

音乐疗法联合语言训练对脑卒中后非流畅性失语的疗效研究

王海燕, 管蔚畅, 郑俊, 林璐, 廖维靖

摘要 **目的:**观察音乐疗法联合常规语言治疗对脑卒中后非流畅性失语患者语言功能恢复的影响。**方法:**将37例符合纳入条件的脑卒中后非流畅性失语患者随机分为观察组(19例)和对照组(18例),2组患者均接受常规药物治疗及肢体康复治疗,观察组在此基础上每天接受30 min音乐疗法和30 min常规语言治疗,对照组每天接受1 h常规语言治疗,每周治疗5 d。治疗前及治疗4周后,采用西方失语成套测验(WAB)汉化版口语部分与Goodglass-Kaplan失语症严重程度分级标准(ASRS)评定患者语言功能。**结果:**治疗后,2组WAB各项评分及ASRS评级均较治疗前改善($P<0.01$)。治疗后,观察组流畅度,复述,命名及失语指数(AQ)评分均优于对照组($P<0.05$),但2组患者信息量、自发言语、听理解评分及ASRS评级组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**音乐疗法联合常规语言治疗能有效改善脑卒中后非流畅性失语患者的语言功能,尤其是言语流畅度,复述及命名能力。

关键词 脑卒中;非流畅性失语;音乐疗法;语言治疗

中图分类号 R741;R743;R493 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20200178

本文引用格式:王海燕,管蔚畅,郑俊,等. 音乐疗法联合语言训练对脑卒中后非流畅性失语的疗效研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2020, 15(10): 563-566, 587.

作者单位

武汉大学中南医院
神经康复科

武汉 430071

收稿日期

2020-06-02

通讯作者

廖维靖

weijingliao@sina.

com

Effects of Music Therapy Combined with Speech Language Therapy on Language Performance in Non-Fluent Aphasia after Stroke WANG Hai-yan, GUAN Wei-chang, ZHENG Jun, LIN Lu, LIAO Wei-jing. Department of Neurological Rehabilitation, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430070, China

Abstract Objective: To explore the effects of music therapy combined with speech language therapy on the recovery of language skills in cases with non-fluent aphasia following stroke. **Methods:** Thirty-seven patients with stroke who presented with non-fluent aphasia were randomly assigned to the experimental group ($n=19$) and the control group ($n=18$). All cases received conventional pharmacotherapy and rehabilitation training. The experimental group received additional 30 min music therapy and 30 min speech language therapy sessions while the control group received 1 h speech language therapy sessions only. Music therapy and speech language therapy were conducted once a day, 5 days a week, for a total of 4 weeks. Four subtests on spoken language in the Chinese version of the Western Aphasia Battery (WAB) and the six-point Goodglass-Kaplan's Aphasia Severity Rating Scale (ASRS) were performed to evaluate language capability before and after treatment. **Results:** All WAB scores and ASRS scores improved significantly in both experimental and control groups after 4 weeks of treatment ($P<0.01$). The experimental group showed significantly greater improvement than control group in fluency, repetition, naming, and aphasia quotient (AQ) scores after treatment ($P<0.05$). However, there was no significant difference in information content, spontaneous speech, auditory comprehension, and ASRS scores between the two groups after treatment ($P>0.05$). **Conclusion:** Combining music therapy with speech language therapy can improve language performance in patients with non-fluent aphasia following stroke, especially for verbal fluency, repetition, and naming abilities.

Key words stroke; non-fluent aphasia; music therapy; speech language therapy

脑卒中后失语症的发生率为22%~42%^[1],非流畅性失语是最常见的类型^[2],主要表现为口语表达障碍、听理解相对较好。语言功能障碍会妨碍脑卒中的康复,并增加焦虑症、抑郁症等发生的可能^[3-5]。语言治疗是临床最常用的失语症治疗方法,主要通过口语、视觉、听觉等刺激,有针对性地改善患者的语言功能^[6],但难以在短期内取得明显

效果。近年来,音乐疗法逐渐受到关注和重视^[7,8]。影像学研究发现,处理语言和音乐的大脑功能网络在左右大脑半球均有广泛重叠,语言产生激活的功能网络更偏向左侧大脑,处理音乐相关的活动更多激活右侧大脑^[9]。因此很多失语症患者不能说话,却保留着唱歌的能力,尤其是非流畅性失语的患者。通过言语和唱歌共同的神经网络,唱歌

可以激活并反复强化语言产生的神经通路,改变神经可塑性,促进语言功能恢复^[10]。本研究即探究音乐疗法联合常规语言治疗脑卒中后非流畅性失语的疗效,为失语症的临床治疗提供新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2018年7月至2019年10月武汉大学中南医院神经康复科收治的脑卒中后失语患者37例。本研究已经获得武汉大学中南医院伦理委员会批准。

纳入标准:①疾病诊断符合全国第四届脑血管病学术会议通过的《各类脑血管疾病诊断要点》^[11],并经CT或MRI诊断为脑梗死或脑出血;②语言功能经西方失语成套测验(Western Aphasia Btttery, WAB)汉化版^[12-14]检查诊断为非流畅性失语;③首次发病,且为左侧大脑卒中,单侧半球病灶;④各项生命体征平稳,视力与听力无明显异常;⑤神志清楚,无明显记忆障碍和智力障碍;⑥右利手患者,母语为汉语;⑦年龄>18岁,小学及以上受教育程度;⑧病程>2周;⑨能维持坐位30 min以上;⑩患者及家属对本研究中的治疗程序知情,且签署知情同意书。

排除标准:①本次发病前已经有各种原因所致语言功能障碍或本次合并严重构音障碍;②存在出血倾向或活动性脑出血;③合并有严重心、肝、肾功能障碍或其他严重躯体疾病;④伴有其他神经系统疾病。

本研究为前瞻性研究,采用随机、对照、结局评价者盲法设计。采用随机数字表法将纳入的受试者随机分为观察组和对照组,其中观察组19例,对照组18例。2组患者性别、年龄、文化程度等一般资料差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。

表1 2组患者一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	性别/例		年龄/ (岁, $\bar{x}\pm s$)
		男	女	
对照组	18	14	4	50.50±14.69
观察组	19	15	4	53.58±10.59
统计量				$t=-0.728$
P值		1.000 ^①		0.472

组别	文化程度/ (年, $\bar{x}\pm s$)	病程/ (月, $\bar{x}\pm s$)	脑卒中类型/例		失语类型/例			
			脑梗死	脑出血	完全性	Broca	经皮质运动性	经皮质混合性
对照组	12.50±3.82	2.19±2.55	8	10	3	13	2	0
观察组	12.37±3.53	2.33±3.05	12	7	2	13	3	1
统计量	$Z=-0.223$	$Z=-0.274$						
P值	0.823	0.784	0.330 ^①		1.000 ^①			

注:①Fisher确切概率法

1.2 方法

2组均给予脑血管病常规药物治疗及肢体康复治疗。在此基础上,对照组给予常规语言治疗,1 h/次;观察组给予音乐疗法联合常规语言治疗,音乐疗法和常规语言治疗各30 min/次;治疗均为5 d/周,共治疗4周;所有患者的治疗均由同一治疗师完成。

1.2.1 语言治疗 语言治疗由言语治疗师根据患者入组时WAB评定结果实施,在上午进行,治疗时保持房间安静、舒适。治疗内容主要包括情景对话,听或阅读理解,复述(字→词→短句→长句),命名和书写训练等,针对患者“听、说、读、写”4个方面语言功能障碍进行相应训练。

1.2.2 音乐疗法 音乐疗法在常规语言治疗之后进行,治疗内容主要包括呼吸训练、发音训练和熟悉歌曲的演唱。患者需保持身体有足够的支撑,脊柱挺直,肩部放松,两臂自然下垂。呼吸训练主要通过吹奏管弦乐器训练腹式呼吸,改善患者对呼吸气流的控制。发音训练主要通过让患者配合简单的旋律与节拍变化,完成日常短语(如:他在房间里睡觉)的发音,改善发音能力。根据患者功能情况,治疗师在熟悉歌曲的演唱过程中给予不同程度的辅助,可以让患者跟唱或给予口型、旋律、歌词等提示。治疗歌曲的选择由治疗师和患者共同完成,需要满足患者对歌曲熟悉,歌曲难度适中,以及歌曲与患者年代同步的原则^[15]。

1.2.3 评定方法 由1位不参与分组与治疗的专业言语治疗师,在治疗前后采用WAB汉化版口语部分与Goodglass-Kaplan失语症严重程度分级标准(Goodglass-Kaplan's Aphasia Severity Rating Scale, ASRS)进行评定。WAB能在1 h内完成检查^[12],可单独检查口语部分,即自发言语(包括信息量与流畅度)、听理解、复述及命名。根据口语部分检查结果判断失语症的分类,并计算失语指数(Aphasia Quotient, AQ),判断失语症的严重程度。最高分100分, $AQ<93.8$ 可评为失语。ASRS根据口语表达与听理解能力,将语言功能由重到轻共分为6个等级:从0级(无有意义的言语或听理解能力)到5级(有极少可分辨得出的言语障碍,患者主

观上可能有点困难,但听者不一定能明显察觉到)^[16]。

1.3 统计学处理

采用SPSS 24.0软件处理数据。计数资料以例数表示,采用Fisher确切概率法。等级资料组内比较采用Wilcoxon符号秩和检验,组间比较采用Mann Whitney U检验。计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,正态分布资料比较采用独立样本t检验(组间)或配对t检验(组内);非正态分布资料比较采用Mann Whitney U检验(组间)或Wilcoxon符号秩和检验(组内)。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组治疗前后WAB评分比较

治疗前,2组WAB各项评分组间差异无统计学意义(P>0.05)。治疗后,2组WAB各项评分均较治疗前改善(P<0.01);观察组流畅度、复述、命名及AQ评分均优于对照组(P<0.05),但2组的信息量、自发言语及听理解评分差异无统计学意义(P>0.05),见表2。

2.2 2组治疗前后ASRS评级比较

治疗前,2组ASRS评级差异无统计学意义(P>0.05)。治疗后,2组ASRS评级均较治疗前改善(P<0.01),但2组间差异无统计学意义(P>0.05),见表3。

3 讨论

本研究将音乐疗法结合常规语言治疗用于脑卒中后非流畅性失语患者的治疗,并与单纯接受常规语言治疗的患者对比,结果显示,2组治疗后自发言语(包括信息量与流畅度)、听理解、复述及命名能力均较治疗前明显改善,观察组言语流畅度,复述及命名能力的改善明显优于对照组;治疗后,2组的AQ评分和ASRS评级均明显提高,观察组的AQ评分提高明显优于对照组,表明音乐疗法联合常规语言治疗更能有效改善脑卒中后非流畅性失语患者的语言功能。

音乐疗法用于失语症的治疗已获得了一定的认可,但其具体适用范围、治疗效果以及治疗原理目前仍不十分清楚^[15]。张媛等^[7]研究发现,治疗性歌唱和有旋律的发音能有效改善急、慢性期非流畅性失语患者的语言功能,但疗效与常规语言治疗无明显差异。临床上通常将音乐疗法作为失语症综合治疗方案中的一种应用于临床治疗中^[17,18]。刘媛媛等^[19]研究发现模仿性歌唱与常规语言治疗联合应用对语言功能的改善效果明显优于单纯常规语言治疗。Raglio等^[20]的研究采用主动创作的音乐疗法联合常规语言治疗同样得到相似

表2 2组治疗前后WAB评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

项目/组别	例数	治疗前	治疗后	统计量	P ₁ 值
信息量					
对照组	18	4.56±1.95	6.67±1.71	Z=-3.787	<0.001
观察组	19	4.16±2.22	7.26±2.05	t=-9.342	<0.001
统计量		Z=-0.632	Z=-1.333		
P ₂ 值		0.527	0.183		
流畅度					
对照组	18	2.94±1.06	4.17±1.20	Z=-3.508	<0.001
观察组	19	3.05±0.91	5.42±1.35	Z=-3.858	<0.001
统计量		Z=-0.273	Z=-2.633		
P ₂ 值		0.785	0.008		
自发言语					
对照组	18	7.50±2.83	10.83±2.64	Z=-3.745	<0.001
观察组	19	7.21±2.82	12.68±3.06	t=-13.682	<0.001
统计量		Z=-0.352	t=-1.966		
P ₂ 值		0.725	0.057		
听理解					
对照组	18	5.55±1.66	6.90±1.62	t=-6.393	<0.001
观察组	19	5.15±1.77	7.02±1.80	t=-6.241	<0.001
统计量		t=0.713	t=-0.214		
P ₂ 值		0.481	0.831		
复述					
对照组	18	4.34±2.12	6.10±2.04	Z=-3.725	<0.001
观察组	19	5.47±2.73	8.05±1.79	t=-5.393	<0.001
统计量		t=-1.408	Z=-2.767		
P ₂ 值		0.168	0.006		
命名					
对照组	18	2.47±1.59	3.24±1.80	t=-5.189	<0.001
观察组	19	2.79±1.47	4.94±2.19	t=-6.783	<0.001
统计量		Z=-0.791	Z=-2.478		
P ₂ 值		0.429	0.013		
AQ					
对照组	18	39.73±13.10	54.15±13.49	t=-8.512	<0.001
观察组	19	41.23±14.58	65.39±16.28	t=-13.674	<0.001
统计量		t=-0.333	t=-2.281		
P ₂ 值		0.741	0.029		

注:P₁为组内治疗前后比较;P₂为治疗后2组间比较

的结果。本研究中观察组患者语言表达能力(言语流畅度、复述及命名)较对照组患者明显改善,但语言感知能力(听理解)2组之间无明显差异,这与既往研究结果一致^[21,22]。

影像学研究表明,处理语言和音乐的大脑功能网络在左右大脑半球均有广泛重叠,唱歌时激活的部分脑区,在语言表达时同样激活,如双侧中央前回和中央后回下部、额下回后部、颞上回等,通过共同的神经网络,唱歌可以激活并反复强化语言产生的神经通路,

表3 2组治疗前后 ASRS 评级比较/例

组别	例数	治疗前		治疗后				Z值	P ₁ 值
		1级	2级	1级	2级	3级	4级		
对照组	18	14	4	2	9	7	0	-3.578	<0.001
观察组	19	14	5	0	9	6	4	-3.948	<0.001
Z值		-0.286		-1.541					
P ₂ 值		0.775		0.123					

注:P₁为组内治疗前后比较;P₂为治疗后2组间比较

从而改变神经可塑性,促进语言功能网络的恢复与重组^[9,10,23]。言语和唱歌还具有相同的发音机制,以及相似的语音结构^[15]。用于言语的器官和发音机制在唱歌时同样适用,甚至经常需要更大的功能程度。言语和唱歌在节奏、音高、音调、发音速度和强度方面也存在许多相似性^[24]。基于这些相似性,唱歌可以增强呼吸肌肌力,并提高机体对发音肌肉的控制,改善语言表达能力^[25]。此外,大脑将熟悉的歌曲储存为程式化语言^[26],而程式化语言的产生由右侧大脑主导,因此通过唱歌引导患者说出词汇可以利用右侧未受损的神经通路,降低词汇提取的难度,从而提高语言表达能力^[27]。

尽管本研究中观察组患者AQ评分提高明显优于对照组,但治疗后2组ASRS评级组间比较无明显差异。分析其可能原因,一方面,本研究样本量较小,干预时间较短,而ASRS各评级之间功能跨度较大,患者难以有显著的等级提升;另一方面,ASRS评级需要综合考虑患者口语表达与听理解能力,本研究中观察组患者口语表达能力较对照组患者明显改善,但听理解能力2组之间无明显差异。因样本量较小,本研究并未对非流畅性失语患者进行更为详细的分组,虽然2组治疗前失语症严重程度及失语类型具有一致性,但研究的内部效度仍然可能受到影响。失语症严重程度受病灶部位和大小的影响,有理论认为左侧大脑病灶大小会影响失语症的恢复机制:病灶较小则主要通过激活病灶周边区域恢复语言功能^[28];病灶较大则主要通过右侧大脑同源区域代偿恢复语言功能^[29]。但该理论仍存在争议,2种恢复机制之间对病灶大小的判断缺乏明确的界限,需要依靠影像学检查进行判断^[30]。失语类型主要受病灶部位的影响,本研究仅纳入左侧大脑卒中的非流畅性失语患者,减少了失语类型对研究结果造成的干扰。未来的研究中还应优化研究方案,更好地控制偏倚因素,得出更加可靠的结论。

总之,本研究结果表明音乐疗法联合常规语言治疗能有效改善脑卒中后非流畅性失语患者的语言功能,尤其是言语流畅度,复述及命名能力。音乐疗法操作简便,患者接受度高,并且易于推广到家庭和社区,

值得大样本、多中心、长期随访观察的临床试验进一步验证其有效性,并结合神经影像学检查、肌电图检查等深入探究其作用机制,优化治疗方案。

参考文献

[1] Ellis C, Urban S. Age and aphasia: a review of presence, type, recovery and clinical outcomes[J]. Top Stroke Rehabil, 2016, 23: 430-439.

[2] 姚婧, 宋彦丽, 李磊, 等. 性别、年龄、卒中类型与卒中后失语症类型的相关性分析[J]. 中国卒中杂志, 2013, 8: 723-728.

[3] Shehata GA, El Mistikawi T, Risha AS, et al. The effect of aphasia upon personality traits, depression and anxiety among stroke patients[J]. J Affect Disord, 2015, 172: 312-314.

[4] 孙文哲, 朱舟, 朱遂强. 卒中后抑郁研究新进展[J]. 神经损伤与功能重建, 2018, 13: 558-561.

[5] Williamson DS, Richman M, Redmond SC. Applying the Correlation Between Aphasia Severity and Quality of Life Measures to a Life Participation Approach to Aphasia[J]. Top Stroke Rehabil, 2011, 18: 101-105.

[6] Brady MC, Kelly H, Godwin J, et al. Speech and language therapy for aphasia following stroke[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016, 5: D425-D425.

[7] 张媛, 姚永坤, 卢香云. 音乐和语言治疗在卒中后非流畅性失语症患者中的疗效观察[J]. 中华神经科杂志, 2015, 48: 274-278.

[8] Magee WL, Clark I, Tamplin J, et al. Music interventions for acquired brain injury[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 1: D6787-D6787.

[9] Ozdemir E, Norton A, Schlaug G. Shared and distinct neural correlates of singing and speaking[J]. Neuroimage, 2006, 33: 628-635.

[10] Altenmuller E, Schlaug G. Neurobiological Aspects of Neurologic Music Therapy[J]. Music Med, 2013, 5: 210-216.

[11] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29: 379-381.

[12] Kertesz A. The Western Aphasia Battery[M]. 1st ed. San Antonio: Grune & Stratton, 1982.

[13] 王荫华. 西方失语症成套测验(WAB)介绍(二)[J]. 中国康复理论与实践, 1997, 3: 135-140.

[14] 王荫华. 西方失语症成套测验(WAB)介绍(一)[J]. 中国康复理论与实践, 1997, 3: 87-89.

[15] Tamplin J, Baker FA. Therapeutic Singing Protocols for Addressing Acquired and Degenerative Speech Disorders in Adults[J]. Music Ther Perspect, 2017, 35: 113-123.

[16] Goodglass H, Kaplan E. The assessment of aphasia and related disorders[M]. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1983.

[17] 朱洁, 梁玲毓, 黄琼, 等. 旋律语调疗法在语言康复中的应用[J]. 康复学报, 2015, 25: 30-31.

[18] 蔡丽娇, 陈锦秀. 音乐疗法在失语症康复中的应用[J]. 中华护理杂志, 2012, 47: 766-768.

[19] 刘媛媛, 王翠. 语言康复辅训以音乐疗法对失语症患者语言功能的影响[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2019, 17: 136-139.

[20] Raglio A, Oasi O, Gianotti M, et al. Improvement of spontaneous language in stroke patients with chronic aphasia treated with music therapy: a randomized controlled trial[J]. Int J Neurosci, 2016, 126: 235-242.

[21] Akanuma K, Meguro K, Satoh M, et al. Singing can improve speech

动化手术成为可能,从而更好地为医生和患者提供帮助。

参考文献

[1] Horsley V, Clarke RH. The structure and functions of cerebellum investigated by a new method[J]. Brain, 1908, 31: 45-124.

[2] Grunert P Sr, Keiner D, Oertel J. Remarks upon the term stereotaxy: a linguistic and historical note[J]. Stereotact Funct Neurosurg, 2015, 93: 42-49.

[3] Spiegel EA, Wycis HT, Marks M, et al. Stereotaxic Apparatus for Operations on the Human Brain[J]. Science, 1947, 106: 349-350.

[4] Wu JS, Lu JF, Gong X, et al. Neuronavigation surgery in China: reality and prospects[J]. Chin Med J (Engl), 2012, 125: 4497-4503.

[5] Bergström M, Greitz T. Stereotaxic computed tomography[J]. AJR Am J Roentgenol, 1976, 127: 167-170.

[6] Roberts DW, Strohbehn JW, Hatch JF, et al. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope[J]. J Neurosurg, 1986, 65: 545-549.

[7] 汪业汉. 立体定向技术发展史[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2015, 15: 696-702.

[8] Wu JS, Zhou LF, Tang WJ, et al. Clinical evaluation and follow-up outcome of diffusion tensor imaging-based functional neuronavigation: a prospective, controlled study in patients with gliomas involving pyramidal tracts[J]. Neurosurgery, 2007, 61: 935-948.

[9] Ponnusamy K, Mohr C, Curet MJ. Clinical outcomes with robotic surgery[J]. Curr Probl Surg, 2011, 48: 577-656.

[10] Zamorano L, La Torre RP, Elkhatib E, et al. 778 clinical implementation of robotic open neurosurgery: the beginning of a new era[J]. Neurosurgery, 2000, 47: 522.

[11] 田增民, 刘宗惠, 杜吉祥, 等. 新型机械臂在脑外科定向手术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2000, 16: 42-44.

[12] Fomenko A, Serletis D. Robotic Stereotaxy in Cranial Neurosurgery: A Qualitative Systematic Review[J]. Neurosurgery, 2018, 83: 642-650

[13] 潘超, 唐洲平. 微创血肿抽吸引流术治疗脑出血的发展现状[J]. 中华神经科杂志, 2014, 47: 789-791.

[14] 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: 994-1005.

[15] 中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36: 757-770.

[16] Chang YH, Hwang SK. Frameless stereotactic aspiration for spontaneous intracerebral hemorrhage and subsequent fibrinolysis using urokinase[J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2014, 16: 5-10.

[17] Nakajima H, Iwai Y, Yamanaka K, et al. Successful treatment of brainstem abscess with stereotactic aspiration[J]. Surg Neurol, 1999, 52: 445-448.

[18] Franzin A, Vimercati A, Picozzi P, et al. Stereotactic drainage and Gamma Knife radiosurgery of cystic brain metastasis[J]. J Neurosurg, 2008, 109: 259-267.

[19] 刘宗惠, 陈琳, 于新, 等. 805例立体定向脑活检报告[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2004, 30: 401-404.

[20] Riche M, Amelot A, Peyre M, et al. Complications after frame-based stereotactic brain biopsy: a systematic review[J]. Neurosurg Rev, 2020. doi: 10.1007/s10143-019-01234-w. Online ahead of print.

[21] Hakan T, Aker FV. Evaluation of 126 Consecutive Stereotactic Procedures: Brain Biopsy, Diagnostic Yield, Accuracy, Non-Diagnostic Results, Complications and Follow-up[J]. Turk Neurosurg, 2016, 26: 890-899.

[22] Field M, Witham TF, Flickinger JC, et al. Comprehensive assessment of hemorrhage risks and outcomes after stereotactic brain biopsy[J]. J Neurosurg, 2001, 94: 545-551.

[23] Roth A, Buttrick SS, Cajigas I, et al. Accuracy of frame-based and frameless systems for deep brain stimulation: A meta-analysis[J]. J Clin Neurosci, 2018, 57: 1-5.

[24] Ho AL, Pendharkar AV, Brewster R, et al, Halpern CH. Frameless Robot-Assisted Deep Brain Stimulation Surgery: An Initial Experience[J]. Oper Neurosurg(Hagerstown), 2019, 17: 424-431.

[25] Kondziolka D, Shin SM, Brunswick A, et al. The biology of radiosurgery and its clinical applications for brain tumors[J]. Neuro Oncol, 2015, 17: 29-44.

[26] Edward A Monaco, Ramesh Grandhi, Ajay Niranjn, et al. The past, present and future of Gamma Knife radiosurgery for brain tumors: the Pittsburgh experience[J]. Expert Rev Neurother, 2012, 12: 437-445.

[27] Yang I, Udawatta M, Prashant GN, et al. Stereotactic Radiosurgery for Neurosurgical Patients: A Historical Review and Current Perspectives[J]. World Neurosurg, 2019, 122: 522-531.

[28] Gilbo P, Zhang I, Knisely J. Stereotactic radiosurgery of the brain: a review of common indications[J]. Chin Clin Oncol, 2017, 6: S14.

[29] Palys V, Holloway KL. Frameless Functional Stereotactic Approaches[J]. Prog Neurol Surg, 2018, 33: 168-186.

[30] Hill DL, Maurer CR Jr, Maciunas RJ, et al. Measurement of intraoperative brain surface deformation under a craniotomy[J]. Neurosurgery, 1998, 43: 514-526.

[31] Liu Y, Song Z. A robust brain deformation framework based on a finite element model in IGNS[J]. Int J Med Robot, 2008, 4: 146-157.

[32] Zamorano L, Li Q, Jain S, et al. Robotics in neurosurgery: state of the art and future technological challenges[J]. Int J Med Robot, 2004, 1: 7-22.

[33] Sekhar LN, Tariq F, Kim LJ, et al. Commentary: virtual reality and robotics in neurosurgery[J]. Neurosurgery, 2013, 72: A1-6.

[34] Bernardo A. Virtual Reality and Simulation in Neurosurgical Training[J]. World Neurosurg, 2017, 106: 1015-1029.

[35] Meola A, Cutolo F, Carbone M, et al. Augmented reality in neurosurgery: a systematic review[J]. Neurosurg Rev, 2017, 40: 537-548.

[36] Contreras López WO, Navarro PA, Crispin S. Intraoperative clinical application of augmented reality in neurosurgery: A systematic review[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2019, 177: 6-11.

(上接第566页)

function in aphasics associated with intact right basal ganglia and preserve right temporal glucose metabolism: Implications for singing therapy indication[J]. Int J Neurosci, 2016, 126: 39-45.

[22] Hurkmans J, Jonkers R, de Bruijn M, et al. The effectiveness of Speech - Music Therapy for Aphasia (SMTA) in five speakers with Apraxia of Speech and aphasia[J]. Aphasiology, 2015, 29: 939-964.

[23] Stegemöller EL. The Neuroscience of Speech and Language[J]. Music Ther Perspect, 2017, 35: 107-112.

[24] Patel AD, Peretz I, Tramo M, et al. Processing Prosodic and Musical Patterns: A Neuropsychological Investigation[J]. Brain Lang, 1998, 61: 123-144.

[25] Kang J, Scholp A, Jiang JJ. A Review of the Physiological Effects and Mechanisms of Singing[J]. J Voice, 2018, 32: 390-395.

[26] Sidtis D, Canterucci G, Katsnelson D. Effects of neurological damage on production of formulaic language[J]. Clin Linguist Phon, 2009, 23: 270-284.

[27] Straube T, Schulz A, Geipel K, et al. Dissociation between singing and speaking in expressive aphasia: The role of song familiarity[J]. Neuropsychologia, 2008, 46: 1505-1512.

[28] Heiss WD, Thiel A. A proposed regional hierarchy in recovery of post-stroke aphasia[J]. Brain Lang, 2006, 98: 118-123.

[29] Hillis AE. Aphasia: progress in the last quarter of a century[J]. Neurology, 2007, 69: 200-213.

[30] Xing S, Lacey EH, Skipper-Kallal LM, et al. Right hemisphere grey matter structure and language outcomes in chronic left hemisphere stroke[J]. Brain, 2016, 139: 227-241.

(本文编辑:唐颖馨)