

# 上气道形态评估与阻塞性睡眠呼吸暂停关系的研究进展

张子奇<sup>1,2</sup>, 王舒泽<sup>1,2</sup>, 张斌<sup>1,2</sup>, 张霞<sup>1,3</sup>, 白晓峰<sup>1,2</sup>

(中国医科大学口腔医学院/中国医科大学附属口腔医院, 1. 辽宁省口腔疾病重点实验室, 2. 口腔颌面外科学教研室, 3. 舒适化口腔治疗中心, 辽宁 沈阳, 110002)

**摘要:** 上气道作为颅颌面重要解剖结构, 呈不规则的管腔状结构, 由不同的软组织和硬组织组成。上气道形态与阻塞性睡眠呼吸暂停密切相关, 本文从上气道的解剖学分区、评估工具与方法、测量与评估内容、上气道形态影响因素等 4 个方面对二者关系展开综述。

**关键词:** 上气道形态; 阻塞性睡眠呼吸暂停; 舌骨; 三维测量; 头影测量; 锥形束计算机断层扫描; 磁共振成像

中图分类号: R 782; R 332.2 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2022)06-139-06 DOI: 10.7619/jcmp.20214708

## Research progress on relationship between upper airway morphological assessment and obstructive sleep apnea

ZHANG Ziqi<sup>1,2</sup>, WANG Shuze<sup>1,2</sup>, ZHANG Bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Xia<sup>1,3</sup>, BAI Xiaofeng<sup>1,2</sup>

(1. Liaoning Provincial Key Laboratory of Oral Diseases, 2. Teaching and Research Section of Oral and Maxillofacial Surgery, 3. Comfortable Oral Treatment Center, College of Stomatology of China Medical University, Stomatological Hospital Affiliated to China Medical University, Shenyang, Liaoning, 110002)

**Abstract:** As an important anatomical structure of craniomaxillofacial region, the upper airway presents an irregular lumen structure, which is composed of different soft and hard tissues. The morphology of upper airway is closely related to obstructive sleep apnea. This paper reviewed the relationship between morphology of upper airway and obstructive sleep apnea from the following four aspects of anatomical division of upper airway, evaluation tools and methods, measurement and evaluation contents, and influencing factors of upper airway morphology.

**Key words:** upper airway morphology; obstructive sleep apnea; hyoid bone; three-dimensional measurement; cephalometry; cone beam computed tomography; magnetic resonance imaging

作为颅颌面的解剖结构, 上气道是以肌肉为主的软性管道, 呈不规则的管腔状结构, 与软腭、舌及舌骨等组织相连, 影响着面部形态和咬合的发育<sup>[1-2]</sup>。上气道解剖形态与阻塞性睡眠呼吸暂停 (OSA) 密切相关, 睡眠期间上气道部分或完全阻塞, 减少或中断了空气流动, 导致氧饱和度下降<sup>[3]</sup>。OSA 表现为嗜睡、打鼾、因喘息或窒息而导致的呼吸中断或觉醒, 每小时睡眠中发生 5 次以上的阻塞性呼吸事件<sup>[4]</sup>。成年男性群体中

OSA 的患病率为 3% ~ 7%, 成年女性为 2% ~ 5%<sup>[5]</sup>。研究<sup>[6]</sup>表明, 与健康人群相比, OSA 患者患高血压病、糖尿病甚至死亡的风险更高, 需及早积极治疗。OSA 病因中, 较为常见的是上气道解剖性狭窄, 即上气道周围骨骼结构异常 (下颌后缩、小颌畸形) 或软组织 (舌头、软腭、扁桃体或咽侧壁) 堆积引起的咽腔狭窄<sup>[7-8]</sup>。上气道形态与阻塞性睡眠呼吸暂停密切相关, 本文从上气道的解剖学分区、评估工具与方法、测量与评估内容、

上气道形态影响因素等 4 个方面对二者关系展开综述。

## 1 上气道解剖学分区

上气道是自颅底至环状软骨,由硬组织与软组织围成的空腔结构。文献中有关上气道形态的测量标准不统一,最显著差异是解剖学边界的制定和对上气道的分区。这些研究<sup>[9-11]</sup>中制定的上界多为硬腭、软腭、咽上端、后鼻棘和第一颈椎,下界多为舌骨、会厌、第三和第四颈椎、胸骨、声带和喉部。这些边界或通过某一点平行于眶耳平面,或为某两点连线。上气道分区的名称、数量和边界也各不相同。PARK S B 等<sup>[12]</sup>将上气道分为鼻咽、口咽和喉咽三段,但是区域划分分别为第一颈椎平面和后鼻棘点-梨骨翼平面之间、第一颈椎平面和第二颈椎平面之间、第二颈椎平面和第四颈椎平面之间。目前,上气道体积还没有严格的规范,这可能是由于上气道体积变化大,取决于头部姿势、骨骼模式、呼吸阶段和所使用的体积区域。

此外,在软件中重建上气道的阈值也并未统一。PANOU E 等<sup>[13]</sup>研究中采用的阈值范围是 -1 024 ~ -526,而 YANG H J 等<sup>[14]</sup>的研究采用的范围是 -1 024 ~ -600。若将以上提到的评估内容制定一个国际通用的标准,就可以横向比较每个人的上气道形态。比较不同地区,不同国家,甚至不同人种的上气道形态将变得更加容易。

## 2 评估工具与方法

### 2.1 X 线头影测量

X 线头影测量技术是一种简单、低成本、无创的方法,辐射剂量低,广泛应用于口腔医学各专业形态学测量<sup>[15]</sup>。该方法通过显示颅颌面部软组织的影像来评估颅面和咽部解剖结构,并已被证明是可重复并且可靠的<sup>[16]</sup>。虽然现有的头影测量技术较清晰,但其拍摄结果为二维图像,仅能显示侧面影像,而且有影像重叠等不利因素干扰测量,进一步的诊断需要与三维图像分析结果结合讨论<sup>[17]</sup>。FROHBERG U 等<sup>[18]</sup>用此方法对比了骨性Ⅲ类错颌畸形患者正颌手术前后的上气道形态,发现了术后上气道小于术前,甚至可能导致 OSA。

### 2.2 计算机断层扫描(CT)与锥形束计算机断层扫描(CBCT)

CT 对软组织及空腔成像清晰并进行三维重建,测量任意截面的距离、横截面积及体积。但 CT 存在辐射大、扫描时间长、会产生金属伪影等

局限性,不适合在口腔科大规模使用。有学者<sup>[19]</sup>证明螺旋 CT 测量与游标卡尺测量结果之间无显著差异。CT 技术已被广泛应用于检测 OSA 患者清醒时的咽部狭窄。不仅如此,CT 还与便携式多导睡眠图(PSG)结合使用。CHOUSANGSUN-TORN K 等<sup>[20]</sup>研究表明,在呼吸暂停发作时使用 CT(结合便携式 PSG)扫描 OSA 患者的上气道,相较清醒状态下能得到更好的与病理相关的解剖和 OSA 图像。

CBCT 被认为是目前最有效、快速、低辐射剂量的方法,这种摄影技术可以发现在二维图像中很难看到的狭窄区域<sup>[21]</sup>。CBCT 空间分辨率高,软组织与空腔对比充分,与 CT 相比辐射剂量较低,在相同质量要求下,CBCT 的辐射剂量仅为 CT 的五分之一。KUMAR V 等<sup>[22]</sup>通过对比 X 线与 CBCT 的测量结果发现,CBCT 对角度(除下颌平面角外)的测量和对距离的测量均与 X 线结果无显著差异,可见 CBCT 可以替代 X 线头影测量进行辅助检查。

### 2.3 磁共振成像(MRI)

MRI 是利用磁共振现象获得的电磁信号来重建人体信息的一种技术。MRI 已被用于评估患者在清醒和睡眠时的咽部组织异常。虽然 MRI 可以提供高分辨率的气道软组织图像,但速度慢且成本高,骨组织成像较差<sup>[20]</sup>。MRI 可以用于分析体积指标,OSA 的解剖特征,实时动态显示上气道塌陷,评估治疗效果<sup>[23]</sup>。GAMALELDIN O 等<sup>[24]</sup>通过 MRI 观测了 15 例 OSA 患者的上气道,观测到塌陷 14 例(93.33%),其中 7 例发生在舌后,另外 7 例合并腭后和舌后塌陷。

### 2.4 内窥镜检查法

内窥镜检查可以观察人体某个体腔内的组织或器官,直观地看到上气道内壁的大小和气流组织的变化,区分正常组织和异常组织,但不能测量和分析观察到的组织且刺激上气道<sup>[25]</sup>。OHATA K 等<sup>[26]</sup>对 4 980 例计划接受上气道内窥镜检查的受试者进行上气道内窥镜检查,289 例被发现喉咽部塌陷。

### 2.5 鼻腔测压法与声反射法

鼻腔测压法常用于评价鼻通气功能,通过测量鼻腔内气体压力和流速,计算鼻阻力。该方法可直接观察气道情况,干扰小,操作简单,但不能测量上气道间隙和组织厚度,并且对受试者上气道刺激显著<sup>[27]</sup>。

声反射法可用于测量鼻腔的形态、横截面积

和体积,具有简单、安全、无创、疼痛少等优点,但易受呼吸和体位的影响<sup>[28]</sup>。

## 2.6 计算机流体力学(CFD)技术

CFD技术通过模拟流体或空气流经特定的管道的方式,分析上气道的气流场特征。CFD不仅可以模拟OSA患者上气道的气流,还可以显示气流特性,如空气速度、压力和壁面剪切应力,直观地定性气流如何通过上气道<sup>[29]</sup>。有研究<sup>[30]</sup>利用有限元分析法对鼻腔的呼吸过程进行数值模拟,发现当实际的吸气速度 $< 25 \text{ m/s}$ 时,计算机流体力学的计算结果与实体的实验结果相同。

## 3 测量和评估内容

### 3.1 上气道体积

通过对上气道的三维重建可以更直观、准确地还原上气道形态。MONTGOMERY W M等<sup>[31]</sup>首次应用CT对上气道进行研究,三维重建可以在任意一个截面进行面积测量。DULTRA F K A A等<sup>[32]</sup>和BUTTERFIELD K J等<sup>[33]</sup>等研究显示,与对照组相比,OSA患者的上气道体积更小。此外,对上气道体积的研究还体现在正畸或正颌治疗后上气道体积的变化方面。

### 3.2 气道最窄处

目前多数文献对上气道形态的评估都是基于对气道最窄处的测量,包括气道最小横截面积(Min-CSA)以及其矢状径(Min-CSA-AP)和水平径(Min-CSA-TV)。有研究<sup>[34]</sup>认为Min-CSA在咽部气道研究中比体积分析更重要,收缩程度是气流阻力的最重要因素。根据SCHENDEL S A等<sup>[35]</sup>的研究,Min-CSA与OSA的发生有关联,因为最小面积越小,呼吸暂停的可能性越大。另有研究<sup>[36]</sup>通过对比OSA组与非OSA组的Min-CSA,发现OSA组气道Min-CSA显著小于非OSA组。

### 3.3 舌骨位置

舌骨作为舌肌的中心固定点,决定了舌体位置。舌骨较低可能是反映了咽部组织所承受的较高压力。另一方面,舌骨的位置可能影响气道通畅,即把舌背和软腭从咽后壁拉出来,以减轻阻塞状况。MOUHANNA-FATTAL C等<sup>[37]</sup>研究发现,OSA组与非OSA组的舌骨距离下颌平面有显著差异。 TSAI H H等<sup>[38]</sup>指出,与软腭和舌背相比,舌骨可能成为区分OSA和对照组的更好指标,因为在X片上硬组织更容易被识别,软腭和舌背有时无法清楚显示。

除以上3个方面外,对上气道测量的内容还

有很多,如上气道的空间长度、软组织厚度等。在DULTRA F K A A等<sup>[32]</sup>的研究中,上气道的空间长度无显著差异。FINDELSTEIN Y等<sup>[39]</sup>利用头测成像技术分析了OSA患者与正常人的腭咽解剖结构,发现OSA患者由于咽后壁和咽部黏膜较厚,咽腔变窄,长度增加,宽度减小。

## 4 上气道形态影响因素

### 4.1 年龄

SCHENDEL S A等<sup>[35]</sup>统计并评估了1300例影像资料,发现上气道的大小和长度从6~20岁持续增加,40岁后迅速减少,可见上气道形态与年龄存在一定相关性。因而在进行上气道的相关研究时,为减小年龄带来的误差,应选择20~40岁上气道形态相对稳定期。

### 4.2 性别

上气道形态与性别的关系存在争议,但目前大部分研究认为上气道形态存在性别差异。上气道的性别差异主要体现在咽气道间隙、舌体大小、软腭大小、舌骨大小及位置等方面。舌骨相对于下颌骨和第三椎骨的位置,男性大于女性(在前方或下方)。尽管与对照组相比,OSA组女性和男性的舌骨位置均较低,但当OSA严重时,舌骨位置的变化在男性和女性之间也存在差异。随着OSA病情的加重,男性患者的舌骨位置变得更低,而女性患者舌骨的位置变得更靠前<sup>[40]</sup>。

虽然研究普遍认为男性在气道清除率方面比女性高,但男性OSA的发生率也比女性高,可能是因为男性颈部特别是在气道周围的脂肪沉积更多,且气道周围肌肉的代偿能力更差,导致男性睡眠时气道更容易塌陷<sup>[41]</sup>。研究<sup>[42]</sup>发现,患有OSA的女性比男性更容易出现疲劳和精力不足的症状,这可能是由于男性对生理嗜睡的感知不太准确。

### 4.3 种族

对于相同年龄、性别和体质量指数(BMI),亚洲人的OSA疾病严重程度高于欧洲人,目前考虑的原因是亚洲人和欧洲人颅面特征的差异<sup>[43]</sup>。XU L Y等<sup>[44]</sup>研究了相同年龄、性别和OSA严重程度上,亚洲中国OSA患者与欧洲冰岛OSA患者上气道解剖的差异,发现中国患者的腭部气道和周围软组织体积较小,但软腭体积较大。

### 4.4 肥胖和颈围

研究<sup>[45]</sup>认为,肥胖可能导致上气道软组织过多,是OSA最危险因素。有研究<sup>[46]</sup>认为肥胖患

者的 OSA 患病率是不肥胖患者的 6 倍。较大的 BMI 和颈围,尤其是男性,是与 OSA 严重程度相关的危险因素<sup>[40]</sup>。

#### 4.5 软组织因素

影响上气道的软组织因素包括腺样体、扁桃体、软腭等,软组织的生理或病理性改变都可能影响上气道形态。研究<sup>[47]</sup>表明,OSA 患者上气道尺寸的变化与腭后间隙的缩小有关,此研究中腭后间隙定义为从软腭到咽后壁的距离,说明上气道尺寸与软腭的尺寸有密切关系。SPRENGER R 等<sup>[48]</sup>实验印证了此结论,认为患者上气道尺寸的最大改变发生在口咽处。

#### 4.6 骨性结构

上气道包括很多骨性结构,这些硬组织的差异性形成不同的颅面部形态。上颌骨和下颌骨发育不全是导致 OSA 严重性的一个因素。这些解剖学上的差异使整个面部综合体更靠近颈椎,从而导致 OSA 受试者的气道空间减小。骨性结构的微小差异也会导致上气道形态的不同,OSA 患者的后鼻棘和第二颈椎之间的距离也 longer。MUTO T 等<sup>[49]</sup>研究发现,下颌隆突能通过影响舌体位置影响上气道大小。在非肥胖人群中,有下颌隆突的患者较没有下颌隆突的患者 OSA 更严重。另一项研究<sup>[50]</sup>发现,下颌隆突组患者低通气指数和呼吸紊乱指数平均值显著高于对照组。

#### 4.7 头位体位

研究认为上气道形态会跟随头位的变化而变化。MUTO T 等<sup>[49]</sup>研究了头位与上气道大小的关系,得出矫正头位对上气道影响的方法。但有研究分析了 OSA 患者上气道尺寸和头位的差异,没有发现头位和上气道体积之间的关联<sup>[51]</sup>。

体位不同,上气道形态也不同。在仰卧位和直立位之间,上气道的形态和舌骨等骨结构位置存在差异,可能会影响气道空间<sup>[52]</sup>。有研究表明上气道 Min-CSA 随着体位的改变而改变,侧卧位舌后间隙的 Min-CSA 大于仰卧位,但仰卧位和侧卧位的腭后间隙无显著差异<sup>[36]</sup>。睡眠时从仰卧位到侧卧位的体位转换可减轻呼吸。这可能由于解剖学上仰卧位时舌和下颌骨被重力拉向后方,使上气道管腔减小,而在侧位时重力的作用减弱<sup>[53]</sup>。

#### 4.8 骨面型

Ⅱ类 1 级错颌畸形可能与阻塞和口呼吸有关,有研究对不同骨面型对象的上气道空间进行评估,研究骨面型与上气道空间的关系。LOPATIENĖ K 等<sup>[54]</sup>发现,下颌骨位置越后缩,上

气道空间就越小。IWASAKI T 等<sup>[55]</sup>通过比较 45 例儿童上气道形态,指出骨性Ⅲ类患者的下咽宽度显著大于骨性Ⅰ类。

综上所述,口颌面软硬组织作为统一的整体,硬组织改变会不同程度影响上气道形态。正畸医生及口腔颌面外科医生制订治疗计划时,要充分考虑治疗方案对患者功能可能造成的障碍或隐患。未来研究应重视制订统一标准,应用医学大数据手段,建立上气道形态数据库,利用人工智能分析气道形态<sup>[56]</sup>。

#### 参考文献

- [1] ABOUDARA C, NIELSEN J, HUANG J C, *et al.* Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(4): 468-479.
- [2] LOPATIENĖ K, BABARSKAS A. Malocclusion and upper airway obstruction[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2002, 38(3): 277-283.
- [3] LAM B, OOI C G C, PEH W C G, *et al.* Computed tomographic evaluation of the role of craniofacial and upper airway morphology in obstructive sleep apnea in Chinese[J]. *Respir Med*, 2004, 98(4): 301-307.
- [4] EPSTEIN L J, KRISTO D, STROLLO P J, *et al.* Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults[J]. *J Clin Sleep Med*, 2009, 5(3): 263-276.
- [5] PUNJABI N M. The epidemiology of adult obstructive sleep apnea[J]. *Proc Am Thorac Soc*, 2008, 5(2): 136-143.
- [6] 中华医学会呼吸病学分会睡眠呼吸疾病学组. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征诊治指南(草案)[J]. *现代实用医学*, 2003, 15(3): 192-195.
- [7] 刘月华. 正畸医生在生命全周期上气道管理中的作用[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2017, 10(2): 65-69.
- [8] SCHWAB R J. Upper airway imaging[J]. *Clin Chest Med*, 1998, 19(1): 33-54.
- [9] LENZA M G, DE O LENZA M M, DALSTRA M, *et al.* An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2010, 13(2): 96-105.
- [10] ALVES M, FRANZOTTI E S, BARATIERI C, *et al.* Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 41(7): 814-819.
- [11] CLAUDINO L V, MATTOS C T, DE OLIVEIRA RUELLAS A C, *et al.* Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: a preliminary study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 143(6): 799-809.
- [12] PARK S B, KIM Y I, SON W S, *et al.* Cone-beam computed tomography evaluation of short- and long-term airway change and stability after orthognathic surgery in patients with Class III skeletal deformities: bimaxillary surgery and mandibular setback surgery[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 41(1): 87-93.

- [13] PANOU E, MOTRO M, ATEŞ M, *et al.* Dimensional changes of maxillary sinuses and pharyngeal airway in Class III patients undergoing bimaxillary orthognathic surgery[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(5): 824-831.
- [14] YANG H J, JUNG Y E, KWON I J, *et al.* Airway changes and prevalence of obstructive sleep apnoea after bimaxillary orthognathic surgery with large mandibular setback[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2020, 49(3): 342-349.
- [15] INGMAN T, NIEMINEN T, HURMERINTA K. Cephalometric comparison of pharyngeal changes in subjects with upper airway resistance syndrome or obstructive sleep apnoea in upright and supine positions[J]. *Eur J Orthod*, 2004, 26(3): 321-326.
- [16] YUCEL A, UNLU M, HAKTANIR A, *et al.* Evaluation of the upper airway cross-sectional area changes in different degrees of severity of obstructive sleep apnea syndrome: cephalometric and dynamic CT study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(10): 2624-2629.
- [17] 宣妙燕, 王红霞, 李婷, 等. X线定位侧位片测量鼾症儿童上气道结构[J]. *温州医科大学学报*, 2014, 44(1): 20-26.
- [18] FROHBERG U, GRECO J M, VAN SICKELS J E. Long-term alternations in the hypopharyngeal respiratory tract after mandibular setback[J]. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir*, 1990, 14(2): 99-103.
- [19] 刘东旭, 王春玲, 刘莉, 等. 颅面部螺旋CT三维线距测量的准确性评价[J]. *上海口腔医学*, 2006, 15(5): 517-520.
- [20] CHOUSANGSUNTORN K, BHONGMAKAPAT T, APIRAK-KITTIKUL N, *et al.* Upper airway areas, volumes, and linear measurements determined on computed tomography during different phases of respiration predict the presence of severe obstructive sleep apnea[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2018, 76(7): 1524-1531.
- [21] ALSUFYANI N A, AL-SALEH M A Q, MAJOR P W. CBCT assessment of upper airway changes and treatment outcomes of obstructive sleep apnoea: a systematic review[J]. *Sleep Breath*, 2013, 17(3): 911-923.
- [22] KUMAR V, LUDLOW J, SOARES CEVIDANES L H, *et al.* In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms[J]. *Angle Orthod*, 2008, 78(5): 873-879.
- [23] CHIFFER R C, SCHWAB R J, KEENAN B T, *et al.* Volumetric MRI analysis pre- and post-Transoral robotic surgery for obstructive sleep apnea[J]. *Laryngoscope*, 2015, 125(8): 1988-1995.
- [24] GAMALELDIN O, BAHGAT A, ANWAR O, *et al.* Role of dynamic sleep MRI in obstructive sleep apnea syndrome[J]. *Oral Radiol*, 2021, 37(3): 376-384.
- [25] HSU P P, TAN B Y B, CHAN Y H, *et al.* Clinical predictors in obstructive sleep apnea patients with computer-assisted quantitative videoendoscopic upper airway analysis[J]. *Laryngoscope*, 2004, 114(5): 791-799.
- [26] OHATA K, SAKAI E J, NAKAO T, *et al.* Efficacy of upper gastrointestinal endoscopic examination to identify patients with obstructive sleep apnea syndrome: a retrospective cross-sectional study[J]. *Digestion*, 2019, 99(3): 252-259.
- [27] 徐袁瑾, 卢晓峰, 张志愿, 等. 上气道压力测定在阻塞性睡眠呼吸暂停综合征定位诊断中的价值[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2004, 2(3): 155-157.
- [28] 刘文君, 赵蕾丽. 声反射技术在测量正常人咽腔中的应用[J]. *青岛医药卫生*, 2003, 35(6): 408-409.
- [29] ZHAO M Y, BARBER T, CISTULLI P, *et al.* Computational fluid dynamics for the assessment of upper airway response to oral appliance treatment in obstructive sleep apnea[J]. *J Biomech*, 2013, 46(1): 142-150.
- [30] RACHMIEL A, SROUJI S, EMODI O, *et al.* Distraction osteogenesis for tracheostomy dependent children with severe micrognathia[J]. *J Craniofac Surg*, 2012, 23(2): 459-463.
- [31] MONTGOMERY W M, VIG P S, STAAB E V, *et al.* Computed tomography: a three-dimensional study of the nasal airway[J]. *Am J Orthod*, 1979, 76(4): 363-375.
- [32] DULTRA F K A A, TAVARES A, DULTRA J A, *et al.* Pharyngeal airspace of asthmatic individuals and those suffering from obstructive sleep apnea syndrome: study by CBCT[J]. *Eur J Radiol*, 2017, 95: 342-348.
- [33] BUTTERFIELD K J, MARKS P L G, MCLEAN L, *et al.* Pharyngeal airway morphology in healthy individuals and in obstructive sleep apnea patients treated with maxillomandibular advancement: a comparative study[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2015, 119(3): 285-292.
- [34] TEPECİK T, ERTAŞ Ü, AKGÜN M. Effects of bimaxillary orthognathic surgery on pharyngeal airway and respiratory function at sleep in patients with class III skeletal relationship[J]. *J Craniofac Surg*, 2018, 46(4): 645-653.
- [35] SCHENDEL S A, JACOBSON R, KHALESSI S. Airway growth and development: a computerized 3-dimensional analysis[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 70(9): 2174-2183.
- [36] KIM W Y, HONG S N, YANG S K, *et al.* The effect of body position on airway patency in obstructive sleep apnea: CT imaging analysis[J]. *Sleep Breath*, 2019, 23(3): 911-916.
- [37] MOUHANNA-FATTAL C, PAPAPOPOULOS M, BOUSERHAL J, *et al.* Evaluation of upper airway volume and craniofacial volumetric structures in obstructive sleep apnoea adults: a descriptive CBCT study[J]. *Int Orthod*, 2019, 17(4): 678-686.
- [38] TSAI H H, HO C Y, LEE P L, *et al.* Cephalometric analysis of nonobese snorers either with or without obstructive sleep apnea syndrome[J]. *Angle Orthod*, 2007, 77(6): 1054-1061.
- [39] FINKELSTEIN Y, WOLF L, NACHMANI A, *et al.* Velopharyngeal anatomy in patients with obstructive sleep apnea versus normal subjects[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2014, 72(7): 1350-1372.
- [40] TSAI H H, HO C Y, LEE P L, *et al.* Sex differences in anthropometric and cephalometric characteristics in the severity of obstructive sleep apnea syndrome[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(2): 155-164.
- [41] 张睿, 卢晓峰, 沈国芳. 成人咽气道的性别差异及其与OSAHS的关系[J]. *临床口腔医学杂志*, 2011, 27(1): 59-62.
- [42] CHERVIN R D. Sleepiness, fatigue, tiredness, and lack of energy in obstructive sleep apnea[J]. *Chest*, 2000, 118(2): 372-379.
- [43] LAM B, IP M S M, TENCH E, *et al.* Craniofacial profile in Asian and white subjects with obstructive sleep apnoea[J].

Thorax, 2005, 60(6): 504-510.

- [44] XU L Y, KEENAN B T, WIEMKEN A S, *et al.* Differences in three-dimensional upper airway anatomy between Asian and European patients with obstructive sleep apnea[J]. *Sleep*, 2020, 43(5): zsz273.
- [45] YOUNG T, PALTA M, DEMPSEY J, *et al.* The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults[J]. *N Engl J Med*, 1993, 328(17): 1230-1235.
- [46] PEPPARD P E, YOUNG T, PALTA M, *et al.* Longitudinal study of moderate weight change and sleep-disordered breathing[J]. *JAMA*, 2000, 284(23): 3015-3021.
- [47] MASCHTAKOW P S L, TANAKA J L O, DA ROCHA J C, *et al.* Cephalometric analysis for the diagnosis of sleep apnea: a comparative study between reference values and measurements obtained for Brazilian subjects[J]. *Dental Press J Orthod*, 2013, 18(3): 143-149.
- [48] SPRENGER R, MARTINS L A C, DOS SANTOS J C B, *et al.* A retrospective cephalometric study on upper airway spaces in different facial types[J]. *Prog Orthod*, 2017, 18(1): 25.
- [49] MUTO T, TAKEDA S, KANAZAWA M, *et al.* The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS)[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2002, 31(6): 579-583.
- [50] AHN S H, HA J G, KIM J W, *et al.* Torus mandibularis affects the severity and position-dependent sleep apnoea in non-obese patients[J]. *Clin Otolaryngol*, 2019, 44(3): 279-285.
- [51] SONNESEN L, PETERSSON A, BERG S, *et al.* Pharyngeal airway dimensions and head posture in obstructive sleep apnea patients with and without morphological deviations in the upper cervical spine[J]. *J Oral Maxillofac Res*, 2017, 8(3): e4.
- [52] VAN HOLSBEKE C S, VERHULST S L, VOS W G, *et al.* Change in upper airway geometry between upright and supine position during tidal nasal breathing[J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2014, 27(1): 51-57.
- [53] CISCAR M A, JUAN G, MARTÍNEZ V, *et al.* Magnetic resonance imaging of the pharynx in OSA patients and healthy subjects[J]. *Eur Respir J*, 2001, 17(1): 79-86.
- [54] LOPATIENĚ K, DABKUTĚ A, JUŠKEVICIŪTĚ V. Vertical and sagittal morphology of the facial skeleton and the pharyngeal airway[J]. *Stomatologija*, 2016, 18(1): 21-25.
- [55] IWASAKI T, HAYASAKI H, TAKEMOTO Y, *et al.* Oropharyngeal airway in children with Class III malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(3): 318. e1-318. e9.
- [56] RYU S, KIM J H, YU H, *et al.* Diagnosis of obstructive sleep apnea with prediction of flow characteristics according to airway morphology automatically extracted from medical images: computational fluid dynamics and artificial intelligence approach[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 208: 106243.

(本文编辑: 吕振宇)

(上接第 138 面)

- [37] 罗权. 针刺联合中药治疗功能性消化不良临床观察[J]. *上海针灸杂志*, 2019, 38(2): 151-155.
- [38] 李立仲, 廖厚秀, 张少辉, 等. 针刺穴位治疗术后胃肠功能障碍 50 例体会[J]. *现代中西医结合杂志*, 2010, 19(36): 4753-4754.
- [39] 王吉文, 张茂. 欧洲危重病医学会关于急性胃肠损伤的定义和处理指南[J]. *中华急诊医学杂志*, 2012, 21(8): 812-814.
- [40] 刘立公, 顾杰. 急病针灸典籍通览[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 132-135.
- [41] 蔡莉娟, 丁学军, 刘文兵, 等. 电针对脓毒症患者胃肠功能障碍的干预作用[J]. *中国中医急症*, 2014, 23(2): 268-270.
- [42] 全爱君, 蔡国锋, 刘凯, 等. 针刺治疗重症肺炎合并胃肠功能障碍疗效观察[J]. *上海针灸杂志*, 2017, 36(3): 287-290.
- [43] 桑怡, 何嘉莹, 何侠垠, 等. 电针对重症急性胰腺炎患者胃肠功能障碍及炎症因子的影响[J]. *浙江中医药大学学报*, 2014, 38(8): 1016-1018.
- [44] 祁相焕, 王绍谦, 张德恩, 等. 电针治疗对危重病患者胃肠功能的影响[J]. *上海针灸杂志*, 2015, 34(10): 917-920.
- [45] 虞意华, 金肖青, 俞迈红, 等. 针灸对老年严重脓毒症患者胃肠功能及胃肠激素影响的临床研究[J]. *中华中医药学刊*, 2015, 33(8): 1953-1956.
- [46] 贺文静. 针刺治疗危重病胃肠功能障碍的临床研究[J]. *中国中医药现代远程教育*, 2016, 14(19): 107-108, 119.
- [47] 刘洋, 江宇泳, 王宪波, 等. 肠功能障碍的中医药治疗进展[J]. *中医药学报*, 2013, 41(6): 87-89.
- [48] 周晓燕, 刘倩倩, 刘珍, 等. 神阙穴贴敷联合常规疗法治疗多发伤后胃肠功能障碍 40 例临床研究[J]. *江苏中医药*, 2021, 53(6): 50-53.
- [49] 孙向宇, 龚正华. 中药神阙穴贴敷配合远红外照射治疗重症患者胃肠功能障碍的疗效观察[J]. *中国中医急症*, 2014, 23(12): 2307-2309.
- [50] 刘婷婷. 穴位贴敷联合针刺治疗危重患者胃肠功能障碍的临床观察[J]. *中医临床研究*, 2018, 10(14): 38-40.
- [51] 官永海, 陈福刚. 中药灌肠结合针刺疗法治疗 ICU 重症感染合并胃肠功能障碍疗效观察[J]. *现代中西医结合杂志*, 2017, 26(9): 967-969.
- [52] 唐晓, 巫文岗, 李军, 等. 中药灌肠结合针刺疗法治疗 ICU 重症感染合并胃肠功能障碍 32 例临床观察[J]. *四川中医*, 2014, 32(5): 115-117.
- [53] 何淑寅. 针刺联合中药灌肠治疗危重患者胃肠功能障碍效果观察[J]. *人民军医*, 2016, 59(2): 171-173.
- [54] 薛微. 对发生胃肠功能障碍的重症患者使用大承气汤加减方进行灌肠的效果探析[J]. *当代医药论丛*, 2019, 17(4): 157-159.
- [55] 郭栋伟, 朱军宝, 张鹏飞, 等. 大承气汤灌肠治疗合并胃肠功能障碍危重症患者的临床效果[J]. *中国当代医药*, 2020, 27(5): 166-169.

(本文编辑: 周娟)