论　著

高分辨率CT征象联合血清Hs-CRP、IL-6检测对尘肺合并肺结核诊断价值研究*

李　昜[1]　孔德元[2]　王懿深[3]
孔晓远[1]　余英芳[1,*]
1.青海省第四人民医院放射科
2.青海省第四人民医院介入科
3.青海省第四人民医院病案室
(青海 西宁 810000)

【摘要】**目的** 探究高分辨率计算机断层扫描(HRCT)征象联合血清超敏C反应蛋白(Hs-CRP)、白细胞介素-6(IL-6)检测对尘肺合并肺结核诊断价值。**方法** 回顾性分析2021年12月至2024年12月在本院治疗的138例尘肺患者的临床资料，所有患者均接受痰结核菌培养试验、HRCT检查，并检测患者血清Hs-CRP、IL-6水平。**结果** 以痰结核菌培养结果为金标准，138例尘肺患者中单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有91、47例。HRCT检查结果显示，单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有89、49例，HRCT诊断尘肺合并肺结核的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为90.10%、85.11%、88.41%、92.13%、81.63%；单纯型尘肺患者Hs-CRP、IL-6水平均低于尘肺合并肺结核患者(P＜0.05)；ROC曲线结果显示，单一指标诊断尘肺合并肺结核时，Hs-CRP诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.968，敏感度94.51%，特异度97.87%，联合诊断时，HRCT、Hs-CRP、IL-6联合诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.997，敏感度97.80%，特异度97.87%。**结论** HRCT、Hs-CRP、IL-6联合能提高尘肺合并肺结核诊断的敏感度。

【关键词】尘肺；肺结核；高分辨率CT、超敏C反应蛋白；白细胞介素-6
【中图分类号】R135.2
【文献标识码】A
【基金项目】青海省医药卫生科技项目(2023-wjzdx-69)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.018

Diagnostic Value of High-resolution CT Combined with Serum Hs-CRP and IL-6 for Pneumoconiosis Complicated with Pulmonary Tuberculosis*

LI Yang[1], KONG De-yuan[2], WANG Yi-shen[3], KONG Xiao-yuan[1], YU Ying-fang[1,*].
1.Department of Radiology, The Fourth People's Hospital of Qinghai Province, Xining 810000, Qinghai Province, China
2.Department of Interventional, The Fourth People's Hospital of Qinghai Province, Xining 810000, Qinghai Province, China
3.Record room, The Fourth People's Hospital of Qinghai Province, Xining 810000, Qinghai Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the diagnostic value of high-resolution computed tomography (HRCT) combined with serum high-sensitivity C-reactive protein (Hs-CRP) and interleukin-6 (IL-6) for pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis. ***Methods*** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 138 patients with pneumoconiosis treated in the hospital from December 2021 to December 2024. All patients underwent tuberculosis sputum culture test and HRCT. Serum Hs-CRP and IL-6 levels in all patients were detected. ***Results*** With tuberculosis sputum culture test as the gold standard, it was found that among 138 patients with pneumoconiosis, there were 91 cases of simple pneumoconiosis and 47 cases of pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis. HRCT results showed 89 cases of simple pneumoconiosis and 49 cases of pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis. The sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values of HRCT for diagnosing pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis were 90.10%, 85.11%, 88.41%, 92.13% and 81.63%. The levels of Hs CRP and IL-6 in patients with simple pneumoconiosis were lower than those in patients with pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis (P<0.05). ROC curve analysis results showed that when a single indicator was used to diagnose pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis, the AUC of Hs-CRP was the largest, which was 0.968. Its sensitivity and specificity were 94.51% and 97.87%. The AUC, sensitivity and specificity of HRCT combined with Hs-CRP and IL-6 for diagnosing pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis were 0.997, 97.80% and 97.87%. ***Conclusion*** The combined use of HRCT, Hs-CRP and IL-6 can improve the diagnostic sensitivity for pneumoconiosis complicated with pulmonary tuberculosis.
Keywords: Pneumoconiosis; Pulmonary Tuberculosis; High-Resolution CT; High-Sensitivity C-Reactive Protein; Interleukin-6

尘肺是由于长期吸入无机矿物质粉尘导致的肺部纤维化病变，相关数据显示，尘肺发病率占职业病的66.67%，严重影响患者的肺功能和生活质量[1]。尘肺患者的免疫功能通常处于紊乱状态，易受到病原菌的侵袭，其中结合杆菌最为常见，因此肺结核是尘肺常见并发症，也是引发尘肺患者死亡的主要原因，因此早期的诊断治疗尤为重要[2]。近年来，随着影像学技术的发展，高分辨率计算机断层扫描(HRCT)广泛应用于临床，能清晰显示病灶周围结构特征，为尘肺合并肺结核的临床诊断提供更为准确的影像学数据[3]。除影像学外，血清标志物检测也在尘肺合并肺结核的诊断中发挥着重要作用，其中，超敏C反应蛋白(Hs-CRP)和白细胞介素-6(IL-6)作为重要的炎症介质和免疫调节因子，在尘肺合并肺结核的发生、发展过程中起着重要作用。已有研究表明[4-6]，尘肺及尘肺合并结核患者的血清Hs-CRP和IL-6水平显著高于健康人群，且随着病情的进展而发生变化，但其在尘肺合并肺结核中的诊断价值仍有待探究。鉴于此，本研究将探究HRCT征象联合血清Hs-CRP、IL-6检测对尘肺合并肺结核诊断价值，以期为临床医生提供更准确的诊断依据，从而指导早期治疗。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年12月至2024年12月在本院治疗的138例尘肺患者的临床资料，138例尘肺患者全为男性，年龄38~69岁，平均(53.69±6.27)岁；接尘时间5~28年，平均(16.24±5.11)年；临床表现：咳嗽、胸闷、胸痛、气促、低热、盗汗分别有74、61、34、64、37、21例。

纳入标准：(1)符合尘肺诊断标准[7]，伴有咳嗽、胸闷、胸痛、气促、低热、盗汗等症状；(2)HRCT扫描、血清Hs-CRP、IL-6检测时间相隔≤1周，且HRCT图像清晰；(3)临床资料完整。排除标准：(1)在发生尘肺前已患有肺结核者；(2)合并其他肺部感染性疾病患者；(3)合并先天性肺功能不全患者；(4)合并严重呼吸系统疾病史患者。

1.2 方法 HRCT检查：采用GE 64排双源螺旋CT进行扫描，患者取仰卧位，扫描区域为沿肺尖扫描至肺底部。设置扫描参数：管电流200 mA，管电压130 kV，螺距1.08 : 1，矩

【第一作者】李　昜，男，主治医师，主要研究方向：CT/MRI诊断。E-mail：asca1217@163.com
【通讯作者】余英芳，女，副主任医师，主要研究方向：CT/MRI诊断。E-mail：2495847679@qq.com

阵512×512，准直0.625 mm×64，层距5 mm，间距5 mm，视野400 mm，滤过函数C，扫描5 s~7 s。常规平扫后，对病灶区域进行HRCT扫描，经肘静脉注射350 mgI/mL 碘帕醇造影剂80-100 mL，注射速度为3 mL/s。扫描参数为管电流300 mA，管电压120 kV，螺距0.64:1，矩阵1024×1024，准直0.625 mm×64，重建层厚1 mm，重建间隔1 mm，视野180 mm，肺窗窗位为520 HU，窗宽为1450 HU，纵隔窗窗位为40 HU，窗宽为350 HU，滤过函数F，扫描1 s~3 s。由2名高年资医师采用双盲法对HRCT检查图像进行分析，当意见不一时，交由上级医师进行评定。

血清Hs-CRP、IL-6检测：采集患者空腹静脉血，在3500 r/mim下离心10 min，采用透射免疫比浊法检测Hs-CRP水平，采用酶联免疫法检测IL-6水平。

1.3 统计学分析 本研究数据录入SPSS 28.0软件处理。计数资料表示为例(%)，行χ^2检验；计量资料表示为($\bar{x}\pm s$)，行t检验；受试者工作曲线(ROC)分析HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6对尘肺合并肺结核的诊断效能，α=0.05检验水准。

2 结 果

2.1 HRCT诊断结果 以痰结核菌培养结果为金标准，138例尘肺患者中单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有91、47例。HRCT检查结果显示，单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有89、49例，HRCT诊断尘肺合并肺结核的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为90.10%、85.11%、88.41%、92.13%、81.63%，见表1。

2.2 尘肺、尘肺合并肺结核患者血清Hs-CRP、IL-6水平比较 单纯型尘肺患者Hs-CRP、IL-6水平均低于尘肺合并肺结核患者(P<0.05)，见表2。

2.3 HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6对尘肺合并肺结核的诊断价值 以是否合并肺结核作为因变量(是=1，否=0)，将HRCT、Hs-CRP、IL-6作为自变量，赋值[HRCT(阳性=1，阴性=0)、Hs-CRP(原值)、IL-6(原值)]并进行Logistic回归分析，ROC曲线结果显示，单一指标诊断尘肺合并肺结核时，Hs-CRP诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.968，敏感度94.51%，特异度97.87%，联合诊断时，HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6联合诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.997，敏感度97.80%，特异度97.87%，见表3、图7。

表1 HRCT诊断结果(例,%)

HRCT	金标准		合计
	单纯型尘肺	尘肺合并肺结核	
单纯型尘肺	82	7	89
尘肺合并肺结核	9	40	49
总计	91	47	138

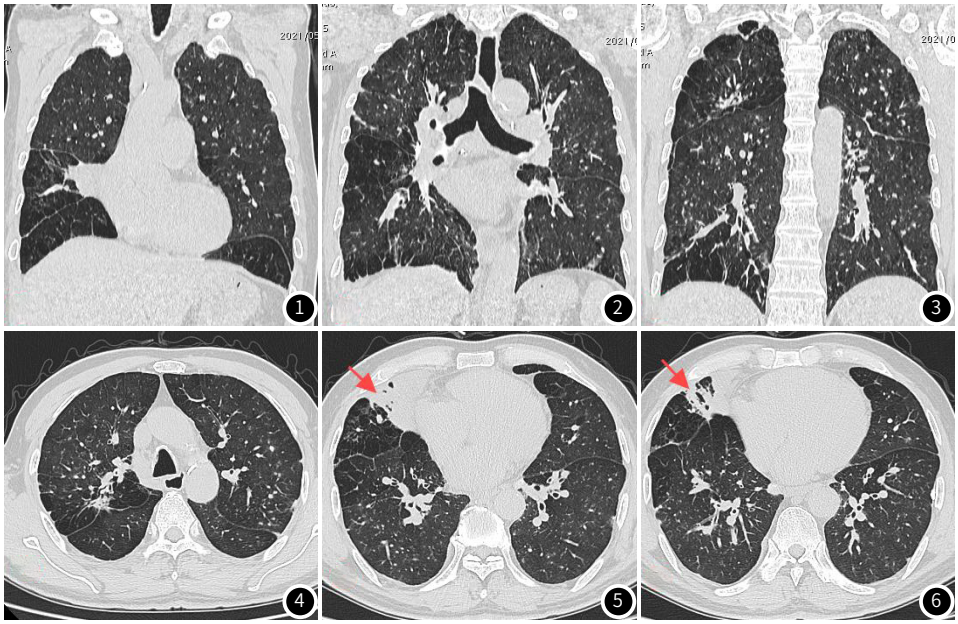
表2 尘肺、尘肺合并肺结核患者血清Hs-CRP、IL-6水平比较

	例	Hs-CRP(mg/L)	IL-6(pg/mL)
单纯型尘肺患者	91	5.75±2.32	18.56±3.51
尘肺合并肺结核患者	47	17.09±6.85	29.86±7.16
t		14.321	12.469
P		0.000	0.000

表3 HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6对尘肺合并肺结核诊断的ROC曲线分析

指标	AUC(95%CI)	Z/P	约登指数	临界值	敏感度(%)	特异度%)
HRCT	0.876(0.809-0.926)	10.677/0.000	0.752	阳性	90.11	85.11
Hs-CRP	0.968(0.924-0.991)	29.825/0.000	0.924	>7.37	94.51	97.87
IL-6	0.942(0.889-0.975)	23.613/0.000	0.815	>24.63	85.71	95.74
联合	0.997(0.968-1.000)	193.985/0.000	0.957		97.80	97.87

2.4 影像学图像分析 见图1~图6。



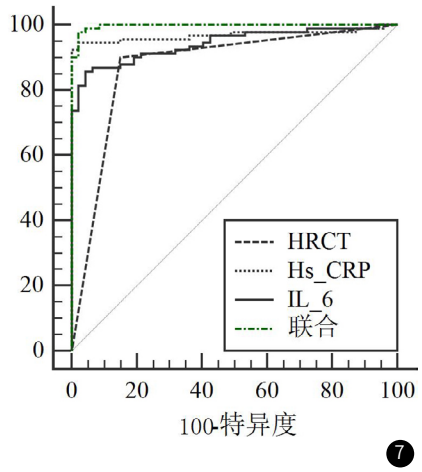


图1~6 尘肺合并肺结核的高分辨CT征象图(患者男性，67岁，煤矿工作30余年，图1-3可见双肺弥漫结节影，其大小、密度、分布不均，图4可见右肺上叶结节聚拢；图5、6可见右肺中叶内侧段片状结核灶，其内部分支气管阻塞，局部呈空气支气管征改变，IL-6：17.72 pg/mL，h-CRP：3.41mg/L)。

图7 HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6对尘肺合并肺结核诊断的ROC曲线图。

3 讨　论

尘肺病作为一种长期暴露于粉尘环境中导致的职业病，一直以来都是公共卫生领域的重要问题，尘肺合并肺结核更是病情复杂、治疗难度大的疾病之一，肺结核会加快肺纤维化进程，尘肺则会促进肺结核病情进展，尘肺和肺结核相互作用，导致病死率较高[8-10]。目前临床尘肺合并肺结核的主要诊断方法为痰菌、影像学等，其中痰结核菌培养和结核菌素试验为金标准，虽然具有明确的诊断价值，但其操作复杂且诊断时间较长，不利于疾病的早期发现和治疗，而尘肺、尘肺合并肺结核的影像学和临床表现常存在重叠，导致误诊[11-12]。因此，探索一种高效、准确的诊断方法，对于提高尘肺合并肺结核的诊断水平具有重要临床意义。

HRCT因具有薄层、高分辨率等优点，被广泛应用于肺部疾病的诊断中，能弥补常规CT扫描的不足，临床诊断准确率更高[13]。杨洁等[14]的研究发现，HRCT在尘肺疾病的诊断中受到肺组织重叠结构的影响较小，有利于疾病的早期诊断；陈洁等[15]的研究表明HRCT能提高磨玻璃样改变的定性诊断能力。本研究以痰结核菌培养结果为金标准，138例尘肺患者中单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有91、47例。HRCT检查结果显示，单纯型尘肺、尘肺合并肺结核分别有89、49例，HRCT诊断尘肺合并肺结核的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为90.10%、85.11%、88.41%、92.13%、81.63%，说明HRCT在尘肺合并肺结核的诊断中具有较高的灵敏度、特异度和准确率，分析原因，一方面，HRCT具有较高的分辨率，能够清晰地显示肺部细微结构，捕捉到尘肺和肺结核在肺部引起的细微改变，如肺纹理增粗、结节影、肺门淋巴结肿大、空洞形成等，进而为尘肺合并肺结核的诊断提供了重要依据[16-17]。另一方面，HRCT能够进行多层面成像，从多个角度和层面观察肺部病变，有助于全面地了解肺部病变的分布、形态和范围，从而更准确地判断尘肺合并肺结核的病情，同时多层面成像还能减少影像重叠，提高诊断的准确性[18-19]。但结合本研究结果可见，HRCT诊断尘肺合并肺结核患者但仍存在一定的误诊和漏诊情况，这可能与尘肺和肺结核的影像学特征在某些情况下的重叠有关。在采用HRCT诊断尘肺合并肺结核时，还需结合患者的临床症状、职业史、痰结核菌培养结果等因素进行考虑。

Hs-CRP作为急性时相反应蛋白，其水平升高通常反映体内存在急性炎症反应，IL-6是一种具有广泛生物活性的多功能细胞因子，参与免疫和炎症过程[20-21]。本研究结果显示，单纯型尘肺患者Hs-CRP、IL-6水平均低于尘肺合并肺结核患者，提示说明Hs-CRP、IL-6在尘肺合并肺结核患者中高表达。分析原因，单纯型尘肺患者的肺部病变以纤维化为主，纤维化过程相对缓慢，且通常不伴随显著的急性炎症反应，而肺结核是由结核分枝杆菌引起的慢性传染病，其病变过程涉及剧烈的炎症反应，当尘肺患者合并肺结核时，肺部不仅存在纤维化病变，还存在结核分枝杆菌引起的炎症反应，导致Hs-CRP、IL-6炎症指标显著升高[22-23]。由此可知，临床可通过检测Hs-CRP、IL-6等炎症指标的水平，可以辅助诊断尘肺合并肺结核。

本研究进一步联合HRCT、Hs-CRP、IL-6对尘肺合并肺结核进行诊断分析，结果显示，单一指标诊断尘肺合并肺结核时，Hs-CRP诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.968，敏感度94.51%，特异度97.87%，联合诊断时，HRCT联合血清Hs-CRP、IL-6联合诊断尘肺合并肺结核的AUC最高为0.997，敏感度97.80%，特异度97.87%，说明，HRCT、Hs-CRP、IL-6联合能提高尘肺合并肺结核诊断的敏感度。HRCT能够直观显示肺部结构和病变特征，而Hs-CRP和IL-6则能够反映肺部炎症程度和免疫状态，联合诊断通过综合考虑多个方面的信息，可以对尘肺合并肺结核进行更加全面和准确的评估，有助于减少漏诊和误诊，进而提高诊断的可靠性。

综上所述，Hs-CRP、IL-6在尘肺合并肺结核患者中较单纯型尘肺患者表达更高，HRCT、Hs-CRP、IL-6联合能提高尘肺合并肺结核诊断的敏感度。但考虑本研究也存在一些不足，本研究的样本量可能相对较小，导致结果的普遍性和可靠性受到一定影响；同时本研究缺乏与其他影像学检查的对比，在今后的研究中扩大样本量、选择多种影像学方法进一步探究HRCT、Hs-CRP、IL-6联合在尘肺合并肺结核中的诊断价值。

参考文献

[1]罗凤萍,王焕强,李涛.基于EQ-5D-3L尘肺合并肺结核患者自报健康相关生命质量及影响因素分析[J].中华劳动卫生职业病杂志,2024,42(6):432-441.

[2]朱磊,单崴,贾鑫.分析耐药肺结核与非耐药肺结核胸部CT的临床表现[J].罕少疾病杂志,2025,32(11):65-68.

[3]陈琦,朱全新,顾佳伟,等.生理通气辅助下HRCT靶扫描与薄层CT靶重建在肺磨玻璃样小结节诊断中的价值对比[J].中国医学计算机成像杂志,2023,29(1):26-31.

[4]黄忠峰,陈佳,阮树松,等.PCT与IL-6和hs-CRP对肺结核合并肺部普通细菌感染的诊断价值[J].中华医院感染学杂志,2020,30(11):1669-1672.

[5]李华,许婉华,龚兰,等.血清中相关细胞因子表达水平变化对肺结核治疗效果的评估[J].实用医学杂志,2022,38(17):2203-2208.

[6]戴烨烨.肺结核患者血清高密度脂蛋白胆固醇、白细胞介素-6、高敏C-反应蛋白/白蛋白比值和降钙素原水平的临床研究[J].中国卫生检验杂志,2019,29(18):2251-2253.

[7]李德鸿.尘肺病诊断标准GBZ70-2009[C].中华预防医学会,中国煤炭工业协会,2010:362-364.

[8]曹娜,杜文,兰亚佳,等.尘肺合并肺结核患者血液检测指标特征[J].环境与职业医学,2022,39(9):1026-1030.

[9]周素芳,张红,姜海.尘肺合并肺结核患者生存质量与社会支持相关性研究[J].工业卫生与职业病,2023,49(1):62-65.

[10]惠越,朱海珍,陈伟,等.1例尘肺结核合并危重型新型冠状病毒肺炎患者的诊治[J].环境与职业医学,2021,38(9):1029-1032.

[11]王青松.非结核分枝杆菌(NTM)肺病与继发性肺结核的多层螺旋CT征像的比较分析[J].罕少疾病杂志,2023,30(4):42-43.

[12]赵化岭,郑功远,郭伟.高分辨率CT联合血清ESR、hs-CRP水平检测对尘肺合并肺结核的诊断效能[J].河南医学研究,2024,33(4):660-663.

[13]原利娟,刘粉玲,宁妍妍,等.基于HRCT构建影像组学模型评估IPF患者的GAP分期[J].临床放射学杂志,2023,42(6):1031-1036.

[14]杨洁,冀瑞烨,张玉祥.影像科尘肺合并肺结核患者高分辨率CT特征及其鉴别诊断价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(5):108-109,115.

[15]陈洁,陈滨,赵敏,等.18F-FDG PET/CT联合HRCT对磨玻璃样改变肺腺癌侵袭性的诊断价值[J].中国实验诊断学,2022,26(12):1743-1748.

[16]黄艺君,吕国荣,徐武,等.改良肺部超声评分法与HRCT评分评价兔肺纤维化的比较研究[J].中国超声医学杂志,2022,38(5):574-577.

[17]周丽娜,吴宁,赵世俊,等.基于高分辨率CT特征鉴别同时多原发肺腺癌与肺腺癌伴肺内转移[J].中华肿瘤杂志,2020,42(6):449-455.

[18]耿国军,朱晓雷,米彦军,等.COVID-19与早期肺癌磨玻璃样变的HRCT影像特征对比分析[J].中华胸心血管外科杂志,2020,36(7):393-396.

[19]于喜红,杨瑞,刘继伟.HRCT多征象及其联合应用在表现为GGNs的同时性多原发肺癌中的诊断价值[J].中国医学计算机成像杂志,2023,29(4):367-373.

[20]聂晓改,彭传梅,张云芳,等.S100β、IL-6、hs-CRP联合检测明显提高急性创伤性颅脑损伤诊断的灵敏性[J].实用医学杂志,2024,40(11):1580-1585.

[21]杨园园,王子云,周忠.ESR、hs-CRP、IL-6、D-D对结核性多浆膜腔积液患者预后评估的价值[J].天津医药,2023,51(6):628-632.

[22]江颖仪,李德宪,劳穗华,等.血清淀粉样蛋白A、降钙素原、超敏C反应蛋白检测对肺结核合并肺炎的诊断价值[J].南方医科大学学报,2021,41(3):453-458.

[23]盖林林,孙维策,褚锦锦,等.活动性肺结核相关巨噬细胞M1/M2极化的改变及ESAT6对巨噬细胞极化的影响[J].实用医学杂志,2024,40(20):2867-2873.

(收稿日期：2024-12-31)
(校对：姚丽娜　排版：张鸿燊)