

# 影像学在胰腺占位性病变诊断的应用及研究进展

石宝龙<sup>1</sup> 李晖<sup>2</sup>

(1.华北理工大学 2.华北理工大学附属医院)

摘要: 胰腺癌 (Pancreatic Carcinoma, PC) 恶性程度高、侵袭性强、发病隐匿。胰腺癌的早期临床症状不易察觉, 同时缺乏有效筛查手段, 使得患者常常错过最佳治疗时机。目前, 如何早期发现胰腺癌成为临床医生面临的重要挑战。本综述将从超声 (US)、计算机断层扫描 (CT)、磁共振成像 (MRI)、正电子发射断层扫描 (PET/CT) 和放射组学在胰腺病变诊断中的应用和研究进展。

关键词: 胰腺癌; 放射组学; 表观扩散系数

## 前言

胰腺的占位性病变可能是由恶性或良性疾病引起的。在恶性疾病中, 胰腺癌是最常见的, 而良性肿块在慢性胰腺炎患者中很常见。胰腺癌是一种普遍且危险的疾病, 其全球恶性肿瘤发病排名第 13, 但死亡排名第 7<sup>[1]</sup>。导致胰腺癌发生的原因十分复杂, 绝非单一因素。环境暴露和遗传特质相互影响, 共同导致了疾病的发生。长期吸烟、年龄增长、高脂饮食、过量饮酒、肥胖、以及与糖尿病和慢性胰腺炎相关<sup>[2]</sup>的遗传风险因素的聚集, 显著增加了发病的风险。作为消化系统中的一种恶性肿瘤, 在胰腺癌病例中 85%~90% 为胰腺导管腺癌。因为缺乏有效的化学药物或物理疗法, 根治性切除手术仍然是胰腺癌的首选治疗方式, 然而患者的预后很差, 大多不能存活 5 年以上, 生存率仅约为 12%<sup>[3]</sup>。因此, 对于胰腺癌的诊断和治疗, 早期发现、特异性诊断、有效及时手术治疗以及密切的监测是至关重要的。由于胰腺癌早期常无典型临床症状, 因此寻找一种有效的诊断方法极为关键。尽管血清 CA199 糖类抗原作为一种被广泛应用的肿瘤标志物, 在胰腺癌筛查中具有一定价值, 当 CA199 水平超过 25U/mL 时, 常常提示存在胰腺癌的可能性。然而, 这一标志物在胰腺癌早期上升时的敏感性较低, 在识别小体积病灶和区分慢性胰腺炎与胰腺癌方面的效果也受到限制。因此, 单纯依赖早期症状的识别和血清学测试是不足以有效诊断胰腺癌的。医学影像技术相较于金标准的手术病理或活检, 无疑具备相对简单且无创的优势<sup>[4]</sup>。本文将从超声 (US)、计算机断层扫描 (CT)、磁共振成像 (MRI)、正电子发射断层扫描 (PET/CT) 和放射组学在胰腺病变诊断中的临床应用及研究进展进行综述。

## 1. 超声检查在胰腺占位性病变中的应用进展

超声检查因其快速方便且无创的特点, 在门诊和体检中被广泛应用<sup>[5]</sup>, 是一种常见的初步评估胰腺情况的方法, 特别擅长揭示胰腺结构细节, 有效检测胆道梗阻及其原因, 为诊断梗阻病因提供了重要线索。根据日本胰腺协会的统计数据显示, 全国范围内超过 40% 的可切除性胰腺癌是通过传统超声检查发现的, 其敏感性介于 48% 至 95%, 特异性介于 40% 至 91%<sup>[6]</sup>, 受患者情况和检查人员技术水平影响, 超声检查的敏感性和特异性存在

较大差异。由于超声成像技术的局限, 有时胰腺整体以及尾部区域的完全可视化具有挑战性, 原因包括检查视野受限、胃肠内气体影响以及患者体型大小等多方面因素。小于 1 厘米的肿瘤检出率仅为 50%, 而大于 3 厘米的肿瘤检出率高达 95.8%。近年来, 随着超声检查设备的不断改进和优化, 对胰腺占位性病变的可视化和超声诊断能力得到显著提高。在胰腺疾病的检测和确认过程中, 超声检查扮演着至关重要的角色。自 20 世纪 70 年代以来, 超声一直广泛应用于临床, 20 世纪 80 年代中期出现的彩色多普勒和能量多普勒技术使血流可视化成为可能。随着微创超声造影技术的推广, 现在可以评估器官或病变中的血流动态, 超声检查逐渐由简单的病变诊断发展为疾病定性诊断<sup>[7]</sup>。

## 2. CT 在胰腺占位性病变中的应用进展

目前在临床诊疗中, 广泛应用计算机断层扫描 (CT), 包括常规 CT 和增强 CT 等, 在评估胰腺病变时具有快速且全面的优势。进行胰腺评估时, 需要使用专门的“胰腺方案”CT 进行检查。具体的胰腺 CT 检查细节因地点而异, 但一般包括多相成像和高空间分辨率的多平面图像。所谓多相成像是指在不同时间采集多次腹部 CT 图像, 通常包括未注射造影剂前的基线扫描, 胰腺期和门静脉期。胰腺期成像可提供最佳的胰腺增强效果, 并有助于评估胰腺动脉情况。为了获得标准的轴向图像, 图像需要尽可能以高空间分辨率获取, 同时能够转换为冠状面和矢状面图像。由于 CT 具有出色的空间和时间分辨率, 在检测胰腺疾病中发挥着关键作用, 被广泛应用于胰腺癌的筛查、病变鉴别和病情进展的评估<sup>[8]</sup>, 作为一种非侵入性影像学手段。尽管平扫 CT 可以初步描绘病变的尺寸和位置, 但对于明确识别胰腺异常病变和清晰展现肿瘤与周围组织的边界存在局限性。相比之下, 三期增强 CT 显著提高了对胰腺肿瘤详细特征的认知, 包括大小、位置、形态结构以及与邻近器官的关系, 并能准确显示肝转移灶和肿大淋巴结。然而, 进行 CT 检查会暴露患者于电离辐射, 因此在选择进行 CT 检查时需要注意适用人群。此外, 增强 CT 使用的碘造影剂也可能引起特殊反应, 在肾功能受损时应慎重使用。

## 3. PET/CT 在胰腺占位性病变中的应用进展

1998 年, 第一台 PET/CT 设备问世, 并被安装在匹

兹堡大学医学中心。PET/CT 系统主要由探测器组件、计算机数据处理系统、图像显示屏和扫描床构成。探测器组件和数据处理系统中的重建技术对成像速度和质量均具有重要影响。随着分子成像技术的不断发展,正电子发射断层扫描(PET)与计算机断层扫描(CT)的结合已被证明是一种通用的成像技术。CT 提供高精度的解剖细节,与 PET 的功能性图像精准匹配,不仅补偿了 PET 的空间分辨率不足,还能快速准确地执行 PET 代谢图像的衰减校正,以最大化两者信息与优势的互补效果。将 PET 与 CT 相结合有助于肿瘤的准确检测与精确定位,以及在活检和疗效评价方面取得更准确的结果<sup>[9]</sup>。18F-FDG 被用作评估胰腺病理情况的示踪剂,在 106 例可疑患有胰腺占位性病变的患者中诊断的准确性报告显示总体敏感性为 85%,特异性为 84%。进一步研究指出,18F-FDG-PET 适用于评估肿瘤的远处转移情况,对于胰腺肿瘤的诊断检测灵敏度为 90%~95%,特异性为 82%~100%;而在胰腺肿瘤分期方面,灵敏度为 61%~100%,特异性为 67%~100%。PET/CT 在区分肿块性胰腺炎和胰腺癌方面的特异性和敏感性分别为 74~84%和 85~89%。当肿瘤直径达到 2 厘米或更大时,其敏感性显著增加。在区分良性和恶性囊性病变时,PET/CT 的灵敏度也很高,总体准确率达到 94%。对于淋巴结转移,PET/CT 检查的敏感性和特异性分别为 46~71%和 63~100%<sup>[10]</sup>。

另外,在治疗过的胰腺癌患者中,PET/CT 可检测到 96%的癌症复发。不过,胰腺病变的大小、炎症反应和高血糖可能对 PET/CT 结果的准确性有影响。为了尽可能减少由炎症反应等原因导致的假阳性结果,建议手术干预后至少 6 周再进行 PET 或 PET/CT 随访检查。考虑到胰腺中可能同时存在良性和恶性病变,因此选择适当的位置进行胰腺组织采样至关重要。进行腹部穿刺活检时,利用 PET/CT 引导到胰腺新陈代谢活跃区域进行取材,有助于提高活检的准确性。

#### 4.MRI 在胰腺占位性病变中的应用进展

在临床实践中,MRI 的使用范围不及 CT 广泛,但在评价胰腺肿瘤方面也有出色表现。MRI 对微小改变的敏感度高于 CT,可展现出更详细的胆管和胰腺导管解剖结构影像。

胰腺 MRI 评估时,可以应用磁共振胰胆管造影(磁共振胰胆管造影,MRCP)。MRCP 图像采用大量 T2 加权图像生成胆道系统和主胰管的详细图像,从而更敏感地评估胰腺病变<sup>[11]</sup>。对于胰腺实质的评估效果,脂肪抑制下的平扫和动态钆增强的 T1 加权序列表现为最佳。在 T1 加权脂肪抑制序列中,由于水蛋白的存在,胰腺显示高信号强度。胰腺信号呈现正常且均匀,信号强度等于或大于肝脏信号强度;在 T2 加权图像上,胰腺信号强度显示不同。然而这些序列可用于评估胰管和胆管系统、胰腺、胰周水肿、积液、囊性肿瘤和内分泌肿瘤<sup>[12]</sup>。在

钆增强脂肪抑制序列上,由于胰腺丰富的血管网络,正常胰腺保持高 T1 信号强度并呈均匀增强。胰腺在早期钆增强图像中显现为高信号,与其他腹部器官呈现对比,而在延迟钆增强图像中信号与肝脏等器官相类似。结合平扫和早期增强 T1 加权序列的成像技术,可最佳地鉴别和评估胰腺局灶性肿块。通过钆增强序列的静脉期和延迟期成像,可最佳发现胰腺周围和门静脉区域的淋巴结病变以及腹膜转移。弥散加权成像是常规腹部磁共振成像中的重要补充,通过检测细胞组织内水分子的随机运动,产生具有代表性的表观扩散系数(ADC)值。在含有单纯性胰腺囊肿的情况下,水分子的运动增加,导致这些病变在低 b 值图像上表现为高信号,而在高 b 值图像上表现为低信号,在 ADC 图像上表现为高信号。相反地,实体肿瘤在低 b 值图像上显示出增加的信号,在高 b 值图像上呈现出相对较高的信号,并由于受水分子运动限制,显示出较低的 ADC 值<sup>[13]</sup>。这种实体肿瘤的低 ADC 值是由于细胞密集和细胞外纤维化导致细胞外间隙减少,也是水分子扩散受限的结果。在鉴别胰腺良恶性病变以及良性病变与胰腺炎时,病变 ADC 与正常实质 ADC 的比值比单独的病变 ADC 更为重要。由于胰腺炎和胰腺癌的 ADC 值相似,因此不建议仅依靠弥散加权成像来区分肿块性胰腺炎和胰腺癌。为了区分这些疾病,需要额外的模式和新序列,例如弥散张量成像和体素内不相干运动扩散加权磁共振成像。

#### 5.放射组学在胰腺占位性病变中的应用进展

放射组学是一种比较新颖的图像分析方法,指的是从医学影像中提取和分析大量的定量特征,旨在建立预测模型,将影像特征与临床结局联系起来。美国学者 Gillies 早在 2010 年就首次提出了这一概念<sup>[14]</sup>,成像组学已在医学影像研究中得到广泛应用,包括涵盖脑部、胃肠道、肝脏、胰腺、肺部、乳腺、肾脏、前列腺等多个部位实体肿瘤的研究,也扩展至非肿瘤性疾病的分析,如肝硬化、肺部纤维化、心血管疾病以及与中枢神经系统相关的认知障碍等疾病。在肿瘤学领域,成像组学得到了深入发展,不仅在早期肿瘤发现、准确分类、智能化报告生成方面发挥作用,而且在描绘肿瘤边界和精确定位放射治疗靶区等方面积累了丰富的科研和临床经验<sup>[15]</sup>。放射组学设计理念认为,医学影像中蕴含许多放射科医生无法肉眼观察到的信息,通过计算工具提取和分析这些“隐藏”信息,可以展示出关于胰腺病变更多的细节和具体特征。放射组学的目标是开发一种函数或数学模型,通过组合放射组学特征,对胰腺病变进行分类预测。纹理分析作为放射组学的一个组成部分,从原始图像中提取大量的定量数据,可以用于识别有助于确定胰腺病变性质的特定特征,并提供其他信息,如肿瘤的可切除性、分级、对新辅助治疗的反应以及手术后的生存情况。

放射组学在向临床领域推进的过程中面临着多重挑



战,尤其是在研究疾病变化方面。这包括肿瘤的种类、形态变异、体积大小、位置以及对器官的影响多样性等问题。胰腺肿瘤领域的放射组学研究既复杂又多样,虽然在胰腺癌的检测、预后评估和治疗反应方面取得了一些进展,但对于不同类型的胰腺疾病进行有效区分仍是一个难题。例如,如何分析胰腺导管内乳头状粘液瘤的生存率和生物行为,以及如何判定胰腺神经内分泌肿瘤的级别和诊断等问题仍有待深入研究。此外,对于胰腺囊性肿瘤亚型和罕见的胰腺肿瘤类型,以及肿瘤相关炎症和并发症的影像组学研究仍需进一步探讨。在影像质量方面存在一些挑战,由于扫描参数和设备配置之间的不匹配,胰腺图像的一致性难以保证。在数据和研究方案设计方面,影像组学研究中深度学习的广泛应用受限于大数据和云数据资源的可及性问题。尽管进行了许多放射组学研究,但明显放射组学仍处于发展阶段,目前的局限性包括耗时的图像分割以及仅适用于特定 CT 或 MRI 协议的结果。因此,放射组学仍需与其他临床检查方法相结合,作为一种研究技术在临床实践中得到改进。

#### 6.小结与展望

随着社会的不断进步、人民生活水平的提高以及影像学检查技术的不断发展,日常体检或由于其他疾病的检查中越来越多地发现胰腺占位性病变,而患者在临床上常表现出非特异性的体征和症状。如何鉴别这些占位性病变的性质一直是临床医师不断努力解决的难题。超声作为一种无创、简便的检查方法,在临床上得到广泛应用。然而,传统超声波存在着较大的局限性,内窥镜超声、超声造影和超声弹性成像的出现填补了传统超声的不足。当然,MRI 和 CT 在胰腺占位性病变的检查与诊断中同样扮演着重要的角色,这两种方式的结合能更准确地描述肿瘤特征,提高良恶性病变的鉴别能力。当出现胰腺癌肝转移时,MRI 通常比 CT 更为敏感。PET/CT 和弥散加权成像技术的应用进一步提高了临床医师对胰腺占位性病变良恶性的鉴别能力。此外,MRCP 能够快速、准确地显示胰管和胆管,因此被认为是观察胰管和胆管最重要的成像技术。放射组学技术虽然尚未成熟,但是作为一种潜力巨大的检查方法,随着技术的不断进步,放射组学在胰腺疾病的诊断中有着可观的发展前景。

#### 参考文献:

- [1]HUANG J, LOK V, NGAI C H, et al. Worldwide burden of, risk factors for, and trends in pancreatic cancer[J]. *Gastroenterology*, 2021, 160(3):744–754.
- [2]SIEGEL RL, MILLER KD, FUCHSHE, et al. Cancer statistics,2021[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(1):7–33.
- [3]SIEGEL RL, MILLER KD, WAGLE NS, et al. Cancer statistics, 2023[J]. *Cancer J Clin*, 2023, 73(1):17–48.
- [4]文永红.CA19-9 在影像学检查疑似胰腺癌病人诊断中的价值[J].*影像研究与医学应用*,2022, 6 (15):185–187.
- [5]严昆, 范智慧. 超声造影在胰腺良性病变中的应用[J]. *中华普通外科学文献(电子版)*, 2013, 7(06):420–422.
- [6]LEE B, YOON YS, KANG M, et al. Validation of the Anatomical and Biological Definitions of Borderline Resectable Pancreatic Cancer According to the 2017 International Consensus for Survival and Recurrence in Patients with Pancreatic Ductal Adenocarcinoma Undergoing Upfront Surgery [J]. *Ann Surg Oncol*, 2023, 30(6):3444–3454.
- [7]袁克荣,邓雪松.超声造影在胰腺囊/实性病变诊断中的应用现状与进展[J].*中国普通外科杂志*,2023,32(09): 1402–1409.
- [8]LIU S, LI J, LI X, et al. Value of CT Enhanced Scan in the Diagnosis of Benign and Malignant Pancreatic Lesions[J]. *CHINESE JOURNAL OF CT AND MRI*, 2022, 20(10):156.
- [9]UNTERRAINER M, EZE C, ILHAN H, et al. Recent advances of PET imaging in clinical radiation oncology[J]. *Radiation Oncology*, 2020, 15: 1–15.
- [10]CHOI HJ, KANG CM, LEEWJ, et al. Prognostic value of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with resectable pancreatic cancer[J]. *Yonsei Med J*, 2013, 54(6):1377–1383.
- [11]LY JN, MILLER FH. MR imaging of the pancreas:a practical approach[J]. *Radiol Clin North Am*, 2002, 40(6):1289–1306.
- [12]LIU C, SHI Y, LAN G, et al. Evaluation of pancreatic fibrosis grading by multiparametric quantitative magnetic resonance imaging[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2021, 54(5):1417–1429.
- [13]HMARCHESI S, LUNDSTROM E, AHLSTROM H, et al. The Use of Diffusion Weighted Imaging and Intravoxel Incoherent Motion to Assess Edema and Perfusion in Abdominal Organs during Endotoxemia[J]. *Magnetochemistry*, 2023, 9(2):58.
- [14]SAVADJIEVP, CHONGJ, DOHANA, et al. Image-based biomarkers for solid tumor quantification[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(10):5431–5440.
- [15]LEWIS S M, ASSELIN-LABAT M L, NGUYEN Q, et al. Spatial omics and multiplexed imaging to explore cancer biology[J]. *Nature methods*, 2021, 18(9):997–1012.