

吞咽造影的分析及应用进展

戴 萌¹ 窦祖林^{1,2} 卫小梅¹ 招少枫¹ 万桂芳¹ 杨青露¹ 王玉珏¹

吞咽造影检查是在X线透视下,针对口、咽、喉、食管
的吞咽运动所进行的特殊造影,通过点片、录像以及进一步的
逐帧慢速回放以分析、发现吞咽功能的异常,可用于协助诊
治吞咽障碍,被视为吞咽障碍检查的“理想方法”和诊断的
“金标准”^[1]。随着造影成像技术的进步,吞咽造影的影像资
料现已可通过数字化采集系统进行摄录,速度达到了30帧/
s,这一速度可满足临床工作及科研的需要,同时也促进了吞
咽造影量化分析这一领域的开发及应用。

吞咽造影的分析方法大致可分为定性分析、半定量分析
和定量分析,近年来,这些领域都有长足的进步。本文旨在
对国内外有关吞咽造影各种分析的方法、应用的进展,以及
信度、效度验证等相关文献进行综述,为开展吞咽造影检查
及进行分析的同道们提供借鉴。

1 定性分析

定性分析是指在吞咽造影评估过程中观察患者存在哪
些异常表现,常用分析的生理及病理成分包括:唇闭合,口腔
控制、运送功能,吞咽启动,鼻、口咽反流,会厌谷、梨状窝食
物残留,咽蠕动,喉上抬,误吸、渗漏,咳嗽反射和环咽肌松
弛/开放等^[1-3]。通过对以上成分进行准确的描述,可获知患
者的吞咽功能状况。

除在临床工作中作为造影评估的常用手段,定性分析在
科研领域也有较好的应用。张婧等^[2]通过对造影异常表现与
误吸的回归分析发现误吸与舌运动减弱、舌与硬腭接触不
良、会厌返折不全、声门关闭不全、喉上抬延迟且幅度降低、
吞咽延迟及穿透有关,可判断误吸的原因,指导对存在误吸
患者的针对性治疗。李爱东等^[3]对脑卒中急性期吞咽障碍患
者进行造影检查发现大脑半球病变患者多出现口腔期困难;
脑干及小脑病变患者多出现咽期困难;多发卒中患者,口腔
期和咽期均受影响。吞咽异常表现类型为唇闭合无力、舌运
动减弱、误吸及环咽肌功能不全、吞咽反射延迟、喉上抬差、
会厌谷和/或梨状窝滞留、喉渗透等。

定性分析在当前临床中应用最为广泛,因其简便易行、
分析效率高,可以满足临床需要,同时减轻临床工作负担,但

是内容全面、准确与否受到患者造影检查中配合程度、造影
检查的操作方法、造影检查所录制视频的质量以及造影人员
的技术水平、分析经验等多种因素的影响。因其不便于进行
患者治疗前后以及患者间功能水平的客观比较,不能完全满
足科研工作的全面需要。因此,在实际工作中,人们需要并
在不断探索新的分析方法。

2 半定量分析

半定量分析方法是指针对吞咽的各生理成分进行功能
分级,通过分级反映吞咽功能异常的程度。评估者可参照评
级标准更有条理地对造影结果进行分析,更全面细致反应吞
咽功能的同时也可以进行治疗前后、治疗间对比的参照指
标。

2.1 半定量分析的方法

临床上最常用的是Rosenbek渗漏/误吸(Rosenbek pen-
etration-aspiration scale)量表^[4],根据造影对比剂是否进入气
道、进入气道的深度及是否能排出分为3个类别共8个等级,
国内又称之为渗漏/误吸评分(表1)。

Hind等^[10]通过对其Rosenbek渗漏/误吸量表评估的结果
进行信度、效度的评价探讨如何提高评估的准确性,他们选
取了669例帕金森氏病或痴呆患者的造影中共10200口吞咽
进行渗漏/误吸量表的评估,将专家与造影评估者的结果进
行比较,结果显示经过训练后语言治疗师(speech language

表1 Rosenbek 渗漏/误吸量表

类别	分级	表现
无渗漏或 误吸	1	食物未进入气道
	2	食物进入气道,存留在声带以上,并被清除出气道
	3	食物进入气道,存留在声带以上,未被清除出气道
	4	食物进入气道,附着在声带,并被清除出气道
渗漏	5	食物进入气道,附着在声带,未被清除出气道进入 声带下
	6	食物进入达气道声带以下,但可被清除气道或清除 入喉部
	7	食物进入达气道声带以下,虽用力亦不能清除气管
	8	食物进入达气道声带以下,无用力清除表现

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.11.021

1 中山大学附属第三医院康复医学科,广州,510000; 2 通讯作者
作者简介:戴萌,女,住院医师; 收稿日期:2015-01-06

pathologist, SLP)的结果准确率较高,通过对SLP加强训练以及提高采集图像的质量可以提高渗漏误吸量表的准确率。

美国南卡罗莱纳大学的Martin-Harris^[5]教授领导的团队,在大量临床研究的基础上,对传统的吞咽造影检查进行细化,命名为Modified barium swallow Impairment Profile (MBSImP),经过来自康复科、头颈外科、消化内科、放射科和病理科等学科的专家组经过反复讨论达成共识。MBSImP从影像角度将吞咽动作细分为17个生理成分(表2),每一成分均制定相应分级标准,并在吞咽造影的评估中对各部分内容分别进行分级评分。较之前的定性分析而言,这一吞咽障碍测量工具内容更为全面,涵盖了口咽期吞咽中所涉及吞咽各相解剖结构的运动以及功能;通过进一步对评估者的培训,使其掌握评分、分级标准,可以大大减少评估过程中的主观成分;经过对各成分进行半定量的分析,可获得患者功能总体评分,便于在同一患者多次造影的评估中进行纵向的对比和在患者间进行横向的对比。

表2 MBSImP中划分的吞咽生理成分		
编号	生理成分	英文与缩写
1	唇闭合	Lip Closure(LC)
2	舌控制	Hold Position/tongue control(HP)
3	食团准备/咀嚼	Bolus Preparation/mastication(BP)
4	食团运送	Bolus Transport/lingual motion(BT)
5	口腔残留	Oral Residue(OR)
6	咽期吞咽启动	Initiation of the Pharyngeal Swallow(IPS)
7	软腭抬升	Soft Palate Elevation(SPE)
8	喉上抬	Laryngeal Elevation(LE)
9	舌骨运动	Anterior Hyoid Movement(HM)
10	会厌翻转	Epiglottic Movement(EM)
11	喉关闭	Laryngeal Closure(LC)
12	咽蠕动	Pharyngeal Stripping wave(PSW)
13	咽收缩	Pharyngeal Contraction(PC)
14	上食道括约肌开放	PES Opening(PESO)
15	舌根收缩	Tongue Base Retraction(TBR)
16	咽部残留	Pharyngeal Residue(PR)
17	直立位食道清空	Esophageal clearance in the upright position(EC)

类似的半定量分析还有韩国Kim等^[6-7]制定的视频吞咽障碍分级(Videofluoroscopic Dysphagia Scale, VDS),用于评价患者的吞咽功能以及预测预后。与MBSImP类似,VDS共对吞咽相关的14个生理成分进行分级分析:①唇闭合;②食团准备;③咀嚼;④口腔失用;⑤舌与软腭接触;⑥食团溢出;⑦口腔运送时间;⑧咽期吞咽启动;⑨会厌谷残留;⑩喉抬升;⑪梨状窦残留;⑫食团粘附于咽壁;⑬咽运送时间;⑭误吸。

为了使MBSImP能够成为吞咽造影分析的一种标准化方法,以便使多个机构间的造影量化结果具有可比性,Martin-Harris等^[5]对其信度、结构效度、内容效度及外在效度均进行了研究。共选取了300例不同病因引起吞咽障碍的患者,

对吞咽造影的流程也进行了标准化的设计,将营养状况、误吸性肺炎发生率、一般健康状况及生存质量等指标作为外部参考指标,验证后确证MBSImp的信度、效度。Kim等^[6]也对VDS的信度、效度分别进行研究,认为作为评价吞咽功能的方法,VDS的评估者间一致性中等,尤其是口腔期的参数。而与ASHA NOMS吞咽量表和临床吞咽障碍量表(clinical dysphagia scale,CDS)进行相关分析,提示VDS结果与之显著相关,效度尚可^[7]。

2.2 半定量分析的应用

此评定方法简明易行,在临床及科研中运用均较广泛,亦可用来评价治疗的疗效^[6]。严文伟等^[8]采用Rosenbek渗漏/误吸量表对老年吞咽障碍患者的吞咽造影结果进行评估后认为误吸是老年患者的常见症状,通过针对性的治疗,复查造影时误吸得到改善。万桂芳等^[9]运用这一量表对气管切开患者的造影结果进行分析发现气管切开并吞咽障碍患者误吸发生率较高,且佩戴说话瓣膜后误吸程度得到改善。而MBSImp和VDS中详细的分级标准在国内未见文献有具体报道。

3 定量分析

定量分析是指通过造影检查视频的逐帧浏览,对吞咽过程中所涉及的时间学参数和运动学参数进行测量,给予量化。

3.1 时间学参数的分析

时间学参数又可分为持续时间及间隔时间,各机构间所运用的参数类型、定义尚无统一。

3.1.1 持续时间:多是对某一解剖结构在一次吞咽中发生动作的持续时间,文献报道中常见的包括:①舌骨运动时间,即从舌骨向前向上运动起始到舌骨回落到静息位的时间;②喉关闭时间,即指喉前庭从关闭到再次开放的时间^[11];③上食道括约肌(Upper Esophagus Sphincter, UES)开放时间,即食团到达UES后从其开始开放到完全关闭的时间^[12]。

3.1.2 间隔时间:是指两个解剖结构发生动作之间间隔的时间,多用于反映吞咽的时序性,目前最常用参数包括:①吞咽启动时间,反映了口腔期到咽期的过渡,即咽期吞咽启动的时间,以食团头部到达舌下颌支交点处到咽期启动(以舌骨运动起始为标志)的间隔时间作为量度^[13]。②咽运送时间,反映食团通过咽部到达食管所需时间,以食团头部越过舌下颌支交点处到到达食团尾部通过UES的时间为量度^[12]。③喉关闭至UES开放间隔时间,根据这一名称可以直观地了解其测量方法,这一参数可用于反映呼吸与吞咽之间的协调性^[14]。

3.2 运动学参数的分析

运动学参数需要逐帧进行动态分析相应解剖结构在一次吞咽中发生运动的幅度等变化。常用的运动学参数有舌骨位移、喉部位移、UES开放程度、及咽部收缩率等。

3.2.1 舌骨位移:舌骨位移的测量且随着量化分析技术的进展方法各异。最初仅进行舌骨矢量位移的测量,Leonard等^[15]截取了舌骨静息位、舌骨位移最大两个时点的两帧图像,后运用软件将两幅图的脊柱按照对应关系进行重叠,直接测量了两张图中舌骨前角之间的距离。后人的研究表示舌骨位移可被分解为向前和向上两个方向的成分,根据这一理论, Kim等^[16]同样截取舌骨静息位和舌骨位移最大两个时点的两帧图像,利用Image J软件,在两张图中分别以C₄前下角和C₂前下角连线为纵轴,通过旋转使之中立,以使椎体连线垂直。后再分别测量两张图像中舌骨前上角的坐标(x_1 , y_1), (x_2 , y_2)以及C₄前下角的坐标(C_4x_1 , C_4y_1), (C_4x_2 , C_4y_2)通过公式计算出舌骨位移如下:

$$\text{向前位移(像素)} = (x_2 - x_1) - (C_4x_2 - C_4x_1) \quad (1)$$

$$\text{向上位移(像素)} = (y_2 - y_1) - (C_4y_2 - C_4y_1) \quad (2)$$

以C₃前上角和前下角之间距离作为长度参照(15mm)将像素数换算为实际长度(mm)。值得注意的是,由于C₃在不同身高的人群中长度不一,容易引起测量误差,许多研究者选择使用已知长度的不透射线的参照物,如硬币、轴承等。随着技术的进步, Kellen等^[17]运用最新的技术在人工选定舌骨位置后运用软件逐帧追踪舌骨,描绘其运动轨迹完成运动学指标的计算,经验证这一方法和人工分析出舌骨的位移较为一致,未来或可得到进一步发展。

3.2.2 喉部位移:会厌翻转、喉上抬及喉前庭的关闭以及声门的闭合是吞咽过程中气道保护、防止误吸的主要生理机制。有研究将喉部这些器官作为舌喉复合体的一部分对其在吞咽中的位移进行了研究,以作为生物力学分析的一项指标。Sia等^[18]将喉内声门上气柱的前上角作为喉部的标志点,用C₂—C₄前下角的连线进行作为纵轴对图像进行旋转,并以C₄前下角作为坐标轴原点,类似上文中Kim等^[16]测量舌骨位移的方法分别测量了喉部标志点在垂直方向和水平方向的位移。

3.2.3 咽腔收缩率(pharyngeal constriction rate, PCR): Lan等^[19]通过对脑卒中后吞咽障碍患者进行吞咽造影检查与咽腔测压的同步分析,以对PCR和咽部收缩压峰值的相关性进行研究,发现咽部收缩压峰值的升高与PCR降低显著相关。因而咽腔收缩率也是吞咽生物力学中的一项重要参数。计算公式为

$$PCR = PA_{\max} / PA_{\text{hold}} \quad (3)$$

其中PA_{max}是指造影图像中一口量时吞咽咽腔收缩时侧面最小面积,PA_{hold}则是指患者口含1ml食团静息状态下咽腔侧面的最大面积^[20]。

3.2.4 UES的开放程度:针对UES的功能评估方法通常为测量UES的开放程度。Leonard^[15]所运用的方法为患者侧位的图像中截取咽食管括约肌(颈椎C₄到C₆水平的咽食管过渡

区域)在一次吞咽中被食团扩张到最大时最窄部分的宽度,注意测量线应与脊椎边缘垂直,这种方法在Choi等^[21]的研究中也可见。Ford等^[22]则是在患者正位的图像中进行了测量。

3.3 定量分析的应用

定量分析目的常见的有:①对吞咽生理进行描述,探讨是否存在正常的数据参考指标^[23-24],②作为生物力学分析的指标,结合其他检查手段如咽腔测压、磁共振检查等对吞咽障碍的病理生理机制进行探讨^[25-26],③用于分析食团、患者年龄、性别等因素对吞咽生理所产生的影响^[12,27-28],④用于评估治疗手段对吞咽的改善情况^[29-30],⑤用于研究特定疾病患者患者吞咽生理病理的变化^[31-32]。

3.4 定量分析的验证

量化分析由于对参数定义的不同,可以导致理解的不同,对其信度需要进一步考量,同时也可以通过对其信度、效度的验证,提高这些量化指标的应用。

McCullough等^[33]对吞咽造影所获得的吞咽功能分析进行了者间信度和者内信度的验证,3名分析人员对20例卒中后吞咽障碍的患者的吞咽造影结果进行了间隔6周共2次分析,分析之前并未有统一的培训,最终所得大多数分析结果的信度不佳,但其中经验更为丰富的分析者结果间比较稳定。Baijens等^[34]对19篇相关文献的者间和者内信度进行了综述,发现不同分析方法所对应的信度有所不同,并且认为需要在统一确定的指导和培训后进行分析才能获得尽可能可信的分析结果。

中山大学附属第三医院康复医学科窦祖林教授领导的团队与有关公司合作开发中文吞咽造影采集与数字化分析系统,通过从吞咽造影检查中对造影剂性质、患者体位、参照物的标准化,并采取符合分析要求的30帧/s的采集程序获取尽可能符合分析标准的吞咽造影视频图像,并运用分析软件中集成的时间学、运动学参数半自动分析以量化评估患者的吞咽功能,进一步临床验证后将广泛应用于吞咽障碍患者的量化评估与研究工作中^[30]。

综上所述,吞咽造影检查是评价患者吞咽功能的重要手段,如何从中更好地获得有价值的信息,需要我们根据不同情况选择适当分析方法。临床工作中应当采取更为便捷、客观的分析方法,其中定性和半定量分析较为实用。若需要更全面、精确的量化指标,定量分析不失为一种可选用的方法,在科研工作中尤为重要。

参考文献

- [1] 窦祖林主编. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009.99—100.
- [2] 张婧,王拥军.脑卒中后吞咽困难的影像学分析[J].中华神经科杂志, 2006, 39(5): 305—308.
- [3] 李爱东,周国强,张志,等.脑卒中急性期吞咽障碍的临床影像评

- 价[J]. 中国康复, 2010, 25(3): 176—178.
- [4] Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, et al. A penetration-aspiration scale[J]. *Dysphagia*, 1996, 11(2): 93—98.
- [5] Martin-Harris B, Brodsky MB, Michel Y, et al. MBS measurement tool for swallow impairment—MBSImp: establishing a standard[J]. *Dysphagia*, 2008, 23(4): 392—405.
- [6] Kim DH, Choi KH, Kim HM, et al. Inter-rater reliability of videofluoroscopic dysphagia scale[J]. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2012,36(6):791—796.
- [7] Kim J, Oh BM, Kim JY, et al. Validation of the Videofluoroscopic Dysphagia Scale in Various Etiologies[J]. *Dysphagia*, 2014, 29(4): 438—443.
- [8] 严文伟,宋郑宏,谈雪梅. 透视吞咽功能检查在老年人误吸诊治中的应用[J]. 中国康复医学杂志,2006, (12):1125—1126.
- [9] 万桂芳,窦祖林,丘卫红,等.说话瓣膜的应用对气管切开并吞咽障碍患者渗漏和误吸的影响[J].中国康复医学杂志,2012,27(10):949—951.
- [10] Hind JA, Gensler G, Brandt DK, et al. Comparison of trained clinician ratings with expert ratings of aspiration on videofluoroscopic images from a randomized clinical trial [J]. *Dysphagia*, 2009, 24(2): 211—217.
- [11] Park T, Kim Y, Ko DH, et al.Initiation and duration of laryngeal closure during the pharyngeal swallow in post-stroke patients[J]. *Dysphagia*, 2010, 25(3): 177—182.
- [12] Dantas RO, de Aguiar Cassiani R, dos Santos CM, et al. Effect of gender on swallow event duration assessed by videofluoroscopy[J]. *Dysphagia*, 2009, 24(3): 280—284.
- [13] Oommen ER, Kim Y, McCullough G.Stage transition and laryngeal closure in poststroke patients with dysphagia[J]. *Dysphagia*, 2011, 26(3): 318—323.
- [14] Kendall KA, McKenzie S, Leonard RJ, et al.Timing of events in normal swallowing: a videofluoroscopic study[J]. *Dysphagia*, 2000, 15(2): 74—83.
- [15] Leonard RJ, Kendall KA, McKenzie S, et al. Structural displacements in normal swallowing: a videofluoroscopic study [J]. *Dysphagia*, 2000, 15(3): 146—152.
- [16] Kim Y, McCullough GH. Maximum hyoid displacement in normal swallowing[J]. *Dysphagia*, 2008, 23(3): 274—279.
- [17] Kellen PM, Becker DL, Reinhardt JM, et al. Computer-assisted assessment of hyoid bone motion from videofluoroscopic swallow studies[J]. *Dysphagia*,2010,25(4): 298—306.
- [18] Sia I, Carvajal P, Carnaby-Mann GD, et al. Measurement of hyoid and laryngeal displacement in video fluoroscopic swallowing studies: variability, reliability, and measurement error[J]. *Dysphagia*, 2012, 27(2): 192—197.
- [19] Lan Y, Xu G, Dou Z, et al. The correlation between manometric and videofluoroscopic measurements of the swallowing function in brainstem stroke patients with dysphagia[J]. *J Clin Gastroenterol*,2015, 49(1): 24—30.
- [20] Leonard R, Rees CJ, Belafsky P, et al. Fluoroscopic surrogate for pharyngeal strength: the pharyngeal constriction ratio (PCR)[J]. *Dysphagia*, 2011, 26(1): 13—17.
- [21] Choi KH, Ryu JS, Kim MY, et al. Kinematic analysis of dysphagia: significant parameters of aspiration related to bolus viscosity[J]. *Dysphagia*,2011, 26(4): 392—398.
- [22] Ford S, Gollins S, Hobson P, et al. Structural displacements during the swallow in patients with early laryngeal cancers and other early primary cancers of the head and neck[J]. *Dysphagia*, 2009, 24(2): 127—136.
- [23] Kim Y, McCullough GH, Asp CW. Temporal measurements of pharyngeal swallowing in normal populations[J]. *Dysphagia*, 2005, 20(4): 290—296.
- [24] 李宁, 李进让, 孙建军, 等. 健康成年人咽部吞咽功能客观参数的测量[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2012, 47(11): 884—888.
- [25] Hoffman MR, Jones CA, Geng Z, et al. Classification of high-resolution manometry data according to videofluoroscopic parameters using pattern recognition[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 149(1): 126—133.
- [26] Bian RX, Choi IS, Kim JH, et al. Impaired opening of the upper esophageal sphincter in patients with medullary infarctions[J]. *Dysphagia*, 2009, 24(2): 238—245.
- [27] Kang BS, Oh BM, Kim IS, et al. Influence of aging on movement of the hyoid bone and epiglottis during normal swallowing: a motion analysis[J]. *Gerontology*, 2010, 56(5): 474—482.
- [28] Kurosu A, Logemann JA. Gender effects on airway closure in normal subjects[J]. *Dysphagia*, 2010, 25(4): 284—290.
- [29] McCullough GH, Kim Y. Effects of the Mendelsohn maneuver on extent of hyoid movement and UES opening post-stroke[J]. *Dysphagia*, 2013, 28(4): 511—519.
- [30] 窦祖林,兰月,于帆,等.吞咽造影数字化分析在脑干卒中后吞咽障碍患者疗效评估中的应用[J].中国康复医学杂志,2013,28(9): 799—805.
- [31] Kang JY, Choi KH, Yun GJ, et al. Does removal of tracheostomy affect dysphagia? A kinematic analysis[J]. *Dysphagia*, 2012, 27(4): 498—503.
- [32] dos Santos CM, Cassiani RA, Dantas RO.Videofluoroscopic evaluation of swallowing in Chagas' disease[J]. *Dysphagia*, 2011, 26(4): 361—365.
- [33] McCullough GH, Wertz RT, Rosenbek JC, et al. Inter- and intrajudge reliability of a clinical examination of swallowing in adults[J]. *Dysphagia*, 2000, 15(2): 58—67.
- [34] Baijens L, Barikroo A, Pilz W.Intrarater and interrater reliability for measurements in videofluoroscopy of swallowing [J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(10): 1683—1695.