

## 阻塞性睡眠呼吸暂停患者上气道动态 MRI 研究

冯晓瑜, 蒋军广, 刘菊敏, 杨贝贝

**【摘要】 目的:**基于动态 MRI 探讨上气道解剖结构与阻塞性睡眠呼吸暂停(OOSA)严重程度之间的关系。**方法:**将 2019 年 9 月—2021 年 1 月在本院经多导睡眠监测(PSG)确诊的 45 例 OOSA 患者纳入本研究,依据呼吸暂停指数(AHI)将患者分为轻-中度组和重度组。所有患者行动态 MRI 检查,在正中矢状面及横轴面图像上分别测量软腭后区(RP)、舌后区(RG)和会厌后区(EPG)气道的相关解剖学参数。比较 3 个分区之间各项解剖学参数的差异,并分析 OOSA 严重程度与各项参数之间的相关性。**结果:**三个分区的解剖学参数比较,软腭后区气道的最小横截面积和最大横截面积最小,塌陷率最大( $P$  均  $< 0.05$ )。与轻-中度组相比,重度组中软腭的长度、厚度和矢状面积及 3 个分区内气道的塌陷率均较大,三个分区内气道的最小横截面积及其在相应平面上的左右径、前后径均较小( $P$  均  $< 0.05$ )。相关性分析显示软腭的长度和矢状面积、软腭后区侧咽壁和后咽壁的厚度、舌后区侧咽壁的厚度均与呼吸暂停低通气指数(AHI)和血氧饱和度低于 90% 的时间占睡眠时间的百分比( $Ts90\%$ )呈正相关( $0.341 \leq r \leq 0.574$ ,  $P$  均  $< 0.05$ );软腭后区和舌后区气道的最小横截面积及其在相应层面上的左右径、会厌后区的前后径均与 AHI 和  $Ts90\%$  呈负相关( $-0.315 \leq r \leq -0.580$ ,  $P$  均  $< 0.05$ );各区的气道塌陷率均与 AHI 呈正相关( $0.445 \leq r \leq 0.521$ ,  $P$  均  $< 0.05$ ),舌后区和会厌后区的气道塌陷率均与  $Ts90\%$  呈正相关( $0.340 \leq r \leq 0.348$ ,  $P$  均  $< 0.05$ )。多元逐步回归分析显示软腭后区的侧咽壁厚度是  $Ts90\%$  的独立影响因素,颈围和软腭后区气道的左右径是 AHI 的独立影响因素。**结论:**气道解剖结构与 OOSA 严重程度具有显著相关性,气道塌陷率可以提示气道的狭窄程度。软腭后区的上气道最狭窄且最易塌陷,该区的侧咽壁厚度和气道左右径分别是  $Ts90\%$  和 AHI 的独立预测因素。

**【关键词】** 动态磁共振成像;睡眠呼吸障碍;气道解剖学;塌陷率

**【中图分类号】** R445.2;R767.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)08-0971-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.08.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**A study on dynamic MRI of upper airway in patients with obstructive sleep apnea** FENG Xiao-yu, JIANG Jun-guang, LIU Ju-min, et al. Department of Geriatric Respiratory Sleep, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the relationship between the severity of obstructive sleep apnea (OSA) and the anatomical structure of upper airway on dynamic magnetic resonance images. **Methods:** A total of 45 patients who were diagnosed by polysomnography in our hospital from September 2019 to January 2021 were enrolled and divided into the mild-to-moderate group and the severe group according to apnea and hypopnea index (AHI). Dynamic MRI examination was performed on every participant, the anatomic parameters of upper airway in retro-palatal (RP), retroglottal (RG) and epiglottis regions (EG) on the median sagittal and the transverse images were measured and recorded. The differences of the anatomical parameters among the three regions and between the two groups were compared statistically, and the correlation between OSA severity and the airway-related anatomical parameters was analyzed. **Results:** The minimum and maximum cross-sectional areas of airway in the RP region were the smallest among the three regions, while the collapse rate of airway was the largest, the difference was statistically significant (all  $P < 0.05$ ). Compared with the mild-moderate group, the thickness, length and sagittal area of the soft palate, and the airway collapse rate of each re-

作者单位:450052 河南郑州,郑州大学第一附属医院老年呼吸睡眠科

作者简介:冯晓瑜(1997-),女,河南西峡人,硕士研究生,主要从事呼吸及睡眠疾病的研究工作。

通讯作者:蒋军广, E-mail: jgg88@sina.com

基金项目:国家临床重点专科建设基金(国卫办医函[2013]544号)

gion in the severe group were bigger, and the minimum cross-sectional area and corresponding antero-posterior (AP) and left to right (LR) diameters of airway in each region were smaller (all  $P < 0.05$ ). Several anatomical parameters of the airway were positively or negatively correlated with AHI and Ts90%. The length and sagittal area of soft palate, the thickness of lateral pharyngeal wall and posterior pharyngeal wall in retro-palatal region, along with the thickness of lateral pharyngeal wall in retroglottal region were all positively correlated with AHI and Ts90% ( $0.341 \leq r \leq 0.574, P < 0.05$ ), while the minimum cross-sectional area and LR diameter on the corresponding images of airway in retro-palatal and retroglottal regions, and the AP diameter of airway in epiglottis region were negatively correlated with these two ( $-0.315 \leq r \leq -0.580, P < 0.05$ ). The airway collapse rates of the three regions were positively correlated with AHI ( $0.445 \leq r \leq 0.521, P < 0.05$ ), and both the airway collapse rates of the retroglottal and epiglottis regions were positively correlated with Ts90% ( $0.340 \leq r \leq 0.348, P < 0.05$ ). Multivariate stepwise regression analysis demonstrated that the thickness of lateral pharyngeal wall in the retro-palatal region was an independent influencing factor of Ts90%, the neck circumference and LR diameter of airway in the retro-palatal region were independent influencing factors of AHI. **Conclusion:** There is a significant correlation between airway anatomical structure and the severity of OSA, and the collapse rate may indicate the degree of airway stenosis. The upper airway in retro-palatal region is the narrowest part as well as most prone to collapse. The thickness of lateral pharyngeal wall and the LR diameter of airway in retro-palatal region are the independent influencing factors of Ts90% and AHI, respectively.

**【Key words】** Dynamic magnetic resonance; Sleep-disordered breathing; Airway anatomy; Collapse rate

阻塞性睡眠呼吸暂停 (obstructive sleep apnea, OSA) 的常见症状包括打鼾、夜尿多和白天嗜睡等, 对血糖、血脂和血压、肝肾功能、心脏结构和功能、肠道菌群、认知功能以及性功能等均可产生一定的影响, 严重危害患者的身心健康<sup>[1-3]</sup>。上气道解剖结构异常是 OSA 的重要发病机制<sup>[4-5]</sup>, 也是手术治疗的关键靶点, 影像学检查可以客观、有效地评价狭窄部位及其狭窄程度<sup>[6]</sup>, 其中动态 MRI 不仅对软组织显影良好, 而且具有良好的时间分辨率, 可以更直观地显示气道形态在呼吸周期中的实时变化<sup>[7]</sup>。本研究基于此项技术探讨上气道相关解剖结构定量参数的变化与病情严重程度的相关性, 旨在更深入地分析 OSA 的阻塞原因, 为患者的个体化治疗提供更多依据。

## 材料与方 法

### 1. 临床资料

回顾性将 2019 年 9 月—2021 年 1 月因打鼾或失眠等睡眠障碍至我院就诊且符合研究要求的 45 例患者纳入本研究。所有患者符合 OSA 诊断标准且无排除标准的相关情况<sup>[8]</sup>。排除标准: ①患有幽闭恐惧症、体内植入金属物品等 MRI 检查禁忌证; ②患有中枢神经系统疾病如颅内肿瘤、癫痫等; ③明显颅面畸形、鼻中隔偏曲、鼻腔肿物等上气道阻塞性疾病; ④既往确诊 OSA 并经过治疗。

根据呼吸暂停低通气指数 (apnea and hypopnea index, AHI), 将患者分为轻中度组 ( $n = 12, 5 \leq \text{AHI} \leq 30$  次/h) 和重度组 ( $n = 33, \text{AHI} > 30$  次/h)。详细记录患者的基本临床资料, 主要包括性别、年龄、既往史、颈围和体质指数 (body mass index, BMI)。

所有患者接受多导睡眠监测 (polysomnography, PSG)。监测当日日间避免睡眠, 避免使用茶、酒、咖啡及镇静催眠药等, 记录至少 7 h 的睡眠数据, 包括及氧饱和度相关指标 [包括最低血氧饱和度 the lowest arterial oxygen saturation,  $\text{LSaO}_2$ )、平均血氧饱和度 (the mean arterial oxygen saturation,  $\text{MSaO}_2$ )、血氧饱和度小于 90% 的时长占总睡眠时长的百分比 (the percentage of time spent with arterial oxygen saturation below 90% during the total sleep time, Ts90%)、AHI 和最长呼吸暂停时间 (the longest time of apnea, LAT) 等]。

### 2. 动态 MRI 检查方法

使用 Siemens Skyra 3.0T 磁共振扫描仪。受试者在清醒状态下去枕平卧, 嘱其经鼻平静呼吸, 检查过程中避免吞咽、发音及咀嚼。参考既往研究中的分区方法, 将硬腭上缘至会厌根部的这一段气道, 以悬雍垂下缘和会厌上游离缘作为分界, 划分为 3 段, 分别为软腭后区、舌后区和会厌后区<sup>[9]</sup>。在正中矢状面图像上 (图 1a), 分别选取悬雍垂尖端上方 5mm、会厌游离缘上

方 10 mm 和会厌游离缘下方 5 mm 三个层面扫描三个分区的横轴面图像(图 1b~d),每个层面扫描 2 分 15 秒,各获得 200 帧连续动态图像。扫描参数:TR 2.58 ms,TE 48.60 ms,层厚 6.0 mm。在正中矢状面图像上测量软腭的长度、厚度和面积;在横轴面动态 MRI 图像上分别测量 3 个分区内气道的最大和最小横截面积( $S_{\max}$ 、 $S_{\min}$ ),并在最小横截面积的图像上测量气道的左右径和前后径以及侧咽壁和后咽壁的厚度。每个参数由同一医师测量 2 次取平均值。按照公式(1)计算气道塌陷率:

$$\text{塌陷率} = 1 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}} \quad (1)$$

### 3. 统计学方法

使用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。对计量资料进行正态性检验,偏态分布的数据以中位数(上、下四分位数)进行描述,正态分布的数据以均数±标准差进行描述,两组间比较分别采用曼-惠特尼 U 检验和两独立样本  $t$  检验,多组间比较选择克鲁斯卡尔-沃利斯检验;计数资料以率(百分比)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 结果

### 1. 临床资料的比较

表 1 两组 OSA 患者基本临床特征及 PSG 结果的比较

指标	轻中度组	重度组	统计量	$P$ 值
颈围/cm	38.67±1.87	42.03±3.27	3.349 <sup>a</sup>	0.002
BMI/kg/m <sup>2</sup>	27.57±2.26	29.82±4.67	1.596 <sup>a</sup>	0.118
AHI/次/h	14.90(7.00,28.00)	57.00(38.85,75.85)	-5.082 <sup>b</sup>	<0.001
LSaO <sub>2</sub>	82.50%(70.25%,87.25%)	69.00%(61.00%,75.00%)	-2.761 <sup>b</sup>	0.005
Ts90%	0.80%(0.10%,5.03%)	19.60%(7.00%,38.10%)	-3.658 <sup>b</sup>	<0.001
LAT/s	49.18±22.18	72.03±22.93	2.982 <sup>a</sup>	0.005

注:<sup>a</sup>为  $t$  值;<sup>b</sup>为  $Z$  值。

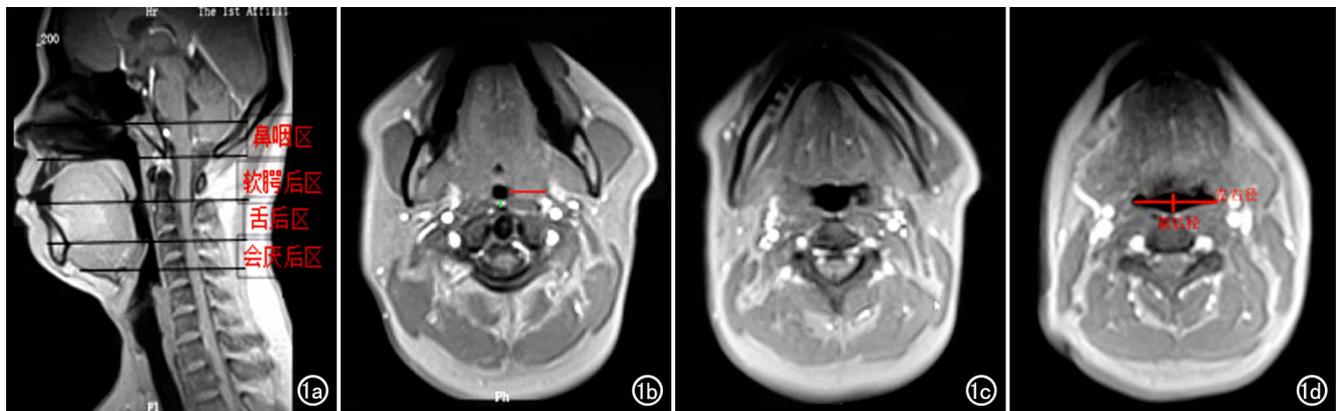


图 1 上气道扫描层面示意图。a)正中矢状面  $T_1$ WI,将硬腭上缘至会厌根部的这一段气道,以悬雍垂下缘和会厌上游离缘作为分界,划分为 3 段,分别称为软腭后区、舌后区和会厌后区;b)软腭后区横轴面图像,其中横向红色线条为侧咽壁厚度(垂直于正中矢状线,气道外侧缘与咽旁脂肪垫内侧缘之间的距离),竖向绿色线条为后咽壁厚度(正中矢状线上,气道后缘与椎骨前缘之间的距离);c)舌后区横轴面图像;d)会厌后区横轴面图像,图中红色线条分别为气道的左右径和前后径。

轻中度 OSA 组年龄为(45.75±11.80)岁,其中 9 例(75.00%)为男性;重度 OSA 组年龄为(47.70±13.61)岁,其中 27 例(81.81%)为男性,两组之间年龄和性别构成的差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两组患者其它临床资料及 PSG 结果的比较见表 1。轻-中度组的颈围、AHI、LAT、LSaO<sub>2</sub> 和 Ts90% 均小于重度组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 2. 动态 MRI 测量参数值的比较

三个分区内气道的解剖学参数动态 MRI 测量值的比较结果见表 2。三个分区之间气道的各项动态 MRI 测量参数值的差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。进一步组间两两比较结果显示:与舌后区和会厌后区相比,软腭后区的  $S_{\max}$ 、 $S_{\min}$ 、左右径和前后径较小,气道塌陷率较大,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。

轻中度组和重度组各分区解剖学参数测量值的比较结果见表 3。重度组中 3 个分区内软腭的长度、厚度和矢状面积均大于轻中度组,重度组三个分区内气道的最小横截面积及相应的左右径、前后径和均小于轻中度组,侧咽壁厚度和塌陷率大于轻-中度组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 3. 相关性分析

上气道解剖学参数和颈围与 Ts90%、AHI 的相

表2 三个分区内气道相关解剖学参数动态MRI测量值的比较

指标	软腭后区	舌后区	会厌后区	H值	P值
侧咽壁厚度/mm	13.34(11.15,15.23) <sup>b</sup>	13.6(11.70,15.89) <sup>b</sup>	9.56(8.36,12.33)	34.081	<0.001
后咽壁厚度/mm	5.28(4.04,6.49)	4.09(3.42,4.80) <sup>a</sup>	4.42(3.64,5.40)	11.163	0.004
S <sub>max</sub> /mm <sup>2</sup>	150.51(97.43,237.19) <sup>b</sup>	295.6(245.65,337.24) <sup>a</sup>	335.45(276.06,445.49)	52.957	<0.001
S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	18.87(0.00,42.41) <sup>b</sup>	91.20(15.28,188.55) <sup>ab</sup>	164.05(91.27,231.14)	43.059	<0.001
左右径/mm	4.04(0.00,7.13) <sup>b</sup>	10.23(3.18,17.36) <sup>ab</sup>	18.23(13.19,21.71)	42.610	<0.001
前后径/mm	3.28(0.00,4.65) <sup>b</sup>	7.95(3.77,10.62) <sup>a</sup>	9.93(6.67,12.98)	44.313	<0.001
气道塌陷率	86.0%(70.0%,100%) <sup>b</sup>	70.00%(35.5%,94.5%) <sup>a</sup>	43.00%(31.5%,78.5%)	24.577	<0.001

注:<sup>a</sup>与软腭后区比较, $P<0.05$ ;<sup>b</sup>与会厌后区比较, $P<0.05$ 。

表3 两组中各分区解剖学参数的动态MRI测量值的比较

解剖参数	轻中度组(n=12)	重度组(n=33)	t/Z值	P值
软腭				
长度/mm	35.28(34.68,37.31)	42.95(39.30,45.97)	-4.582	<0.001
厚度/mm	9.93±1.23	12.06±2.02	-3.421	0.001
矢状面积/mm <sup>2</sup>	292.70(248.66,325.27)	405.06(359.04,437.82)	-4.569	<0.001
软腭后区				
后咽壁厚度/mm	4.71±1.25	5.71±1.97	-1.641	0.108
侧咽壁厚度/mm	10.64(10.18,12.14)	14.03(12.71,15.56)	-3.607	<0.001
S <sub>max</sub> /mm <sup>2</sup>	143.77(108.06,238.35)	156.18(94.08,238.18)	-0.051	0.959
S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	46.90(34.38,71.32)	10.98(0.00,26.24)	-3.531	<0.001
左右径/mm	8.76(6.25,11.38)	3.24(0.00,5.82)	-3.427	0.001
前后径/mm	4.65(3.94,5.19)	2.59(0.00,4.35)	-2.681	0.007
气道塌陷率	66.5%(50.5%,82.0%)	94.0%(79.0%,100%)	-3.152	0.002
舌后区				
后咽壁厚度/mm	4.20±0.82	4.26±1.17	-0.165	0.870
侧咽壁厚度/mm	12.00(11.15,13.20)	14.88(12.64,17.21)	-2.195	0.028
S <sub>max</sub> /mm <sup>2</sup>	325.80(250.84,346.93)	289.59(241.57,329.26)	-0.770	0.441
S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	202.35(105.99,252.12)	38.47(0.00,143.95)	-3.247	0.001
左右径/mm	17.72(8.69,22.42)	8.45(0.00,14.73)	-2.516	0.012
前后径/mm	11.00(8.22,15.17)	6.51(0.00,9.02)	-3.118	0.002
气道塌陷率	40.0%(28.0%,46.5%)	82.00(38.5%,100%)	-2.680	0.007
会厌后区				
后咽壁厚度/mm	3.90(3.27,5.08)	4.50(3.72,5.66)	-1.284	0.199
侧咽壁厚度/mm	8.78±1.00	10.90±3.29	-3.297	0.002
S <sub>max</sub> /mm <sup>2</sup>	310.41(289.13,350.60)	361.31(265.69,483.09)	-1.052	0.293
S <sub>min</sub> /mm <sup>2</sup>	231.14(192.37,285.44)	121.31(76.49,212.53)	-2.953	0.003
左右径/mm	21.44(18.34,24.98)	14.57(10.70,21.45)	3.695	0.001
前后径/mm	12.07(9.87,15.16)	9.34(6.20,11.69)	-2.080	0.038
气道塌陷率	27.5%(13.8%,39.8%)	64.0%(38.0%,85.5%)	-6.016	<0.001

关性分析结果见表4。颈围、软腭长度和矢状面积、软腭后区的侧咽壁和后咽壁厚度、舌后区的侧咽壁厚度和塌陷率、以及会厌后区的塌陷率均与Ts90%和AHI呈正相关( $P<0.05$ );软腭后区和舌后区的S<sub>min</sub>及左右径、会厌后区的前后径均与Ts90%和AHI呈负相关( $P<0.05$ )。

#### 4. 多元逐步回归分析

分别以Ts90%和AHI为因变量,以上述相关性分析结果中与因变量有显著相关性(即 $P<0.05$ )的参数为自变量,进行多元逐步回归分析,结果详见表5。

软腭后区侧咽壁厚度是Ts90%的独立影响因素( $P<0.05$ ),颈围和软腭后区气道的左右径是AHI的独立影响因素( $P<0.05$ )。

## 讨论

OSA的发病机制主要涉及解剖因素和非解剖因

素,多数学者认为上气道解剖学狭窄和睡眠时软组织塌陷度增加是最主要的因素。手术是OSA的重要治疗手段,术前需要明确气道的狭窄平面。动态MRI对软组织显影最佳且具有良好的时间分辨率,在OSA的研究方面具有独特的优势<sup>[10-11]</sup>。Sittitavornwong等<sup>[12]</sup>的研究证实动态MRI可以观察气道狭窄情况,且与经鼻纤维内窥镜检查结果具有显著相关性,表明动态MRI在观察OSA患者气道情况方面具有较高的可信度。本研究中利用动态MRI技术对OSA患者的上气道相关解剖学参数进行了测量,结果显示气道的径线长度及周围软组织的厚度在重度组与轻中度组之间有显著差异,在气道的不同节段(3个分区)之间亦有显著差异,而且部分解剖学参数与AHI具有相关性,其中软腭后区气道的左右径是AHI的独立预测因素。本研究结果表明通过动态MRI检查和解剖学参数的测量,可以在一定程度上反映OSA的严重程度,

表5 Ts90%、AHI与动态MRI测量参数的多元逐步回归分析

因变量	自变量	$\beta$ 值	$t$ 值	$P$ 值	B 值	
					均值	95%CI
Ts90%	RP 侧咽壁厚度	0.412	2.969	0.005	3.535	1.134~5.936
AHI	颈围	0.472	3.882	0.000	4.347	2.087~6.608
AHI	RP 左右径	-0.351	-2.883	0.006	-2.442	-4.152~-0.732

表4 上气道解剖学参数和颈围与Ts90%、AHI的相关性

解剖参数	Ts90%		AHI	
	$r$ 值	$P$ 值	$r$ 值	$P$ 值
颈围	0.480	0.001	0.576	<0.001
软腭				
长度	0.407	0.005	0.556	<0.001
厚度	0.230	0.129	0.385	0.009
矢状面积	0.404	0.006	0.574	<0.001
软腭后区				
后咽壁厚度	0.378	0.011	0.341	0.022
侧咽壁厚度	0.536	<0.001	0.551	<0.001
$S_{max}$	0.000	0.998	0.068	0.657
$S_{min}$	-0.332	0.026	-0.525	<0.001
左右径	-0.354	0.017	-0.580	<0.001
前后径	-0.267	0.077	-0.369	0.013
气道塌陷率	0.249	0.099	0.501	<0.001
舌后区				
后咽壁厚度	0.133	0.385	0.108	0.481
侧咽壁厚度	0.354	0.017	0.344	0.021
$S_{max}$	-0.075	0.624	-0.038	0.806
$S_{min}$	-0.353	0.017	-0.466	0.001
左右径	-0.318	0.033	-0.409	0.005
前后径	-0.291	0.053	-0.416	0.005
气道塌陷率	0.348	0.019	0.445	0.002
会厌后区				
后咽壁厚度	0.258	0.087	0.210	0.166
侧咽壁厚度	0.013	0.930	0.203	0.181
$S_{max}$	0.225	0.137	0.225	0.136
$S_{min}$	-0.240	0.113	-0.399	0.007
左右径	-0.238	0.115	-0.409	0.005
前后径	-0.315	0.035	-0.322	0.031
气道塌陷率	0.340	0.022	0.521	<0.001

在某些无法完成 PSG 的情况下可以协助疾病的诊断。

软腭后区是咽腔最狭窄的部分,是 OSA 患者气道阻塞和塌陷的主要发生部位<sup>[13-14]</sup>。本研究结果也显示软腭后区气道的最大和最小横截面积均小于舌后区和会厌后区,而气道塌陷率则在 3 个分区中最大;回归分析结果显示软腭后区侧咽壁厚度显著正向预测 Ts90%,软腭后区的气道左右径可负向预测 AHI。上述结果表明软腭后区的解剖结构显著影响 OSA 的严重程度和患者夜间睡眠时机体的氧合状态。可能的发生机制有以下几点:①软腭后区缺乏骨性结构附着,容易发生腭垂后坠和咽侧壁软组织向内塌陷,从而引起气道塌陷;②腭咽扩张肌是软腭水平调剂气道口径的重要肌肉,在 OSA 患者中容易被诱发不协调运动,从而易于疲劳,继而难以维持气道扩张<sup>[15-16]</sup>;③OSA 患者腭咽肌表现出不同程度的肌纤维萎缩、明带增宽、线粒体增多和固缩等病理改变<sup>[17]</sup>;④OSA 患者腭咽组织中脂质浸润可能是导致睡眠时咽部塌陷的重要原

因<sup>[18]</sup>。然而气道最狭窄的部分不一定随着呼吸运动产生较大变化,在 OSA 的发生中可能并不是发挥主要作用的,因此我们还应该考虑气道的顺应性。

以往有研究采用咽腔顺应性[(平静呼吸时横截面积-Muller 动作时横截面积)/平静呼吸时横截面积]这一指标来评价气道塌陷程度<sup>[19-20]</sup>,但在测量气道横截面积时随机选择某一个呼吸周期,误差较大且可重复性较低。本研究利用动态磁共振时间分辨率高的特点,在长达 135 秒的呼吸运动过程中动态测量某一层面气道的横截面积,取其中的最大值和最小值计算得到气道的塌陷率,这是一个反映气道狭窄程度和顺应性的新指标。本研究结果显示软腭后区、舌后区和会厌后区的气道塌陷率均与 AHI 显著相关,表明塌陷率可以作为反映气道狭窄程度及评估 OSA 严重程度的参考指标。

Schwab 等<sup>[21]</sup>的研究结果显示侧咽壁厚度是 OSA 的独立危险因素,本研究结果显示软腭后区和舌后区的侧咽壁厚度与 Ts90% 和 AHI 均呈显著正相关,且软腭后区侧咽壁厚度是 Ts90% 的主要预测因素,表明侧咽壁厚度不仅与 OSA 严重程度相关,还能够影响患者夜间氧合状态。因此临床中某些难以耐受多导睡眠监测、或因为整夜睡眠监测耗时太多的患者,可以通过影像学检查测量该指标来初步评估患者在夜间的氧合状态。

本研究存在一定的局限性:首先,样本量较少且为单中心的研究;其次,本研究中动态 MRI 检查是在患者清醒状态下进行的,但由于意识状态、神经-体液因素等引起的肌肉紧张度改变,睡眠过程中发生呼吸暂停与清醒状态下比较,各阻塞平面的截面积是存在差异的<sup>[22]</sup>。利用动态 MRI 探索睡眠状态下呼吸暂停时气道的影像特点及其与清醒状态的差异,将是我们今后的研究方向之一。

综上所述,动态 MRI 测量的上气道解剖学数据与 OSA 严重程度密切相关,在临床诊断和治疗方案选择中应重视上气道尤其是软腭后区的解剖特征。气道塌陷率是一个反映气道狭窄程度和顺应性的新概念,在未来的临床研究和诊疗中可能有较高的应用价值。

#### 参考文献:

- [1] Cho JW, Duffy JF. Sleep, sleep disorders, and sexual dysfunction [J]. World J Mens Health, 2019, 37(3): 261-275.

- [2] Dissanayake HU, Bin YS, Ucak S, et al. Association between autonomic function and obstructive sleep apnea; a systematic review [J/OL]. *Sleep Med Rev*, 2021, 57; e101470. DOI: 10. 1016/j. smrv. 2021. 101470.
- [3] Veasey SC, Rosen IM. Obstructive sleep apnea in adults[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(15):1442-1449.
- [4] Eckert DJ. Phenotypic approaches to obstructive sleep apnoea——new pathways for targeted therapy[J]. *Sleep Med Rev*, 2018, 37: 45-59. DOI:10. 1016/j. smrv. 2016. 12. 003.
- [5] Zinchuk AV, Gentry MJ, Concato J, et al. Phenotypes in obstructive sleep apnea; a definition, examples and evolution of approaches[J]. *Sleep Med Rev*, 2017, 35: 113-123. DOI: 10. 1016/j. smrv. 2011. 0002.
- [6] 矫娜, 孔祥泉. 影像学检查在阻塞性睡眠呼吸暂停综合征中的应用[J]. *放射学实践*, 2006, 21(4):419-421.
- [7] Volner K, Chao S, Camacho M. Dynamic sleep MRI in obstructive sleep apnea; a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2022, 279(2):595-607.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会睡眠呼吸障碍学组. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征诊治指南(2011年修订版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2012, 35(1):9-12.
- [9] 何瑜, 刘启榆, 王杰, 等. MSCT 对 OSAHS 患者上气道多平面狭窄的评估[J]. *放射学实践*, 2012, 27(5):509-511.
- [10] Huon LK, Liu SY, Shih TT, et al. Dynamic upper airway collapse observed from sleep MRI; BMI-matched severe and mild OSA patients[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2016, 273(11):4021-4026.
- [11] Feng Y, Keenan BT, Wang S, et al. Dynamic upper airway imaging during wakefulness in obese subjects with and without sleep apnea[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 198(11):1435-1443.
- [12] Sittitavornwong S, Waite PD. Imaging the upper airway in patients with sleep disordered breathing[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2009, 21(4):389-402.
- [13] Zerpa ZV, Carrasco LM, Agostini PG, et al. Drug-induced sedation endoscopy versus clinical exploration for the diagnosis of severe upper airway obstruction in OSAHS patients [J]. *Sleep Breath*, 2015, 19(4):1367-1372.
- [14] Soares D, Folbe AJ, Yoo G, et al. Drug-induced sleep endoscopy vs awake Muller's maneuver in the diagnosis of severe upper airway obstruction[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 148(1):151-156.
- [15] 黄轶, 周永. 软腭与阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征的关系[J]. *医学综述*, 2010, 16(11):1708-1711.
- [16] Whyte A, Gibson D. Imaging of adult obstructive sleep apnoea [J/OL]. *Eur J Radiol*, 2018, 102: e176-e187. DOI: 10. 1016/j. ejrad. 2018. 03. 010.
- [17] 李玉晓, 何晓光, 宋金玲, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患者腭咽肌的病理变化[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2007, 42(1):53-57.
- [18] 刘蓉蓉, 姬长友. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患者腭咽组织病理学观察[J]. *临床耳鼻咽喉科杂志*, 2006, 20(9):388-390.
- [19] 李树华, 石洪金, 赵海涛, 等. 上呼吸道形态功能与阻塞性睡眠呼吸暂停综合征关系的病例对照研究[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2002, 25(7):417-420.
- [20] 杨阳, 刁楠, 史河水, 等. OSAHS 患者上气道形态与顺应性改变的 MSCT 研究[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2019, 33(3):246-250.
- [21] Schwab RJ, Gupta KB, Gefter WB, et al. Upper airway and soft tissue anatomy in normal subjects and patients with sleep-disordered breathing. Significance of the lateral pharyngeal walls[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995, 152(5 Pt 1):1673-1689.
- [22] 谭健, 陈伟, 胡姚, 等. 诱导睡眠后上气道阻塞部位的 CT 定位对阻塞性睡眠呼吸暂停患者病情及其手术疗效的评估价值[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2021, 35(8):683-688.

(收稿日期:2023-01-17 修回日期:2023-05-10)