

◁胸部影像学▷

基于定量 CT 对浸润性肺结核病变临床评估的价值分析

巴红珍¹, 来坤¹, 阮梦雨¹, 陈欣悦¹, 林思彤¹, 王改莲², 黄晓旗³, 郭佑民⁴, 潘娟⁵

(1. 延安大学, 陕西 延安 716000; 2. 延安市第二人民医院, 陕西 延安 716000; 3. 延安大学附属医院, 陕西 延安 716000; 4. 西安交通大学第一附属医院放射科, 陕西 西安 710061; 5. 延安市人民医院, 陕西 延安 716000)

[摘要] 目的: 基于常规实验室指标, 验证人工智能(Artificial intelligence, AI)在浸润性肺结核临床评估中的价值。方法: 回顾性收集 2021 年 1 月—2022 年 1 月在延安市第二人民医院确诊的 96 例浸润性肺结核患者的临床资料、实验室指标及胸部 CT, 并对胸部 CT 上病变范围和病变征象进行半定量评分, 计算出病变比例得分、病变严重程度得分。用 AI 获取肺结核患者的定量 CT 指标(病灶体积(LeV, mL)、病灶占双肺体积的比例(LeV%)及病灶质量(LM, g)), 采用 Pearson 或 Spearman 检验分析人工视觉评分、定量 CT 指标与实验室指标之间的相关性, 并绘制定量 CT 指标与实验室指标、人工视觉评分与实验室指标的相关性分析图。结果: 人工视觉评分(全肺病变比例得分、病变严重程度得分)($r=0.225\sim 0.497, P<0.001$)、CT 定量指标(LeV、LeV%、LM)($r=0.290\sim 0.576, P<0.001$)与实验室指标 WBC、NEU、LYM、ALB、PAB、ESR、A/G、MLR、NLR、PLR 呈轻-中度相关。结论: AI 定量分析的定量 CT 指标、人工视觉评分与实验室指标的定量指标呈轻-中度相关, 证实了定量 CT 在浸润性肺结核的临床诊断中具有可行性。

[关键词] 结核, 肺; 体层摄影术, 螺旋计算机**[中图分类号]** R521; R814.42**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1008-1062(2024)07-0471-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.07.004

Analysis of the value of clinical assessment of infiltrative pulmonary tuberculosis lesions based on quantitative CTBA Hong-zhen¹, LAI Kun¹, RUAN Meng-yu¹, CHEN Xin-yue¹, LIN Si-tong¹,WANG Gai-lian², HUANG Xiao-qi³, GUO You-min⁴, PAN Juan⁵

(1. Yan'an University, Yan'an Shaanxi 716000, China; 2. The Second People's Hospital of Yan'an Shaanxi 716000, China; 3. Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi 716000, China; 4. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China; 5. Yan'an People's Hospital, Yan'an Shaanxi 716000, China)

Abstract: Objective: To verify the value of artificial intelligence (AI) in the clinical evaluation of invasive pulmonary tuberculosis based on conventional laboratory indicators. **Methods:** The clinical data, laboratory indexes and chest CT of 96 patients with invasive pulmonary tuberculosis diagnosed in Yan'an Second People's Hospital from January 2021 to January 2022 were collected retrospectively. The lesion range and signs on chest CT were scored semi-quantitatively, and the lesion proportion score and lesion severity score were calculated. The quantitative CT indexes of pulmonary tuberculosis patients (LeV, mL), percentage of focus to lung volume(LeV%) and lesion mass(LM, g) were obtained by AI. The correlation between artificial vision score, quantitative CT index and laboratory index were analyzed by Pearson or Spearman test, and the correlation diagram between quantitative CT index and laboratory index, artificial vision score and laboratory index were drawn. **Results:** Artificial vision score (whole lung lesion proportion score, lesion severity score)($r=0.225\sim 0.497, P<0.001$) and CT quantitative index(LeV, LeV%, LM)($r=0.290\sim 0.576, P<0.001$) were mildly to moderately correlated with laboratory indexes WBC, NEU, LYM, ALB, PAB, ESR, A/G, MLR, NLR, PLR. **Conclusion:** The quantitative CT index and artificial vision score of AI quantitative analysis are mildly to moderately correlated with those of laboratory indexes, which confirms the feasibility of quantitative CT in the clinical diagnosis of invasive pulmonary tuberculosis.

Key words: Tuberculosis, Pulmonary; Tomography, Spiral Computed

肺结核是由结核分枝杆菌引起的一种慢性传染病,其发病率较高,是世界范围内严重的公共社会问题^[1]。目前,我国肺结核发病率仍居世界前三,且传染性高^[2]。浸润性肺结核是继发性肺结核中最主要

的亚型^[3],若诊治不及时,反复迁延还可能引起毁损肺发生,从而造成不可逆的肺部损伤。

目前,CT在肺结核检出及评价过程中占有重要的地位,被用于帮助诊断、监测影像学变化和评估肺

[收稿日期] 2023-11-15; **[修回日期]** 2023-12-05**[作者简介]** 巴红珍(1983-),女,锡伯族,新疆伊犁人,讲师。E-mail:7549543@qq.com**[通信作者]** 潘娟,延安市人民医院全科医学科,716000。E-mail:745778215@qq.com**[基金项目]** 大学生创新创业训练计划创新训练项目(编号:D2022138);陕西省卫生健康科研项目(编号:2022B008)。

结核的严重程度^[4]。近年来,很多研究使用胸部 CT 的视觉评估^[5-9]及相关实验室检查来检出及评估肺结核,但人工视觉评估具有一定的主观性,实验室检测条件要求较高,所以寻找一种有效、快速、可靠的方法评估肺结核是目前研究的方向。计算机辅助诊断已经成为结核病诊断中一个新的手段,能够对肺内病变部位作出快速检出、定量评价,但目前相关研究还是较少。

本研究基于常规实验室指标,将定量 CT 指标及视觉评分与实验室指标进行相关性分析,探讨定量 CT 在浸润性肺结核病灶检出及评估的准确性及可行性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究回顾性收集 2021 年 1 月—2022 年 1 月在延安市第二人民医院确诊的成人浸润性肺结核患者 96 例。男 53 例,女 43 例,中位年龄 32 岁。

纳入标准:①经《结核病分类(WS196-2017)》^[10]及《肺结核基层诊疗指南》^[3]诊断标准确诊为肺结核患者且年龄 ≥ 18 岁;②胸部 CT 符合《结核病分类(WS196-2017)》^[10]中浸润性肺结核影像表现;③患者实验室检查、痰涂片及痰培养结果完整;④入院前后 15 天内行胸部 CT 扫描,且肺部可见典型浸润性肺结核病灶。

排除标准包括以下任何一项:①存在肺部发育不良或畸形的患者;②既往患有慢性阻塞性肺疾病、肺部肿瘤、肺间质性疾病、尘肺或其他肺部感染性疾病的患者;③患有其它影响实验室指标变化的疾病;④患者 CT 图像无法经软件处理或处理结果不满意。

收集患者的一般资料、实验室指标及胸部 CT。一般资料:年龄、性别、BMI、初次症状到就诊的时间、基础疾病及合并其他疾病。临床症状:咳嗽、咳痰、发热、盗汗、乏力、体质量下降等典型临床表现。实验室指标:白细胞(WBC)、中性粒细胞百分比(NEU)、淋巴细胞百分比(LYM)、血小板计数(PLT)、白蛋白(ALB)、前白蛋白(PAB)、血沉(ESR)、单核细胞百分比/淋巴细胞百分比(MLR)、白蛋白/球蛋白(A/G)、中性粒细胞百分比/淋巴细胞百分比(NLR)、血小板计数/淋巴细胞百分比(PLR)、痰涂片及痰培养等。

1.2 研究方法

1.2.1 胸部 CT 图像采集

所有患者的胸部 CT 数据均采用 80 排以上螺旋 CT 扫描仪进行扫描。受试者取仰卧位平躺于扫

描床上,向患者说明检查方法及检查目的,再次确认检查部位,训练患者进行呼吸演练,训练合格后,嘱咐患者在深吸气末屏住呼吸,进行全肺全容积扫描,不使用对比剂,扫描范围包括整个肺野(上起胸廓入口处,下至肾上腺水平)。扫描参数:管电压 120 kV,自动管电流,旋转时间 0.5 s,探测器准直 0.6 mm,层厚 1.00 mm,层间距 1.00 mm,按照标准算法进行重建。

1.2.2 人工视觉评分

由两名具有 5 年以上胸部读片经验的影像科医师阅片(所有 CT 图像均由两名资深放射科医师独立审核,对患者的临床信息不知情;当存在分歧时,最终的结果由两名医师探讨后一致决定),并对肺结核的病变征象及范围进行评分。

人工视觉评分^[6]用于解释和反映肺结核病变严重程度,纳入总评分的内容包括微结节及树芽征、腺泡结节及小叶实变、实变、磨玻璃样阴影和空洞等 5 种征象。

分别对肺部 5 个肺叶进行评价,病变范围按病灶在肺部的肺叶受累程度分为 6 个等级:0:无病变,1:<5%,2:受累 5%~<25%,3:受累 25%~<50%,4:受累 50%~<75%,5:受累 $\geq 75\%$ 。

将每种征象的范围等级相加后,将 5 个肺叶的总和相加,即为全肺病变严重程度分数。全肺最大严重程度分数为:5(个肺叶) \times 5(肺叶受累程度) \times 5(病变类型)=125 分。

1.2.3 定量数据处理与分析

将所有患者的胸部 CT 的原始数据以“Dicom”格式导入“数字肺”平台,首先利用辅助诊断系统识别完整的薄层 CT 原始图像资料中肺部边界、支气管和血管,第二步在肺组织中去除支气管和血管,第三步使用密度阈值和区域生长法识别肺部炎性病灶^[12]。对于识别不一致的地方两位影像科医师可协商一致后手动修改。最后导出肺结核的各项定量指标:病变体积(LeV)、病变占全肺体积百分比(LeV%),病变平均密度(MLeD)及病变质量(LM)。见图 1~4。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计学分析。对计量资料的正态性进行检验,符合正态分布的数据表示为平均值 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$),不符合正态分布的数据表示为 M(Q25, Q75),计数资料采用百分比进行表示。采用 Pearson 或 Spearman 检验分析人工视觉评分及定量 CT 指标与实验室指标之间的相关性,并绘制定量 CT 指标与实验室指标、人工视觉评分与实验室指标的相关性分析散点图。 $P<0.05$ 时认为具有统计学意义。

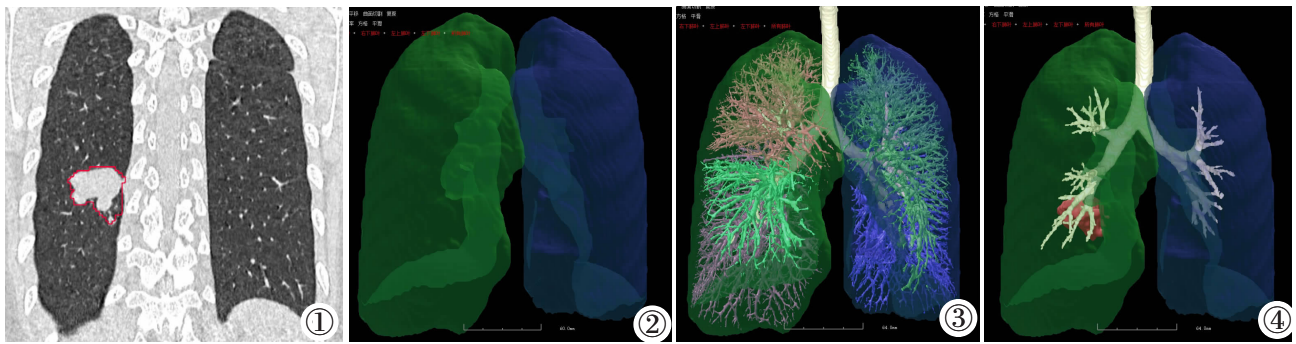


图 1~4 AI 分割肺结核患者肺部病灶步骤图。男,44 岁,浸润性肺结核患者。图 1:首次胸部 CT 扫描显示右肺下叶感染性病变。图 2:三维重建显示了左右肺区域。图 3:AI 分割出左右肺、肺血管及支气管。图 4:从全肺结构中减去肺血管后,通过密度阈值和区域生长方法进行分割。

Figure 1~4. Steps of AI segmentation of pulmonary lesions in patients with tuberculosis. A 44-year-old male with invasive pulmonary tuberculosis. Figure 1: The first chest CT scan reveals an infectious lesion in the lower lobe of the right lung. Figure 2: Three-dimensional reconstruction shows the left and right lung regions. Figure 3: AI segments the left and right lungs, pulmonary vessels and bronchus. Figure 4: After subtracting pulmonary vessels from the whole lung structure, lesions are segmented by density threshold and regional growth methods.

2 结果

2.1 一般资料比较

初次症状到就诊的中位时间约 30 天,吸烟患者占比 55%,痰涂片及痰培养阳性患者 66 例,阴性患者 30 例,少于 1/3 的患者合并有基础疾病。大多数患者的临床症状为咳嗽(75%)、咳痰(64.6%),发生胸痛、胸闷、发热、气短、盗汗、乏力、体质量下降的患者发生的概率分别为 14.6%、14.6%、22.9%、24.0%、23.0%、27.1%、28.1%,咯血的患者最少(8.3%)。

2.2 人工视觉评分与实验室指标的相关性分析

人工评价全肺病变比例得分、病变严重程度得分的中位数分别为 7、10,NEU%、LYM%、PAB 的均数分别为 66.59%、24.11%、160.46 mg/L,ALB、A/G、ESR 的中位数分别为 40.50 g/L、1.4、65 mm/h,CT 定量的 LeV、LeV%、MeLD、LM 的中位数分别为 99.47、3.15、353.64、76.4。

人工评价的全肺病变比例、人工评价的全肺病变严重程度与 A/G、PAB、ALB、LYM%呈轻度负相关($r=-0.300\sim-0.497, P<0.001$),与 MLR、NLR、PLR、ESR、PLT、NEU%、WBC 呈轻度正相关($r=0.225\sim0.497, P<0.001$)。

2.3 CT 定量指标与实验室指标的相关性分析

AI 评价的 LeV、LM 与 A/G、ALB 呈轻度负相关($r=-0.318\sim-0.464, P<0.001$),与 PAB、LYM%呈中度负相关($r=-0.539\sim-0.567, P<0.001$),与 MLR、PLT 呈轻度正相关($r=0.290\sim0.463, P<0.001$),与 NLR、PLR、ESR、NEU%、WBC 呈中度正相关($r=0.534\sim0.576, P<0.001$);AI 评价的 LeV% 与 A/G、ALB、LYM%呈轻度负相关($r=-0.310\sim-0.472, P<0.001$),与 PAB($r=-0.508, P<0.001$)呈中度负相关,与 MLR、

NLR、PLR、ESR、PLT、WBC 呈轻度正相关($r=0.293\sim0.499, P<0.001$),与 NEU%($r=0.502, P<0.001$)呈中度正相关。

3 讨论

越来越多的研究表明,胸部 CT 在肺结核病变的早期发现、诊断与治疗转归评价等方面显示出越来越大的优势^[3]。目前,肺结核多采用视觉评估方法进行早期诊断,耗时较长且诊断结果具有主观性,可能会导致误诊、漏诊^[7]。因此,如何将肺结核 CT 图像进行量化或半量化,便于影像科医生评估肺结核病灶的范围、严重程度及预后,是目前最至关重要的问题。

本研究采用“数字肺”肺部感染辅助诊断平台,进行肺结核肺部病灶分析处理,该软件可以对肺部感染、肺血管、肺叶进行自动识别、勾画、分析、计算,最终可得出病灶的相关定量指标,更加方便、快捷^[4]。目前,该软件对于肺结核病灶评估准确性尚不清楚。因此,本研究基于常规实验室指标,将人工视觉评分及定量 CT 指标与实验室指标进行相关性分析,验证定量 CT 在肺结核早期诊断中的可行性。

经人工视觉评估评分及“数字肺”肺部感染辅助诊断软件分析的 CT 定量指标与肺结核的部分炎性指标具有不同程度的相关性,且定量 CT 指标与实验室指标的相关性($r=0.290\sim0.576, P<0.001$)高于人工视觉评分的相关性($r=0.225\sim0.497, P<0.001$),这说明了定量 CT 对于肺结核肺部病灶的评估优于人工视觉评估,进一步说明了定量 CT 诊断肺结核的优越性。将定量分析得到的肺部病灶参数与患者的实验室检查进行相关性分析发现,LeV、LM 与 A/G、ALB 呈轻度负相关,与 PAB、LYM%呈中度负相关,

与 MLR、PLT 呈轻度正相关,与 NLR、PLR、ESR、NEU%、WBC 呈中度正相关;LeV%与 A/G、ALB、LYM%呈轻度负相关,与 PAB 呈中度负相关,与 MLR、NLR、PLR、ESR、PLT、WBC 呈轻度正相关,与 NEU%呈中度正相关。

既往有研究表明中性粒细胞在肺结核的不同时期可能发挥着不同的作用,例如,在感染初期介导保护,并在晚期阶段诱导病理学^[15]。Ong 等^[16]的研究证明中性粒细胞来源的 MMP-8 是肺结核基质破坏的关键,中性粒细胞源性酶(包括 MMP-8、MMP9 和弹性酶)的分泌和活性以及相关的基质破坏程度因缺氧而增加^[17],从而导致肺部损伤,因此肺结核患者肺部损伤与中性粒细胞相关。

淋巴细胞减少代表着严重的炎症状态,也是抑制免疫应答的静止和控制炎症的主要途径^[18]。有研究表明,结核病的严重程度与血液中淋巴细胞的数量主要呈负相关^[19],这与我们的研究中定量 CT 指标与淋巴细胞百分比呈负相关一致。

既往有研究证实,白蛋白是一种负的急性期蛋白,在慢性感染中常随着炎症反应而减少^[20],而球蛋白含量增加,导致 A/G 比值降低,这表明在结核病感染中蛋白质组分有显著的变化^[21],可以反映整个期间炎症反应的变化。在另一些研究中,白球比值降低是胸部 CT 严重病变的独立危险因素^[22],这与本研究 CT 定量指标与白蛋白、白球比呈负相关是高度一致的。

ESR 是临床上常用的反应机体炎症情况、病情活动程度及治疗疗效的非特异性指标,可用于肺结核患者病情评估和疗效判定^[23]。本研究中 CT 定量与血沉呈正相关,这可能因为炎症反应的持续存在,从而提示着肺结核的活动性^[18],同时结核病血沉加快程度常与肺结核患者的病情轻重有关^[24]。

MLR 可反映免疫应答对感染的反应效率,该比值升高与感染结核的风险相关,提示患者免疫功能紊乱。既往研究提出 MLR、NLR 与肺结核病情严重程度相关,MLR 越高,病情越严重^[25]。本研究中全肺病变严重程度与 MLR、NLR 呈中度正相关,这与本研究的结果是高度一致的。

本研究的局限性:本研究仅对肺结核的一种类型(浸润性肺结核)进行了初步探讨,后期可对其他类型的结核进行进一步探讨;其次,本研究为单中心研究,样本量较少,后期需要加大样本量进行多中心的研究。

总之,基于 CT 图像的肺部病灶定量参数与肺结核相关实验室指标具有较高的相关性,证明了肺部感染辅助诊断软件对肺结核病灶定量分析具有可

行性,可进一步应用于临床上对结核病灶的评估。

[参考文献]

- [1]Peetluk LS, Ridolfi FM, Rebeiro PF, et al. Systematic review of prediction for pulmonary tuberculosis treatment outcomes in adults [J]. *BMJ Open*, 2021, 11(3): e044687.
- [2]Chakaya J, Khan M, Ntoumi F, et al. Global Tuberculosis Report 2020—Reflections on the Global TB burden, treatment and prevention efforts[J]. *Int J Infect Dis*, 2021, 113 Suppl 1(Suppl 1): S7–S12.
- [3]中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等. 肺结核基层诊疗指南(2018年)[J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18(8): 709–717.
- [4]侯准,杨梓,尤小芳,等. Karl 迭代技术降低 64 排 CT 肺结核患者胸部扫描辐射剂量的临床研究[J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(4): 778–781.
- [5]Yan C, Wang L, Lin J, et al. A fully automatic artificial intelligence-based CT image analysis system for accurate detection, diagnosis, and quantitative severity evaluation of pulmonary tuberculosis[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(4): 2188–2199.
- [6]Ors F, Deniz O, Bozlar U, et al. High-resolution CT findings in patients with pulmonary tuberculosis: correlation with the degree of smear positivity[J]. *J Thorac Imaging*, 2007, 22(2): 154–159.
- [7]彭程,杨倩婷,陆普选,等. 涂阳活动性肺结核患者 HRCT 评分与细菌学及免疫学相关性分析 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2009, 7(2): 26–29.
- [8]方文春,马威,陆普选,等. 肺结核高分辨率 CT 半定量评分与酶联免疫斑点形成细胞数的相关性分析 [J]. *实用医技杂志*, 2014, 21(5): 464–466.
- [9]张洁,于洪志,吴琦,等. CT 半定量评估继发型肺结核肺结构异常对氧合功能变化的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(29): 2368–2371.
- [10]肺结核诊断 WS288–2017 [J]. *中国感染控制杂志*, 2018, 17(7): 642–652.
- [11]Yu N, Shen C, Yu Y, et al. Lung involvement in patients with coronavirus disease-19 (COVID-19): a retrospective study based on quantitative CT findings [J]. *Chin J Acad Radiol*, 2020, 3(2): 102–107.
- [12]Sun W, Zhang L, Liang J, et al. Comparison of clinical and imaging features between pulmonary tuberculosis complicated with lung cancer and simple pulmonary tuberculosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Epidemiol Infect*, 2022, 11(8): e43.
- [13]伍建林,路希伟,张竞文,等. 60 例活动性肺结核治疗转归与随访的多层螺旋 CT 应用评价[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2009, 20(2): 84–88.
- [14]Irina L. Inflammation and Immunopathogenesis of Tuberculosis Progression[M]. *Rijeka: IntechOpen*, 2012: 19–33.
- [15]Ong CW, Elkington PT, Brilha S, et al. Neutrophil-Derived MMP-8 Drives AMPK-Dependent Matrix Destruction in Human Pulmonary Tuberculosis[J]. *PLoS Pathog*, 2015, 11(5): e1004917.
- [16]Ong CWM, Fox K, Ettore A, et al. Hypoxia increases neutrophil-driven matrix destruction after exposure to *Mycobacterium tuberculosis*[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 11475.

- [17]Li L, Ma Y, Geng X B, et al. Platelet-to-lymphocyte ratio relates to poor prognosis in elderly patients with acute myocardial infarction[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2021, 33(3): 619-624.
- [18]Pantelev AV, Nikitina IY, Burmistrova IA, et al. Severe Tuberculosis in Humans Correlates Best with Neutrophil Abundance and Lymphocyte Deficiency and Does Not Correlate with Antigen-Specific CD4 T-Cell Response [J]. *Front Immunol*, 2017, 8: 963.
- [19]Park J, Kim H J, Kim J, et al. Predictive value of serum albumin-to-globulin ratio for incident chronic kidney disease: A 12-year community-based prospective study[J]. *PLoS One*, 2020, 15(9): e0238421.
- [20]Ukibe NR, Ndiuwem CK, Ogbu II, et al. Prognostic value of some serum protein fractions as Early Index of Clinical Recovery in Pulmonary Tuberculosis subjects [J]. *Indian J Tuberc*, 2020, 67(2): 167-171.
- [21]Li K, Jiang Z, Zhu Y, et al. A valuable computed tomography-based new diagnostic tool for severe chest lesions in active pulmonary tuberculosis: combined application of influencing factors [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 2023.
- [22]熊金梦,毛科稀,叶旭,等. 联合检测血清 ESR、CRP 及 CA125 在肺结核患者中的临床意义 [J]. *标记免疫分析与临床*, 2016, 23(11): 1283-1285.
- [23]国家感染性疾病临床医学研究中心,深圳市第三人民医院,《中国防痨杂志》编辑委员会. 肺结核活动性判断规范及临床应用专家共识[J]. *中国防痨杂志*, 2020, 42(4): 301-307.
- [24]杨燕,张向荣. 单核细胞/淋巴细胞比值与耐多药肺结核病情严重程度相关性[J]. *国际呼吸杂志*, 2023, 43(8): 959-964.
- [25]陈宇,刘莹,方刚,等. 基于倾向性评分法的活动性肺结核患者中性粒细胞计数、中性粒细胞/淋巴细胞比值及血小板/淋巴细胞比值与营养风险的相关性研究 [J]. *中国防痨杂志*, 2023, 45(9): 833-838.

(上接 470 页)强化方式及程度、颈部淋巴结、囊变等 MSCT 征象对 PTMC 与 MNG 表现出较高的鉴别诊断价值。

[参考文献]

- [1]Grani G, Sponziello M, Pecce V, et al. Contemporary Thyroid Nodule Evaluation and Management [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2020, 105(9): 2869-2883.
- [2]Traylor KS. Computed Tomography and MR Imaging of Thyroid Disease[J]. *Radiol Clin North Am*, 2020, 58(6): 1059-1070.
- [3]Li Q, Song Z, Zhang D, et al. Diagnostic accuracy of dual-energy computed tomography-based nomogram for differentiating papillary thyroid microcarcinomas from micronodular goiters [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13(6): 3428-3440.
- [4]童永秀,陈永钦,张惠娟. 基于 MSCT 的纹理分析对钙化在鉴别结节性甲状腺肿和甲状腺乳头状癌中的价值研究[J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(5): 728-732.
- [5]梅艳,徐蓉生,王乔,等. 青年乳头状甲状腺癌患者 MSCT 影像学表现及其与颈部淋巴结转移的相关性 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(2): 36-37.
- [6]Gong Y, Yao X, Yu L, et al. Ultrasound grayscale ratio: a reliable parameter for differentiating between papillary thyroid microcarcinoma and micronodular goiter [J]. *BMC Endocr Disord*, 2022, 22(1): 75.
- [7]江鑫辉,陈捷,王媚瑜,等. 超声造影对无淋巴结转移甲状腺微小乳头状癌侵袭性的诊断价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2020, 31(5): 320-324.
- [8]Chen F, Han H, Wan P, et al. Joint Segmentation and Differential Diagnosis of Thyroid Nodule in Contrast-Enhanced Ultrasound Images [J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2023, 70(9): 2722-2732.
- [9]Wu JH, Zeng W, Wu RG, et al. Comparison of Ultrasonography and CT for Determining the Preoperative Benign or Malignant Nature of Thyroid Nodules: Diagnostic Performance According to Calcification[J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2020, 19: 1-6.
- [10]黄东琼,许林,邱冬梅,等. 多层螺旋 CT 和核素扫描对结节性甲状腺肿诊断的临床价值对比 [J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(1): 34-37.
- [11]国荣芳,成建明,杨玉婵,等. 甲状腺微小乳头状癌的 CT 特征性征象与病理的对照研究 [J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2022, 20(1): 36-40.
- [12]Ferreira LB, Gimba E, Vinagre J, et al. Molecular Aspects of Thyroid Calcification[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(20): 7718.
- [13]张艾红,岳松伟,巴建,等. MSCT 检查对结节性甲状腺肿、乳头状甲状腺癌的鉴别诊断价值对比 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(6): 39-41.
- [14]张海明,郑海格,李振宇,等. 结节性甲状腺肿与甲状腺乳头状癌 CT 征象的 Logistic 回归分析模型的建立及其预测价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(7): 1282-1286.