

新型肺穿刺技术在肺占位性病变诊断中的研究进展

魏世纪^{1,2}, 郭志远^{2*}, 付吕平²

¹承德医学院研究生学院, 河北 承德

²邯郸市中心医院肿瘤内二科, 河北 邯郸

收稿日期: 2026年1月12日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年2月24日

摘要

肺癌位居中国癌症发病顺位第一, 同时也是癌症首位死因, 随着人口增长与人口老龄化趋势加重, 未来中国将面临沉重的癌症负担。早发现, 早诊断, 早治疗能有效降低肺癌患者的死亡率。CT引导的经皮肺穿刺活检由于其对周围型病变的高诊断率被广泛应用于临床。然而其高并发症的发生限制了该技术的进一步应用。本文通过检索、整理文献资料, 总结不同肺穿刺引导方法在肺穿刺中的具体应用情况, 以指导不同医疗机构合理选择CT引导的经皮肺穿刺活检方法, 提高肺癌的早期诊断准确率, 降低肺癌穿刺并发症。

关键词

肺癌, CT引导下的活检, 经皮肺活检, 诊断准确性, 并发症

Research Progress on Novel Lung Biopsy Techniques in the Diagnosis of Pulmonary Space-Occupying Lesions

Shiji Wei^{1,2}, Zhiyuan Guo^{2*}, Lvping Fu²

¹Graduate School, Chengde Medical University, Chengde Hebei

²Department of Oncology II, Handan Central Hospital, Handan Hebei

Received: January 12, 2026; accepted: February 6, 2026; published: February 24, 2026

*通讯作者。

文章引用: 魏世纪, 郭志远, 付吕平. 新型肺穿刺技术在肺占位性病变诊断中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 2872-2877. DOI: 10.12677/acm.2026.162699

Abstract

Lung cancer ranks first in China's cancer incidence spectrum and is also the leading cause of cancer-related mortality. With population growth and an accelerating trend of population aging, China is projected to face a substantial cancer burden in the future. Early detection, diagnosis, and treatment can effectively reduce the mortality rate of lung cancer patients. CT-guided percutaneous lung biopsy is widely utilized in clinical practice due to its high diagnostic yield for peripheral lesions. However, the high incidence of complications associated with this technique limits its broader application. This article reviews and synthesizes existing literature to summarize the specific applications of various guidance methods in lung biopsy procedures. The findings aim to assist healthcare institutions in rationally selecting CT-guided percutaneous lung biopsy techniques, thereby improving the accuracy of early lung cancer diagnosis and reducing complication rates.

Keywords

Lung Cancer, Computed Tomography-Guided Biopsy, Percutaneous Lung Biopsy, Diagnostic Accuracy, Complications

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

肺癌是 2022 年全球发病率最高的癌症，约有近 250 万新发病例，占有所有癌症的 12.4%，在男性中发病率和死亡率均居首位，在女性中发病率位居第二[1]。肺癌位居中国癌症发病顺位第一，同时也是癌症首位死因，随着人口增长与人口老龄化趋势加重，到 2050 年，中国癌症新发病例预计达到 708 万(增长 46.7%)，中国癌症死亡病例预计达到 450 万(增长 74.9%)，未来中国将面临仍然沉重的癌症负担[2] [3]。早发现，早诊断，早治疗能有效降低肺癌患者的死亡率。随着人们健康意识的提高与低剂量螺旋 CT 的广泛应用，越来越多的早期病灶被发现。然而如何进一步高效、安全确定这些早期病变的性质在临床上尤为困难。通过对病变组织取样进行病理诊断，是肺癌诊断的“金标准” [4]。目前临床常用的获取肺部病变组织的方法主要有两大类，分别是支气管镜活检与 CT 引导的经皮肺穿刺活检。然而临床医生面临着确定获取组织样本的侵入性最小和最有效的方法的挑战，权衡手术的风险和诊断率。支气管镜在诊断周围型肺部病变时存在一定局限，主要由于无法实时定位及器械口径限制。相较之下，CT 引导下经皮肺穿刺活检对周围型病变诊断率更高，来自 9 项 CT 引导下的经皮肺穿刺活检研究的 2578 例手术的诊断率范围为 86%至 97%，汇总诊断率为 93%。然而对 CT 引导下的经皮肺穿刺活检对术者经验依赖较大，操作复杂，限制了该技术的进一步推广[5] [6]。在 16,971 名接受 TTNB 治疗的患者中，25.8%在手术后 3 天内出现并发症[7]。其并发症发生率高的主要原因包括：① 术者需通过目测评估穿刺角度，误差难免；② 穿刺过程中患者体位不自主变化，易导致偏离设计路径，从而延长操作时间并增加气胸、出血等风险[8]。随着大量的早期肺结节被发现[9]，临床迫切需要一种更高效、安全、精准的穿刺方式，减少气胸和肺出血等并发症，提高诊断和治疗效率。此背景下也引起了人们对各种新型 CT 引导下的经皮肺穿刺活检方式的研发。在这篇综述中，我们也将介绍用于降低 CT 引导下经皮肺穿刺并发症的新兴引导技术，包括激光定位仪引导下的经皮肺穿刺活检、电磁导航系统引导下经皮肺穿刺、3D 打印共面穿刺模板引导下经皮

肺穿刺。本文主要通过介绍这些新型活检技术在肺部病变中的应用及局限性，为穿刺医师选择取材方法提供依据。

2. 激光定位仪引导下的经皮肺穿刺活检

传统的经皮肺穿刺活检在肺癌的诊断中发挥着至关重要的作用，但在实际应用中仍面临一些挑战。首先，某些病变位置，例如纵隔内、脊柱附近、心脏附近、主要血管周围或更深区域，存在很大的穿刺困难和高风险[10]。其次，由于患者个体差异和呼吸运动的影响，手术过程中可能会出现穿刺针移位，导致穿刺失败或并发症。此外，传统方法通常需要反复调整针头角度和多次扫描，增加了患者的辐射暴露并延长了手术时间。激光定位装置依据“光沿直线传播”的简单原理，发出可视激光的进行实时指引，帮助穿刺医师在注射麻药、穿刺针进针时按照预先规划路线准确地指向肺部病变，不受个人经验和感觉的影响。使得即便是新手也能极大程度上避免穿刺过程中角度的偏移，可以在激光的指引下迅速做到精准化的穿刺。该仪器结构简单，操作方便，结合 CT 定位可精准到达穿刺的目标。且可置于远离无菌操作区域，依据所需角度进行调节，对手术动作不产生影响[11]。一项单中心回顾性研究表明：激光引导技术可以减少 CT 引导肺穿刺的手术时间。在手术过程中，激光引导组的 CT 扫描次数与穿刺针的调整也较少，激光引导组第一次穿刺的偏差角度和穿刺针与肿瘤的距离也较小[12]。Min-Cheol Jeon 等[13]研究表明激光引导系统下的经皮肺穿刺诊断恶性肿瘤的敏感性、特异度和诊断准确率分别为 94.4%、100%和 96.2%。董建春等[14]的激光引导装置可以显著提高穿刺的准确性，缩短穿刺时间，减少 CT 辐射剂量，降低气胸、出血等并发症，改善穿刺患者舒适度；特别是对于肺肿瘤直径 $< 20\text{ mm}$ 、穿刺深度 $\geq 8\text{ cm}$ 的病变，效果尤为显著。激光引导装置在穿刺过程中的角度偏差表现出优异的性能。然而，在实际穿刺过程中，患者可能会发生躯体的不自我活动。特别是当处于侧卧位时，不适的体位可能会导致患者小规模移动，激光引导装置仍然按照预先路径进行引导，可能会导致穿刺针无法准确进入到病变中。激光引导装置无法观察穿刺针在进入肺部时的具体情况，穿刺时胸壁运动和呼吸运动使肺结节和胸壁的相对位置发生变化，相对位置变化的幅度过大时就容易导致穿刺失败[15]。

3. 电磁导航系统引导下经皮肺穿刺

电磁导航系统的临床应用价值在引导支气管镜检查 and 支气管镜活检方面已达成共识[16]-[18]。电磁导航系统可以通过电磁场能够持续追踪针头的位置，并提供多平面的实时空间导航信息，能够帮助临床医生在手术过程中准确地定位病变。电磁导航引导系统包括：带有显示器的移动工作站(计算机)、电磁跟踪定位装置、体位探测器、姿态探测器及姿态探测器卡具组成。在进行肺穿刺时，首先将贴片传感器贴在靠近患者病变的胸壁皮肤上，并在呼气末屏气状态下进行所有 CT 扫描。在将初始 CT 数据传输到移动工作站后，从图像中提取解剖结构，并在多平面(轴向、冠状面和针垂直平面)生成空间 3D 解剖图。通过电磁跟踪定位装置，创建电磁场。为获取穿刺针的位置信息，将传感器与穿刺针一起设置。在针轨迹规划完成后，利用电磁场中的跟踪信息，通过交互方式将穿刺针在电磁场中进行操作，并将其与已注册的 CT 数据相结合。通过将追踪信息与成像数据相结合，利用最初获取的 CT 图像，可以实时且在多个平面上对针的走向进行可视化监测。呼吸运动则通过呼吸门控技术进行监测：当监测到的呼吸幅度曲线与先前获取的 CT 图像中的呼吸幅度相吻合时，医生可以在呼气结束时推进针头，从而提高图像错位和导航的准确性。在一项前瞻性试点研究中，招募的 24 名受试者。电磁导航系统引导下经皮肺穿刺在 96% 的病例中是可行的。没有发生出血事件。五例气胸(21%)，其中只有两例(8%)受试者需要引流。电磁导航系统引导下经皮肺穿刺单独治疗的诊断率为 83% [19]。Yao Zhang 等[20]回顾性研究研究表明电磁导航系统引导技术成功率为 100%，技术有效率为 92.9%。曾晖等[21]使用 IG4 电磁导航系统辅助肺穿刺活检能有效

降低患者的穿刺并发症(气胸发生率 15.87%、出血发生率 20.63%)、缩短穿刺时间,减少穿刺过程中调针次数及 CT 扫描次数,并有效降低辐射剂量,减少射线对患者的伤害。电磁导航系统是 CT 引导下经皮肺活检外周肺病变的高效、安全的辅助工具。但其在临床应用中仍然存在部分不足之处:穿刺过程中电磁导航系统需避免电磁干扰,患者若体内有金属植入物(如心脏起搏器、金属支架等),可能干扰电磁信号,影响定位精度,且需要购买专业的电磁导航设备,设备价格高,限制了其在部分基层医院的推广。电磁导航系统的操作技巧和路径规划较复杂,年轻医生需经过一定培训和临床经验积累,初学者可能影响操作效率和成功率[22]。

4. 3D 打印共面穿刺模板引导下经皮肺穿刺

三维(3D)打印已被广泛应用于多个医学领域[23],在术前规划[24]、骨科植入物设计[25]等相关领域展现出巨大潜力。基于 3D 打印在定制化放射图像重建中的明确优势,随后提出了将该技术应用于手术导航的概念。近年来 3D 打印共面模板逐渐被用于放射性粒子植入手术。Weiming Kang 等[26]的研究表明,三维打印模板引导的碘 125 粒子植入在妇科肿瘤治疗中既安全又有效。因此 3D 打印共面模板为我们在肺穿刺活检中的应用提供了新思路。3D 打印共面模板穿刺技术通过术前、术中 CT 影像学资料,结合目标病灶及与周围血管、神经的关系选择合适的穿刺路径。确定好路径后,安装三轴坐标导航支架,连接角度测量仪,将无菌 3D 打印共面模板安装于导航架上,以固定架上的调节旋钮在各个方向上(X、Y、Z 轴)调节模板位置,以匹配交叉线和激光定位线,将模板调整至预穿刺进针角度。再次进行 CT 扫描,保证固定针位置、深度和方向与术前规划一致,如果存在偏差,则进行实时微调。以固定针为参照点,结合 CT 扫描层面和模板坐标,将活检针由确定好的通道,经模板孔精确刺入病灶中央。王洪波等[27]的 3D 打印共面模板导航技术在辅助 CT 引导下肺微小结节穿刺活检在临床诊疗中的应用价值显著,可明显提高对肺原发微小结节的穿刺成功率及穿刺效率,大大缩短穿刺时间,并有效降低穿刺后发生并发症的风险,安全性较高。其原因在于:借助 3D 打印共面模板导航技术可控制穿刺路径,结合坐标导航系统,可以对进针位置及穿刺角度进行实时监测,故而穿刺准确率较高。Hansheng Wang 等[28]研究表明,3D 打印共面模板导航技术辅助 CT 引导下经皮肺穿刺用于肺部结节可以提高诊断产率并减少活检针头的数量调整,尤其是对于小于 2 厘米的肺结节。然而其高昂的成本以及对于手术时间的延长,也是其不可忽视的缺陷,限制了其进一步推广。

5. 总结

随着精准医学的发展,针对肺占位性病变的诊断已逐步从传统的依靠医师个人经验操作向个体化、智能化方向转变。不同新型肺穿刺技术因其原理、设备要求及操作特点各异,在临床应用中各有其优势人群与局限性。合理选择适宜的技术可以有效提高诊断率、降低并发症具有重要意义。

激光定位仪引导技术作为一种低成本、易推广的辅助手段,适合基层医院或资源有限环境下的肺部病变穿刺。其通过体表激光标记快速确定穿刺入点与方向,简化了依靠传统 CT 反复扫描校准的过程,缩短操作时间。但该技术缺乏实时反馈机制,对于深部或隐蔽部位病灶的引导精度有限,更适合浅表、较大的外周型结节。

电磁导航引导下的经皮肺穿刺活检则更适用于深部、小体积或靠近纵隔、膈肌等高风险区域的肺结节。电磁导航系统可在实时三维空间中追踪穿刺针的行进轨迹,结合虚拟支气管树或血管结构重建,动态修正路径偏差,特别有利于应对呼吸动度带来的定位误差。此外,该技术还可与支气管内超声(EBUS)融合使用,实现经支气管与经皮双路径联合导航,提升对难以触及病灶的可达性。但由于设备成本较高、学习曲线较长,目前主要应用于具备高级影像导航平台的大型医疗中心。

3D 打印共面穿刺模板技术适用于病灶位于胸壁附近、骨性标志清晰且体表投影相对固定的患者，尤其适合多发病灶或需多次穿刺的复杂病例。该技术通过术前基于 CT 数据设计个性化模板，实现穿刺角度与路径的精确预设，显著减少术中调整时间与辐射暴露。然而，对于呼吸运动幅度较大、病灶随呼吸位移明显的患者，或体型肥胖导致皮肤与病灶距离过远者，模板贴合度可能下降，影响穿刺准确性，因此其应用受到一定解剖条件限制。

值得注意的是，近年来人工智能在医学影像领域的应用日益广泛，展现出巨大潜力。基于深度学习的图像识别算法可自动分割肺结节、识别周围血管与支气管结构，预测最佳穿刺路径并规避危险区域；部分 AI 系统还能模拟不同呼吸相位下病灶的位移轨迹，辅助制定动态补偿策略。未来，AI 有望与 3D 打印、电磁导航等技术深度融合，构建“智能规划-精准引导-实时反馈”的一体化穿刺平台，进一步提升操作的安全性与效率。

肺癌的确诊一直是困扰着临床医师的一个难题。病理诊断是肿瘤确诊的“金标准”。胸腔镜手术、支气管镜活检、CT 引导下肺穿刺活检都可以通过获取肺部病变组织进行病理检查，明确肿瘤的类型、分化程度等。胸腔镜手术由于操作风险较大，费用较高导致了其无法在临床上广泛开展。支气管镜活检与 CT 引导下肺穿刺活检由于其创伤小、并发症少、诊断率高被临床医生广泛应用。常规支气管镜在实际应用中受限于支气管的直径对外周肺结节的诊断价值有限，但随着支气管镜技术的不断发展，径向探头支气管内超声导航、虚拟支气管镜导航、电磁支气管镜导航等新兴技术在临床上的不断应用，外周肺结节的确诊率也得到提高。CT 引导下经皮肺穿刺作为另一项能获得肺部病变组织的微创手术也被广泛应用于临床。CT 引导下经皮肺穿刺有着对于外周病变有着更高的诊断率，然而其相对于支气管镜较高的并发症是我们不得不面对的一个问题。随着激光定位仪引导下的经皮肺穿刺活检、电磁导航系统引导下经皮肺穿刺、3D 打印共面穿刺模板引导下经皮肺穿刺这些新兴技术的兴起与应用，有效提高了对于肺结节的诊断准确率，降低了气胸、出血等并发症的发生率，显著减少了穿刺次数、CT 扫描次数和总手术时间，进一步降低了患者的辐射剂量。作为穿刺医生，我们应了解各项技术的优劣，不断探索及创新新技术，不断提高对肺部病变的确诊率，降低穿刺带来的并发症，确保穿刺患者的安全。本综述旨在综合有关这些技术的文献，以便临床医生能够深入了解这些技术，在临床实际应用中依据患者个体情况与医院现有的仪器与设备，为患者提供最为安全及确诊率最高的诊断方法。

参考文献

- [1] Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Soerjomataram, I., *et al.* (2024) Global Cancer Statistics 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **74**, 229-263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- [2] 滕熠, 张晓丹, 夏昌发, 等. 中国与全球癌症发病、死亡和患病对比及其预测分析: GLOBOCAN2022 数据解读[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2024, 31(23): 1413-1420.
- [3] Wu, Y., He, S., Cao, M., Teng, Y., Li, Q., Tan, N., *et al.* (2024) Comparative Analysis of Cancer Statistics in China and the United States in 2024. *Chinese Medical Journal*, **137**, 3093-3100. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000003442>
- [4] 张小艳, 张俊林, 王娟, 等. 肺癌早期筛查研究进展[J]. 健康体检与管理, 2024, 5(3): 250-256, 312.
- [5] Balasubramanian, P., Abia-Trujillo, D., Barrios-Ruiz, A., Garza-Salas, A., Koratala, A., Chandra, N.C., *et al.* (2024) Diagnostic Yield and Safety of Diagnostic Techniques for Pulmonary Lesions: Systematic Review, Meta-Analysis and Network Meta-Analysis. *European Respiratory Review*, **33**, Article ID: 240046. <https://doi.org/10.1183/16000617.0046-2024>
- [6] 崔海燕, 梁振宇, 张达成, 等. 比较纤维支气管镜和经皮肺穿刺活检在肺占位性病变中的诊断价值[J]. 中国临床解剖学杂志, 2014, 32(3): 361-364.
- [7] Vachani, A., Zhou, M., Ghosh, S., Zhang, S., Szapary, P., Gaurav, D., *et al.* (2022) Complications after Transthoracic Needle Biopsy of Pulmonary Nodules: A Population-Level Retrospective Cohort Analysis. *Journal of the American College of Radiology*, **19**, 1121-1129. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2022.04.010>

- [8] 王立学, 董鸿鹏, 白博锋, 等. CT 引导下经皮肺穿刺活检对不同大小肺结节的诊断效能及并发症相关因素分析[J]. 放射学实践, 2020, 35(11): 1409-1414.
- [9] Hoffman, R.M., Atallah, R.P., Struble, R.D. and Badgett, R.G. (2020) Lung Cancer Screening with Low-Dose CT: A Meta-Analysis. *Journal of General Internal Medicine*, **35**, 3015-3025. <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05951-7>
- [10] Elshafee, A.S., Karch, A., Ringe, K.I., Shin, H., Raatschen, H., Soliman, N.Y., et al. (2019) Complications of Ct-Guided Lung Biopsy with a Non-Coaxial Semi-Automated 18 Gauge Biopsy System: Frequency, Severity and Risk Factors. *PLOS ONE*, **14**, e0213990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213990>
- [11] 王勇, 陈列松, 周钢, 等. 远距离激光引导进针角度装置用于 CT 引导下经皮肺穿刺活检[J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18(6): 330-334.
- [12] Li, Z., Hu, S., Leng, L., Ding, C., Zhao, J., Ye, L., et al. (2025) Comparison of Laser-Guided Technology and Conventional Manual Percutaneous Lung Biopsy: A Single-Center Retrospective Study. *Journal of Thoracic Disease*, **17**, 1570-1579. <https://doi.org/10.21037/jtd-24-1812>
- [13] Jeon, M., Kim, J.O., Jung, S.S., Park, H.S., Lee, J.E., Moon, J.Y., et al. (2018) CT-Guided Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy Using the Additional Laser Guidance System by a Pulmonologist with 2 Years of Experience in CT-Guided Percutaneous Transthoracic Needle Biopsy. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, **81**, 330-338. <https://doi.org/10.4046/trd.2017.0123>
- [14] 董建春, 杨纯杰, 薛青青, 等. 双极激光定位导航仪在深部肺结节经皮穿刺活检中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(10): 1010-1013.
- [15] 黄晓娟, 杨清杰, 孙晓雁, 等. 自主研发的三维激光引导装置在经皮肺小结节穿刺中的应用[J]. 中国微创外科杂志, 2019, 19(11): 1027-1031.
- [16] Zhang, J., He, J., Chen, J., Zhong, Y., He, J. and Li, S. (2021) Application of Indocyanine Green Injection Guided by Electromagnetic Navigation Bronchoscopy in Localization of Pulmonary Nodules. *Translational Lung Cancer Research*, **10**, 4414-4422. <https://doi.org/10.21037/tlcr-21-699>
- [17] Taton, O., Bondue, B., Gevenois, P.A., Rimmelink, M. and Leduc, D. (2018) Diagnostic Yield of Combined Pulmonary Cryobiopsies and Electromagnetic Navigation in Small Pulmonary Nodules. *Pulmonary Medicine*, **2018**, Article ID: 6032974. <https://doi.org/10.1155/2018/6032974>
- [18] Livi, V., Barisione, E., Zuccatosta, L., Romagnoli, M., Praticò, A., Michieletto, L., et al. (2019) Competence in Navigation and Guided Transbronchial Biopsy for Peripheral Pulmonary Lesions. *Panminerva Medica*, **61**, 280-289. <https://doi.org/10.23736/s0031-0808.18.03568-1>
- [19] Yarmus, L.B., Arias, S., Feller-Kopman, D., et al. (2016) Electromagnetic Navigation Transthoracic Needle Aspiration for the Diagnosis of Pulmonary Nodules: A Safety and Feasibility Pilot Study. *Journal of Thoracic Disease*, **8**, 186-194.
- [20] Zhang, Y., Huang, H., Cao, S., Teng, J., Wang, Y., Ling, X., et al. (2021) Clinical Value of an Electromagnetic Navigation System for CT-Guided Percutaneous Lung Biopsy of Peripheral Lung Lesions. *Journal of Thoracic Disease*, **13**, 4885-4893. <https://doi.org/10.21037/jtd-21-395>
- [21] 曾晖, 章浙伟, 严兴, 等. IG4 电磁导航系统辅助 CT 引导下肺穿刺活检术在肺占位病变诊断中的临床价值[J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2020, 13(4): 264-269.
- [22] 吕银章, 郑光, 王南, 等. 电磁导航系统在 CT 引导下肺结节病变穿刺中的应用价值[J]. 放射学实践, 2018, 33(7): 746-749.
- [23] Martelli, N., Serrano, C., van den Brink, H., Pineau, J., Prognon, P., Borget, I., et al. (2016) Advantages and Disadvantages of 3-Dimensional Printing in Surgery: A Systematic Review. *Surgery*, **159**, 1485-1500. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.12.017>
- [24] Mounsef, P.J., Aita, R., Skaik, K., Addab, S. and Hamdy, R.C. (2024) Three-Dimensional-Printing-Guided Preoperative Planning of Upper and Lower Extremity Pediatric Orthopedic Surgeries: A Systematic Review of Surgical Outcomes. *Journal of Children's Orthopaedics*, **18**, 360-371. <https://doi.org/10.1177/18632521241264183>
- [25] Goetstouwers, S., Kempink, D., The, B., Eygendaal, D., van Oirschot, B. and van Bergen, C.J. (2022) Three-Dimensional Printing in Paediatric Orthopaedic Surgery. *World Journal of Orthopedics*, **13**, 1-10. <https://doi.org/10.5312/wjo.v13.i1.1>
- [26] Kang, W., Zhang, H., Liang, Y., Chen, E., Zhao, J., Gao, Z., et al. (2021) Comparison of Three-Dimensional-Printed Template-Guided and Traditional Implantation of 125I Seeds for Gynecological Tumors: A Dosimetric and Efficacy Study. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, **17**, 688-694. https://doi.org/10.4103/jcrt.jcrt_1565_20
- [27] 王洪波, 曹永军, 杜丽娜. 导航技术和 3D 打印共面穿刺模板对肺微小结节的诊断价值[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(S1): 97-99.
- [28] Wang, H., Ren, T., Chen, P., Luo, G., Wei, N., Tang, Y., et al. (2022) Application of 3-Dimensionally Printed Coplanar Template Improves Diagnostic Yield of CT-Guided Percutaneous Core Needle Biopsy for Pulmonary Nodules. *Technology in Cancer Research & Treatment*, **21**, 1-9. <https://doi.org/10.1177/15330338221089940>