

多层螺旋 CT 灌注成像在全身肿瘤性病变中的初步应用

李智勇 伍建林 宁殿秀 王克礼 韩睿 刘晓凤 郎志谨

【摘要】 目的: 初步评价多层螺旋 CT (MSCT) 肿瘤灌注成像方法及其临床应用价值。方法: 对 10 例肿瘤患者行 MSCT 灌注成像, 先用常规 CT 平扫确定肿瘤中心部位, 然后进行肿瘤灌注扫描, 采用电影扫描技术 (1r/s), 层厚 10mm/2i; 注药流率 3.5~4.0ml/s, 剂量 45~50ml, 延迟时间 5s, 扫描总时间 45s。扫描图像经 ADW 3.1 工作站处理, 计算并分析灌注图像和灌注参数, 包括血流量 (BF)、血容量 (BV)、平均通过时间 (MTT) 和表面通透性 (PS)。结果: 所有肿瘤的灌注图像均可以清晰直观的显示出肿瘤大小和轮廓, 并可定量检测肿瘤内部的组织灌注状态, 在脑肿瘤中清晰区分肿瘤区与水肿区。所有肿瘤灌注参数均明显增高。体部肿瘤灌注成像受呼吸运动影响较大。结论: MSCT 灌注成像提供了一种准确且相对简捷的定量评估全身肿瘤血流灌注状态的方法。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 肿瘤; 血流动力学
【中图分类号】 R814.42; R730.4; R445 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-0313(2003)04-0297-04

Preliminary application of perfusion imaging in neoplasms in the brain and body with multislice helical CT Li Zhiyong, Wu Jianlin, Ning Dianxiu, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Dalian Medical University, Liaoning 116011

【Abstract】 Objective: To evaluate methods of perfusion imaging in neoplasms with multi-slice helical CT and its clinical application value. Methods: Ten patients with newly diagnosed neoplasms underwent perfusion imaging with multislice helical CT (MSCT). At first plain CT scan was performed to localize central slices of tumor, then perfusion imaging of neoplasms was undergone using cine scan (1 rotate/s), slice thick 10mm/2i, injecting dosage 45~50ml, injecting rate 3.5~4.0ml/s, scanning delay time 5s, scanning total time 45s. Scanning images were transferred into ADW 3.1 work station to create and analyze perfusion images and parameters, including blood flow (BF), blood volume (BV), mean transit time (MTT) and permeability surface (PS). Results: Perfusion images of all neoplasms can clearly and directly display tumor diameter and outlines and quantitatively monitor blood perfusion status of tumor inner structures, clearly differentiate edema and tumor in cerebral neoplasms. Perfusion parameters of all neoplasms showed remarkable increase. Body tumors were liable to be interfered by breath movement. Conclusion: MSCT perfusion imaging provides a precise and relative simple method to quantitatively estimate blood perfusion status in tumor of the body. The technique can be easily implemented and it opens up broad prospects for clinical application.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Neoplasms; Hemodynamics

随着影像学技术的发展, 功能成像的研究日益增多。CT 灌注成像是主要的功能成像方法之一, 是在同层动态 CT 及图像处理技术的基础上发展起来的。这种新技术已应用到对肾功能、肝硬化、肝癌、肝转移癌、肺癌、淋巴瘤和卒中等的评估^[1-7]。但是, 灌注参数的获得有着诸多不同的算法。一些作者只是对组织强化进行简单测量^[4], 或仅考虑到影响灌注的一部分因素^[2,7], 并且都是应用单层螺旋 CT 进行灌注扫描的^[1-7], 而这些灌注参数无法全面准确地表达组织内部的真实情况。

笔者应用了 GE Light Speed Qx/i 型多层螺旋 CT (multi-slice spiral CT, MSCT) 机的 Perfusion 2 软件系统进行肿瘤灌注扫描。该软件有两大关键优势: ①MSCT 的“Toggling-table”技术的应用^[8], 即多层同层动态 CT 灌注扫描; ②对肿瘤灌注参数的算法是“一室一进一出”模式, 即对肿瘤灌注中的流入动脉和流出静脉综合考虑, 使得灌注参数更接近于肿瘤组织的真实情况。

我们应用 Perfusion 2 软件对 10 例肿瘤性病变进行了 CT 灌注成像, 总结如下。

材料与方法

对 10 例本院住院肿瘤患者进行了 MSCT 灌注成像, 其中男 7 例, 女 3 例, 年龄 24~73 岁。本组患者的临床资料和诊断情况见表 1。

表 1 10 例患者的临床资料

序号	年龄(岁)	性别	诊断
1	49	男	脑胶质瘤*
2	37	男	脑膜瘤*
3	64	女	脑膜瘤*
4	24	女	垂体瘤*
5	48	男	垂体瘤*
6	64	男	脑转移瘤
7	37	男	右肾肉瘤*
8	43	男	左肺癌
9	73	男	右胸膜恶性肿瘤
10	60	女	右肩肌肉肉瘤*

* 经组织病理证实者

作者单位: 116011 辽宁, 大连医科大学附属第一医院放射科
作者简介: 李智勇 (1970~), 男, 沈阳人, 主治医师, 硕士, 主要从事神经和呼吸系统影像诊断工作。

检查方法: 采用 GE Light Speed Qx/i MSCT 机。患者平卧, 平静状态休息 30min 后, 先行常规 CT 平扫, 确定肿瘤中心部位。然后应用 MSCT 的“Toggling-table”技术进行肿瘤灌注扫描。扫描部位包括肿瘤中心, 采用电影扫描技术(1r/s), 层厚 5mm/4i, 重建层厚 10mm/2i, 电压 80kV, 电流 200mA。经右肘前静脉快速团注对比剂, 使用高压注射器, 流率 3.5~4.0ml/s, 各部位剂量均为 45~50ml, 延迟时间 5s(骨骼肌肉系统延迟时间 10s), 扫描总时间 45s。

灌注分析: 应用 Perfusion 2 软件进行灌注成像, 其工作流程包括 4 个步骤: ①选取灌注图像; ②“Registration(登记)”处理, 纠正图像横向波动偏差; ③兴趣区选择, 包括流入动脉、流出静脉、肿瘤; ④计算并分析灌注图像和灌注参数, 包括血流量(blood flow, BF)、血容量(blood volume, BV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)和表面通透性(permeability surface, PS)。

结 果

此研究表明, 肿瘤灌注成像快捷、简易, 能够提供丰富的肿瘤内部血流灌注信息。肿瘤灌注主要依据动态增强对比时间曲线来产生 4 种伪彩功能图像: BF 图、BV 图、MTT 图和 PS 图(图 1)。灌注图像中高密度的区域代表肿瘤内部血流灌注丰富的区域; 反之, 低密度区代表着血流贫乏的区域。因此, 灌注图像可以更直接的显示肿瘤内部的血流灌注状态。

BF、BV、MTT、PS 值可以定量评估肿瘤组织内部的血流灌注状态, 同时检测治疗前后肿瘤内部血流状态的改变。在此研究中 10 例肿瘤的 BF、BV、MTT、PS 值均明显增高。表 2 列出了所有肿瘤的灌注参数值。脑肿瘤的灌注图像可以清晰区分出肿瘤区与水肿区。PS 图可以清楚显示肿瘤的大小轮廓以及肿瘤的血管通透性(图 2)。所有肿瘤的 PS 值均升高。

胸部和腹部肿瘤的灌注成像受到呼吸运动的影响而产生上下波动, 最终影响灌注参数的准确性。对于这样的患者我们嘱其行浅呼吸或用捆绑带限制呼吸, 但仍有一些病例失败。

讨 论

1. 肿瘤血管的特点

肿瘤灌注实质上就是研究肿瘤内部的血流特点, 因此首先必须对肿瘤内部的血管特点有一个明确的认识。肿瘤血管^[9]

在形态学方面特点: ①血管杂乱不规则, 内径粗细不均, 可见广泛吻合的血管网及血管池; ②血管基底膜不完整。其功能方面特点有: ①前毛细血管不能正常调节毛细血管直径与血流量; ②毛细血管通透性增加, 可达正常血管的 8 倍; ③血流量较大, 而流阻较低; ④间质为正常组织间质的 3~5 倍, 缺乏淋巴管引流, 而血管通透性增加, 导致瘤内血管受压。

正是由于肿瘤组织复杂的血管特点, 决定着肿瘤灌注的多样性和复杂性。因此, 不能象分析脑缺血^[7, 10]一样去研究肿瘤血管, 它不单纯是一进一出的容积计算, 对肿瘤内部的血管情况应该全面分析, 不仅要进行 BF、BV、MTT、PS 四参数的综合研究, 而且要对肿瘤整体进行评价, 因为肿瘤不同部位的血管密度及结构可能不同, 如恶性肿瘤边缘的血管化程度可能高于中心区域^[11]。

2 CT 灌注的基本原理和计算方法

CT 灌注成像的概念由 Miles 等^[12]在 1991 年最先提出, 是将对比剂经静脉快速团注, 同时对选定层面进行快速动态 CT 扫描, 以获得兴趣区的时间-密度曲线(time-density curve, TDC), 根据不同的数学模型计算出局部组织的血流灌注量, 以此来评价组织器官的灌注状态。其理论基础是放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律, 即 $BF = BV / MTT$ 。PS 则是灌注毛细血管内皮间隙和总表面积之乘积。通过 4 种参数的测定来综合评价研究组织内部的血流灌注状态和组织血管化程度, 为进一步诊断和治疗提供可靠依据。

CT 灌注成像的理论基础虽然也是依据核医学的理论, 但是, 两者存在着一定差距。放射性核素成像(SPECT 和 PET)均存在着空间分辨率低、操作程序复杂和检查时间长等不足。SPECT 主要缺点在于不能计算血流参数的绝对值; PET 检查费用昂贵, 普及范围窄。而 CT 灌注能够作出定量评价, 且具有较高的空间分辨率和时间分辨率, 其临床应用前景更为广阔。

3. 灌注成像中影响灌注参数测定的几个因素^[13]

①肿瘤血流的测定需要选择流入和流出血管, 但如何准确确定哪一条血管为流入或流出血管(选择或超选择)则是一个关键性问题, 这将影响灌注参数的准确性。

②部分容积效应会低估兴趣区内动静脉强化的真实值, 尤其是对横向走行的血管 CT 值测量的低估, 从而影响到灌注测量的最终结果, 使 BF 和 BV 值高估, 而 MTT 值影响不大。

③灌注参数受体重和心输出量的影响, 有学者^[5]在计算灌

表 2 10 例病例的灌注参数值($\bar{x} \pm s$)

序号	诊断	BF[ml/(100g·min)]	BV(ml/100g)	MTT (s)	PS[ml/(100g·min)]
1	脑胶质瘤	118.24±27.73	1.69±0.35	1.76±0.36	5.72±0.80
2	脑膜瘤	202.22±39.00	2.17±0.61	11.87±0.22	29.99±2.21
3	脑膜瘤	100.36±32.01	1.70±0.54	2.08±0.48	7.38±1.98
4	垂体瘤	45.74±22.01	1.41±0.50	5.41±3.84	17.67±4.39
5	垂体瘤	41.93±25.68	1.66±1.81	5.32±4.73	22.66±17.30
6	脑转移瘤	26.11±9.63	0.36±0.15	1.68±0.65	19.94±15.06
7	肾肉瘤	155.57±80.20	1.94±0.99	1.50±0.00	59.68±32.61
8	肺癌	1000.00±0.00	94.98±54.77	1.00±0.00	91.93±30.99
9	胸膜恶性肿瘤	767.35±59.04	201.58±17.71	31.56±2.07	101.92±2.06
10	肌肉肉瘤	262.00±66.62	2.38±0.95	1.06±0.17	62.05±6.38

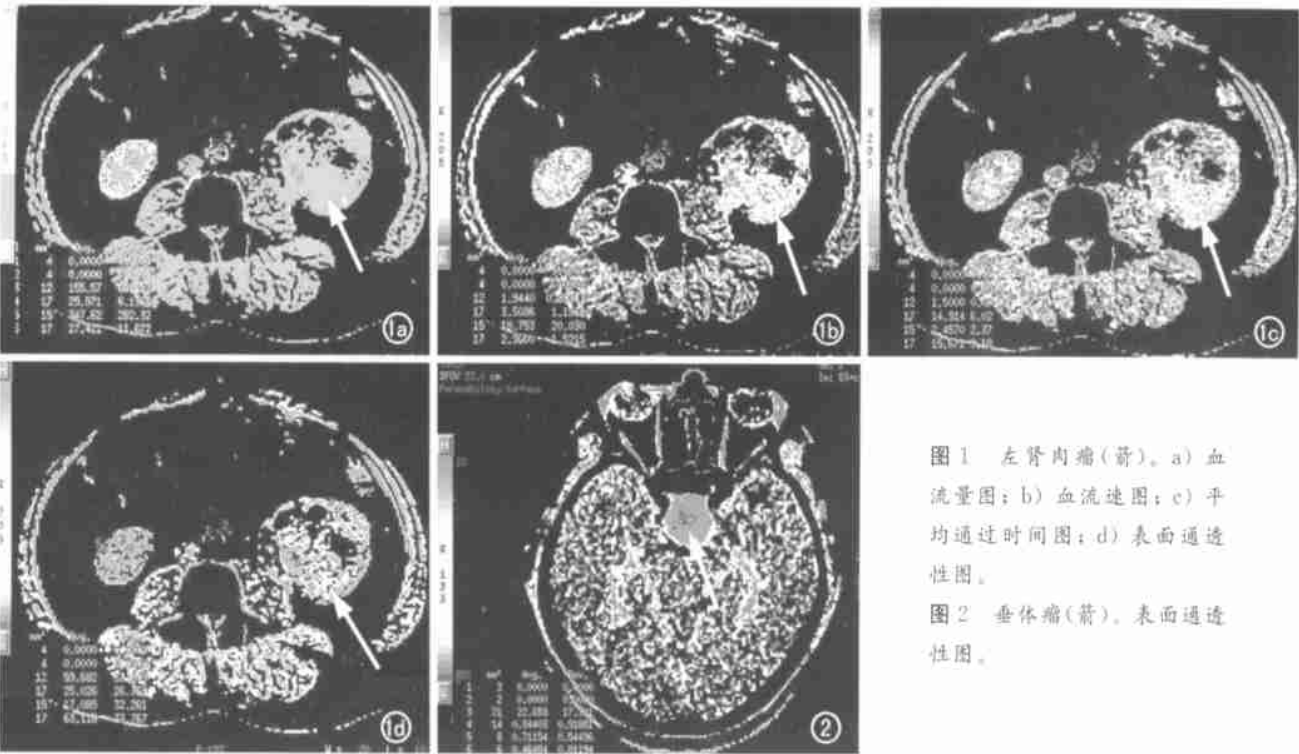


图 1 左肾肉瘤(箭)。a) 血流量图; b) 血流速度图; c) 平均通过时间图; d) 表面通透性图。
图 2 垂体瘤(箭)。表面通透性图。

注参数时考虑到这一问题并进行了矫正。但如何科学认识这一影响因素还有待研究。我们先让患者平静休息 30min 后再行 CT 灌注,以减少其影响。

4. 灌注成像在全身肿瘤中的应用

肿瘤灌注成像的价值可概括为以下 4 方面: ①观察组织水平上的血流量改变,发现病变和鉴别病灶性质; ②早期发现形态上无改变而仅有血流动力学改变的病变; ③监测肿瘤新生血管,进行肿瘤放化疗后疗效的评价和随访; ④研究肿瘤微血管,找出肿瘤灌注参数与免疫组化指标间的相关性^[5,9],科学地评价肿瘤,判断预后。

肿瘤灌注成像在临床上已有初步应用,如有学者对原发肝癌、转移性肝癌、肺癌、淋巴瘤、骨骼软组织肿瘤进行了灌注研究^[36,11],并认为灌注成像对肿瘤的术前评判及疗效评价是有意义的。

本组初步研究也得出类似的结论。6 例脑肿瘤都有丰富的血管结构,其 BF、BV、MTT 和 PS 值都明显增高,PS 图均明显显示脑肿瘤的界线轮廓。1 例脑胶质瘤行 CT 灌注扫描时,发现肿瘤内部血运十分丰富,其 BF、BV、MTT 和 PS 值明显增高,从而显示恶性肿瘤血运丰富的特点。因而灌注参数可以明确反映肿瘤内部的血流状态,区分和判断肿瘤的良恶性情况及预后等。有关这方面的研究目前尚属空白,本研究由于病例数量有限未能进一步分析。

对肺癌灌注的研究也有报道^[5],但由于肺部肿瘤受呼吸运动的影响较大,无法兼顾扫描总时间和时间分辨率,这可能是肺癌灌注的最大障碍。以往的研究^[5]中时间分辨率(3~5s)均较低,影响了灌注参数的准确测定。对于骨肿瘤的灌注相对容易,往往可以达到预期的扫描要求,即高时间分辨率和足够的扫描时间,可提供完整的灌注资料。

对腹部病变的灌注研究较多^[2,4],对 1 例右肾肉瘤的灌注扫描也充分显示了肿瘤内部血运丰富的特点。但目前对肝脏灌注参数的评估争议较多,有待于进一步完善。腹部灌注由于受呼吸运动的影响而未能常规开展。

对于恶性肿瘤放疗后的复查,MRI 灌注成像的研究已有较多报道,而 CT 灌注的研究还较少,但其价值与 MRI 一样也是十分重要的。

总之,对全身肿瘤灌注 CT 的临床应用才刚刚起步,还应积累更多的病例资料来正确认识各种灌注参数和图像,为肿瘤的评价提供更准确的信息,其应用前景广阔。

参考文献

- 1 Miles KA, Hayball MP, Dixon AK. Functional imaging of changes in human intrarenal perfusion using quantitative dynamic computed tomography[J]. Invest Radiol, 1994, 29(10): 911-914.
- 2 Van Beers BE, Leconte I, Materne R, et al. Hepatic perfusion parameters in chronic liver disease: dynamic CT measurements correlated with disease severity[J]. AJR, 2001, 176(3): 667-673.
- 3 Makita O, Yamashita Y, Arakawa A, et al. Diffuse perfusion abnormality of the liver parenchyma on angiography-assisted helical CT in relation to cirrhosis and previous treatments: a potential diagnostic pitfall for detecting hepatocellular carcinoma[J]. Clin Imaging, 2000, 24(5): 292-297.
- 4 Leggett DA, Kelley BB, Bunce IH, et al. Colorectal cancer: diagnostic potential of CT measurements of hepatic perfusion and implication for contrast enhancement protocols[J]. Radiology, 1997, 205(3): 716-720.
- 5 Miles KA, Griffiths MR, Fuentes MA. Standardized perfusion value: universal CT contrast enhancement scale that correlates with FDG PET in lung nodules[J]. Radiology, 2001, 220(2): 548-553.
- 6 Dugdale PE, Miles KA, Bunce IH, et al. CT measurement of perfusion and permeability within lymphoma masses and its ability to assess grade,

activity, and chemotherapeutic response[J]. J Comput Assist Tomogr, 1999, 23(4): 540-547.

- 7 Mayer TE, Hamann GF, Baranczyk J, et al. Dynamic CT perfusion imaging of acute stroke[J]. AJNR, 2000, 21(8): 1441-1449.
- 8 Roberts HC, Roberts TPL, Smith WS, et al. Multisection dynamic CT perfusion for acute cerebral ischemia: the "toggling-table" technique[J]. AJNR, 2001, 22(6): 1077-1080.
- 9 Delome S, Kropp MV. Non-invasive vascular imaging: assessing tumor vascularity[J]. Eur Radiol, 1998, 8(4): 517-527.
- 10 Koenig M, Kraus M, Theek C, et al. Quantitative assessment of the ischemic brain by means of perfusion-related parameters derived from

perfusion CT[J]. Stroke, 2001, 32(2): 431-437.

- 11 Ma LD, Frassica FJ, McCarthy EF, et al. Benign and malignant musculoskeletal masses: MR imaging differentiation with rim-to-center differential enhancement ratios[J]. Radiology, 1997, 202(3): 739-744.
- 12 Miles KA. Measurement of tissue perfusion by dynamic computed tomography[J]. Br J Radiol, 1991, 64(5): 409-412.
- 13 Roberts HC, Roberts TPL, Dillon WP. CT perfusion flow assessment: "up and coming" or "off and running" [J]. AJNR, 2001, 22(6): 1018-1019.

(2002-09-18 收稿 2002-10-29 修回)

CT 扫描自动发令器的制作

• 经验介绍 •

高云

【中图分类号】R814.3 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2003)04-0300-01

图像清晰无伪影是提高 CT 检查诊断水平的首要条件,胸部、腹部 CT 检查时由于呼吸运动对图像的影响,常常易产生呼吸运动伪影,特别是对每层扫描时间比较长的机器来说这一点显得更为重要。扫描时屏气是否得当是提高胸部、腹部 CT 检查图像质量的关键。单靠人工发令来指挥患者屏气既不标准又有一定的劳动强度。为此笔者结合所用岛津 4800TC 型全身 CT 机制作了一套自动发令器。

原理及制作方法 该发令器主要由一语音录放电路为核心,外加触发控制电路构成(图 1)。ISD 3320 语音录放电路可以录入约 20s 的语音,断电保存 50 年信号不消失,并可反复播放。我们先将语音“请吸气,屏住气……请换气”录入,屏气和换气之间间隔 6s,这正好是机器扫描的时间。CT 扫描一般有单层扫描和连续扫描,为配合机器,发令器也可以单次发令或连续发令。单次扫描时进行手动单次发令,按动开关 K1 一次,发令一次。连续扫描时,CT 机每层间隔约 21s,发令器也可以接 21s 的间隔自动连续发令,这主要由 555 时基电路完成。当 CT 机准备好时按动开关 K2,自动发令开始,第一次“屏气”完成后 CT 机开始扫描,以后二者即可同步工作。

制作时需先准备了一只音箱,利用其内的电源电路、功放电路及扬声器。

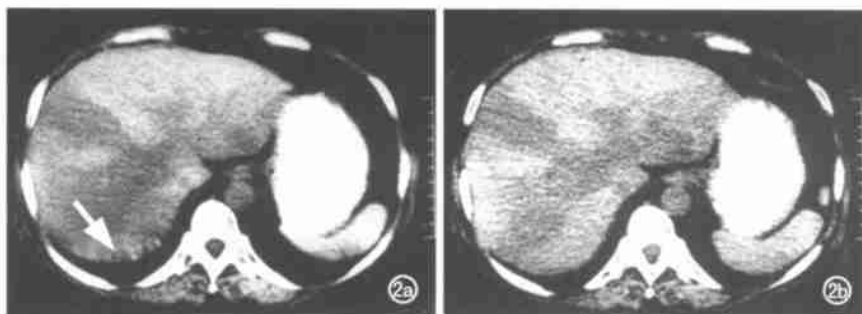
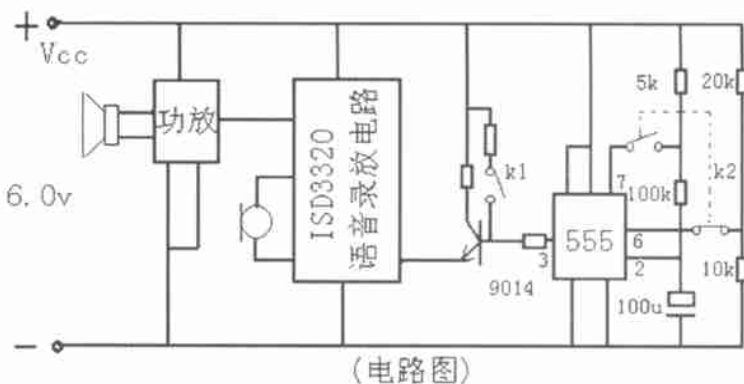


图 1 电路图。图 2 a) 扫描时屏气不良,在肝脏右后缘及脾脏后缘可见条片状高低密度伪影(箭); b) 使用发令器后,肝脏及脾脏边缘清晰、光整、无伪影。

当语音录放电路及触发电路连接好后,录好语音并固定于音箱内。将电源开关、电源指示灯及开关 K1、K2 通过电线引出接于一控制器上。将音箱置于扫描室一边,控制器放在 CT 检查控制台旁。使用时打

开控制器上电源开关,按动开关 K1 或 K2 进行发令操作。

小结 实际工作中,我们不可能结合机器内部结构对机器进行改造完善,只是根据机器工作特点增加了这套自动发令器。经使用半年,检查胸、腹部患者 772 人次,效果很好(图 2)。

作者单位: 434200 湖北,松滋市人民医院 CT 室
作者简介: 高云(1972~),女,湖北松滋人,主治医师,主要从事 CT 诊断工作。

(2002-07-30 收稿 2002-10-17 修回)