

# 多维度数字训练法对脑卒中后 Broca 失语及经皮质运动性失语患者语言功能的影响

孙长慧, 张玉倩, 华艳, 白玉龙, 邱晓

**【摘要】** 目的:探讨多维度数字训练法对脑卒中后 Broca 失语及经皮质运动性失语患者语言功能的影响。方法:招募脑卒中后 Broca 失语及经皮质运动性失语患者 40 例,采用随机数字表法将其分为对照组和干预组各 20 例。对照组接受常规言语康复训练,干预组接受自行设计开发的多维度数字训练法的言语康复训练。使用西方失语成套测验(WAB)评估 2 组干预前及干预 3 周后的语言功能。结果:干预 3 周后,2 组患者 WAB 量表中自发言语、听理解、复述、命名评分及失语商(AQ)值均较训练前显著提高( $P < 0.05$ );干预 3 周后 2 组患者 WAB 量表中自发言语、听理解、复述、命名评分及 AQ 值无统计学差异,干预前后自发言语、复述、命名及 AQ 值评分差值比较,干预组较对照组差值更大( $P < 0.05$ )。结论:相较于常规言语康复训练,多维度数字训练法对脑卒中后 Broca 失语及经皮质运动性失语患者语言流畅性的提升更明显。

**【关键词】** 多维度数字训练法;脑卒中;Broca 失语;经皮质运动性失语

**【中图分类号】** R49;R473.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2026.05.001

## The impact of multi-dimensional digital training method on language function in patients with post-stroke Broca's Aphasia and transcortical motor aphasia

Sun Changhui, Zhang Yuqian, Hua Yan, Bai Yulong, Qiu Xiao

Department of Rehabilitation Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China

**【Abstract】** **Objective:** To explore the effect of the multi-dimensional digital training method on language function in patients with post-stroke Broca's aphasia and transcortical motor aphasia. **Methods:** A total of 40 inpatients with post-stroke Broca's aphasia and transcortical motor aphasia were recruited. They were divided into a control group ( $n=20$ ) and an intervention group ( $n=20$ ) using a random number table method. The control group received conventional speech rehabilitation training, while the intervention group was given speech rehabilitation training based on the self-designed and developed multi-dimensional digital training method. The Western Aphasia Battery (WAB) was used to evaluate the language function of the two groups before and after the intervention. **Results:** Intra-group comparisons showed that after 3 weeks of intervention, the scores of spontaneous speech, auditory comprehension, repetition, naming and aphasia quotient (AQ) in the WAB scale were significantly higher than those before training in both groups ( $P < 0.05$ ). Inter-group comparisons indicated that there were no significant differences in the scores of spontaneous speech, auditory comprehension, repetition, naming and AQ between the two groups after 3 weeks of intervention. However, the differences in the scores of spontaneous speech, repetition, naming and AQ before and after intervention were larger in the intervention group than in the control group ( $P < 0.05$ ), while there was no significant difference in the difference of auditory comprehension score between the two groups. **Conclusion:** Compared with conventional speech rehabilitation training, the multi-dimensional digital training method has a more significant effect on improving language fluency in patients with post-stroke Broca's aphasia and transcortical motor aphasia.

**【Key words】** multi-dimensional digital training method; stroke; Broca's aphasia; transcortical motor aphasia

基金项目:国家科技部重点研发计划(2022YFC3601204);上海市卫生健康委员会青年人才项目(2022YQ055);上海市宝山区科学技术委员会科技创新专项资金项目(21-E-04)

收稿日期:2025-11-10

作者单位:复旦大学附属华山医院康复医学科,上海 200040

作者简介:孙长慧(1986-),女,主管技师,主要从事脑损伤后失语症、吞咽与认知障碍康复的治疗与临床研究。

通讯作者:邱晓, qiuxiao@fudan.edu.cn

脑卒中后失语(post-stroke aphasia, PSA)指由脑卒中导致的优势大脑半球语言功能区受损而引起的获

得性语言障碍,表现为对语言符号的感知、理解、组织运用或表达等某一方面或多个方面的功能障碍<sup>[1-2]</sup>。PSA 是脑损伤后常见的语言功能障碍,严重影响患者沟通能力和生活质量。而非流畅性失语症患者核心表现为口语表达困难,如语法缺失、词汇提取障碍、言语不流畅,但听理解相对保留<sup>[3]</sup>。此类患者常因无法有效地沟通产生社交回避、焦虑情绪,严重影响患者的生活质量<sup>[4]</sup>。目前临床多采用传统言语治疗,康复效果有限,尤其在句法组织和主动表达方面改善缓慢<sup>[5]</sup>。多维度数字训练法是基于数字认知与语言加工的协同机制设计的综合干预手段,通过数字识别命名、序列复述、运算推理等多维度任务激活 Broca 区及相关语言网络,促进词汇提取、句法构建和跨模态表达<sup>[6]</sup>。数字作为高度结构化的符号系统,具有语义单一、逻辑清晰、跨模态易操作等优势,可降低语言理解负荷,且与日常生活如时间、数量、通讯等紧密相关,便于训练成果向实际场景迁移<sup>[7]</sup>。本研究拟构建多维度数字训练方案,观察其对于脑卒中失语患者言语功能的治疗效果,为临床失语症康复提供新策略。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

样本量计算方法:基于两独立样本均数比较,使用 G \* power 软件中 Means 模块下的 Two Independent Means 程序进行计算,计算公式: $n = \lceil \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{d^2} \rceil$ ,根据既往文献数据<sup>[8]</sup>,获得 Effect size  $d = 1.2135$ ,设定显著性水平  $\alpha$  为 0.05 (双侧检验),统计效能为 90% (即  $\beta = 0.1$ ),即  $\text{Alpha} = 0.025$ ,  $\text{Power} = 0.9$ ,  $\text{Allocation Ratio} = 1$ ,计算得每组所需样本量为 16 例。考虑到研究中可能发生约 20% 的脱落率(失访、撤回知情同意等),最终计划每组纳入 20 例受试者,总样本量为 40 例。招募 2023 年 1 月至 2024 年 12 月我科住院治疗的脑卒中后非流畅性失语患者 40 例。纳入标准:经颅脑 CT 或 MRI 检查明确诊断为首次卒中患者;经西方失语成套测验(western aphasia battery, WAB)检查,诊断为 Broca 失语、经皮质运动性失语者<sup>[8]</sup>;患者意识清楚,生命体征稳定,注意力较集中,并能保持稳定的坐位训练 30min 以上(可依靠扶手、靠背);小学及以上文化程度;年龄 18~80 岁;患

者本人或授权委托人代签署知情同意书。排除标准:既往有精神病史或发病前已伴有不同程度认知功能下降症状者;有严重听力和视力障碍、构音障碍者。本次研究已经我院临床研究伦理委员会审查批准(2022 临审第 1089 号)。2 组基线资料比较差异无统计学意义,见表 1。

### 1.2 方法

2 组患者均给予常规脑卒中二级预防和基础疾病药物治疗以及对症支持治疗,针对患者存在的运动、感觉、吞咽等障碍,根据患者功能损伤程度和特点,进行个体化运动、感觉、吞咽康复训练。针对言语功能障碍,对照组进行常规言语康复训练,干预组采用多维度数字法训练,具体训练方法如下:①对照组(常规言语康复训练组):采用 Schuell 刺激治疗<sup>[9]</sup>;包括口腔发音器官的训练、口语表达训练、文字表达训练、听理解训练等。采用一对一的治疗方式,每日治疗 1 次,每次 30min,每周 5d,连续治疗 3 周。②干预组(多维度数字法训练组):采用自行设计开发的阶梯式数字训练方案,涵盖 3 类任务,难度随训练进展递增。a. 基础层(第 1 周):阿拉伯数字识别/命名、汉字数字认读/书写(如“7→七”)、2~3 位数字复述(如“58→58”);b. 进阶层(第 2 周):多位数转换(如“369→三百六十九”)、简单计算题语言表达(如“2+3=? →五”);c. 应用层(第 3 周):复杂多位数序列(如“1024→一千零二十四”)、情境化计算表达(如“买 2 个苹果,每个 5 元,共多少→十元”)。采用一对一的治疗方式,每日 1 次,每次治疗 30min,每周 5d,连续治疗 3 周。

### 1.3 评定标准

分别于干预前和干预 3 周后进行 WAB 量表评估,评估者未被告知患者分组及治疗情况。评估内容包括:采用 WAB 对 2 组患者的自发言语、听理解、复述和命名 4 个方面进行评估,该评估方法包括自发言语、听理解、复述、命名、阅读、书写、相关认知功能(运用、结构与视空间、计算)7 项测试构成。通过其中前 4 项检查结果可求出患者的失语商(aphasia quotient, AQ)值<sup>[10]</sup>,它反映口语障碍程度和失语症的严重程度,若 AQ 值评分 < 93.8 分,可评为失语症;以自发言语中的流畅度、听理解、复述的评定结果诊断出失语症类型。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分

表 1 2 组一般资料比较

组别	n	性别(例)		脑卒中类型(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程 (d, $\bar{x} \pm s$ )	文化程度(例)				失语症类型(例)	
		男	女	脑出血	脑梗死			小学	初中	高中	大学及以上	Broca 失语	经皮质运动性失语
对照组	20	15	5	4	16	54.25±12.48	94.5(47.00,382.00)	2	7	3	8	14	6
干预组	20	12	8	7	13	53.90±14.32	70.0(44.25,230.00)	3	6	3	8	17	3
$\chi^2/t/z$		1.026		1.129		0.082	1.361	0.278				1.129	
P		0.311		0.288		0.935	0.182	0.964				0.288	

析,对2组数据进行正态性检验,符合正态分布的数据用 $\bar{x}\pm s$ 表示,不符合正态分布的数据用M(P25, P75)表示。计数资料采用Pearson卡方检验或Fisher精确概率法检验。干预前后组内比较采用配对样本 $t$ 检验或Wilcoxon符号秩检验;干预前及干预后组间比较采用独立样本 $t$ 检验或Mann-Whitney U检验。检验水准设为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

干预3周后2组自发言语、听理解、复述、命名及总分AQ值均较治疗前提高( $P<0.05$ );干预3周后2组患者WAB量表中各项评分及AQ值无统计学差异,但2组患者干预前后各项评分差值比较,干预组自发言语、复述、命名和AQ值的进步值较对照组更高( $P<0.05$ ),听理解进步值比较2组无统计学差异,见表2。

## 3 讨论

Broca区长期被认定为语言输出核心,非流畅性失语患者因该脑区损伤,语言表达会出现电报式、找词困难等问题<sup>[3]</sup>。研究发现,Broca区在数字序列加工、逻辑推理等非语言认知任务中同样发挥关键作用<sup>[11-13]</sup>。这种功能多样性为语言康复干预提供了全新靶点,可利用数字加工激活Broca区,借助其“数字-语言”双重功能,搭建修复语言网络的桥梁。数字作为高度结构化的符号系统,具备语义单一、逻辑清晰、跨模态易操作的特点,能有效降低失语患者的语言理解负荷。患者在完成数字相关任务时,可间接带动

Broca区及相关语言网络的激活与重塑,为语言功能恢复奠定神经基础。大脑神经可塑性是失语症康复的核心生理基础。多维度数字训练法融合视觉、听觉、运动觉等多感官刺激,可激活顶叶-枕叶等次级脑区,建立“非语言-语言”转换通路,实现语言表达功能代偿<sup>[14-15]</sup>。研究证实,数字命名任务能激活左侧颞中回等词汇提取相关脑区,数字序列复述可强化Broca区与前额叶皮层的连接,进而改善语言流畅性<sup>[16-19]</sup>。该机制与“手势代偿”“图画代偿”原理类似,但数字的逻辑性和通用性让代偿效率更高,可帮助患者从“电报式语言”过渡到完整句表达。这可能是干预组自发言语和复述评分显著提升的因素之一。

数字作为训练核心载体,有三大独特优势。一是语义单一性,可避免传统词汇训练的多义性困扰,降低认知负荷。二是逻辑清晰性,数字序列的规律性和运算逻辑,能引导患者建立结构化思维,提升句法组织能力。三是生活关联性,数字广泛应用于日常生活场景,训练成果可快速迁移到实际沟通中,解决传统言语训练“学用分离”的痛点<sup>[7]</sup>。研究显示,干预组与对照组训练3周后,WAB量表中自发言语、听理解、复述、命名及AQ值均显著提升,证明两种训练方式均有效改善患者语言功能。干预组在自发言语、复述、命名及AQ值的进步幅度上显著高于对照组,证实多维度数字训练法在提升语言流畅性上更具优势。这一结果与训练设计逻辑高度吻合,基础层的数字识别、命名任务可解决词汇提取困难,进阶层的多位数转换能强化句法构建,应用层的情境化表达可提升言语输出连贯性,三者共同作用于非

表2 2组干预前后WAB评分比较

分,  $\bar{x}\pm s$

项目	组别	n	干预前	干预后	t/Z	P	干预前后差
自发言语	干预组	20	6.35±3.88	9.05±4.21	-3.081	0.002	2.70±2.79
	对照组	20	7.95±4.69	8.90±4.84	-1.307	0.201	0.95±1.05
	t/Z		-1.307	-0.105			-2.965
	P		0.201	0.917			0.003
听理解	干预组	20	6.95±2.11	8.20±1.85	-3.352	0.001	1.25±1.16
	对照组	20	7.15±1.69	7.80±1.82	0.330	-0.664	0.65±0.59
	t/Z		0.330	-0.664			-1.644
	P		0.743	0.507			0.100
复述	干预组	20	4.30±3.47	6.35±3.48	-3.668	<0.001	2.05±1.96
	对照组	20	4.90±3.84	5.75±3.71	-2.970	0.003	0.85±1.57
	t/Z		-0.464	-0.641			-2.764
	P		0.643	0.521			0.006
命名	干预组	20	1.90±2.43	3.65±2.72	-3.446	0.001	1.75±1.78
	对照组	20	3.30±2.99	3.90±3.23	-3.207	0.001	0.60±0.60
	t/Z		-1.444	-0.136			-2.434
	P		0.149	0.892			0.015
AQ值	干预组	20	38.30±19.92	54.45±21.99	-10.329	<0.001	16.07±9.79
	对照组	20	46.50±23.22	52.25±23.48	-7.512	<0.001	5.66±2.51
	t/Z		1.199	-0.306			-4.383
	P		0.238	0.761			<0.001

流畅性失语患者的核心障碍<sup>[3]</sup>。AQ值作为评估失语症严重程度的关键指标<sup>[10]</sup>,其显著提升进一步验证了该训练法对语言整体功能恢复的促进作用。

2组患者的听理解评分差值无统计学差异,这符合非流畅性失语的特征与训练设计定位。Broca失语及经皮质运动性失语患者的核心损伤集中在语言输出通路,听理解功能相对保留<sup>[3]</sup>,两种训练方式对其提升空间有限。同时,多维度数字训练法的核心目标是改善语言表达功能,未针对听理解设计专项强化任务,因此无法在该维度形成差异化优势。

脑卒中后失语患者常伴随认知功能损伤<sup>[1]</sup>,传统言语治疗任务的认知负荷较高,容易让患者产生挫败感,进而降低训练依从性<sup>[5]</sup>。多维度数字训练法以数字为核心载体,凭借逻辑性与具象性降低任务认知门槛,帮助患者快速理解训练目标。基础层的“2~3位数字复述”任务规则简单、反馈明确,能让患者快速获得成就感,提升训练依从性<sup>[20]</sup>。该训练法采用阶梯式难度递增设计,遵循“基础层→进阶层→应用层”的顺序,符合患者认知功能恢复规律,避免了传统训练“一刀切”的弊端,实现了“循序渐进”的精准康复原则<sup>[14]</sup>。

临床中,失语患者的病情严重程度、病程、文化背景存在显著个体差异<sup>[5]</sup>。多维度数字训练法具有高度灵活性,可根据患者具体情况调整任务难度与训练重点。针对病情较重、病程较短的患者,可侧重基础层的数字识别与简单复述;针对病情较轻、恢复较好的患者,可快速推进至进阶层与应用层训练。这种个体化适配性解决了传统言语训练难以兼顾不同患者需求的问题,提升了整体康复效果。

本研究存在样本量小、观察周期短等局限。未来研究可从四方面推进。一是扩大样本,开展多中心、大样本研究,并延长随访周期。二是结合功能性近红外成像、功能性磁共振成像等技术,深入剖析训练的神经机制。三是研发针对“数字-语言”交互功能的评估量表,精准量化训练对语言网络修复的特异性,区分数字加工网络代偿与语言网络直接修复的占比。四是融合多学科优化训练方案,探索更高效的康复模式,突破单一训练手段的不足。

综上所述,多维度数字训练法对卒中后Broca失语及经皮质运动性失语患者语言流畅性的提升效果优于常规言语康复训练,初步验证了其临床有效性与实用性,为卒中后非流畅性失语康复提供了新策略。未来通过进一步研究,有望推动失语症康复向更精准、高效的方向发展。

#### 【参考文献】

[1] 姚雨良,潘宏哲,王翠翠,等.脑卒中后失语症的神经康复机制

[J].中国康复,2025,40(2):121-125.

- [2] Yan Z, Wei D, Xu S, et al. Determining levels of linguistic deficit by applying cluster analysis to the aphasia quotient of Western Aphasia Battery in post-stroke aphasia[J]. *Sci Rep*, 2022,12(1):15108.
- [3] 康晓茜,张宗云,郎晓,等.汉语非流畅性失语症患者特指疑问句句法障碍特征[J].*听力学及言语疾病杂志*,2025,33(3):211-215.
- [4] 汉语失语症康复治疗专家共识组.汉语失语症康复治疗专家共识[J].*中华物理医学与康复杂志*,2019,41(3):161-169.
- [5] 贾建平,陈生弟.神经病学[M].第8版.北京:人民卫生出版社,2018:128-130.
- [6] Arsalidou M, Pawliw-Levac M, Sadeghi M, et al. Brain areas associated with numbers and calculations in children: Meta-analyses of fMRI studies[J]. *Dev Cogn Neurosci*, 2018,30(4):239-250.
- [7] Luo J, Yokoi I, Dumoulin SO, et al. Bistable perception of symbolic numbers[J]. *J Vis*, 2024,24(9):12.
- [8] Zhang Y, Sun C, Xie S, et al. Minimal important change for the aphasia quotient of the Chinese Western Aphasia Battery[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2025,61(2):221-228.
- [9] Shao Y, Wang P, Wang Q, et al. Eye-acupuncture with rehabilitation therapy for stroke[J]. *Medicine*, 2020, 99(18):e20096.
- [10] 高素荣.失语症[M].第2版.北京:北京大学医学出版社,2006:485-485.
- [11] Amalric M, Dehaene S. A distinct cortical network for mathematical knowledge in the human brain[J]. *Neuroimage*, 2019,4(189):19-31.
- [12] Gelman R, Butterworth B. Number and language: how are they related[J]. *Trends Cogn Sci*, 2005,9(1):6-10.
- [13] Cappelletti M, Butterworth B, Kopelman M. The understanding of quantities in semantic dementia: a single-case study[J]. *Neurocase*, 2006,12(3):136-145.
- [14] Calvert GA, Thesen T. Multisensory integration: methodological approaches and emerging principles in the human brain[J]. *J Physiol Paris*, 2004,98(1-3):191-205.
- [15] 梁佳静.视听手势结合音系成分分析对非流畅性失语症命名能力的影响及干预研究[D].上海:华东师范大学,2023.
- [16] Kuhnke P, Kiefer M, Hartwigsen G. Task-Dependent Recruitment of Modality-Specific and Multimodal Regions during Conceptual Processing[J]. *Cereb Cortex*, 2020,30(7):3938-3959.
- [17] Salis C, DeDe G. Sentence Production in a Discourse Context in Latent Aphasia: A Real-Time Study[J]. *Am J Speech Lang Pathol*, 2022,31(3):1284-1296.
- [18] Ruiz Ares G, Martin Alonso M, Rigual R, et al. Digital tool as speech and language therapy for patients with post-stroke aphasia[J]. *Digit Health*, 2025,11:20552076251314551.
- [19] 尹义臣,张素平,王幕真,等.脑梗死患者失算症EC301量表(中文修订版)检测研究[J].*中华物理医学与康复杂志*,2011,33(11):823-826.
- [20] Upton E, Doogan C, Fleming V, et al. Efficacy of a gamified digital therapy for speech production in people with chronic aphasia (iTalkBetter): behavioural and imaging outcomes of a phase II item-randomised clinical trial[J]. *EClinical Medicine*, 2024, 21(70):102483.