

# 支气管镜对肺外周结节的 诊断技术进展

宿仕民<sup>1,2</sup> 徐重阳<sup>3</sup> 张才擎<sup>1,2</sup>

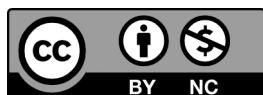
1. 山东大学, 济南;
2. 山东省耳鼻喉医院, 济南;
3. 济南市槐荫人民医院, 济南

**摘要** | 随着社会经济水平的发展、全民体检意识的增强以及低剂量螺旋 CT 检查的普及, 肺外周结节的检出率越来越高, 对肺结节的精准组织采样提出了越来越高的要求, 近年来, 出现了很多新型支气管镜检查技术, 这些新技术中, 超细支气管镜 (UTB)、实时小探头超声支气管镜 (REBUS)、导航支气管镜 (包括虚拟支气管镜导航 VNB 和电磁导航支气管镜 ENB) 和机器人辅助支气管镜 (RAB) 是典型代表, 各自具有独特的技术特点和优势, 准确地掌握其技术特征会对提高肺结节尤其是肺外周结节的组织采样准确率提供极大帮助。

**关键词** | 肺外周结节; 支气管镜; 超细支气管镜 (UTB); 支气管超声 (EBUS); 虚拟支气管镜导航 (VBN); 电磁导航支气管镜 (ENB); 机器人辅助支气管镜 (RAB)

Copyright © 2023 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



在肺结节筛查中, 低剂量螺旋 CT 检查是主要方式, 由于低剂量螺旋 CT 发现结节经病理确诊的假阳性率可高达 96.4%<sup>[1]</sup>, 而组织病理诊断作为临床诊断的

通讯作者: 张才擎, 山东省第二人民医院, 主任医师, 研究方向: 呼吸疾病的内镜诊断及治疗。

第一作者: 宿仕民, 山东大学千佛山医院, 住院医师, 研究方向: 支气管镜对肺结节的诊断价值评估。

文章引用: 宿仕民, 徐重阳, 张才擎. 支气管镜对肺外周结节的诊断技术进展 [J]. 临床医学前沿, 2023, 5 (1): 1-14.

<https://doi.org/10.35534/fcm.0501001>

“金标准”，对肺外周结节的明确诊断有不可替代的作用，这就对肺结节的精准组织采样提出了越来越高的要求，尤其是周围性肺结节（即肺外周 1/3 部分的结节），根据国家肺筛查试验和 Nelson 试验的结果，肺结节中大约 80% 是周围性肺病变（PPLs）<sup>[1]</sup>。对周围性肺病变，目前的病理组织采样途径主要有两种，一种是 CT 引导下经皮肺部穿刺针吸活检（TNB），另一种是经支气管，包括常规的 X 线透视或非透视引导的普通经支气管镜活检（TBLB）和近年来出现的新型支气管镜检查技术，这些新技术中，超细支气管镜（UTB）、实时小探头超声支气管镜（REBUS）、导航支气管镜（包括虚拟支气管镜导航 VNB 和电磁导航支气管镜 ENB）和机器人辅助支气管镜（RAB）是典型代表。除了上述两种主要途径之外，其他的还有胸腔镜下切除活检、开胸探查等。其中，CT 引导下经皮肺穿刺活检虽然敏感度较高，可以达到 90%，但对于病灶较小、远离胸壁或者很多的血管周围型肺结节，尤其是靠近中央大血管周围的肺结节，穿刺难度往往比较大，而且并发症的发生率也不低，气胸发生率可达 10% ~ 15%，甚至会出现空气栓塞等严重并发症，对于恶性肿瘤，还有可能存在潜在的胸膜转移风险<sup>[2, 3]</sup>。而普通经支气管镜活检（TBLB）虽然发生气胸、出血并发症的风险相对较低，但其敏感度受病灶大小、位置的影响较大<sup>[4]</sup>。随着超细支气管镜（UTB）、实时小探头超声支气管镜（REBUS）、导航支气管镜（NB，包括虚拟支气管镜导航 VNB 和电磁导航支气管镜 ENB）和机器人辅助支气管镜（RAB）等新型支气管镜检查技术的相继涌现和蓬勃发展，为更加安全、精准地到达肺外周结节进行取样活检逐渐提供了更多的优化方案。本文就目前临床上最常用的三种支气管镜，即超细支气管镜（UTB）、支气管超声（EBUS）和导航支气管镜 NB（包括虚拟导航支气管镜 VNB 和电磁导航支气管镜 ENB）以及机器人辅助支气管镜（RAB）在肺外周结节的诊断方面的技术进展进行简要综述。

## 1 超细支气管镜（UTB）

1966 年，柔性支气管镜之父 Shigeto Ikeda 向世界介绍了第一台柔性支气管镜<sup>[5]</sup>，并于 1968 年首先制造出了 3.3 mm 直径的细支气管镜<sup>[6]</sup>，这被认为是超细支气管镜的开端。目前，超细支气管镜仍然没有正式权威的定义，通常来说，

外径 $\leq 3.5$  mm的支气管镜可以归类于超细支气管镜<sup>[7, 8]</sup>, 现在临床上广泛应用的超细支气管镜外径一般介于2.8 ~ 3.5 mm之间, 上下弯曲的最大范围介于310° ~ 340°。由于支气管越向周围肺野分支时直径越小, 而UTB比常规支气管镜的直径更小, 因此能够到达第6甚至第8级支气管, 也就更容易探及病灶, 显著提高了活检准确率。在肺外周结节的诊断方面, Yamamoto等<sup>[9]</sup>在一项关于周围型肺癌的研究中, 对32例快速细胞学检查呈阴性的患者进行UTB检查, 获得阳性诊断标本的比例为59.3%, 另外一项前瞻性研究<sup>[10]</sup>的结果也证明, 对于无法通过常规支气管镜检查明确诊断的病变, 改用UTB后诊断阳性率可以达到69.4%。值得注意的是, 虽然UTB灵活度高, 但也有其自身的局限性, 由于直径比较细, 与常规支气管镜相比, 更容易受到患者呼吸运动的影响, 此外, 由于管径越小, 负压吸力越小, 这就导致了操作过程中出现的渗血和分泌物即使少量也会难以清理, 进而影响视野的清晰度, UTB必须在EBUS、ENB/VBN或者透视等引导方法的配合才能正常发挥作用, 实现其对肺外周病变的诊断效能。

## 2 支气管超声 (EBUS)

目前, 超声引导下经支气管肺活检术(EBUS-TBLB)已经在逐渐在临床上普及开来, 现在临床上常用的EBUS主要有两种: 凸面超声(CP-EBUS)和径向超声(R-EBUS)。凸面超声主要用于中央型肺结节的病变诊断及分期, 可以辅助纵膈和肺门淋巴结取样, 而径向超声(R-EBUS)由于可垂直于支气管镜的工作通道方向进行全向旋转获得气道及气道周围结构的实时高分辨率超声图像, 因此主要用于肺外周病变的诊断<sup>[11]</sup>。目前临床上即以R-EBUS应用居多, R-EBUS是由奥林巴斯公司于1999年首先推出, 它的超声探头非常细薄, 该技术应用需要先通过CT扫描、导航等方法规划进镜路径, 在此基础上先将支气管镜引导至尽可能靠近病变所在肺段的支气管的开口处, 然后R-EBUS的超声探头在引导鞘(GS)的辅助下通过支气管镜的工作通道到达支气管镜尖端, 通过超声图像识别定位异常部位(通常表现为低回声区), 识别定位完成后R-EBUS探头撤回, GS留在原位作为向导通道, 活检器械经GS直接到达病变处采样。在肺外周结节的诊断方面, CHEN等人<sup>[12]</sup>发现, 使用R-EBUS对肺外周结节的识别率可以

达到 96% (446/467)。同时他们还发现, 超声探头与病灶的相对位置会显著影响诊断率, 当探头位置在外周肺结节病灶内时, 诊断率为 84%, 而当探头位于病灶附近时, 诊断率为 48%。在 ALI 等<sup>[13]</sup>进行的一项荟萃分析中发现, R-EBUS 对肺外周病变诊断性能的总体加权诊断率为 70.6% (95%CI: 68% ~ 73.1%), 尤其是当病变有下列特点之一时诊断率更高: 体积大于 2 cm、恶性病变、CT 上显示支气管征阳性、R-EBUS 探头位于病灶内。除了能够显著提高肺外周结节的识别率, R-EBUS 的总体并发症发生率也比较低 (2.8%)。然而, 尽管 R-EBUS 在肺外周病变的病灶定位方面有突出的优势, 但是也有自身的限制, R-EBUS 必须要借助气管镜通道抵达病灶, 并且需要气管腔内才能正常发挥病灶定位的功能, 为了提升定位能力, 目前常常需要与导航技术联合使用。

### 3 导航支气管镜 NB

#### 3.1 虚拟导航支气管镜 VBN

VBN 作为支气管镜导航技术的基础性技术, 基本原理是仿真支气管镜, 通过 CT 扫描后经计算机处理, 重建支气管树的气道内 3D 立体图像, 即虚拟支气管镜 (VB) 图像, 然后在重建的图像上选择待活检的部位, 生成到达活检部位的最佳支气管镜路径。在进镜过程中, VB 图像与实时图像不断进行对比校正, 支气管镜即可在这种对比校正的引导下向远端支气管推进。目前临床上应用的 VBN 平台主要有两种, 一种是 Bf-NAAVI 平台, 现称为 Directpath (日本奥林巴斯), 另一种是 LungPoint 平台。在肺外周结节的诊疗方面, VBN 的总诊断率大约为 72%<sup>[14]</sup>。目前在临床上主要用于对细 / 超细支气管镜和 R-EBUS 等操作的辅助, Ishida 等<sup>[15]</sup>展开的一项基于 Bf-NAAVI 平台的前瞻性多中心随机试验比较了 R-EBUS 在诊断微小肺外周病变 (直径  $\leq 3$  cm) 时是否联用 VBN 对诊断率的影响 (n=199), 试验结果表明, R-EBUS 联用 VBN 组的诊断率 (80.4%) 显著高于不联用 VBN 组 (67.0%), 而且联用 VBN 时所需要的操作时间更短。而在并发症方面, 不联用 VBN 组有 1 例患者出现了气胸, 联用 VBN 组没有与支气管镜检查相关的严重或中度不良事件。Ishida 等进行的另一项随机多中心研究<sup>[16]</sup>发现, 对于右上叶病变,

VBN 组的诊断率显高于非 VBN 组。上述两项试验均是基于 Bf-NAAVI 平台，目前仅有少数可行性试验或小样本实验<sup>[17]</sup>是基于 LungPoint 平台展开研究，因此关于 LungPoint 平台应用价值的研究结果尚待进一步完善。此外，VBN 技术本身也有一些局限性，例如，由于目前 CT 扫描本身存在的层厚限制和重建算法本身的不足等诸多限制，VBN 技术对较为远端的小气道的重建效果欠佳，因此在实际应用中，VBN 常常需要与 R-EBUS 等联合使用以确认是否抵达病变部位，而且，VBN 术前通过 CT 重建的虚拟图像和术中实际情况不能进行实时匹配和调整，这个弊端不利于及时发现术中的偏差和异常，尤其是当黏液阻塞小气道或没有通向目标病灶的气道（支气管征）时，甚至很可能无法通过 VB 图像找到病灶；当术中实施操作的工具如活检钳、R-EBUS、GS 等不在内镜视野内时，VBN 技术也无法提供实时影像或定位信息帮助操作人员对操作工具进行准确定位。这些都需要对该技术进行改进或联用其他技术措施展开工作。

### 3.2 电磁导航支气管镜（ENB）

电磁导航支气管镜（ENB）是一种相对较新的导航方法，自 2005 年开始用于临床实践<sup>[18]</sup>，ENB 是一个实时导航，其工作原理类似于 GPS，是通过发生器创建一个以患者为中心的电磁场，经气管镜工作通道插入的仪器带有电磁定位传感器，通过传感器确定它们在电磁场中的空间位置，并与术前通过高分辨率 CT 扫描重建获得的虚拟 3D 图像叠加，在术前规划的虚拟路线图上进行实时定位引导，抵达目标病灶后即可撤出定位导管，展开后续针吸活检等操作。现有的 ENB 平台主要有三个：superDimension™、SPiNsystem 和 LungCare<sup>[18, 19]</sup>。目前这三个平台均已在临床上投入使用，只不过，目前大部分的研究文献都是基于 superDimension™ 平台，基于 LungCare 和 SPiN 这两个平台的临床研究文献还不多。为了确保 ENB 在诊疗中充分发挥设备性能，规范诊疗程序，中国医学教育协会微创呼吸专业委员会等也编写了《国产电磁导航支气管镜系统引导下诊断、定位和治疗技术规范专家共识（2021 版）》<sup>[20]</sup>。在临床应用中，ENB 可以将气管镜引导到周围肺野，并与多种活检技术联合应用，例如 TBLB（经支气管肺活检）、TBNA（经支气管针细活检）、FNA（细针穿刺活检）、BB（支

气管刷检)等, ENB联合使用不同的辅助活检手段时可以实现不同的阳性率, 例如, ENB引导下TBLB诊断率可以达到59% ~ 75.5%<sup>[21]</sup>, 可见与X线透视引导和常规方法相比, ENB引导下TBLB的方法在提高诊断率方面具有明显优势。Gex等<sup>[22]</sup>进行的一项meta分析认为, ENB联合X线监视活检、EBUS(支气管内超声)、ROSE(快速现场病理)的总体诊断率可以达到73.9%(95%CI: 68.0 ~ 79.2), 且病变位于肺的上叶或者中叶对诊断率均无显著影响。还有一项基于SuperDimension平台的前瞻性、多中心研究(NAVIGATE)<sup>[23]</sup>纳入了1157例患者, 这些患者肺结节的大小中位数为20 mm, 其中, 94%的患者完成了导航活检, 肺结节诊断率为73%。QIAN等<sup>[24]</sup>进行的荟萃分析对ENB和VBN在近2000例肺结节患者诊断中的总体敏感性、特异性和曲线下面积进行了对比, 结果显示尽管两种导航方法灵敏度没有显著差异, 但ENB具有更高的特异性(0.81vs.0.65)和更大的曲线下面积(0.87vs.0.81)。在并发症方面, ENB在应用过程中的主要并发症最多见的是气胸, 其次是出血, 其中, Gex等<sup>[22]</sup>进行的meta分析结果显示, 1033例肺结节诊疗操作中有32例(3.1%, 95%CI: 2.1 ~ 4.3)发生了气胸, 其中6例(1.6%)最终需进行胸腔引流, Zhang等<sup>[25]</sup>展开的meta分析结果显示, 1106例纳入分析的患者中, 有9例(0.9%, 95%CI: 0.4 ~ 1.6)出现了少量的出血, 且均不需要特殊止血治疗即自行停止。此外, Eberhardt等<sup>[26]</sup>的研究结果表明, ENB在联合EBUS、TBLB、TBNA等辅助活检手段时, 在提高了诊断率的同时并发症的发生率却并没有出现明显的增加, 以ENB联用EBUS为例, 各自单独应用时气胸的发生率为5%, 而联合应用时为8%, 组间比较无统计学意义。除了上述两种相对常见的并发症, 其他的并发症还可见血肿和呼吸性酸中毒, 但这些一般认为是使用镇静剂引起的, 而且影响不大, 在Florence等<sup>[27]</sup>对40例周围性肺结节患者进行的回顾性研究中, ENB分别联合了FNA、TBLB、BB等活检手段, 均未出现并发症。这些研究都表明, ENB对周围型肺结节有较高的诊断率、特异性和安全性, 在周围型肺结节的诊断方面有显著的优势。但ENB在临床上的普及现在也还有许多不利因素需要克服, 最突出的问题之一就是ENB的检查费用较为昂贵, 其次是由于ENB操作涉及电磁传感器位置和CT信息的叠加测试、操纵传感器探头或注册等复杂操作, 给ENB技术培



训和学习造成了很多额外负担；此外，在实际应用中，ENB也容易受到正常生理活动如呼吸、心跳或大血管搏动的干扰，对病灶的抵近确认也还需要他影像技术的辅助。这些都对ENB的广泛普及应用造成了不小的障碍。

## 4 机器人辅助支气管镜（RAB）

很多肺外周结节位于远端支气管，其直径较小、开口角度较复杂，由于传统支气管镜灵活性、稳定性不足，对这种肺外周结节往往难以抵达，而导航支气管镜（ENB和VNB）尽管在很大程度上提高了抵达层级，但是由于取样过程不能可视化，且实际操作过程中容易受到导航所用的CT图像与目标病灶的实时位置偏差（即CT-人体误差）的影响，活检的位置也会产生偏差。在此背景下，机器人辅助支气管镜技术在临床上逐渐开始发展起来。目前的机器人辅助支气管镜平台主要有两个：第一个是AurisHealth研发的Monarch平台，另一个是IntuitiveSurgical研发的Ion系统。这两个平台分别基于不同的技术路线，其中，Monarch平台基于持续可视化的电磁导航机器人，用一套仿照游戏手柄设计的双操纵杆设备控制子母导管，而Ion平台则是基于形状传感技术，包含集成的铰接导管和一个可视探头及其他可替换的辅助工具。就Monarch机器人支气管镜而言，在对肺外周结节的诊断方面，最近发表的首个将机器人支气管镜用于肺外周结节患者的前瞻性、多中心的可行性（BENEFIT）研究<sup>[28]</sup>结果证明，对于1~5 cm大小范围的肺外周结节，使用Monarch机器人支气管镜，在不良事件发生率与常规支气管镜手术相似的情况下，肺结节的定位率成功率可以达到96.2%，除了更高的定位成功率，Monarch机器人支气管镜对于周围性肺结节的抵近取样的优势更加明显，根据Masaki等人<sup>[29]</sup>的研究，使用手动支气管镜可以到达的最远级气道数为 $(6.6 \pm 1.2)$ ，而Monarch机器人支气管镜可以到达 $(6.7 \pm 0.8)$ 级，此外，使用机器人支气管镜 $[(0.18 \pm 0.22) \text{ N}]$ 对气道产生的力也比手动支气管镜 $[(0.24 \pm 0.20) \text{ N}]$ 更小。就Ion平台而言，一项最新的前瞻性多中心试验研究<sup>[30]</sup>结果显示，该平台在减少操作时间、降低并发症发生风险方面有明显优势，该试验研究纳入了241例患者270个肺外周结节，病灶直径为 $(18.8 \pm 6.5) \text{ mm}$ ，仅有10例患者的操作时间在10 min左右，其余绝大部分都仅为7 min，术后有

8例(3.3%)患者发生无症状气胸,1例(0.4%)最终需要放置胸腔引流,2例(0.8%)发生气道出血,且出血均在填塞后5 min内消失。Kalchiem等对131例在Ion平台下进行支气管镜手术的病例进行了一项回顾性分析<sup>[31]</sup>,共发现159个肺部结节,这些肺结节的平均直径为1.8 cm,59.1%于肺上叶,66.7%位于第6级气道以远,Ion平台导航的成功率为98.7%,总诊断率为81.7%;并发症发生率为3.0%,气胸发生率为1.5%,并发症的发生率与Monarch平台相比没有显著的统计学差异。到目前位置的相关高质量研究和证据都说明,机器人辅助支气管镜在周围型肺结节的组织取样活检中具有良好的应用前景,可以有效地增强导航能力,有助于支气管镜及活检工具抵近远端气道,提高肺外周结节的定位和组织采样成功率,并可提高诊断率,并且这两种方式都是安全的。

## 5 结语

支气管镜相关诊断和治疗技术作为介入肺脏学的重要组成部分,在为各种肺部疾病患者提供安全有效的选择方面具有巨大的潜力。本文涉及的上述几种目前临床上常用的支气管镜技术都有各自的优势和劣势,互相之间常常需要取长补短,协同发挥作用,这也是“多模式支气管镜检查技术”出现的直接原因,多模式支气管镜检查技术充分利用各种具体技术的优势,实现良性互补、扬长避短,共同提高对肺外周结节的诊断率,例如,OKI等<sup>[32]</sup>的研究显示,UTB联合VBN和R-EBUS-GS在CT透视下诊断小的肺外周病变方面比使用细支气管镜的诊断率更高(70.1% vs. 58.7%,  $P=0.027$ ),所需的操作时间更短(中位数24.8 min vs. 26.8 min,  $P=0.008$ ),而并发症发生率差异无统计学意义(2.8% vs. 4.5%,  $P=0.574$ )。Zheng等<sup>[33]</sup>的研究也认为,UTB联合VNB和R-EBUS无透视诊断肺外周结节是一种安全、可行的诊断方法。值得注意的是,根据NAVIGATE研究和Chavez等<sup>[34-36]</sup>的研究结果,在对PPLs的诊断方面,肺外周结节的大小对于上述几种常见支气管镜技术的诊断率高低没有显著的统计学差异。随着技术进步和设备的升级迭代,对周围型肺结节的病理活检必然向着更远、更细、更小的方向发展,即到达的距离更远,到达的支气管更细,可以探及的结节更小,除了上述几种目前临床上相对比较常见的技术之外,目前还出现了



包括锥束 CT (CBCT) 和增强透视 (AF) 等在内的多种新型辅助技术, 这些技术对于提高周围型肺结节的诊断率有很大帮助, 例如, 根据 Pritchett 等<sup>[37]</sup>的研究, CBCT 联合 ENB 检查对肺结节的总体诊断率可以达到近 84%。又比如, RAB 与 CBCT 联用时, 对于恶性肿瘤的总体诊断率可以达到 86%, 诊断灵敏度为 84%, 可以明显提高肺结节活检在恶性肿瘤中的诊断率和灵敏度, 随着上述技术设备的普及应用, 肺结节的诊断方法很可能迎来巨大改变<sup>[38, 39]</sup>。除了在诊断方面的巨大价值和广阔前景, 完全可以预期的是, 上述技术未来还可以逐渐用于周围型肺癌的局部消融和其他治疗, 实现“查一诊一治”一体化, 这就需要我们根据技术设备的更新迭代及时展开更多深入的随访研究, 努力进行技术创新, 进一步拓展支气管镜介入诊断的领域。

## 参考文献

- [ 1 ] Denise-R Aberle, Adams Amanda-M, Berg Christine-D, et al. Reduced Lung-Cancer Mortality with Low-Dose Computed Tomographic Screening [ J ] . The New England journal of medicine, 2011, 365 ( 5 ) : 395-409.
- [ 2 ] Alexander Chen, Pastis Nicholas, Furukawa Brian, et al. The Effect of Respiratory Motion on Pulmonary Nodule Location During Electromagnetic Navigation Bronchoscopy [ J ] . Chest, 2015, 147 ( 5 ) : 1275-1281.
- [ 3 ] A-M Schreiner, Jones J-G, Swistel A-J, et al. Transthoracic fine needle aspiration resulting in implantation metastasis in the superficial tissues of the breast [ J ] . Cytopathology, 2013, 24 ( 1 ) : 58-60.
- [ 4 ] M-P Rivera, Mehta A-C, Wahidi M-M. Establishing the Diagnosis of Lung Cancer Diagnosis and Management of Lung Cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines [ J ] . Chest, 2013, 143 ( 5 ) : E142-E165.
- [ 5 ] Tanmay-S Panchabhai, Mehta Atul-C. Historical Perspectives of Bronchoscopy [ J ] . Annals of the American Thoracic Society, 2015, 12 ( 5 ) : 631-641.
- [ 6 ] S Ikeda, Tsuboi E, Ono R, et al. Flexible Broncho Fiberscope [ J ] .

- Japanese Journal of Clinical Oncology, 2010, 40 ( 9 ) : e55-e64.
- [ 7 ] Takehiro Izumo, Sasada Shinji, Chavez Christine, et al. Radial endobronchial ultrasound images for ground-glass opacity pulmonary lesions [ J ] . European Respiratory Journal, 2015, 45 ( 6 ) : 1661-1668.
- [ 8 ] Masahide Oki, Saka Hideo. Diagnostic value of ultrathin bronchoscopy in peripheral pulmonary lesions: a narrative review [ J ] . Journal of Thoracic Disease, 2020, 12 ( 12 ) : 7675-7682.
- [ 9 ] Suguru Yamamoto, Ueno Kiyonobu, Imamura Fumio, et al. Usefulness of ultrathin bronchoscopy in diagnosis of lung cancer [ J ] . Lung Cancer, 2004, 46 ( 1 ) : 43-48.
- [ 10 ] M Oki, Saka H, Kitagawa C, et al. Novel thin bronchoscope with a 1.7-mm working channel for peripheral pulmonary lesions [ J ] . European Respiratory Journal, 2008, 32 ( 2 ) : 465-471.
- [ 11 ] Muhammad-S Ali, Trick William, Mba Benjamin-I, et al. Radial endobronchial ultrasound for the diagnosis of peripheral pulmonary lesions: A systematic review and meta-analysis [ J ] . Respiriology, 2017, 22 ( 3 ) : 443-453.
- [ 12 ] A Chen, Chenna P, Loiselle A, et al. Radial probe endobronchial ultrasound for peripheral pulmonary lesions—A 5-year institutional experience [ J ] . Ann Am Thorac Soc, 2014, 11 ( 4 ) : 578-582.
- [ 13 ] Muhammad-S Ali, Trick William, Mba Benjamin-I, et al. Radial endobronchial ultrasound for the diagnosis of peripheral pulmonary lesions: A systematic review and meta-analysis [ J ] . Respiriology, 2017, 22 ( 3 ) : 443-453.
- [ 14 ] Jessica-S Wang Memoli, Nietert Paul-J, Silvestri Gerard-A. Meta-analysis of Guided Bronchoscopy for the Evaluation of the Pulmonary Nodule [ J ] . Chest, 2012, 142 ( 2 ) : 385-393.
- [ 15 ] T Ishida, Asano F, Yamazaki K, et al. Virtual bronchoscopic navigation

- combined with endobronchial ultrasound to diagnose small peripheral pulmonary lesions: a randomised trial [J]. Thorax, 2011, 66 ( 12 ) : 1072–1077.
- [ 16 ] T Ishida, Asano F, Yamazaki K, et al. Virtual bronchoscopic navigation combined with endobronchial ultrasound to diagnose small peripheral pulmonary lesions: a randomised trial [J]. Thorax, 2011, 66 ( 12 ) : 1072–1077.
- [ 17 ] T Ishida, Asano F, Yamazaki K, et al. Virtual bronchoscopic navigation combined with endobronchial ultrasound to diagnose small peripheral pulmonary lesions: a randomised trial [J]. Thorax, 2011, 66 ( 12 ) : 1072–1077.
- [ 18 ] Fangfang Xie, Yang Huaping, Huang Rui, et al. Chinese expert consensus on technical specifications of electromagnetic navigation bronchoscopy in diagnosing peripheral pulmonary lesions [J]. Journal of Thoracic Disease, 2021, 13 ( 4 ) : 2087–2098.
- [ 19 ] S-S Dhillon, Harris K. Bronchoscopy for the diagnosis of peripheral lung lesions [J]. Journal of Thoracic Disease, 2017, 9S1047–S1058.
- [ 20 ] 陈军祥, 陈小波, 谢芳芳, 等. 国产电磁导航支气管镜系统引导下诊断、定位和治疗技术规范专家共识 (2021版) [J]. 中国肺癌杂志, 2021, 24 ( 8 ) : 529–537.
- [ 21 ] Steven Leong, Ju Hong, Marshall Henry, et al. Electromagnetic navigation bronchoscopy: A descriptive analysis [J]. Journal of thoracic disease, 2012, 4 ( 2 ) : 173–185.
- [ 22 ] Gregoire Gex, Pralong Jacques-A, Combescure Christophe, et al. Diagnostic Yield and Safety of Electromagnetic Navigation Bronchoscopy for Lung Nodules: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. Respiration, 2014, 87 ( 2 ) : 165–176.
- [ 23 ] Erik-E Folch, Pritchett Michael-A, Nead Michael-A, et al. Electromagnetic Navigation Bronchoscopy for Peripheral Pulmonary Lesions: One-Year Results of the Prospective, Multicenter Navigate Study [J]. Journal of Thoracic Oncology, 2019, 14 ( 3 ) : 445–458.

- [ 24 ] K Qian, Krinsky W-S, Sarkar S-A, et al. Efficiency of Electromagnetic Navigation Bronchoscopy and Virtual Bronchoscopic Navigation [ J ] . Ann Thorac Surg, 2020, 109 ( 6 ) : 1731-1740.
- [ 25 ] Weisan Zhang, Chen Shuo, Dong Xifeng, et al. Meta-analysis of the diagnostic yield and safety of electromagnetic navigation bronchoscopy for lung nodules [ J ] . Journal of thoracic disease, 2015, 7 ( 5 ) : 799-809.
- [ 26 ] Ralf Eberhardt, Morgan Ross-K, Ernst Armin, et al. Comparison of Suction Catheter versus Forceps Biopsy for Sampling of Solitary Pulmonary Nodules Guided by Electromagnetic Navigational Bronchoscopy [ J ] . Respiration, 2009, 79 ( 1 ) : 54-60.
- [ 27 ] Florence-L Loo, Halligan Allison-M, Port Jeffrey-L, et al. The emerging technique of electromagnetic navigation bronchoscopy-guided fine-needle aspiration of peripheral lung lesions: Promising results in 50 lesions [ J ] . Cancer Cytopathology, 2014, 122 ( 3 ) : 191-199.
- [ 28 ] Alexander-C Chen, Pastis Jr-Nicholas-J, Mahajan Amit-K, et al. Robotic Bronchoscopy for Peripheral Pulmonary Lesions: A Multicenter Pilot and Feasibility Study ( Benefit ) [ J ] . Chest, 2021, 159 ( 2 ) : 845-852.
- [ 29 ] Fumitaro Masaki, King Franklin, Kato Takahisa, et al. Technical Validation of Multi-Section Robotic Bronchoscope With First Person View Control for Transbronchial Biopsies of Peripheral Lung [ J ] . Ieee Transactions on Biomedical Engineering, 2021, 68 ( 12 ) : 3534-3542.
- [ 30 ] Janani Reisenauer, Simoff Michael-J, Pritchett Michael-A, et al. Ion: Technology and Techniques for Shape-sensing Robotic-assisted Bronchoscopy [ J ] . The Annals of thoracic surgery, 2022, 113 ( 1 ) : 308-315.
- [ 31 ] Or Kalchiem-Dekel, Connolly James-G, Lin I-Hsin, et al. Shape-Sensing Robotic-Assisted Bronchoscopy in the Diagnosis of Pulmonary Parenchymal Lesions [ J ] . Chest, 2022, 161 ( 2 ) : 572-582.
- [ 32 ] Masahide Oki, Saka Hideo, Asano Fumihiko, et al. Use of an Ultrathin vs

- Thin Bronchoscope for Peripheral Pulmonary Lesions [ J ] . Chest, 2019, 156 ( 5 ) : 954–964.
- [ 33 ] Xiaoxuan Zheng, Xie Fangfang, Li Ying, et al. Ultrathin bronchoscope combined with virtual bronchoscopic navigation and endobronchial ultrasound for the diagnosis of peripheral pulmonary lesions with or without fluoroscopy: A randomized trial [ J ] . Thoracic Cancer, 2021, 12 ( 12 ) : 1864–1872.
- [ 34 ] Luis–M Seijo, de Torres Juan–P, Lozano María–D, et al. Diagnostic Yield of Electromagnetic Navigation Bronchoscopy Is Highly Dependent on the Presence of a Bronchus Sign on CT Imaging: Results From a Prospective Study [ J ] . Chest, 2010, 138 ( 6 ) : 1316–1321.
- [ 35 ] Erik–E Folch, Pritchett Michael–A, Nead Michael–A, et al. Electromagnetic Navigation Bronchoscopy for Peripheral Pulmonary Lesions: One–Year Results of the Prospective, Multicenter Navigate Study [ J ] . Journal of Thoracic Oncology, 2019, 14 ( 3 ) : 445–458.
- [ 36 ] Christine Chavez, Sasada Shinji, Izumo Takehiro, et al. Endobronchial ultrasound with a guide sheath for small malignant pulmonary nodules: a retrospective comparison between central and peripheral locations [ J ] . Journal of thoracic disease, 2015, 7 ( 4 ) : 596–602.
- [ 37 ] Michael–A Pritchett, Schampaert Stéphanie, de Groot Joris–A–H, et al. Cone–Beam CT With Augmented Fluoroscopy Combined With Electromagnetic Navigation Bronchoscopy for Biopsy of Pulmonary Nodules [ J ] . Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology, 2018, 25 ( 4 ) : 274–282.
- [ 38 ] Erik Folch, Mittal Abhinav, Oberg Catherine. Robotic bronchoscopy and future directions of interventional pulmonology [ J ] . Current Opinion in Pulmonary Medicine, 2022, 28 ( 1 ) : 37–44.
- [ 39 ] Bryan–S Benn, Romero Arthur–O, Lum Mendy, et al. Robotic–Assisted Navigation Bronchoscopy as a Paradigm Shift in Peripheral Lung Access [ J ] . Lung, 2021, 199 ( 2 ) : 177–186.

## Progress in the Diagnosis of Peripheral Pulmonary Nodules by Bronchoscopy

Su Shimin<sup>1,2</sup> Xu Chongyang<sup>3</sup> Zhang Caiqing<sup>1,2</sup>

1. Shandong University, Jinan;

2. Shandong Ear, Nose and Throat Hospital, Jinan;

3. Pagoda Shade People's Hospital of Jinan, Jinan

**Abstract:** With the development of social and economic level, the enhancement of national awareness of physical examination and the popularization of low-dose spiral CT examination, the detection rate of peripheral pulmonary nodules is getting higher and higher, which puts forward higher and higher requirements for accurate tissue sampling of pulmonary nodules. In recent years, many new techniques have appeared, among which, Ultra-bronchoscope (UTB), real-time small probe ultrasonic bronchoscope (REBUS), navigation bronchoscope (including virtual bronchoscope navigation VNB and electromagnetic navigation bronchoscope ENB) and robot-assisted bronchoscope (RAB) are typical representatives, and each has its own unique technical characteristics and advantages. Accurate grasp of the technical characteristics of lung nodules, especially peripheral pulmonary nodules, will greatly help to improve the accuracy of tissue sampling.

**Key words:** Peripheral pulmonary nodules; Bronchoscope; Ultra-bronchoscope (UTB); Real-time small probe ultrasonic bronchoscope (REBUS); Virtual bronchoscope navigation (VBN); Electromagnetic navigation bronchoscope (ENB); Robot-assisted bronchoscope (RAB)