

吞咽造影同步咽腔测压评估脑干损伤后吞咽障碍

于帆 窦祖林 陈文华 兰月 林拓 卫小梅

【摘要】 目的 使用吞咽造影同步咽腔测压(MFG)评估脑干损伤后吞咽障碍患者的吞咽功能,分析异常的运动学与生物力学参数以及舌骨位移与咽腔、上食管括约肌(UES)压力之间的关系。**方法** 对脑干损伤后吞咽障碍患者(病例组)13例与健康志愿者(对照组)13例分别进行MFG检查,对比两组吞咽时的运动学与生物力学参数,分析两组运动学与生物力学参数之间的关系。**结果** 病例组舌根与下咽部的压力峰值、压力上升速率、舌骨向前位移低于对照组,病例组UES的最大开放幅度、开放后压力峰值、开放持续时间低于对照组。病例组舌根部与下咽部的收缩持续时间、UES松弛残余压高于对照组。对照组舌骨向前位移与UES松弛残余压成负相关;病例组舌骨向前位移分别与舌根部压力峰值、下咽部压力峰值成正相关。**结论** MFG可以同时使用吞咽造影和高分辨率咽腔测压评估吞咽功能,可作为临床一种精确、全面的定量评估吞咽功能的方法。

【关键词】 吞咽障碍; 吞咽造影; 同步咽腔测压; 高分辨率测压

Applying manofluorography in the evaluation of dysphagia after brainstem injury Yu Fan*, Dou Zulin, Chen Wenhua, Lan Yue, Lin Tuo, Wei Xiaomei. * Department of Rehabilitation Medicine, Shanghai General Hospital, Shanghai 200080, China

Corresponding author: Dou Zulin, Email: douzul@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the swallowing function of patients with dysphagia after brainstem injury using manofluorography (MFG), analyzing the abnormal biomechanical and kinematic parameters as well as any correlation between changes in the pharynx and the upper esophageal sphincter (UES) measured manometrically and changes in the kinematics of the hyoid bone. **Methods** Thirteen patients with dysphagia after brainstem injury (the patient group) and 13 healthy participants (the control group) underwent manofluorography. Kinematics and biomechanical changes during swallowing were compared between the two groups and the correlations between the observations were analyzed. **Results** The patient group showed significantly lower maximum pressure and rate of pressure change at the base of the tongue and in the hypopharynx, as well as less hyoid anterior displacement, smaller and briefer UES opening, but significantly higher minimum pressure at UES relaxation. The duration of tongue root elevation and hypopharynx pressure was also shorter than in the control group, on average. There was a negative correlation between hyoid anterior displacement and the minimum pressure on UES relaxation in the control group, and a positive correlation between hyoid anterior displacement and the maximum pressure at the base of the tongue and in the hypopharynx in the patient group. **Conclusions** The concurrent use of manometry and video-fluorography for evaluating dysphagia can be an objective and effective diagnostic tool for the comprehensive evaluation of swallowing function.

【Key words】 Dysphagia; Swallowing video fluoroscopy; Manofluorography; High-resolution manometry

吞咽障碍是临床常见症状,是由于下颌、双唇、舌、软腭、咽喉、食管括约肌或食管功能受损,不能安全有效地把食物由口送到胃内取得足够营养和水分的进食困难^[1]。据流行病学调查,脑卒中后吞咽障碍的发生率为20%~70%,其中脑干病变后因环咽肌松弛障碍引起的吞咽障碍发生率为80%^[2]。目前认为,吞咽造影检查是临床最常用的仪器检查方法,高分辨率咽腔

测压是评估咽部以及食管动力学的“金标准”^[3]。

近年来,越来越多的研究^[4]开始使用吞咽造影同步咽腔测压(manofluorography, MFG)评估吞咽功能。MFG可以同时记录吞咽时的运动学和咽腔压力变化过程,观察同时变化的影像学及生物力学参数,补充吞咽造影评估的盲区^[5];MFG可以极大地提高吞咽障碍诊断的准确性,将成为临床评估吞咽功能最有效的诊断工具之一^[6]。但国内仍然缺乏使用MFG对吞咽功能的研究。本研究采用吞咽造影同步咽腔测压的方法,研究异常的运动学与生物力学参数,并分析同步变化的舌骨位移与咽腔、上食管括约肌(upper esophageal sphincter, UES)压力之间的关系。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.01.005

作者单位:200080 上海,上海市第一人民医院康复医学科(于帆、陈文华);中山大学附属第三医院康复医学科(窦祖林);广州市第一人民医院康复医学科(兰月、林拓);中山大学附属第三医院康复医学科(卫小梅)

通信作者:窦祖林,Email:douzul@163.com

对象与方法

一、研究对象及分组

病例组入选标准:①符合 2010 年制订的中国急性缺血性脑卒中诊治指南^[7]的诊断标准,且经 CT 和/或 MRI 影像学检查诊断为脑干损伤;②年龄 40~65 岁;③病程 2~12 个月;④患者均存在吞咽障碍症状,功能性经口摄食量表(functional oral intake scale, FOIS)^[8]评分 ≤ 5 分;⑤签署知情同意书。排除标准:①有脑炎等其他神经精神系统疾病;②有头颈部肿瘤术后或其他头颈部结构性病变;③合并有严重认知、言语功能障碍;④有严重的心肺肾并发症;⑤不能配合检查。选取 2012 年 5 月至 2013 年 12 月中山大学附属第三医院康复科收治且符合上述标准的脑干损伤后吞咽障碍患者 13 例作为病例组。

另选 13 例年龄等基本资料与病例组相当的健康志愿者作为对照组,入选标准:①年龄 40~65 岁;②既往健康状况好,无任何消化系统和呼吸系统疾病;③无认知功能障碍;④同意参与本研究并签署知情同意书。排除标准:①存在胸廓畸形;②有全身器质性疾病,包括心血管系统、内分泌系统疾病以及结缔组织疾病;③有精神障碍等影响消化道功能的疾病。

本研究经中山大学附属第三医院伦理委员会批准。所有受试者均接受 MFG 检查、同步记录影像与压力数据,并对数据进行分析处理。

二、实验仪器

1. 高分辨率固态测压系统:高分辨率固态测压系统 ManoScan 360(洛杉矶 Sierra Scientific 公司)。固态测压导管外径为 4.2 mm,36 个间隔为 1 cm 的传感器,灵敏度为 6000 mmHg/s,精确度为 1 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa),使用 ManoView 分析软件(洛杉矶 Sierra Scientific 公司)分析数据。

2. 吞咽造影数字化分析:吞咽造影检查使用胃肠透视 X 线机(DBA300 型,日本东芝公司)扫描,吞咽功能影像数字化采集与分析系统(中山大学附属第三医院康复科与广州卫软科技有限公司共同研发)以 30 帧/秒的速度记录吞咽过程,截取目标图像,并使用美国国立精神卫生院生产的 ImageJ 软件对目标图像进行二次分析。

三、检查步骤

首先对高分辨率固态测压管进行温度(37~38℃)校准及压力(0~300 mmHg)较准,套上清洁套膜,涂抹人体润滑剂。常温下(20~25℃)调配对比剂(60%硫酸钡混悬液)。受试者侧坐位,操作者经受试者的单侧鼻腔插入测压管,根据吞咽造影定位,使固态测压管完全进入 UES,插入深度约为 40~50 cm,并在

鼻孔处固定(见图 1)。嘱受试者平静呼吸,5 min 后进行 MFG 检查。同一个操作者使用移动鼠标同步控制 2 台仪器,同步开始采集数据。在 X 线引导下从一侧鼻腔插入测压管,经食管直至测压管全部进入 UES,插入深度约为 40~50 cm,插入测压管后受试者保持 30 s 内无吞咽动作,言语治疗师给予受试者 3 ml 对比剂,并嘱受试者一次吞完(图 2);若咽腔有残留,则在吞咽动作完成 10 s 后,主动咳嗽或清嗓以清除残留食团,重复此操作 3 次,2 次吞咽间隔 ≥ 30 s。若检查过程中受试者出现误吸,应在检查结束后及时体位排痰。



图 1 操作者经侧坐位受试者的单侧鼻腔插入测压管



图 2 同步进行吞咽造影和咽腔测压检查

四、数据分析

1. 高分辨率咽腔测压分析:根据相同时间点的吞咽造影图像(图 3)进行解剖定位,划分压力时空图的压力区域(图 4)。①舌根部压力区域——吞咽过程中,取咽腔面积最小时,平第 2 颈椎上下缘之间区域内的传感器压力区域;②咽腔压力区域——吞咽过程中,



图 3 吞咽造影图像解剖定位图

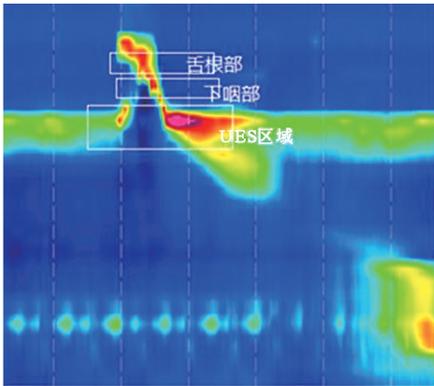


图 4 压力时空图的区域划分

取咽腔面积最小时,会厌下缘至 UES 下缘之间区域内的传感器压力区域;③UES 压力区域——静息时第 4 颈椎与第 6 颈椎之间区域内的压力传感器的数值,压力显示静息时 UES 高压带宽为 2~4 cm;吞咽过程中,食团头部到达 UES 上缘至食团尾部离开 UES 下缘的时间段中,UES 区域内的传感器压力区域。

测量各个区域内的关键压力参数:①下咽部和舌根部压力峰值——区域内的最大压力;②下咽部和舌根部压力持续时间——收缩起始点至结束点之间的时间差;③下咽部和舌根部压力上升速率——压力峰值除以压力持续时间;④UES 松弛残余压——UES 区域的压力最低值;⑤UES 松弛持续时间——UES 自静息压开始下降至 UES 开始收缩之间的时间差;⑥UES 松弛前压力峰值——UES 压力下降前最大压力值;⑦UES 松弛后压力峰值——UES 压力恢复至静息压后压力上升到最大时的压力值。

2. 吞咽造影数字化分析:采用吞咽功能影像数字化分析系统以 30 帧/s 的速率记录整个吞咽过程,截取吞咽启动时、舌骨运动至最高点、UES 最大开放时三幅目标图像(图 5)。使用 ImageJ 软件依次对图像进行旋转、校准,并参照固定的参照物将数值换算为厘米,还

原图像中器官的真实大小。

测量吞咽启动图像(图 5a)中标志点坐标(x_1, y_1)与参考点坐标(C_4, x_1, C_4, y_1);再测量舌骨运动至最高点时(图 5b)标志点坐标(x_2, y_2)与参考点坐标(C_4, x_2, C_4, y_2)将所获得的数据使用公式计算,其中 A 为舌骨参考点,B 为 C_4 参考点;测量 UES 开放最大幅度(图 5c),白色水平线表示在 $C_4 \sim C_6$ 水平 UES 开放最大时,最狭窄部分的截面宽度。

测量参数:①舌骨向上位移(hyoid vertical displace, HV)——舌骨的前下端(x, y)作为运动的标志点,第 4 颈椎前下角(C_4, x, C_4, y)作为参考点,先测吞咽启动时的坐标(x_1, y_1)和(C_4, x_1, C_4, y_1),再测舌骨运动至最高点的坐标(x_2, y_2)和(C_4, x_2, C_4, y_2),使用公式计算: $HV = (Y_2 - Y_1) - (C_4, Y_2 - C_4, Y_1)$;②舌骨向前位移(hyoid anterior displace, HA)——计算方法同 HV,计算公式为: $HA = (X_2 - X_1) - (C_4, X_2 - C_4, X_1)$;③UES 开放幅度——在第 4 颈椎与第 6 颈椎水平 UES 开放最大时,最狭窄部分的截面水平直径;④UES 开放持续时间——UES 开始开放至 UES 关闭之间的时间差;⑤舌骨运动持续时间——舌骨向上、向前的初始动作至恢复至基线时的时间差。

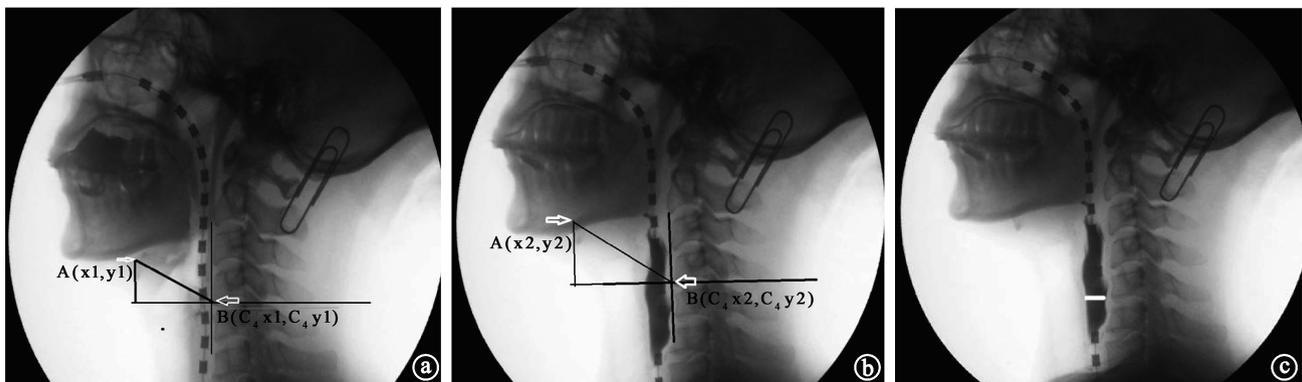
五、统计学方法

使用 SPSS 17.0 版统计软件对数据进行统计学分析处理。计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示。对照组与病例组之间的压力与运动学参数的比较使用独立样本 t 检验,使用 Spearman 相关系数分析,对计量资料进行相关性检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组间舌根部及下咽部压力参数的比较

病例组患者舌根部的压力峰值和压力上升速率以及下咽部的压力峰值和压力上升速率均较对照组明显降低,且组间差异有统计学意义($P < 0.01$);病例组患者



吞咽启动时

舌骨运动至最高点

UES 开放最大时

图 5 从吞咽启动至 UES 开放至最大的吞咽造影影像图

舌根部的压力持续时间及下咽部的压力持续时间均较对照组明显升高,组间差异亦有统计学意义($P<0.05$);详见表 1。

二、2 组间 UES 压力参数比较

病例组患者的 UES 静息压和 UES 开放前峰值与对照组比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。病例组患者的 UES 松弛残余压较对照组明显升高,UES 松弛持续时间及 UES 开放后峰值较对照组明显降低,且组间比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);病例组下咽压力峰值与 UES 松弛残余压的时间差较对照组明显延迟,差异有统计学意义($P<0.01$)。详见表 2。

三、2 组间运动学参数比较

病例组患者的舌骨向前位移、UES 开放最大幅度及 UES 开放持续时间均较对照组明显降低,组间差异有统计学意义($P<0.01$);病例组患者的舌骨向上位移较对照组减少,且舌骨运动时间较对照组延长,但差异无统计学意义($P>0.05$)。详见表 3。

四、舌骨位移与咽 UES 压力参数的相关性分析

对照组的舌骨向前位移与舌根部压力峰值、下咽部压力峰值无明显相关($P>0.05$),而与 UES 松弛残余压呈明显负相关($r=-0.741, P=0.002$);对照组舌骨向上

位移与舌根部压力峰值、下咽部压力峰值及 UES 松弛残余压均无明显相关($P>0.05$)。病例组舌骨向前位移与舌根部压力峰值呈正相关($r=0.765, P=0.002$),与下咽部压力峰值亦呈正相关($r=0.608, P=0.021$),但与 UES 松弛残余压无明显相关性($P>0.05$);病例组舌骨向上位移与下咽部压力峰值、舌根部压力峰值、UES 松弛残余压均无明显相关性($P>0.05$)。详见表 4。

讨 论

吞咽功能受脑干、大脑皮质和皮质下结构共同调控,其中位于脑干的吞咽中枢模式发生器最为重要^[9]。本研究通过对比脑干损伤后吞咽障碍患者与健康人的吞咽功能发现,脑干损伤后吞咽障碍患者舌根部与下咽部压力峰值偏低,压力上升速率下降,收缩持续时间长;UES 松弛残余压升高,UES 开放幅度下降,开放后压力峰值下降,开放持续时间缩短,并且与咽部收缩不协调;舌骨向前位移受限,并且与舌根部、下咽部压力峰值降低相关。本研究病例组可能因为脑干受损而致吞咽中枢兴奋阈值降低,神经传出冲动减少,无法募集足够咽肌肌肉纤维进行吞咽活动,故舌根、下咽收缩力以及收缩效率下降,由舌骨上肌群和甲状舌骨肌收缩

表 1 对照组与病例组咽腔压力参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	舌根部			下咽部		
		压力峰值 (mmHg)	压力持续时间 (ms)	压力上升速率 (mmHg/s)	压力峰值 (mmHg)	压力持续时间 (ms)	压力上升速率 (mmHg/s)
对照组	13	120.61±18.49	572.14±110.05	445.41±216.31	178.46±40.37	453.07±169.84	907.97±560.72
病例组	13	48.09±41.98 ^a	923.57±595.12 ^b	130.84±123.48 ^a	34.86±25.91 ^a	871.43±683.41 ^b	79.60±66.83 ^a

注:与对照组比较,^a $P<0.01$,^b $P<0.05$

表 2 对照组与病例组 UES 压力参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	UES 静息压 (mmHg)	UES 松弛残余压 (mmHg)	UES 松弛持续时间 (ms)	UES 开放前峰值 (mmHg)	UES 开放后峰值 (mmHg)	下咽压力峰值与 UES 松弛残余压时间差 (ms)
对照组	13	120.61±18.49	1.04±3.79	694.29±178.05	137.74±70.85	228.37±118.13	-132.86±128.92
病例组	13	48.09±41.98	49.99±47.80 ^a	459.29±486.90 ^a	143.85±108.25	140.46±75.35 ^a	523.57±560.16 ^b

注:与对照组比较,^a $P<0.05$,^b $P<0.01$

表 3 对照组与病例组运动学参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	舌骨向前位移 (cm)	舌骨向上位移 (cm)	舌骨运动时间 (ms)	UES 开放最大幅度 (cm)	UES 开放持续时间 (ms)
对照组	13	2.15±0.81	2.51±1.26	1155.79±253.43	1.82±0.75	501.00±157.44
病例组	13	0.71±0.68 ^a	1.78±1.32	1638.57±909.42	0.35±0.60 ^a	95.29±160.64 ^a

注:与对照组比较,^a $P<0.01$

表 4 舌骨位移与咽部 UES 压力参数的关联性分析

组别	例数	舌根部压力峰值		下咽部压力峰值		UES 松弛残余压	
		相关系数(r)	P 值	相关系数(r)	P 值	相关系数(r)	P 值
对照组							
舌骨向前位移 (cm)	13	0.102	0.728	0.029	0.922	-0.741	0.002
舌骨向上位移 (cm)	13	0.207	0.478	0.022	0.940	0.453	0.104
病例组							
舌骨向前位移 (cm)	13	0.756	0.002	0.608	0.021	-0.221	0.449
舌骨向上位移 (cm)	13	0.400	0.156	0.305	0.288	-0.171	0.560

引发活动的舌骨向前位移下降;其中舌骨向前位移需要更多肌肉力量^[10],肌肉收缩力的下降对舌骨向前位移影响更大,故舌骨向前位移明显低于健康人。

动物实验^[11]发现,切断延髓吞咽中枢与周围联系,导致咽肌麻痹,咽部运动紊乱。因而咽腔测压则表现为舌根部与下咽部压力峰值偏低,收缩持续时间延长。Kendall 等^[12]通过吞咽造影数字化影像分析发现,正常吞咽时 UES 最大开放早于咽部最大收缩约 0.15 s,而本研究发现,脑干病变后吞咽障碍患者的下咽压力起始早于 UES 松弛,与健康人恰恰相反,这可能是因吞咽中枢受损和咽部肌肉顺序性收缩紊乱所致。相关研究^[13]报道,脑干病变后吞咽障碍的主要特征是咽部收缩与 UES 松弛不协调,咽腔收缩力弱,难以推送食团通过 UES,这也与本研究结果类似。Hunkabee 等^[14]研究发现,延髓吞咽中枢保持 UES 静息时的紧张性收缩。也有研究^[15]发现,脑干卒中后吞咽障碍患者普遍存在 UES 松弛残余压高于正常值,这与本研究结果类似,脑干吞咽中枢受损,致 UES 松弛残余压升高、松弛持续时间缩短以及静息压降低;而运动学则表现为 UES 开放幅度以及开放时间均低于健康人。

评估者使用吞咽造影数字化分析测量咽腔收缩率可反映咽部收缩功能,UES 的开放幅度则反映 UES 的松弛功能^[16]。相关研究^[15]发现,舌骨上肌群收缩力量的提高可明显增加 UES 的开放幅度,其中舌骨向前运动与 UES 的开放密切相关。本研究结果显示,健康人吞咽时舌骨向前位移越大,UES 松弛程度越高,可能是因为舌骨向前位移增加,对环状软骨向前的牵拉力也随之升高,进而作用于 UES 的牵拉力也相应升高,故 UES 开放幅度增加,松弛程度增加;舌骨向上位移与或向前位移分别与下咽部压力峰值呈正相关,但差异无统计学意义($P>0.05$),这可能是由于咽部收缩主要依靠咽缩肌群,舌骨向上或向前运动对咽腔收缩的作用较小。Pal 等^[17]研究报道,吞咽造影检查显示食团滞留于咽腔,传感器完全被食团包裹,此时压力传感器测的是相应升高的食团内压;通过 MFG 研究食管功能,结果表明,UES 梗阻时食团内压增加。故本研究结果显示的下咽和舌根咽腔压力峰值随舌骨向前位移增加而升高,考虑为环咽肌梗阻,食团滞留,而咽腔进一步收缩时压力随之上升。

本研究仍有不足之处,仅研究分析了舌骨运动与咽和 UES 压力之间的关系,应进一步分析其他压力参数与解剖结构运动之间的关系。

参 考 文 献

[1] 竇祖林. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 北京:人民卫生出版社,2009: 43-63.

- [2] Martino R, Foley N, Bhogal S, et al. Dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and pulmonary complications [J]. *Stroke*, 2005, 36 (12): 2755-2763.
- [3] Leonard R, Kees CJ, Belafsky P, et al. Fluoroscopic surrogate for pharyngeal strength: the pharyngeal constriction ratio (PCR) [J]. *Dysphagia*, 2011, 26 (1): 13-17. DOI: 10.1007/s00455-009-9254-4.
- [4] Ozgursoy OB, Salassa JR. Manofluorographic and functional outcomes after endoscopic laser cricopharyngeal myotomy for cricopharyngeal bar [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 142 (5): 735-740. DOI: 10.1016/j.otohns.2009.08.020.
- [5] Bammer T, Salassa JR, Klingler PJ. Comparison of methods for determining cricopharyngeal intrabolus pressure in normal patients as possible indicator for cricopharyngeal myotomy [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2002, 127 (4): 299-308.
- [6] Higo R, Nakahira M, Sugawara M, Nakatsuka T. Manometric assessment of pharyngeal swallowing pressure after mandibular reconstruction [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2011, 268 (6): 941-944. DOI: 10.1007/s00405-011-1559-1.
- [7] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2010 [J]. *中国全科医学*, 2011, 14 (35): 4013-4017.
- [8] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组. 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识 (2013 年版) [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35 (12): 916-929. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.12.002.
- [9] Pauloski BR, Rademaker AW, Lazarus C, et al. Relationship between manometric and videofluoroscopic measures of swallow function in healthy adults and patients treated for head and neck cancer with various modalities [J]. *Dysphagia*, 2009; 24 (2): 196-203.
- [10] Kim Y, McCullough GH. Maximal hyoid excursion in poststroke patients [J]. *Dysphagia*, 2010, 25 (1): 20-25. DOI: 10.1007/s00455-009-9224-1.
- [11] Vigderman AM, Chavin JM, Kososky C, et al. Aphagia due to pharyngeal constrictor paresis from acute lateral medullary infarction [J]. *J Neurol Sci*, 1998, 155 (2): 208-210.
- [12] Kendall KA, Leonard RJ, McKenzie SW, et al. Sequence variability during hypopharyngeal bolus transit [J]. *Dysphagia*, 2003, 18 (2): 85-91.
- [13] 刘卫平, 邓惠慧, 杨晓苏, 等. 高血压脑干脑病合并脑梗死一例 [J]. *中华医学杂志*, 2013, 93 (15): 1198-1199.
- [14] Huckabee ML, Macrae P. Temporal resolution in swallowing neural control: the way forward [J]. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120 (10): 1764-1765. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.08.012.
- [15] Neville AL, Crookes P, Velmahos GC, et al. Esophageal dysfunction in cervical spinal cord injury: a potentially important mechanism of aspiration [J]. *J Trauma*, 2005, 59 (4): 905-911.
- [16] Van der Kruijs JG, Baijens LW, Speyer R, et al. Biomechanical analysis of hyoid bone displacement in videofluoroscopy: a systematic review of intervention effects [J]. *Dysphagia*, 2011, 26 (2): 171-182. DOI: 10.1007/s00455-010-9318-9.
- [17] Pal A, Williams RB, Cook IJ, et al. Intrabolus pressure gradient identifies pathological constriction in the upper esophageal sphincter during flow [J]. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2003, 285 (5): G1037-G1048.

(修回日期:2015-11-15)

(本文编辑:汪玲)