

# 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征患者困难气道评估的研究

黄佳<sup>1</sup> 黄浩贤<sup>2</sup> 陆立基<sup>3</sup> 盛恒炜<sup>2</sup>

佛山市三水区人民医院<sup>1</sup>耳鼻喉科,<sup>2</sup>麻醉科(广东佛山 528100);<sup>3</sup>佛山市中医院麻醉科(广东佛山 528100)

**【摘要】** 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea hypopnea syndrome, OSAS)是常见的睡眠呼吸障碍疾病,易导致上呼吸道狭窄、舌体后坠、低氧血症等解剖及生理的改变。OSAS是引发麻醉困难插管的常见原因之一,准确评估此群体的困难气道对预防围术期不良事件发生有重要意义。目前困难气道的评估手段多样,评价不一,本文就OSAS困难气道的各类评估方法进行综述,总结困难气道预测的新趋势,帮助麻醉医师进行准确的术前评估。

**【关键词】** 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征; 插管; 预测

**【中图分类号】** R762 **【文献标志码】** A

**Research of difficult airway assessment in patients with obstructive sleep apnea hypopnea syndrome**  
HUANG Jia\*, HUANG Haoxian, LU Liji, SHENG Hengwei. \*Department of Anesthesiology, Sanshui District People's Hospital, Foshan 528100, China

Corresponding author: SHENG Hengwei E-mail: h.w.sheng@163.com

**【Abstract】** Obstructive sleep apnea hypopnea syndrome (OSAS) is a disease characterized by intermittent complete or partial upper airway obstruction accompanied by hypoxemia during sleep and is a common cause of difficult intubation. Patients with confirmed or highly suspected OSAS are usually at higher risk for difficult airways. Prediction of difficult airway in OSAS patients is of great significance to prevent perioperative adverse events. The current assessment tools for difficult airways are varied and evaluated inconsistently. In this article, we provide an overview of the various types of predictors of difficult intubation in OSAS and summarize the new trends in the prediction of difficult intubation to help anesthesiologists make accurate preoperative assessments.

**【Key words】** obstructive sleep apnea hypopnea syndrome; intubation; forecast

阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea hypopnea syndrome, OSAS)是一种常见的睡眠呼吸紊乱疾病,其特点是睡眠过程中上气道反复塌陷,影响肺泡气体交换。OSAS在中国成年人人群中的患病率为3.93%,男性为女性的2.62倍<sup>[1]</sup>。国际主流麻醉学会关于OSAS围手术期管理的实践指南指出,高度怀疑或确诊OSAS的患者可能存在困难气道,易引发围术期不良事件,因此应积极尝试识别存在困难气道的OSAS患者,以降低风险,改善结局<sup>[2]</sup>。

OSAS患者由于脂肪在颈部的异常堆积和咽喉颌面部病理状态[小下颌骨,弯曲的覆盖牙,巨舌,肥厚的软腭和(或)较大的扁桃体],造成舌咽及面部的解剖结构异常,由此增加了喉镜操作及声

门显露的困难性,给麻醉带来了巨大的风险挑战。

评估OSAS困难气道的传统工具有各类评分量表和体格检查参数,前者便捷、易于操作,且能快速提供气道情况,后者可反映气道解剖异常程度、OSAS严重程度阈值等。随着生物医学工程的发展,术前气道评估有了更多可视化技术手段,模型预测、机器学习、AI技术的快速发展也为困难气道的预测提供了新的方向,但目前的研究仍存在一定的局限性,距离成熟的临床应用存在距离。本文对OSAS患者困难气道的众多评估手段进行讨论、归纳,为麻醉医师提供参考。

## 1 传统困难气道评估方法

### 1.1 临床评估方法

**1.1.1 改良Mallampati检查(modified mallampati examination/test, MMP/MMT)** 相比各类主观量表和睡眠监测,Mallampati检查评分不易受患者认知程度和配合程度影响,能更好地反映机体实际状态,这种优势得益于解剖参数的稳定性。

doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2024.10.023

基金项目:广东省医院药学研究基金(编号:2020XC36);佛山市卫生健康局医学科研课题立项(编号:20240720A010237)

通信作者:盛恒炜 E-mail: h.w.sheng@163.com

Mallampati 评分已被证明是预测 OSAS 存在和严重程度的一个独立危险因素。Mallampati 得分每增加 1 分,患 OSAS 的概率就会增加 2 倍。Mallampati 得分每上升 1 分,呼吸暂停指数平均每小时上升 5 次以上<sup>[3]</sup>。Mallampati 得分描述了 OSAS 患者困难插管的解剖特点:以舌根对口咽开口大小的遮挡比例进行分级,分级越高,表示舌根遮挡咽腔越多,插管困难随之升高。

在原始试验中,每例患者处于坐位,被要求张开嘴,同时最大限度地伸出舌头但不发出声音,根据咽部可见结构分为 3 级,而现行的改良 Mallampati 检查分为 0-4 级共 5 个级别(MMP)<sup>[4]</sup>。

一些研究者在使用原始 Mallampati 试验(M.T.)时发现了相当大的观察者间变异,一方面可以归因于试验方式的不同,如坐位或仰卧位,是否伸舌,是否发音,颈椎位置均对咽部结构暴露产生影响,评分的客观性有赖于此。另一方面,不同经验的观察者对结构暴露的评判亦不相同。二者均会影响评分的敏感度和特异度。

既往研究中,在 Mallampati 试验的基础上增加颈部延长试验,称为 Extended mallampati 评分(EMS)试验。一项纳入 > 80 000 例患者的回顾性观察性研究显示:EMS(颈椎过伸位 Mallampati 检查)在预测困难喉镜检查方面并不优于 MMP。这一结果可能部分是由于 Mallampati 评分的两个变量与颈部活动度或甲颏距离之间缺乏协同关系。Mallampati 评估应在颈椎中立位下进行,以最大限度提高预测困难喉镜和困难插管的敏感性<sup>[5]</sup>。

原始 Mallampati 试验在坐位下进行,评估困难气道的准确度在不同研究中存在差异,因此部分研究者在仰卧位进行试验以期提高评分效能。MARKOS 等<sup>[6]</sup>在一项横断面研究中提出,与坐位相比,仰卧位 MMT 具有较高的敏感度和阴性预测值,但特异度和阳性预测值较低。尽管其假阳性较高,但仰卧位 MMT 的总体诊断性能是非常好的,与坐位预测相当。

而在 OUCHI 等<sup>[7]</sup>一项前瞻性研究中,在标准 Mallampati 试验的基础上,新设计了 7 种 Mallampati 试验评估方案,分别包括了不同体位、是否伸舌、是否发音,评分对困难气道预测的敏感度和特异度。研究结果推荐使用发音、舌前伸和仰卧位进行 Mallampati 试验,以预测困难气道。

目前研究改良 Mallampati 试验与困难插管预测的文献,有以下几个观点:(1)MMP 在困难插管的预测指标中仍具有重要价值:在 HARJAI 等<sup>[8]</sup>研究中,与其他客观测量参数相比,Mallampati 试验分级可作为困难喉镜检查的良好预测指标。(2)MMP

特异性较低,不足以作为预测困难插管的指标<sup>[9]</sup>。(3)MMP 仍有使用价值,建议联合更为客观的测量类解剖值:PATEL 等<sup>[10]</sup>发现,MMT 具有较高的特异性,MMT、胸大肌间距(SMD)和甲颏距离(TMD)联合预测成人患者困难插管的有效性较 MMT 单独预测高。MAHMOODPOOR 等<sup>[11]</sup>认为面部角度对困难插管的预测具有较高的敏感度,并且联合改良 Mallampati 评分时效果最佳。(4)MMP 能否作为预测困难插管的指标存在争议:DE CARVALHO 等<sup>[12]</sup>的研究认为 MMT 有效区别简单和困难插管的能力较差。而根据 MARKOS 等<sup>[6]</sup>的研究,坐位 Mallampati 试验在预测困难插管和喉镜检查方面效率较低,需要转换到仰卧位以提高其效率。但由于该领域的研究较少,麻醉科医生对规范进行 Mallampati 试验缺乏经验,导致结果变异性较大,仍需更多的前瞻性研究去证明。

笔者认为对于能准确理解麻醉医师指令并能够配合完成 MMT 的患者且分类为困难气道的应给予重点关注,而排除在外的群体应联合其他指标进行评估,对于发音及伸舌受限、不能仰卧的患者,还应联合身体测量指标进行评估以防假阴性结果。

**1.1.2 OSAS 严重程度** 关于困难插管与 OSAS 严重程度之间的关系,学者们进行了长期的推测和研究。OSAS 与困难气道在解剖、形态学和生理学上具有某些相似的特征,多因素分析显示,OSAS 病史是面罩通气困难和气管插管困难的独立危险因素<sup>[13]</sup>。回顾性、病例对照和大型数据库个体研究以及系统评价均显示 OSAS 患者与困难气道存在较为一致的关联性;相较于非 OSAS 群体,OSAS 患者发生气管插管困难和(或)面罩通气困难的风险增加了 3~4 倍。

呼吸暂停低通气指数(AHI)是描述 OSAS 严重程度最常用的指标之一。HIREMATH 等<sup>[14]</sup>首次正式研究了困难气管插管与 OSAS 的关系,发现困难气道插管组的 AHI 高于对照组。回顾性研究亦表明,在拟接受悬雍垂腭咽成形术的患者中,OSAS 的严重程度与困难插管发生率显著相关,因此可以使用 AHI 预测困难插管的发生<sup>[15]</sup>。

在一项比较 OSAS 和非 OSAS 患者困难气道结局的 16 项研究的荟萃分析<sup>[16]</sup>中,发现 OSAS 患者气管插管困难和(或)面罩通气困难的 OR 值分别高出 3.5 倍和 3.4 倍。而一项近期的前瞻性多中心观察性队列研究显示:中度及重度 OSAS(AHI  $\geq$  15 次/h) OR 值增加 3.3<sup>[17]</sup>,这与荟萃分析的结果相近。在 KIM 等<sup>[15]</sup>一项纳入 90 例 OSAS 患者的配对病例对照研究中,AHI  $\geq$  40 次/h 与困难插管相关。而在

SIYAM等<sup>[18]</sup>报道36例OSAS患者较对照组插管困难,但AHI与OSAS患者困难插管无明显关系。

在实际临床工作中,OSAS患者术前睡眠监测评估可为困难气道识别提供可靠依据,对于中度及重度OSAS患者,应在预测困难气道时启动积极的围手术期管理。对于轻度OSAS及单纯鼾症患者,建议进行特异性的大型前瞻性研究,减少偏倚的脆弱性,以确认和量化其与困难气道之间的联系。

**1.1.3 STOP-Bang量表** STOP-Bang量表通常被用来对OSAS患者进行筛查,量表包含了针对与睡眠呼吸暂停(打鼾、疲倦、呼吸暂停、高血压、BMI、年龄、颈围及性别)临床特征相关的共8个二分类(是/否)问题<sup>[19]</sup>,可以在较短的时间内做出应答(通常可在1~2 min内完成),是部分麻醉医师常用的经验问卷。被认为是一种简单、实用和可靠的OSAS识别方法<sup>[19]</sup>。中重度OSAS的概率与STOP-Bang评分成正比增加<sup>[20]</sup>,特别是在缺乏术前睡眠研究的情况下,STOP-Bang评分3~4分(中危)和5~8分(高危)分别预示困难插管的风险较正常情况提高了3倍和4.4倍<sup>[17]</sup>。

在STOP-Bang量表与OSAS困难插管关系的相关研究中,CHUNG等<sup>[21]</sup>认为该量表的敏感性和特异性随着筛查工具、患者人群和OSAS定义的不同表现出相当大的差异。STOP-Bang量表对于约占43%的中重度OSAS人群可能产生较高的假阳性概率。研究认为:STOP-Bang评分为0~2分的患者可被归类为中重度OSAS的低风险患者。STOP-Bang评分为5~8分的患者可被归类为中重度OSAS的高危人群。对于STOP-Bang评分为3或4分的患者,应进一步检查其他阳性项目并组合,以确保正确分类。如果STOP评分 $\geq 2$ 合并BMI $> 35 \text{ kg/m}^2$ 或男性或颈围 $> 40 \text{ cm}$ ,或STOP-Bang评分3合并血清 $\text{HCO}_3^- \geq 28 \text{ mmol/L}$ ,这些患者可进一步被归类为中重度OSAS的高危人群<sup>[19]</sup>。

因此,笔者认为STOP-Bang量表是一种有效的气道风险评分,综合了几种物理特征,是困难气道较为理想且简便的预测因子。其敏感性高,但特异度低,在对OSAS进行识别时需要结合其他复合参数对重点人群进行确认,降低假阳性结果发生率。

## 1.2 影像评估方法

**1.2.1 X线在困难气道中的应用** 气道毗邻骨性解剖结构异常会影响喉镜暴露,X线检查可显示下颌骨轮廓,获取下颌内在空间、舌体大小及位置等信息,有助于评估困难气道<sup>[22]</sup>。早期研究中X线常用于测量单个系数与困难气道的关系,近年

来研究者更偏向于使用X线对困难气道预测的综合系数进行评判。

在一项2014年的前瞻性研究中,XU等<sup>[23]</sup>通过患者的头颈部X线侧位片收集了上切牙到颞下颌关节的距离、下颌长度、寰枕间距、 $\text{C}_0$ 与 $\text{C}_2$ 椎体以及 $\text{C}_2$ 与 $\text{C}_6$ 椎体在中立位和伸展位时的夹角等20余个参数,构建了寰枕间距、 $\text{C}_2$ 与 $\text{C}_6$ 颈椎在中立位时的角度、喉轴与会厌轴的夹角、性别以及张口度等5个参数复合的模型,显示预测困难气道的敏感度和特异度分别为80.0%和65.7%,相较于单个临床测量数据而言具有更好的预测价值。但KHAN等<sup>[24]</sup>对4500例记录了临床解剖指标及X线指标,对比分析后发现,在众多预测指标中上唇咬合试验的敏感度和特异度较高,X线各参数虽有一定预测价值,但敏感度和特异度较低。

LIU等<sup>[25]</sup>基于671例患者的X线图像,采用多项AI算法对困难喉镜检查进行预测,经过比较,传统的朴素贝叶斯模型预测的准确率最高,达到86.6%,且麻醉医生可根据实际情况灵活选择合适的测量指标,例如舌骨最高点与下颌骨之间的垂直间隙、寰枕距离或处于中立位置的第二颈椎椎骨下缘与第六颈椎椎骨下缘之间的角,来预测发生困难喉镜检查的可能。因此,X线检查对气道毗邻骨性结构的测量数据结合临床指标形成的预测模型比单一指标更有优势,在困难插管的术前评估中极具潜力,可作为术前常规筛查可疑的困难气道,或辅助气管插管。

**1.2.2 CT和MRI三维重建技术及相关3D打印技术在困难气道中的应用** 利用多排螺旋CT扫描头颈部获得解剖参数,继而进行薄层重建、多平面重建和曲面重建,获得气道内部和外部解剖形态数据,此即为CT三维重建技术在气道中的应用。MRI三维重建模型则具备了比CT更好的软组织分辨能力,且无放射风险,无骨伪影出现。而方兴未艾的3D打印技术在二者基础上可重建呼吸道模型,极具应用前景。

耿清胜等<sup>[26]</sup>研究表明,以CT三维重建测量口腔截面积和咽腔截面积的95%CI最小值作为定量指标能有效预测困难气道。MRI三维重建口咽角、上气道矢状面最小横截面积这两种指标可用于术前评估困难气道<sup>[31]</sup>。CHUNG等<sup>[21]</sup>使用3D打印技术构建基于CT数据的气道模型,指导小儿单肺通气手术双腔管型号的选择。CHEN等<sup>[27]</sup>使用MRI成像技术创建了上呼吸道填充的3D模型,可以清晰地识别咽部软组织,量化具有复杂几何形状的上气道的形态特征。KOVATCH等<sup>[28]</sup>则利用3D打印模型构建了儿童气道模型,用于困难气道

插管及环甲膜穿刺培训。CT与MRI检查因价格昂贵、操作耗时、图片不易携带,多用于预测或验证困难气道,同时可进一步丰富术前评估。随着影像技术与3D打印相结合,将涌现更多更为个体化精细化的气道模型,为困难气道的评估做出更大贡献。

**1.2.3 超声技术** 如今,便携式超声设备不再局限于神经阻滞,也在困难插管术前评估中被广泛使用,最近的研究集中在超声对气道管理的能力<sup>[29]</sup>。尽管气道超声所测量的几个参数作为困难气道预测指标已在各种研究中被提及和验证,但气道超声检查仍尚未作为气道评估的最常用方法。为了获得更为简便、准确的测量值<sup>[30]</sup>,研究仍在不断进行中。

SOTOODEHNIA等<sup>[31]</sup>的研究认为超声参数舌骨可见度、皮肤至声带的距离和皮肤至甲状腺峡部的距离可作为困难气管插管的预测指标。他们对比了不同研究,认为超声测量截断值的不一致性可能是由于超声技术和设备质量的差异、患者的BMI以及种族差异造成的。ACETO等<sup>[32]</sup>认为超声评估的舌厚度有助于识别困难气道,同时超声评估舌厚度预测肥胖患者困难插管的有效性尚未被研究过。

因此,超声对困难气道的直接测量,与各种间接评估相比具有很大直观性,准确度,而相较于影像手段,超声的低辐射性更有优势。建议将超声作为困难插管的筛查工具与临床筛查方法一起使用。

### 1.3 标志物评估方法

**1.3.1 上唇咬合试验** 上唇咬合试验(upper lip bite test, ULBT)可以评估下颌运动范围和自由度,以及牙齿的排列结构<sup>[33]</sup>。在检查中,患者被要求用下切牙咬住上唇,并以上唇黏膜暴露的程度为界进行相应分级。I类:下切牙可咬合上唇至磨牙线以上。II类:下切牙可咬合上唇至磨牙线以下。III类:下切牙不能咬上唇。I类和II类通常预示着插管容易,而III类预示着插管困难<sup>[34]</sup>。

在以往的国外人群试验<sup>[35]</sup>中,ULBT能够比MMT更好地预测困难气道。但国内山东大学齐鲁医院的研究显示,ULBT的实际临床使用效果并不优于MMT,他们认为造成ULBT敏感性低的因素之一是ULBT分类为III级的患者在受试者中的比例较低。根据多篇文献的总结,这一特征可以用东亚人的骨骼变异和软组织冗余来解释<sup>[36]</sup>,具体表现为唇部软组织过多和颞下颌关节前移。软组织和骨骼硬组织构成的面部轮廓亦受到包括种族在内的多种因素影响。这些结构中的任何

变异都会导致ULBT结果不同。在口腔正畸和颌面外科领域,已经有多篇比较不同种族软组织的研究发表<sup>[37-39]</sup>。因此,ULBT在某些人群中可能是一个有用的预测指标,但对亚洲人的效用可能有限<sup>[40]</sup>。

现有研究中,UBLT和MMT的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值相当。鉴于ULBT不受体位限制、无需特殊设备、无需额外光线、无需发声限制,操作简便反馈迅速,因此仍然不失为一种流行的预测困难气道的床旁测试。对于不同种族的ASA分级较高的患者、急诊病例、BMI  $\geq 35$  kg/m<sup>2</sup>的肥胖患者、妊娠患者和无牙颌患者,ULBT还需要进一步的研究。

**1.3.2 甲颞距离、颈围** 甲颞距离及颈围通常被用来反映颈部的脂肪分布,甲颞距离(thyromental distance, TMD)为头部完全伸展状态时,使用硬质半透明直尺测得的甲状软骨切迹至下颞最低点的直线距离,通常认为若TMD  $< 6$  cm则易发生困难插管。颈围(neck circumference, NC)是指环绕甲状软骨一周的颈部数值,NC与困难气道存在相关性,亦可以作为OSAS的预测指标<sup>[41]</sup>,许多研究证实NC  $> 42$  cm是困难气道独立预测因素。

气管前软组织量是插管困难的重要预测因素<sup>[42]</sup>,肥胖患者可能存在更多的气管前软组织,体现为困难插管组患者的NC显著高于容易插管组的患者。NC在肥胖和非肥胖患者中均具有较高的敏感度,但特异度较低。单独使用NC可能无法准确地反映颈部不同区域存在的软组织量<sup>[43]</sup>。相反,NC/TMD比NC更能反映颈部各区域脂肪的分布情况<sup>[43-44]</sup>,高NC/TMD提示颈部存在多余的软组织,同时这也是短颈的一种代表。

TMD虽然是预测困难插管的更有效的措施,但它易受患者身高的影响<sup>[45-46]</sup>,有报道认为身高与甲颞距离比(ratio of height to thyromental distance, RHTMD)较TMD对困难插管有更好的预测价值,因为RHTMD体现了身高在参数中的比例。KROBUABAN等<sup>[47]</sup>将RHTMD  $\geq 23.5$  cm的截断值作为预测困难插管的危险因素。另外,TMD对于颈部后仰受限的患者可能存在测量误差。最早由ETEZADI等<sup>[48]</sup>提出的甲颞高度(thyromental height, TMHT)可以间接预测下颌骨的前伸程度,颌下区间隙以及喉前位,且患者处于平卧位闭口状态,测量方便,无需额外配合。TMHT的最佳截断值范围为4.75 ~ 5.3 cm<sup>[48]</sup>。

在ABDEL NAIM等<sup>[43]</sup>的研究中,NC/TMD  $\geq 5.0$ 具有较高的敏感度、特异度和阴性预测值,术前NC/TMD  $\geq 5.15$ 是OSAS肥胖患者插管困难的良好

预测指标。亦有研究使用NC的其他变量,评估NC/BMI和NC/胸大肌距离(SM)等指标。然而,多因素分析<sup>[48]</sup>显示,NC/BMI和NC/SM与困难插管没有显示出正相关。

上述参数的相对客观性、易获取性和较高的有效性使之成为术前床边测量最为简便的一种方式,但应谨慎地看待以上基于人体解剖关联的结论,因为多数研究仍是在相对较小的患者群体下通过多重比较得出的。整体而言在临床中以上参数的使用经验较为一致,在生物学上亦有合理性,并且不断有新的更大样本量的研究予以支持。目前的研究显示变量之间可能存在几种相互作用,特别是骨骼结构对软组织分布也有一定影响,需要进一步的研究来证实这些发现。

## 2 最新研究进展

**2.1 多变量模型预测** 当单独使用床旁临床实验预测困难气管插管时,经常显示出不一致的预测性能。一些学者提出多变量模型,通过纳入多个测量指标并进行组合分析,以提高预测性能。LANGERON等<sup>[49]</sup>构建的模型包含了BMI、Mallampati评分、MO、TMD、性别、是否存在下颌后缩、NAGUIB<sup>[50]</sup>等的预测模型考虑了甲颏距离、Mallampati评分、切牙间隙和身高的影响,EL-GANZOURI等<sup>[51]</sup>模型则证实了患者既往困难插管病史、简化气道风险因子,是喉镜检查困难程度的独立决定因素。

BICALHO等<sup>[52]</sup>对220例拟行插管的患者使用收集的气道数据计算并比较了上述三种多变量模型。Langeron模型的整体预测性能高于El-Ganzouri模型。此外,Langeron模型比Naguib模型和El-Ganzouri模型具有更高的敏感性,因此产生了更低的假阴性发生率。但研究并未依据BMI进行分组处理。

以上模型在早期研究中显示出良好的诊断能力,最近在麻醉学文献中也有描述。模型易于在患者床旁进行,无需复杂的诊断工具或复杂的测量。同时,模型将多种患者气道测量数据和其他数据集成在一个单一的结果中,便于获得和解释。我们相信,随着视频喉镜的广泛应用,未来的研究可以致力于在间接喉镜下使用多变量气道预测模型。

**2.2 机器学习算法** 在当前的人工智能大背景下,机器学习(ML)算法对临床医学等多个科学领域的格局产生影响。ML通过对大量的临床病例特征进行归纳总结,借助不同算法挖掘大数据,最后得出临床适用的最优模型。

ZHOU等<sup>[53]</sup>对公共数据库中的1015例肥胖患者(定义为BMI $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>)进行研究,通过机器学习

(ML)领域(逻辑回归-LR、决策树-TR、随机森林-森林、梯度提升决策树-Gbdt、极端梯度提升-Xgbc和LightGBM-Gbm)的6种方法来预测肥胖患者的困难气管插管,在6种算法中,Xgbc表现最好。

此外,有研究<sup>[54]</sup>通过使用包含患者图像/视频的临床数据库,利用卷积神经网络、深度学习等方法构建辅助诊断模型,可在视频喉镜的基础上自动识别咽部和气管,在纤维支气管镜的基础上自动识别血管和气管,准确定位使得气管插管更加精准,可有效改善患者的预后。笔者认为未来仍有极大研究空间促进算法的准确性和高效性,例如通过使用深度学习对OSAS患者进行自动化数据收集。其次,未来需要开发新的集成算法来提高预测效率。

## 3 总结与展望

近30年来,现代医学步入数字化、精准化、个体化的新时代,麻醉气道管理模式也在经历着前所未有的变革。传统的评估方式仍主要由麻醉医生直接进行,并不能从根本上解决由于主观因素(如手术经验、医生状态)所带来的误差,借助影像技术及人工智能必然成为新方向。

笔者认为传统评估手段因其快速简便易于掌握的特点仍有普及和改进的意义,对于使用多个临床指标物参数联合评估的方式,在一定程度上提高了预测敏感度,但是特异度随之下降,二者存在动态平衡关系。随着国内复合手术室的推广,现代医学影像学技术将更多地运用到困难气道的管理中,但如何提高预测精度、避免过度预测仍然需要进一步探讨。笔者在查阅文献的过程中发现,目前的研究多为非随机、开放标签的病例对照研究,并且可能存在样本量较小等问题,这可能会导致研究结果存在一定偏倚。

AI技术的发展极大地推动了困难气道管理的研究,虽然目前基于AI技术的困难气道管理研究尚处于起步阶段,存在数据不足、可解释性差、缺乏实践经验等问题,但AI技术的出现为精准评估困难气道提供了一条新路径,未来需要开展更多大样本量的研究,以及补充儿童群体AI模型,并进一步提高算法可解释性。未来的研究和应用方向可以集中在实时监测气道形态变化、检测气道内异物如肿瘤、血块和痰液等,不断随着技术发展形成完善的智能医疗体系。

最后,临床医生必须了解所有预测方式的局限性,并随时准备遵循最适当的算法,以避免由于困难气道管理不善而导致的致病致残或死亡。没有一种测试是完美的,因此,每个麻醉医生都必须

接受严格谨慎的培训,以应付任何意外的插管失败。

**【Author contributions】** HUANG Jia designed the study, performed the experiments and wrote the article. HUANG Haoxian and LU Liji performed the experiments. SHENG Hengwei revised the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

**【Conflict of interest】** The authors declare no conflict of interest.

#### 参考文献

- [1] 潘悦达,王东博,韩德民.我国成人阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患病率的Meta分析[J].医学信息,2019,32(7):73-77+81.
- [2] MEMTSOUDIS S G, COZOWICZ C, NAGAPPA M, et al. Society of Anesthesia and Sleep Medicine Guideline on Intraoperative Management of Adult Patients with Obstructive Sleep Apnea[J]. *Anesth Analg*, 2018, 127(4): 967-987.
- [3] NUCKTON T J, GLIDDEN D V, BROWNER W S, et al. Physical Examination: Mallampati Score as an Independent Predictor of Obstructive Sleep Apnea[J]. *Sleep*, 2006, 29(7): 903-908.
- [4] STUTZ E W, RONDEAU B. Mallampati Score [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
- [5] HEALY D W, LAHART E J, PEOPLES E E, et al. A Comparison of the Mallampati evaluation in neutral or extended cervical spine positions: a retrospective observational study of >80 000 patients[J]. *Br J Anaesth*, 2016, 116(5): 690-698.
- [6] MARKOS Z, MELESE E, GETACHEW L, et al. Comparison of Mallampati test in sitting position and in supine position for prediction of difficult tracheal intubation among adult patients who underwent surgery under general anesthesia at Addis Ababa governmental hospitals 2021, comparative cross-sectional study[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2022, 82: 104711.
- [7] OUCHI K, HOSOKAWA R, YAMANAKA H, et al. Mallampati test with phonation, tongue protrusion and supine position is most correlated with Cormack-Lehane test[J]. *Odontology*, 2020, 108(4): 617-625.
- [8] HARJAI M, ALAM S, BHASKAR P. Clinical Relevance of Mallampati Grading in Predicting Difficult Intubation in the Era of Various New Clinical Predictors [J]. *Cureus*, 2021, 13(7): e16396.
- [9] YEMAM D, MELESE E, ASHEBIR Z. Comparison of modified mallampati classification with Cormack and Lehane grading in predicting difficult laryngoscopy among elective surgical patients who took general anesthesia in Werabie comprehensive specialized hospital-Cross sectional study. Ethiopia, 2021[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2022, 79: 103912.
- [10] PATEL B, KHANDEKAR R, DIWAN R, et al. Validation of modified Mallampati test with addition of thyromental distance and sternomental distance to predict difficult endotracheal intubation in adults[J]. *Indian J Anaesth*, 2014, 58(2): 171-175.
- [11] MAHMOODPOOR A, SOLEIMANPOUR H, GOLZARI S E, et al. Determination of the diagnostic value of the Modified Mallampati Score, Upper Lip Bite Test and Facial Angle in predicting difficult intubation: A prospective descriptive study [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 37: 99-102.
- [12] DE CARVALHO C Í C, DA SILVA D M, LEITE M S, et al. Is Mallampati classification a good screening test? A prospective cohort evaluating the predictive values of Mallampati test at different thresholds[J]. *Braz J Anesthesiol*, 2022, 72(6): 736-741.
- [13] KHETERPAL S, HAN R, TREMPER K K, et al. Incidence and Predictors of Difficult and Impossible Mask Ventilation[J]. *Anesthesiology*, 2006, 105(5): 885-891.
- [14] HIREMATH A S, HILLMAN D R, JAMES A L, et al. Relationship between difficult tracheal intubation and obstructive sleep apnoea[J]. *Br J Anaesth*, 1998, 80(5): 606-611.
- [15] KIM J A, LEE J J. Preoperative predictors of difficult intubation in patients with obstructive sleep apnea syndrome[J]. *Can J Anaesth*, 2006, 53(4): 393-397.
- [16] NAGAPPA M, WONG D T, COZOWICZ C, et al. Is obstructive sleep apnea associated with difficult airway? Evidence from a systematic review and meta-analysis of prospective and retrospective cohort studies[J]. *PLoS One*, 2018, 13(10): e0204904.
- [17] SEET E, CHUNG F, WANG C Y, et al. Association of Obstructive Sleep Apnea with Difficult Intubation: Prospective Multi-center Observational Cohort Study[J]. *Anesth Analg*, 2021, 133(1): 196-204.
- [18] SIYAM M A, BENHAMOU D. Difficult Endotracheal Intubation in Patients with Sleep Apnea Syndrome[J]. *Anesth Analg*, 2002, 95(4): 1098-1102.
- [19] CHUNG F, ABDULLAH H R, LIAO P. STOP-Bang Questionnaire[J]. *Chest*, 2016, 149(3): 631-638.
- [20] TOSHNIWAL G, MCKELVEY G M, WANG H. STOP-Bang and prediction of difficult airway in obese patients[J]. *J Clin Anesth*, 2014, 26(5): 360-367.
- [21] CHUNG F, YEGNESWARAN B, LIAO P, et al. STOP Questionnaire[J]. *Anesthesiology*, 2008, 108(5): 812-821.
- [22] 井凤云,王军,郭向阳.困难气道评估的临床应用进展[J]. *中国微创外科杂志*, 2019, 19(4): 363-366.
- [23] XU M, LI X X, WANG J, et al. Application of a new combined model including radiological indicators to predict difficult airway in patients undergoing surgery for cervical spondylosis[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2014, 127(23): 4043-4048.
- [24] KHAN Z, ARBABI S. Diagnostic value of the upper lip bite test in predicting difficulty in intubation with head and neck landmarks obtained from lateral neck X-ray [J]. *Indian J Anaesth*, 2013, 57(4): 381.
- [25] LIU X, FLANAGAN C, FANG J, et al. Comparative analysis of popular predictors for difficult laryngoscopy using hybrid intelligent detection methods[J]. *Heliyon*, 2022, 8(11): e11761.
- [26] 耿清胜,朱也森.上气道CT三维重建图像评估困难气道的可行性研究[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2006, 4(5): 352-355.
- [27] CHEN W, MA L, SHAO J, et al. Morphological specificity analysis of an image-based 3D model of airway filling in a difficult airway[J]. *BMC Anesthesiology*, 2022, 22(1): 336.
- [28] KOVATCH K J, POWELL A R, GREEN K, et al. Development and Multidisciplinary Preliminary Validation of a 3-Dimensional-Printed Pediatric Airway Model for Emergency Airway Front-of-Neck Access Procedures [J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(2): 445-451.
- [29] TACHIBANA N, NIYAMA Y, YAMAKAGE M. Incidence of cannot intubate-cannot ventilate (CICV): results of a 3-year retrospective multicenter clinical study in a network of university hospitals[J]. *J Anesth*, 2015, 29(3): 326-330.

- [30] ANDRUSZKIEWICZ P, WOJTCZAK J, SOBCZYK D, et al. Effectiveness and Validity of Sonographic Upper Airway Evaluation to Predict Difficult Laryngoscopy [J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(10): 2243-2252.
- [31] SOTOODEHNIA M, KHODAYAR M, JALALI A, et al. Prediction of difficult laryngoscopy/difficult intubation cases using upper airway ultrasound measurements in emergency department: a prospective observational study [J]. *BMC Emerg Med*, 2023, 23(1): 78.
- [32] ACETO P, MODESTI C, PERILLI V, et al. A new score which includes ultrasound-assessed tongue thickness to predict difficult intubation in morbidly obese patients: A prospective observational cohort study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2022, 39(4): 388-390.
- [33] DATE A, BHANUSHALI A. Evaluation of upper lip bite test and thyromental height test for prediction of difficult laryngoscopy: A prospective observational study [J]. *Airway*, 2021, 4(3): 185.
- [34] SELVI O, KAHRAMAN T, SENTURK O, et al. Evaluation of the reliability of preoperative descriptive airway assessment tests in prediction of the Cormack-Lehane score: A prospective randomized clinical study [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 36: 21-26.
- [35] KHAN Z H, KASHFI A, EBRAHIMKHANI E. A Comparison of the Upper Lip Bite Test (a Simple New Technique) with Modified Mallampati Classification in Predicting Difficulty in Endotracheal Intubation: A Prospective Blinded Study [J]. *Anesth Analg*, 2003, 96(2): 595-599.
- [36] HONARMAND A, SAFAVI M, ANSARI N. A comparison of between hyomental distance ratios, ratio of height to thyromental, modified Mallampati classification test and upper lip bite test in predicting difficult laryngoscopy of patients undergoing general anesthesia [J]. *Adv Biomed Res*, 2014, 3: 166.
- [37] IOI H, NAKATA S, NAKASIMA A, et al. Comparison of cephalometric norms between Japanese and Caucasian adults in anteroposterior and vertical dimension [J]. *Eur J Orthod*, 2007, 29(5): 493-499.
- [38] MIYAJIMA K, MCNAMARA J A, KIMURA T, et al. Craniofacial structure of Japanese and European-American adults with normal occlusions and well-balanced faces [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1996, 110(4): 431-438.
- [39] CHANG H P, LIU P H, TSENG Y C, et al. Morphometric analysis of the cranial base in Asians [J]. *Odontology*, 2014, 102(1): 81-88.
- [40] KIM J C, KI Y, KIM J, et al. Ethnic considerations in the upper lip bite test: the reliability and validity of the upper lip bite test in predicting difficult laryngoscopy in Koreans [J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 9.
- [41] 张鹏, 张华, 胡扬喜, 等. 中国人内脏脂肪指数与肥胖合并阻塞性睡眠呼吸暂停的相关性及预测价值. [J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(17): 2210-2214.
- [42] EZRI T, GEWÜRTZ G, SESSLER D I, et al. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue [J]. *Anaesthesia*, 2003, 58(11): 1111-1114.
- [43] ABDEL NAIM H E, MOHAMED S A R, SOAIDA S M, et al. The importance of neck circumference to thyromental distance ratio (NC/TM) as a predictor of difficult intubation in obstructive sleep apnea (OSA) patients [J]. *Egy J Anaesth*, 2014, 30(3): 219-225.
- [44] KIM W H, AHN H J, LEE C J, et al. Neck circumference to thyromental distance ratio: a new predictor of difficult intubation in obese patients [J]. *Br J Anaesth*, 2011, 106(5): 743-748.
- [45] L'HERMITE J, NOUVELLON E, CUVILLON P, et al. The Simplified Predictive Intubation Difficulty Score: a new weighted score for difficult airway assessment [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2009, 26(12): 1003-1009.
- [46] SHAH P, DUBEY K, YADAV J. Predictive value of upper lip bite test and ratio of height to thyromental distance compared to other multivariate airway assessment tests for difficult laryngoscopy in apparently normal patients [J]. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2013, 29(2): 191.
- [47] KROBBUABAN B, DIREGPOKE S, KUMKEAW S, et al. The Predictive Value of the Height Ratio and Thyromental Distance: Four Predictive Tests for Difficult Laryngoscopy [J]. *Anesth Analg*, 2005, 101(5): 1542-1545.
- [48] ETEZADI F, AHANGARI A, SHOKRI H, et al. Thyromental Height: A New Clinical Test for Prediction of Difficult Laryngoscopy [J]. *Anesth Analg*, 2013, 117(6): 1347-1351.
- [49] LANGERON O, CUVILLON P, IBANEZ-ESTEVE C, et al. Prediction of Difficult Tracheal Intubation [J]. *Anesthesiology*, 2012, 117(6): 1223-1233.
- [50] NAGUIB M, SCAMMAN F L, O'SULLIVAN C, et al. Predictive Performance of Three Multivariate Difficult Tracheal Intubation Models: A Double-Blind, Case-Controlled Study [J]. *Anesth Analg*, 2006, 102(3): 818-824.
- [51] EL-GANZOURI A R, MCCARTHY R J, TUMAN K J, et al. Preoperative Airway Assessment: Predictive Value of a Multivariate Risk Index [J]. *Anesth Analg*, 1996, 82(6): 1197-1204.
- [52] BICALHO G P, BESSA Jr. R C, CRUVINEL M G C, et al. A prospective validation and comparison of three multivariate models for prediction of difficult intubation in adult patients [J]. *Braz J Anesthesiol*, 2023, 73(2): 153-158.
- [53] ZHOU C M, XUE Q, YE H T, et al. Constructing a prediction model for difficult intubation of obese patients based on machine learning [J]. *J Clin Anesth*, 2021, 72: 110278.
- [54] ZANG Q, CUI H, GUO X, et al. Clinical value of video-assisted single-lumen endotracheal intubation and application of artificial intelligence in it [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(11): 7643-7652.

(收稿:2023-10-25 编辑:黄月薪)