

Correlation of airway wall thickness with pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease

FANG Bin¹, WU Zhi-feng^{2*}

(1. Department of Radiology, General Hospital of Taiyuan Iron & Steel [Group] Co., Ltd., Taiyuan 030003, China; 2. Department of Radiology, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the changes in apical segmental bronchus thickness of the right upper lobe in patients with different grades of chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and to assess the relationship between airway wall thickness and lung function test (PFT). **Methods** Both 64-slice spiral CT scans and PFT were performed on 60 patients with COPD in stage 1—4 (COPD group) and 15 normal healthy adults (control group). On the perpendicular airway images of apical segmental bronchus of the right upper lobe, airway wall thickness was measured, then the airway wall thickness to airway diameter ratio (TDR) and the percentage of airway area to total airway cross sectional area (WA%) were calculated. Changes were analyzed between every index. Relationship between the measurements and PFT was observed. **Results** TDR and WA% of COPD group were significantly higher than those of healthy subjects group (all $P < 0.05$), and went worse gradually following the grading of COPD. TDR and WA% negatively correlated with ratio of measurement to prediction of forced expiratory volume at the first second (FEV1% [$r = -0.86, -0.86$]), forced expiratory flow during middle half of FVC (FEF25%—75% [$r = -0.89, -0.88$]), ratio of the first second forced vital capacity (FEV1/FVC% [$r = -0.90, -0.87$]) and diffusing capacity of the lung for carbon monoxide (DL_{CO} [$r = -0.74, -0.75$]), positively correlated with ratio of residual volume to total lung capacity (RV/TLC [$r = 0.77, 0.76$, all $P < 0.05$]). **Conclusion** There are marked correlation in both TDR and WA% on apical segmental bronchus of the right upper lobe and the parameters of PFT in patients with different grades of COPD. The measurement and calculation of airway wall thickness is helpful to the accurate and direct evaluation on the reconstruction of airway, as well as the relationship between airway dimension and airflow limitation.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Pulmonary diseases, obstructive; Pulmonary function test

慢性阻塞性肺疾病患者支气管壁厚度与肺功能的相关性

房 宾¹, 武志峰^{2*}

[1. 太原钢铁(集团)有限公司总医院放射科, 山西 太原 030003;
2. 山西医科大学第一医院放射科, 山西 太原 030001]

[摘要] **目的** 分析各级慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者右肺上叶尖段支气管管壁厚度的变化, 评估管壁厚度与肺功能的相关性。 **方法** 对经临床诊断为 1~4 级 COPD 的患者各 15 例, 共 60 例(COPD 组)和 15 名正常体检者(正常对照组), 均在 1 周内分别接受 64 层 MSCT 扫描和 PFT 肺功能检查, 在与右肺上叶尖段支气管垂直层面图像上测量支气管壁厚度, 计算壁厚直径比(TDR)、支气管壁面积百分比(WA%), 分析各指标的变化, 评估其与肺功能的相关性。 **结果** COPD 组支气管壁较正常对照组明显增厚, 且随着级别的提高逐渐增厚, 各级别的 TDR、WA% 值均高于正常对照组, 差

[基金项目] 山西省科技攻关项目(20090311057-3)。

[作者简介] 房宾(1972—), 男, 山西平遥人, 硕士, 主治医师。研究方向: 胸部影像诊断。E-mail: fangbin168446@163.com

[通讯作者] 武志峰, 山西医科大学第一医院放射科, 030001。E-mail: wuzhifeng2004@126.com

[收稿日期] 2010-07-29 [修回日期] 2010-12-15

异有统计学意义(P 均 < 0.05); TDR 和 $WA\%$ 与第 1 秒用力呼气量实测值占预测值百分比 [$FEV1\%$ ($r = -0.86, -0.86$)]、用力呼气中段流量 [$FEF25\% \sim 75\%$ ($r = -0.89, -0.88$)]、第 1 秒用力呼气量占用力肺活量的百分比 [$FEV1/FVC\%$ ($r = -0.90, -0.87$)] 和一氧化碳弥散量 [DL_{CO} ($r = -0.74, -0.75$)] 均呈负相关, 与残气量与肺总量的比值 (RV/TLC) 呈正相关 ($r = 0.77, 0.76$), P 值均 < 0.05 。结论 各级 COPD 患者右肺上叶尖段支气管的 TDR 和 $WA\%$ 与其肺功能指标存在良好的相关性, 可以较准确、直观地评估其气道重构、气道直径与气流受限的关系, 可作为评估气流受限较敏感的指标。

[关键词] 体层摄影术, X 线计算机; 肺部疾病, 阻塞性; 肺功能检查

[中图分类号] R373.13; R814.4 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2011)04-0751-05

流行病学调查表明, 我国 40 岁以上人群中慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 的患病率为 8.2%。COPD 是一种具有气流受限特征的、可以预防和治疗的疾病^[1]。《慢性阻塞性肺疾病全球倡议》(Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, GOLD) (2006 年版) 指出, COPD 中央气道 (气管和直径 > 2 mm 的支气管) 的各种病理改变是慢性咳嗽和咯痰的原因, 并且持续存在于此病的整个过程中。本文应用 64 层 MSCT 测量各级 COPD 患者右肺上叶尖段支气管管壁厚度的变化, 评估其与肺功能的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 COPD 组: 2009 年 6 月—2010 年 6 月在我院门诊或住院治疗、符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南》(2007 年修订版) 诊断标准, 经临床诊断为 COPD 1~4 级的患者各 15 例, 共 60 例; 其中男 37 例, 女 23 例, 年龄 46~76 岁, 中位年龄 56.1 岁。正常对照组: 在我院体检、身体健康的成年人 15 名, 男 9 名, 女 6 名, 年龄 41~72 岁, 中位年龄 51.4 岁。以上两组均除外胸廓畸形、肺部肿瘤、肺结核、支气管扩张、弥漫性泛细支气管炎以及闭塞性细支气管炎等影响肺功能的疾病及胸部手术史; 均为吸烟者, 吸烟史 5~10 年, 吸烟量每天 5~30 支。

1.2 检查方法 采用 GE LightSpeed 64 层 MSCT 扫描仪, 于最大吸气末自肺尖扫描至肺底。扫描参数: 管电压 120 kV, 管电流 240 mA, X 线管旋转速度 0.33 秒/圈, 矩阵 512×512 , 视野 32 cm, 扫描层厚与间隔均为 5 mm。

1.3 支气管壁的测量 将采集到的数据重建为薄层图像并传输至 ADW 4.3 工作站, 以 MPR 技术重建右肺上叶尖段支气管冠状位图像, 在距其开口远端约 1 cm 处 (避开支气管周围的血管)、与其走行垂直的平面重建其断面图像 (图 1), 重建层厚、间隔均为 0.625 mm。调整窗宽至 1500 HU, 窗位 -450 HU, 由两名不知晓病情的放射科医师在显示器上放大图像

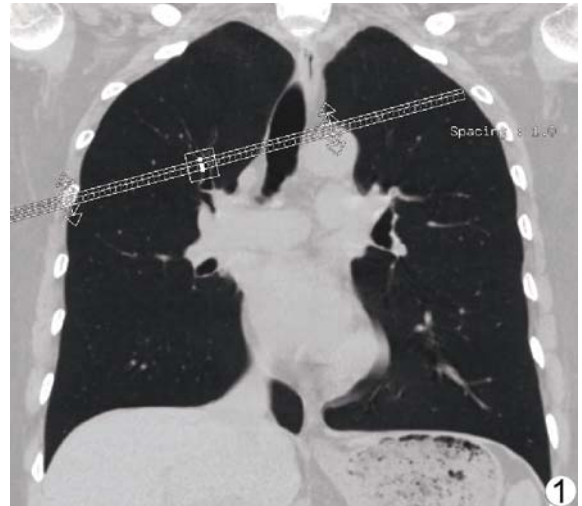


图 1 在与右肺上叶尖段支气管垂直的层面进行重建

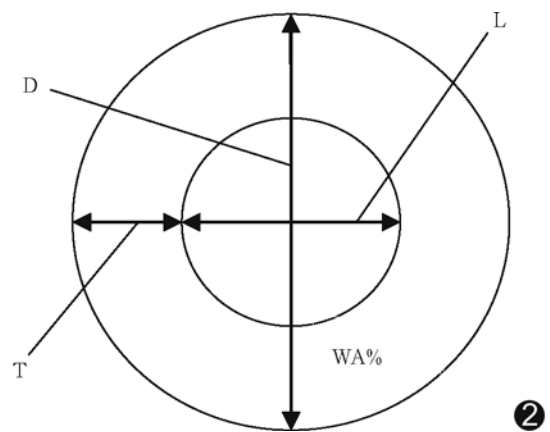


图 2 支气管壁的测量示意图 (L: 管壁内径; D: 管壁外径; T: 管壁厚度; WA%: 管壁面积百分比)

后用电子标尺直接测量管壁的内径 (lumen diameter, L)、外径 (airway diameter, D), 于不同位置测量 3 次; 对于支气管横截面不呈圆形者, 测量其最长直径和最短直径, 以其平均值为直径。管壁厚度 ($T = (D - L) / 2$)。计算管腔面积 (luminal area, A_l)、支气管外 (总) 面积 (outside area, A_o)、壁厚直径比 (thickness-

diameter ratio, TDR) 和支气管壁面积百分比 (percentage of wall area, WA%) (图 2)。公式为: $A_l = 3.14 \times (L/2)^2$; $A_o = 3.14 \times (D/2)^2$; $TDR = T/D$; $WA\% = (A_o - A_l) / A_o \times 100\%$ 。

1.4 PFT 肺功能检查 采用 Vmax 229 肺功能仪, CT 扫描后 1 周内进行 PFT。所有患者检查

前未进行正规、系统治疗。常规检查项目: 第 1 秒用力呼气量实测值占预计值百分比 (ratio of measurement to prediction of forced expiratory volume at the first second, FEV1%)、第 1 秒用力呼气量占用力肺活量的百分比 (ratio of the first second forced expiratory volume to forced vital capacity, FEV1/FVC%)、残气量与肺总量的比值 (ratio of residual volume to total lung capacity, RV/TLC), 用力呼气中段流量 (forced expiratory flow during middle half of FVC, FEF25%~75%), 一氧化碳弥散量 (diffusing capacity of the lung for carbon monoxide, DL_{CO})。

由呼吸科及放射科医师各 1 名, 根据患者临床表现、常规 CT 检查资料及 PFT 结果对 COPD 进行分

表 1 各级 COPD 患者与正常对照组的右肺上叶尖段支气管壁测量结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	T(mm)	TDR	Al(mm ²)	WA%
COPD 组 1 级(轻度)	1.41±0.10	0.23±0.02	9.32±1.04	69.23±3.94
2 级(中度)	1.51±0.09	0.24±0.02	7.50±0.88	75.74±3.06
3 级(重度)	1.53±0.07	0.26±0.04	5.90±0.48	77.69±1.93
4 级(极重度)	2.02±0.10	0.32±0.03	3.90±0.27	87.32±1.20
正常对照组	1.20±0.07	0.17±0.01	16.06±1.03	57.38±2.13
P 值(两两比较)	除 2 级与 3 级比较外, P 均 < 0.05	P 均 < 0.05	P 均 < 0.05	除 2 级与 3 级比较外, P 均 < 0.05

级。诊断意见不同时, 通过讨论得出一致结论。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 12.0 统计软件分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。正常对照组与各级 COPD 患者管壁测量结果、PFT 指标间两两比较采用单因素方差分析; 各级 COPD 患者 TDR、WA% 与其 PFT 检查指标的相关性采用 Spearman 秩相关分析检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

支气管壁测量结果: 2 级和 3 级 COPD 患者之间, T 及 WA% 差异无统计学意义 (P > 0.05); 除此之外, 各级 COPD 患者及正常对照组两两比较, 各支气管壁测量结果差异均有统计学意义 (P < 0.05, 表 1)。COPD 组 1~4 级患者的支气管壁厚度均较正常对照

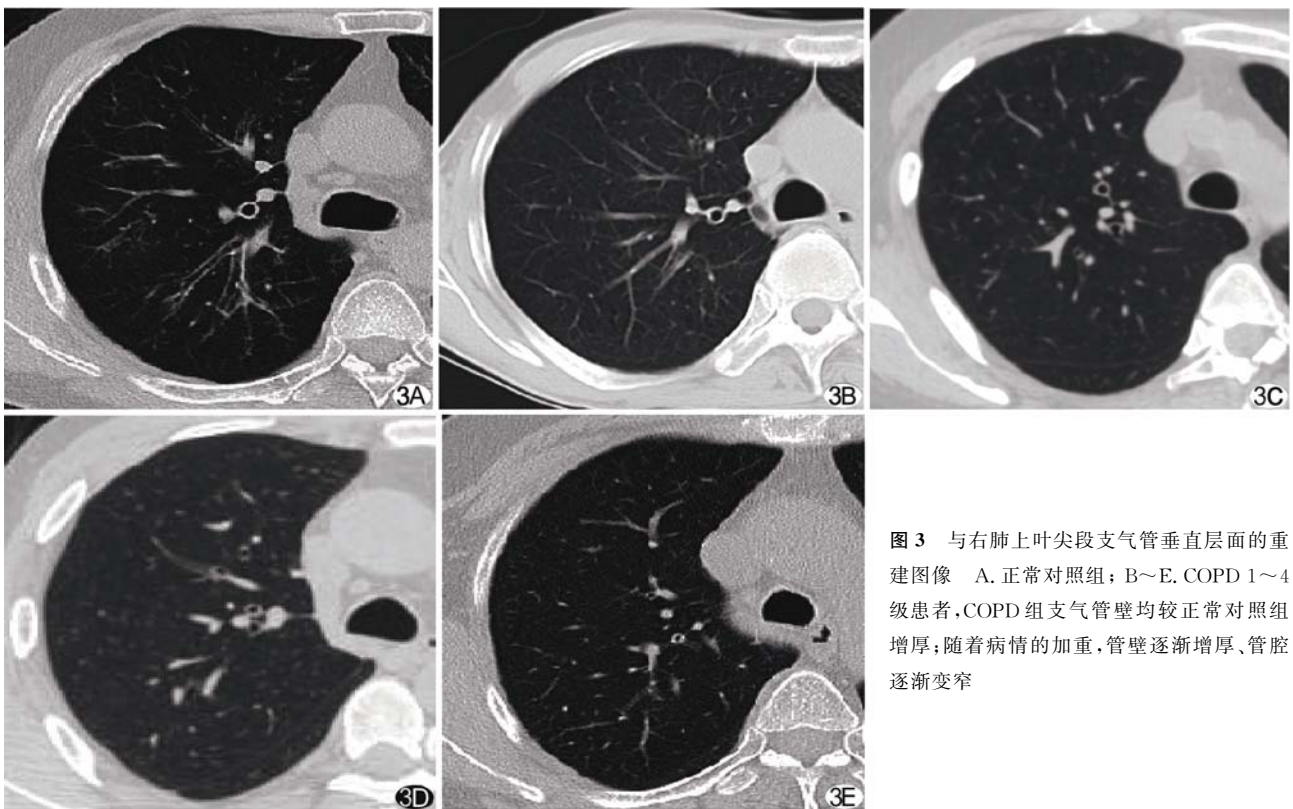


图 3 与右肺上叶尖段支气管垂直层面的重建图像 A. 正常对照组; B~E. COPD 1~4 级患者, COPD 组支气管壁均较正常对照组增厚; 随着病情的加重, 管壁逐渐增厚、管腔逐渐变窄

表 2 各级 COPD 患者与正常对照组的肺功能指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	FEV1%	FEF25%~75%	FEV1/FVC%	RV/TLC	DL _{CO} [ml/(min·mmHg)]
COPD 组					
1 级(轻度)	100.67±9.95	47.33±12.68	63.40±4.85	44.40±5.12	18.17±2.41
2 级(中度)	69.47±8.60	28.60±8.45	57.20±6.76	48.73±7.68	16.01±4.94
3 级(重度)	40.47±4.29	14.67±1.50	42.47±5.71	60.07±4.37	15.89±3.09
4 级(极重度)	29.73±3.83	11.01±2.27	37.47±2.07	58.40±4.40	11.03±1.91
正常对照组	107.47±16.07	83.80±22.43	78.27±5.34	38.27±3.45	24.14±4.01
P 值(两两比较)	除 1 级与正常对照组比较外, P 均<0.05	除 4 级与 3 级比较外, P 均<0.05	除 4 级与 3 级比较外, P 均<0.05	除 4 级与 3 级、2 级与 1 级比较外, P 均<0.05	除 2 级与 1 级、3 级与 1 级、3 级与 2 级比较外, P 均<0.05

组明显增厚,且随着病情的加重,管壁逐渐增厚,管腔面积逐渐减小,管壁面积逐渐增大(图 3)。

PFT 指标:COPD 组 FEV1%、FEF25%~75%、FEV1/FVC%、DL_{CO}各项指标均比正常对照组降低,见表 2。

TDR、WA%与肺功能的相关性:TDR、WA%与 FEV1%、FEF25%~75%、FEV1/FVC%及 DL_{CO}均呈负相关,与 RV/TLC 呈正相关(P 均<0.01,表 3)。

表 3 TDR、WA%与肺功能的相关系数(r)

管壁厚 度参数	FEV1%	FEF25% ~75%	FEV1/ FVC%	RV/TLC	DL _{CO}
TDR	-0.86	-0.89	-0.90	0.77	-0.74
WA%	-0.86	-0.88	-0.87	0.76	-0.75

注:P 均<0.01

3 讨论

COPD 的气流阻塞是由气道壁增厚引起,并与气道炎症有关。COPD 患者中央气道(气管和直径>2 mm 的支气管)的主要病理学改变为炎细胞浸润、黏液腺增大和杯状细胞增多,使黏液分泌增加。慢性炎症导致的气道壁损伤和修复过程反复发生,气道壁结构重塑、胶原含量增加、瘢痕组织形成,最终造成气道腔狭窄、阻塞。随着 MSCT 的广泛使用及其后处理软件的不断改进,影像学检查显示肺部细微结构的能力大幅度提升,气道病变的定量 CT 研究成为热点。

3.1 各级 COPD 支气管壁厚度的变化及其与肺功能的相关性分析 本研究 COPD 组 1~4 级患者的支气管壁厚度均较正常对照组明显增厚,且随着病情加重,管壁逐渐增厚,管腔面积逐渐减小,管壁面积逐渐增大,与文献^[2-3]报道一致,说明气道壁的增厚和管腔面积的变化与气道壁的重构有关。气道重构是以气道壁的细胞和分子的组成、数量和结构的变化为特征的一系列慢性损伤和修复的过程,细胞外基质的改变和增殖、气道平滑肌的聚集为其主要病理改变。本组

COPD 1 级 T、TDR 均大于正常对照组(P<0.05),说明于患病初期右肺上叶尖段支气管的管壁即开始明显增厚,随着病情进展逐渐增厚,管腔逐渐变窄,与 COPD 气道重构的病理改变相符。

本组各级 COPD 患者 TDR 和 WA%与 RV/TLC 均呈正相关,提示支气管壁增厚与气道梗阻(RV/TLC)有关;随着病情加重,TDR 和 WA%逐渐增大,支气管壁越厚、气道梗阻越严重,表明气道异常,特别是支气管壁增厚是 COPD 患者气流受阻的主要原因。TDR 和 WA%与 FEF25%~75%、FEV1%、FEV1/FVC%和 DL_{CO}均呈负相关,提示随着 COPD 患者支气管壁的增厚,气流受阻程度加重,说明支气管结构的改变不仅发生在周围小气道,而且累及中央气道,气道对有害颗粒或气体的异常炎症反应、纤维化及管腔的渗出与 FEV1%、FEV1/FVC 等下降有关。在各级 COPD 患者,支气管壁增厚、肺泡隔被破坏、肺毛细血管床丧失,使弥散功能受损,DL_{CO}降低。随着病情的进展,增多的胶原沉积于气道壁,引起管腔狭窄,同时向肺实质内伸展,较大范围的肺气肿与肺纤维化并存,最终导致通气功能和换气功能障碍,与文献^[4-5]报道一致。各级 COPD 患者右肺上叶尖段支气管的 TDR 和 WA%与其肺功能指标存在良好的相关性,可以较准确、直观地评估各级 COPD 患者的气道重构、气道直径与气流受限的关系,作为评估气流受限较敏感的指标。

3.2 支气管壁厚度测量影响因素的探讨 在对支气管壁和管腔进行测量时,存在多种影响因素,如窗宽、窗位的设置,测量方法,选取测量的支气管位置等。国内外学者^[4-8]研究发现窗位对支气管壁测量结果影响不大,而窗宽则对其有很大影响。取窗宽 1500 HU、窗位-450 HU 可以较好地显示支气管壁,减小测量误差,提高测量值的准确性以及不同病例间测量的可比性和可重复性。

COPD 患者气道狭窄的主要部位在小气道。虽然

目前尚不能用 MSCT 直接测量小气道,但已有研究^[4,9]表明,通过测量较大气道,可以粗略评估和间接反映小气道病变。国内外学者^[4,6,10]选取测量的支气管部位均有不同,且大多在扫描横断层面的 HRCT 图像上进行测量。肺内大多数气道长轴与扫描平面不垂直,存在一定的夹角,且夹角越大,层厚越厚,误差越大。右肺上叶尖段支气管相对变异较小,位置比较固定,走行与人体长轴间的角度较其他支气管小,便于测量且误差较小;但扫描横断面图像也不能如实反映和显示其形态,无法准确测量其厚度。在测量支气管壁的厚度时要充分考虑到各种因素的影响,选取合适的窗宽、窗位,在与支气管走行垂直的断面图像上测量,能更准确地反映管壁的厚度,其定量评估也便于临床应用。

本研究的主要不足在于样本量偏小。在后续研究中将加大样本量,并对 COPD 患者治疗前后进行比较,进一步探讨和完善各级别 COPD 患者支气管壁的厚度与其肺功能指标间的关系,做出更精确、完整的量化分析。

[参考文献]

[1] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组.慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2007 年修订版).中华结核和呼吸杂志,2007,30

(1):8-17.

- [2] 辛晓峰,施毅.支气管哮喘和慢性阻塞性肺疾病气道重塑的差异.中国实用内科杂志,2006,26(15):1195-1197.
- [3] 辛小燕,贺文,谭春婷.HRCT 定量评价哮喘和 COPD 患者气道壁厚度差异的研究.中国医学影像技术,2008,24(7):1029-1032.
- [4] 李一鸣,祈吉,李云卿,等.多层螺旋 CT 对早-中期慢性阻塞性肺疾病气道改变的检查及其病理基础.诊断学理论与实践,2005,4(4):279-282.
- [5] 张洁,于铁链,吴琦.多层螺旋 CT 对慢性阻塞性肺疾病气道改变的定量研究.放射学实践,2008,23(11):1204-1208.
- [6] 辛小燕,贺文,谭春婷.HRCT 测量支气管哮喘的气道壁厚度与其病情严重度及肺功能的相关性研究.中国医学影像技术,2006,22(11):1665-1667.
- [7] Litter SA, Sproule MW, Cowan MD, et al. High resolution computed tomographic assessment of airway wall thickness in chronic asthma: reproducibility and relationship with lung function and severity. Thorax, 2002,57(3):247-253.
- [8] Deveci F, Murat A, Turgut T, et al. Airway wall thickness in patients with COPD and healthy current smokers and healthy non-smokers: assessment with high resolution computed tomographic scanning. Respiration, 2004,71(6):602-610.
- [9] Nakano Y, Wong JC, Jong PA, et al. The prediction of small airway dimensions using computed tomography. Am J Respir Crit Care Med, 2005,171(2):142-146.
- [10] Matsuoka S, Kurihara Y, Nakajima Y, et al. Serial change in airway lumen and wall thickness at thin-section CT in asymptomatic subjects. Radiology, 2005,234(2):595-603.

《中国医学影像技术》被数据库收录情况

《中国医学影像技术》杂志是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,被以下数据库收录:

中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)

中国科学引文数据库核心期刊

《中文核心期刊要目总览》收录期刊

中国科技期刊精品数据库收录期刊

荷兰《医学文摘》、《斯高帕斯数据库》收录源期刊

英国《科学文摘》收录源期刊

俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊

波兰《哥白尼索引》收录源期刊

《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊

英国《物理学、电技术、计算机及控制信息社数据库》(INSPEC 数据库)收录期刊