

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202524540

· 论著 ·

基于喉肌电图定量分析的声带麻痹患者嗓音功能评估

赵浒¹, 皇甫辉², 刘润², 何鹏飞²

(1. 山西医科大学第一临床医学院, 山西 太原 030000; 2. 山西医科大学第一医院耳鼻咽喉头颈外科, 山西 太原 030000)

摘要: **目的** 探究喉肌电图(LEMG)募集相转折数与嗓音声学评估参数之间的相关性, 评估 LEMG 募集相转折数在嗓音功能评估中的应用价值, 以全面评估声带麻痹(VFP)患者嗓音状况, 并指导治疗决策。**方法** 回顾性分析 2023 年 8 月—2025 年 2 月山西医科大学第一医院耳鼻咽喉头颈外科确诊为单侧 VFP 的 75 例患者。根据 LEMG 结果将患者分为喉上神经功能异常组(31 例)和喉返神经功能异常组(44 例), 所有患者接受嗓音声学基频(F0)、基频微扰(Jitter)、振幅微扰(Shimmer)、最长发音时间(MPT)、嗓音障碍严重程度指数(DSI)分析和 LEMG 检查, 测量健侧与患侧喉内肌募集相转折数。**结果** 喉上神经与喉返神经功能异常组健侧与患侧募集相转折数差异具有统计学意义($P < 0.001$)。随着嘶哑声(H)评分增加, 喉返神经功能异常组和喉上神经功能异常组的 Jitter 和 Shimmer 相应升高, MPT 和 DSI 相应降低, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 而平均 F0 差异无统计学意义($P > 0.05$)。LEMG 募集相转折数与 Jitter、Shimmer 呈负相关($P < 0.05$), 与 MPT 和 DSI 呈正相关($P < 0.05$)。不同喉内肌的募集相转折数对嗓音声学参数的相关性存在一定特异性, 环甲肌(CT)与 Jitter 相关性最强($r = -0.550$), 而甲杓肌(TA)和环杓后肌(PCA)与 MPT 的相关性较高($r = 0.623$ 和 $r = 0.657$)。**结论** LEMG 募集相转折数能够客观反映 VFP 患者的嗓音功能损伤程度, 与嗓音声学分析参数具有相关性。将 LEMG 参数与声学分析结合, 可为 VFP 的全面评估和精准诊断提供新的客观依据, 为个体化治疗方案的制定提供科学依据。

关键词: 喉肌电图; 募集相; 声学分析; 相关性; 声带麻痹

中图分类号: R767.4

Vocal function evaluation of patients with vocal fold paralysis based on quantitative analysis of laryngeal electromyography

ZHAO Hu¹, HUANGFU Hui², LIU Run², HE Pengfei²

(1. the First Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China; 2. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China)

Abstract: **Objective** To investigate the correlation between the number of recruitment turns in laryngeal electromyography (LEMG) and acoustic voice evaluation parameters, and to assess the application value of the number of recruitment turns in the vocal function evaluation, so as to comprehensively assess the vocal status of vocal fold paralysis (VFP) patients and guide treatment decisions. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 75 patients diagnosed with unilateral VFP from August 2023 to February 2025 at the Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the First Hospital of Shanxi Medical University. According to LEMG results, all the patients were classified into the superior laryngeal nerve dysfunction group and recurrent laryngeal nerve dysfunction group. They all underwent acoustic voice analysis (fundamental frequency, F0), Jitter, Shimmer, maximum phonation time (MPT), and dysphonia severity index (DSI) and LEMG examination to measure the recruitment turn numbers of laryngeal muscles on the affected and healthy sides. **Results** Significant differences in the number of recruitment turns between the affected and healthy sides were observed in both the superior laryngeal nerve dysfunction and recurrent laryngeal nerve dysfunction groups ($P < 0.001$).

基金项目: 山西省自然科学基金面上项目(202203021211028)。

第一作者简介: 赵浒, 男, 在读硕士研究生。

通信作者简介: 皇甫辉, 男, 博士, 主任医师。

As the hoarseness scores (H) increased, the Jitter and Shimmer values increased accordingly, while MPT and DSI values decreased accordingly in both groups ($P < 0.05$). Their differences were statistically significant, while the difference in average F0 was statistically insignificant ($P > 0.05$). The number of recruitment turns of LEMG was negatively correlated with Jitter and Shimmer ($P < 0.05$), and positively correlated with MPT and DSI ($P < 0.05$). The correlation between recruitment turn numbers of different laryngeal muscles and acoustic parameters exhibited certain specificity, with the cricothyroid muscle showing the strongest correlation with Jitter ($r = -0.550$), and the thyroarytenoid muscle and posterior cricoarytenoid muscle showing relatively high correlations with MPT ($r = 0.623$ and $r = 0.657$). **Conclusion** The number of recruitment turns in LEMG can objectively reflect the degree of vocal function impairment in VFP patients and is correlated with acoustic voice evaluation parameters. The combination of number of recruitment turns in LEMG and acoustic analysis parameters can provide new objective evidence for the comprehensive evaluation and precise diagnosis of VFP, and offer a scientific basis for the formulation of individualized treatment plans.

Keywords: Laryngeal electromyography; Recruitment turn; Acoustic analysis; Correlation; Vocal fold paralysis

声音是我们传递信息、表达自我感情的重要方式。然而发病率逐年升高的声带疾病往往会导致不同程度的声音嘶哑,使患者表达交流能力下降,对其身心健康及生活质量造成影响。其中,声带麻痹(vocal fold paralysis, VFP)是一种因喉返神经或喉上神经损伤引起的嗓音疾病,表现为声带运动障碍,声音嘶哑等。目前,对VFP患者嗓音功能的评估主要依赖主观问卷和客观声学分析。主观问卷如嗓音障碍指数能够反映患者的主观感受,但受个体差异影响较大,难以全面量化病情。客观声学分析通过提取嗓音特征参数,在嗓音评估的量化研究中具有重要意义。然而,仅依赖声学参数往往难以全面评估VFP的病理生理特征,特别是对喉部神经肌肉功能状态的直接反映存在不足。喉肌电图(laryngeal electromyography, LEMG)作为一种神经电生理检查方法,能够记录喉部肌肉的电活动,反映神经传导和肌肉募集的功能状态,是诊断VFP的重要手段。募集相转折数是LEMG的关键参数,是指单位时间内未经过基线的高于 $100\mu\text{V}$ 的电位变化,用于反映募集相密度、间接反映运动单位电位发放的频率及被激活的运动单位数量。但目前尚缺乏系统研究探讨二者的具体关系。本研究回顾性分析75例单侧VFP患者声学分析参数及LEMG募集相转折数,分析二者相关性,探讨LEMG参数在嗓音评估中的应用价值,为VFP的诊断提供更加全面、完整、科学的评估体系。

1 资料与方法

1.1 临床资料

2023年8月—2025年2月因声嘶就诊于山西医科大学第一医院耳鼻咽喉头颈外科,经电子显微喉镜与LEMG诊断为单侧VFP患者75例。根据

LEMG检查结果分为两组,其中喉返神经功能异常组44例,喉上神经功能异常组31例。

1.2 研究方法

各组患者均完善主观听感知评估(roughness, breathiness and hoarseness, RBH)、嗓音声学分析基频(F0)、基频微扰(Jitter)、振幅微扰(Shimmer)、最长发音时间(maximum phonation time, MPT)、嗓音障碍严重程度指数(dysphonia severity index, DSI)及LEMG募集相检查。

1.2.1 主观听感知评估 本研究参考德语版RBH嗓音障碍听感知评估系统,对声嘶患者进行评估。评估采用4级标准:0级为正常(0分),1级为轻度异常(1分),2级为中度异常(2分),3级为重度异常(3分)。所有患者均由3名经验丰富的耳鼻咽喉科医师评估,最终结果取3名医师评分的平均值。

1.2.2 嗓音声学分析 本研究采用德国柏林XION公司生产的计算机嗓音分析系统,配套软件版本为DIVAS v. 2.8.3-build。声学分析在噪声低于45 dB的隔音室内进行,患者取端坐位,使用头戴式麦克风,麦克风与患者口腔保持30 cm距离,呈 45° 角放置。嘱患者依次发出持续3 s的元音/a/和元音/i/,选取相对平稳的声音样本进行分析,记录F0、Jitter及Shimmer。嘱患者深吸一口气,尽可能长的发元音/a/,重复3次,取最长一次作为MPT。嘱患者以能达到的最高频率及最低频率发元音/a/,得到高频发声;嘱患者尽可能轻地发元音/a/,得到弱强度发声,通过 $\text{DSI} = 0.13 \times \text{MPT}(\text{s}) + 0.0053 \times \text{F0-high}(\text{Hz}) - 0.26 \times \text{I-low}(\text{dB}) - 1.18 \times \text{Jitter}(\%) + 12.4$ 得到DSI。

1.2.3 LEMG募集相检查 本研究采用美国Nicolet Viking Quest肌电图仪进行检查,使用Natus同芯针电极进行喉肌电位记录。募集相记录设置为:敏感度 $500\mu\text{V}/\text{div}$,扫描速度 $500\text{ ms}/\text{div}$,采样率

20 000 Hz,滤波频率 20 ~ 100 000 Hz。嘱患者取仰卧位,充分暴露颈部,乙醇消毒后,经环甲膜注入 0.5% 丁卡因行喉腔表面麻醉。各喉内肌进针方式如下:①选择环甲膜中线偏外侧 1.0 cm 处垂直进针,向外上呈 45° 刺入环甲肌 (cricothyroid muscle, CT);②选择环甲膜中线偏外侧 0.2 cm 垂直皮肤进针,穿过环甲韧带后向后、外上呈 45° 刺入甲杓肌 (thyroarytenoid muscle, TA);③选择环甲膜中线进针,进入喉腔后沿水平方向偏外侧 30° 穿过环状软骨板后刺入环杓后肌 (posterior cricoarytenoid muscle, PCA)。嘱患者以最大高音发/i/,记录 CT 和 TA 募集相,深吸气时记录 PCA 募集相,以 500 ms 为间隔记录相应肌肉募集相最密集处每秒转折数,每块肌肉测量 3 个部位,取其平均值作为最终对应肌肉募集相转折数。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 27.0 统计软件进行分析,符合正态分布的定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的定量资料用 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示。2 组间比较采用配对 t 检验,多组间比较采用 $Kruskal-Wallis H$ 检验,多重比较采用 Bonferroni 法,采用 Pearson 相关分析对噪

音声学参数与 LEMG 募集相转折数的相关性进行分析, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 VFP 患者健侧声带与患侧声带 LEMG 募集相转折数分析

表 1 显示喉上神经功能异常组健侧与患侧声带募集相转折数差异具有统计学意义 ($P < 0.001$);喉返神经功能异常组健侧与患侧声带募集相转折数差异同样具有统计学意义 ($P < 0.001$)。

2.2 主观听感知评价

根据患者的声嘶程度,进行主观听感知嘶哑声评分。结果发现,随着嘶哑声评分增加,喉返神经功能异常组和喉上神经功能异常组的 Jitter 和 Shimmer 相应升高,MPT 和 DSI 相应降低。而男性与女性患者 F0 不同评分组间差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。组间两两比较,两组患者 F0 在男性和女性组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$), Shimmer、MPT、DSI 差异均具有统计学意义 (P 均 < 0.05)。具体数据见表 2、3。

表 1 健侧声带与患侧声带 LEMG 募集相转折数比较 (转/s, $\bar{x} \pm s$)

喉内肌	例数	健侧	患侧	95% CI	t	P
CT	26	568.17 $\pm$ 109.45	182.46 $\pm$ 94.58	362.49 (263.89, 412.77)	13.84	< 0.001
TA	44	605.84 $\pm$ 164.52	174.62 $\pm$ 82.51	465.19 (410.23, 489.46)	18.84	< 0.001
PCA	44	562.19 $\pm$ 145.26	158.74 $\pm$ 76.45	426.84 (394.44, 463.21)	20.77	< 0.001

注:CT(环甲肌);TA(甲杓肌);PCA(环杓后肌);LEMG(喉肌电图)。下同。

表 2 喉返神经功能异常组主观听感知评分相邻等级声学分析参数比较 ($M[P_{25}, P_{75}]$)

观察指标	1 分($n=12$)	2 分($n=24$)	3 分($n=8$)	H	P
F0(男, Hz)	212.60 [209.31, 234.25] ($n=5$)	210.52 [208.56, 214.47] ($n=13$)	194.32 [191.43, 205.63] ($n=4$)	3.15	> 0.05
F0(女, Hz)	233.56 [225.14, 240.63] ($n=7$)	208.45 [205.26, 218.64] ($n=11$)	212.43 [202.45, 216.38] ($n=4$)	4.24	> 0.05
Jitter (%)	0.68 [0.55, 1.09]	1.74 [1.47, 2.28]	2.76 [2.46, 2.94] ^{ab}	30.11	< 0.001
Shimmer (%)	4.41 [3.77, 4.77]	5.60 [5.27, 7.08] ^a	7.49 [6.26, 8.46] ^{ab}	28.47	< 0.001
MPT(s)	8.38 [8.03, 8.66]	6.62 [5.85, 7.44] ^a	4.46 [3.49, 5.08] ^{ab}	28.77	< 0.001
DSI	-0.84 [-1.32, -0.49]	-3.36 [-3.66, -3.07] ^a	-4.43 [-4.84, -4.19] ^{ab}	27.46	< 0.001

注:^a表示与 1 分相比 $P < 0.05$; ^b表示与 2 分相比 $P < 0.05$ 。Jitter(基频微扰);Shimmer(振幅微扰);MPT(最长发音时间);DSI(嗓音障碍严重程度指数)。下同。

表 3 喉上神经功能异常组主观听感知评分相邻等级声学分析参数比较 ($M[P_{25}, P_{75}]$)

观察指标	1 分($n=8$)	2 分($n=10$)	3 分($n=13$)	H	P
F0(男, Hz)	195.26 [181.26, 206.43] ($n=5$)	213.84 [210.65, 219.45] ($n=4$)	214.56 [203.79, 223.71] ($n=5$)	2.35	> 0.05
F0(女, Hz)	211.46 [202.79, 214.18] ($n=3$)	226.49 [216.58, 228.74] ($n=6$)	195.23 [185.15, 208.75] ($n=8$)	1.77	> 0.05
Jitter (%)	1.25 [1.04, 1.56]	2.36 [2.18, 3.04]	3.16 [2.94, 3.43] ^{ab}	9.71	< 0.05
Shimmer (%)	5.49 [5.06, 6.13]	7.25 [6.89, 7.49] ^a	8.44 [8.05, 8.75] ^{ab}	8.26	< 0.05
MPT(s)	6.13 [5.64, 6.74]	5.01 [4.45, 5.57] ^a	3.25 [3.08, 3.59] ^{ab}	9.51	< 0.05
DSI	-2.55 [-3.04, -2.15]	-4.30 [-4.45, -4.15] ^a	-5.04 [-5.38, -4.29] ^{ab}	8.74	< 0.05

注:数值代表中位数(四分位数);^a表示与 1 分相比 $P < 0.05$; ^b表示与 2 分相比 $P < 0.05$ 。

2.3 LEMG 募集相转折数与声学评估相关性分析

VFP 患者患侧各喉内肌 LEMG 募集相转折数与声学分析参数 MPT、DSI 均呈正相关(P 均 < 0.05),其中 TA 和 PCA 与 MPT 的相关性较高;与 Jitter、Shimmer 呈负相关(P 均 < 0.05),其中 CT 与 Jitter 相关性最强;F0 在不同性别患者中募集相转折数无相关性(均 $P > 0.05$)。具体数据见表 4。

3 讨论

VFP 是由于支配喉部肌肉的运动神经传导受损所致。目前对于 VFP 的综合评估方法包括电子纤维喉镜、主客观声学评估以及 LEMG,其中 LEMG 为诊断 VFP 的金标准^[1]。由于 LEMG 的有创性,目前还未普及,且现有研究多集中在 VFP 的定性诊断^[2],对 LEMG 的定量研究较少。通过计算患者喉内肌最大负荷下募集相转折数,可用于反映募集相密度,间接反映运动单位电位发放的频率及被激活的运动单位数量,探究神经损伤对喉内肌活动的影响^[3]。本研究中,在喉返神经和喉上神经功能异常组中,健侧与患侧喉内肌的募集相转折数均存在显著差异,这说明神经损伤对喉内肌活动的影响局部且显著,这与国外学者研究相似^[4]。同时,研究结果提示喉返神经功能异常组的嗓音参数变化较喉上神经功能异常组更为显著,可能与喉返神经损伤对 TA 和 PCA 的募集能力影响更有关。这一发现为进一步分类评估 VFP 提供了依据。

单侧 VFP 患者由于患侧声带失去神经支配,导致肌张力丧失以及声门闭合不全等,引起部分声学参数改变。欧洲喉科学会建议采用 F0、Jitter 以及 Shimmer 作为嗓音分析的有效参数^[5],本研究也对 VFP 患者 F0、Jitter、Shimmer、MPT 以及 DSI 进行分析。F0 是声带振动频率的直接反映,本研究发现,VFP 患者的 F0 变化在主观听感知评分不同等级之间差异性不明显。具体而言,男性($P > 0.05$)和女性($P > 0.05$)组的 F0 在不同评分等级之间无显著差异。这表明,性别对 VFP 患者的基频变化影响较

小。这可能与 F0 的生理生成机制有关:F0 主要由声带张力和长度决定,而 VFP 对单次振动周期的影响较小,因此对这些生理特征的影响较为有限。尽管正常男性和女性的基频值存在差异,但在 VFP 患者中,基频变化未能在不同评分等级之间形成显著差异,进一步提示 F0 对 VFP 的敏感性较低^[6]。Jitter 及 Shimmer 显示声学信号中振动周期期间频率及强度的差异,通常用以量化嗓音稳定性。本研究显示,随着主观听感知评分的增加,患者的 Jitter 和 Shimmer 均显著升高,提示 VFP 对声带振动的一致性和稳定性造成了明显损害。这可能与神经肌肉传导功能异常导致的声带运动单位募集不足有关,从而使声带振动不均匀,出现周期性的波动。MPT 可以评估 VFP 患者声门闭合功能,VFP 患者均出现不同程度的声门闭合不全,所以必然导致 MPT 不同程度下降。本研究中,VFP 患者的 MPT 显著缩短,且随着主观评分的进一步降低,这也与 Richardson 等^[7]研究结果相似。VFP 导致声门闭合不全,发声时气流泄漏增加,从而显著降低发声效率。此外,健侧声带在发声时因承受较大的张力更易疲劳,这可能也是声时下降的原因。DSI 综合了 MPT、Jitter 和低强度发声等多个指标,能够全面反映患者嗓音障碍的严重程度。本研究结果表明,DSI 随着评分的增加而显著降低,这与患者嗓音质量下降的主观感受一致。DSI 的计算基于多项声学参数,其显著变化体现了 VFP 患者在嗓音频率范围、发声时间和振动一致性等方面的全面损害^[8]。

本研究分析了 VFP 患者 LEMG 募集相转折数与其嗓音声学分析参数之间的相关性,募集相转折数可对喉内肌神经支配及肌肉活动进行量化分析,声学分析是一种客观的、定量的、可重复的语音质量评估方法。本研究显示,LEMG 募集相转折数与 Jitter 和 Shimmer 呈负相关,这表明神经肌肉募集能力的下降直接导致声带振动的一致性和稳定性受到破坏。LEMG 募集相转折数较低的患者,其声带振动控制能力更差,嗓音质量受损更为严重。募集相转折数与 MPT 呈正相关,募集相转折数越低,发声时

表 4 VFP 患者患侧喉内肌 LEMG 募集相转折数与声学评估相关性

观察指标	F0(男)		F0(女)		Jitter		Shimmer		MPT		DSI	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
CT 转折数	0.165	>0.05	0.185	>0.05	-0.550	<0.05	-0.582	<0.05	0.516	<0.05	0.478	<0.05
TA 转折数	0.215	>0.05	0.225	>0.05	-0.425	<0.05	-0.436	<0.05	0.623	<0.05	0.542	<0.05
PCA 转折数	0.232	>0.05	0.136	>0.05	-0.379	<0.05	-0.519	<0.05	0.657	<0.05	0.416	<0.05

注:VFP(声带麻痹)。

喉内肌的协调控制能力可能越差,患者难以维持稳定的气流发声,从而表现为 MPT 显著缩短,这与国外学者的研究结果一致^[9-10]。DSI 作为综合反映嗓音障碍程度的多参数指数,与募集相转折数同样表现呈正相关,这表明募集相转折数不仅能够单独反映嗓音损伤程度,还与多维嗓音参数的变化高度一致。本研究分别探讨了 CT、TA 和 PCA 的募集相转折数与声学参数的相关性,发现 3 块喉内肌的募集相转折数均与 Jitter、Shimmer、MPT 和 DSI 显著相关,但相关程度略有差异。CT 作为调节声带张力的主要肌肉,CT 的募集相转折数与 Jitter 和 Shimmer 的相关性最高,提示其对声带振动稳定性的贡献较大,这与 Orestes 等^[11]阐述的观点一致。TA 和 PCA 主要负责声门闭合,其募集相转折数与 MPT 的相关性更强,表明其对发声气流控制的影响更为显著,这与国外学者研究结果一致^[12]。

本研究通过分析 VFP 患者的 LEMG 募集相转折数与嗓音声学参数之间的相关性,系统探讨了 LEMG 在嗓音功能评估中的应用价值。募集相转折数不仅可以作为评估 VFP 患者喉内肌功能状态的敏感指标,还能够弥补传统声学分析对声带运动和神经肌肉功能直接反映的不足,为嗓音评估提供了多维度的客观依据。二者结合使用,不仅可以实现对嗓音功能的全面评估,还为 VFP 患者的个体化治疗方案制定提供了可靠参考。尽管本研究揭示了募集相转折数与声学分析参数之间的密切相关性,但仍存在一些局限性。首先,样本量较小,尤其是喉上神经功能异常组患者,可能影响统计学稳定性。其次,本研究未探讨不同病程阶段患者募集相转折数与声学参数相关性的动态变化,未来研究可考虑加入纵向数据分析。此外,可结合动态 MRI 等影像学技术进一步验证 VFP 参数与声学功能之间的解剖学联系,从而构建更加全面的嗓音障碍评估模型。

参考文献:

- [1] Lu YA, Tsai YC, Lin WN, et al. Pathophysiological mechanisms underlying unilateral vocal fold paralysis in female patients: An ultrasonographic study[J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2023, 16(4): 395-402.
- [2] 李汝婷,刘耀风,李秋菊,等. 喉肌电图在手术后声带运动障碍中的诊断价值[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30

(6): 89-94.

- [3] Kneisz L, Volk GF, Mayr W, et al. Objectivation of laryngeal electromyography (LEMG) data: Turn number vs. qualitative analysis[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020, 277(5): 1409-1415.
- [4] Chen IHK, Remli R, Azman M, et al. Quantitative laryngeal electromyography (LEMG) in unilateral vocal fold paralysis: Developing normative values using the opposite normal mobile vocal fold[J]. Auris Nasus Larynx, 2021, 48(6): 1140-1149.
- [5] Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatrics of the European Laryngological Society (ELS)[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2001, 258(2): 77-82.
- [6] 马艳利,庄佩耘. 神经源性声带运动障碍与喉神经电生理[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2020, 26(4): 360-364.
- [7] Richardson BE, Bastian RW. Clinical evaluation of vocal fold paralysis[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2004, 37(1): 45-58.
- [8] Uloza V, Pribušis K, Ulozaite-Staniene N, et al. Accuracy analysis of the multiparametric acoustic voice indices, the VWI, AVQI, ABI, and DSI measures, in differentiating between normal and dysphonic voices[J]. Clin Med, 2023, 13(1): 99.
- [9] Bielamowicz S, Stager SV. Diagnosis of unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis: Laryngeal electromyography, subjective rating scales, acoustic and aerodynamic measures[J]. Laryngoscope, 2006, 116(3): 359-364.
- [10] Chung WL, Liu KC, Chuang HF, et al. Aerodynamic performance and neuromuscular control in patients with unilateral vocal fold paralysis[J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(12): 3124.
- [11] Orestes MI, Chhetri DK. Superior laryngeal nerve injury: Effects, clinical findings, prognosis, and management options[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2014, 22(6): 439-443.
- [12] Chhetri DK, Neubauer J, Sofer E. Influence of asymmetric recurrent laryngeal nerve stimulation on vibration, acoustics, and aerodynamics[J]. Laryngoscope, 2014, 124(11): 2544-2550.

(收稿日期:2024-12-21)

本文引用格式:赵许,皇甫辉,刘润,等. 基于喉肌电图定量分析的声带麻痹患者嗓音功能评估[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2025, 31(5): 70-74. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007-1520. 202524540

Cite this article as:ZHAO Hu, HUANGFU Hui, LIU Run, et al. Vocal function evaluation of patients with vocal fold paralysis based on quantitative analysis of laryngeal electromyography[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2025, 31(5): 70-74. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007-1520. 202524540