·临床研究·

气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练对脑卒中后吞咽障碍患者的影响

崔姣姣，呼日勒特木尔*，郝利霞，焦　颖，李岚君，马文清

内蒙古医科大学附属医院，内蒙古自治区 呼和浩特 010050

* 通信作者：呼日勒特木尔，E-mail：13354713475@163.com

收稿日期：2025-07-08；接受日期：2026-03-22

基金项目：内蒙古自治区卫生健康科技项目（202201254）

DOI：10.3724/SP.J.1329.2026.10005

摘要　目的　探讨气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练对脑卒中后吞咽障碍患者的影响。**方法**　选取2023年12月—2024年12月在内蒙古医科大学附属医院康复医学科就诊的脑卒中后吞咽障碍患者66例，采用随机数字表法分为对照组和试验组，每组33例。对照组采用吞咽功能训练辅以神经肌肉电刺激（NMES）治疗，吞咽功能训练每周治疗5 d，持续治疗4周，NMES疗法每天1次，20 min/次，每周治疗7 d，治疗结束时间为恢复经口进食或治疗满4周；试验组在对照组的基础上，同时联合气脉冲下咽部刺激，1次/d，10 min/次，5 d/周，治疗结束时间为恢复经口进食或治疗满4周。统计治疗前带管人数和治疗后拔除胃管人数，并计算胃管拔除率；采用渗漏-误吸量表（PAS）对患者吞咽安全性进行评估；采用吞咽启动延迟（IPS）对患者咽期吞咽启动进行评估；采用标准吞咽功能评价量表（SSA）对患者吞咽功能进行评估；采用功能性经口进食量表（FOIS）对患者经口进食功能进行评估。**结果**　与对照组比较，试验组治疗后胃管拔管率更高（$P<0.05$）。与治疗前比较，对照组治疗后PAS等级降低（$P<0.05$），试验组治疗后PAS和IPS等级均降低（$P<0.05$）；与对照组比较，试验组治疗后PAS和IPS等级均更低（$P<0.05$）。与治疗前比较，对照组治疗后SSA评分降低（$P<0.05$），试验组治疗后SSA评分降低（$P<0.05$），FOIS等级升高（$P<0.05$）；与对照组比较，试验组治疗后SSA评分更低（$P<0.05$），FOIS等级更高（$P<0.05$）。**结论**　气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练可有效改善脑卒中后吞咽功能，其机制可能与激活迷走神经通路、增强咽部协调性有关。气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练在提高胃管拔除率方面优于单一训练，为临床提供了新的治疗策略。

关键词　脑卒中后吞咽障碍；气脉冲下咽部刺激；吞咽功能训练；吞咽启动；感觉输入

吞咽障碍是脑卒中患者常见的并发症，有研究表明，口腔期的吞咽启动延迟常表现为舌运送缓慢，导致食物进入咽期的时间延长，而咽期的吞咽启动延迟往往伴随着食物的渗漏与误吸，部分患者甚至发生隐性误吸，从而常伴随不明原因的反复肺部感染，甚至会危及生命，严重影响脑卒中患者的预后[1]。

临床上针对吞咽障碍的患者，常采用口面部肌肉训练、气道保护训练手法来改善患者的吞咽功能，以拔除胃管实现完全经口进食。但该疗法以主动运动训练为主，侧重于强化吞咽相关肌群的运动控制能力，可改善患者吞咽动作协调性，对下咽部感觉输入不足的患者干预效果有限，难以有效激活受损的咽喉感觉传导通路，这也是单纯吞咽功能训练对部分脑卒中后吞咽障碍患者疗效欠佳的重要原因。由于患者认知水平存在个体差异，导致患者治疗配合程度不一致，进而影响了治疗周期与胃管的拔除率，使经口进食时渗漏误吸的发生率上升[2]。

引用格式：崔姣姣，呼日勒特木尔，郝利霞，等. 气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练对脑卒中后吞咽障碍患者的影响[J]. 康复学报，2026，36(10)：715-722.

CUI J J，HU R，HAO L X，et al. Effects of air-pulse pharyngeal stimulation combined with swallowing function training in patients with post-stroke dysphagia [J]. Rehabil Med，2026，36(10)：715-722.

DOI：10.3724/SP.J.1329.2026.10005

©《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

气脉冲下咽部刺激为促进吞咽启动的机械刺激技术，该技术对患者配合度要求较低，通过气流冲击激活下咽部感受器，进而诱发吞咽反射。下咽部感受器接收到的压力刺激是吞咽启动的关键，基于吞咽造影对患者下咽部进行定位，并将气脉冲导管置入会厌谷，可直接激活迷走神经传入通路，以实现气脉冲对下咽部的感觉刺激，进而改善患者的疗效[3]。同时下咽部外周化学感受器刺激可改善患者的吞咽表现，具有提高吞咽启动频率、增加舌骨位移幅度、改善吞咽启动延迟以及增强吞咽运动皮层兴奋性等作用[4-6]。气脉冲下咽部刺激和吞咽功能训练联合应用，可兼顾主动运动重塑与被动感觉输入，在强化吞咽肌群运动控制的同时修复咽部感觉传入通路，弥补单一干预方式的局限性。本研究旨在探讨二者联合治疗脑卒中后吞咽障碍患者的临床效果，为优化脑卒中后吞咽障碍康复方案提供依据。

1　临床资料

1.1　病例选择标准

1.1.1　纳入标准　① 符合《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》[7]中关于脑卒中的诊断标准；② 视频透视吞咽检查（video-fluoroscopic swallowing study，VFSS）确诊为吞咽障碍[8]；③ 患者病情、生命体征稳定；④ 患者及家属知情并签署知情同意书。

1.1.2　排除标准　① 脑卒中同时合并有严重的心、肝、肾等脏器功能衰竭，血液及免疫、出血性疾病，精神障碍者；② 肿瘤、帕金森病、运动神经元病及其他不明原因导致吞咽障碍者；③ 未按要求完成治疗或评估者；④ 对造影剂过敏，无法行VFSS检测者；⑤ 合并感染性疾病者。

1.2　一般资料

选取2023年12月—2024年12月在内蒙古医科大学附属医院康复医学科就诊的脑卒中后吞咽障碍患者66例，采用随机数字表法分为对照组和试验组，每组33例。2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。本项研究为单盲设计，仅对独立于治疗的评估者进行设盲，并由其进行统计学分析，未对患者、治疗师进行设盲。本研究方案经内蒙古医科大学附属医院伦理委员会批准（审批号：S.2021036）。

表1　2组一般资料比较

Table 1　Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别		年龄（$\bar{x}\pm s$，岁）	脑卒中类型		病程[$M(P_{25},P_{75})$，d]	病变部位			
		男	女		脑出血	脑梗死		大脑半球	脑干	小脑	其他
对照组	33	22	11	65.45±9.20	13	20	20.0(10.5,30.0)	20	6	1	6
试验组	33	21	12	66.24±7.80	11	22	24.0(13.5,60.0)	24	6	2	1

2　方　法

2.1　治疗方法

2.1.1　对照组　采用吞咽功能训练辅以神经肌肉电刺激（neuromuscular electrical stimulation，NMES）方案。吞咽功能训练具体包括：① 口面部肌肉训练，示齿、鼓腮、唇缩、唇拢、咀嚼等运动各5次；② 舌运动训练，吸舌器被动牵拉舌向上、下、左、右运动各3次或舌主动抗阻运动；③ 咽反射刺激，用低温冷冻的棉签刺激软腭、舌根诱发吞咽动作，10 min/次；④ 气道保护训练手法；⑤ 主被动咳嗽功能训练，3 min/次。吞咽功能训练每周治疗5 d，持续治疗4周。

NMES治疗采用VitalStim吞咽电刺激仪，电极贴置于舌骨与甲状软骨上缘之间。波宽700 ms，固定频率30～80 Hz，波幅0～25 mA，强度5～20 mA，电流强度由低逐渐上调，以观察到明显喉上抬、患者无明显疼痛感为标准，每天1次，20 min/次，每周治疗7 d，治疗结束时间为恢复经口进食或治疗满4周[9]。

2.1.2　试验组　在对照组的基础上，同时联合气脉冲下咽部刺激。治疗前，在患者进行吞咽造影时对气脉冲置管深度进行标记。于气脉冲前端管腔内注入1 cm长度的造影剂基液，在吞咽造影检查的实时显像下，调整导管位置，将导管前端置于会厌谷上方，用记号笔于上唇边缘的导管管壁做标记。治疗时从患者口腔中央将气脉冲软管通过舌面向下咽部置管，置管深度为上唇软管标记处。刺激时快速、用力挤压球囊，使气流刺激患者会厌谷3 s，刺激结束后立即抽出软管，让患者做用力吞咽动作。气脉冲下咽部刺激治疗频率为1次/d，10 min/次，5 d/周，治疗结束时间为恢复经口进食或治疗满4周。

2.2 观察指标

2.2.1 胃管拔除率 治疗结束后,对患者吞咽障碍程度进行评估,若洼田饮水试验≤2级,VFSS证实患者进食时无明显渗漏、误吸,可安全经口进食,能够满足营养需求,可拔除鼻胃管[10]。胃管拔除率=治疗后拔除胃管人数/治疗前带管人数×100%。

2.2.2 吞咽安全性评估 采用渗漏-误吸量表(Penetration-Aspiration Scale,PAS)对患者吞咽安全性进行评估。PAS共8级,其中1级为无渗漏或误吸(即吞咽功能正常),2~5级为渗漏,6~8级为误吸[11]。1级,食物未进入气道;2级:食物进入气道,存留在声带以上,并被清除出气道;3级:食物进入气道,存留在声带以上,未被清除出气道;4级:食物进入气道,附着在声带,并被清除出气道;5级:食物进入气道,附着在声带,未被清除出气道进入声带下;6级:食物进入气道达声带以下,但可被清除出气道或清除入喉部;7级:食物进入气道达声带以下,虽用力亦不能清除出气管;8级:食物进入气道达声带以下,无用力清除表现。PAS级别越高,吞咽的安全性越差。

2.2.3 咽期吞咽启动评估 采用吞咽启动延迟(initiation of pharyngeal swallow,IPS)对患者咽期吞咽启动进行评估。参照改良吞钡吞咽严重程度分析(modified barium swallow impairment profile,MBSImP)第6项分级方法,将IPS结果分为0~4级,其中IPS 1~4级均属于吞咽启动延迟[12]。0级:指当舌骨第一次运动时食团头部处于舌根与下颌下角附近区域;1级:指当舌骨第一次运动时食团头部处于会厌谷;2级:指当舌骨第一次运动时食团头部处于会厌后侧(即会厌根部到梨状隐窝上部区域);3级:指当舌骨第一次运动时食团头部处于梨状隐窝处;4级:指无论食团处于何处均无舌骨位移出现。IPS等级越高,吞咽启动越差。

2.2.4 吞咽功能评估 采用标准吞咽功能评价量表(Standardized Swallowing Assessment,SSA)对患者吞咽功能进行评估[13]。其中包括临床检查、3次5 mL水吞咽试验和60 mL水吞咽试验,总分18~46分。出现任意一项异常即判断为阳性,即可能存在误吸风险;若检查中未出现异常,则判断为阴性,即不存在误吸风险。分数越高,表示吞咽功能障碍越严重,发生误吸的风险也越高。

2.2.5 经口进食功能评估 采用功能性经口进食量表(Functional Oral Intake Scale,FOIS)对患者经口进食功能进行评估[14-16]。其中1~3级均需依赖管饲;4~7级可实现完全经口进食。1级:不能经口进食;2级:依赖管饲进食,能以最小量尝试进食食物或液体;3级:依赖管饲进食,能经口进食单一质地食物或液体;4级:能完全经口进食单一质地食物;5级:能完全经口进食多种质地食物,但需特殊准备或代偿;6级:能完全经口进食,不需特殊准备,但对食物有特殊限制;7级:能完全经口进食且没有限制。FOIS等级越高表明患者功能性经口摄食能力越好。

2.2.6 安全性评估 记录2组患者不良事件发生情况,重点观察吸入性肺炎、营养不良等并发症,同时记录治疗过程中是否出现恶心、呛咳、咽喉不适等与干预操作相关的不良反应。

2.3 质量控制

2组基础治疗均由同一治疗团队进行,保证基础治疗的同质化。此外,由未参与干预过程、独立于治疗团队的治疗师负责VFSS影像分析及PAS、SSA、FOIS等量表的评估。评估数据采用匿名编码,避免接触治疗记录。

2.4 统计学方法

采用SPSS 22.0统计软件进行数据分析。计量资料服从正态分布数据以($\bar{x}\pm s$)表示,组内治疗前后比较采用配对t检验;组间比较采用两独立样本t检验;计量资料不服从正态分布数据以$M(P_{25},P_{75})$,组间比较使用非参数检验。计数资料以[例(%)]表示,组间比较采用χ^2检验。以$P<0.05$为差异有统计学意义。

3 结 果

3.1 2组胃管拔除率比较

与对照组比较,试验组治疗后胃管拔管率更高($P<0.05$)。见表2。

3.2 2组治疗前后PAS和IPS等级比较

与治疗前比较,对照组治疗后PAS等级降低($P<0.05$),试验组治疗后PAS和IPS等级均降低($P<0.05$);与对照组比较,试验组治疗后PAS和IPS等级均更低($P<0.05$)。见表3。

3.3 2组治疗前后SSA评分和FOIS等级比较

与治疗前比较,对照组治疗后SSA评分降低($P<0.05$),试验组治疗后SSA评分降低($P<0.05$),FOIS等级升高($P<0.05$);与对照组比较,试验组治疗后SSA评分更低($P<0.05$),FOIS等级更高($P<0.05$)。见表4。

表2　2组胃管拔除率比较

Table 2　Comparison of the rate of gastric tube removal between two groups

组别	例数	治疗前[例(%)]		治疗后[例(%)]		胃管拔除率/%
		带管	无管	拔除胃管	未拔除胃管	
对照组	33	30(90.91)	3(9.09)	16(53.33)	14(46.67)	53.33
试验组	33	31(93.94)	2(6.06)	25(80.65)	6(19.35)	80.65[1)]

注：与对照组比较，1）$P<0.05$。

Note: compared with the control group, 1) $P<0.05$.

表3　2组治疗前后PAS和IPS分级比较($\bar{x}\pm s$)　级

Table 3　Comparison of PAS and IPS grades between two groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)　Grade

组别	例数	PAS等级		IPS等级	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	33	4.36±2.12	4.03±2.05[1)]	2.39±0.90	2.30±0.81
试验组	33	4.06±2.21	2.76±2.15[1)2)]	2.21±0.86	1.52±0.97[1)2)]

注：与治疗前比较，1）$P<0.05$；与对照组比较，2）$P<0.05$。

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

表4　2组治疗前后SSA评分和FOIS等级比较($\bar{x}\pm s$)

Table 4　Comparison of SSA scores and FOIS grades between two groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	SSA评分/分		FOIS等级/级	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	33	29.58±4.20	25.64±5.98[1)]	2.58±1.03	2.97±1.36
试验组	33	29.18±5.76	21.09±2.75[1)2)]	2.39±1.00	4.24±1.73[1)2)]

注：与治疗前比较，1）$P<0.05$；与对照组比较，2）$P<0.05$。

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

3.4　2组不良反应情况比较

2组均无严重不良反应，仅出现短暂咽喉不适、轻微呛咳等一过性轻微反应，休息后可自行缓解，不影响后续治疗，且并未出现吸入性肺炎、营养不良等并发症。

4　讨　论

脑卒中后吞咽障碍发生率较高，可导致误吸、肺炎、营养不良等严重并发症。脑卒中引起的缺血缺氧性脑损伤常波及吞咽中枢及相关颅神经核团或其传出通路[17-18]。导致患者出现吞咽各期的结构与功能障碍，进而引起经口进食能力受限。因此，探索有效的干预策略以促进脑卒中后吞咽功能恢复，具有重要的临床意义与研究价值。

吞咽功能训练以主动运动训练为主，侧重于强化吞咽相关肌群的运动控制能力，可改善患者吞咽动作协调性，但该方案对下咽部感觉输入不足的患者干预效果有限，难以有效激活受损的咽喉感觉传导通路，这也是吞咽功能训练对脑卒中后吞咽障碍疗效欠佳的重要原因[19]。气脉冲是临床治疗吞咽障碍的常用手段之一，其机制在于增强口咽部感觉输入、提升黏膜敏感性，进而诱发咽喉保护性反射，从而加快吞咽启动并增强咽部肌力[20-21]。然而，现有临床气脉冲的应用多聚焦于口咽部，刺激深度难以有效抵达下咽靶区，针对咽腔深部的刺激手段仍较为有限[22]。

基于此，本研究创新性地将气脉冲刺激靶点定位于喉上神经内支密集分布的会厌区域，并在吞咽造影实时引导下精准定位气脉冲导管置入深度，旨在通过刺激该区域诱发喉内收反射(laryngeal adductor reflex，LAR)，加强咽缩肌收缩，实现对下咽关键区域的有效刺激[23]。喉上神经内支介导的下咽部感觉传入是触发喉内收反射及吞咽启动的关键[24]。作为迷走神经的重要感觉分支，喉上神经内支主要支配下咽部区域，分布于喉腔黏膜，通常发出2～4个分支，主要分布于会厌舌面、会厌谷及会厌喉面上1/3区域[25-26]。本研究通过精准增强该区域的感觉输入，有效激活了吞咽反射弧的传入通路。

LAR作为评估咽喉感觉功能的客观指标。既往研究表明，在喉上神经支配区域施加气脉冲刺激，可有效诱发LAR[27]。上述结论进一步证实，气

脉冲刺激能够激活咽喉感觉传导通路,为本研究VFSS引导下会厌区气脉冲干预方案提供理论依据。

神经可塑性理论指出,吞咽障碍的有效康复依赖于感觉刺激下未受损神经元与对侧神经通路的联系重建,进而引起非损伤侧半球的代偿性重组[28-29]。迷走神经传入纤维的外周感觉输入是促进这种代偿性重组的重要途径之一。本研究通过激活喉上神经内支,增强向孤束核的感觉输入,可能促进了脑干吞咽中枢的兴奋性恢复及皮质重塑[30-31]。

本文将气脉冲下咽部刺激与吞咽功能训练联合运用,研究结果显示,试验组在胃管拔除率、SSA、PAS、FOIS及IPS等指标上的改善均优于对照组,各指标相互印证,共同支持联合干预能够从感觉输入、反射触发、气道保护及经口进食等多个维度协同改善吞咽功能。其中,胃管拔除率的提高和PAS等级的降低,提示联合干预通过增强喉内收反射、改善声门闭合,有效提升了吞咽安全性;而FOIS和IPS等级的改善,则进一步说明联合干预不仅减轻了渗漏误吸,还切实加快了吞咽启动、提高了患者经口进食能力。值得注意的是,对照组在SSA和PAS方面亦有一定改善,提示吞咽功能训练对改善吞咽功能的部分环节仍具有积极作用。对照组治疗后IPS、FOIS等级与治疗前比较,差异均无统计学意义。分析其原因,可能与以下因素有关:① IPS用于评价咽期吞咽启动的时机和吞咽启动的延迟程度,FOIS反映患者实际经口进食水平,这2个指标均高度依赖下咽部感觉输入及吞咽反射弧结构与功能的完整性[32]。对照组未施加靶向的下咽部感觉刺激,吞咽反射弧传入通路未能得到有效激活,因此在加快吞咽启动、改善经口进食能力方面受限。② 吞咽功能训练以强化吞咽相关肌群主动运动控制为核心,属于运动输出层面的干预手段,依赖患者主动配合、自主发力完成动作,对于脑卒中患者治疗依从性要求较高,与之相对,试验组属于被动外周感觉刺激,无需患者主动运动控制与参与,直接作用于会厌谷等咽部感受器,激活喉上神经内支介导的感觉传入通路,弥补单纯吞咽训练带来的感觉输入不足,最终在IPS、FOIS指标上获得显著提升。上述结果提示,下咽部感觉输入联合运动重塑的干预方案,疗效优于单纯吞咽功能训练。

安全性方面,2组均未发生吸入性肺炎、营养不良或其他治疗相关严重不良事件,证实了联合干预具有良好的安全性。

本研究在一般资料中报告了2组脑干病变患者占比均为18.2%,但由于样本量限制,未能对不同脑卒中部位(尤其是脑干与大脑半球)进行分层分析。脑干卒中患者的病理机制与大脑半球卒中患者存在本质差异:前者表现为感觉输入与运动输出的双重破坏,后者则主要表现为运动计划与执行的障碍[33-34]。这一差异提示,气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练对脑干卒中患者可能存在特殊的治疗价值。脑干损伤导致的感觉传入障碍,恰好可通过外源性感觉刺激(气脉冲)进行补偿;而大脑半球卒中患者的感觉传入通路相对完整,其疗效可能更多依赖于运动再学习机制[35]。未来研究应扩大样本量,针对脑干卒中这一特殊亚群进行专门分析,以明确本疗法在环咽肌失弛缓患者中的特异性调控效应。

本研究虽进一步证实了气脉冲下咽部刺激的临床疗效,研究设计具有较好的科学性与合理性,但仍存在以下局限性:① 样本量较小且为单中心设计,限制了研究结果的外推性。未来应开展多中心、大样本随机对照试验,进一步验证本联合疗法的普适性。② 缺乏长期疗效随访数据。本研究仅观察了治疗结束后的短期疗效,未对患者进行长期追踪。未来研究应延长随访周期,系统评估联合疗法的长期疗效及复发风险。③ 神经调控机制的探讨尚不深入。本研究虽然从喉上神经内支介导的感觉传入角度推测量效机制,但是未采用神经电生理或功能影像学手段进行客观验证。后续研究可结合功能磁共振成像、高分辨率咽腔测压等手段,阐明气脉冲下咽部刺激调控吞咽中枢网络的具体神经通路[36-37]。④ 未对不同病变部位进行亚组分析。如前所述,脑干卒中与大脑半球卒中患者的病理机制存在本质差异,未来研究应扩大样本量,针对不同病变部位进行分层分析。

5 结 语

气脉冲下咽部刺激联合吞咽功能训练对脑卒中后患者拔管率提高、吞咽启动加快、渗漏和误吸风险降低,以及经口进食功能等情况均有明显改善作用,为脑卒中后患者吞咽障碍治疗的新方法,值得进一步推广。

参考文献

[1] 王甜梦,曾泓辑,李彩霞,等. 脑卒中后吞咽障碍患者吸入性肺炎的影响因素分析及预测模型构建[J]. 中华物理医学与康复

杂志,2024,46(7):618-623.
WANG T M,ZENG H J,LI C X,et al. Analysis of influencing factors and construction of a prediction model for aspiration pneumonia in patients with post-stroke dysphagia [J]. Chin J Phys Med Rehabil,2024,46(7):618-623.

[2] 张耀文,谢纯青,万桂芳,等. 神经肌肉电刺激对卒中后咽期吞咽启动延迟患者进食功能的即时效应观察[J]. 中华物理医学与康复杂志,2020,42(9):797-800.
ZHANG Y W,XIE C Q,WAN G F,et al. The immediate effect of neuromuscular electrical stimulation on dysphagic stroke survivors′ initiation of swallowing [J]. Chin J Phys Med Rehabil,2020,42(9):797-800.

[3] 赵潇潇,姜永梅,郭启程,等. 改良气脉冲治疗脑卒中气管切开伴吞咽障碍患者的研究进展[J]. 中国实用神经疾病杂志,2022,25(7):920-924.
ZHAO X X,JIANG Y M,GUO Q C,et al. Research progress of modified air-pulse therapy for stroke patients with tracheotomy and dysphagia [J]. Chin J Pract Nerv Dis,2022,25(7):920-924.

[4] WILKINSON J M,CODIPILLY D C,WILFAHRT R P. Dysphagia:evaluation and collaborative management [J]. Am Fam Physician,2021,103(2):97-106.

[5] SPEZZANO L,CORTESE M D,QUINTIERI M,et al. Inducing cough reflex by capsaicin spray stimulation in patients with acquired brain injury:a preliminary test and proof of concept [J]. Clin Pract,2023,13(6):1603-1611.

[6] HOSSAIN M Z,ANDO H,UNNO S,et al. Targeting chemosensory ion channels in peripheral swallowing-related regions for the management of oropharyngeal dysphagia [J]. Int J Mol Sci,2020,21(17):6214.

[7] 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. 中国各类主要脑血管病诊断要点2019[J]. 中华神经科杂志,2019,52(9):710-715.
Chinese Society of Neurology,Chinese Medical Association,Cerebrovascular Disease Group,Chinese Society of Neurology,Chinese Medical Association. Diagnostic criteria of cerebrovascular diseases in China 2019 [J]. Chin J Neurol,2019,52(9):710-715.

[8] 卢璨,孙洁. 卒中后吞咽障碍患者肺部感染相关危险因素分析[J]. 中华物理医学与康复杂志,2021,43(11):978-982.
LU C,SUN J. Risk factors for pulmonary infection among stroke survivors with dysphagia [J]. Chin J Phys Med Rehabil,2021,43(11):978-982.

[9] 中国康复医学会吞咽障碍康复专业委员会,中国康复医学会培训部吞咽障碍康复专科培训基地管理小组,窦祖林,等. 中国吞咽障碍康复专科培训基地管理细则[J]. 中华物理医学与康复杂志,2021,43(12):1128-1131.
Dysphagia Rehabilitation Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine,Training Base Management Group for Dysphagia Rehabilitation,Training Department of Chinese Association of Rehabilitation Medicine,DOU Z L,et al. Management rules for the specialized training base for dysphagia rehabilitation in China [J]. Chin J Phys Med Rehabil,2021,43(12):1128-1131.

[10] 史静,万桂芳,林依秋,等. 声门下氧气脉冲辅助增压训练对神经性疾病气管切开患者吞咽功能的影响[J]. 中国康复医学杂志,2024,39(4):535-537.
SHI J,WAN G F,LIN Y Q,et al. Effect of subglottic oxygen pulse-assisted pressurization training on swallowing function of patients with tracheotomy of neurological diseases [J]. Chin J Rehabil Med,2024,39(4):535-537.

[11] 邓宝梅,梁丽丝,赵嘉欣,等. 脑卒中吞咽障碍患者食管清除功能异常与口咽期吞咽生理及渗漏误吸的相关性分析[J]. 中华物理医学与康复杂志,2023,45(12):1078-1083.
DENG B M,LIANG L S,ZHAO J X,et al. Abnormal esophageal clearance,swallowing physiology,penetration and aspiration among stroke survivors with dysphagia [J]. Chin J Phys Med Rehabil,2023,45(12):1078-1083.

[12] 李振亚,孙洁,邵国庆,等. 脑卒中后单纯咽期吞咽障碍者渗漏误吸与舌骨喉复合体的相关性研究[J]. 中国康复医学杂志,2022,37(7):964-967.
LI Z Y,SUN J,SHAO G Q,et al. Correlation between leakage aspiration and hyoid-larynx complex in patients with simple swallowing disorder after stroke [J]. Chin J Rehabil Med,2022,37(7):964-967.

[13] 张炜,钱善华,刘丽,等. 吞咽动态模型构建与仿真:以舌运动幅度下降为例[J]. 中国康复理论与实践,2025,31(6):736-744.
ZHANG W,QIAN S H,LIU L,et al. Construction and simulation of swallowing dynamic model:taking tongue movement descent as an example [J]. Chin J Rehabil Theory Pract,2025,31(6):736-744.

[14] 高盼盼,张倩,刘婷慧,等. 健侧高频重复经颅磁刺激联合生物反馈下的空吞咽训练在脑卒中后吞咽障碍患者中的应用[J]. 实用医学杂志,2025,41(8):1105-1110.
GAO P P,ZHANG Q,LIU T H,et al. Application of ipsilateral high-frequency rTMS combined with biofeedback-based air swallowing function training in patients with post-stroke dysphagia [J]. J Pract Med,2025,41(8):1105-1110.

[15] 江中艳,王频,陈幸生,等. 芒针透刺联合吞咽功能训练对中风恢复早期吞咽障碍的影响[J]. 中国中医急症,2021,30(3):436-438,446.
JIANG Z Y,WANG P,CHEN X S,et al. Effect of elongated needle combined with swallowing function training on dysphagia in the early stages of motor recovery after stroke [J]. J Emerg Tradit Chin Med,2021,30(3):436-438,446.

[16] 徐慧敏,胡慧,周霞,等. 中医口腔保健操联合气脉冲感觉刺激在老年卒中后吞咽障碍患者中的应用[J]. 中国老年保健医学,2025,23(3):161-164.
XU H M,HU H,ZHOU X,et al. Effect of traditional Chinese medicine oral health exercises combined with pneumatic pulse sensory stimulation on dyspha-gia in elderly stroke patients [J]. Chin J Geriatr Care,2025,23(3):161-164.

[17] 龙瑞菊,石国凤,赵金菊,等. 脑卒中后吞咽障碍中西医康复治疗的研究进展[J]. 中国当代医药,2022,29(3):25-29.
LONG R J,SHI G F,ZHAO J J,et al. Research progress of reha-

bilitation treatment of dysphagia after stroke with traditional Chinese and Western medicine [J]. China Mod Med, 2022, 29(3): 25-29.

[18] 李振亚,王光明,徐元顺. 吞咽造影录像检查定量评价脑卒中患者吞咽功能改变[J]. 中国介入影像与治疗学,2022,19(6):361-364.
LI Z Y, WANG G M, XU Y S. Video fluoroscopic swallowing study for quantitative evaluation of swallowing function changes in stroke patients [J]. Chin J Interv Imag Ther, 2022, 19(6): 361-364.

[19] THEURER J A, CZACHOROWSKI K A, MARTIN L P, et al. Effects of oropharyngeal air-pulse stimulation on swallowing in healthy older adults [J]. Dysphagia, 2009, 24(3): 302-313.

[20] AVIV J E, SPITZER J, COHEN M, et al. Laryngeal adductor reflex and pharyngeal squeeze as predictors of laryngeal penetration and aspiration [J]. Laryngoscope, 2002, 112(2): 338-341.

[21] 郑亚星,吴亚岑,杨宇祥,等. 咽腔电刺激在吞咽障碍康复治疗中的研究进展[J]. 中国康复,2022,37(11):684-687.
ZHENG Y X, WU Y C, YANG Y X, et al. Research progress of pharyngeal electrical stimulation in rehabilitation treatment of dysphagia [J]. Chin J Rehabil, 2022, 37(11): 684-687.

[22] 曾庆宇,吕婉秋,张金生,等. 超声测量舌运动参数在脑卒中假性球麻痹患者康复治疗中的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志,2024,22(6):687-690.
ZENG Q Y, LYU W Q, ZHANG J S, et al. Value of ultrasound measurement of tongue motor parameters in rehabilitation treatment of pseudoglobular palsy after stroke [J]. Chin Imag J Integr Tradit West Med, 2024, 22(6): 687-690.

[23] INABA Y, HAYASHI K, TAKAHASHI T, et al. Dysphagia aortica caused by congenitally angulated descending aorta [J]. Ann Vasc Surg, 2021, 71: 535. e7-535. e10.

[24] 温红梅,张雪,万桂芳,等. 咽腔感觉电刺激治疗慢性重度神经源性吞咽障碍一例[J]. 中华物理医学与康复杂志,2021,43(12):1134-1137.
WEN H M, ZHANG X, WAN G F, et al. A case of chronic severe neurogenic dysphagia treated by pharyngeal cavity sensory electrical stimulation [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2021, 43(12): 1134-1137.

[25] 曾诗颖. 喉上神经及喉上动脉的内镜解剖和临床研究[D]. 长沙:中南大学,2023:66-70.
ZENG S Y. Endoscopic anatomy and clinical study of the superior laryngeal nerve and superior laryngeal artery [D]. Changsha: Central South University, 2023: 66-70.

[26] 郑钰莹,孙伟铭. 气脉冲感觉刺激技术对吞咽功能的研究进展[J]. 中国康复理论与实践,2018,24(3):300-303.
ZHENG Y Y, SUN W M. Advance in air-pulse stimulation for dysphagia (review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2018, 24(3): 300-303.

[27] SHENG R J, CHEN C C, CHEN H, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: insights into the molecular and cellular mechanisms of neuroinflammation [J]. Front Immunol, 2023, 14: 1197422.

[28] 吴柯玫,秦鹏,韩江秦,等. 风池穴治疗缺血性卒中后吞咽障碍的研究进展[J]. 上海针灸杂志,2024,43(12):1403-1409.
WU K M, QIN P, HAN J Q, et al. Research progress of Fengchi point in treating dysphagia after ischemic stroke [J]. Shanghai J Acupunct Moxibustion, 2024, 43(12): 1403-1409.

[29] 陈佳君,吴登宠,邵湘芝,等. 经颅直流电刺激调节迷走神经兴奋性对脑卒中后吞咽障碍的效果[J]. 中国康复理论与实践,2021,27(9):1078-1081.
CHEN J J, WU D C, SHAO X Z, et al. Effects of transcranial direct current stimulation over vagus nerve on dysphagia after stroke [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2021, 27(9): 1078-1081.

[30] LI L, LIU J Y, LIANG F X, et al. Altered brain function activity in patients with dysphagia after cerebral infarction: a resting-state functional magnetic resonance imaging study [J]. Front Neurol, 2022, 13: 782732.

[31] 张茜,代欣,贺媛,等. 吞咽造影数字化分析咽腔电刺激对吞咽康复的作用[J]. 河北医药,2024,46(4):547-550,554.
ZHANG Q, DAI X, HE Y, et al. Effectiveness of digital analysis of swallowing radiography and the electrical stimulation of pharyngeal cavity on swallowing rehabilitation [J]. Hebei Med J, 2024, 46(4): 547-550, 554.

[32] 刘增进,曹荣智,李和平,等. 经颅直流电刺激联合经口至食管间歇管饲治疗脑梗死后吞咽障碍的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志,2025,47(9):822-826.
LIU Z J, CAO R Z, LI H P, et al. Observation on the efficacy of transcranial direct current stimulation combined with intermittent oral-esophageal tube feeding in the treatment of dysphagia after cerebral infarction [J] Chin J Phys Med Rehabil, 2025, 47(9): 822-826.

[33] CHENG I, LI W Q, HAMDY S, et al. Brainstem stroke and dysphagia treatment: a narrative review on the role of neuromodulation, skill-based swallowing function training and transient receptor potential agonists [J]. Audiol Res, 2025, 15(6): 156.

[34] 李振亚,孙洁,王光明. 缺血性脑卒中患者吞咽障碍与病变部位的关系[J]. 中华物理医学与康复杂志,2023,45(12):1084-1087.
LI Z Y, SUN J, WANG G M. The relationship between dysphagia in ischemic stroke survivors and the site of their lesions [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2023, 45(12): 1084-1087.

[35] 林依秋,彭嘉颖,谢纯青,等. 脑卒中后吞咽障碍患者的吞咽安全性及呼吸-吞咽时序特征分析[J]. 中华物理医学与康复杂志,2025,47(12):1081-1087.
LIN Y Q, PENG J Y, XIE C Q, et al. The swallowing safety and respiration-swallowing timing characteristics of stroke survivors with dysphagia [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2025, 47(12): 1081-1087.

[36] 冯敏,丛芳,卢倩,等. 基于吞咽障碍造影评分量表半定量评估法的脑卒中后吞咽功能相关影响因素分析[J]. 中国康复医学杂志,2025,40(3):343-348,355.
FENG M, CONG F, LU Q, et al. Influential factors analysis of swal-

lowing function after stroke based on videofluoroscopic dysphagia scale assessment: a retrospective study [J]. Chin J Rehabil Med, 2025, 40(3): 343-348, 355.
[37] 李超, 吴海婉, 乔佳, 等. 神经调控技术在吞咽障碍治疗中的应用及展望[J]. 新医学, 2025, 56(8): 723-730.
LI C, WU H W, QIAO J, et al. Application and prospects of neuromodulation techniques in the treatment of dysphagia [J]. New Med, 2025, 56(8): 723-730.

Effects of Air-Pulse Pharyngeal Stimulation Combined with Swallowing Function Training in Patients with Post-Stroke Dysphagia

CUI Jiaojiao, HU Riletemuer*, HAO Lixia, JIAO Ying, LI Lanjun, MA Wenqing
Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia Autonomous Region 010050, China
*Correspondence: HU Riletemuer, E-mail: 13354713475@163.com

ABSTRACT **Objective** To evaluate the clinical efficacy of air-pulse pharyngeal stimulation combined with swallowing function training in patients with post-stroke dysphagia. **Methods** A total of 66 patients diagnosed with post-stroke dysphagia were prospectively enrolled from the Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, from December 2023 to December 2024. They were randomly randomly assigned to either a control group or an experimental group using computer-generated random number table, with 33 patients allocated to each group. The control group received swallowing function training supplemented with neuromuscular electrical stimulation (NMES). Swallowing function training was performed 5 days per week for 4 consecutive weeks; NMES was performed once daily, 20 minutes per session, 7 days per week, and treatment was terminated upon resumption of oral intake or completion of 4 weeks of intervention. On the basis of the interventions for the control group, the experimental group additionally received air-pulse pharyngeal stimulation, once daily, 10 minutes per session, 5 days per week, and treatment was terminated upon resumption of oral intake or completion of 4 weeks of intervention. The number of patients with indwelling gastric tubes before treatment and the number of patients with gastric tubes removed after treatment were recorded, and the gastric tube removal rate was calculated. Swallowing safety was evaluated using the Penetration-Aspiration Scale (PAS); pharyngeal swallow initiation latency was assessed via the initiation of pharyngeal swallow (IPS) delay metric; swallowing function was quantified using the Standardized Swallowing Assessment (SSA); and oral intake function was measured using the Functional Oral Intake Scale (FOIS). **Results** Compared with the control group, the experimental group had a higher gastric tube removal rate after treatment (P<0.05). Compared with those before treatment, PAS grade decreased in the control group after treatment (P<0.05), and both PAS and IPS grades decreased in the experimental group after treatment (P<0.05). Compared with the control group, both PAS and IPS grades were lower in the experimental group after treatment (P<0.05). Compared with those before treatment, SSA scores decreased in both groups (P<0.05), and FOIS grade increased in the experimental group after treatment (P<0.05). Compared with the control group, the experimental group had a lower SSA score (P<0.05) and a higher FOIS grade after treatment (P<0.05). **Conclusion** Air-pulse pharyngeal stimulation combined with swallowing function training can effectively improve swallowing function after stroke. Its mechanism may be related to activation of the vagal pathway and enhancement of pharyngeal coordination. Air-pulse pharyngeal stimulation combined with swallowing function training is superior to single training in improving the gastric tube removal rate, providing a new therapeutic strategy for clinical practice.

KEY WORDS post-stroke dysphagia; air-pulse pharyngeal stimulation; swallowing function training; pharyngeal swallow initiation; sensory input
DOI:10.3724/SP.J.1329.2026.10005