

• 胸部影像学 •

CT 灌注成像对孤立性肺结节的定性诊断价值

夏春华, 季亚莉, 高斌, 胡永胜, 黄永翠, 徐宁

【摘要】 目的:探讨多层螺旋 CT 灌注成像(CTPI)在孤立性肺结节良恶性鉴别诊断中的临床应用价值。**方法:**直径 ≤ 3 cm 的 SPN 患者 35 例(其中恶性结节 25 例,良性结节 10 例)进行前瞻性 CT 灌注成像研究,先行全肺层厚为 10 mm 螺旋 CT 扫描,然后对病灶进行灌注扫描。选择同层面主动脉为灌注动脉,分别测得 SPN 的血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过时间(MTT)和表面通透性(PS)并拟合时间-密度曲线(TDC),结合增强前后 SPN 的形态学指标进行综合分析。**结果:**恶性结节的 BF、BV、MTT 和 PS 值分别为 (146.17 ± 58.77) ml/100mg、 (6.45 ± 1.38) ml/(100g·min)、 (5.09 ± 3.19) s 和 (16.33 ± 6.62) ml/(100g·min),良性结节的 BF、BV、MTT 和 PS 值分别为 (69.90 ± 58.09) ml/100mg、 (3.88 ± 1.81) ml/(100g·min)、 (4.06 ± 1.77) s、 (6.18 ± 3.55) ml/(100g·min)。良、恶性 SPN 的 TDC 类型不同,恶性 SPN 的 TDC 可见 A、B、C 三型,其中以 A 型和 C 型为主(21/25,84.0%);良性 SPN 的 TDC 以 D 型(无明显强化型)为主。良、恶性 SPN 的增强峰值、增强净增值比较差异有统计学意义($P < 0.05$);而良、恶性结节的平扫 CT 值差异无统计学意义($P > 0.05$);以净增值 ≥ 25 HU 为诊断恶性结节的阈值,其敏感度、特异度及符合率分别为 88.9%、80.0%、84.2%。**结论:**CT-PI 扫描可反映 SPN 内的血流动力学特征,结合 SPN 的形态学特征可提高 SPN 鉴别诊断的敏感性和准确性。

【关键词】 孤立性肺结节; 体层摄影术, X 线计算机; 灌注成像; 血管成像

【中图分类号】 R814.42; R734.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)03-0290-05

CT perfusion imaging in differential diagnosis of solitary pulmonary nodules XIA Chun-hua, JI Ya-li, GAO Bin, et al. Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, the First People's Hospital of Hefei, Hefei 230061, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate perfusion characteristics of solitary pulmonary nodules (SPN) by using CT perfusion imaging (CTPI) and to evaluate the significance of perfusion in differentiating malignant from benign SPNs. **Methods:** Thirty-five patients with a SPN (malignant 25, benign 10) underwent CTPI. The perfusion data were transferred to a work-station (sun Microsystems Advantage windows 4.2, GE Medical Systems) and analyzed by CT perfusion 3 body tumor software. Region of interest (ROI) was selected to obtain blood volume (BV), blood flow (BF), mean transit time (MTT), capillary permeability surface area product (PS), time-density curve (TDC) and morphologic norms before and after enhancement. **Results:** BF, BV, MTT and PS of malignant nodules were respectively (146.17 ± 58.77) ml/100mg, (6.45 ± 1.38) ml/(100g·min), (5.09 ± 3.19) s and (16.33 ± 6.62) ml/(100g·min). And those of benign nodules were respectively (69.90 ± 58.09) ml/100mg, (3.88 ± 1.81) ml/(100g·min), (4.06 ± 1.77) s and (6.18 ± 3.55) ml/(100g·min). Comparing malignant lesions against benign ones, BF, BV and PS were statistically higher in malignant lesions ($P < 0.05$) and there was obvious difference on BV and PS. The TDC type of malignant and benign lesions was different. The TDC of malignant nodules was defined as A, B and C, A and C were constantly seen in malignant nodules (21/25, 84%); while the TDC of benign ones was D type. Malignant nodules showed significantly higher peak enhancement and net enhancement ($P < 0.05$); Attenuation values on pre-enhancement images were not significantly different for malignant and benign nodules ($P > 0.05$). With a cutoff value of 25HU of net enhancement, sensitivity, specificity and accuracy were respectively 88.89%, 80% and 84.21%. **Conclusion:** CTPI can reflect the dynamic blood flow characteristics of SPNs, which is helpful for the differentiation of malignant and benign nodules with the morphology of SPNs.

【Key words】 Solitary pulmonary nodule; Tomography, X-ray computed; Perfusion imaging; Angiography

孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)指直径小于 3 mm 的全肺唯一的圆形或类圆形孤立性病灶^[1],病灶一般不伴有肺不张、卫星病灶和局部淋巴结肿大,是肺部常见疾病。SPN 可见于不同性质的病

变,其定性诊断对早期临床治疗和预后十分重要。但其定性诊断一直是影像学研究的难点和重点。笔者应用 MSCT 灌注成像研究良恶性孤立性肺结节灌注成像参数,探讨其临床应用价值。

材料与方

1. 病例资料

先行全肺层厚为 10 mm 扫描,显示直径 ≤ 3 cm 的

作者单位:230061 合肥,安徽医科大学第三附属医院 合肥市第一人民医院影像中心

作者简介:夏春华(1969-),女,安徽金寨人,硕士,副主任医师,主要从事胸部影像学及神经影像学的诊断研究。

基金项目:安徽省国际合作项目基金资助(09080703021)

孤立性肺结节,且结节周围无卫星灶。2007 年 1 月~2009 年 12 月对 35 例患者进行了肺结节的灌注扫描,其中男 23 例,女 12 例,年龄 25~78 岁,平均 51.5 岁。35 例中 25 例为恶性结节(鳞癌 9 例,腺癌 8 例,肺泡细胞癌 3 例,小细胞癌 3 例,大转移癌 2 例),10 例为良性结节(结核瘤 5 例,错构瘤 2 例,炎性结节 3 例)。所有病例均经皮肺穿刺活检或纤支镜活检或手术切除行组织学或细胞学诊断而确诊。

2. 扫描技术

应用 GE Light Speed 16 层 MSCT 机及 Ulrich missouri XD2001 型高压注射器。检查前对患者进行呼吸训练,训练患者在平静吸气或呼气状态下屏气。并在扫描前用束带将患者胸廓束紧,以达到控制患者呼吸运动幅度的目的。首先进行层厚为 10 mm 的全肺常规平扫,选定结节病灶实性部分直径最大的层面,采用 cine 扫描模式进行灌注成像,扫描参数:120 kV, 80 mA,视野 36 cm×36 cm~40 cm×40 cm,扫描矩阵 512×512,5 mm×4i;扫描延迟时间 6 s,连续扫描时间 40 s。对比剂使用优维显(300 mg I/ml),总量 100 ml,流率 4 ml/s,经肘正中静脉注入。

3. 资料分析

将数据输入 GE 工作站(ADW4. 2),应用 Perfusion 3-body tumor 软件对病灶进行分析和制图。选择相应层面的主动脉选为流入动脉,其它选项选用缺省值,分别勾画出结节及主动脉的兴趣区,以最大截面的 60%面积为标准 ROI,避开结节内肉眼可见的血管及坏死囊变区,选择实性软组织区域测量。由分析软件可得到 SPN 和其同层主动脉的时间-密度曲线(time-density curve, TDC)及血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过时间(MTT)和表面通透性(PS)等灌注参数及灌注图像。并可由时间-密度曲线得到结节强化值及增强峰值。

4. 统计学处理

应用 SPSS 11. 5 数据分析软件进行统计和数据分析,采用独立样本 *t* 检验。

结 果

1. 良、恶性孤立性结节的 TDC 类型

本组中 SPN 的 TDC 有 4 种类型。A 型:病灶开始强化与主动脉同步,其曲线峰值在主动脉峰值区域或接近峰值,降段逐渐降低,尾端值略高于增强前;B 型:病灶开始强化与主动脉同步,曲线逐渐上升,至顶端变平坦,并一直延续至尾端;C 型:病灶开始强化与主动脉同步,峰值在主动脉峰值区域,降段逐渐降低,尾端值明显高于增强前值;D 型:曲线呈水平走行,曲线最小值与最大值之差小于 10 HU。良恶性结节的

TDC 类型分布见表 1。恶性结节的 TDC 为 A、B 和 C 3 种类型,其中 A 型 4 例(16. 00%),B 型 3 例(12. 00%),C 型 18 例(72. 00%)。良性结节的 TDC 共见 4 种类型,A 型 1 例,见于结核球;B 型 1 例,见于炎性假瘤;C 型 1 例,见于急性炎性结节;D 型 7 例,分别见于结核球、错构瘤和炎性假瘤。

表 1 良恶性结节的 TDC 类型分布 (例)

病理性质	A 型	B 型	C 型	D 型	合计
恶性结节	4	3	18	0	25
良性结节	1	1	1	7	10

2. 良、恶性肺结节增强前后的形态学分析

良、恶性孤立性肺结节的增强峰值、增强净增值及平扫 CT 值测量结果见表 2。其中良恶性 SPN 的增强峰值及增强净增值比较差异有统计学意义($P<0. 05$),平扫值比较差异无统计学意义($P>0. 05$)。以增强净增值<25 HU 作为诊断良性结节的指标,其敏感度>97%,特异度<85%;以增强净增值>25 HU 作为诊断恶性结节的指标,其敏感度及阴性预测值降低。

表 2 良、恶性孤立性肺结节的强化特征参数分析 (HU)

参数	恶性结节(n=25)	良性结节(n=10)
增强峰值	64. 47±39. 43* (24. 3~73. 5)	48. 24±4. 62(6. 96~59. 20)
强化值	34. 39±9. 07* (20. 3~57. 70)	15. 90±6. 38(4. 90~30. 60)
平扫值	21. 23±11. 27(4. 12~36. 08)	23. 31±10. 35(2. 08~28. 60)

注:* 良、恶性结节组比较差异有统计学意义($P<0. 05$)。

3. 良、恶性 SPN CT 灌注参数

35 例孤立性肺结节的灌注参数值见表 3。

表 3 良、恶性结节的各项灌注参数值

灌注参数	良性结节	恶性结节
BF[ml/(100g·min)]	69. 90±58. 09	146. 17±58. 77*
BV(ml/100g)	3. 88±1. 81	6. 45±1. 38*
PS[ml/(100g·min)]	6. 18±3. 55	16. 33±6. 62*
MTT(s)	4. 06±1. 77	5. 09±3. 19

注:* 与良性组比较差异有统计学意义($P<0. 05$)。

良、恶性结节的 BF、BV 和 PS 值比较差异均有统计学意义,其中以 BV 和 PS 值差异最大(图 1~4),MTT 值差异无统计学意义。

本研究结果中,设定 $BV\geq 5\text{ ml}/(100\text{g}\cdot\text{min})$ 为恶性结节的诊断阈值,25 例恶性结节中 22 例诊断正确,3 例诊断错误;10 例良性结节中,8 例诊断正确,2 例诊断错误(均为急性炎性结节),诊断敏感度为 88. 0%,特异度为 80. 0%,阳性预测值为 91. 7%,阴性预测值为 72. 7%,准确率为 85. 7%。以 $PS\geq 9\text{ ml}/(100\text{g}\cdot\text{min})$ 作为恶性结节的诊断阈值,10 例良性结节中 8 例诊断正确,2 例误诊,25 例恶性结节中,20 例诊断正确,5 例误诊,其敏感度为 80. 0%,特异度为 80. 0%,阳性预测值为 90. 9%,阴性预测值为 61. 5%,准确率为 80. 0%。以 $BV\geq 4\text{ ml}/(100\text{g}\cdot\text{min})$ 同时 $PS\geq 9\text{ ml}/(100\text{g}\cdot\text{min})$

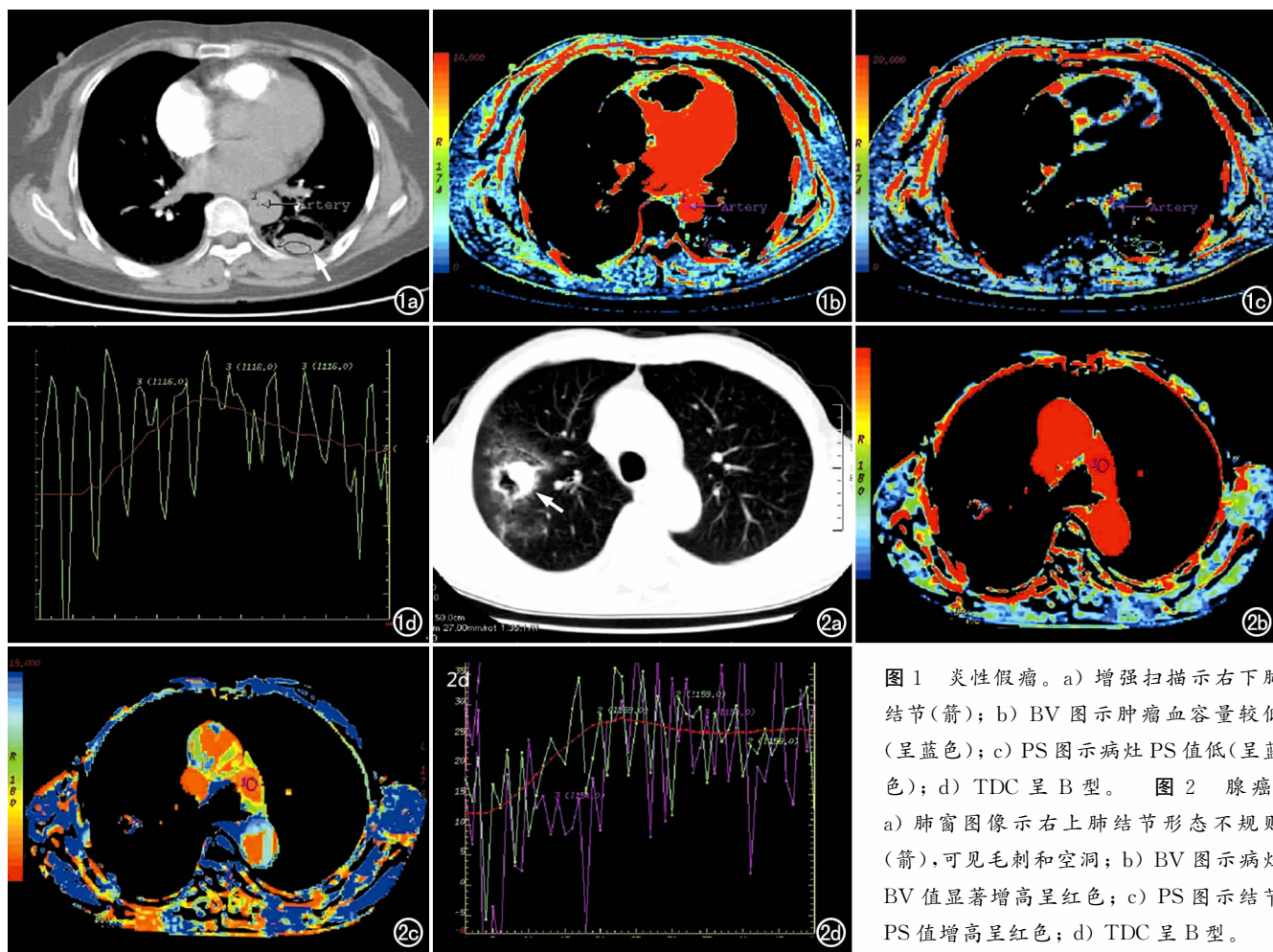


图 1 炎性假瘤。a) 增强扫描示右下肺结节(箭); b) BV 图示肿瘤血容量较低(呈蓝色); c) PS 图示病灶 PS 值低(呈蓝色); d) TDC 呈 B 型。 图 2 腺癌。a) 肺窗图像示右上肺结节形态不规则(箭),可见毛刺和空洞; b) BV 图示病灶 BV 值显著增高呈红色; c) PS 图示结节 PS 值增高呈红色; d) TDC 呈 B 型。

作为恶性诊断指标时,恶性结节组 25 例诊断正确;良性组中 9 例诊断正确,1 例误诊;其敏感度为 100.0%,特异度为 90.0%,阳性预测值为 96.2%,阴性预测值为 100.0%,符合率为 97.1%。MTT 在良、恶性结节之间有较大重叠,无明显鉴别诊断价值。

讨 论

1. 结节灌注参数值的鉴别诊断意义

本研究结果表明,在肺结节的良、恶性鉴别诊断中,除 MTT 差异无统计学意义外,其余 3 个指标(BF、BV、PS)差异均有统计学意义($P < 0.05$),其中以 BV 和 PS 差异较大。

BV 是血液在肿瘤内部脉管系统内的容量,反映组织的血液灌注量,受血管的管径及毛细血管开放数量的影响^[2,3]。肺癌由于血管生成因子的刺激,结节血管增多,所以血容量值较良性病变明显增加^[4]。PS 是指对比剂经由毛细血管内皮进入细胞间隙的单向传输速率,它反映了肿瘤内部血管内皮细胞的完整性、细胞间隙及管壁通透性等特征。肺癌的毛细血管发育不成熟,通透性增高,对比剂容易经不完整的毛细血管基底膜进入组织间隙^[5]。本组资料统计显示,将 BV

$\geq 5 \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})$ 作为良、恶性结节的诊断阈值,其诊断敏感度及特异度较高(均为 88.0%),这与伍建林等^[6]研究结果一致;将 $\text{PS} \geq 9 \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})$ 作为良、恶性结节的诊断阈值,其特异度(80.00%)及敏感度(80.00%)降低均降低。当以 $\text{BV} \geq 4 \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})$ 同时 $\text{PS} \geq 9 \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})$ 作为恶性指标时,其敏感度为 100%,特异度为 90.0%,阳性预测值为 96.2%,阴性预测值为 100%,符合率为 97.1%,这与伍建林等^[6]研究结果相似,但其 PS 值的阈值较低,可能与使用的 CT 机型、灌注软件及实验的方法不完全一致有关。

本组 2 例炎性结节的 BV 值 $\geq 5 \text{ ml}/100\text{g}$,是造成恶性结节误诊率的关键,其主要原因是炎性结节中有丰富的扩张毛细血管,结节内血管数量及大小增加,结节处的血流量增加所致。但本组研究中 10 例良性结节中有 2 例 PS 值较大,回顾分析此 2 例患者的图像,发现结节强化很明显,血供丰富,1 例为错构瘤,1 例为急性炎性结节。

本研究与以往的研究结果^[7-9]均表明 BV 和 PS 值在良、恶性结节的鉴别诊断中是很有价值的灌注指标。

2. 时间-密度曲线的鉴别诊断意义

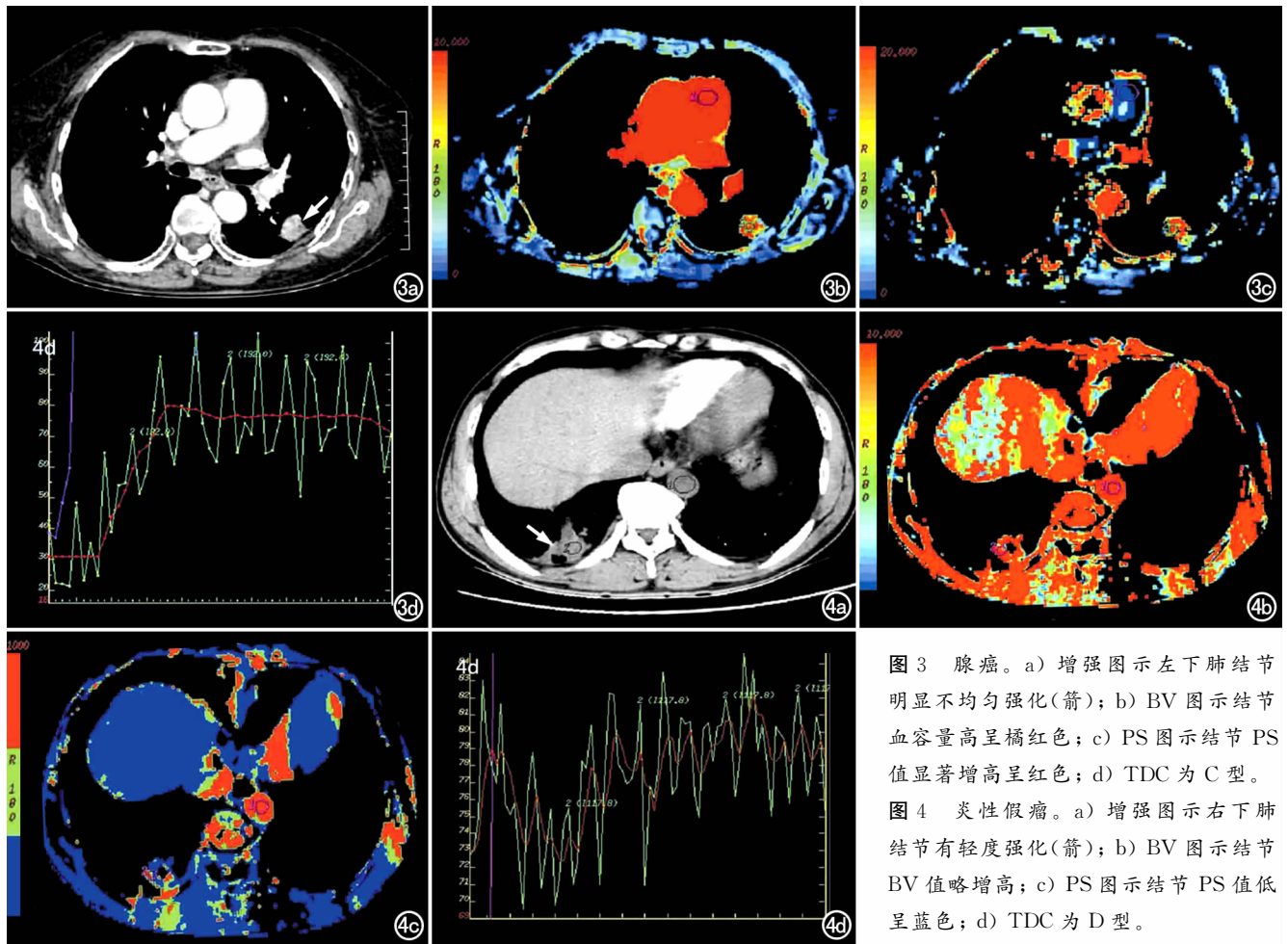


图3 腺癌。a) 增强图示左下肺结节明显不均匀强化(箭); b) BV图示结节血容量高呈橘红色; c) PS图示结节PS值显著增高呈红色; d) TDC为C型。

图4 炎性假瘤。a) 增强图示右下肺结节有轻度强化(箭); b) BV图示结节BV值略增高; c) PS图示结节PS值低呈蓝色; d) TDC为D型。

时间-密度曲线主要由结节的血流动力学来决定,反映了SPN的增强趋势。由于恶性结节主要由支气管动脉供血^[10],有血管生成因子的刺激,造成病灶血管明显增多^[4,5],出现血管异常吻合、肿瘤血管基底膜不完整、通透性增加,对比剂容易扩散到组织间质中,故恶性结节强化时间早,峰值出现较早,又由于淋巴回流受阻,造成对比剂回流缓慢,故强化持续时间较长。因此恶性结节TDC的表现较为陡峭的上升支达峰值后持续一段时间后缓慢下降。良性结节病理组织结构主要为少血供或无血供,故其TDC多为一条低平曲线。因而可以根据TDC的形态将良恶性肺结节进行鉴别诊断。炎性结节的病理基础是以肉芽组织为主,其内毛细血管丰富,形态较为成熟,管径走行迂曲,对比剂容易进入结节实质,但排空延迟,因而炎性结节TDC呈缓慢上升维持一段时间后缓慢下降的类抛物线型曲线,曲线的上升趋势较恶性结节的上升曲线平缓。炎性结节TDC上升较缓慢且达峰时间晚于恶性结节,分析原因,考虑与炎性病变中小动脉栓塞导致对比剂流入受阻有关。因此良性结节、炎性结节与恶性结节三者的TDC形态不同,可作为鉴别诊断的参考指标。

3. 结节特征参数值的鉴别诊断意义

结节的增强程度由对比剂在瘤体内的滞留量及结节的血管丰富程度决定。Swensen等^[11]的研究中设定恶性结节的强化值为 ≥ 15 HU,其对恶性结节检出的敏感度为98%,特异度为58%。随着MSCT的广泛应用,更多的研究表明与单层螺旋CT相比,可以得到更高的强化峰值。因而在鉴别诊断良恶性结节的研究中将结节强化值的阈值设定为20^[12,13]或25 HU^[14],其中当设定恶性结节的强化值 > 25 HU时,其对恶性结节检出的敏感度为100%,特异度为48%,阳性预测值为62%,阴性预测值为100%,与本研究结果相类似。

总之,CT灌注成像提供了一种定量评价孤立性肺结节血流模式的非侵袭性方法,有利于孤立性肺结节的鉴别诊断。当肺结节表现为高强度值(> 20 HU)、较大的PS值 $[\geq 9\% \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})]$ 及较高BV值($\geq 4 \text{ ml}/100\text{g}$)时,应首先考虑为恶性结节,反之应首先考虑良性结节。恶性结节与炎性结节的鉴别诊断需结合TDC形态。

参考文献:

- [1] 刘士远,肖湘生. 孤立性肺结节的处理策略[J]. 中华放射学杂志, 2005,39(1):6-8.
- [2] 李果珍. 临床诊断学[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994. 10.

- [3] Yankelevitz DF, Henschke CI. Dose 2-year stability implies that pulmonary nodules are benign? [J]. AJR, 1997, 168(2): 325-328.
- [4] 李慎江, 肖湘生, 刘士远, 等. 孤立性肺腺癌血流模式定量 CT 参数相互关系的初步研究[J]. 放射学实践, 2003, 18(4): 283-285.
- [5] 白荣杰, 程晓光, 申宝忠, 等. 64 层 CT 灌注成像对孤立性肺结节微血管结构的评价[J]. 临床放射学杂志, 2008, 27(8): 1032-1037.
- [6] 伍建林, 李光军, 王克礼, 等. 多层螺旋 CT 灌注成像鉴别诊断肺癌与肺良性肿物[J]. 中国医学影像技术, 2005, 21(4): 551-555.
- [7] 朱才松, 杨军, 吕奇, 等. 多层螺旋 CT 灌注成像在孤立性肺结节鉴别诊断中的应用[J]. 上海医学影像, 2009, 18(3): 204-208.
- [8] 丁毅, 张镭, 钱晓军, 等. 64 层螺旋 CT 灌注成像在孤立性肺结节鉴别诊断中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2007, 23(2): 214-218.
- [9] 王恩峰, 陈文军, 程明, 等. 螺旋 CT 灌注成像对孤立性肺结节的诊断意义[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2007, 41(1): 57-59.
- [10] 韩铭钧, 冯敢生, 杨建勇, 等. 肺动脉不参与肺癌供血: 试验和

- DSA 研究[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(9): 802-804.
- [11] Swensen SJ, Viggiano RW, Midthun DE, et al. Lung nodule enhancement at CT: multicenter study [J]. Radiology, 2000, 214(1): 73-80.
- [12] Yi CA, Lee KS, Kim EA, et al. Solitary pulmonary nodules: dynamic enhanced multi-detector row CT study and comparison with vascular endothelial growth factor and microvessel density [J]. Radiology, 2004, 233(1): 191-199.
- [13] 徐健, 宋伟, 金征宇, 等. 64 层螺旋 CT 灌注成像多参数联合评价孤立性肺结节[J]. 中国医科学院学报, 2007, 29(6): 750-754.
- [14] Yeon JJ, Kyung SL, Sun YJ, et al. Solitary pulmonary nodule: characterization with combined wash-in and washout features at dynamic multi-detector row CT [J]. Radiology, 2005, 237(3): 675-683.

(收稿日期: 2010-08-20)

• 病例报道 •

MSCTA 诊断 Dieulafoy 病一例

裴宇

【中图分类号】R814.42; R573.2 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2011)03-0294-01

病例资料 患者, 男, 41 岁。间断呕血及柏油样便 5 年, 伴头晕乏力。查体无明显异常。B 超示脾大。胃镜检查示胃后壁胃底胃体交界处可见大头针帽大小血痂, 行腹部 MSCTA 检查, 示胃底后壁内有扭曲增粗的血管影, 其末梢血管增多呈丛状, 强化程度与腹腔动脉一致, 行多方位 MIP、MPR 及 VR 观察, 示血管直接起源于腹腔干开口水平腹主动脉左侧壁, 未见异常侧支及静脉显影(图 1~3), CT 诊断为胃底后壁动脉血管畸形, 结合临床诊断为 Dieulafoy 病。患者行胃大部切除术, 术中于距贲门约 5 cm 处的胃后壁近大弯侧黏膜下可见曲张的动脉血管团。术后病理标本送检示胃壁黏膜下有迂曲扩张的动脉血管并出血, 符合 Dieulafoy 病改变。

讨论 Dieulafoy 病是上消化道严重出血的少见原因之一, 其基本病理特征为胃黏膜下增粗并走行异常的畸形小动脉破裂出血, 又名胃黏膜下恒径动脉破裂出血, 多发生在距贲门 6 cm 以内的胃壁, 也可发生于消化道的其它部位。黏膜下的异常小动脉直径可达 1~4 mm, 粗于胃壁内逐渐变细的正常小动脉(直径仅 0.1~0.2 mm), 具有正常的血管结构, 无动静脉畸形和动脉瘤的表现, 血管表面的黏膜呈糜烂、浅溃疡改变, 多在血压增高、饮酒、药物、粗糙食物及应激等因素的诱发下, 黏膜下动脉发生破裂出血, 在血栓和凝血块的作用下出血可自行停止^[1]。

Dieulafoy 病以间歇性反复性呕血或/和柏油样便为主要症状, 以往诊断主要依靠内镜、选择性腹腔动脉造影、超声内镜和剖腹探查。内镜检查为 Dieulafoy 病的首选检查方法^[2]。经检索国内文献尚未见行 MSCTA 检查诊断 Dieulafoy 病的报道, 随着 CT 技术的发展, MSCTA 对于腹腔血管性病变的诊断价值

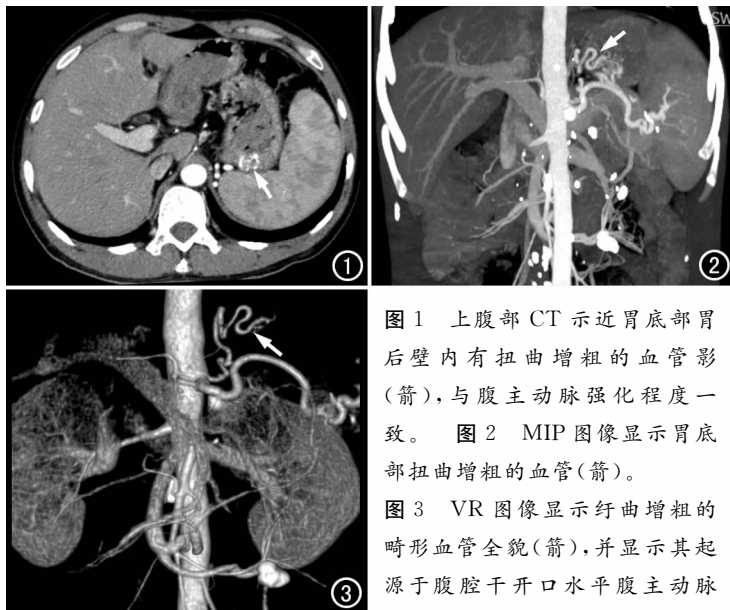


图 1 上腹部 CT 示近胃底部胃后壁内有扭曲增粗的血管影(箭), 与腹主动脉强化程度一致。图 2 MIP 图像显示胃底部扭曲增粗的血管(箭)。图 3 VR 图像显示迂曲增粗的畸形血管全貌(箭), 并显示其起源于腹腔干开口水平腹主动脉左侧壁。

已得到公认, 大部分的血管狭窄、堵塞及其它形态和走行的异常等 MSCTA 均能清晰显示, 并采用 MIP、CPR 和 VR 等多种后处理技术, 可准确显示病变血管的空间位置和解剖关系。MSCTA 可作为 Dieulafoy 病的备选检查方法, 对诊断和指导手术治疗具有一定意义。

参考文献:

- [1] 费贵军, 陆星华. Dieulafoy 病在中国的诊治现状-国内文献分析[J]. 胃肠病学, 2004, 9(4): 230-232.
- [2] 蒋楠, 蔡建庭. Dieulafoy 病诊疗现状[J]. 浙江医学, 2007, 29(3): 296-298.

(收稿日期: 2010-09-29)

作者单位: 434200 湖北, 松滋市人民医院 CT 室

作者简介: 裴宇(1979—), 男, 湖北松滋人, 主治医师, 主要从事 CT 及 MRI 诊断工作。