

基于人工智能的强化言语-语言治疗对脑卒中后失语症患者语言功能的影响

陈秀恩^{1,2,3}, 江紫辉^{3,4}, 郑洁皎², 郑拥军², 宁志超^{2,3}, 石文慧^{2,3}, 段林茹², 朱 婷², 张云云^{1*}

1 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院, 上海 200437;

2 复旦大学附属华东医院, 上海 200040;

3 上海体育大学运动健康学院, 上海 200438;

4 上海市浦东新区周浦医院, 上海 201318

* 通信作者: 张云云, E-mail: zhangyishyy@shutcm.edu.cn

收稿日期: 2025-06-25; 接受日期: 2025-10-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2024YFF0507501); 上海市卫健委面上项目(202240256); 转化医学研究基金项目(2024YJJB13);

复旦大学附属华东医院横向课题(H1573)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2026.07005

摘要 **目的** 探讨人工智能(AI)的强化言语-语言治疗(AISLT)对脑卒中后失语症患者语言功能的影响。**方法** 选取2024年1—12月在复旦大学附属华东医院康复医学科住院的脑卒中后失语症患者36例,采用随机数字表法分为对照组、常规强化言语-语言治疗(TISLT)组和AISLT组3组,每组12例。TISLT组脱落1例,AISLT组脱落1例,最终完成试验者34例,其中对照组12例,TISLT组11例,AISLT组11例。对照组接受常规言语语言康复治疗及健康教育,30 min/次;TISLT组接受言语治疗师介导的TISLT,120 min/次;AISLT组接受基于AISLT,120 min/次;3组均1次/d,5 d/周,持续治疗2周。分别于治疗前、治疗2周后和治疗后1个月采用西方失语症成套测验(WAB)对失语症的语言功能(听、说、读、写)进行全面评估并进行分类诊断;采用波士顿命名测验(BNT)对患者命名能力进行评估;采用日常生活交流能力评定(CADL)对患者交流能力进行评估;采用脑卒中失语症生活质量量表-39条目通用版(SAQOL-39 g)对患者生活质量进行评估。**结果** 与治疗前比较,对照组命名评分升高($P<0.05$),TISLT组治疗后WAB-AQ、自发语言、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$),TISLT组治疗后1个月和AISLT组治疗后、治疗后1个月WAB-AQ、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,TISLT组和AISLT组治疗后WAB-AQ、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$),TISLT组治疗后1个月WAB-AQ、听理解、复述评分均升高($P<0.05$),AISLT组治疗后1个月WAB-AQ、听理解和命名评分均升高($P<0.05$);与TISLT组比较,AISLT组在治疗后WAB-AQ和复述评分均升高($P<0.05$)。与治疗前比较,3组治疗后BNT评分均升高($P<0.05$),TISLT组和AISLT组治疗1个月后BNT评分均升高($P<0.05$)。与对照组比较,AISLT组治疗后和治疗后1个月BNT评分均升高($P<0.05$)。与治疗前比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月的CADL评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月CADL评分均升高($P<0.05$);与TISLT组比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月CADL评分均升高($P<0.05$)。与治疗前比较,TISLT组和AISLT组治疗后、治疗后1个月SAQOL-39g评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,TISLT组治疗后和AISLT组治疗后、治疗后1个月评分均升高($P<0.05$)。**结论** TISLT和AISLT均能有效改善脑卒中后亚急性期失语症患者语言功能,但AISLT疗效更显著。

关键词 脑卒中后失语症;语言功能;基于人工智能的强化言语-语言治疗;常规强化言语-语言治疗;人工智能

引用格式: 陈秀恩, 江紫辉, 郑洁皎, 等. 基于人工智能的强化言语-语言治疗对脑卒中后失语症患者语言功能的影响[J]. 康复学报, 2026, 36(7): 500-507, 516.

CHEN X E, JIANG Z H, ZHENG J J, et al. Effects of artificial intelligence-based intensive speech-language therapy on language function in post-stroke aphasic patients [J]. Rehabil Med, 2026, 36(7): 500-507, 516.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2026.07005

©《康复学报》编辑部, 开放获取CC BY-NC-ND 4.0协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

失语症是一种因大脑语言功能区器质性损伤而导致的多模态语言障碍综合征,其临床特征表现为口语表达、听理解、阅读及书写等多个语言模块的功能缺损^[1]。流行病学研究表明,约30%的脑卒中患者会继发失语症,全球年新增病例可高达450万例^[2-4]。严重的语言交流障碍不仅极大降低了患者的生存质量,而且诱发抑郁等情感障碍的重要风险因素^[5]。失语症的功能康复具有强烈的时效性。其黄金康复窗口期主要位于脑卒中后的前3个月,并延续至整个亚急性期(通常定义为发病后1~6个月)^[6-9]。在此时间窗内实施系统化语言康复干预具有重要临床价值。

有研究表明,接受强制诱导语言治疗的亚急性失语症患者,其语言功能显著优于接受常规治疗的患者^[10]。有研究指出,在常规治疗强度基础上额外增加1 h的强制诱导语言治疗相比于中等强度的常规治疗获得了较大程度的改善^[11]。尽管有证据支持高强度语言治疗对改善失语症患者语言功能具有积极作用^[12-14]。然而,言语治疗师资源短缺与医疗资源限制显著制约了其在临床上的广泛应用^[15]。随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的突破性发展,数字化语言康复平台为应对这一临床难题提供了新路径。现有研究证实,基于深度学习算法的计算机辅助语言治疗系统可显著改善慢性期失语症患者的词汇检索能力^[16-19]。有研究指出,基于AI的言语-语言治疗(AI-based speech-language therapy, ASLT)在疗效上不逊于由言语治疗师介导的常规言语-语言治疗(speech-language therapy, SLT)^[20-21]。然而,目前基于AI的强化言语-语言治疗(AI-based intensive speech-language therapy, AISLT)疗效仍缺乏高质量的医学循证依据,其疗效稳定性、适用人群特征及长期效益尚未明确。本研究旨在探讨AISLT对脑卒中后失语症患者语言功能的影响,以期提升失语症患者的临床康复效果提供理论依据和实践参考。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准

1.1.1.1 脑卒中诊断标准 符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》^[22]有关缺血性脑卒中和《中国脑出血诊治指南(2019)》^[23]有关脑出血的诊断

标准。

1.1.1.2 失语症诊断标准 符合《汉语失语症康复治疗专家共识》^[24]中有关失语症的诊断标准。

1.1.2 纳入标准 ① 年龄>18岁;② 首次发生脑卒中,且为脑卒中亚急性期(脑卒中后1~6个月)^[25];③ 经修订的西方失语症成套测验(western aphasia battery, WAB)评估得到失语商的分数<93.7分^[26];④ 以汉语为第一母语;⑤ 能够无障碍进行计算机化的治疗且同意参与试验,签署知情同意书。

1.1.3 排除标准 ① 有脑卒中以外的神经疾病导致的言语和语言障碍;② 有严重视力障碍和听力障碍;③ 有严重的精神障碍或其他能够干扰言语语言治疗进展的疾病;④ 有严重心脏疾病或者其他无法耐受治疗的疾患。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 患者主动要求退出试验;② 在试验过程中发生严重的不良事件;③ 患者不愿意配合,依从性差。

1.2 一般资料

采用G*Power 3.1.9.6软件进行样本量估算,选择方差分析,效应量设为0.28^[27-29]。统计功效设为0.8,显著性水平 α 设为0.05,3组共需最小样本量为30例。考虑到15%脱落率,故每组纳入12例。选取2024年1—12月在复旦大学附属华东医院康复医学科住院的脑卒中后失语症患者36例,采用随机数字表法分为对照组、由言语治疗师介导的常规强化言语-语言治疗(traditional intensive speech-language therapy, TISLT)组和AISLT组,每组12例。TISLT组因并发肺炎中止研究脱落1例, AISLT组因个人原因退出脱落1例,最终完成试验者34例,其中对照组12例, TISLT组11例, AISLT组11例。3组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表1。本研究经复旦大学附属华东医院伦理委员会批准(审批号:2024K035)。

2 方法

2.1 治疗方法

2.1.1 对照组 接受常规言语语言功能治疗及健康教育,主要是由言语治疗师介导的面对面的治疗,包括发音治疗、听理解治疗、书面语理解治疗、朗读治疗、日常口语治疗、书写治疗等。30 min/次, 1次/d, 5 d/周,持续治疗2周。

表 1 3 组一般资料比较
Table 1 Comparison of general data in three groups

组别	例数	性别		年龄/ ($\bar{x}\pm s$, 岁)	病程/ ($\bar{x}\pm s$, 月)	受教育程度/ ($\bar{x}\pm s$, 年)	MMSE/ ($\bar{x}\pm s$, 分)
		男	女				
对照组	12	7	5	57.00 $\pm$ 9.31	3.75 $\pm$ 0.92	11.58 $\pm$ 4.03	21.83 $\pm$ 2.33
TISLT 组	11	7	4	58.45 $\pm$ 10.49	3.86 $\pm$ 0.89	13.27 $\pm$ 2.83	22.18 $\pm$ 2.48
AISLT 组	11	10	1	50.91 $\pm$ 5.92	3.93 $\pm$ 1.07	12.91 $\pm$ 3.24	21.45 $\pm$ 2.46

组别	例数	脑卒中类型		失语症类型				mRS/ [$M(P_{25}, P_{75})$, 分]	BDAE/ [$M(P_{25}, P_{75})$, 分]
		脑梗死	脑出血	非流利性失语	流利性失语	命名性失语	完全性失语		
对照组	12	11	1	9	1	1	1	2.0(1.0, 2.5)	1.0(1.0, 2.0)
TISLT 组	11	9	2	10	0	1	0	2.0(1.0, 2.0)	2.0(1.0, 2.0)
AISLT 组	11	9	2	10	0	1	0	1.5(1.0, 2.0)	1.0(1.0, 2.0)

注: mRS 是改良 Rankin 量表 (Modified Rankin Scale, mRS), BDAE 是波士顿诊断性失语症检查 (Boston diagnostic aphasia examination, BDAE)。

Note: mRS is Modified Rankin Scale, BDAE is Boston diagnostic aphasia examination.

2.1.2 TISLT 组 接受 TISLT 治疗内容同对照组。TISLT 组康复治疗 120 min/次, 1 次/d, 5 d/周, 持续治疗 2 周。

2.1.3 AISLT 组 接受 AISLT, 系统构建了双平台协同干预体系, 包括智能治疗师管理平台与患者交互终端。120 min/次, 1 次/d, 5 d/周, 持续治疗 2 周。

2.1.3.1 个性化治疗计划生成 系统基于患者治疗前 WAB 评分及失语症类型 (如非流利性、命名性等), 通过算法分类匹配相应治疗模块。治疗内容覆盖 16 个语义类别, 涵盖 12 类高频生活场景 (如日常用品、交通工具、食物、身体部位等), 共 201 个词汇。系统可自动生成个体化的治疗组合, 如命名性失语患者重点治疗“命名+听理解”模块, 非流利性失语患者则强化“复述+口语表达”模块, 模块权重根据聚类结果动态分配。

2.1.3.2 多维度任务分配系统 治疗任务覆盖听理解、复述、表达、命名、书写和阅读六大语言功能模块, 支持多层级任务递进设计。

2.1.3.3 实时疗效监测与反馈 管理平台内置可视化监测仪表盘, 实时追踪患者治疗进度与准确率变化。系统根据患者实时表现动态调整任务难度: 当某一模块连续 3 次治疗正确率 $\geq 80\%$ 时, 自动提升任务难度; 若正确率持续 $< 60\%$, 系统将标记为“需加强”模块并提示治疗师干预。

2.1.3.4 三通道刺激协同方案 治疗过程中融合视觉、听觉及整合刺激, 引导患者完成命名、复述、句子填充等任务, 促进多感官协同激活与语言重建。

2.1.3.5 治疗数据报告与反馈机制 平台每日自动

生成个体化治疗报告, 包含各模块正确率趋势、薄弱环节提示、累计治疗时长与目标达成率; 每周生成总结报告, 供治疗师评估干预进展与调整方案。系统可在治疗师指导下实施, 也可在陪护人员监督下进行自我治疗。

2.2 观察指标

分别于治疗前和治疗 2 周后、治疗结束 1 个月后续访时, 由经过培训的同一名康复师对 3 组如下功能指标进行评价。

2.2.1 语言功能评估

2.2.1.1 语言功能全面评估 采用 WAB 对失语症的语言功能 (听、说、读、写) 进行全面评估并进行分类诊断。WAB 由自发语言、听理解、复述和命名 4 个子测试组成^[30]。4 项子测试的分数分别为 20 分、200 分、100 分、100 分。根据 4 个子测试分数计算失语商 (aphasia auotient, AQ), 计算公式是 (自发语言+听理解/20+复述/10+命名/10) $\times 2$ 。临床常采用 WAB-AQ 来监测失语症的言语表现, 这是一个敏感、有效和可靠的失语症表现的衡量标准, 测量误差为 3 分^[31], WAB-AQ 的 5 分变化值代表了临床上有意义的变化^[32]。WAB-AQ 的总分 100 分, 分数越高代表语言功能越好; 分数越低, 代表听、说、复述、命名等核心语言功能受损越严重。

2.2.1.2 命名能力评估 采用波士顿命名测验 (Boston naming test, BNT) 对患者命名能力进行评估, 该量表是使用广泛的对抗命名测试之一^[33]。本试验使用 BNT-30, 包含了 30 幅黑白线条图。通过让患者看图说出对应物品名称, 总分 30 分, 量化其命名

功能损伤程度,评分越高代表命名功能越好。

2.2.2 交流能力评估 采用日常生活交流能力评定(communucative abilities in daily living, CADL)对患者交流能力进行评估,CADL主要用来评估脑卒中失语症患者的实际语言交流能力^[34-35]。评分包括22项(34个亚项)的日常生活交流项目,包括自我介绍、反问、介绍病情、填写病例门诊卡、买车票、选择商品、问路等交流项目。每1个亚项满分是4分,总分136分,分数越高代表失语症患者的日常生活交流能力越好。

2.2.3 生活质量评估 采用脑卒中失语症生活质量量表-39条目通用版(Stroke and Aphasia Quality of Life Scale-39 generic version, SAQOL-39g)对患者生活质量进行评估^[35-36],SAQOL-39g包含了生理、交流和心理社会3个维度,总共39个项目,其中生理维度包含16个项目,交流维度包含7个项目,心理社会维度包含16个项目。所有项目采用5级评分制,得分越高表示生活质量越好。

2.3 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量资料服从正态分布以($\bar{x}\pm s$)表示,组内多时间点比较

采用重复测量方差分析,组内治疗前后比较采用配对样本 t 检验;组间比较采用两样本 t 检验。计量资料不服从正态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组内治疗前后比较采用Wilcoxon配对秩和检验,组间比较采用Wilcoxon秩和检验。计数资料以[例(%)]表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 3组治疗前后WAB评分比较

与治疗前比较,对照组命名评分升高($P<0.05$),TISLT组治疗后WAB-AQ、自发语言、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$),TISLT组治疗后1个月和AISLT组治疗后、治疗后1个月WAB-AQ、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,TISLT组和AISLT组治疗后WAB-AQ、听理解、复述和命名评分均升高($P<0.05$),TISLT组治疗后1个月WAB-AQ、听理解、复述评分均升高($P<0.05$),AISLT组治疗后1个月WAB-AQ、听理解和命名评分均升高($P<0.05$);与TISLT组比较,AISLT组治疗后WAB-AQ和复述评分均升高($P<0.05$)。见表2。

Table 2 Comparison of WAB scores in three groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)							分
组别	例数	时间	WAB-AQ	自发语言	听理解	复述	命名
对照组	12	治疗前	53.10 $\pm$ 17.66	9.25 $\pm$ 3.76	137.75 $\pm$ 43.94	60.66 $\pm$ 22.36	8.83 $\pm$ 7.13
		治疗后	54.46 $\pm$ 17.97	9.50 $\pm$ 3.70	138.91 $\pm$ 44.87	61.00 $\pm$ 21.72	10.25 $\pm$ 7.54 ¹⁾
		治疗后1个月	53.88 $\pm$ 17.02	9.58 $\pm$ 3.60	138.83 $\pm$ 43.04	59.66 $\pm$ 18.55	9.91 $\pm$ 6.92
TISLT组	11	治疗前	52.11 $\pm$ 12.34	9.81 $\pm$ 3.25	137.45 $\pm$ 27.10	53.27 $\pm$ 13.35	10.0 $\pm$ 5.29
		治疗后	58.93 $\pm$ 13.06 ¹⁾²⁾	10.27 $\pm$ 3.31 ¹⁾	155.54 $\pm$ 19.28 ¹⁾²⁾	62.45 $\pm$ 11.44 ¹⁾²⁾	13.09 $\pm$ 5.62 ¹⁾²⁾
		治疗后1个月	58.62 $\pm$ 11.83 ¹⁾²⁾	10.54 $\pm$ 3.55	151.18 $\pm$ 21.33 ¹⁾²⁾	67.36 $\pm$ 6.42 ¹⁾²⁾	12.54 $\pm$ 5.29 ¹⁾
AISLT组	11	治疗前	55.16 $\pm$ 11.45	9.90 $\pm$ 2.80	145.45 $\pm$ 37.97	61.90 $\pm$ 12.08	8.45 $\pm$ 3.77
		治疗后	64.44 $\pm$ 10.23 ¹⁾²⁾³⁾	10.90 $\pm$ 2.46	165.45 $\pm$ 33.14 ¹⁾²⁾	71.81 $\pm$ 11.99 ¹⁾²⁾³⁾	14.18 $\pm$ 4.66 ¹⁾²⁾
		治疗后1个月	62.00 $\pm$ 9.84 ¹⁾²⁾	10.72 $\pm$ 2.72	163.81 $\pm$ 24.85 ¹⁾²⁾	65.90 $\pm$ 7.70 ¹⁾	13.81 $\pm$ 5.83 ¹⁾²⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组同一时间点比较,2) $P<0.05$;与TISLT组同一时间点比较,3) $P<0.05$ 。

Note: compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group at the same time, 2) $P<0.05$; compared with the TISLT group at the same time, 3) $P<0.05$.

3.2 3组治疗前后BNT评分比较

与治疗前比较,3组治疗后BNT评分均升高($P<0.05$),TISLT组和AISLT组治疗1个月后BNT评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,AISLT组治疗后和治疗后1个月BNT评分均升高($P<0.05$)。见表3。

3.3 3组治疗前后CADL评分比较

与治疗前比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月的CADL评分均升高($P<0.05$);与对照组比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月CADL评分均升高($P<0.05$);与TISLT组比较,AISLT组治疗后、治疗后1个月CADL评分均升高($P<0.05$)。见表4。

表 3 3组治疗前后BNT评分比较($\bar{x}\pm s$)
Table 3 Comparison of BNT scores in three groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后	治疗后1个月
对照组	12	8.83±7.13	10.25±7.54 ¹⁾	9.91±6.92
TISLT组	11	10.0±5.29	13.09±5.62 ¹⁾	12.54±5.29 ¹⁾
AISLT组	11	8.45±3.77	14.18±4.66 ¹⁾²⁾	13.81±5.83 ¹⁾²⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组同一时间点比较,2) $P<0.05$ 。
Note: compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group at the same time, 2) $P<0.05$.

表 4 3组治疗前后CADL评分比较($\bar{x}\pm s$)
Table 4 Comparison of CADL scores in three groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后	治疗后1个月
对照组	12	36.08±19.69	37.00±20.34	35.50±15.61
TISLT组	11	38.09±11.59	41.09±13.44	41.90±17.52
AISLT组	11	38.90±11.21	51.09±13.26 ¹⁾²⁾³⁾	50.12±12.27 ¹⁾²⁾³⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组同一时间点比较,2) $P<0.05$;与TISLT组同一时间点比较,3) $P<0.05$ 。
Note: compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group at the same time, 2) $P<0.05$; compared with the TISLT group at the same time, 3) $P<0.05$.

3.4 3组治疗前后SAQOL-39g评分比较
与治疗前比较,TISLT组和AISLT组治疗后、治疗后1个月SAQOL-39g评分均升高($P<0.05$);与对

照组比较,TISLT组治疗后和AISLT组治疗后、治疗后1个月评分均升高($P<0.05$)。见表5。

表 5 3组治疗前后SAQOL-39g评分比较($\bar{x}\pm s$)
Table 5 Comparison of SAQOL-39g scores in three groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后	治疗后1个月
对照组	12	125.25±27.52	127.75±27.88	125.33±28.63
TISLT组	11	130.72±17.55	139.27±18.39 ¹⁾²⁾	136.36±16.78 ¹⁾
AISLT组	11	120.27±20.41	139.45±24.82 ¹⁾²⁾	137.63±21.89 ¹⁾²⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组同一时间点比较,2) $P<0.05$ 。
Note: compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group at the same time, 2) $P<0.05$.

4 讨 论

脑卒中后失语不仅严重损害患者的语言表达与理解能力,还显著降低其沟通能力、社会参与和生活质量,并增加心理负担与康复期的总体医疗需求。因此,早期且持续、个体化的SLT对促进语言功能恢复、提高日常沟通能力、改善生活质量具有关键意义。脑卒中后的亚急性期是神经功能重塑的关键窗口,此阶段为失语症患者制定个性化的康复治疗方

案至关重要。根据强度、治疗形式、周期的不同分为不同的治疗方法,通常将治疗时间较长、治疗频率较高、持续周期较久的治疗称为高强度的SLT^[37]。研究表明,高强度的SLT会带来更好的治疗效益^[38]。有研究发现,失语症患者的整体语言和理解能力与20~50 h的SLT强度相关^[39]。本研究通过随机对照试验比较对照组(常规SLT治疗)、TISLT组(言语治疗师介导的TISLT治疗)和AISLT组(基于AI的强化SLT治疗,AI动态调整任务类型与难度)治疗2周及治疗后1个月的疗效,发现TISLT组和AISLT组均能改善脑卒中后失语症患者语言功能,但在语言功能部分维度中,AISLT组效果更明显。

本研究发现TISLT组和AISLT组在治疗后及治疗后1个月WAB-AQ评分均显著提升,提示TISLT在亚急性期失语症康复中的有效性;其中AISLT组WAB-AQ评分改善幅度更大,表明AISLT在言语功能康复上更有优势,且在随访1个月后调查发现疗效仍然得以维持。这与BREITENSTEIN等^[40]的研究一致,其在慢性期患者的随机对照试验亦支持高强度、任务特异性语言治疗能显著促进语言功能恢复与网络可塑性重组。本研究也发现,治疗2周后,TISLT组和AISLT组的关键语言功能包括听理解、复述和命名等均表现出显著改善,其中AISLT组

在复述评分方面疗效更显著。在本研究中,AISLT组根据失语症类型动态分配治疗模块,对复述和命名能力实施高频精准刺激^[41-42]。同时,系统能够依据患者的实时表现(如正确率)自动调节任务参数,从而促进语言网络代偿性重组进程,这可能是AISLT组在复述等言语功能上改善幅度显著优于TISLT组的原因^[43]。

本研究结果显示,在自发语言方面,AISLT组治疗后虽然评分均值较治疗前明显提高,但差异无统计学意义。其原因可能包括以下几个方面:①本研究样本量有限,统计效能不足,可能导致差异未能显现。②WAB量表中自发语言的评估涵盖短语层面(如短语、短句生成)与叙事层面2个维度,其中叙事性表达依赖更高层次的语言整合与语篇组织能力。相比之下,本研究所采用的AI强化治疗系统主要聚焦于命名、听理解等基础语言功能的治疗,任务结构相对固定,缺乏真实语境中的交互式对话生成与语篇扩展练习。因此,系统虽能有效促进词汇提取与句子水平的语言生成,但对更复杂的语篇组织与情境化表达能力的促进相对有限。WANG等^[44]系统综述了深度学习在失语症领域中的应用进展,指出现有研究主要集中于语音识别、命名和理解等基础语言处理任务,而在语篇生成、语境适应及对话交互等高阶语言功能方面的研究仍明显不足,这可能部分解释了为何本研究中自发语言未见显著改善。未来的AI语言康复系统可在现有基础上,进一步融入自然对话生成、语境适应及多轮交互等治疗模块,以增强患者自发语言和高阶语言能力的恢复效果。

本研究结果显示,在沟通功能方面,AISLT组在治疗2周后CADL评分显著高于TISLT组,表明基于AI的强化言语语言系统更能有效促进社会交流场景的泛化能力。这一结果与RAMOS-MURGUIA- DAY等^[45]的研究一致,他们发现智能化和自适应反馈机制能显著提升脑卒中后言语治疗的任务迁移效果。此外,AISLT系统通过游戏化的即时反馈与自适应难度调节机制,持续增强了患者的治疗动机与参与度,而患者的动机和主动参与是预测失语症康复结局的关键因素^[46]。与TISLT组比较,AISLT组在干预结束及随访阶段CADL评分均表现出显著优势,提示“智能”或“自适应”成分可能是强化治疗产生疗效的重要机制。在生活质量方面,AISLT组与TISLT组均表现出显著改善,但AISLT组的提升

幅度更大,提示强化、个体化治疗可通过改善沟通功能促进社会参与,从而提升整体生活质量^[47]。这一结果支持“语言功能-社会参与-生活质量”正向链条模型的观点。然而,治疗2周后,患者的抑郁症状虽有减轻趋势,但差异无统计学意义,这与以往研究发现相符,即失语症患者抑郁较高,且心理需求更大,需要更多的心理社会支持与认知行为干预^[48]。

本研究仍存在一定的局限性。首先,本研究样本量虽满足最低统计学要求,但总体样本量相对较小,可能影响统计效能及结果的稳定性。其次,本研究为单中心研究,样本主要来源于上海市复旦大学附属华东医院,患者受教育程度(平均12~13年)及医疗依从性较高,可能存在选择偏倚,限制了研究结果的外推性。此外,本研究的随访时间为1个月,未来研究可适当延长随访周期,以进一步验证系统的持续疗效及其在真实临床环境中的应用价值。同时,建议开展多中心、大样本研究,以提升研究结论的可靠性和外推性。

5 结 论

综上所述,本研究表明,TISLT和AISLT均能有效改善脑卒中后失语症患者语言功能,但AISLT疗效更显著,具备一定的临床推广应用价值,有望缓解言语治疗资源不足的现状。然而,本研究存在局限性,例如样本量有限、为单中心研究,以及对作用机制探索不足。未来研究将开展多中心、大样本随机对照试验,并结合fNIRS技术与言语任务,深入解析与语言功能相关的经典脑区神经机制。同时,可探索AISLT与远程康复模式融合的应用潜力,以扩大康复服务覆盖范围,尤其惠及农村或偏远地区患者,为脑卒中后失语症提供更加科学、精准的智能康复方案。

参考文献

- [1] ZHENG Z S, WANG J, LEE S, et al. Cerebellar transcranial direct current stimulation improves quality of life in individuals with chronic poststroke aphasia [J]. *Sci Rep*, 2025, 15: 6898.
- [2] GRÖNBERG A, HENRIKSSON I, STENMAN M, et al. Incidence of aphasia in ischemic stroke [J]. *Neuroepidemiology*, 2022, 56(3): 174-182.
- [3] LAZAR R M, BOEHME A K. Aphasia as a predictor of stroke outcome [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2017, 17(11): 83.
- [4] FEIGIN V L, STARK B A, JOHNSON C O, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019:

- a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795–820.
- [5] LEE H, LEE Y, CHOI H, et al. Community integration and quality of life in aphasia after stroke [J]. *Yonsei Med J*, 2015, 56(6): 1694.
- [6] NOUWENS F, VISCH-BRINK E G, VAN DE SANDT-KOENDERMAN M M, et al. Optimal timing of speech and language therapy for aphasia after stroke: more evidence needed [J]. *Expert Rev Neurother*, 2015, 15(8): 885–893.
- [7] BIERNASKIE J, CHERNENKO G, CORBETT D. Efficacy of rehabilitative experience declines with time after focal ischemic brain injury [J]. *J Neurosci*, 2004, 24(5): 1245–1254.
- [8] DROMERICK A W, GEED S, BARTH J, et al. Critical Period after Stroke Study (CPASS): a phase II clinical trial testing an optimal time for motor recovery after stroke in humans [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2021, 118(39): e2026676118.
- [9] WEI N, YONG W, LI X Y, et al. Post-stroke depression and lesion location: a systematic review [J]. *J Neurol*, 2015, 262(1): 81–90.
- [10] SICKERT A, ANDERS L C, MUNTE T F, et al. Constraint-induced aphasia therapy following subacute stroke: a single-blind, randomised clinical trial of a modified therapy schedule [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2014, 85(1): 51–55.
- [11] CARPENTER J, CHERNEY L R. Increasing aphasia treatment intensity in an acute inpatient rehabilitation programme: a feasibility study [J]. *Aphasiology*, 2016, 30(5): 542–565.
- [12] CICHON N, WLODARCZYK L, SALUK-BIJAK J, et al. Novel advances to post-stroke aphasia pharmacology and rehabilitation [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(17): 3778.
- [13] SHEPPARD S M, SEBASTIAN R. Diagnosing and managing post-stroke aphasia [J]. *Expert Rev Neurother*, 2021, 21(2): 221–234.
- [14] PALMER R, WITTS H, CHATER T. What speech and language therapy do community dwelling stroke survivors with aphasia receive in the UK? [J]. *PLoS One*, 2018, 13(7): e0200096.
- [15] ROBERTS P S, OUELLETTE D, SOLIS N, et al. Retrospective study demonstrating therapy time impact on inpatient rehabilitation functional gains [J]. *Disabil Rehabil*, 2022, 44(17): 4639–4647.
- [16] PALMER R, DIMAIRO M, COOPER C, et al. Self-managed, computerised speech and language therapy for patients with chronic aphasia post-stroke compared with usual care or attention control (Big CACTUS): a multicentre, single-blinded, randomised controlled trial [J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(9): 821–833.
- [17] CHERNEY L R, LEE J B, KIM K A, et al. Web-based Oral Reading for Language in Aphasia (Web ORLA®): a pilot randomized control trial [J]. *Clin Rehabil*, 2021, 35(7): 976–987.
- [18] PALMER R, ENDERBY P, COOPER C, et al. Computer therapy compared with usual care for people with long-standing aphasia poststroke: a pilot randomized controlled trial [J]. *Stroke*, 2012, 43(7): 1904–1911.
- [19] FERRETE RUÍZ E J, DE LOS REYES DE TORRES CHACÓN M, PEREZ SÁNCHEZ S, et al. Breaking the communication barrier using new technologies in aphasic patients post-stroke [J]. *Rev Científica De La Soc De Enfermería Neurológica Engl Ed*, 2023, 58: 14–20.
- [20] SPACCAVENTO S, FALCONE R, CELLAMARE F, et al. Effects of computer-based therapy versus therapist-mediated therapy in stroke-related aphasia: pilot non-inferiority study [J]. *J Commun Disord*, 2021, 94: 106158.
- [21] BENWAY N R, PRESTON J L. Artificial intelligence-assisted speech therapy for /t/: a single-case experimental study [J]. *Am J Speech Lang Pathol*, 2024, 33(5): 2461–2486.
- [22] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9): 666–682.
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2018 [J]. *Chin J Neurol*, 2018, 51(9): 666–682.
- [23] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南 (2019) [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12): 994–1005.
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute intracerebral hemorrhage 2019 [J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(12): 994–1005.
- [24] 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): 9.
Expert Consensus Group on Chinese Aphasia Rehabilitation. Expert consensus on rehabilitation of Chinese aphasia [J]. *Chin J Phys Med Rehabil*, 2019, 41(3): 9.
- [25] BATH P M, LEE H S, EVERTON L F. Swallowing therapy for dysphagia in acute and subacute stroke [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 2018(10): CD000323.
- [26] YAN Z J, WEI D S, 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: 15108.
- [27] CHERNEY L R. Oral Reading for Language in Aphasia (ORLA): evaluating the efficacy of computer-delivered therapy in chronic nonfluent aphasia [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2010, 17(6): 423–431.
- [28] BRALEY M, PIERCE J S, SAXENA S, et al. A virtual, randomized, control trial of a digital therapeutic for speech, language, and cognitive intervention in post-stroke persons with aphasia [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 626780.
- [29] KESAV P, VRINDA S L, SUKUMARAN S, et al. Effectiveness of speech language therapy either alone or with add-on computer-based language therapy software (Malayalam version) for early post stroke aphasia: a feasibility study [J]. *J Neurol Sci*, 2017, 380: 137–141.
- [30] LI B X, DENG S Z, ZHUO B F, et al. Effect of acupuncture vs sham acupuncture on patients with poststroke motor aphasia: a randomized clinical trial [J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(1): e2352580.
- [31] SHEWAN C M, KERTESZ A. Reliability and validity characteris-

- tics of the western aphasia battery (WAB) [J]. *J Speech Hear Disord*, 1980, 45(3):308-324.
- [32] GILMORE N, DWYER M, KIRAN S. Benchmarks of significant change after aphasia rehabilitation [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2019, 100(6):1131-1139. e87.
- [33] SACHS A, RISING K, BEESON P M. A retrospective study of long-term improvement on the Boston naming test [J]. *Am J Speech Lang Pathol*, 2020, 29(Suppl 1):425-436.
- [34] ZHOU Q M, LU X, ZHANG Y, et al. Telerehabilitation combined speech-language and cognitive training effectively promoted recovery in aphasia patients [J]. *Front Psychol*, 2018, 9:2312.
- [35] QIU W H, GUAN H L, CHEN Z C, et al. Psychometric properties of the Chinese-version stroke and aphasia quality of life scale 39-generic version (SAQOL-39g) [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2019, 26(2):106-112.
- [36] HILARI K, BYNG S, LAMPING D L, et al. Stroke and aphasia quality of life scale-39 (SAQOL-39): evaluation of acceptability, reliability, and validity [J]. *Stroke*, 2003, 34(8):1944-1950.
- [37] CHERNEY L R, PATTERSON J P, RAYMER A M. Intensity of aphasia therapy: evidence and efficacy [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2011, 11(6):560-569.
- [38] FENG J T, HU R P, LYU M Z, et al. Right C7 neurotomy at the intervertebral foramen plus intensive speech and language therapy versus intensive speech and language therapy alone for chronic post-stroke aphasia: multicentre, randomised controlled trial [J]. *BMJ*, 2025, 389:e083605.
- [39] REhabilitation and recovery of people with aphasia after Stroke (RELEASE) collaborators. Dosage, intensity, and frequency of language therapy for aphasia: a systematic review-based, individual participant data network meta-analysis [J]. *Stroke*, 2022, 53(3):956-967.
- [40] BREITENSTEIN C, GREWE T, FLÖEL A, et al. Intensive speech and language therapy in patients with chronic aphasia after stroke: a randomised, open-label, blinded-endpoint, controlled trial in a health-care setting [J]. *Lancet*, 2017, 389(10078):1528-1538.
- [41] ANDREWS S C, CURTIN D, HAWI Z, et al. Intensity matters: high-intensity interval exercise enhances motor cortex plasticity more than moderate exercise [J]. *Cereb Cortex*, 2020, 30(1):101-112.
- [42] PIN-BARRE C, CONSTANS A, BRISSWALTER J, et al. Effects of high- versus moderate-intensity training on neuroplasticity and functional recovery after focal ischemia [J]. *Stroke*, 2017, 48(10):2855-2864.
- [43] BARNISH M S, BARRAN S M. A systematic review of active group-based dance, singing, music therapy and theatrical interventions for quality of life, functional communication, speech, motor function and cognitive status in people with Parkinson's disease [J]. *BMC Neurol*, 2020, 20(1):371.
- [44] WANG Y, CHENG W B, SUFI F, et al. A systematic review of using deep learning in aphasia: challenges and future directions [J]. *Computers*, 2024, 13(5):117.
- [45] RAMOS-MURGUIALDAY A, BROETZ D, REA M, et al. Brain-machine interface in chronic stroke rehabilitation: a controlled study [J]. *Ann Neurol*, 2013, 74(1):100-108.
- [46] BRADY M C, KELLY H, GODWIN J, et al. Speech and language therapy for aphasia following stroke [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 2016(6):CD000425.
- [47] HARVEY S R, CARRAGHER M, DICKEY M W, et al. Treatment dose in post-stroke aphasia: a systematic scoping review [J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2021, 31(10):1629-1660.
- [48] MOSS B, NORTHCOTT S, BEHN N, et al. 'Emotion is of the essence. Number one priority': a nested qualitative study exploring psychosocial adjustment to stroke and aphasia [J]. *Intl J Lang & Comm Disor*, 2021, 56(3):594-608.

Effects of Artificial Intelligence-Based Intensive Speech-Language Therapy on Language Function in Post-Stroke Aphasic Patients

CHEN Xiuen^{1,2,3}, JIANG Zihui^{3,4}, ZHENG Jiejiao², ZHENG Yongjun², NING Zhichao^{2,3},
SHI Wenhui^{2,3}, DUAN Lingru², ZHU Ting², ZHANG Yunyun^{1*}

¹ Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China;

² Huadong Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200040, China;

³ School of Exercise and Health, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China;

⁴ Zhoupu Hospital of Shanghai Pudong New Area, Shanghai 201318, China

*Correspondence: ZHANG Yunyun, E-mail: zhangyishyy@shutcm.edu.cn

ABSTRACT Objective This study aimed to investigate the effects of artificial intelligence-based intensive speech-language therapy (AISLT) on language function among patients with post-stroke aphasia. **Methods** Thirty-six patients with post-stroke aphasia who were hospitalized in the Department of Rehabilitation Medicine, Huadong Hospital Affiliated to Fudan University from January to December 2024 were enrolled. The participants were randomly allocated into a control group, a therapist-led traditional intensive speech-language therapy (TISLT) group and an AISLT group via a random number table, with 12 patients in each group. One patient in the TISLT group and one in the AISLT group withdrew from the study. Finally, 34 patients completed the trial, including 12 in the control group, 11 in the TISLT group and 11 in the AISLT group. The control group received conventional speech-language rehabilitation combined with health education for 30 min per session. The TISLT group received therapist-led intensive

(下转第516页)