

## · 胸部影像学 ·

## 肺结节或肿块 320 排动态容积 CT 双入口灌注成像与病理的对照

许定华, 揭广廉, 夏俊, 罗泽斌, 黄毅鸿

**【摘要】 目的:**探讨肺结节或肿块性病变 320 排动态容积 CT 双入口灌注成像与病理基础的关系,研究肺内不同组织学类型病变灌注特点与血流动力学规律。**方法:**搜集本院 2016 年 8 月—2017 年 2 月的 50 例经手术切除(41 例)、穿刺活检(9 例)病理组织学证实的肺内结节或肿块性病变患者,包括肺腺癌 12 例,肺鳞癌 8 例,小细胞肺癌 6 例,急性炎症 9 例,慢性炎症 7 例,肺结核 8 例。所有患者行 320 排动态容积 CT 灌注扫描,得到相关的灌注参数结果与病理结果进行对照分析。**结果:**肺内良性与恶性结节或肿块的支气管动脉血流量(BAF)、灌注指数(PI)差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。肺内良性与恶性结节或肿块的肺动脉血流量(PAF)值差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。PI 鉴别良恶性肿瘤的最佳阈值为 57.65,敏感度为 90.0%,特异度为 66.7%,阳性预测值 87.5%,阴性预测值 85.5%。肺结节或肿块的灌注结果与其病理类型有关。**结论:**肺结节或肿块的灌注结果与病理类型具有密切的关系,恶性病变以支气管动脉供血为主,良性病变以肺动脉供血为主。320 排动态容积 CT 肺双入口灌注扫描成像技术在鉴别肺部病变的良恶性中具有重要的作用。

**【关键词】** 体层摄影术, X 线计算机; 双入口灌注; 肺肿瘤; 病理

**【中图分类号】** R814.42; R734.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)07-0705-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.07.009

**The comparative study of 320-detector row dynamic dual-input volume CT perfusion of pulmonary nodules or masses and pathology results** XU Ding-hua, JIE Guang-lian, XIA Jun, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Guangdong 524001, China

**【Abstract】 Objective:** The aim of this study was to investigate the correlation between the 320-detector row dynamic volume CT perfusion imaging and histologic characteristics of pulmonary nodules or masses, and to study their perfusion findings and hemodynamics characteristics of different histological types. **Methods:** Fifty cases of pulmonary nodule or mass with pathological confirmation by surgery ( $n=41$ ) or biopsy ( $n=9$ ) from August 2016 to February 2017, including adenocarcinoma 12, squamous cell 8, small cell 6, acute pneumonia 9, chronic pneumonia 7 and tuberculosis 8 were collected. All patients underwent 320-detector row dynamic dual-input volume CT lung perfusion scan. The results of the perfusion parameters were obtained and compared with pathology results. **Results:** There was a significant difference in bronchial artery flow (BAF) and perfusion index (PI) between benign and malignant lesions ( $P < 0.05$ ), but no significant difference was found in pulmonary artery flow (PAF) of between benign and malignant nodules ( $P > 0.05$ ). The best threshold for differentiating malignant nodules from benign ones was 57.65, with sensitivity of 90.0%, specificity 66.7%, positive predictive value 87.5%, and negative predictive value 85.5%. The perfusion characteristics of lung nodule and mass were correlated with pathology results. **Conclusion:** There is a close correlation between the perfusion characteristics and pathological tissues in pulmonary nodules and masses. The malignant lesions are obviously supplied by the bronchial artery. The 320-row dynamic dual-input volume CT lung perfusion imaging plays an important role in the differential diagnosis of benign and malignant lesions.

**【Key words】** Tomography, X-ray computed; Dual-input perfusion; Lung neoplasms; Pathology

肺癌是肺部最常见的恶性肿瘤,它是目前全世界发病率和死亡率最高的恶性肿瘤之一。肺内结块性病变形态多样,种类繁多,加上“同影异病,异影同病”影像特点的存在,使得肺内结节或肿块性病变性质的诊断与鉴别诊断一直成为影像诊断工作的重点和难点。实现肺结节或肿块影像特征与病理基础对照的有效结合,是目前研究的热点和亟待解决的棘手难题。灌注

成像作为一种功能成像技术,它能够准确、快速、无创地提供肺结节或肿块性病变形态学及其微循环内血流动力学变化的丰富信息,有利于病变的诊断与鉴别诊断。本研究采用肺双入口 CT 灌注扫描,可以对肺内结块性病变体循环和肺循环的血供特点及其比例进行定量分析与测量,探讨病灶的灌注特点与病理基础间的关系。

## 材料与方法

## 1. 研究对象

作者单位: 524001 广东, 广东医科大学附属医院放射科

作者简介: 许定华(1979—),男,广东湛江人,主治医师,主要从事胸部肿瘤影像诊断工作。

基金项目: 湛江市非资助科技攻关计划项目(2015B01071)

搜集广东医科大学附属第一医院 2016 年 8 月—2017 年 2 月经胸部 X 线或者胸部 CT 平扫检查发现肺内结节或肿块的 50 例患者行 320 排动态容积 CT 肺双入口灌注扫描,男 30 例,女 20 例,其中恶性病变 26 例,良性病变 24 例。50 例均经手术切除(41 例)、穿刺活检(9 例)病理组织学证实,包括肺腺癌 12 例,肺鳞癌 8 例,小细胞肺癌 6 例,急性炎症 9 例,慢性炎症 7 例,肺结核 8 例。年龄 25~80 岁,平均 $(59.6 \pm 9.7)$ 岁。所有患者均签署知情同意书。

## 2. 检查设备和方法

采用 Toshiba Aquilion ONE 320 排动态容积 CT 机, Ulrich Medical Missouri 双筒高压注射器, BD Intima II TM 密闭式静脉留置针(18G $\times$ 1.16 $^{\circ}$ )。扫描前对患者进行必要的呼吸训练,先深吸一口气,然后屏住气,确保屏气持续时间达到 30 s 以上。患者取仰卧脚先进体位,嘱咐患者深吸气后屏住气,同时启动高压注射器和灌注扫描程序,高压注射器经肘静脉依次注入对比剂和生理盐水,对比剂采用碘佛醇(320 mg I/mL),注射总量为 40~50 mL,注射流率为 7 mL/s,生理盐水总量为 20 mL,注射流率 4 mL/s,对比剂注射 2 s 后开始进行灌注扫描,总扫描时间为 30 s,每隔 2 s 扫描一个序列,一共得到 15 个序列。灌注扫描参数为:管电压 80 kV,管电流 80 mA,视野 330 mm $\times$ 330 mm,矩阵 512 $\times$ 512,间距为 0.5 mm,重建层厚 0.5 mm,Z 轴扫描范围 16.0 cm。

## 3. 图像后处理及数据测量

采用 Toshiba Aquilion ONE 320 排动态容积 CT 机副操作台进行图像后处理,灌注扫描完成后先将数据调入校正软件进行呼吸校正,然后将经过呼吸校正后的数据调入体部灌注(abdomen body perfusion)软件中,分别将肺动脉干、降主动脉作为输入动脉,将左心房灌注达到峰值的时间点作为区分肺循环、体循环的分界线,然后运行体部灌注软件生成灌注伪彩图。

在灌注伪彩图横轴面上选取肺内结节或肿块性病灶灌注最大截面的最大面积为兴趣区(region of interest, ROI),均距离测量边缘 1~2 mm,避开明显的钙化、液化、坏死、大血管、空洞等显著影响测量结果的区域。认真观察各灌注伪彩图并测量相关的灌注参数:肺动脉血流量(pulmonary artery flow, PAF)指病灶在肺动脉期的血流量[单位为 mL/(min $\cdot$ 100mL)];支气管动脉血流量(bronchial artery flow, BAF)指病灶在支气管动脉期的血流量[单位为 mL/(min $\cdot$ 100mL)];灌注指数(perfusion index, PI)指肺动脉期的血流量在双期血流量中所占的比例即  $PI = PAF / (PAF + BAF)$ 。由两名主治医师独立观察、测量,取两名医师测量结果的平均值作为最终灌注参数结

果。

## 3. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 进行统计学分析,通过绘制受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC 曲线),得出最佳的诊断界限值。通过方差齐性和正态性检验,符合正态检验的对各灌注参数值做独立样本  $t$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1. 各灌注参数结果的比较

肺内良性与恶性结节或肿块性病变 ROI 灌注结果的比较见表 1。结果表明良性组 BAF 值明显小于恶性组 BAF 值,良性组 PI 值明显大于恶性组,差异均有统计学意义( $P < 0.01$ )。灌注参数 PAF 在良性组与恶性组的 PAF 值差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

表 1 ROI 在肺内良性与恶性结节或肿块性病变灌注结果的比较

| 灌注参数 | 良性组<br>(n=24)     | 恶性组<br>(n=26)     | $t/t'$ 值 | $P$ 值  |
|------|-------------------|-------------------|----------|--------|
| PAF  | 52.31 $\pm$ 24.79 | 44.66 $\pm$ 18.49 | 1.243    | 0.220  |
| BAF  | 38.20 $\pm$ 27.77 | 52.35 $\pm$ 18.90 | -2.089   | 0.043  |
| PI   | 64.13 $\pm$ 21.01 | 45.74 $\pm$ 9.68  | 3.913    | <0.001 |

注:BAF 和 PI 指标在良恶性组上方差不齐,采用校正  $t$  检验。

肺内良、恶性结节或肿块性病变的 PI 值的 ROC 曲线见图 1,结果显示 ROC 曲线下面积为 0.777,PI 的最佳诊断阈值为 57.65,敏感度为 90.0%,特异度为 66.7%,阳性预测值 87.5%,阴性预测值 85.5%,假阳性率为 10.0%,假阴性率为 33.3%。

### 2. 对灌注伪彩图及灌注结果进行测量与分析

对所有入选病例进行三个方位(横轴面、冠状面、矢状面)的 PAF 与 BAF 灌注伪彩图的观察、分析。灌

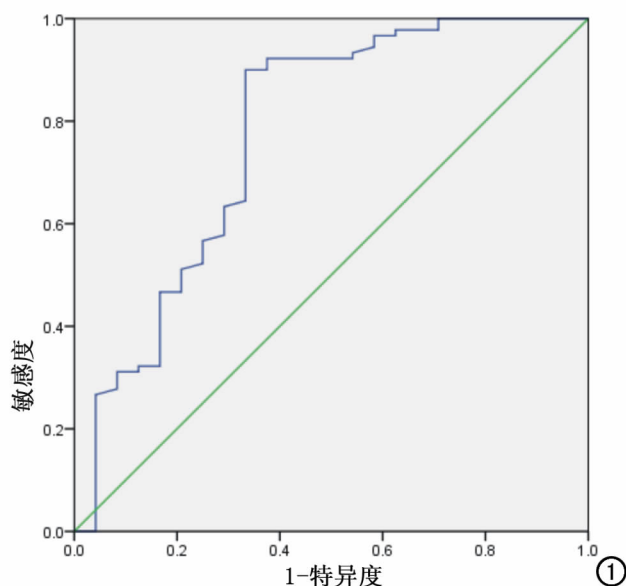


图 1 肺内良、恶性结节或肿块性病变的 PI 值的 ROC 曲线。

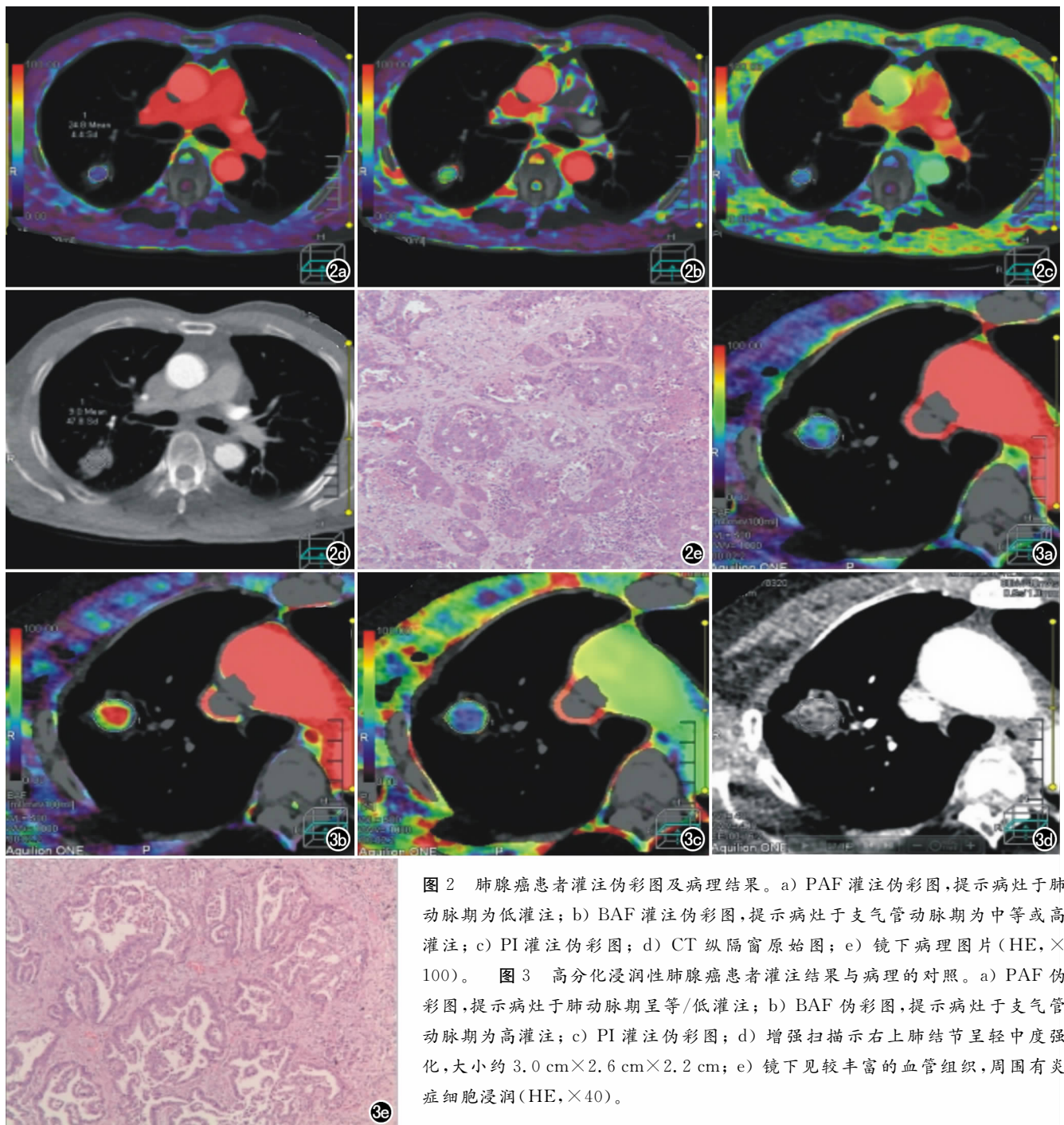


图2 肺腺癌患者灌注伪彩图及病理结果。a) PAF灌注伪彩图,提示病灶于肺动脉期为低灌注; b) BAF灌注伪彩图,提示病灶于支气管动脉期为中等或高灌注; c) PI灌注伪彩图; d) CT纵隔窗原始图; e) 镜下病理图片(HE,  $\times 100$ )。图3 高分化浸润性肺腺癌患者灌注结果与病理的对照。a) PAF伪彩图,提示病灶于肺动脉期呈等/低灌注; b) BAF伪彩图,提示病灶于支气管动脉期为高灌注; c) PI灌注伪彩图; d) 增强扫描示右上肺结节呈轻中度强化,大小约 $3.0\text{ cm} \times 2.6\text{ cm} \times 2.2\text{ cm}$ ; e) 镜下见较丰富的血管组织,周围有炎症细胞浸润(HE,  $\times 40$ )。

注伪彩图的颜色阈值统一设为0~100,图中颜色的深浅可直观提示灌注值的大小,病灶灌注颜色自红、黄、青、蓝、紫依次代表灌注值的减小,红色代表灌注值最高。可通过ROI定量测量PAF及BAF灌注参数的灌注绝对值,灌注伪彩图颜色阈值的设定不影响PAF及BAF绝对值的测量。

肺腺癌灌注伪彩图结果见图2~4。肺腺癌的PAF及BAF灌注伪彩图结果提示肺恶性肿瘤性病变是以支气管动脉的血供为主。

肺结核灌注结果见图5。肺结核的PAF及BAF灌注伪彩图结果提示肺结核为乏血供病变,并以肺动

脉的血供为主。

## 讨论

1. 肺内良性与恶性结节或肿块性病变灌注参数值的比较及病理生理基础

肺具有肺动脉及支气管动脉双重血供特点,绝大多数学者认为肺癌仅由支气管动脉供血<sup>[1]</sup>,少部分研究者认为肺动脉也参与肺癌的血供<sup>[2]</sup>。既往国内外对肺部CT灌注研究绝大多数采用将主动脉作为唯一输入动脉的单入口灌注模式<sup>[3]</sup>。此模型反映的是肺癌的优势血供来源,而往往忽略了血供相对较少那一部分



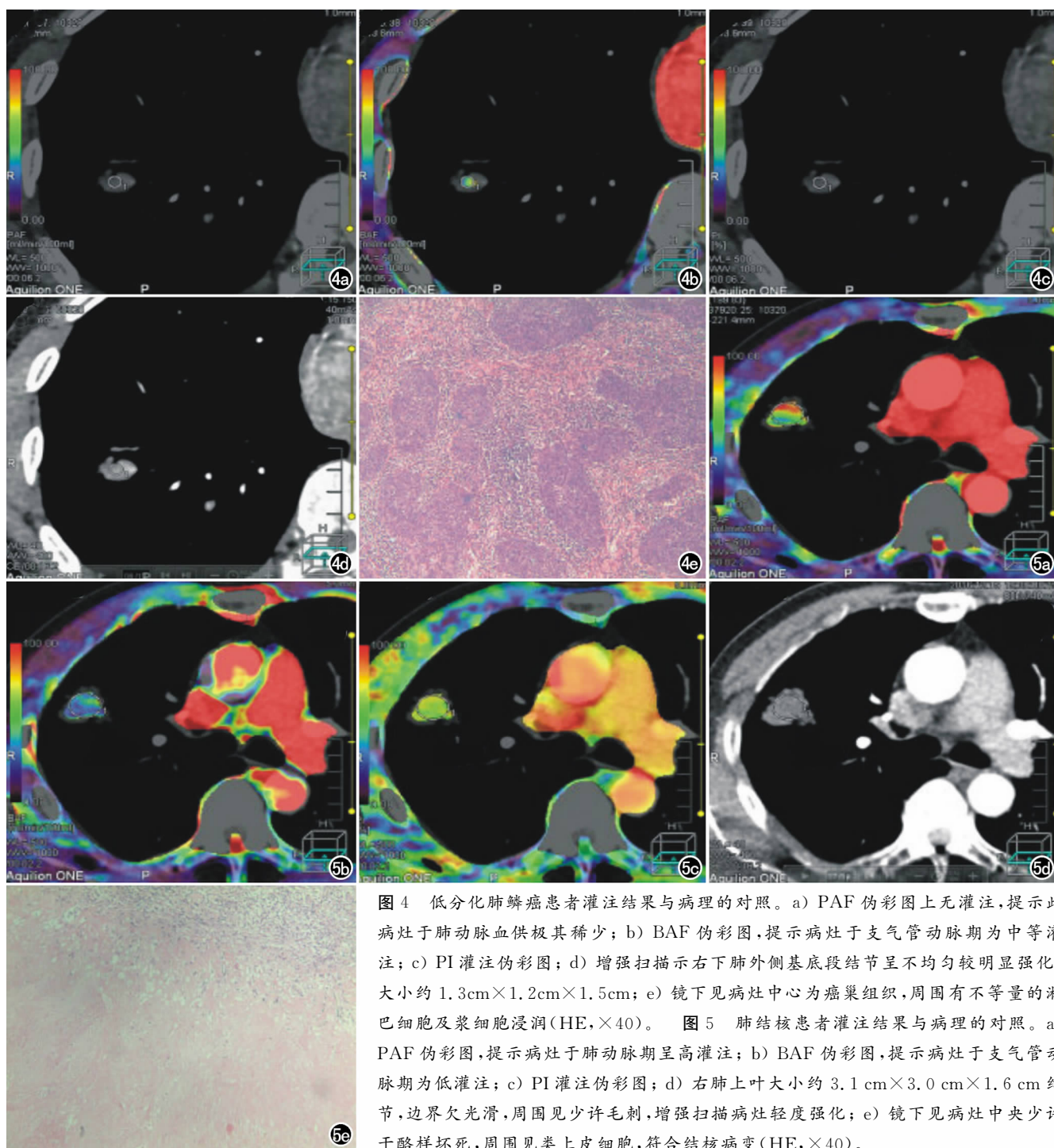


图 4 低分化肺鳞癌患者灌注结果与病理的对照。a) PAF 伪彩图上无灌注,提示此病灶于肺动脉血供极其稀少;b) BAF 伪彩图,提示病灶于支气管动脉期为中等灌注;c) PI 灌注伪彩图;d) 增强扫描示右下肺外侧基底段结节呈不均匀较明显强化,大小约  $1.3\text{cm} \times 1.2\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ ;e) 镜下见病灶中心为癌巢组织,周围有不等量的淋巴细胞及浆细胞浸润(HE,  $\times 40$ )。图 5 肺结核患者灌注结果与病理的对照。a) PAF 伪彩图,提示病灶于肺动脉期呈高灌注;b) BAF 伪彩图,提示病灶于支气管动脉期为低灌注;c) PI 灌注伪彩图;d) 右肺上叶大小约  $3.1\text{cm} \times 3.0\text{cm} \times 1.6\text{cm}$  结节,边界欠光滑,周围见少许毛刺,增强扫描病灶轻度强化;e) 镜下见病灶中央少许干酪样坏死,周围见类上皮细胞,符合结核病变(HE,  $\times 40$ )。

的血流灌注,其不能够准确、清楚地反映肺双重血供所占比例,不能对肺内病变体循环和肺循环比例进行定量分析。

本研究结果表明,肺内良性结节或肿块性病变的 PAF 值明显大于 BAF 值,且 PI 值较大,结果提示其以肺动脉的血供为主。刘立雄等<sup>[4]</sup>研究表明,若将  $\text{BAF} < 50 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 100\text{mL})$  且  $\text{PAF} < 50 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 100\text{mL})$  作为良性结节的诊断阈值,其特异度及敏感度分别为 91%、97%,阳性及阴性预测值分别为 92%、97%。本研究将  $\text{BAF} < 50 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 100\text{mL})$  且  $\text{PAF} > 60 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 100\text{mL})$ ,  $\text{PI} > 57.65$  作为肺内良

性病变的诊断阈值,则其 ROC 曲线下面积为 0.777,敏感度为 90.0%,特异度为 66.7%,阳性预测值 87.5%,阴性预测值 85.5%。由于肺恶性结节或肿块性病变的血供主要来自于体循环的支气管动脉,灌注结果表明恶性病变的 BAF 值高于 PAF 值,且 PI 值较低。由于肺癌生长过程中释放出血管内皮生长因子,它可以促进病灶内产生大量的肿瘤新生血管,引起肿瘤组织中血管容积及毛细血管的通透性增高,因此 BAF 值升高<sup>[5]</sup>。张飞飞等<sup>[6]</sup>研究表明,肺癌组织周围相关区域的支气管动脉管径增宽、瘤血管杂乱、迂曲。本研究通过最大密度投影(MIP)重建,部分病例可以

看到明确的支气管动脉供血,其数量增多,管径增粗。

## 2. 肺内良性结节或肿块性病变不同组织类型灌注值的比较及病理生理基础

肺结核的病理学特征为干酪样肉芽肿或干酪性肺炎,其中央多为干酪性坏死物质,周边多为纤维包膜,仅有少许血供,在肺单入口 CT 灌注中病变中央大部分显示为低灌注,周围可见少许环状高灌注<sup>[7]</sup>。李利佳等<sup>[8]</sup>研究结果表明肺结核性病变同时接受肺循环和体循环双重供血,其中肺循环占优势。本研究结果显示肺结核病例的灌注伪彩图肺动脉期多数以周边中等偏低灌注为主,中心为低灌注;于支气管动脉期绝大多数病灶为整体低灌注,提示肺结核的血供欠丰富,且以肺动脉的血供为主。

由于急性炎性结节主要由肺动脉供血,血管有正常的分支<sup>[9]</sup>,且血管较直,可造成单位组织血流量增加,因此肺动脉灌注值(PAF 值)较大。本研究有 7 例急性炎症患者的 PAF 值明显升高,远大于 BAF 值,PI 值>80。随着病程的发展,病变发展到后期因肉芽组织不断的增生,导致纤维组织大量形成,最终导致乏血供改变。炎性结节在这些复杂的病理生理变化过程中,其中有一个阶段的表现与恶性结节重叠,主要表现为支气管动脉供血;另一个阶段与良性结节重叠,表现为乏血供<sup>[10]</sup>。BAF 在肺恶性结节与慢性炎症结节的鉴别诊断中具有重要的意义。

## 3. 肺内恶性结节或肿块性病变不同组织类型灌注值的比较与病理生理基础

本研究结果表明肺癌组织的支气管动脉灌注值(BAF 值)大于肺动脉灌注值(PAF 值),肺癌主要是由支气管动脉供血,这与既往大多数研究者的肺癌灌注结果相同。笔者认为这可能与肺癌的主要供血血管-支气管动脉增多、增粗,血管床扩张有关。马泽鹏等<sup>[11]</sup>研究结果认为灌注参数值 PF 及 BF 与肺癌的分化程度无相关性;而灌注指数 PI 与肺癌的分化程度呈负相关。宋之光等<sup>[12]</sup>通过研究结果提示灌注参数值与肿瘤微血管的生成具有相关性,其研究发现肺腺癌的微血管生成高于肺鳞癌,其认为 CT 灌注参数与微血管密度的相关性不同,可能与肿瘤微血管管腔化程度相关。肺癌不同组织学类型的分类主要根据细胞的异型性、细胞类型、免疫组化来决定,而不是根据血管及血供的多少来决定。

## 4. 320 排动态容积 CT 肺双入口灌注结果伪彩图与病理基础的相关性分析

本研究对所有病例进行横轴面、冠状面、矢状面的 BAF、PAF 及 PI 灌注伪彩图的分析,可初步判断病灶的血供情况及支气管动脉和肺动脉各自所占血供的比例。在肺内结节或肿块性病变中,由于病灶常伴有出

血、液化、坏死、钙化、囊变等,本研究灌注伪彩图中病灶的灌注颜色常表现为不均匀,局部表现为明显高、等或低灌注,或者病灶中心有灌注,周围无灌注,甚至在较小的病灶中可显示为无灌注。灌注结果显示肺恶性结节或肿块的 PAF 灌注图红色部分较 BAF 灌注图少,良性则相反,提示恶性病灶主要由支气管动脉供血,支气管动脉血供所占比例要比肺动脉所占比例大,良性病灶主要由肺动脉供血。部分良性结节或肿块性病变在 PAF 及肺 BAF 灌注伪彩图上均可显示斑片状、大片状的紫色区域,结果提示该病灶为乏血供。本研究认为这与病灶内不同构成成分有关,与肺癌的不同组织学类型及分化程度相关。

## 5. 本研究目前存在的不足和展望

CT 灌注成像技术目前仍存在一定的不足之处,灌注成像在一定程度上增加了患者的辐射剂量;灌注结果伪彩图的潜在临床价值有待进一步充分开发及利用。CT 灌注成像技术可以作为一种安全、有效、无创的评价病灶内部血流状况的检查方法,可以提供病灶形态学及血流动力学方面准确、量化的信息,对肿瘤的诊断和鉴别诊断方面有重要的临床意义。

## 参考文献:

- [1] 肖峰. 非小细胞肺癌血供动脉的 MSCTA 特征及在鉴别诊断中的价值[J]. 重庆医科大学学报, 2010, 35(7): 1083-1085.
- [2] Yuan X, Zhang J, Ao G, et al. Lung cancer perfusion: can we measure pulmonary and bronchial circulation simultaneously[J]. Eur Radiol, 2012, 22(8): 1665-1671.
- [3] Miles KA, Griffiths MR. Perfusion CT: a worthwhile enhancement[J]. Br J Radiol, 2003, 76(904): 220-231.
- [4] 刘立雄, 谭理连, 李志铭, 等. 320 层容积 CT 灌注成像诊断肺孤立性结节[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(5): 722-726.
- [5] 邹煜, 张敏鸣, 王丽君, 等. 肺癌 MRI 动态增强模式与肿瘤血管生成的相关性研究[J]. 中华放射学杂志, 2003, 37(12): 94-99.
- [6] 张飞飞, 苏冠琴. 肺癌血供的多层 CT 血管影像学研究[J]. 内蒙古医学杂志, 2012, S8: 80-82.
- [7] Niki T, Tba S, Tokunou M, et al. Expression of vascular endothelial growth factors A, B, C and D and their relationships to lymph node status in lung adenocarcinoma[J]. Clin Cancer Res, 2000, 6(6): 2431-2439.
- [8] 李利佳, 敖国昆, 袁小东, 等. 320 排螺旋 CT 双入口灌注技术在肺结核的临床应用[J]. 放射学实践, 2014, 29(3): 283-287.
- [9] Dewan NA, Gupta NC, Redepening LS, et al. Diagnostic efficacy of PET-FDG imaging in solitary nodules. Potential role in evaluation and management[J]. Chest, 1993, 104(4): 997-1002.
- [10] 周科峰, 陈佩荣, 肖永龙, 等. 多层螺旋 CT 灌注成像鉴别肺结节的良恶性[J]. 实用放射学杂志, 2009, 25(8): 1123-1126.
- [11] 马泽鹏, 敖国昆, 袁小东, 等. 肺癌双循环血供 CT 灌注的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(2): 204-207.
- [12] 宋之光, 李邦国, 余洪, 等. 周围型肺癌双源 CT 灌注成像与肿瘤血管生成的相关性研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(2): 192-196.

(收稿日期: 2017-04-26)