

浅析计算机辅助肺癌 CT 诊断教学对策

李一帆 叶红 吴驰

广东省农垦中心医院放射影像科 广东 湛江 524000

【摘要】：在影像学的教学中，提高学生疾病诊断能力是非常重要的技能培养内容，学生能够准确的区分健康和疾病状态下医学影像特点的不同，并且也能够将病理与人体解剖结构结合起来，为患者进行相应的临床治疗。不过，在 CT 教学的过程中存在着很多问题，例如仪器容易受到外部环境影响了影像学质量、教学内容可视化和考评智能化不足等，这些问题都导致教学无法达到要求。本文针对肺癌 CT 的诊断教学，分析计算机辅助下的应用效果，提出了以下几点对策：通过 CT 图像的预处理技术促进学生

【关键词】：计算机辅助教学；影像学技术；肺癌 CT 诊断；教学对策

DOI:10.12417/2811-051X.26.05.047

医学影像专业的教育在于为临床培养影像专业、医学成像技术等方面的专业人才，同时该专业也是临床教学的重要内容，是基础医学与临床医学连接的主要桥梁，在疾病的诊断中也发挥着重要的作用。因此，临床对与影像专业的教学提出了更高的要求，同时也在如何培养更加专业的影像学人才上做出了更多的创新和研究。随着信息化技术的广泛应用，我国的医学教育模式也发生了极大的变化，影像学诊断教学也得到了极大的创新，通过计算机辅助肺癌 CT 诊断教学，将提高教学内容的可视化和教学智能化为重点，促进医学教学的改革，提高教学效果。

1 计算机辅助肺癌 CT 诊断教学的重要技术

计算机辅助肺癌 CT 教学就是通过计算机辅助，利用信息化技术开展一系列教学活动，主要内容包括计算机辅助教学、肺癌 CT 影响诊断、医学影像学教学等内容。肺癌的 CT 诊断是医学影像学教育的主要内容，肺癌 CT 会表现出肺部存在不规则的软组织肿块、边缘毛糙或有毛刺，部分患者还会伴随阻塞性肺炎、肺不张的情况，CT 是肺癌诊断的金标准，不过肺部组织的复杂状态和教学手段的落后，要让肺癌 CT 教学的难度较大，因此则急需采用信息化技术创新教学对策。

计算机辅助教学的形成与发展为医学影像学教学的发展带来了给予，也弥补了以往教学中存在的不足，老师利用计算机辅助教学的可视化技术进行 CT 图像的加工，让教学过程更加直观易懂，辅助学生理解肺癌部位的位置、大小和形状^[1]。

要保证计算机辅助肺癌 CT 教学的效果得到要求，则需要落实以下几点：

(1) 计算机辅助肺癌 CT 教学的技术可以去除噪音和模糊，提高 CT 成像质量，从而保证了教学的可视化，提高了肺癌确诊的准确性。

(2) 该技术可以将复杂、抽象的知识通过比较直观的方式呈现出来，有助于学生理解，也避免学生产生厌烦的情绪。

(3) 该技术实现了对肺结节语义特点的自动分级，一次

作为肺癌良恶性的只能诊断手段，有助于提高学生的自主学习能力。

(4) 重视进行教学方法的创新，通过大数据、人工智能技术改变传统的幻灯片教学模式，优化教学体验。

2 人工智能为基础的肺组织切割

在肺癌 CT 图像中切割完整而独立的肺组织能够帮助学习者观察肺组织大小、数目、形态、分布、边缘的变化情况，从而为疾病的诊断奠定基础。肺 CT 图像中不仅包括肺组织，还会有脂肪、器官、病灶等组织，从而不利于肺组织分隔。

2.1 肺组织分割的教学价值

分割是结节检测、定量分析的基础，通过切割能够消除胸壁、纵膈等干扰结构，提高病灶识别效率。随着人工智能的发展，AI 技术能够直观展示深度学习例如 U-Net、Transformer 在医学图像处理的优势，揭示影像组学特征提取与病理关联的逻辑链。

2.2 关键技术要点

人工智能在肺组织切割中的应用属于计算机辅助肺癌 CT 教学的重点内容，主流算法架构见表 1。教学中面临的问题为：边缘模糊问题、病理干扰问题、小样本学习问题，分别采用结合随机场（CRF）后处理、多任务学习、迁移学习+数据增强的教学对策。

表 1 主流算法架构

算法类型	教学案例	特点分析
U-Net 系	3DU-Net, V-Net	跳跃连接解决细节丢失问题
Transformer	Swin-Unet, TransUNet	长距离依赖捕获能力
混合模型	CNN+Transformer	局部特征与全局上下文结合

2.3 教学流程

(1) 数据准备阶段。分析原始 CT 影像图→DICOM 预处理

理→层间插值→灰度归一化→标注质量核查→金标准修正。要重视分析一致性对模型性能的影响。

(2) 结果可视化分析。通过列举经典错误案例进行教学，例如气管分叉处误分割、肺不张区域漏分割、金属植入物伪影干扰，通过案例分析提高学生对于肺组织分割技术的掌握。

2.4 肺区域切割方法

2.4.1 超像素分割法

将肺癌 CT 影像图中相似的相邻像素聚合为感知单元（超像素块），降低后续处理的复杂度，计算公式为：

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{p \in S_k} \|I_p - \mu_k\|^2 + \frac{m}{S} \|x_p - x_k\|^2 \quad (1)$$

公式中 I_p 表示像素强度， x_p 表示空间坐标， μ_k 表示超像素中心， S 表示超像素尺寸， m 表示空间权重。

肺切割流程为：原始 CT→超像素生成→特征提取→图割优化→肺区域掩膜。关键技术为：

(1) 超像素生成算法。SLIC 为最常用算法，调整 m 控制空间/灰度权重比；ETPS 适用于 CT 灰度不均匀场景^[2]。将肺 CT 通常设置超像素数在 800~1200。

(2) 肺区域特征提取。见表 2。

(3) 优化方法。构建超像素邻接图，能量函数最小化；采用 CRF 添加空间约束平滑边界。

表 2 肺区域特征提取

特征类型	计算方法	作用
灰度直方图特征	超像素内 HU 值统计	区分肺与纵膈
纹理特征	GLCM 能量、熵值	识别肺实质
空间特征	超像素中心到胸腔距离	排除胸壁干扰

超像素分割法的教学优势在于可视化清晰，超像素块直观展示图像结构层次；计算效率高，处理单例 CT 仅需 3~5s；可解释性强，手工特征与分割结构逻辑关联明确。该方法的局限性在于：对磨玻璃影（GGO）敏感度较低，纹理特征区分困难；肺门血管容易误分割，灰度与肿瘤像素相似；需要进行人工设计特征。

2.4.2 随机森林

集成多棵决策树投票决策，通过特征选择实现像素级分类。随机森林在肺组织中的分割流程为：CT 切片→像素采样→特征提取→随机森林训练→全图预测→后处理优化。

关键技术为：

(1) 特征工程。局部特征窗口为 31×31 像素，强度特征计算方法为窗口内 HU 均值、方差和 10%分位数，可用于区分

肺实质与肿瘤；梯度特征算法为 Sobel 算子响应，增强血管/结节边缘；纹理特征计算 LBP、GLCM 对比度，可识别 GGO 磨玻璃特性；空间特征通过计算像素到胸腔边界的归一化距离，排除胸壁的干扰。

(2) 森林参数优化。树的数量约 100~200 棵；最大深度为 15~20 层。

(3) 后处理关键技术。通过形态学闭运算填充肺内支气管孔洞；通过连通域分析去除孤立小区域；通过凸包算法修复肺表面凹陷^[3]。

肺癌 CT 分割典型问题以及解决方案分析，提高学生的诊断能力：①肺门血管误分割，血管（HU≈30）被误判为纵膈组织。需要增加局部二值模式（LBP）纹理特征，血管呈现管状纹理；在特征重要性中提取梯度特征权重。②胸膜旁 GGO 漏分割，存在着毛玻璃结节（HU≈-600）与正常肺组织相似。可添加灰度共生矩阵（GLCM）的熵值特征（GGO 纹理更加杂乱）；采用代价敏感学习，提高漏分割惩罚权重。

3 以神经网络为基础的肺结节语义特征分析

肺结节语义特征是肺结节良恶性诊断的依据，在肺癌的 CT 诊断教学中，提高学生对于肺结节语义特征的理解能够提高学生对于肺癌 CT 的诊断准确性，因此需要做好肺结节语义特征的智能分级。

3.1 肺结节语义特征

肺结节语义特征是指在医学影像中，由放射科医生根据视觉判读总结出的、具有明确临床病理关联的影像学描述特征，这些特征将抽象的像素数据转化为医学语言，是肺癌 CT 影像表现与临床决策的核心桥梁。肺结节语义特征的核心为：视觉可解释性，医生可直接观察描述性特征；病理关联性，与肿瘤生物学行为相关，可用于良恶性鉴别、侵袭性评估、疗效监测。

3.2 肺结节语义特征分类与病理关联

(1) 形态学特征。分叶征 CT 表现为结节表面凹凸不平呈花瓣状，提示肿瘤细胞生长速度不均；毛刺征 CT 表现为边缘放射状细线影，提示肿瘤浸润周围间质；胸膜凹陷 CT 表现为结节牵拉胸膜形成“兔耳征”，提示纤维收缩反应。

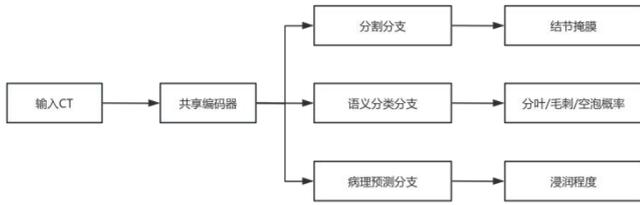
(2) 密度特征。磨玻璃密度 CT 表现为云雾状淡薄影，提示原位腺癌/微浸润腺癌典型症状；实性成分 CT 表现为完全遮盖肺纹理的软组织密度，提示浸润性癌灶；空泡征 CT 表现为肺结节内 1~3mm 小透亮区，提示未破坏的肺泡/小支气管。

(3) 动态特征。通过体积倍增时间（VDT）判断肺癌细胞增长速度，VDT<400d 表示恶性风险较高；发现磨玻璃结节中出现新实性区，提示浸润进展。

3.3 语义特征在 AI 中的技术应用

采用 Grad-CAM 定位激活区域，比如毛刺征对应的高响应

区，构建多任务学习框架见图 1。



3.4 结合临床场景分析肺结节语义特征

(1) 案例 1. 磨玻璃结节的语义决策树，见图 2。

(2) 分叶征+胸膜凹陷的病理关联。分叶征表现为肿瘤沿肺泡壁伏壁生长；胸膜凹陷则呈现为纤维细胞增殖收缩。

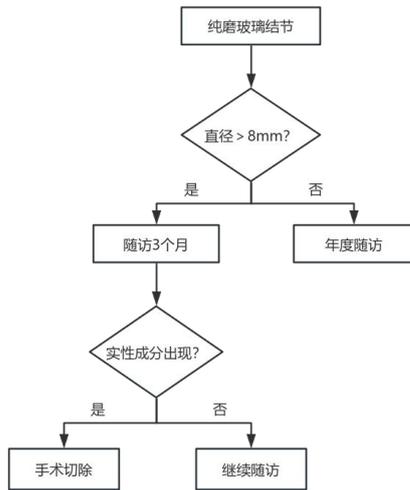


图 2 磨玻璃结节的语义决策树

4 以 GFV Snake 和浮动尺度的肺组织三维重建

在计算机辅助肺癌 CT 诊断教学中，采用 GFV Snake 模型和浮动尺度技术开展肺组织三维重建，为医学生提供更加准确、直观、具有教学价值的肺组织结构可视化。

4.1 技术核心

(1) GFV Snake 模型在肺组织切割中的应用。Snake 模型是医学图像分割的经典方法，通过能量最小化驱动初始轮廓向目标边界演化。GVF Snake 是在 Snake 基础上的改进，通过计算扩散的梯度矢量场，扩大了轮廓捕获范围，对初始数据和凹陷边界更鲁棒。相比传统的 GVF，GFV Snake 模型更加重视梯度方向的准确性和一致性，有利于处理肺组织复杂边界、噪声

与伪影、血管和支气管干扰。教学过程中，演示边界演化的鲁棒性，展示 GFV Snake 模型如何从粗糙初始轮廓精确收敛到复杂的肺组织边界，即便初始位置不完美或边界模糊；通过与阈值法、区域生长法活传统 Snake 对比，突出 GFV 在处理弱边界、凹陷区域和噪音方面的优势；重点讲解 GFV 中外部力场的构造如何影响分割结果，加深对模型参数的理解^[4]。

(2) 浮动尺度在肺组织重建中的应用。图像处理中，“尺度”决定了观察或分析图像的粒度，固定尺度在处理结构大小变化显著的图像时效果不佳，比如肺癌 CT 图像。浮动尺度技术是指在处理图像的过程中，根据图像的局部特性自适应地调整分析窗口或滤波器的尺度。浮动尺度的教学意义为：清晰展示固定尺度在处理肺组织时的局限性；通过实例展示浮动尺度如何在不同区域自动选择最优尺寸，显著提高分割与重建质量。重点向学生解释浮动尺度如何集成到 GFV Snake 模型的能量计算或梯度场计算中，实现局部最优的分割效果。

4.2 教学应用对策

选择典型的稀疏 CT 肺癌病例，原始稀疏 CT 数据展示，强调层厚/间距；单层切片 GFV Snake 分割演示，展示初始轮廓、演化过程、最终结果，对比固定参数/传统方法。进行浮动尺度效果的可视化，展示不同区域选择的尺度；显示三维重建结果，应用面绘制、体绘制、MIP 等三维可视化技术对重建模型进行分析，向学生展示病灶与周围结构的关系。然后 GFV Snake 模型联合浮动尺度重建结果与原始稀疏 CT 直接重建、传统插值方法、固定参数 Snake 分割后重建进行对比。引导学生讨论该方法的鲁棒性、对稀疏数据的适应性。

5 小结

影像学诊断就是看图说话，通过观察图像确定患者病变位置、病理性质等，是临床确诊疾病的重要依据，因此读片也是医学影像学的重要技能，为了提高学生的读片能力则由老师带领学生进行集体读片，帮助学生掌握不同疾病的影像学特点，总结规律、收集信息提高学生的临床诊断能力。计算机辅助肺癌 CT 诊断可以优化学习体验，将很多教学中常见的困难问题得到有效的解决，人工智能技术的应用也符合医学教育信息化发展的需求，具有非常好的发展前景。

参考文献：

[1] 张欣宇,李林倩,李浩然,等.计算机辅助设计修饰 3D 打印模型用于早期肺癌胸腔镜亚肺叶切除术的回顾性队列研究[J].中国胸心血管外科临床杂志,2024,31(09):1266-1273.

[2] 张欣宇,李林倩,李浩然,等.计算机辅助设计修饰的 3D 打印模型在电视辅助胸腔镜亚肺叶切除术治疗早期肺癌中的应用[J/OL].中国胸心血管外科临床杂志,1-7[2024-09-18].

[3] 曹冉.计算机辅助预测原发性肺癌脑转移瘤 EGFR 突变及亚型[D].中国医科大学,2023.

[4] 刘彩霞.计算机辅助肺癌 CT 诊断教学关键技术研究[D].南京师范大学,2021.