

肺癌患者胸腹盆联合增强 CT 扫描方案的优化研究

朱晓霞, 李铭, 金惊, 赵伟, 孙英丽

【摘要】 目的:从强化程度、对比剂伪影、图像质量和辐射剂量四个方面进行比较,探讨胸腹盆联合增强 CT 扫描应用于肺癌患者的最佳方案。**方法:**将入组的 104 例患者随机按两种增强方案进行胸腹盆联合增强 CT 扫描,共进行 127 次检查(若同一患者做 2 次检查,则采用交叉入组方式)。增强方案 A:对比剂注射后 32 s 行动脉期扫描,扫描范围从膈顶至耻骨联合;对比剂注射后 60 s 行静脉期扫描,范围从肺尖至耻骨联合。方案 B:对比剂注射后 32 s 行动脉期扫描,范围从膈顶至耻骨联合,紧接着完成胸部扫描;注射对比剂后 60 s 行静脉期扫描,范围从膈顶至耻骨联合。方案 A、B 的延迟期扫描均开始于对比剂注射后 120 s,扫描范围均从膈顶至耻骨联合水平。采用 *t* 检验比较两方案的图像客观评价(主动脉、肺动脉、腹主动脉 CT 值和辐射剂量),采用卡方检验比较两方案的图像主观评价(对比剂伪影,纵隔淋巴结及腹盆腔各脏器的强化程度和噪声),两位医师的主观评判结果一致性采用 kappa 分析。**结果:**方案 B 的胸部血管强化较方案 A 更高(P 均 < 0.001),腹主动脉 CT 值无统计学差异。相对于方案 B,方案 A 形成的对比剂硬化伪影较轻、对淋巴结、肿瘤和胸膜病变显示效果更好(P 均 < 0.001)。两方案间的腹盆腔脏器的强化程度和噪声评级均无统计学差异(P 均 > 0.05)。方案 B 的辐射剂量较方案 A 更大($P < 0.001$)。**结论:**对于胸腹盆联合增强 CT 扫描,对比剂注射后 60 s 的胸部扫描方案较 32 s 后动脉期扫描可更好的显示淋巴结及胸膜病变,同时减少对对比剂的硬化伪影,并在保证图像质量的前提下,适当降低辐射剂量。

【关键词】 扫描方案; 体层摄影术, X 线计算机; 肺肿瘤; 胸膜侵犯; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R734.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)02-0147-05

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.02.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on scanning protocol optimization of the chest, abdomen and pelvis combined enhanced CT in patients with lung cancer ZHU Xiao-xia, LI Ming, JIN Jing, et al. Department of Radiology, Shanghai Fudan University Affiliated Huadong Hospital, Shanghai 200040, China

【Abstract】 Objective: To explore the optimal scanning protocol of combined chest, abdomen and pelvis enhanced CT in patients with lung cancer by comparing the enhancement degree, artifacts caused by contrast agents, image quality and radiation dose. **Methods:** One hundred and four patients were randomly divided into two groups based on the scanning protocol, and combined enhanced CT of the chest, abdomen and pelvic was performed. A total of 127 examinations were performed (if the same patient has two examinations, cross-incorporation was used). Enhancement Protocol A: the arterial phase scan was performed 32 seconds after the injection of contrast media, and the scan ranged from the diaphragm dome to the pubic symphysis; the venous phase scan was performed 60 seconds after the injection of contrast media, ranging from the thoracic inlet to the pubic symphysis. Protocol B: arterial phase enhancement was scanned 32 seconds after contrast injection, ranging from the diaphragm dome to the pubic symphysis, followed by completion of the chest scan. The venous phase began 60 seconds after the contrast injection, ranging from the diaphragm dome to the pubic symphysis, the delayed phase of protocol A and protocol B both began at 120 seconds, and the scan ranged from the diaphragm dome to the level of the pubic symphysis. The *t*-test was used to compare the objective assessment parameters of the two protocols, including aortic, pulmonary, abdominal aortic CT value and radiation

作者单位: 200040 上海, 上海复旦大学附属华东医院放射科

作者简介: 朱晓霞(1992-), 女, 山东人, 硕士研究生, 主要从事肺癌及冠脉的诊断和研究工作。

通讯作者: 李铭, E-mail: minli77@163.com

基金项目: 基于“云计算”IT 架构的多模式跨域影像分级诊疗示范应用课题; 上海市卫健委智慧医疗-医学影像重大项目(2018ZHYL0103)

dose. The chi-square test was used to compare the subjective assessment parameters of two protocols including contrast artifacts, enhancement degree and noise of mediastinal lymph nodes and abdominal pelvic organs. The consistency of the subjective judgments of the two physicians was analyzed by kappa analysis. **Results:** The chest vascular enhancement of protocol B was higher than those in protocol A (all $P < 0.001$), and there was no statistical difference in CT values of abdominal aorta ($P > 0.05$). Compared to protocol B, the contrast agent hardening artifacts formed by protocol A were lighter and showed better effects on lymph nodes, tumors, and pleural lesions (all $P < 0.001$). There was no significant difference in the enhancement degree and noise rating of abdominal pelvic organs between the two scanning plans (all $P > 0.05$). The radiation dose of protocol B was higher than protocol A ($P < 0.001$). **Conclusion:** For the chest, abdomen and pelvic combined enhanced CT scan, the chest scan program of 60s after contrast injection can better display lymph node and pleural lesions than the 32s after contrast injection, while reducing the hardening artifact of contrast agent, decreasing the radiation dose and maintaining the image quality for satisfying the diagnosis.

【Key words】 Scan protocol; Tomography, X-ray computed; Lung neoplasms; Pleural invasion; Radiation dosage

影像学检查在肺癌的治疗前评估及治疗后随访中起着重要作用,胸腹盆联合增强 CT 扫描是其中一种重要的检查方式。肺癌的治疗指南和相关文献^[1-7]指出,以下四种情况的肺癌患者建议行胸腹盆联合增强 CT 扫描:①肺癌根治术前,无纵隔及肺门淋巴结转移,但出现腹部症状或有腹部病史的患者;②确诊纵隔或肺门淋巴结转移,需要进行全身评估,制定下一步治疗方案的患者;③肺癌根治术后随访,若随访胸部 CT 发现新发病灶或原有病灶增大,或纵隔、肺门淋巴结转移者;④放化疗进程中的患者,在第 2~3 次后需行全身 CT 评估治疗的情况。目前胸腹盆联合增强 CT 扫描尚无公认的标准化方案,不同医院的检查设备、检查技师及阅片医师的习惯也不尽相同,甚至连常规的扫描方案也有所不同,而目前的检查方案主要基于专家意见,证据水平不高。指南虽建议对肺癌患者实施此项多部位联合检查,却未给出具体扫描方案的建议。本研究拟从强化程度、对比剂伪影、图像质量和辐射剂量四个方面比较两种不同的检查方案,以得出适用于诊断肺癌转移及是否合并其他原发肿瘤的胸腹盆联合增强 CT 扫描方案。

材料与方法

1. 病例资料

收集 2017 年 2 月~9 月在我院进行胸腹盆联合增强 CT 扫描作为初始检查或肺癌随访的 128 例患者。排除标准:①肾小球滤过率 < 60 mL/min,碘对比剂过敏或其他原因无法完成增强扫描;②体重过轻(< 50 kg)或过重(> 100 kg)。最终纳入本研究的患者 104 例,其中男 78 例,女 26 例。每例的 CT 检查数量为 1~2 次,共进行 127 次扫描,其中 65 次采用方案

A,62 次采用方案 B。患者随机入组,对进行 2 次 CT 检查的患者采用交叉入组方式。患者平均年龄 71.01 岁,平均身高 164.9 cm,平均体重 69.3 kg,两种方案的患者性别、年龄、体重及身高均无统计学差异(P 均 > 0.05)。

2. CT 扫描方案

采用 256 排 Revolution CT 扫描仪(GE Healthcare)。两种扫描方案均包括腹、盆部三期扫描和胸部增强扫描。对比剂均使用碘帕醇 370 mg I/mL,通过外周静脉预置的 18G 留置针,由高压注射器完成对比剂团注。对比剂剂量为 85~95 mL,注射流率 3.0 mL/s。随后注入 30 mL 生理盐水,冲洗速率与对比剂注射流率相同。

方案 A:对比剂注射后 32 s 行动脉期扫描,采集范围从膈顶至耻骨联合;对比剂注射 60 s 后行静脉期扫描,采集范围从肺尖至耻骨联合;对比剂注射 120 s 后行延迟期扫描,采集范围与第一期相同。方案 B:动脉期开始于对比剂注射后 32 s,采集范围从膈顶至耻骨联合,紧接着完成胸部扫描,静脉期开始于 60 s 后,采集范围从膈顶至耻骨联合处,延迟期与方案 A 完全相同。

扫描参数如下:准直器宽度 64×1.25 mm,螺距 0.992,旋转时间 0.5 s,管电压 100 kV。方案 A 所有序列采集噪声指数为 15 的图像。方案 B 中腹部序列采集噪声指数为 12 的图像,胸部序列采集噪声指数为 18 的图像。腹部图像重建卷积核采用 stand,胸部图像重建卷积核采用 lung,层厚 1.25 mm,间隔 1.25 mm。每位患者重建数据均发送至 GE 公司 AW4.7 工作站。

3. 图像分析

由两位对扫描方案不知情的胸部放射科医师(放射诊断经验分别为10和20年)在后处理工作站对CT图像进行独立评估。要求从层厚1.25 mm的腹部图像开始评判,以避免由于医师对扫描方案的预判而导致解读的偏差。

4. 图像客观评价

在1.25 mm层厚图像上放置1 cm²大小的圆形ROI来完成CT值的测量,不同方案的测量及比较均在相同层面进行。在肺动脉干的分叉处、升主动脉以及降主动脉测量胸部血管CT值,于静脉期在肝门层面测量腹主动脉CT值。肺动脉噪声在肺动脉干的分叉处测量,辐射剂量以剂量长度乘积表示。

5. 图像主观评价

静脉周围伪影及淋巴结评估。静脉包括对比剂注射侧的锁骨下静脉和腋窝静脉,锁骨上区域及上腔静脉;淋巴结包括腋窝及锁骨上淋巴结,2R和4R区上与血管相邻的淋巴结;以上评估均分为3级:i,无伪影;ii,伪影不干扰评估;iii,伪影严重限制评估。

存在肺不张时肺肿块的显示、胸膜增厚或结节的显示、腹盆腔脏器的视觉评估,图像质量分为3级:i,显示清晰;ii,显示模糊,尚可接受;iii,显示不清。

腹盆腔脏器的图像噪声主观分成以下5级:1,无明显噪声;2,低于平均噪声;3,平均噪声,不干扰脏器评估;4,高于平均噪声;5,噪声过多影响病变或结构的观察。

6. 统计学分析

使用SPSS 22.0软件进行统计学分析。定性资料采用卡方检验,定量资料采用*t*检验进行分析,两位医师的主观评判结果一致性采用kappa分析。 $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

结果

1. 客观评价结果

两种方案的客观评价结果见表1。方案B的肺动脉、升主动脉及降主动脉的CT值较方案A明显增高(P 均 < 0.001)。腹主动脉的CT值在两种方案间无统计学差异($P = 0.519$)。方案B的辐射

剂量长度乘积较方案A高($P < 0.001$)。

2. 主观评价结果

两种方案的主观评价结果见表2。方案B的静脉周围伪影均较方案A严重(P 均 < 0.001 ,图1)。方案A诊断胸部淋巴结较方案B具有优势(P 均 < 0.001)。腹盆腔各脏器的显示程度及图像噪声分级在两方案间无统计学差异(P 均 > 0.05)。

3. 两位医师评断结果的一致性分析

两位医师主观评价结果的一致性良好(表3)。两位医师评估了16幅(12例患者)存在肺不张的肺肿块CT增强图像,以及27幅(23例患者)胸膜增厚及胸膜结节的CT增强图像,其中同时存在胸腔积液的胸膜增厚图像13幅,方案A较方案B可更好的评估胸膜病变(表2,图2)。

两位医师评估了12幅(8例患者)具有肝脏转移的CT增强图像,6幅(3例患者)盆腔淋巴结转移及8

表1 方案A、B的客观评价结果

客观指标	方案A	方案B	<i>t</i>	<i>P</i>
肺动脉CT值(HU)	172.66±12.27	268.97±62.37	11.940	0.000
肺动脉噪声(HU)	9.86±1.86	11.53±2.03	4.825	0.000
升主动脉CT值(HU)	192.11±15.97	246.70±59.49	6.993	0.000
降主动脉CT值(HU)	169.12±21.39	231.95±47.63	9.512	0.000
腹主动脉CT值(HU)	164.82±17.16	162.55±21.95	0.647	0.519
剂量长度乘积(mGy·cm)	670.84±67.18	743.13±99.61	4.772	0.000

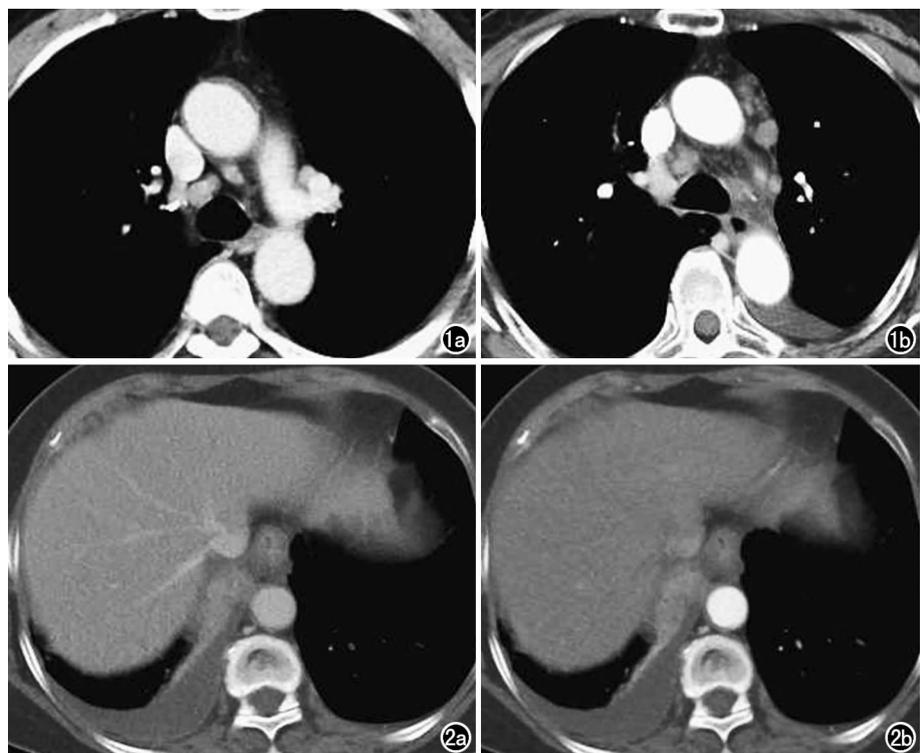


图1 4R区淋巴结及周围伪影情况。a) 方案A,4R区淋巴结显示清晰,无明显伪影;b) 方案B,4R区淋巴结显示不清,伪影较重。图2 女,72岁,肺腺癌并胸腔积液、胸膜增厚。a) 方案A,胸膜显示较清晰;b) 方案B,胸膜显示欠清。

幅(5例患者)子宫肌瘤的图像(2例经手术证实,3例与B超及其他检查结果一致)。

表2 方案A、B的主观评价结果

	方案A	方案B	χ^2 值	P值
腋窝淋巴结			41.738	0.000
i	13	1		
ii	25	2		
iii	27	59		
锁骨上淋巴结			79.742	0.000
i	41	0		
ii	18	10		
iii	6	52		
2R淋巴结			115.523	0.000
i	65	3		
ii	0	22		
iii	0	37		
4R淋巴结			111.919	0.000
i	65	4		
ii	0	23		
iii	0	35		
腋窝伪影			48.797	0.000
i	13	1		
ii	27	1		
iii	25	60		
锁骨上伪影			70.352	0.000
i	36	0		
ii	24	10		
iii	5	52		
腔静脉伪影			111.965	0.000
i	63	2		
ii	2	20		
iii	0	40		
肺不张时肺肿块的显示			6.248	0.044
I	8	2		
Ii	1	4		
Iii	0	1		
胸膜增厚/结节的显示			10.945	0.044
I	12	2		
Ii	3	9		
iii	0	1		
脏器的视觉评估			0.260	0.610
I	63	59		
Ii	2	3		
Iii	0	0		
脏器的图像噪声			1.113	0.573
1	0	0		
2	28	25		
3	37	36		
4	0	1		
5	0	0		

表3 两位医师主观评价结果的一致性检验

主观评价项目	Kappa值
腋窝淋巴结	0.734
锁骨上淋巴结	0.792
2R区淋巴结	0.890
4R区淋巴结	0.862
腋窝伪影	0.612
锁骨上伪影	0.715
腔静脉伪影	0.712
存在肺不张的肺肿块显示	1.000
胸膜增厚/结节的显示	1.000
脏器的视觉评估	0.825
脏器的图像噪声	0.564

讨论

随着CT设备及扫描技术的发展以及肺癌治疗方法的持续更新,胸腹盆联合增强CT扫描在肺癌治疗前的评估与治疗后的随访中的作用日趋显著^[2-4,6]。对肺癌患者行胸腹盆联合增强CT扫描是为了实现全身血管的最佳显影,并避免对比剂伪影,使病变及纵隔淋巴结充分显示,腹盆腔脏器达到最佳强化以检出原发病灶和转移性病变。

胸腹盆联合增强CT扫描目前没有统一的方案,本研究以日常工作中的经验扫描作为方案B,将方案B的胸部扫描部分进行改进后作为方案A。方案B是动脉期扫描腹盆部后接着扫描胸部,而方案A延迟60s后再扫描胸部。本研究采用管电压100kV及自动管电流调节进行检查,以往研究^[8,9]表明较低的管电压可产生更明显的强化,同时可减少辐射剂量。本研究中,方案A的噪声指数为15,方案B的腹部噪声指数为12,胸部噪声指数为18,图像质量均达到诊断要求。方案B测得的胸部血管的平均CT值较方案A高。采用方案B的绝大多数患者的主动脉和肺动脉的平均CT值>200HU,而方案A则>150HU, Bae^[10]的研究表明肺癌患者的血管平均CT值>150HU足以满足诊断需求。

胸部CT增强扫描的动脉期会因与血液未混匀的对比剂通过上腔静脉而产生静脉周围伪影。严重的伪影可能会使血管周围结构模糊并限制纵隔淋巴结的评估,尤其是上纵隔淋巴结。本研究结果显示,方案A的静脉周围伪影均较方案轻微,即对比剂注射后60s行胸部扫描会使静脉周围伪影减少,可能与以下两因素有关:①对比剂注射后使用生理盐水产生的冲洗和静脉清除效果^[11,12];②对比剂再循环使胸部血管得到均匀的强化^[13]。

本研究发现,相对于方案B,方案A(注射对比剂后60s开始胸部扫描)可以使胸部肿瘤得到更好的显示,且对胸部肿瘤的鉴别、胸膜增厚/结节的评估、伴肺不张的肿瘤病变及淋巴结的定性更有价值。Raj等^[14]的研究表明,约10%的恶性积液患者表现出壁层胸膜增强,其中95%是转移性的。而对于恶性胸膜病变的诊断,英国胸科协会^[15]及关于疑似胸膜恶性肿瘤诊断的文献研究^[14,16]均建议对比剂注射后60s延迟扫描胸部。

本研究显示两方案在腹盆腔脏器的强化和噪声方面均无统计学差异。两位医师评价静脉期显示肝转移均较好,与既往的研究^[17,18]认为60%的肝转移患者静脉期较动脉期显示肝转移更好相符。然而,肝脏动脉期扫描对于肝癌的检测必不可少。郭小超等^[19]的研

究指出,即使在肝硬化背景上,CT三期动态扫描仍能较好的显示肝癌的主要征象,而乏血供的肿瘤和转移瘤需在延迟期进行观察,以增加定性的准确性^[20]。付俊杰等^[21]的报道认为,腹部三期增强扫描相比单期或双期扫描可使肝脏肿瘤的综合检出率提高到95%。本研究结果表明三期增强对盆腔淋巴结转移及原发肿瘤显示较好,与国内外研究相符^[22,23]。因此,腹盆腔三期动态增强扫描对于评估肺癌患者是否转移或合并其他病变具有重要意义。

本研究的局限性:首先,本研究入组患者中无盆腔脏器转移者,且未能做出可靠性分析,但盆腔脏器转移者极少,多为淋巴结转移;其次,阅片医师可能会对每例患者使用的方案进行推测而导致解读偏差,而让其从腹部图像开始分析可部分解决这个问题。

对于胸腹盆腔联合增强CT扫描,对比剂注射后60s的胸部扫描较32s动脉期扫描可更好的显示淋巴结及胸膜病变,同时可减少对比剂的硬化伪影并保持较高的图像质量;腹盆腔三期增强扫描对肺癌转移和原发肿瘤具有重要价值。

参考文献:

[1] Mountain CF, Dresler CM. Regional lymph node classification for lung cancer staging[J]. Chest, 1997, 111(6):1718-1723.

[2] Novello S, Barlesi F, Califano R, et al. Metastatic non-small-cell lung cancer; ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. Ann Oncol, 2016, 27(suppl 5):v1-v27.

[3] Swensen SJ, Jett JR, Sloan JA, et al. Screening for lung cancer with low-dose spiral computed tomography[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 29(4):508-513.

[4] Toloza EM, Harpole L, Mccrory DC. Noninvasive staging of non-small cell lung cancer; a review of the current evidence[J]. Chest, 2003, 123(1 Suppl):137S-146S.

[5] Lim E, Baldwin D, Beckles M, et al. Guidelines on the radical management of patients with lung cancer[J]. Thorax, 2010, 65(suppl 3):iii1-27. DOI:10.1136/thx.2010.145938.

[6] 王建卫, 吴宁, 朱强, 等. 螺旋CT及其图像后处理技术在中央型肺癌分期中的应用[J]. 中华肿瘤杂志, 2003, 25(1):74-77.

[7] Ettinger DS, Wood DE, Aisner DL, et al. Non-small cell lung cancer, version 5. 2017, NCCN clinical practice guidelines in oncology[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2017, 15(4):504-535.

[8] Fleischmann D, Kamaya A. Optimal vascular and parenchymal contrast enhancement; the current state of the art[J]. Radiol Clin North Am, 2009, 47(1):13-26.

[9] 康绍磊, 曾宪春, 谢晓洁, 等. 智能最佳管电压扫描联合自动管电流调节技术降低成人胸部CT扫描辐射剂量[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(4):636-640.

[10] Bae KT. Optimization of contrast enhancement in thoracic MDCT[J]. Radiol Clin North Am, 2010, 48(1):9-29.

[11] Sekiguchi R, Nawano S, Satake M, et al. Multislice CT of the thorax; effects of contrast material pushed with saline solution using a dual power injector on contrast material dose and perivascular artifacts[J]. Nihon Igaku Hōshasen Gakkai Zasshi, 2001, 61(9):484-490.

[12] Kanematsu M, Goshima S, Kawai N, et al. Low-Iodine-load and low-tube-voltage CT angiographic imaging of the Kidney by using bolus tracking with saline flushing[J]. Radiology, 2014, 275(3):832-840.

[13] Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches[J]. Radiology, 2010, 256(1):32-61.

[14] Raj V, Kirke R, Bankart MJ, et al. Multidetector CT imaging of pleura; comparison of two contrast infusion protocols[J]. Br J Radiol, 2011, 84(1005):796-799.

[15] British Thoracic Society Standards of Care Committee. BTS statement on malignant mesothelioma in the UK, 2007[J]. Thorax, 2007, 62(Suppl 2):ii1-ii19.

[16] Benamore RE, O'Doherty MJ, Entwisle JJ. Use of imaging in the management of malignant pleural mesothelioma[J]. Clin Radiol, 2005, 60(12):1237-1247.

[17] Hayano K, Desai GS, Kambadakone AR, et al. Quantitative characterization of hepatocellular carcinoma and metastatic liver tumor by CT perfusion[J]. Cancer Imaging, 2013, 13(4):512-519.

[18] 李文武, 吴玉芬, 付政, 等. 三期螺旋CT扫描技术对肝内肿瘤的诊断价值[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2001, 8(6):625-627.

[19] 郭小超, 王鹤, 王可, 等. 肝硬化背景下肝细胞癌的CT动态增强表现:LI-RADS(2014版)定义征象的出现率[J]. 放射学实践, 2016, 31(4):300-302.

[20] 郭小超, 胡晓煜, 王霄英, 等. 延迟期CT动态增强扫描对肝脏占位病变的术前评估价值[J]. 放射学实践, 2013, 28(3):298-302.

[21] 付俊杰, 吴植楠, 白人驹. 肝转移瘤的64层螺旋CT多期增强扫描的初步研究[J]. 天津医科大学学报, 2011, 17(3):413-415.

[22] Luczyńska E, HeinzePaluchowska S, Blecharz P, et al. Correlation between CT perfusion and clinico-pathological features in prostate cancer; a prospective study[J]. Med Sci Monit, 2015, 21:153-162. DOI:10.12659/MSM.891401.

[23] 李学胜, 鲍莉, 宁刚, 等. 女性盆腔CT增强扫描的方法研究[J]. 放射学实践, 2009, 24(8):906-909.

(收稿日期:2018-06-20 修回日期:2018-08-26)