基于吞咽造影检查探讨脑卒中后吞咽障碍患者颏下肌群表面肌电图参数与误吸风险的相关性

李 擎[1],李 红[1],马 将[1*],陈婷婷[2],毛俐俐[3],丁皓珂[3],陶晓琳[1]

1 石家庄市人民医院,河北 石家庄 050011;
2 华北理工大学护理与康复学院,河北 唐山 063210
3 河北医科大学研究生学院,河北 石家庄 050017;
* 通信作者:马将,E-mail:majiangtutor@sina.com

收稿日期:2025-02-08;接受日期:2025-11-03
基金项目:石家庄市科技计划项目(2412008303)
DOI:10.3724/SP.J.1329.2026.04004

摘要 **目的** 基于吞咽造影检查(VFSS)探讨脑卒中后吞咽障碍患者颏下肌群表面肌电图(sEMG)参数与误吸风险的相关性。**方法** 选择2023年7月—2024年7月在石家庄市人民医院康复医学科住院治疗且符合纳入标准的脑卒中后吞咽障碍患者47例。依据Rosenbek渗透、误吸量表(PAS)对患者进行评估,PAS为1～4级纳入非误吸组,PAS为5～8级纳入误吸组,其中非误吸组15例,误吸组32例。通过VFSS动态观察患者吞咽不同质地食物(如稀流质、糊状)的过程,采用PAS评估患者误吸风险;采用sEMG对患者吞咽5 mL温水过程中双侧颏下肌群的肌电活动进行记录,以获取其表面肌电信号,比较2组健侧和患侧均方根值(RMS)、平均振幅(AEMG)及吞咽时限;采用Spearman相关性分析PAS分级与双侧颏下肌群RMS、AEMG、吞咽时限的相关性。**结果** PAS分级为1～4级的共15例,占31.91%;PAS分级为5～8级的共32例,占68.09%。与患侧颏下肌群比较,2组健侧颏下肌群的RMS、AEMG均更高($P<0.05$);2组健侧吞咽时限差异均无统计学意义($P>0.05$)。与非误吸组比较,误吸组健侧颏下肌群的RMS、AEMG均更高($P<0.05$);误吸组患侧和健侧吞咽时限均更长($P<0.05$)。PAS分级与患侧颏下肌群RMS呈负相关($r_s=-0.303$,$P=0.039$);与患侧和健侧颏下肌群的吞咽时限($r_s=0.625$,$P<0.001$;$r_s=0.661$,$P<0.001$)均呈正相关。**结论** 脑卒中后吞咽障碍患者患侧和健侧颏下肌群sEMG参数有一定差异,其中误吸组健侧颏下肌群的代偿作用更为显著;误吸风险与患侧颏下肌群RMS呈负相关,与患侧和健侧颏下肌群的吞咽时限呈正相关。

关键词 脑卒中;吞咽障碍;误吸风险;表面肌电图;颏下肌群

吞咽障碍是脑卒中后常见并发症,研究发现,脑卒中患者入院时吞咽功能障碍的发生率为45.1%,3个月随访时的患病率为42.1%[1]。误吸是卒中后吞咽障碍患者最常见且最为危险的并发症,其发生率高达52%[2]。因此,对于可能存在误吸风险的患者进行早期识别和干预,对降低死亡风险具有重要意义。由于误吸的临床表现隐蔽,常规检查往往难以检出,标准化的筛查和评估方法仍处于探索阶段。临床医生通常依靠患者的临床症状来判断是否存在误吸的风险,这种方法依赖医生的经验,并且对早期误吸的发现可能存在一定的局限性。吞咽造影检查(videofluoroscopic swallowing study,VFSS)被称为吞咽障碍评估的"金标准",VFSS通过动态观察吞咽过程,为脑卒中后吞咽障碍与误吸的诊断提

引用格式:李擎,李红,马将,等. 基于吞咽造影检查探讨脑卒中后吞咽障碍患者颏下肌群表面肌电图参数与误吸风险的相关性[J]. 康复学报,2026,36(4):245-251,259.
LI Q,LI H,MA J,et al. A study on the parameters of submental muscles surface electromyography and their correlation with aspiration risk in patients with post-stroke dysphagia based on videofluoroscopic swallowing study [J]. Rehabil Med,2026,36(4):245-251,259.
DOI:10.3724/SP.J.1329.2026.04004

©《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

供了准确和直观的依据[3]。VFSS的主要优势在于能够直观地观察吞咽动作的机械过程以及可能发生误吸的区域。因此，VFSS在临床诊断中具有重要价值。然而，这种检查方法在评估吞咽肌肉活动的细节方面存在一定局限性，因为其主要聚焦于吞咽的动态影像，所以难以全面监测肌肉的电生理活动。此外，VFSS不仅依赖专用设备与专业人员操作，还涉及电离辐射暴露，这可能对部分患者造成潜在风险；同时，该检查对体位配合度要求较高，限制了其在体位配合困难的卧床患者中的应用[4-5]。

表面肌电图（surface electromyography，sEMG）作为一种非侵入性的检查，与目前筛查误吸的方式相比有诸多优势。在早期筛查和评估方面，sEMG能够提供实时、动态的肌肉活动数据来反映吞咽肌群的协调性和力量，为临床实践提供了客观的数据支持，并且其在吞咽功能的评估中具有良好的信度[6-7]。与VFSS相比，sEMG可以对吞咽肌肉活动进行精确监测，提供与这些运动相关的肌肉活动的电生理数据[8]。sEMG具有无创、可重复、实时监测等特点，有助于早期发现吞咽障碍，特别是在卧床或无法耐受辐射的患者群体中，为临床干预提供客观依据[9]。颏下肌群是咽期吞咽过程中关键的肌肉群，通过协调收缩和放松，能够有效关闭喉部并打开食道，从而防止食物和液体误入气管，确保吞咽过程的顺利进行。该肌群的收缩强度、持续时间和协调性与渗漏误吸的发生密切关联[10]。VAIMAN等[11]通过分析440例健康成年人在吞咽和饮水过程中的肌肉活动幅度，发现颏下肌群的表面肌电活动幅度显著高于咬肌和甲状舌骨肌群，说明其在吞咽过程中发挥重要作用。UMAY等[12]对87例老年人进行了临床、内镜、电生理和超声评估，发现颏下肌群在吞咽困难的诊断中灵敏度最高。因此，研究误吸患者颏下肌群的表面肌电信号，对于深入理解误吸的发病机制、开发新的诊断与治疗手段可能具有重要的意义。

目前，国内外关于误吸患者颏下肌群sEMG参数的研究仍较为匮乏。本研究基于VFSS检查结果，对脑卒中后误吸患者与非误吸患者的双侧颏下肌群sEMG参数进行了对比分析，并探讨这些参数与误吸风险之间的关系，旨在为临床评估与治疗提供更加科学的依据。

1　临床资料

1.1　病例选择标准

1.1.1　诊断标准　符合《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》[13]中关于脑卒中的诊断标准。

1.1.2　纳入标准　① 临床诊断为首次发病，年龄为35～75岁，病灶为单侧；② VFSS确诊为吞咽功能障碍；③ 入院时意识清醒，生命体征平稳，14 d≤病程≤6个月。

1.1.3　排除标准　① 其他非脑卒中性疾病导致的吞咽障碍，如颅脑外伤、帕金森病等；② 肥胖、严重认知功能障碍、严重的失语症、沟通障碍、无法配合评定和治疗者；③ 具有吞咽功能异常的既往病史，或使用过影响吞咽能力的药物。

1.2　一般资料

本研究为一项探索性研究。本研究采用G*Power 3.1软件进行样本量计算，以健侧颏下肌群的均方根值（root mean square，RMS）为主要指标，根据预试验结果，计算效应量为1.62。设定$\alpha=0.05$（双尾），检验效能$(1-\beta)=0.95$，计算所得所需总样本量为39例。考虑10%的脱落率，本研究实际纳入47例。选择2023年7月—2024年7月在石家庄市人民医院康复医学科住院治疗且符合上述纳入标准的脑卒中后吞咽障碍患者47例。依据Rosenbek渗透-误吸量表（Penetration-Aspiration Scale，PAS）对患者进行评估，PAS为1～4级纳入非误吸组，PAS为5～8级纳入误吸组，其中非误吸组15例，误吸组32例。2组一般资料比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。见表1。本研究经石家庄市人民医院伦理委员会审批通过（院科伦审[2023]第110号），并由患者或其家属签署知情同意书，同时获取中国临床试验注册（注册号：ChiCTR2400081740）。

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/	病程/	脑卒中类型		脑卒中部位			偏瘫侧	
		男	女	（$\bar{x}\pm s$，岁）	[$M(P_{25},P_{75})$，d]	脑梗死	脑出血	皮质	皮质下	混合	左	右
非误吸组	15	9	6	57.60±10.01	18.00(14,60)	9	6	3	8	4	7	8
误吸组	32	23	9	57.13±10.18	30.00(16,60)	19	13	6	16	10	18	14

2　方　法

2.1　观察指标

2.1.1　误吸风险评估　采用PAS评估患者在VFSS过程中对食物或液体的反应,从而评估患者误吸风险[14-15]。在X线透视下,针对口、咽、喉、食管的吞咽运动进行造影检查,嘱患者吞咽4种不同性状的造影食物,分别为稀流质、浓流质、糊状食物和固体食物,并对整个过程进行详细的评估和分析[16]。所有病例的咽部X线透视录像造影图像,由1名经验丰富的放射科医师和1名康复科医师均共同进行分析。在分析结果存在分歧时,2名医师将进行深入讨论,以达成一致的结论。在误吸结果判定时,本研究主要通过动态观察吞咽5 mL稀流质造影剂进入气道的位置、患者的咳嗽清除能力,对患者的吸入程度进行评估。

PAS共分为8个等级: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;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。其中,PAS为5～8级时判定为误吸。

2.1.2　sEMG相关参数检测　使用上海诺诚有限公司MyoMove-EOW表面肌电采集系统和上海申风医疗保健用品有限公司一次性使用心电电极片(型号:915S50),采集受试者吞咽5 mL温水时两侧颏下肌群的表面肌电信号。

本实验需要在一个安静、温度适宜的环境中进行,以减少环境因素对数据采集的干扰。在测试开始前,研究人员详细向受试者解释了实验流程及注意事项,以确保受试者处于稳定且放松的状态。在进行数据采集前,首先采用75%的医用乙醇对肌电信号采集区域进行去脂,目的是降低电阻并提升皮肤与电极之间的导电路径。待乙醇挥发后,再将电极片贴附于皮肤上,并确保其与皮肤贴合无缝,防止空气隔阂,以便准确捕捉信号。记录电极(双极表面电极,直径为1 cm)分别放置在左右两侧颏下肌群的肌腹处,参考电极放置在距离每个记录电极约2 cm处,地极放置在受试者的下颌骨处[17]。

受试者需坐在舒适的靠背椅上,保持头颈部中立位固定且放松的状态。使用10 mL注射器精准控制注水量,将5 mL温水缓慢注入口腔,指导受试者先将水含在口中,直到实验操作者发出“吞咽”的指令后,才执行吞咽动作,获取此时的肌电活动图形。为了确保数据的可靠性和一致性,每名受试者均为饭前进行测量,并重复以上测量步骤3次,取其平均值进行统计分析。每次测量之间,允许患者稍作放松30 s,避免受肌肉疲劳影响。如受试者吞咽过程中出现呛咳,则需等患者恢复平静后,重新采集数据。sEMG采样频率为2 048 Hz,带通滤波为10～500 Hz。使用MyoMove-EMG信号分析软件对数据进行处理,分析并记录其双侧颏下肌群的RMS、平均振幅(average electromyogram,AEMG)、吞咽时限。

2.1.2.1　肌肉激活程度评估　采用RMS评估肌肉活动状态,RMS指一段时间内瞬间肌电振幅平方平均后的平方根,在时间维度上实时反映肌肉的活动状态,是时域分析中最可靠的参数之一,RMS值越高,通常代表肌肉激活程度越高[18-19]。

2.1.2.2　肌肉收缩程度评估　采用AEMG评估肌肉收缩程度,AEMG与不同肌肉负荷强度条件下的中枢控制功能有关,肌肉收缩越强烈肌电图上记录的振幅越大[20]。

2.1.2.3　吞咽效率及神经肌肉协调性评估　采用吞咽时限判断吞咽效率及神经肌肉协调性。吞咽时限是指在一次吞咽过程中,肌电信号从基线明显上升到恢复至基线水平所需的时间。吞咽时限延长提示喉保护机制受损、神经肌肉协调性下降。

2.2　统计学方法

本研究使用SPSS 25.0进行统计学分析。计数资料以频数表示,组间比较采用χ^2检验。计量资料若符合正态分布,以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本t检验,组内比较采用配对样本t检验;若不符合正态分布,以$M(P_{25},P_{75})$表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验,组内比较采用Wilcoxon符号秩检验。采用Spearman相关性分析PAS分级与双侧颏下肌群RMS、AEMG、吞咽时限的相关性。$P<0.05$为差异具有统计学意义。

3　结　果

3.1　PAS不同等级人数占比

本研究共纳入47例脑卒中后吞咽障碍患者,结果显示,PAS分级为1～4级的共15例,占31.91%;PAS分级为5～8级的共32例,占68.09%。见表2。

表2 PAS不同等级人数占比

Table 2 Proportion of subjects in different PAS grades

PAS等级	例数	百分比/%
1级	0	0.00
2级	1	2.13
3级	7	14.89
4级	7	14.89
5级	12	25.53
6级	4	8.51
7级	4	8.51
8级	12	25.53

3.2 2组RMS、AEMG和吞咽时限比较

与患侧颏下肌群比较，2组健侧颏下肌群的RMS、AEMG均更高（$P<0.05$）；2组健侧吞咽时限差异均无统计学意义（$P>0.05$）。

与非误吸组比较，误吸组健侧颏下肌群的RMS、AEMG均更高（$P<0.05$）；误吸组患侧和健侧吞咽时限均更长（$P<0.05$）。见表3。

3.3 PAS分级与双侧颏下肌群sEMG参数的相关性

PAS分级与患侧颏下肌群RMS呈负相关（$r_s=-0.303$，$P=0.039$）；与患侧和健侧颏下肌群的吞咽时限（$r_s=0.625$，$P<0.001$；$r_s=0.661$，$P<0.001$）均呈正相关。见表4。

表3 2组RMS、AEMG、吞咽时限比较（$\bar{x}\pm s$）

Table 3 Comparison of RMS, AEMG, and swallowing time between two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	RMS/μV		AEMG/μV		吞咽时限/s	
		患侧	健侧	患侧	健侧	患侧	健侧
非误吸组	15	25.18±4.92	27.85±6.13[1)]	21.03±4.00	23.39±4.68[1)]	2.09±0.18	2.06±0.17
误吸组	32	25.30±6.14	37.84±8.42[1)2)]	19.89±5.02	30.00±5.97[1)2)]	2.33±0.25[2)]	2.31±0.24[2)]

注：与患侧颏下肌群比较，1）$P<0.05$；与非误吸组比较，2）$P<0.05$。

Note: compared with the affected side mentalis muscle group, 1) $P<0.05$; compared with the non-aspiration group, 2) $P<0.05$.

表4 PAS分级与双侧颏下肌群sEMG参数的相关性

Table 4 Correlation between bilateral mentalis muscle electromyography values and PAS classification

	RMS		AEMG		吞咽时限	
	患侧	健侧	患侧	健侧	患侧	健侧
r_s值	−0.303	0.177	−0.265	0.237	0.625	0.661
P值	0.039	0.235	0.072	0.109	<0.001	<0.001

4 讨 论

在脑卒中后吞咽障碍管理中，经口摄食前的误吸风险筛查已被列为保障患者吞咽安全的核心临床实践[21]。尽早做误吸筛查不仅能有效预防误吸引发的并发症，还能帮助患者安全地恢复经口营养摄入，减少鼻饲管过度使用[22-23]。然而，现行筛查体系多依赖主观症状评估或影像学检查（如VFSS），存在操作复杂、辐射暴露等局限。相比之下，sEMG具有操作简便、易于实施的优点，可以丰富临床上对于误吸患者的筛查手段。本研究综合分析了误吸患者双侧颏下肌群的sEMG参数特征，为临床早期识别和干预误吸提供了新的思路和依据。

有研究表明，在正常情况下，两侧颏下肌群在吞咽时的活动是对称的[24]。刘邦亮等[25]通过30 s反复唾液吞咽试验记录了舌骨上肌群的表面肌电信号，结果显示，吞咽功能障碍患者健侧的sEMG参数（AEMG、峰值、波形面积）显著高于患侧，而吞咽正常患者的患侧和健侧之间sEMG参数差异无统计学意义。本研究结果显示，2组健侧肌肉活动明显高于患侧，这一发现与既往研究的结论一致。这可能是由于脑卒中引发的运动神经元损伤，导致大脑一侧的运动控制功能受损。损伤使得患侧肌群的张力和力量下降，影响吞咽过程中的肌肉协调性与效率。同时，健侧未受损伤，能够维持正常的肌肉活动，甚至通过大脑的补偿机制承担更多的运动控制任务，从而表现出较高的肌电信号[26]。

误吸是指口腔或胃部内容物（如食物、液体或其他物质）在吞咽过程中意外进入气道，即进入声门以下的气管部分[14]。颏下肌群的肌电活动参数反映了舌骨和喉部上抬的难易程度，进而揭示了舌骨上抬动作的力量和控制难度[27]。舌骨运动在吞咽过程中至关重要，负责将食物推向咽部并关闭气道。KIM等[28]研究发现，约57.8%的误吸患者表现出舌骨运动和会厌旋转顺序的异常，这与吞咽协调性紊乱密切相关，该研究结果表明，舌骨的水平运动是影响误吸发生时机及吞咽协调性的关键因素。脑卒中引起的颏下肌群功能障碍会限制舌骨运动，导致咽部空间狭窄，使得食物或液体难以顺利进入食管，喉部上抬不足，影响会厌有效覆盖气道，进而

损害气道的保护功能[29-31]。WANG等[32]通过sEMG分析双侧颏下肌群肌电信号相关性,并将其转化为失调指数,以评估双侧吞咽肌肉群的协调性。该研究结果表明,吞咽障碍患者的颏下肌群失调指数明显高于健康成人,提示患者在肌肉协调性方面存在显著的障碍。

本研究发现,误吸组健侧颏下肌群的RMS和AEMG明显高于非误吸组,这表明误吸患者健侧颏下肌群在吞咽时需要更多的运动单位以补偿患侧肌肉的无力。为了代偿患侧肌肉的不足,健侧肌肉需要更强的收缩,从而导致健侧颏下肌群的RMS和AEMG升高,影响颏下肌群的协调性[24-25,32-33]。由于误吸患者健侧肌电幅值较非误吸患者更高,且两侧肌群的协同作用较差,所以更容易发生误吸。因此,双侧颏下肌群的肌电幅值可能为临床评估误吸风险提供有价值的参考。但本研究结果显示,与非误吸组比较,误吸组健侧颏下肌群的RMS、AEMG更高;与非误吸组比较,误吸组患侧颏下肌群的RMS和AEMG差异均无统计学意义。这可能与卒中后患侧肌肉损伤、健侧肌肉代偿过度有关,导致sEMG对健侧肌肉活动的敏感性更高[34]。因此,在监测吞咽功能时,重点观察健侧肌肉的活动可能对识别误吸风险具有重要意义。这一发现为临床实践提供了新的视角,有助于提高吞咽障碍的诊断准确性和效率。

吞咽时限反映了肌肉收缩的速度以及舌骨和喉部上抬的持续时间,通过这2个动作的持续时间,可以间接评估呼吸道闭合的程度[27]。本研究发现,误吸患者双侧颏下肌群的吞咽时限比非误吸患者更长,这可能是因为卒中导致大脑控制吞咽反射的区域受损,从而延缓信号从大脑到颏下肌群的传递,使得咽喉结构的运动迟缓,进而导致吞咽时间延长[29,35]。肖灵君等[36]也发现吞咽障碍患者吞咽时限较健康受试者延长,信号幅度也较低,这可能与吞咽相关肌肉力量减弱、吞咽协调性下降有关。正常吞咽时,舌骨和喉部的上抬动作有助于关闭气道,防止食物或液体进入气管。如果吞咽时间过长,喉部的闭合动作可能不够及时或完全,导致食物或液体误入气道。吞咽时间延长往往意味着吞咽动作的协调性和速度受到了影响,导致气道保护机制未能及时生效,从而增加误吸的风险。相关性分析的结果进一步支持了这一发现。结果显示,误吸风险与吞咽时限呈较强正相关,表明吞咽时限延长可能与误吸风险增加相关。这提示我们,在临床工作中应更多关注这一指标。可能原因是患者在吞咽过程中出现肌肉疲劳或协调性差,导致吞咽时间延长,从而增加误吸风险。

本研究中,PAS分级与患侧颏下肌群RMS呈弱负相关,表明该肌群神经肌肉功能减弱可能影响吞咽安全。RMS值下降提示颏下肌群运动单元募集与同步化不足,导致喉上抬力弱、喉闭合不全,从而升高误吸风险,表现为PAS分级增高。然而,弱相关也提示除肌群收缩外,也有其他因素共同参与误吸机制,未来需扩大样本进一步验证。此外,GIANNANTONI等[37]分析了吞咽时肌电活动的持续时间、幅度等参数,发现吞咽障碍患者的肌电图活动持续时间更长,幅度略低。王慧灵等[38]对48例缺血性脑卒中后吞咽障碍患者进行sEMG和VFSS检查,观察到sEMG振幅与吞咽功能呈正相关,这一发现与本研究的结果相吻合,进一步验证了吞咽时肌肉电活动与吞咽功能之间的紧密联系。

本次研究仍存在一些局限性:① 本研究样本量有限且分组不均衡,可能对组间比较的统计效力产生一定影响,未来的研究需要在更大、更平衡的样本中进一步验证本研究的发现。② 本研究仅分析了受试者在吞咽5 mL温水时颏下肌群的肌电特征,今后的研究应考虑不同食物的吞咽情况,并进一步探索咬肌、舌骨下肌群等其他吞咽相关肌群的肌电信号,以期更全面地揭示误吸现象与吞咽肌群表面肌电信号之间的关系。③ 尽管本研究显示颏下肌群的肌电信号与误吸风险有关,但误吸的发生是多因素作用的结果,包括咽部感觉减退、呼吸-吞咽协调性紊乱等。未来研究需结合咽部压力监测等多模态指标,以更全面地探讨误吸机制。

5　结　论

综上所述,本研究创新性地将sEMG技术应用于误吸患者的吞咽功能分析,通过对比分析误吸患者患侧、健侧颏下肌群sEMG的RMS、AEMG以及吞咽时限特征,发现误吸患者的表面肌电信号与非误吸患者比较具有明显差异,且肌电信号与误吸风险密切相关。因此,本研究认为,分析双侧颏下肌群的表面肌电信号在临床误吸风险识别中具有潜在的应用价值,可作为VFSS等影像学评估的有效辅助工具。与以往主要关注单侧肌群的研究不同,双侧对比分析为理解误吸发生的机制提供了更为全

面的视角。此外，表面肌电信号可以进行多次测量，实时监测患者的治疗效果，为误吸的早期识别和及时干预开辟了新的途径，并且本研究以VFSS作为参照标准，确保了肌电信号分析结果的可靠性和准确性。

参考文献

[1] ARREOLA V, VILARDELL N, ORTEGA O, et al. Natural history of swallow function during the three-month period after stroke [J]. Geriatrics, 2019, 4(3): 42.

[2] MARTINO R, FOLEY N, BHOGAL S, et al. Dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and pulmonary complications [J]. Stroke, 2005, 36(12): 2756-2763.

[3] 窦祖林. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 2版. 北京：人民卫生出版社，2017：138-666.
DOU Z L. Assessment and treatment of dysphagia [M]. 2nd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017: 138-666.

[4] VAIMAN M. Standardization of surface electromyography utilized to evaluate patients with dysphagia [J]. Head Face Med, 2007, 3: 26.

[5] VAIMAN M, EVIATAR E. Surface electromyography as a screening method for evaluation of dysphagia and odynophagia [J]. Head Face Med, 2009, 5: 9.

[6] SAKAI K, NAKAYAMA E, ROGUS-PULIA N, et al. Submental muscle activity and its role in diagnosing sarcopenic dysphagia [J]. Clin Interv Aging, 2020, 15: 1991-1999.

[7] 肖灵君，薛晶晶，燕铁斌，等. 表面肌电图在吞咽功能评估中的信度研究[J]. 中国康复医学杂志，2014，29(12)：1155-1158.
XIAO L J, XUE J J, YAN T B, et al. Reliability of surface electromyography in evaluation of swallowing function [J]. Chin J Rehabil Med, 2014, 29(12): 1155-1158.

[8] 赵博伦，周兰姝. 基于表面肌电技术的脑卒中吞咽障碍评估研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志，2021，43(7)：655-659.
ZHAO B L, ZHOU L S. Research progress on evaluation of dysphagia after stroke based on surface electromyography [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2021, 43(7): 655-659.

[9] CHANG W H, CHEN M H, LIU J F, et al. Surface electromyography for evaluating the effect of aging on the coordination of swallowing muscles [J]. Dysphagia, 2023, 38(5): 1430-1439.

[10] OMARI T I, JONES C A, HAMMER M J, et al. Predicting the activation states of the muscles governing upper esophageal sphincter relaxation and opening [J]. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol, 2016, 310(6): G359-G366.

[11] VAIMAN M, EVIATAR E, SEGAL S. Surface electromyographic studies of swallowing in normal subjects: a review of 440 adults. Report 1. Quantitative data: timing measures [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2004, 131(4): 548-555.

[12] UMAY E, AKALTUN M S, UZ C. Association between swallowing muscle mass and dysphagia in older adults: a case-control study [J]. J Oral Rehabil, 2023, 50(6): 429-439.

[13] 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, Cerebrovascular Disease Group of Chinese Society of Neurology. Diagnostic criteria of cerebrovascular diseases in China (version 2019) [J]. Chin J Neurol, 2019, 52(9): 710-715.

[14] BORDERS J C, BRATES D. Use of the penetration-aspiration scale in dysphagia research: a systematic review [J]. Dysphagia, 2020, 35(4): 583-597.

[15] ROSENBEK J C, ROBBINS J A, ROECKER E B, et al. A penetration-aspiration scale[J]. Dysphagia, 1996, 11(2): 93-98.

[16] KAHRILAS P J, LIN S, RADEMAKER A W, et al. Impaired deglutitive airway protection: a videofluoroscopic analysis of severity and mechanism [J]. Gastroenterology, 1997, 113(5): 1457-1464.

[17] 刘邦亮. 表面肌电图在单侧脑卒中患者30秒反复唾液吞咽试验中的比较研究[D]. 南昌：南昌大学，2018：4-25.
LIU B L. Comparative study of surface electromyography in 30-second repeated saliva swallowing test in patients with unilateral stroke [D]. Nanchang: Nanchang University, 2018: 4-25.

[18] ONISHI H, YAGI R, AKASAKA K, et al. Relationship between EMG signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2000, 10(1): 59-67.

[19] 李芳，安丙辰，郑洁皎. 表面肌电图在脑卒中患者手神经肌肉功能评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践，2015，31(3)：280-283.
LI F, AN B C, ZHENG J J. Evaluating hand neural-muscle function after stroke with surface electromyography (review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2015, 31(3): 280-283.

[20] 郑洁皎，胡佑红，俞卓伟. 表面肌电图在神经肌肉功能评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践，2007，13(8)：741-742.
ZHENG J J, HU Y H, YU Z W. Application of surface electromyography in the estimate of neural-muscle function (review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2007, 13(8): 741-742.

[21] BRAY B D, SMITH C J, CLOUD G C, et al. The association between delays in screening for and assessing dysphagia after acute stroke, and the risk of stroke-associated pneumonia [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2017, 88(1): 25-30.

[22] DANIELS S K, ANDERSON J A, WILLSON P C. Valid items for screening dysphagia risk in patients with stroke: a systematic review [J]. Stroke, 2012, 43(3): 892-897.

[23] ANDERSON J A, PATHAK S, ROSENBEK J C, et al. Rapid aspiration screening for suspected stroke: part 2: initial and sustained nurse accuracy and reliability [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2016, 97(9): 1449-1455.

[24] 郭钢花，李晓丽，李哲，等. 单侧脑干卒中后吞咽障碍患者双侧颏下肌群表面肌电分析[J]. 中华物理医学与康复杂志，2016，38(7)：497-500.
GUO G H, LI X L, LI Z, et al. Surface electromyographic characteristics of the bilateral submental muscles in dysphagia secondary

to uni-lateral brainstem stroke [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2016,38(7):497-500.

[25] 刘邦亮,王根发,朱美兰,等. 表面肌电图在单侧脑卒中患者30 s反复唾液吞咽试验中的比较研究[J]. 中国康复医学杂志,2018,33(7):822-827.
LIU B L,WANG G F,ZHU M L,et al. A comparative study on 30 s repeated swallowing saliva test with surface electromyography in unilateral stroke patients [J]. Chin J Rehabil Med,2018,33(7):822-827.

[26] 徐涵,吴霜. 卒中后吞咽神经功能代偿与重塑的机制研究进展[J]. 中国康复,2020,35(4):212-216.
XU H,WU S. Research progress on the mechanism of compensation and remodeling of swallowing nerve function after stroke [J]. Chin J Rehabil,2020,35(4):212-216.

[27] 唐安丽. 脑卒中后吞咽障碍患者颏下肌群功能和舌骨运动的特征研究[D]. 广州:南方医科大学,2022:17-47.
TANG A L. Characteristics of submental muscles function and hyoid bone movement in patients with dysphagia after stroke [D]. Guangzhou:Southern Medical University,2022:17-47.

[28] KIM Y H,HAN T R,NAM H S,et al. Temporal characteristics of laryngeal penetration and aspiration in stroke patients [J]. Neurorehabilitation,2019,44(2):231-238.

[29] SEO H G,OH B M,HAN T R. Swallowing kinematics and factors associated with laryngeal penetration and aspiration in stroke survivors with dysphagia [J]. Dysphagia,2016,31(2):160-168.

[30] ISHIDA R,PALMER J B,HIIEMAE K M. Hyoid motion during swallowing:factors affecting forward and upward displacement [J]. Dysphagia,2002,17(4):262-272.

[31] INAMOTO Y,FUJII N,SAITOH E,et al. Evaluation of swallowing using 320-detector-row multislice CT. part Ⅱ:kinematic analysis of laryngeal closure during normal swallowing [J]. Dysphagia,2011,26(3):209-217.

[32] WANG Y C,CHOU W,LIN B S,et al. The use of surface electromyography in dysphagia evaluation [J]. Technol Health Care,2017,25(5):1025-1028.

[33] DIAZ K,STEGEMÖLLER E E L. Electromyographic measures of asymmetric muscle control of swallowing in Parkinson's disease [J]. PLoS One,2022,17(2):e0262424.

[34] CRARY M A,BALDWIN B O. Surface electromyographic characteristics of swallowing in dysphagia secondary to brainstem stroke [J]. Dysphagia,1997,12(4):180-187.

[35] KIM J M,PARK J E,BAEK S J,et al. Quantitative analysis of temporal parameters correlated with aspiration and lesion location in stroke patients [J]. Dysphagia,2023,38(6):1487-1496.

[36] 肖灵君,薛晶晶,燕铁斌,等. 脑卒中后吞咽障碍患者颏下肌群的表面肌电信号特征分析[J]. 中华医学杂志,2013,93(23):1801-1805.
XIAO L J,XUE J J,YAN T B,et al. Surface electromyographic activities of submental muscles among stroke patients with dysphagia [J]. Natl Med J China,2013,93(23):1801-1805.

[37] GIANNANTONI N M,MINISCI M,BRUNETTI V,et al. Valutazione dell'attività muscolare faringea attraverso elettromiografia di superficie nasofaringea in pazienti disfagici affetti da ictus ischemico acuto "," Evaluation of pharyngeal muscle activity through nasopharyngeal surface electromyography in a cohort of dysphagic patients with acute ischaemic stroke [J]. Acta Otorhinolaryngol Ital,2016,36(4):295-299.

[38] 王慧灵,冯晓东,李瑞青,等. 表面肌电图在环咽肌失弛缓患者吞咽障碍评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践,2020,26(11):1275-1279.
WANG H L,FENG X D,LI R Q,et al. Application of surface electromyography in assessment of dysphagia after cricopharyngeal achalasia [J]. Chin J Rehabil Theory Pract,2020,26(11):1275-1279.

(下转第259页)