

CT引导细针穿刺活检术诊断肺部病灶的研究进展

赵源浩, 何小鹏, 赵佩文, 索朗卓嘎, 罗词雨, 李实玲

咸阳市中心医院呼吸与危重症科, 陕西 咸阳

收稿日期: 2026年3月28日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月30日

摘要

肺癌已经成为我国发病率最高的癌症疾病, 早期确诊有助于改善患者的临床结局。CT引导细针穿刺活检术虽然是一种有创性的诊断方法, 但是其具有微创的特点, 在肺部病灶诊断中具有较高的价值。本文首先阐述了肺部病灶的诊断局限性, 并介绍了CT引导细针穿刺活检术的技术基础, 重点围绕其在肺部病灶诊断准确性、安全性等方面进行了综述, 最后说明了这种诊断技术的技术革新情况, 以期提高其在肺部病灶诊断中的应用水平。

关键词

CT引导细针穿刺活检术, 肺部病灶, 诊断

Research Progress of CT Guided Fine Needle Aspiration Biopsy in the Diagnosis of Lung Lesions

Yuanhao Zhao, Xiaopeng He, Peiwen Zhao, Zhuoga Suolang, Ciyu Luo, Shiling Li

Respiratory and Critical Care Department, Xianyang Central Hospital, Xianyang Shaanxi

Received: March 28, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 30, 2026

Abstract

Lung cancer has become the highest incidence of cancer disease in China. Early diagnosis is helpful to improve the clinical outcomes of patients. Although CT guided fine needle aspiration biopsy is an invasive diagnostic method, it has the characteristics of minimally invasive, and has high value in the diagnosis of lung lesions. This paper first describes the limitations of the diagnosis of lung

文章引用: 赵源浩, 何小鹏, 赵佩文, 索朗卓嘎, 罗词雨, 李实玲. CT 引导细针穿刺活检术诊断肺部病灶的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 1-6. DOI: 10.12677/acm.2026.1651782

lesions, and introduces the technical basis of CT guided fine-needle aspiration biopsy, focusing on its accuracy and safety in the diagnosis of lung lesions, and finally describes the technical innovation of this diagnostic technology, in order to improve its application level in the diagnosis of lung lesions.

Keywords

CT Guided Fine Needle Aspiration Biopsy, Lung Lesions, Diagnosis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

临床对肺病病灶诊断的重视度不断提高,并且对诊断的精准性提出了更高的要求。现阶段,CT引导细针穿刺活检术已经成为诊断肺部有无异常改变的主要方法之一,这种方法依托于CT成像技术进行定位,选择合适的进针路径,将细针按照既定路径送入病灶区域,取出病变组织样本进行病理学分析。鉴于这种方法具有高准确率、高敏感度、低安全风险,因此具有较高的推广价值,本文特围绕CT引导细针穿刺活检术展开综述。

2. 肺部病灶诊断的临床挑战

在肺部病灶诊断过程中,判断肺内结节、占位性病变的性质具有一定的挑战性。以往,临床常用基于医生主观经验的穿刺方法或者经支气管内镜活检的穿刺方法,但是这些方法均缺乏清晰的可视化操作依据,导致诊断难度比较高。主要挑战包括:1)定位难度大。张辉军等[1]在研究中指出,在诊断肺外周病灶时,使用常规支气管镜的定位局限性比较明显,当其进入支气管后,受病灶直径、病灶位置等因素的影响,难以实时追踪支气管镜的准确位置,并且会影响诊断准确性。2)准确率较低。以肺结节诊断为例,Calandri M等学者[2]在多中心观察性研究中指出,在诊断周围性病变时,经支气管内镜活检的诊断阳性率为70%,而经皮穿刺活检为83%至98%。3)安全风险高。基于医生主观经验的穿刺方法由于在操作中无法直观掌握内部组织的实时情况,容易伤害到正常组织,引发气胸、出血等。虽然CT引导穿刺活检术也存在一定的安全风险,但是风险系数更小。刘志华等学者[3]在预测不同路径CT引导PTNB在肺部占位病变中的应用及并发症风险时表明,短路径组的气胸发生率、出血发生率分别为9.0%、6.4%,长路径组的气胸发生率、出血发生率分别为6.1%、3.7%,均比传统穿刺方法的安全风险低。林武强等[4]在临床对照研究中指出,虽然在气胸、咯血/出血等并发症的发生率对比中,应用超声支气管镜引导下经支气管肺活检术的观察组的发生率低于应用CT引导下经皮肺穿刺术的对照组,但前者是一种有创性诊断方法,在具体操作中,患者容易出现咳嗽、呼吸不畅、血压升高、心律不规律等不良事件。此外,在成本对比中,林武强等统计指出,研究组[(1670±125)元]略低于对照组[(1702±138)元],但是组间对比无意义。CT引导细针穿刺活检术依托于CT扫描技术进行成像,并在获得影像信息的基础上选择最佳穿刺入路,在穿刺操作的同时通过实时影像观察穿刺针的位置移动轨迹,而且可以结合具体需要进行调整,达到预期的穿刺效果。

3. 呼吸时相在CT引导细针穿刺活检术中的研究进展

Huang ZG等[5]、Guimarães MD等[6]、Mendiratta-Lata M [7]等学者在研究指出,CT引导细针穿刺活检术在肺占位性病变中的敏感性、特异性、准确性均比较高,具体对应的数值水平为(92.52%±3.14%)、

(97.98% ± 3.28%)、(92.28% ± 5.40%)。当人体在进行吸气的过程中,胸廓会随之发生改变,呈增大趋势,此时胸腔内的负压也会呈现相同的变化趋势,气道内压 < 大气压,气体会顺着呼吸道进入肺部,使肺部充满气体,肺内压增加。当呼吸时相发生改变时,由吸气变为呼气,此时胸廓呈现减小趋势,恢复正常状态,肺内压 > 大气压,肺内气体经由呼吸道排出,肺组织随之回缩,变得比吸气时更小。在整个呼吸过程中,肺部随着吸气和呼气不断发生形态和位置的变化,这种动态的移动和变形能力被称为肺的活动度。在进行 CT 引导细针穿刺活检术时,处于活动状态的肺会干扰穿刺针的操作,活动度与目标穿刺范围呈负相关性,与靶点穿刺准确性受到的干扰程度呈正相关性。因此,临床普遍表示,在行 CT 引导细针穿刺活检术的操作中,随着穿刺针的穿刺,患者需要屏气配合,降低肺活动度的干扰。但是具体在什么时机屏气的效果最佳,尚未得到统一定论,主要观点如下:

受检者应该在深呼气末屏气。在呼吸过程中,当人吸气时,胸部结构会向外扩展,肺部随之充满更多气体,导致肺内的病变区域与胸壁之间的距离变大。而在呼气时,胸部结构向内收缩,肺部所含的空气减少,病变区域因此更靠近胸壁,两者间距缩短。基于这一生理变化,Subba DC 等学者[8]建议在进行穿刺操作时,让受检者在深呼气末屏气,这样可以保证穿刺针穿过的路径最短,有助于提升操作的成功率和精确性。然而,Min LF 等学者[9]通过随机对照试验对比了深呼气后屏气与在平静呼吸状态下进行穿刺的效果,发现虽然前者可以降低并发症的发生风险,但在实际诊断准确率上,并没有明显提高。

相关学者认为[10],受检者应该在深吸气末屏气。在深吸气时,胸腔会明显扩张,肺部充分充气,使病变区域与周围肺组织之间的界限更加清楚。这种清晰的结构对比有助于医生更准确地定位病灶,提升穿刺的精确度。因此,陆春龙等学者建议在深吸气末屏气进行穿刺操作。但目前仍缺少足够的临床研究,尤其是对照实验,来系统验证这种方法的实际效果和优势。

相关学者认为[11],受检者应该在平静呼吸屏气。在实际操作中,相比平静呼吸屏气,大多数患者很难在深吸气或深呼气末保持稳定的屏气状态。而且,当患者在深呼吸后尝试屏气失败时,接下来的呼吸动作往往幅度更大,这会干扰穿刺针精准进入目标结节。Ashraf 等学者[12]通过随机对照试验发现,在行 CT 引导细针穿刺活检术的操作中,与平静呼吸屏气下穿刺对比,基于最短穿刺距离的呼吸屏气并没有对肺占位性病诊断率带来显著性的积极影响。

4. 肺部病灶特征在 CT 引导细针穿刺活检术中的研究进展

在肺部周围型病灶的相关研究中,我国学者[13]指出,当肺部肿块与胸膜壁层的距离为 2 cm 左右时,如果采用其他诊断方法无法给出确切的诊断结果,则应用 CT 引导细针穿刺活检术进行诊断可以保证定性诊断成功率达到 92% 左右。钱朝霞等学者围绕 CT 引导细针穿刺活检术展开临床研究发现,在应用该方法对 60 例肺部占位性病变更患者进行诊断中,穿刺成功率为 100%,准确率为 96.6%。

在肺不张性病灶的相关研究中,一项研究指出,在应用 CT 扫描技术进行定位的基础上,在肺门部位进行多靶点穿刺抽吸活检的诊断特异性为 95%,准确度不低于 85%。在纤维支气管镜刷片和肺部细针抽吸细胞学检查的对比研究中,后者在肺癌诊断中表现出的阳性率水平更高。

在肺部不同大小病灶的相关研究中,有研究者[14]按照病灶尺寸的不同进行分类,然后分别分析使用细针穿刺活检的诊断效果。研究发现[15],这种检查方法在确定病灶位置的难度系数以及判断结果的准确性方面,很大程度上受到病灶体积和组织质地的影响。近年来,国内已有相关数据显示[16],利用本文重点研究的诊断方法对位于肺部边缘区域的异常病变进行检测,成功检出病变的比率超过 95%。综合这些研究结果可以看出,该技术在判断靠近肺外周的病变以及因肺塌陷所形成的病灶方面,具有较强的准确性、可靠性。

5. 迭代重建技术在 CT 引导细针穿刺活检术中的研究进展

迭代重建技术(IR)源于 CT 发展的早期阶段,但由于当时的计算负荷高、算法结构复杂,与滤波反投影(FBP)以及代数重建等相比并无明显优势,因此在实际应用的发展进度比较慢。当前计算机技术的快速发展,解除了制约 IR 发展的计算瓶颈,重新获得了 CT 图像领域的重视。IR 技术的应用可以优化低剂量 CT 图像的质量,与 FBP 相比,IR 通过建立 X 射线发射、人体组织穿透过程以及探测器响应的物理模型,并引入光子计数的统计特性和系统噪声特征,在图像重建过程中进行多次迭代优化,可以降低噪声、伪影对 CT 图像准确性的影响。相关研究指出,采用第一代统计 IR 技术不但可以得到优质的图像质量,并且还能减少 CT 扫描的辐射剂量,减少率能达到 30%~65%。IR 技术的这一进步为 CT 引导细针穿刺活检术诊断肺部病灶提供了良好的技术支持,不但可以提高亚厘米级别的结节显示清晰度,而且还可以降低患者因辐射暴露而发生安全风险的风险系数。李琼等学者在研究中发现[17],128 排螺旋 CT 在低辐射剂量(10 mAs)的情况下,对比 iDose4 IR 技术、FBP 技术的应用表现,前者在肺纯磨玻璃密度结节(pGGN)的诊断中,可以高效识别出 5 mm 及以下的小结节,并且相较于后者,前者在降低图像噪声,突出病灶边缘的清晰度等方面具有显著优势。由于这类结节的密度比较低,边界模糊,采用常规 CT 扫描方式容易出现定位不准确的问题,而 iDose4 IR 通过优化 CT 成像质量,可以减少穿刺次数和可能出现的并发症,尤其对那些位置较深、无法通过触摸感知或位于肺部外围的微小病变具有重要意义。这些技术的发展表明,当前 CT 引导下的穿刺操作正朝着更低辐射剂量、更高成像分辨率和更精准干预的方向持续进步。

6. 并发症在 CT 引导细针穿刺活检术中的研究进展

Liu J 等学者在研究中指出[18],气胸发生率约为 23.0%~25.3%。气胸的发生与下述情况存在一定的关联性:当穿刺针穿过胸壁并进入胸膜腔时,由于胸膜腔内部的压力低于外界大气压,若穿刺针尾端未完全封闭,空气可能顺着针道少量进入胸膜腔,从而引发气胸。此外,在穿刺针穿透脏层胸膜及周围正常肺组织后,会在肺表面形成一个破口。如果这个破口无法被周围组织有效包裹,或者不能迅速自行闭合,就会使肺内部与胸膜腔之间形成持续的通道。这样一来,呼吸过程中肺内的气体便可能通过该通道流入胸膜腔,进一步导致或加重气胸。从临床观察来看,病灶距离胸壁越远,穿刺路径越长,发生气胸的风险也随之增加。为了预防或处理较严重的气胸情况,理论上可以采用胸腔闭式引流术,即通过置管将胸膜腔内的气体排出,帮助肺复张。然而,大量临床数据显示[19],实际需要进行这一干预措施的患者比例非常低,表明绝大多数气胸程度较轻,无需特殊处理即可自愈。整体而言,该项诊断方法的安全性较高,严重不良事件少见。

7. CT 引导细针穿刺活检术的技术革新

目前,CT 引导细针穿刺活检术在诊断肺部病灶的过程中面临一些问题,结合前文所述可知,这种诊断方法的准确性与呼吸运动有关,并且为了保证穿刺进针的准确性,部分患者需要接受数次 CT 扫描,容易增加辐射暴露风险,给患者造成不适[20]。近年来,新技术的研发与应用为上述问题提供了新的解决思路。

2024 年,宜昌市中心人民医院呼吸与危重症医学科团队采用机器人定位技术,完成了全省首例穿刺导航定位机器人辅助下经皮肺粒子植入术,该手术的成功,推动肺部诊疗手术进入了“机器人+”新时代。该手术中采用的穿刺导航定位系统集成多项前沿技术,如光学导航、AI、机械臂定位等,可以配合患者的呼吸规律进行穿刺,基于呼吸位移的动态变化进行调整,可以纠正呼吸位移偏差。患者在术前只需接受一次 CT 扫描、到达病灶后接受一次 CT 扫描,即可锁定穿刺位点,这一过程充分展现了 AI 赋能优势,为 CT 引导细针穿刺活检术的技术革新提供了参考。

2025年,江苏省人民医院肺癌中心的医疗团队联合应用AI、AR技术进行肺结节定位导航。AI与AR结合的导航定位技术对患者意识状态的要求比较低,即使患者处于非清醒状态,也能进行穿刺定位操作,可以降低气胸、出血等并发症的发生率,同时还能免除患者术前等待的焦虑以及对穿刺的恐惧,为CT引导细针穿刺活检术带来了新的突破和发展方向。

此外,随着诊断技术不断进步,结合超声支气管镜(EBUS)与CT引导的多模态联合手段,可以提升诊断的精确度,使整体准确率达到95%。在复杂或难以明确诊断的病例中,应用CT引导细针穿刺活检术可以准确区分不同病因。实例显示,通过该方法发现了曲霉菌感染的证据,从而避免了错误地实施抗结核治疗或不必要的外科手术。

8. 总结

综上所述,CT引导细针穿刺活检术在准确性、安全性等方面的表现良好,是诊断肺部病灶的主要方法之一。未来,随着人工智能技术、机器人技术的深度引入,CT引导细针穿刺活检术的智能化与精准化发展水平将会得到进一步提高。

参考文献

- [1] 张辉军, 张龙富, 叶茂松, 洪群英, 胡洁, 李春, 徐晓波, 张勇, 张新. 国产电磁导航支气管镜检查定位系统引导经支气管镜肺活检术对肺外周病灶的诊断价值[J]. 复旦学报(医学版), 2017, 44(3): 348-352.
- [2] Calandri, M., Brino, J., Yevich, S., Pujol, J., Zaqane, H., Bonnet, B., *et al.* (2025) Multicenter External Validation of a Novel Aggregated Technique for Percutaneous CT Guided Lung Biopsy for Multiple Samplings: The ExtraPEARL Study. *European Radiology*, **35**, 5817-5825. <https://doi.org/10.1007/s00330-025-11466-8>
- [3] 刘志华, 徐国华, 王耀增, 谭祯, 刘素娇. 不同路径CT引导PTNB在肺部占位病变中的应用及并发症风险预测[J]. 中国科技期刊数据库医药, 2026(1): 63-66.
- [4] 林武强, 邢佳鹏, 林岱敏. 超声支气管镜引导下经支气管肺活检术对肺周围型病变的诊断价值[J]. 中国医药科学, 2022(18): 12.
- [5] Huang, Z.G., Sun, H.L., Wang, C.L., Gao, B., Chen, H., Yang, M., *et al.* (2021) CT-Guided Transthoracic Needle Biopsy of Pulmonary Lesions: Comparison between the Cutting Needle and Aspiration Needle. *The British Journal of Radiology*, **94**, Article ID: 0190930. <https://doi.org/10.1259/bjr.20190930>
- [6] Guimarães, M.D., Marchiori, E., Hochegger, B., Chojniak, R. and Gross, J.L. (2014) CT-Guided Biopsy of Lung Lesions: Defining the Best Needle Option for a Specific Diagnosis. *Clinics*, **69**, 335-340. [https://doi.org/10.6061/clinics/2014\(05\)07](https://doi.org/10.6061/clinics/2014(05)07)
- [7] Mendiratta-Lala, M., Sheiman, R., Brook, O.R., Gourtsoyianni, S., Mahadevan, A. and Siewert, B. (2014) CT-Guided Core Biopsy and Percutaneous Fiducial Seed Placement in the Lung: Can These Procedures Be Combined without an Increase in Complication Rate or Decrease in Technical Success? *European Journal of Radiology*, **83**, 720-725. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.01.006>
- [8] Subba, D.C., Das, D.B., Sarmah, D.A., Gogoi, D.G., Goutam, D.P. and Bhuyan, D.A.P. (2023) Correlation of Fine Needle Aspiration Cytology with Histopathological Examination in the Diagnosis of Spectrum of Thyroid Lesions. *International Journal of Clinical and Diagnostic Pathology*, **6**, 8-12. <https://doi.org/10.33545/pathol.2023.v6.i2a.511>
- [9] Min, L., Xu, X., Song, Y., Issahar, B., Wu, J., Zhang, L., *et al.* (2013) Breath-Hold after Forced Expiration before Removal of the Biopsy Needle Decreased the Rate of Pneumothorax in CT-Guided Transthoracic Lung Biopsy. *European Journal of Radiology*, **82**, 187-190. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.09.013>
- [10] Jain, A., Kumar, K., Gupta, D., Balaan, V., Kumar, N., Vishnoi, M.G., *et al.* (2025) PET/CT-Guided Biopsy in Necrotic Lung Mass: A Diagnostic Breakthrough. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, **40**, 318-320. https://doi.org/10.4103/ijnm.ijnm_66_25
- [11] Wu, Q.D., Cao, B.H., Zheng, Y.J., Liang, B., Liu, M., Wang, L., *et al.* (2021) Feasibility and Safety of Fine Positioning Needle-Mediated Breathing Control in CT-Guided Percutaneous Puncture of Small Lung/Liver Nodules Adjacent to Diaphragm. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 3411. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83036-z>
- [12] Ashraf, H., Krag-Andersen, S., Naqibullah, M., Minddal, V., Nørgaard, A., Naur, T.M.H., *et al.* (2017) Computer Tomography Guided Lung Biopsy Using Interactive Breath-Hold Control: A Randomized Study. *Annals of Translational Medicine*, **5**, Article No. 253. <https://doi.org/10.21037/atm.2017.05.10>

-
- [13] 吴文岳, 廖贤英. CT 引导下分体活检针穿刺活检技术在肺内占位性病变的诊断价值及并发症分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(11): 61-63.
- [14] Esposito, G., Massimiani, G., Galasso, L., Santini, P., Borriello, R., Mignini, I., *et al.* (2024) Endoscopic Contrast-Enhanced Ultrasound and Fine-Needle Aspiration or Biopsy for the Diagnosis of Pancreatic Solid Lesions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers*, **16**, Article No. 1658. <https://doi.org/10.3390/cancers16091658>
- [15] Elmatry, H.H., Gheryani, N.A., Saad, R.H.F. and Amer, A.H.A. (2024) Perioperative Diagnosis of Thyroid Lesions through Fine-Needle Aspiration: A Clinicopathological Retrospective Analysis. *Libyan International Medical University Journal*, **9**, 42-46. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1787269>
- [16] Collins, K., Yocum, B.P., Mesa, H., Cramer, H. and Saeed, O. (2023) Comparison of Endoscopic Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration Cytology versus Endoscopic Biopsy for the Diagnosis of Subepithelial Lesions of the Upper and Lower Gastrointestinal Tract: A 10-Year Retrospective Single Institution Analysis. *Diagnostic Cytopathology*, **51**, 434-440. <https://doi.org/10.1002/dc.25136>
- [17] 李琼, 于红, 张丽, 刘士远. 迭代重建技术对胸部低剂量 CT 图像质量影响的初步研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(2): 191-194.
- [18] Liu, J., Yang, C., Wu, X., Yang, L. and Xu, H. (2025) Cytological Diagnosis by Fine-Needle Aspiration or Core Biopsy with Touch Preparation for Renal Cystic or Solid Lesions: A Single-Center Clinicopathological Analysis. *Acta Cytologica*, **69**, 210-220. <https://doi.org/10.1159/000543822>
- [19] Poddar, S., Ghosh, A., Lalankumar, J.A. and China, B. (2024) Correlation of Ultrasonography and Fine Needle Aspiration Cytology in Diagnosis of Hepatic Space Occupying Lesions at Bankura Sammilani Medical College and Hospital. *International Journal of Research in Medical Sciences*, **12**, 825-830. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20240525>
- [20] Hussain, M., Ghani, H., Ali, Y., Clement, C. and Nawgiri, R. (2024) Fine Needle Aspiration Diagnosis of Benign Oncocytic Lesions of the Head and Neck Associated with False Positive ^{18}F -Fluorodeoxyglucose Uptake on Positron Emission Tomography Scan. *Diagnostic Cytopathology*, **52**, 387-392. <https://doi.org/10.1002/dc.25331>