,强度根据患儿状态调整,从弱到强,20 min/次,每日1次。2组均持续干预3个月。

1.3 观察指标

所有量表评定均由医师或康复师执行,环境安静,为提高患儿配合度,家属须陪同。

1.3.1 疗效 参照中国康复研究中心汉语版构音障碍检查法^[7]中50词语检查制定,分为治愈(言语清晰,构音异常情况全部纠正)、显效(构音异常纠正 $>50\%$,言语清晰度改善较显著)、好转(构音异常纠正 $<50\%$,言语清晰度轻度改善)及无效(未达上述标准)4个等级,总有效率=100%-无效率。

1.3.2 言语可懂度 采用汉语构音语音能力评估词表^[8],包含52个单音节测试词,语音清晰度百分比=(正确发音词数/总测试词数) $\times 100\%$,分为正常($\geq 90\%$)、轻度(70%~ $<90\%$)、中度(40%~ $<70\%$)及重度($<40\%$)障碍;口部运动功能以口部运动功能量表^[9]评估,含唇、舌、下颌运动功能3个维度,总分17分,分值越高,口部运动协调性越好。

1.3.3 构音障碍 以Frenchay构音障碍评定法(frenchay dysarthria assessment, FDA)^[10]评估,包含言语、反射、呼吸、舌运动、唇运动、颌位置、软腭运动、咽喉控制力8个维度,25个条目,每个条目0~4分,分为无(100分)、轻度(≥ 80 分)、中度(60~80分)、重度(40~60分)、极重度障碍(<40 分)5个等级。

1.3.4 沟通功能 采用复旦大学中文版沟通功能分级系统(communication function classification system, CFCS)^[11]评估,I级(高效沟通)、II级(有效但受限)、III级(中度受限)、IV级(重度受限)、V级(极重度受限)。

1.3.5 事件相关电位P300 以事件相关电位仪检测P300潜伏期、波幅。

1.4 统计学方法

数据采用SPSS 27.0处理,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示, t 检验,计数资料以 $n(\%)$ 表示,行 χ^2 检验,等级资料行Ridit分析, u 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 疗效对比

表1显示,观察组总有效率(95.12%)显著高于对照组(80.49%)($P<0.05$)。

2.2 言语可懂度对比

表2显示,观察组干预后语音清晰度、口部运动功能评分显著高于对照组($P<0.05$)。

表1 两组疗效对比[n(%)](n=41)

组别	治愈	显效	好转	无效	总有效
观察组	0(0.00)	25(60.98)	14(34.15)	2(4.88)	39(95.12)
对照组	0(0.00)	14(34.15)	19(46.34)	8(19.51)	33(80.49)
χ^2					4.100
<i>P</i>					0.043*

**P*<0.05, 下同

表2 两组言语可懂度对比($\bar{x}\pm s$)(n=41)

组别	语音清晰度(%)		口部运动功能(分)	
	干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	53.74±4.70	71.92±5.45	7.41±1.28	13.27±1.58
对照组	52.30±4.26	67.41±5.11	7.56±1.34	11.64±1.41
<i>t</i>	1.454	3.865	0.518	4.929
<i>P</i>	0.150	<0.001*	0.606	<0.001*

2.3 构音障碍对比

表3显示,观察组干预后FDA评分显著高于对照组(*P*<0.05)。

表3 两组构音障碍对比($\bar{x}\pm s$,分)(n=41)

组别	干预前	干预后
观察组	73.86±3.74	82.04±5.17
对照组	74.37±4.16	78.91±4.94
<i>t</i>	0.584	2.803
<i>P</i>	0.561	0.006*

2.4 沟通功能对比

表4显示,干预后,观察组CFCS分级显著优于对照组(*P*<0.05)。

2.5 事件相关电位P300对比

表5显示,观察组干预后P300潜伏期、波幅显著高于对照组(*P*<0.05)。

3 讨论

3.1 脑电仿生电刺激联合AAC的可行性

AAC是一种通过非口语或辅助工具帮助沟通障碍人群表达需求、参与社交的系统,言语清晰度差的CP患儿可通过图片、符号或电子设备直接替代口语表达,突破生理限制;同时可增强语言理解、降低沟通压力^[12]。AAC可增强CP患儿对发音技巧的模仿能力,长期干预后逐步

恢复简单口语表达^[13]。约30%~60%的CP患儿通过AAC工具实现基本需求表达,改善了与家庭、同伴的互动质量^[14]。电刺激技术通过改善脑循环、增强肌肉控制及多系统协同作用,可有效改善脑瘫患儿言语障碍^[15]。电刺激可同步改善构音器官的灵活性与协调性,减少声母、韵母发音错误^[16]。郇赛等^[17]在言语治疗基础上辅以电刺激,发现患儿言语可懂度提升20%~40%,尤其在轻中度构音障碍案例中效果显著。脑电仿生电刺激属于新型电刺激技术,核心在于仿生电流合成、无创靶向干预及多机制协同作用。脑电仿生电刺激通过脑血管自动调节功能,增加局部血流量,促进神经组织再生,修复受损的脑区语言中枢功能,为言语能力康复提供生理基础^[18]。上述研究报道均为脑电仿生电刺激治疗CP言语障碍提供了理论基础。本研究显示,观察组疗效、语音清晰度、口部运动功能显著优于对照组,与上述观点相符,提示脑电仿生电刺激与ACC联合应用具有协同增效作用,可作为治疗儿童CP言语障碍的有效方案。

3.2 脑电仿生电刺激联合AAC对言语障碍的改善作用

构音障碍是CP患儿言语障碍的典型表现,直接影响发音清晰度与言语可懂度,导致功能性交流能力受损^[19]。从表3可知,干预前两组患儿构音障碍均为中度,干预后两组患儿构音障碍减轻,尤其是观察组。脑电仿生电刺激可调节大脑皮质兴奋性,促进语言脑区(运动皮层、Broca区)神经重塑,从而增强构音器官肌肉的协调性,还可通过增强神经可塑性,优化语言信息处理效率^[20]。电刺激通过激活大脑皮层神经网络,优化工作记忆和注意力分配,缓解因认知缺陷导致的言语逻辑混乱或交流中断,增强认知—语言整合能力^[21]。CFCS不仅关注发音清晰度,更强调实际交流效能,可识别因言语障碍导致的沟通受限。本研究显示,干预前,两组患儿CFCS集中在IV级,符合脑瘫患儿言语障碍特征。干预后,CFCS分级趋向II、III级,特别是观察组,提示脑电仿生电刺激联合AAC在改善患儿功能性交流能力方面具有明显优势。事件相关电位P300的变化(如潜伏期延长、波幅降低)与脑瘫患儿的言语障碍存在间接关联,主要通过反映认知功能缺陷(如信息处理速度、注意力、工作记忆)影响语言能

表4 两组沟通功能比较[n(%)](n=41)

组别	干预前			干预后		
	II级	III级	IV级	II级	III级	IV级
观察组	3(7.32)	18(43.90)	20(48.78)	16(39.02)	23(56.10)	2(4.88)
对照组	4(9.76)	15(36.59)	22(53.65)	9(21.95)	27(65.85)	5(12.20)
<i>t</i>	1.406			3.043		
<i>P</i>	0.236			0.007*		

注:干预前后均未出现I、V级,故未纳入

表5 两组事件相关电位P300对比($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	P300潜伏期(ms)		波幅(μV)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	41	372.86 \pm 21.83	341.67 \pm 15.83	6.31 \pm 0.83	8.26 \pm 1.04
对照组	41	368.46 \pm 20.34	352.54 \pm 17.64	6.23 \pm 0.91	7.43 \pm 0.92
<i>t</i>		0.944	2.937	0.416	3.828
<i>P</i>		0.348	0.004*	0.679	<0.001*

力,为脑瘫言语障碍的机制解析及干预效果评估提供神经电生理依据。本研究结果显示,观察组干预后P300潜伏期、波幅优于ACC组,印证了脑电仿生刺激联合AAC有助于提升患儿言语能力。电刺激可缩短P300潜伏期,进而加速语言信息处理速度,优化发音清晰度^[22]。本研究的不足之处在于选取例数较少,且患儿配合度存在差异,量表评分存在一定主观性,数据可能存在偏倚,未来在增加样本量的同时,需纳入多种客观指标作为评价指标进行深入研究。

参考文献

[1] Liu F, Zhang R, Cui C, et al. Care burden and quality of life among family caregivers of children with cerebral palsy in China: the mediating roles of social support and coping styles[J]. BMC Public Health, 2025, 25(1): 506-506.

[2] Hahn Arkenberg RE, Mitchell SS, Craig BA, et al. Neuromuscular adaptations of swallowing and speech in unilateral cerebral palsy: shared and distinctive traits[J]. J Neurophysiol, 2023, 130(6): 1375-1391.

[3] Long HL, Mahr TJ, Natzke P, et al. Longitudinal change in speech classification between 4 and 10 years in children with cerebral palsy[J]. Dev Med Child Neurol, 2022, 64(9): 1096-1105.

[4] Fiori S, Ragoni C, Podda I, et al. PROMPT to improve speech motor abilities in children with cerebral palsy: a wait-list control group trial protocol[J]. BMC Neurol, 2022, 22(1):246-246.

[5] 金星,黄立,王金,等.脑瘫儿童辅助沟通系统词汇训练效果个案研究[J].中国听力语言康复科学杂志,2022,20(6):451-454.

[6] 中华医学会物理医学与康复学分会康复治疗学组,中国医师协会康复医师分会水疗康复专业委员会,中国康复医学会循证康复医学工作委员会.脑性瘫痪儿童水中运动治疗临床实践指南[J].中国康复理论与实践,2021,27(1):1-14.

[7] 庄燕,任敏,孟宪忠,等.改良六字诀联合执行功能训练在脑卒中后构音障碍及认知障碍治疗中的价值[J].临床和实验医学杂志,2025,24

(2):156-161.

[8] 余婷.补气调衡法针刺结合言语功能训练治疗脑瘫伴构音障碍的临床观察[D].湖南中医药大学,2023.

[9] 张靖,韦新艳,韦娟,等.表面肌电图评估脑瘫儿童口部运动训练康复治疗的效果[J].中国医学物理学杂志,2017,34(12):1267-1272.

[10] 潘娟娟,陈雪尔,程佩锋,等.镜像视觉反馈疗法结合语音训练对学龄前功能性构音障碍儿童语音清晰度的影响[J].中国妇幼保健,2025, 40(1):41-44.

[11] 王燕娜,史惟.复旦中文版沟通功能分级系统的信度和效度研究[J].中国循证儿科杂志,2017,12(5):321-327.

[12] Pahisa-Solé J, Herrera-Joancomartí J. Testing an AAC system that transforms pictograms into natural language with persons with cerebral palsy[J]. Assist Technol, 2019, 31(3):117-125.

[13] 张亚歌,王小哲,王小品.辅助沟通系统训练对痉挛型脑性瘫痪伴交流障碍患儿的效果观察[J].中国中西医结合儿科学,2023,15(2): 157-161.

[14] MacLellan LE, Stepp CE, Fager SK, et al. Evaluating Camera Mouse as a computer access system for augmentative and alternative communication in cerebral palsy:A case study[J]. Assist Technol, 2024, 36(3):217-223.

[15] 周涛,郭壮丽,梁颖.经颅直流电刺激联合常规言语训练治疗卒中后失语症患者的疗效观察[J].临床医学进展,2023,13(11):17772-17779.

[16] 彭华英,邓安伦,王子静.口部运动联合电刺激及构音障碍训练在脑卒中构音障碍的应用[J].中国当代医药,2023,30(2):66-69.

[17] 邹赛,王佩佩,杨暖,等.常规康复治疗联合头部低频电刺激对脑瘫患儿单胺类神经递质、NSE、ET-1及脑血流动力学的影响[J].海南医学院学报,2019,25(5):384-387.

[18] 耿健,娄田,刘萍萍,等.脑电仿生电刺激联合常规康复治疗轻中度智力障碍儿童效果观察[J].中国康复,2024,39(9):530-533.

[19] 孔令凤,杨卫红,李玉华.发音器官矫正联合语言训练对小儿脑瘫并语言障碍的疗效观察[J].听力学及言语疾病杂志,2024,32(2): 142-146.

[20] 段红莉,张中平,许秀,等.初发脑卒中后构音障碍的中医针刺、言语训练联合电刺激干预效果[J].世界中医药,2019,14(1):187-190.

[21] 李丹慧,由丽,张传文,等.经颅直流电刺激联合言语训练治疗老年卒中者不同失语类型的效果研究[J].老年医学与保健,2022,28(4):766-771,793.

[22] 张媛,陈立峰,陈薇,等.集体语言训练联合经颅直流电刺激对语言发育迟缓患儿发育水平、言语功能及神经中枢营养因子水平的影响[J].现代生物医学进展,2024,24(6):1166-1170.

收稿日期 2025-03-27

责任编辑 薛 静