

## 论著

# CT Assessment of the Effects of Obstructive Sleep Apnea on the Thoracic Aorta and Main Pulmonary Artery\*

CHANG Hai-ting<sup>1,2,\*</sup>, YUE Jun-yan<sup>1,\*</sup>, ZHANG Xiao-yan<sup>3</sup>, JIA Hui-ru<sup>3</sup>, LI Xiang-fei<sup>4</sup>, WENG Jun<sup>5</sup>.

1. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453000, Henan Province, China

2. Department of Medical Technology, Yuncheng Nursing Vocational College, Yuncheng 044000, Shanxi Province, China

3. Department of Medical Imaging, Shanxi Incaier General Hospital, Yuncheng 044000, Shanxi Province, China

4. Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, Shanxi Incaier General Hospital, Yuncheng 044000, Shanxi Province, China

5. Department of Respiratory Medicine, Kailuan General Hospital, Tangshan 063001, Hebei Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the effects of CT in the evaluation of obstructive sleep apnea (OSA) on thoracic aorta and pulmonary aorta. **Methods** The AA, DTA, and MPA of 60 OSA patients within one year before and after CT scan were reviewed for univariate and multivariate analyses, and 22 participants without comorbidities were analyzed and divided into subgroups based on sleep parameters and compared between subgroups. **Results** In all OSA patients, the logarithm of time with oxygen saturation below 90% (CT90) significantly predicted the size of AA and MPA ( $P<0.05$ ). In patients without comorbidities, oxygen desaturation index and minimum oxygen saturation were moderately correlated with the size of AA and DTA ( $P<0.01$ ). In this group, individuals with an oxygen saturation decline index greater than 30 or a minimum oxygen saturation of less than 81% had larger AA and DTA sizes ( $P<0.05$ ). **Conclusion** In OSA patients, the duration of oxygen saturation below 90% affects the size of AA and MPA. In patients without comorbidities, oxygen desaturation index and minimum oxygen saturation were moderately correlated with the size of AA and DTA. Among participants without comorbidities, individuals with an oxygen saturation decline index greater than 30 or a minimum oxygen saturation of less than 81% had greater AA and DTA.

**Keywords:** Obstructive Sleep Apnea; CT Evaluation; Thoracic Aorta; Pulmonary Aorta

阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)特征是在睡眠期间上呼吸道完全或部分塌陷的反复发作，导致氧饱和度下降和/或觉醒<sup>[1]</sup>。它与心血管并发症的风险增加有关，但对胸主动脉大小的影响仍然颇具争议<sup>[2]</sup>。先前已报道睡眠呼吸暂停症严重程度与主动脉瘤(AA)大小之间存在正相关；然而，这些结果与其他研究者的发现不一致。方法学限制和队列研究的异质性可能导致这种差异，特别是包括接受OSA治疗或有重要合并症的患者、使用不同的睡眠变量和OSA定义标准，以及应用不同的血管测量解剖标志<sup>[3]</sup>。此外，先前的研究没有调查下行胸主动脉(DTA)和主肺动脉(MPA)可能也受OSA影响<sup>[4]</sup>。事实上，肺动脉高血压的高发生率是OSA可能对MPA产生影响的线索。在患有OSA的患者中，肺动脉高血压通常较轻，但在33%的病例中可能严重，正如一些病例报告中所述代表了主动脉瘤发展的潜在危险因素<sup>[5]</sup>。考虑到这些因素，我们研究的目的是探究CT评估阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)对胸主动脉和主肺动脉影响。

## 1 资料与方法

**1.1 研究资料** 回顾性研究2022年5月至2024年5月期间收治的60例未经治疗的OSA患者，研究符合赫尔辛基宣言及其后修订的伦理标准，其中包括有非急性心血管和代谢共病参与者(如高血压、2型糖尿病、慢性阻塞性肺疾病(COPD)以及心肌梗塞、瓣膜性心脏病和心力衰竭的病史)。此外，我们还选择了22例无任何共病的亚组患者进行深入分析。

**排除标准：**呼吸暂停-低通气指数(AHI)<5次/小时，中枢性睡眠呼吸暂停，睡眠呼吸暂停治疗，胸部CT检查时存在明显的心脏或肺部合并症，在AA测量部位存在过多运动伪影，缺乏关于患者合并症的完整信息，CT切片重建厚度>3毫米。患者中位年龄为65.5岁，大多数患者超重(35%)、肥胖(20%)或极度肥胖(23%)，40例男性，20例女性。对比两个有合并症和没有合并症的亚组，在年龄、性别、体表面积和睡眠参数方面没有显著差异。

**1.2 影像学研究方法** 睡眠记录按照标准准则进行评分，考虑到以下指标：呼吸暂停低通气指数(AHI)、氧饱和度下降指数(ODI)、90%以下氧饱和度的时间百分比(CT90)、平均夜间血氧饱和度(meanSaO<sub>2</sub>)和最低夜间血氧饱和度(minimumSaO<sub>2</sub>)。SaO<sub>2</sub>记录通过视觉检查以排除可能的伪差，呼吸暂停被定义为气流中断至少10秒；而当满足以下三个标准时，呼吸事件被记为低通气：气流下降相对于事件前基线流量≥30%，气流下降持续时间≥10秒，以及与事件前基线相比氧饱和度下降超过3%<sup>[6]</sup>。

## 阻塞性睡眠呼吸暂停对胸主动脉和主肺动脉影响的CT评估研究\*

常海婷<sup>1,2</sup> 岳军艳<sup>1,\*</sup> 张晓艳<sup>3</sup>贾慧茹<sup>3</sup> 李向飞<sup>4</sup> 瓮军<sup>5</sup>

1. 新乡医学院第一附属医院放射科

(河南 新乡 453000)

2. 运城护理职业学院医学技术系

(山西 运城 044000)

3. 山西盈康一生总医院医学影像科

(山西 运城 044000)

4. 山西盈康一生总医院耳鼻咽喉头颈

外科 (山西 运城 044000)

5. 开滦总医院呼吸科 (河北 唐山 063001)

**【摘要】目的** 探究CT评估阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)对胸主动脉和肺主动脉影响。**方法** 回顾60名OSA患者CT扫描前后一年内的AA、DTA和MPA，进行单变量和多变量分析，并对22名无合并症的参与者进行分析，后者根据睡眠参数分为亚组，并在亚组间进行比较。**结果** 所有OSA患者中，氧饱和度低于90%的时间的对数(CT90)显著预测了AA和MPA的大小( $P<0.05$ )。在无合并症的患者中，氧饱和度下降指数和最低氧饱和度与AA和DTA的大小有中等程度的相关性( $P<0.01$ )。在这一组中，氧饱和度下降指数大于30或最低氧饱和度小于81%的个体具有更大的AA和DTA尺寸( $P<0.05$ )。**结论** 在OSA患者中，氧饱和度低于90%的时间影响AA和MPA的大小。在无合并症的患者中，氧饱和度下降指数和最低氧饱和度与AA和DTA的大小有中等程度的相关性。无合并症的参与者中，氧饱和度下降指数大于30或最低氧饱和度小于81%的个体具有更大的AA和DTA。

**【关键词】** 阻塞性睡眠呼吸暂停；CT评估；胸主动脉；肺主动脉

【中图分类号】 R322.3+5

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省2024年度医学科学  
研究课题计划(20242166)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.031

【第一作者】 常海婷，女，主治医师，主要研究方向：头颈部、胸部影像诊断。E-mail: 279043616@qq.com

【通讯作者】 岳军艳，女，副主任医师，主要研究方向：头颈部、胸部及骨肌系统影像诊断。E-mail: yuejunyan@126.com

所有胸部CT检查扫描参数范围如下：管电压=100–140kVp；管电流=250–550mA，螺距=0.4–1.5。切片重建厚度=0.63–3毫米；重建切片间隔=0.63–3毫米。在所有CT检查中，可以明确地测量主动脉弓、胸主动脉和肺动脉的直径。根据其他先前的研究，计算了AA、DTA和MPA的直径。对于每位患者，通过使用针对纵隔结构优化的窗口，在肺动脉干分叉水平识别一个轴向切片。由于AA通常不垂直于标准平面，使用多平面重建来获得血管的真实横截面，然后进行CT测量<sup>[7]</sup>。测量了外主动脉壁的前后和左右两个尺寸，并记录了毫米的平均值<sup>[21]</sup>。在同一水平上，应用类似的技术来测量DTA和MPA的尺寸。

**1.3 统计学方法** 所有数据分析均使用R软件1.1.4.63和SPSS 25进行。P值小于0.05被认为具有统计学显著性。对于所有OSA患者，包括无合并症的亚组，使用Spearman相关系数的单变量线性分析来探究血管尺寸(AA、DTA和MPA)与睡眠参数(AHI、ODI、CT90、平均SaO<sub>2</sub>和最低SaO<sub>2</sub>)或人口统计学参数(年龄和BSA)之间的可能关系。对于二元变量(性别、高血压、2型糖尿病和COPD)，我们采用了逻辑回归分析。为了确定独立因素，我们应用了逐步多元线性回归模型的多变量分析，使用Mann-Whitney U检验比较连续变量，使用Fisher精确检验比较二元变量，以分析不同睡眠参数的个体差异<sup>[19]</sup>。

## 2 结 果

**2.1 数据标准化方法示例分析** 具体如图1所示，为消除其他混杂因素的影响并确定预测血管尺寸的独立变量，我们进行了多元分析，包括AHI、ODI、CT90、平均SaO<sub>2</sub>、最低SaO<sub>2</sub>、年龄、BSA、性别、系统性高血压、糖尿病和COPD。散点图分析显示，血管变量与睡眠参数之间存在对数关系，特别是主肺动脉大小与CT90值<sup>[22]</sup>。在线性回归模型中用CT90的对数替换CT90后，分析结果为：对数CT90(B=1.21, P=0.033)除了年龄(B=0.12, P=0.036)之外，可以预测MPA的大小。此外，AA的大小由对数CT90(B=1.01, P=0.035)和年龄(B=0.17, P<0.001)预测。DTA的大小由年龄(B=0.13, P<0.001)、男性性别(B=1.74, P=0.03)和BSA(B=3.65, P=0.039)预测，与睡眠变量无显著关联<sup>[24]</sup>。

**2.2 患有OSA但无合并症的患者分析** 具体如图2所示，汇总了每种血管大小(主动脉直径、颈总动脉内径和主肺动脉内径)与年龄、男性性别、BSA、AHI、ODI、CT90、平均血氧饱和度和最低血氧饱和度之间显著相关的数据。最强的相关性出现在ODI与AA和DTA之间，以及最低血氧饱和度与AA和DTA之间<sup>[20]</sup>。

**2.3 OSA患者无合并症参数比较** 具体如图3所示，不同ODI或最低SaO<sub>2</sub>的组在年龄、性别、体表面积和中主动脉直径方面相似。ODI>30的组和最低SaO<sub>2</sub><81的组的主动脉和颈总动脉直径较大，且其他睡眠参数的值也较高<sup>[23]</sup>。

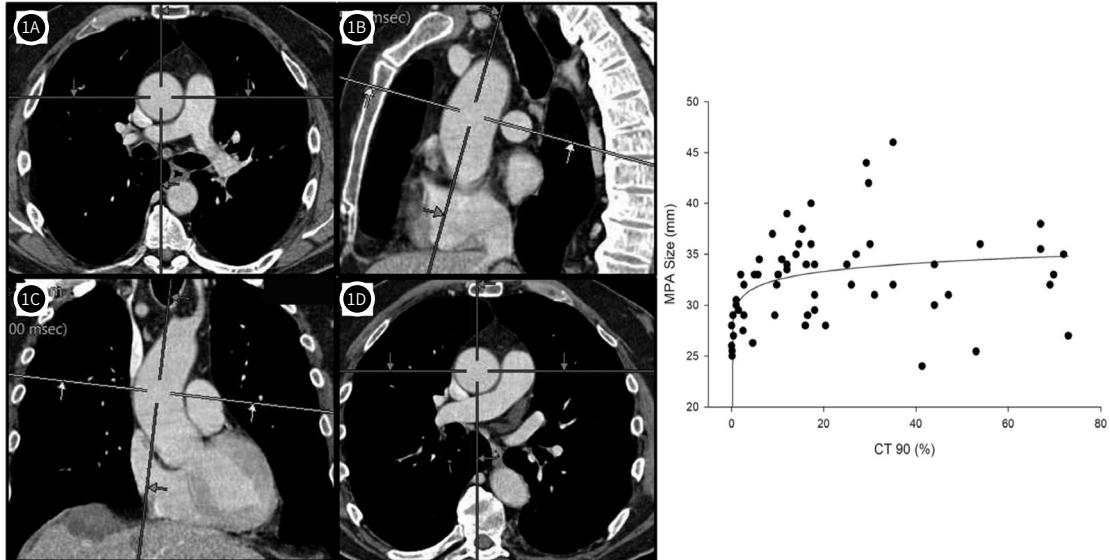


图1A–图1D 数据标准化方法示例及主肺动脉(MPA)大小与饱和度<90%的时间百分比(CT90)的散点图分析。(1A) 第一步是在主肺动脉分叉处可视化轴平面。(1B–1C) 分别沿矢状和冠状重建校正平面。(1D) 血管测量平面。

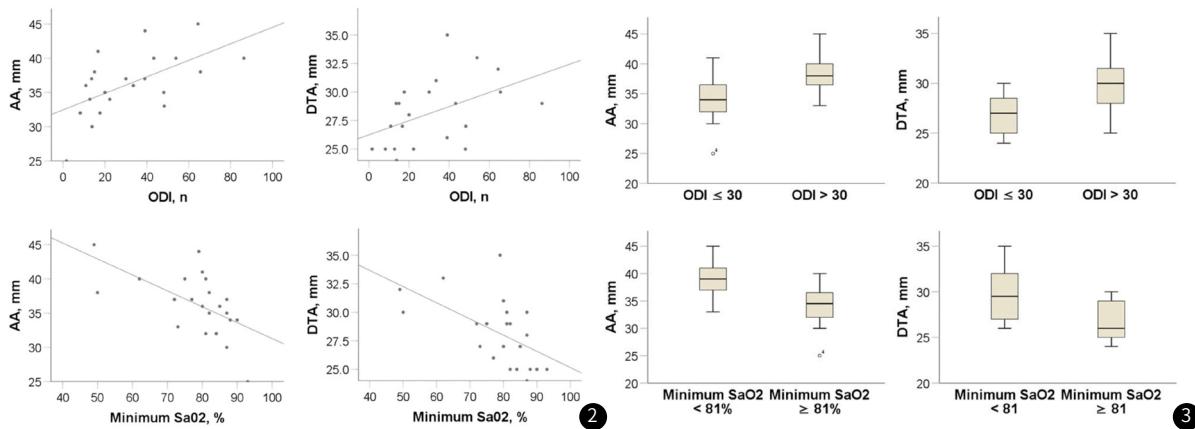


图2 根据ODI和最低SaO<sub>2</sub>绘制的AA和DTA尺寸的散点图。AA=升主动脉，DTA=下行胸主动脉，SaO<sub>2</sub>=夜间氧饱和度。

图3 在患有阻塞性睡眠呼吸暂停症的患者中显示的AA和DTA箱图。上：无合并症且ODI小于或等于30以及大于30的患者。下：夜间血氧饱和度低于81和不低于81的患者。

### 3 讨 论

本研究多元回归分析表明CT90的对数预测了AA和MPA的大小。睡眠变量对胸部大血管尺寸的影响在OSA患者且没有并发症的亚组中得到了确认。在这个组中, ODI>30或最低SaO<sub>2</sub><81的患者AA和DTA的尺寸更大, 因为主动脉扩张可能演变为动脉瘤, 增加破裂或夹层的风险<sup>[8]</sup>。最近研究证实<sup>[9]</sup>, 与一般人群相比, OSA患者动脉夹层的风险更高, 而胸主动脉瘤患者中OSA的患病率更高。在整个队列和无并发症的参与者中, 与血管尺寸相关的睡眠变量直接依赖于血氧饱和度下降, 这表明低氧可能在血管重塑中发挥关键作用<sup>[10]</sup>。

本研究认为, 在所有OSA患者中, MPA的大小由CT90的对数值预测, 但在无并发症的OSA患者亚组中未观察到与睡眠变量的关联。一种可能的解释是, MPA的大小可能受到与OSA相关的心血管和肺部并发症的影响, 而不是通过胸内负压变化和全身炎症的机制直接由OSA本身引起<sup>[11]</sup>。由于并发症经常出现在OSA更严重阶段的患者中, 我们也可以预期这些患者有更大的MPA<sup>[12]</sup>。分析主动脉扩张的患者带来了有趣的考虑。在38名伴有并发症的OSA患者中有14名(36%)和22名无并发症的OSA患者中有6名(27%)的主动脉直径大于40毫米。与6名无并发症的患者相比, 14名有并发症的参与者具有较不严重的睡眠参数。在有并发症的OSA患者中, 中位AHI、ODI、CT90、平均SaO<sub>2</sub>和最低SaO<sub>2</sub>分别为33.3、31.7、17.6、91.6和81; 而在无并发症的OSA患者中, 相同的睡眠参数分别为55.8、48.6、22.9、90.6和77。这种差异可能表明有并发症的患者存在早期的主动脉重塑<sup>[13]</sup>。我们发现的睡眠参数与主动脉大小的关联与先前研究的结果一致, 但与其他一些作者的结论相反<sup>[14]</sup>。有研究没有考虑到一些患者正在接受OSA治疗, 导致低估了这些个体疾病的严重程度<sup>[15]</sup>。其他研究没有进行多变量分析以考虑可能影响主动脉直径的重要因素(如年龄、BSA或BMI和性别)<sup>[16]</sup>。在一项研究中<sup>[17]</sup>, 研究人群是急性心肌梗死患者, 这种并发症可能影响主动脉根部的测量。在先前的研究工作中考虑了不同的解剖标志, 并且由于经常使用超声心动图来测量血管, 因此缺乏关于DTA和MPA信息<sup>[18]</sup>。我们的研究还有两个创新点。首先, 我们使用CT方法评估主动脉、DTA和MPA<sup>[19]</sup>。其次, 我们选择了无并发症的OSA患者并单独进行了分析<sup>[20]</sup>。由于OSA是一种复杂的疾病, 并与多种并发症相关, 这种类型的分析对于评估这种状况单独或与并发症一起对大胸腔血管的不同影响至关重要<sup>[1]</sup>。

总而言之, CT90可能对OSA患者中AA和MPA的大小产生影响。而在无并发症的患者亚组中, ODI和最低SaO<sub>2</sub>与AA和DTA的大小有中等程度的相关性。结果表明, 无并发症且ODI大于30或最低SaO<sub>2</sub>低于81的患者, 其AA和DTA大于分别具有ODI小于等于30或SaO<sub>2</sub>大于等于81的患者。然而, 年龄、性别和BSA在两组之间并未显示出显著差异。

### 参考文献

- [1]Shah N, Reid M, Mani V, et al. Sleep apnea and carotid atherosclerosis in the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA): leveraging state-of-the-art vascular imaging[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2023, 39(3): 621-630.
- [2]Lee G, Dharmakulaseelan L, Muir R T, et al. Obstructive sleep apnea is associated with markers of cerebral small vessel disease in a dose-response manner: a systematic review and meta-analysis[J]. Sleep Med Rev, 2023, 68: 101763.
- [3]Carvalho D Z, McCarter S J, St L E, et al. Association of polysomnographic sleep parameters with neuroimaging biomarkers of cerebrovascular disease in older adults with sleep apnea[J]. Neurology, 2023, 101(2): e125-e136.
- [4]向小均, 刘水. 尘肺合并肺部感染患者多层螺旋CT影像学表现与呼吸参数指标的相关性[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(8): 45-48.
- [5]胡苏衡, 张浩, 谢东升, 等. 肺CT联合血清Copeptin、sTREM-1检测对COPD合并II型呼吸衰竭患者疗效评估及预后价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(11): 70-73.
- [6]Ulualp S O, Kezirian E J. Advanced diagnostic techniques in obstructive sleep apnea[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2024, 57(3): 371-383.
- [7]Darquenne C, Theilmann R J, Rivoalen I, et al. Upper airway imaging and function in obstructive sleep apnea in people with and without HIV[J]. J Appl Physiol (1985), 2024, 136(2): 313-321.
- [8]Gonzalez K A, Tarraf W, Stickel A M, et al. Sleep duration and brain MRI measures: Results from the SOL-INCA MRI study[J]. Alzheimers Dement, 2024, 20(1): 641-651.
- [9]Ulualp S O, Kezirian E J. Advanced Diagnostic Techniques in Obstructive Sleep Apnea[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2024.
- [10]Hegde N, Singh A. Anesthetic Consideration in Pierre Robin Sequence[J]. 2024.
- [11]Lin S, Lin X, Chen S, et al. Association of MRI Indexes of the perivascular space network and cognitive impairment in patients with obstructive sleep apnea[J]. Radiology, 2024, 311(3): e232274.
- [12]Kim J, Lee H J, Lee D A, et al. Cerebellar volumes and the intrinsic cerebellar network in patients with obstructive sleep apnea[J]. Sleep Breath, 2024, 28(1): 301-309.
- [13]Roy B, Kumar R, Sarovich S D, et al. The role of the glymphatic system in perioperative neurocognitive disorders[J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2024.
- [14]Gonzalez K A, Tarraf W, Stickel A M, et al. Sleep duration and brain MRI measures: results from the SOL-INCA MRI study[J]. Alzheimers Dement, 2024, 20(1): 641-651.
- [15]Tall P, Qamar M A, Rosenzweig I, et al. The Park Sleep subtype in Parkinson's disease: from concept to clinic[J]. Expert Opin Pharmacother, 2023, 24(15): 1725-1736.
- [16]Ghaderi S, Mohammadi S, Mohammadi M. Obstructive sleep apnea and attention deficits: a systematic review of magnetic resonance imaging biomarkers and neuropsychological assessments[J]. Brain Behav, 2023, 13(11): e3262.
- [17]Cavallari M, Dubost F, Guttmann C, et al. Editorial: enlarged perivascular spaces: etiology and significance[J]. Front Neurosci, 2023, 17: 1321691.
- [18]Ishman S L, Mastro S, Schwartz S, et al. Expert consensus statement: management of pediatric persistent obstructive sleep apnea after adenotonsillectomy[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2023, 168(2): 115-130.
- [19]张媛媛, 刘静静, 冉云彩, 等. 流程式呼吸训练结合科勒效应在钆塞酸二钠磁共振增强扫描患者中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(8): 49-52.
- [20]袁勇, 张慧欣, 金东生. 肥胖对自由呼吸全心冠脉无造影剂MRA成像的影响[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(12): 79-80.
- [21]丁波, 张佳宁, 温红侠. 阻塞性睡眠呼吸暂停患儿的脑MRI分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(10): 27-28.
- [22]原改兰, 罗少亚, 张兵兵. 分析NSCLC患者血清学指标与OSAS之间的相关性[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(08): 45-46.
- [23]罗春艳, 覃帮能. 青年急性脑梗死病因及危险因素分析[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(01): 26-28.
- [24]管文婷, 刘斌, 张楚, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停患者fMRI网络的小世界特性[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(03): 21-23+35.

(收稿日期: 2024-07-08)

(校对编辑: 姚丽娜)