介入超声学与肺癌病理学的理论交汇：同轴–半自动联合活检技术的学科融合机制研究

迟悦　孙成哲*

（吉林市化工医院 电诊科　132021）

【摘　要】从知识生产的角度出发，将学科融合界定为一种“技术实体的中介知识”的生成过程，进而追溯同轴针与半自动活检针从独立发展到组合应用的技术演进路径。在此基础上，提取介入超声学与病理学各自的理论核心，论证两者在活检实践中的“内外交汇”结构：介入超声学提供病灶的影像学边界与实时导航，病理学提供组织样本的分子信息与诊断终点，而同轴-半自动系统构成了从影像到病理的信息递送通道。技术组合促成了“术前病理信息”概念的形成，使病理学的诊断触角延伸到了组织采集之前的信息规划阶段，从而重构了周围型肺癌病理诊断的时序逻辑。这一分析为理解微创诊断技术中的学科融合提供了可操作的理论视角。

【关键词】周围型肺癌；同轴活检针；半自动活检针；学科融合

The Theoretical Convergence of Interventional Ultrasound and Lung Cancer Pathology: A Study of the Disciplinary Integration Mechanism of the coaxial–semi-automatic combined biopsy technique

Chi Yue　Sun Chengzhe*

（Department of Diagnostic Imaging, Jilin Chemical Hospital　132021）

[Abstract] From a knowledge production perspective, this study defines disciplinary integration as a process of generating "intermediary knowledge derived from technical entities," and subsequently traces the technical evolution path of the coaxial needle and the semi-automatic biopsy needle—from their independent development to their combined application. On this basis, this paper extracts the respective theoretical cores of interventional ultrasound and pathology, and demonstrates the "internal–external convergence" structure between the two disciplines in biopsy practice: interventional ultrasound provides the imaging boundaries of the lesion and real-time navigation; pathology provides molecular information and diagnostic endpoints for the tissue sample; while the coaxial–semi-automatic system serves as the information delivery channel bridging imaging and pathology. This technical combination facilitated the formation of the concept of "preoperative pathological information," extending the diagnostic reach of pathology into the information planning phase prior to tissue acquisition, thereby reconfiguring the temporal logic of pathological diagnosis for peripheral lung cancer. This analysis offers a practical theoretical framework for understanding the interdisciplinary integration within minimally invasive diagnostic technologies.

[Key words] Peripheral lung cancer; coaxial biopsy needle; semi-automatic biopsy needle; interdisciplinary integration

引言

经皮肺穿刺活检是周围型肺癌诊断的核心手段之一，这一操作的技术实现依赖于介入超声学与病理学两个领域的协同运作[1-2]。介入超声学提供实时影像引导，帮助操作者精准抵达病灶；病理学负责对所获标本进行形态学和分子学分析，出具诊断报告。在常规的临床认知中，两者的关系是工具性的：前者服务于后者的标本获取。然而，同轴联合半自动活检技术的普及揭示了一种超出工具关系的深层融合[3]。同轴系统建立了从体表到病灶的持续性通道，允许在不退出外套针的情况下进行多次取样；半自动活检针则在这一通道内实现标本的切割与获取。两种技术的组合在操作层面提高了效率和安全性，更在理论的交汇处催生了新的知识形态。本文从学科理论的角度，考察介入超声学与肺癌病理学通过这一技术组合所形成的融合机制。

1.学科融合的理论界定与技术载体

1.1 融合作为知识生产的理论框架

对于肺癌微创活检领域的讨论多集中于多学科协作或跨学科整合，这两个概念虽然触及了不同专业之间的互动，但未能准确揭示介入超声学与病理学之间关系的深层结构。多学科协作强调的是各学科围绕同一临床任务各自完成分工，而在经皮肺穿刺活检的实践中，介入超声医生与病理科医生之间的信息交换远非各自分工那么简单。超声图像决定了穿刺的路径规划，病理诊断的需求反过来回馈到标本的采

集策略和标本分配方案中，两者之间形成了相互嵌入的关系。

主张用“学科融合”来描述这一关系结构。学科融合不同于多学科协作或跨学科整合的关键之处在于，融合不是不同学科知识的并列或叠加，而是一种在技术实体内部生成新的知识类型的理论过程。具体的说，技术进步使得介入超声学产出的信息渗透到了病理诊断的形成过程之中，而病理诊断的需求也渗透到了介入操作的事前规划之中，两者的“知识边界”在技术操作层面发生了实质性的重叠。这种重叠的产物是一种既不完全属于介入超声学也不完全属于病理学的“中介知识”，例如以术前超声特征为基础的病理类型预判、以穿刺路径为依据的标本质量控制策略等。

理论分析以同轴联合半自动活检系统为具体考察对象，原因在于这一技术组合是介入超声学与病理学融合最为集中的临床前沿。同轴系统为多次取样提供了通道，半自动活检针为标本质量提供了切割保障，两者的协同使得介入超声学获得了更大的操作自由度，也使病理学获得了更充足的标本信息，从而放大了两个学科之间相互依赖的程度，促进了更多中介知识的生成。

1.2 技术演进路径

介入超声技术在肺癌诊断中的应用经历了从粗放定位到精准导航的发展过程。早期的超声引导肺穿刺依赖于常规超声对病灶的显示能力，其临床价值在 20 世纪 80 年代已获得初步认可。随着超声造影技术的成熟，介入超声学对肺周边病灶的显示能力进一步提升，造影剂能够帮助操作者识别病灶内的坏死区和血流丰富的活性区，从而指导穿刺点选择和路径规划，避免采样误差。同时，实时超声引导相较于 CT 引导具有辐射低、操作时间短、可行床边操作等优势，对于贴壁性肺病灶的活检尤为适用。

同轴活检针的设计理念可以追溯至对穿刺路径管理的需求。传统的经皮肺活检通常采用分次进针的策略，每一次更换活检器具都需要重新穿刺胸膜和肺组织，这延长了操作时间，也增加了气胸和出血的风险。同轴系统的核心设计在于内外两层结构：外套针率先穿透胸膜抵达病灶表面，拔除针芯后形成一个持续的通道，后续的取样工具均通过这一通道进出，胸膜和肺组织只被穿刺一次。这一设计从源头上减少了气胸的风险来源。

半自动活检针在经典全自动活检器材的基础上进行了改进。全自动活检枪在激发时活检针以较高速率向前弹出并完成切割，切割速度快、标本质量稳定但对操作区域的精确定位要求极高；半自动活检针则将切割动作分解为手动推进和自动击发两个阶段，操作者可以在推进过程中微调针尖位置，确认无误后再完成切割。这一特性使其在同轴通道内的操作更加从容，因为外套针所占据的空间本身就是一种物理约束，半自动化的操作提供了更多的容错空间。

同轴系统与半自动活检针的组合并非设计之初就明确预见的工程方案，而是在活检实践中逐步被发现和推广。两者的匹配涉及直径物理相容性和结构力学匹配性，当同轴外套针的内径与半自动活检针的外径之间形成了适配关系时，多次取样和标本质量控制就可以在同一次穿刺中完成。这一组合的普及标志着介入超声学从“引导者”角色演进为“全过程管理者”角色，负责病灶定位，还负责组织标本的获取策略和通道管理。

2.学科核心理论的外推与内部交汇

2.1 介入超声学的影像锚定模型

介入超声学的理论核心可以概括为“实时影像驱动下的靶向操作”。与传统 CT 引导的静态定位不同，实时超声引导的突出特征是操作者能够在穿刺的每一个时间节点上观察到针尖与靶病灶的相对位置，并据此做出动态调整。这一理论核心在周围型肺癌活检中体现为一种“影像锚定”的判断模式。操作者依据超声图像上的病灶边界、内部回声特征、血流分布等参数，综合判断穿刺点的最佳位置，并在穿刺过程中持续确认针道与锚定目标之间的关系。

同轴技术的加入使这种影像锚定模型获得了新的维度。由于同轴外套针的置入相当于建立了一个从体表到病灶表面的“锚定轴”，操作者的注意力从每一次取样的独立导航转向了对锚定轴稳定性的持续监测。外套针一旦置入，后续取样的全部动作都围绕这一轴线展开，实时超声的监测任务从逐次校正针尖位置转变为确认外套针位置是否发生偏移以及轴线周围的解剖结构是否因穿刺而发生变化。这种从“多点导航”到“单轴监护”的理论转换，反映了同轴技术对介入超声学核心理论的实质影响。

2.2 肺癌病理学的标本信息约束模型

肺癌病理学的理论核心在当前精准医学背景下可以概括为“有限标本的信息最大化”。常规病理诊断依赖形态学观察，但周围型肺癌的临床管理已经超出了单纯形态学的范畴，驱动基因突变状态的确定、PD-L1 表达水平的评估等都需要在有限的标本中完成。对这一理论约束的深刻认识，使得病理科医生在接收标本时面临一个结构性的困境：标本量过少可能导致分型不完整甚至检测不可行，而标本采集的限度又受到患者安全要求的制约。

介入超声学与病理学的交汇之处恰在于这一约束条件向诊断前端的延伸。病理学界逐渐认识到，诊断信息的质量上限在标本采集的那一刻就已经部分决定了。如果穿刺路径规划不当或取样技术选择有误，后续病理分析无论多么精确都无法弥补标本质量的先天缺陷。因此，病理学的诊断需求

需要前移至介入操作阶段，使病理学的工作从标本接收后的分析往后延伸至标本采集前的规划。

3.内外交汇的结构模型

3.1 融合机制的三层架构

介入超声学与肺癌病理学在同轴半自动活检技术中的融合遵循一种“内外交汇”的结构模型，这一模型包含三个层次的信息流动。

第一层是解剖层面由外向内的递进。经胸壁穿刺路径依次经过皮肤、胸壁软组织、胸膜和肺实质，最终穿透病灶。在这一递进过程中，病灶的位置、形态及其与周围关键结构之间的关系构成了融合的第一重接口。超声图像提供解剖关系的实时可视化，帮助操作者规划一条既避开危险结构又能够获得满意标本的路径。

第二层是病理层面的信息逆流。病理学需要在确诊后开具分子检测申请单，而这一检测计划在标本采集时就已经需要被预见——标本中的哪一部分用于形态学诊断、哪一部分用于分子检测、哪一部分留作备用，这些分配决策应当在标本离体的那一刻就开始执行。

第三层是中介知识的形成。这套内外叠合的结构模型的各层在技术操作的节点上交汇，形成一类新的知识类别。这类知识的一个例子是基于超声造影所见的病灶血流分布来预判肿瘤的活性区域，并将其作为穿刺的首选靶点，以提高标本中活细胞的比例和分子检测的成功率。另一个例子是在超声图像上识别病灶周围的肺不张区域，以便在穿刺时予以规避，避免标本被非肿瘤组织过度稀释。

3.2 主动与被动融合的统一

上述三层架构中存在一个内在的张力：介入超声学在融合中扮演的角色偏向主动，而病理学的角色偏向被动。介入超声医生是操作的直接执行者，决定穿刺的时机、方向和深度；病理科医生则处于接收环节，被动等待标本送达。这种主动与被动的不对称性有可能限制融合的深入程度。

同轴半自动联合活检技术的理论意义正在于对上述不对称性的缓解。当同轴外套针稳定置入后，多次取样成为可能，而半自动活检针的使用又带来了取样位置的精调能力。外科医生和介入医生可以在一次手术中连续获取多个样本，具有实时反馈和多点取样的优势。与此同时，病理科医生在标本送达之前已经与介入超声医生就标本分配计划达成了前期的沟通与规划。这种情况下，被动接收的局面已经被打破，病理学的诊断需求内嵌入了介入操作的事先规划之中，两者的融合从“事后配合”转向了“事前协同”。

4.融合的再解释：以术前病理信息重构诊断逻辑

同轴半自动联合活检技术促成了介入超声学与肺癌病理学在理论层面的一种实质性融合，这种融合最显著的产物是“术前病理信息”这一概念的形成。所谓术前病理信息，是指病理学在尚未获取标本之前，依赖介入超声学产出的影像信息来构建的对病灶病理学特征的预先判断。这种判断的水平随着超声造影技术和实时穿刺反馈技术的发展而不断提高，虽然无法取代组织病理诊断，但其在介入操作中的指导价值已经不容忽视。

从理论上看，这一融合重构了周围型肺癌病理诊断的时序逻辑。在传统模式中，病理诊断是一个纯粹自后向前的回顾性过程，介入操作与病理分析之间泾渭分明。在同轴半自动技术的支撑下，病理诊断的起点向前移到了介入操作阶段，影像信息与病理信息在时间线上发生了重叠。这一变化使得临床决策可以在更早的时间点上获取更充分的决策依据，同时也对两个学科从业者的知识结构提出了新的融合性要求。

从更一般的理论意义来说，介入超声学与肺癌病理学之间的融合展示了一种以技术实体为媒介的学科交叉机制。在临床上，这体现为介入操作由影像引导向“病理驱动的影像引导”的演进；在理论上，这体现为两种科学知识的边界在技术实体的内部发生了整合。这种以技术为中介的学科融合模型，对于理解当代精准医学背景下其他微创诊断技术的发展路径，具有一定的参考价值。

参考文献：

[1]黄江华,雍大德,杨艳云,等.低剂量 CT 引导在肺结节患者经皮肺穿刺活检术中的应用价值[J].影像研究与医学应用,2026,10(6):188-190.

[2]赵子鸥,侯杰,周慧,等.不同影像技术在经皮肺穿刺活检术中的应用进展[J].实用心电与临床诊疗,2026,35(1):152-157.

[3]张忠胜.同轴针联合半自动活检针在 CT 引导下经皮肺穿刺活检中的应用价值[J].医药论坛杂志,2023,44(14):97-99+104.

吉林市科技创新发展计划项目【超声引导下同轴活检针穿刺联合半自动活检针在周围型肺癌病理活检的研究】编号：20230406110。