

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2024.06.014

脑卒中患者言语呼吸特征与言语韵律功能相关性分析及干预研究

Relationship between Respiration Characteristics and Speech Prosody and Intervention Study on Post-Stroke Patients

张奕雯¹ 万勤² 王勇丽² 戴媛³ 李蕴¹

ZHANG Yi-wen, WAN Qin, WANG Yong-li, DAI Yuan, LI Yun

【摘要】目的 探讨脑卒中患者的言语呼吸特征及其与言语韵律功能之间的关系。**方法** 收集2022年1月~2022年6月本院35例脑卒中患者作为实验组,其中随机选取12例纳入A组(干预组),其余23例为B组(未干预组),另收集32例年龄、性别匹配的健康成人作为对照组,所有受试者朗读短文并录音,分析其言语呼吸特征,包括最长声时(maximum phonation time, MPT)、最大数数能力(maximum count ability, MCA)、s/z比,并从言语韵律的3个维度进行声学分析,比较两组参数结果,分析言语呼吸特征与言语韵律功能参数的相关性。对A组进行言语呼吸训练,比较干预前后患者的言语呼吸、言语韵律功能改善情况。**结果** 实验组MPT、MCA、言语速率(speech rate, SR)、构音速率(articulation rate, AR)、疑问句整句基频标准差、疑问句整句K值显著小于对照组($P<0.05$),非自然停顿次数、重音音节总时长显著高于对照组($P<0.05$)。实验组非自然停顿次数、SR、AR、疑问句整句K值、疑问句边界调K值、重音音节总时长、重音音节平均强度与MPT显著相关($P<0.05$),非自然停顿次数、SR、疑问句整句K值与MCA显著相关($P<0.05$)。言语呼吸训练后,A组的MPT、MCA、非自然停顿次数、SR、AR和疑问句整句K值均显著改善($P<0.05$)。**结论** 脑卒中患者言语呼吸存在缺陷,表现为呼吸支持不足,呼吸与发声协调性差,患者言语呼吸特征与言语韵律功能相关。

【关键词】 脑卒中;言语呼吸;言语韵律;声学分析**【中图分类号】** G762**【文献标识码】** A**【文章编号】** 1672-4933(2024)06-0618-06

【Abstract】 Objective To investigate changes in respiratory characteristics of patients after stroke and their relationship with speech prosody function. **Methods** From January 2022 to June 2022, 35 stroke patients were collected as the experimental group, among them, 12 were randomly assigned to Group A (intervention group), while the remaining 23 were in Group B (non-intervention group). 32 healthy adults matched for age and gender were collected as the control group. All the participants read short texts aloud and were recorded. The respiration parameters, including Maximum Phonation Time (MPT), Maximum Count Ability (MCA), s/z ratio, and acoustic analysis of speech prosody from three dimensions were analyzed. A comparison was made between the experimental and control groups, and a correlation analysis was conducted between respiratory characteristics and speech prosody parameters. Group A received speech respiration training, the acoustic parameters of respiration and speech prosody were compared before and after the trainings. **Results** The MPT, MCA, SR, AR, F_0 SD and F_0 slope of whole interrogative sentences in the experimental group were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$), while the unnatural pause number and the duration of stressed syllables in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). The unnatural pause number, SR, AR, F_0 slope of whole interrogative sentences, duration of stressed syllables and average intensity of stressed syllables were significantly correlated with MPT ($P<0.05$). The unnatural pause number, SR and F_0 slope of whole interrogative sentences were correlated with MCA ($P<0.05$). Significant improvements were observed in MPT, MCA, unnatural pause number, SR, AR and F_0 slope of whole interrogative sentences after respiration training ($P<0.05$). **Conclusion** Patients after stroke exhibit respiratory deficiencies, characterized by insufficient respiratory support and poor coordination between respiration and phonation, which were related to speech prosody function.

【Key words】 Stroke; Respiration; Speech prosody; Acoustic analysis

基金项目:上海交通大学医学院附属第九人民医院基础研究助推计划资助(JYZZ230);国家重点研发计划项目(2020YFC2005200)

作者单位:1 上海交通大学医学院附属第九人民医院 上海 200011

2 华东师范大学教育学部康复科学系 上海 200333

3 安徽省皖南康复医院/芜湖市第五人民医院 芜湖 241000

作者简介:张奕雯 博士 初级技师;研究方向:听觉言语康复

通讯作者:李蕴, E-mail: doctor@sh9hospital-ent.com

脑卒中又称脑血管意外(cerebrovascular accident, CVA),是脑血管疾病的严重表现形式,致残率高,影响5%的65岁以上人群。脑卒中常继发言语呼吸功能障碍、言语韵律异常等言语功能障碍^[1,2]。脑卒中患者异常语音在言语呼吸方面主要表现为语句短、停顿不当等,在言语韵律方面表现出语速缓慢、声调不准、语调单一、重音减弱等异常。相较于其他疾病,如帕金森病患者的言语韵律障碍,脑卒中患者的言语呼吸功能障碍对其言语韵律表达的影响更大,主要包括音节持续时间不足、停顿时长延长、音高轮廓不充分、语气不足等^[3]。正常的言语呼吸功能是保证言语韵律准确表达的前提^[4,5]。目前通常使用客观声学参数判断言语障碍患者的言语呼吸特征,包括最长声时(maximum phonation time, MPT)、最大数数能力(maximum count ability, MCA)、s/z比等^[6,7],而评价言语韵律功能多用节奏类、语调类、重音类参数等^[8]。本研究通过对脑卒中患者进行客观的声学分析,观察其言语呼吸特征及与言语韵律功能的相关性,并通过监控言语呼吸训练前后言语韵律功能声学指标的变化,进一步验证言语呼吸功能的改善对患者言语韵律康复的作用,为言语康复训练提供临床依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象及分组

收集2022年1月~2022年6月安徽省皖南康复医院(芜湖市第五人民医院)脑卒中患者35例作为实验组,男21例,女14例,年龄34~69岁,平均 50.23 ± 11.33 岁,均符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》诊断标准^[9],其中,随机选择12名患者纳入A组(干预组),男8例,女4例,年龄48~74岁,平均 54.83 ± 12.24 岁,其余23名患者纳入B组(未干预组)。同期于安徽省芜湖市镜湖区镜湖公共服务中心收集健康人32例作为对照组,男女各16例,年龄34~67岁,平均 54.34 ± 11.51 岁。实验组与对照组年龄无显著差异($P > 0.05$)。所有受试者长期居住于安徽芜湖,使用汉语普通话。本研究取得华东师范大学人体实验伦理委员会批准(批准号HR 385-2021),所有受试者在正式实验前均对研究目的及过程知情。

实验组纳入标准:①根据头颅CT或MRI检查确诊脑卒中,且不处于急性期;②符合改良版Frenchay神经性言语障碍评估(Chinese frenchay dysarthria assessment, CFDA-2)对神经性言语障碍的诊断文献;③不伴随其他类型或器质性言语语言障碍,如失语症、言语失用症等;④无严重认知障碍,简易精神状态检查(mini mental state examination, MMSE) ≥ 10 分;⑤视力与听力皆正常;⑥能用汉语普通话交流,可以阅读简单的文字。排除标准:

①存在其他神经系统或精神疾病;②存在听力障碍、严重认知障碍等;③有长期酗酒或抽烟史;④近2周内急性呼吸道感染史。

对照组纳入标准:①无现存神经系统疾病、脑血管病病史或精神病史;②言语及语言、听力及视力均正常;③认知功能正常;④可使用汉语普通话阅读文字。排除标准:①存在其他神经系统或精神疾病;②有认知、听力障碍等问题;③现存口、鼻、咽、喉等嗓音、言语器官疾病;④有长期酗酒或抽烟史;⑤近2周内急性呼吸道感染史。

1.2 研究方法

1.2.1 言语呼吸声学特征测试方法 所有被试均进行言语呼吸声学测量,其中A组干预疗程结束后进行1次言语呼吸声学测量。在安静环境下(背景噪声低于45 dB A),采用言语障碍测量仪(ICF-Dr.SpeechTM测量最长声时(MPT)、最大数数能力(MCA)、s/z比。MPT测量时要求被试深吸后尽可能长地稳定发/a/音,测量3次,取基频和响度稳定的最长时间作为MPT;MCA测量时要求被试深吸后尽可能长地连续发喉音/i/,测量3次,取音调连续不间断变化的最长时间作为MCA;s/z比测量时要求被试深吸后尽可能长地分别发/s/和/z/,计算/s/与/z/音最长发音时间的比值。

1.2.2 言语韵律声学特征测试方法 选取根据语音均衡式原则设计的连续语音朗读材料“超市篇”作为测试语料文献,该语料由110个音节组成,囊括了能够反映言语韵律节奏、语调和重音维度的3类语句,并且贴近日常生活。测试时,受试者先默读语料,熟悉内容,然后以自然、舒适的语速和响度朗读语料。声学信号在安静环境下(背景噪声低于45 dB A),选用专业数字音频处理软件Sound Forge 9.0进行录音和音频剪辑,参数设置为16 bit单通道,采样频率44100 Hz。将“超市篇”的16句短句音频分别导入言语障碍测量仪进行分析,在窄带语谱图下截取音节时长、停顿时长、音节个数等,分别计算得到非自然停顿次数、言语速率(speech rate, SR)和构音速率(articulation rate, AR)结果。将语料中的疑问句“你孙子过生日要买什么?”音频导入Phonation System语音分析软件得到疑问句整句和边界调的言语基频 F_0 和基频斜率K值,以及疑问句的基频标准差 F_0SD 。将重音句“我想买玩具”音频导入言语障碍测量仪,在窄带语谱图模式下截取焦点重音音节“买玩具”的总时长、平均强度和强度峰值。

1.2.3 言语呼吸训练材料、方法和疗效评估 由具备5年及以上临床康复经验的言语治疗师对患者进行10次个别化言语呼吸训练,为期2周,每次30分钟,每天1次。具

体方法:①腹式呼吸训练:通过体验非言语状态下吸气与呼气过程中胸腹起伏的程度,帮助患者在卧位和坐位下掌握腹式呼吸;②缓慢平稳呼气训练:在腹式呼吸的基础上,先让患者深吸气后噤嘴呼气,体验缓慢平稳呼气的过程,随后通过持续平稳地发送气音(如/s/、/sh/等),输出气流噪声,由生理腹式呼吸向言语腹式呼吸过渡,初步提升患者对言语呼吸的控制能力;③噤哼法训练:让患者深吸气后,闭嘴发“噤哼”的方式协调呼吸与发声训练,随着患者呼吸支持能力的提高,可由深吸气后一口气发1个“噤哼”逐个增加至连续发多个“噤哼”^[10];④缓慢平稳呼气训练和噤哼法训练时结合的实时视听反馈技术,让患者发声的同时根据实时呈现的声波轨迹,主动调整对呼出气流的控制。

A组患者在训练前后各进行1次言语呼吸与言语韵律声学指标测量,以评估疗效。声学指标包括MPT、MCA及与言语呼吸相关的言语韵律指标。

1.3 统计学方法

采用SPSS 25.0软件进行数据分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用曼惠特尼U检验。实验组言语呼吸特征与言语韵律特征间的相关性采用Spearman相关性分析。实验组言语呼吸训练前后比较采用Wilcoxon符号秩检验。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 言语呼吸及言语韵律特征

实验组与对照组的言语呼吸、言语韵律声学指标的

描述性统计结果见表1,实验组MPT、MCA、SR、AR、疑问句整句 F_0 SD、疑问句整句K值均显著低于对照组($P < 0.05$),非自然停顿次数、重音音节总时长显著高于对照组($P < 0.05$)。

2.2 言语呼吸与言语韵律功能相关性分析

实验组非自然停顿次数、SR、AR、疑问句整句K值、疑问句边界调K值、重音音节总时长、重音音节平均强度与MPT显著相关($P < 0.05$),非自然停顿次数、SR、疑问句整句K值与MCA显著相关($P < 0.05$),见表2。

2.3 言语呼吸训练结果

A组言语呼吸训练前后疗效评估结果见表3,干预后A组的MPT、MCA、非自然停顿次数、SR、AR和疑问句整句K值均较干预前有显著改善($P < 0.05$)。

3 讨论

脑卒中是典型的中枢神经系统受损导致言语障碍的疾病,其中大部分因累及上运动神经元、下运动神经元、小脑等,导致患者呼吸、发声、共鸣、构音和言语韵律受到影响,是综合性损伤表现。正常呼吸为言语韵律表达提供了生理基础和功能前提,脑卒中后呼吸功能障碍往往导致言语韵律的语调、语速和重音方面出现异常,从而降低言语可懂度,影响言语沟通质量^[11]。使用客观声学指标可反映言语呼吸功能和言语韵律功能情况,包括言语呼吸类参数(MPT、MCA、s/z比)、节奏类参数(非自然停顿次数、SR、AR)、语调类参数(F_0 、 F_0 SD、基频斜率K值)、重音类参数(重音音节总时长、平均强度、强度峰

表1 两组一般资料、言语呼吸和言语韵律参数比较

项目		实验组(n=35)	对照组(n=32)	Z/t	P
性别	男	21	16	-0.814	0.419
	女	14	16		
年龄(岁)		50.23±12.06	54.34±11.69	-1.416	0.161
MPT(s)		6.53±4.09	14.09±6.10	-5.473	0.000**
MCA(s)		7.04±3.95	14.42±7.55	-4.412	0.000**
s/z		0.98±0.63	0.98±0.54	-0.276	0.782
非自然停顿次数(次)		17.03±16.64	4.72±2.58	-3.678	0.000**
SR(%)		2.86±1.03	3.91±0.74	-4.117	0.000**
AR(%)		3.67±1.05	4.44±0.92	-2.573	0.010*
疑问句整句 F_0 (Hz)		178.66±38.17	197.47±45.19	-1.808	0.071
疑问句整句 F_0 SD(Hz)		30.09±9.93	40.41±12.25	-3.268	0.001**
疑问句整句K值		-0.128±0.083	-0.055±0.105	-2.900	0.004**
疑问句边界调 F_0 (Hz)		162.09±38.76	176.13±53.19	-1.042	0.297
疑问句边界调K值		0.826±1.814	0.898±1.479	-1.795	0.073
重音音节总时长(s)		1.34±0.73	0.87±0.17	-3.233	0.001**
重音音节平均强度(dB)		45.40±7.99	48.78±8.03	-1.761	0.078
重音音节强度峰值(dB)		63.03±9.57	62.22±10.52	-1.44	0.885

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 下同

表2 实验组言语呼吸与言语韵律参数的相关性分析

参数	MPT		MCA		s/z	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
非自然停顿次数	-0.349	0.040*	-0.373	0.027*	-0.149	0.393
SR	0.598	0.000**	0.345	0.042*	0.155	0.373
AR	0.462	0.005**	0.175	0.316	0.119	0.496
疑问句整句F ₀	-0.021	0.905	0.122	0.485	-0.052	0.766
疑问句整句F ₀ SD	0.007	0.970	0.100	0.569	-0.135	0.440
疑问句整句K值	-0.454	0.006**	-0.608	0.000**	-0.138	0.429
疑问句边界调F ₀	-0.202	0.244	-0.079	0.651	-0.137	0.433
疑问句边界调K值	0.414	0.013*	0.027	0.879	-0.039	0.822
重音音节总时长	-0.642	0.000**	-0.305	0.075	-0.202	0.245
重音音节平均强度	0.450	0.007**	0.199	0.251	0.093	0.596
重音音节强度峰值	0.240	0.164	0.138	0.429	-0.137	0.431

表3 实验组(A组)干预前后言语呼吸及言语韵律功能声学指标比较

参数	干预前	干预后	Z	<i>P</i>
MPT(s)	8.63±5.53	11.80±7.58	-3.059	0.002**
MCA(s)	8.01±5.31	12.05±8.46	-2.904	0.04*
非自然停顿次数(次)	23.33±17.68	18.42±18.83	-2.949	0.003**
SR(%)	2.23±0.71	2.50±0.78	-2.040	0.041*
AR(%)	2.99±0.68	3.29±0.63	-2.903	0.004**
疑问句整句K值	-0.01±0.12	-0.13±0.18	-2.353	0.019*
疑问句边界调K值	0.25±1.29	1.08±2.34	-1.412	0.158
重音音节总时长(s)	1.35±0.72	1.44±0.63	-1.178	0.239
重音音节平均强度(dB)	53.83±12.94	53.50±9.85	-3.94	0.694

值)等^[8,12,13]。

本研究结果可见,脑卒中患者言语呼吸类参数中MPT和MCA显著减小,与丁珊珊等^[14]研究一致。而s/z比无显著变化,与Wang等^[7]研究结果不符,其认为脑卒中患者的s/z比较正常人群低,这可能与该研究中纳入的均为伴随构音障碍的脑卒中患者有关,构音不准导致/z/音的发声时长减少,从而影响该参数结果。本研究实验组患者部分构音功能尚可,或仅存在轻度构音障碍,发/z/音时受构音偏误影响程度小。

使用言语速率、构音速率等参数能精确反映言语韵律的节奏特征,易受呼吸支持、呼吸与发声协调性影响^[15]。本研究显示,脑卒中患者连续语音过程中非自然停顿次数显著增加,SR和AR均显著减小,与Neel等^[16]研究结果一致。

在语调类参数中,基频、基频标准差和基频斜率是常用于衡量语调水平、语调变化幅度、语调表达是否充分的指标。脑卒中患者在整句音高水平和边界调水平的基频信息处理出现异常^[17],本研究采用整句和边界调两种语料进行测量,结果显示,疑问句整句F₀SD显著低于正常对照组,表明疑问句的语调变化幅度明显不足,而疑问句整句K值与正常人K值存在显著差异,与万勤^[18]的研究

结果一致,即脑卒中患者在整句疑问句表达时,其音高走势呈明显下降趋势,因而出现疑问句语气表达不足的现象。实验组疑问句整句F₀低于正常对照组,但无显著差异,结合F₀SD和K值结果,说明脑卒中患者疑问句表达过程中维持音高水平较正常人群差异较小,而在疑问句的音高变化和语调趋势上存在明显异常。大多数语言的疑问句边界调基频存在上扬趋势,边界调是区分陈述句和疑问句的标志。本研究结果显示,脑卒中患者疑问句边界调的F₀和K值均较正常人群小,但无明显异常,与万勤等研究结果不一致,该研究结果提示脑卒中疑问句边界调的F₀和K值均较正常人群有明显差异^[17]。语调的产生在很大程度上取决于言语时间,边界调是句尾最后一个音节,脑卒中患者往往因整句表达时对言语时长的控制不佳,难以充分表达边界调^[19]。以上研究对象限定为大脑语言优势区受损的非流畅性失语症患者,而本研究未就患者大脑主要受损区域进行限定,实验结果的可比性受影响。

重音是在沟通中被强调的特定音节,重音音节往往音调更高、强度更大、持续时间更长,通过强调突出的方式把听者的注意力导向话语中的关键信息^[18]。本研究结果显示,脑卒中患者重音音节总时长较正常组更长,而重

音音节的平均强度和强度峰值与正常对照组无显著差异。说明脑卒中患者在声带无器质性病变,而神经调节功能减弱的情况下,为表达出同样的重音强度,需要更长的发音时长进行调节。

脑卒中患者多存在呼吸肌群神经支配受损,易出现说话时吸气流减少或呼吸控制减弱情况^[20]。充足的言语呼吸是保障连续语流正常韵律表达的基础,脑卒中患者的呼吸功能减弱会导致节奏、语调、重音维度的言语韵律异常。本研究主要考察脑卒中患者言语呼吸与言语韵律功能之间的相关性,故将3项言语呼吸特征参数分别与节奏、语调和重音类参数进行分析。结果显示,非自然停顿次数、SR、AR、疑问句整句K值、疑问句边界调K值、重音音节总时长、重音音节平均强度与MPT显著相关,非自然停顿次数、SR、疑问句整句K值与MCA显著相关。说明脑卒中患者呼吸相关肌群神经支配减弱后,声门下压减弱导致停顿延长、语速减慢,即除了构音器官运动的幅度、力量等因素外,呼吸支持力度充分与否同样是脑卒中患者节奏表达的重要因素;此外,呼吸与发声是否协调也是影响停顿和语速的重要因素,脑卒中患者呼吸肌群收缩减弱、肺活量降低,在不充分的声门下压支持下声带较难维持规律、协调的运动^[21]。通过对干预组患者进行言语呼吸训练,言语呼吸特征参数(MPT、MCA)及相关节奏类参数(非自然停顿次数、SR、AR)有明显改善,进一步说明提高言语呼吸可以改善节奏线索的表达。

基频斜率的变化主要由喉部肌肉活动控制,而不是通过呼吸系统控制,声门下压与基频斜率间的生理关系较弱^[22]。对脑卒中患者而言,声门下压降低会导致声带扩张幅度减弱,引起一定程度的基频降低,言语时程更长的句子尤其是表达疑问句时,整句和句尾边界调会因呼吸支持在句尾有所减弱而难以维持语调上扬的趋势。干预结果表明,言语呼吸训练对疑问句整句语调上扬趋势有所改善,但对边界调的改善有限。可能是对脑卒中患者而言,需要更有力的言语呼吸支持表达边界调,2周的干预训练并不足够,需要更长时间的言语呼吸训练。

相比语调,呼吸驱动力和气道阻力变化对重音的作用更大^[23]。本研究结果表明,脑卒中患者呼吸支持越弱,重音音节总时长越长,重音音节平均强度越小。重音音节强度的维持有赖于呼吸肌群与声带肌的协调运动,在表达重音音节时,声门下压微上升,这个过程中呼吸机制的参与更为明显^[24]。脑卒中患者呼吸肌群易受累,一定程度上减少肺容量,在表达重音时能提供的声门下气流减少,可能会通过延长音节时长的方式表达强调的语气。本研究中,虽然重音音节总时长和平均强度均与MPT显著相关,但脑卒中患者干预前后重音类参数并未得到显

著改善,原因可能是本研究干预组患者样本量较少,且干预时间较短,尚未体现出重音表达方面的训练效果。

综上所述,脑卒中患者的言语障碍涉及呼吸、发声、共鸣、构音、韵律等多个子系统,本研究验证了言语呼吸与言语韵律各子维度之间相关,改善脑卒中患者言语韵律异常问题可从言语呼吸系统着手,重点提高呼吸支持能力和呼吸与发声协调性,让韵律表达更自然、充分。

参考文献

- [1] Darley FL, Aronson AE, Brown JR. Differential diagnostic patterns of dysarthria[J]. *Journal of Speech and Hearing Research*, 1969, 12(2): 246-269.
- [2] 张奕雯, 黄昭鸣, 王勇丽. 运动性言语障碍评估与治疗[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2021.37-43.
- [3] De Menezes KKP, Nascimento LR, Avelino PR, et al. Benefits of Home-Based Respiratory Muscle Training from the Perspectives of Individuals Who Had a Stroke: Qualitative Study[J]. *Pm r*, 2020, 12(10): 990-996.
- [4] Daoudi K, Das B, Tykalova T, et al. Speech acoustic indices for differential diagnosis between Parkinson's disease, multiple system atrophy and progressive supranuclear palsy[J]. *NPJ Parkinsons Dis*, 2022, 8(1): 142-142.
- [5] Nallanthighal VS, Mostaani Z, Härmä A, et al. Deep learning architectures for estimating breathing signal and respiratory parameters from speech recordings[J]. *Neural Netw*, 2021, 141(1): 211-224.
- [6] Kim JM, Yoo SD, Park EJ. Nutritional Biomarkers as Predictors of Dysphonia Severity in Patients with Ischemic Stroke[J]. *Nutrients*, 2023, 15(3): 652-652.
- [7] Wang J, Li G, Ding S, et al. Liuzijue qigong versus traditional breathing training for patients with post-stroke dysarthria complicated by abnormal respiratory control: Results of a single-center randomized controlled trial[J]. *Clin Rehabil*, 2021, 35(7): 999-1010.
- [8] Weed E, Fusaroli R. Acoustic Measures of Prosody in Right-Hemisphere Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2020, 63(6): 1762-1775.
- [9] 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.
- [10] 张奕雯, 胡金秀, 谭模遥. 嗓音治疗实验实训[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2021.62-63.
- [11] Vojtech JM, Noordzij JP, Cler GJ, et al. The Effects of Modulating Fundamental Frequency and Speech Rate on the Intelligibility, Communication Efficiency, and Perceived Naturalness of Synthetic Speech[J]. *Am J Speech Lang Pathol*, 2019, 28(2s): 875-886.
- [12] Joshi A. A Comparison of the s/z Ratio to Instrumental Aerodynamic Measures of Phonation[J]. *J Voice*, 2020, 34(4): 533-538.
- [13] Illner V, Tykalová T, Novotný M, et al. Toward Automated Articulation Rate Analysis via Connected Speech in Dysarthrias[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2022, 65(4): 1386-1401.
- [14] 丁珊珊, 李改燕, 王婕, 等. "六字诀"训练治疗脑卒中后运动性言语障碍患者的多中心临床研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43

- (10): 890-894.
- [15] Van Nuffelen G, De Bodt M, Vanderwegen J, et al. Effect of rate control on speech production and intelligibility in dysarthria[J]. *Folia Phoniatr Logop*, 2010, 62(3): 110-119.
- [16] Neel A, Krasilshchikova S, Richardson JD, et al. Articulation Rate, Pauses, and Disfluencies in Professional Fighters: Potential Speech Biomarkers for Repetitive Head Injury[J]. *J Head Trauma Rehabil*, 2023, 38(6): 458-466.
- [17] 万勤, 杨闪闪, 黄昭鸣, 等. 非流畅性失语症患者疑问句语调产出的特点[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2022, 30(1): 30-33.
- [18] Patel R. Acoustic characteristics of the question-statement contrast in severe dysarthria due to cerebral palsy[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2003, 46(6): 1401-1415.
- [19] Seddoh SA. Prosodic disturbance in aphasia: speech timing versus intonation production[J]. *Clin Linguist Phon*, 2004, 18(1): 17-38.
- [20] Aeshnounge K, Roquilly A, Cinotti R. Respiratory Management in Patients with Severe Brain Injury[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 76-76.
- [21] 万勤, 陈守华, 黄昭鸣. 呼吸方式对3~6岁健听和听障儿童最长声时与最大数数能力的影响[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2011, 19(6): 506-508.
- [22] Fuchs S, Petrone C, Rochet-Capellan A, et al. Assessing respiratory contributions to f0 declination in German across varying speech tasks and respiratory demands[J]. *Journal of Phonetics*, 2015, 52(5): 35-45.
- [23] Finnegan EM, Luschei ES, Hoffman HT. Modulations in respiratory and laryngeal activity associated with changes in vocal intensity during speech[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2000, 43(4): 934-950.
- [24] Petrone C, Fuchs S, Koenig LL. Relations among subglottal pressure, breathing, and acoustic parameters of sentence-level prominence in German[J]. *J Acoust Soc Am*, 2017, 141(3): 1715.

收稿日期 2024-04-10
责任编辑 薛 静

(上接609页)

- [14] Raman N, Abr JVR. Clinical and psycho-social profile of child and adolescent mental health care users and services at an urban child mental health clinic in South Africa[J]. *Afr J Psychiatry*, 2013, 16(5): 356-363.
- [15] Khalis A, Mikami A, Hudec KL. Positive peer relationships facilitate adjustment in the transition to university for emerging adults with adhd symptoms[J]. *Emerging Adulthood*, 2018, 6(4):243-254.
- [16] Subcommittee on Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, Steering Committee on Quality Improvement and Management. ADHD: clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention -deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents[J]. *Pediatrics*, 2011, 128(5):1007-1022.
- [17] National Collaborating Center for Mental Health (UK), National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE): Guidance. Attention deficit hyperactivity disorder: diagnosis and management of ADHD in children, young people and adults clinical guidelines[M]. Leicester: The British Psychological Society and London: The Royal College of Psychiatrists, 2009.13-18.
- [18] O'Dell SM. Understanding the Contributions of Family Processes to Educational Outcomes for Children with ADHD: A Longitudinal Analysis[D]. Lehigh University, 2013.
- [19] Shaw M, Hodgkins P, Caci H, et al. A systematic review and analysis of long-term outcomes in attention deficit hyperactivity disorder: effects of treatment and non-treatment[J]. *BMC Med*, 2012, 10(99): 1-15.
- [20] Taylor JA, Valentine AZ, Sellman E, et al. A qualitative process evaluation of a randomised controlled trial of a parenting intervention in community (school) settings for children at risk of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) [J]. *BMC Psychiatry*, 2015, 15(290): 1-11.
- [21] 沈力, 王瑜, 田园, 等. 医教结合对学龄期注意缺陷多动障碍儿童干预效果的研究[J]. *中国儿童保健杂志*, 2019, 27(9):1034-1038.
- [22] Shahidullah JD, Carlson JS, Haggerty D. Integrated care models for ADHD in children and adolescents: A systematic review[J]. *Fam Syst Health*, 2018, 36(2):233-247.
- [23] 柴月芳, 夏林娣. 儿童注意力缺陷多动障碍患儿家长健康教育需求的调查[J]. *中国实用护理杂志*, 2015, 31(7):528-530.
- [24] 毛颖梅, 张旭, 马丽华, 等. 北京市小学教师对ADHD的认知现状、态度及影响因素分析[J]. *北京联合大学学报(自然科学版)*, 2021, 35(4):85-92.
- [25] 盖笑松, 兰公瑞, 刘希平. 国内注意缺陷/多动障碍儿童干预效果的元分析[J]. *心理学报*, 2008, 40(11): 1190-1196.
- [26] Taanila A, Ebeling H, Tiiala M, et al. Association between childhood specific learning difficulties and school performance in adolescents with and without ADHD symptoms: a 16-year follow-up[J]. *J Atten Disord*, 2014, 18(1): 61-72.

收稿日期 2024-04-25
责任编辑 赵 倩