doi:10.11659/jjssx.09E022107

·临床研究·

低剂量双源CT扫描在腹部三期增强检查中的应用效果

张紫瑞,盛美红,李 飞 (南通大学第二附属医院影像科,江苏 南通 226001)

[摘 要] **目的** 探讨低剂量双源CT扫描在腹部三期增强检查中的应用效果。**方法** 回顾性分析我院140例疑似肝癌患者的临床资料,患者均行双源CT腹部三期增强检查,根据增强扫描中能量和碘海醇剂量的不同将其分为A1组(低能量低剂量,80 keV、270 mgI/mL)37例、A2组(低能量高剂量,80 keV、350 mgI/mL)35例、B1(高能量低剂量,140 keV、270 mgI/mL)40例、B2组(高能量高剂量,140 keV、350 mgI/mL)28例。采用图像质量主观评分和客观评分[信噪比(SNR)]评估各组图像质量,计算各组图像的有效照射剂量[剂量长度乘积(DLP)及有效剂量(ED)]。以病理检查结果为金标准,评估低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断肝癌的价值。**结果** 各组图像可清晰显示血管及脏器组织,均达到诊断要求。各组在动脉期和门静脉期的图像质量主观评分比较差异无统计学意义($P>0.05$)。各组动脉期和门静脉期腹主动脉腹腔干、腹腔动脉干、肠系膜上动脉、门静脉主干图像SNR比较,差异具有统计学意义($P<0.05$),且A1组所得图像SNR明显高于其他组($P<0.05$)。各组腹部增强扫描的DLP及ED比较差异具有统计学意义($P<0.05$),且A1组DLP及ED明显低于其他组($P<0.05$)。140例疑似肝癌患者经病理确诊为肝癌79例,低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断出75例,诊断的敏感度、特异度和准确度分别为86.07%、91.80%和88.57%,*Kappa*值为0.769。**结论** 低剂量双源CT腹部三期增强扫描在80 keV的低能量行单能量重建获得的图像质量最佳,具有较高的敏感度、特异度及准确度,可满足影像诊断的要求,安全性高。

[关键词] 双源CT;低剂量扫描;腹部三期增强检查;图像质量

[中图分类号] R735.7;R445.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-09-20

Application effect of low-dose dual-source CT scan in abdominal three-phase enhanced examination

ZHANG Zi-rui,SHENG Mei-hong,LI Fei (Department of Imaging,Second Affiliated Hospital of Nantong University,Nantong Jiangsu 226001,China)

Abstract: Objective To explore the application effect of low-dose dual-source CT scan in abdominal three-phase enhanced examination. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 140 patients with suspected liver cancer in our hospital. All patients underwent dual-source CT scan abdominal three-phase enhanced examination,and 37 cases were included into the group A1 (with low energy of 80 keV and low dose of 270 mgI/mL),35 cases were included into the group A2 (with low energy of 80 keV and high dose of 350 mgI/mL),40 cases were included into the group B1 (with high energy of 140 keV and low dose of 270 mgI/mL) and 28 cases were included into the group B2 (with high energy of 140 keV and high dose of 350 mgI/mL) according to energy and iohexol dose in enhanced scan. The image quality of each group was evaluated by subjective score and objective score with signal-to-noise ratio (SNR). The effective radiation doses including dose length product (DLP) and effective dose (ED) in each group were calculated. The value of low-dose dual-source CT scan abdominal three-phase enhanced examination in the diagnosis of liver cancer was evaluated by taking pathological examination results as the gold standard. **Results** The images of each group could clearly show blood vessels and tissues of organs,which met the diagnostic requirements. There was no significant difference in the subjective scores of image quality in the arterial phase or portal vein phase among groups ($P>0.05$). There were significant differences in SNR of images in abdominal aorta celiac trunk,celiac artery trunk,superior mesenteric artery and main trunk of portal vein at arterial phase and portal vein phase among groups ($P<0.05$),and SNR of images in group A1 was significantly higher than that in other groups ($P<0.05$). There were significant differences in DLP and ED during abdominal enhanced scan among groups ($P<0.05$),and DLP and ED of group A1 were significantly lower than those of other groups ($P<0.05$). Among the 140 patients with suspected liver cancer,79 cases were diagnosed as liver cancer by the pathological examination and 75 cases were diagnosed by low-dose dual-source CT scan abdominal three-phase enhanced examination with the sensitivity of 86.07%,specificity of 91.80%,accuracy of 88.57% and *Kappa* value of 0.769. **Conclusion** Low-dose dual-source CT abdominal three-phase enhanced scan with single energy reconstruction at a low energy of 80 keV has the best image quality,which can meet the requirements of imaging diagnosis,with high sensitivity,specificity and accuracy as well as high security.

Keywords: dual-source CT;low-dose scan;abdominal three-phase enhanced examination;image quality

增强CT扫描是在普通CT平扫的基础上,通过注射静脉造影剂增强局部对比度,使局部病变组织图像更加清晰,从而提高疾病诊断准确率的方法[1-2]。增强CT为三期扫描,照射剂量是普通CT扫描的2倍,且常

[基金项目] 国家自然科学基金(81702216)

[通信作者] 张紫瑞,E-mail:ku95285@163.com

需较高剂量的对比剂,导致部分患者出现短暂的免疫功能下降、造血功能异常等不良反应[3]。因此,在增强CT扫描过程中,如何使用最低有效剂量对比剂获得较为理想的影像学资料、减少无效扫描、降低患者照射剂量是影像技术人员一直关注的问题。双源CT是一种高清的螺旋CT成像技术,具有扫描速度快、覆盖范围广、成像清晰和照射剂量低的优势,显著提高了临床诊断的准确度和安全性,在临床中应用广泛[4-5]。既往研究报道了低剂量双源CT能谱纯化对肺及乳腺联合筛查的研究[6],但尚未见对增强扫描中不同剂量和能量对筛查的价值进行对比分析。因此,本研究分析了不同剂量和能量双源CT扫描用于腹部三期增强检查的效果,旨在为双源CT的临床应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2019年1月至2021年1月在我院行双源CT腹部三期增强检查的140例疑似肝癌患者的临床资料。纳入标准:年龄>18岁;怀疑存在腹腔占位性病变,需行双源CT腹部三期增强检查;全程配合检查;完成病理检查。排除标准:合并严重心、肝、肾等脏器功能不全;合并免疫性相关疾病;存在心理、精神疾病。根据增强扫描中能量和碘海醇剂量的不同将其分为A1组(低能量低剂量,80 keV、270 mgI/mL碘海醇)37例、A2组(低能量高剂量,80 keV、350 mgI/mL碘海醇)35例、B1组(高能量低剂量,140 keV、270 mgI/mL碘海醇)40例、B2组(高能量高剂量,140 keV、350 mgI/mL碘海醇)28例。各组患者年龄、性别等一般资料均衡可比(P>0.05)。本研究经我院医学伦理委员会批准(2019AE-12号)。

1.2 方法

双源CT扫描[7]:患者于检查前1 h口服1 000 mL纯净水,待膀胱充盈后,于肘静脉置入20 G静脉套管针,使用西门子SOMATOM Drive型量子双源CT进行动脉期、门静脉期和延迟期腹部增强扫描,从肝顶水平扫描至坐骨结节水平。各组采用相同的双源CT扫描模式,扫描层厚及层距为5 mm,球管旋转时间0.5 s,视野50 cm×50 cm,矩阵512×512,螺距0.9。增强扫描时,留置静脉套管针注射对比剂碘海醇,注射剂量为270 mgI/mL或350 mgI/mL,注射速率为3.0~3.5 mL/s。动脉期扫描的触发扫描CT值设为100 HU,门静脉期扫描延迟时间设为30 s,分别于预注射完成后35 s和70 s采集动脉期和门静脉期图像。由2名具有10年以上经验的放射科医师独立完成图像后处理,意见不一致时,则与另一名放射科主任医师集中讨论,直至意见统一,同时对评定结果进行可靠性与一致性检验。

1.3 图像质量评价

1.3.1 图像质量主观评价[8] 图像质量主观评分标准:图像细节完全无法分辨,噪声很明显计1分;图像显示组织器官边界分辨欠佳,噪声明显计2分;3分:图像显示组织器官边界细节尚清晰,噪声尚可接受计3分;图像显示组织器官边界较清晰,无噪声计4分;图像非常清晰,小的解剖结构边界清晰可见,无噪声计5分。

1.3.2 图像质量客观评价[9] 以动脉期和门静脉期图像的信噪比(signal-to-noise ratio,SNR)对各组图像质量进行客观评价,采用设备自带的分析软件,选取80 keV、140 keV单能量图像的感兴趣区(region of interest,ROI),区域范围为65~85 mm^2,在双源CT腹部三期图像上分别测量患者腹主动脉腹腔干、门静脉主干、腹腔动脉干及肠系膜上动脉的CT值。测量血管CT值时,应避开血管钙化或狭窄区域,ROI尽量选取血管近端;测量脏器或肌肉CT值时,ROI尽量选择密度较均匀的区域。同时测量同层肌肉CT值,以标准差(standard deviation,SD)作为背景噪声值。计算ROI的CT值的均数和SD,$SNR=(CT值_{ROI}-CT值_{肌肉})/SD_{肌肉}$。

1.4 有效照射剂量

记录各组剂量长度乘积(dose length product,DLP),并据此计算有效剂量(effective dose,ED)=K×DLP,K=0.015。

1.5 双源CT腹部三期增强扫描诊断肝癌的标准[10]

双源CT腹部三期增强扫描检查中肝癌患者动脉期病灶的密度高于周围肝组织,但随即出现快速下降,于门静脉期和延迟期低于周围正常肝组织,并持续数分钟,呈现明显的早出早归现象。

1.6 统计学处理

采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析,符合正态分布且方差齐的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用LSD-t检验。以病理检查结果为金标准,计算低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断肝癌的敏感度、特异度和准确度。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组图像质量主观评分比较

各组图像可清晰显示血管及脏器组织,均达到诊断要求,见图1。各组在动脉期和门静脉期的图像质量主观评分比较,差异无统计学意义(P>0.05);A1组动脉期和门静脉期图像质量主观评分高于A2组,B1组动脉期和门静脉期图像质量主观评分高于B2组,

A1组动脉期和门静脉期图像质量主观评分低于B1组，A2组动脉期和门静脉期图像质量主观评分低于B2组，差异均有统计学意义（$P>0.05$），见表1。

表1 各组图像质量主观评分比较（$\bar{x}\pm s$，分）

组别	n	动脉期	门静脉期
A1组	37	4.27±0.23	4.49±0.17
A2组	35	4.23±0.28*#	4.46±0.31*#
B1组	40	4.35±0.25*#	4.55±0.21*#
B2组	28	4.28±0.26	4.50±0.32
F		1.457	0.821
P		0.229	0.484

*：与A1组比较，$P<0.05$；#：与B2组比较，$P<0.05$

2.2 各组图像SNR比较

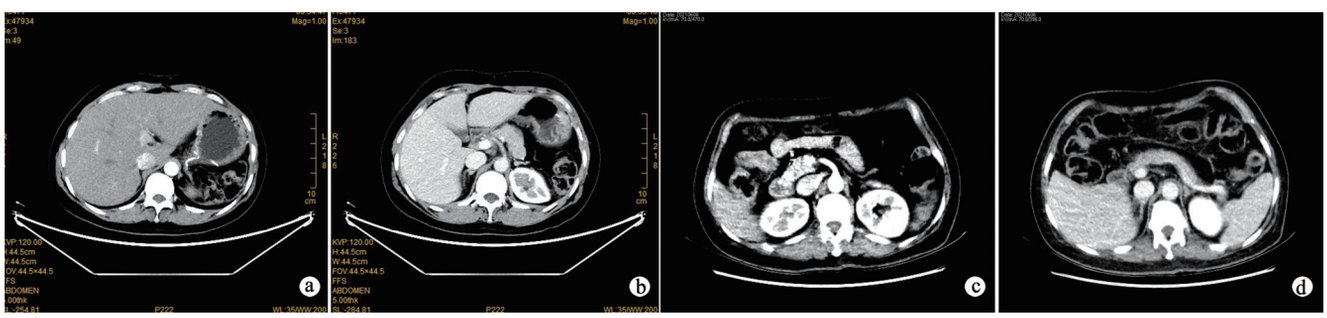
各组患者动脉期和门静脉期腹主动脉腹腔干、腹腔动脉干、肠系膜上动脉、门静脉主干图像SNR比较差异具有统计学意义（$P<0.05$），且A1组图像SNR明显高于其他组（$P<0.05$），见表2。

2.3 各组增强扫描的DLP和ED比较

各组动脉期、门静脉期DLP及ED比较差异具有统计学意义（$P<0.05$），且A1组DLP及ED明显低于其他组（$P<0.05$），见表3。

2.4 低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断肝癌的价值

140例疑似肝癌患者中，经病理确诊为肝癌79例。低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊出肝癌75例；以病理结果为金标准，低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断的敏感度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值分别为86.07%、91.80%、88.57%、90.67%和83.58%，*Kappa*值为0.769。



a：A2组腹部门静脉期增强扫描；b：B2组腹部门静脉期增强扫描；c：A1组腹部门静脉期增强扫描；d：B1组腹部门静脉期增强扫描

图1 各组腹部三期增强CT图像

表2 各组图像SNR比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	n	动脉期				门静脉期			
		腹主动脉腹腔干	腹腔动脉干	肠系膜上动脉	门静脉主干	腹主动脉腹腔干	腹腔动脉干	肠系膜上动脉	门静脉主干
A1组	37	32.17±8.74	18.65±7.32	21.89±7.06	16.09±2.86	17.38±4.72	10.04±3.87	11.27±1.52	8.75±2.07
A2组	35	29.15±7.03*	17.34±5.68*	19.82±6.93*	14.93±2.49*	16.72±4.41*	9.23±3.15*	10.04±1.39*	7.99±2.42*
B1组	40	25.64±6.19*	15.36±3.28*	18.04±6.62*	12.89±3.15*	14.95±3.37*	8.15±3.59*	9.19±3.45*	5.12±1.72*
B2组	28	23.95±6.12*	15.83±3.47*	17.90±6.52*	12.34±3.08*	12.97±3.21*	7.24±3.27*	7.96±3.31*	4.89±1.36*
F		8.958	2.959	2.722	12.465	7.710	4.019	9.498	35.393
P		<0.001	0.035	0.047	<0.001	0.001	0.009	<0.001	<0.001

*：与A1组比较，$P<0.05$

表3 各组增强扫描的DLP和ED比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	n	DLP（mGy·cm）		ED（mSv）	
		动脉期	门静脉期	动脉期	门静脉期
A1组	37	483.24±61.58	481.95±63.04	6.77±0.08	6.74±0.13
A2组	35	501.05±63.19*	492.53±66.19*	7.56±0.13*	7.49±0.46*
B1组	40	779.56±84.73*	705.54±79.05*	10.91±1.14*	10.19±1.09*
B2组	28	795.49±87.65*	764.18±80.54*	11.84±1.25*	12.59±1.24*
F		181.242	134.989	302.241	324.797
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*：与A1组比较，$P<0.05$

3 讨论

增强CT扫描具有病灶检出率高、病灶定性能力好、对血管和非血管性病变的诊断和鉴别能力强等优点，在腹部疾病的临床检查中应用广泛[11]。以往在腹部CT扫描过程中常需较高剂量的水溶性碘造影剂才能获得较为理想的图像质量，但造影剂量较高可导致患者出现胃肠反应、呕吐、寻麻疹、休克甚至死亡等[12-13]。因此，如何在CT增强扫描检查中，使用最低剂量的碘造影剂获得最为理想的图像资料是影像科医师关注的重点。本研究使用低剂量双源CT腹部三期增强扫描进行检查，并对其图像质量进行评价，以期为临床CT检查提供参考。

本研究中，各组图像可清晰显示血管及脏器组织，均达到诊断要求，且各组动脉期和门静脉期腹主动脉腹腔干、腹腔动脉干、肠系膜上动脉、门静脉主干图像SNR差异具有统计学意义，且A1组所得图像SNR明显高于其他组，说明低能量双源CT腹部三期增强扫描可在降低扫描剂量的基础上保证腹部CT影像质量，满足临床诊断的需要。在CT增强扫描过程中，选择

合适的能量可显著提高单能量图像质量,对临床诊断具有重要的意义[14-16]。本研究中,A1组所得图像SNR明显高于其他组,证实了最佳SNR单能量图像并非最高单能量图像,在腹部三期增强扫描中,选择270 mgI/mL的低剂量造影剂及80 keV单能量重建所得图像的SNR最高,可获得优质的ROI图像,为影像诊断提供了可靠的依据。双源CT可发现传统CT无法辨认的病灶并鉴别其良恶性等[17-18]。既往研究显示,在行量子双源CT腹部增强扫描时,选用270 mgI/mL的低剂量造影剂在100 keV单能量重建可获得较为清晰满意的ROI图像[19],而本研究选择270 mgI/mL的低剂量造影剂在80 keV单能量重建即可获得满意的ROI图像,证实了双源CT扫描可在降低水溶性碘造影剂用量的同时,有效提高动脉期和门静脉期图像的SNR,获得较好的图像质量。证实了双源CT扫描可在降低水溶性碘造影剂用量的同时,有效提高动脉期和门静脉期图像的SNR,获得较好的图像质量。

本研究中各组患者DLP及ED有显著差异,A1组DLP及ED明显低于其他组,说明采用低剂量双源CT扫描可显著降低患者行腹部三期增强扫描的辐射剂量,安全性高。双源CT可有效辨别物质成分,增强组织对比度,从而获取更多的影像信息,提高CT扫描的图像质量[20]。与传统CT扫描相比,量子双源CT扫描可显著降低造影剂的剂量,是目前世界上照射剂量最低的CT,最大程度地保护了患者的健康。双源CT单能量图像结合先进的迭代算法提高了图像质量,明显降低了照射剂量和造影剂用量,从而减少并发症的发生。本研究中低剂量双源CT腹部三期增强扫描诊断肝癌的敏感度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值分别为86.07%、91.80%、88.57%、90.67%和83.58%,*Kappa*值为0.769,具有较好的敏感度和准确度,与病理诊断结果的一致性较好,有望成为腹部恶性肿瘤的可靠影像学辅助诊断工具。

综上,低剂量双源CT腹部三期增强扫描在低能量(80 keV)行单能量重建获得的图像质量最佳,可满足影像诊断的要求,还可有效减少造影剂用量,安全性高。

[参考文献]

[1] Ruth V, Kolditz D, Steiding C, et al. Investigation of spectral performance for single-scan contrast-enhanced breast CT using photon-counting technology: a phantom study[J]. Med Phys, 2020, 47(7): 2826-2837. doi: 10.1002/mp.14133.

[2] 戚元刚,李向华,李 云. 动态增强CT在腹腔间质瘤和神经内分泌瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. 临床放射学杂志,2020,39(2):120-123. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2020.02.027.

[3] Kim SH. Doppler US and CT diagnosis of nutcracker syndrome[J]. Korean J Radiol, 2019, 20(12): 1627-1637. doi: 10.3348/kjr.2019.0084.

[4] 周文华,徐大伟,王立军,等. 多层螺旋CT及动态增强磁共振成像血流参数在肝良恶性结节鉴别诊断中应用价值探究[J]. 中华生物医学工程杂志, 2019, 25(5): 518-522. doi: 10.3760/cma.j.issn.1674-1927.2019.05.002.

[5] 代召刚,刘 斌,周 勇. 双源CT双能量成像技术在肾结石定性分析中的应用价值[J]. 中国医学计算机成像杂志,2019,25(4):363-368. doi:10.3969/j.issn.1006-5741.2019.04.008.

[6] 苗 娜,林方才,齐旭红,等. 双源CT能谱纯化对肺及乳腺联合筛查的低剂量研究[J]. 现代肿瘤医学,2019,27(14):2561-2564. doi:10.3969/j.issn.1672-4992.2019.14.032.

[7] Schmidt B, Flohr T. Principles and applications of dual source CT[J]. Phys Med, 2020, 7(9): 36-46. doi: 10.1016/j.ejmp.2020.10.014.

[8] 刘海静,夏远舰,申 兵,等. 64排螺旋CT和双源CT在肝硬化门静脉高压侧支循环中的应用研究[J]. 河北医药,2019,41(10):1518-1520. doi:10.3969/j.issn.1002-7386.2019.10.018.

[9] 郭油油,李咏梅,王静杰,等. 双源CT能谱参数定性诊断甲状腺乳头状癌术后颈部转移淋巴结[J]. 中国医学影像技术,2019,35(5):669-672. doi:10.13929/j.1003-3289.201808147.

[10] 郑海茹,林海锋,徐军女,等. 三期增强CT扫描联合GP73,AFP及AFP-L3检测对原发性肝癌的诊断效能研究[J]. 中国CT和MRI杂志,2022,20(4):99-101. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.04.032.

[11] Kim TY, Lee Y. Contrast-enhanced multi-detector CT examination of parotid gland tumors: determination of the most helpful scanning delay for predicting histologic subtypes[J]. J Belg Soc Radiol, 2019, 3(1): 20-21. doi: 10.5334/jbsr.1596.

[12] Pulickal GG, Singh D, Lohan R, et al. Dual-source dual-energy CT in submandibular sialolithiasis: reliability and radiation burden[J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 213(6): 1291-1296. doi: 10.2214/AJR.19.21299.

[13] Li Z, Zhang L, Liu X, et al. Diagnostic utility of CT for small bowel obstruction: systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2019, 14(12): e0226740. doi: 10.1371/journal.pone.0226740.

[14] 徐吉雄,陈宏伟,方向明,等. 双源CT冠状动脉CTA诊断老年冠心病合并肺部感染的应用价值分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2020,18(14):2302-2305. doi:10.12102/j.issn.1672-1349.2020.14.027.

[15] Petritsch B, Pannenbecker P, Weng AM, et al. Comparison of dual-and single-source dual-energy CT for diagnosis of acute pulmonary artery embolism[J]. Rofo, 2021, 193(4): 427-436. doi: 10.1055/a-1245-0035.

[16] Tao A, Huang R, Tao S, et al. Dual-source photon counting detector CT with a tin filter: a phantom study on iodine quantification performance[J]. Phys Med Biol, 2019, 64(11): 115-116. doi: 10.1088/1361-6560/ab1c34.

[17] Zeng D, Yao L, Ge Y, et al. Full-spectrum-knowledge-aware tensor model for energy-resolved CT iterative reconstruction[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2020, 39(9): 2831-2843. doi: 10.1109/TMI.2020.2976692.

[18] Alikhani B, Werner M, Jamali L, et al. Image quality performance of virtual single-source CT using dual-source computed tomography[J]. Acad Radiol, 2019, 26(8): 1095-1101. doi: 10.1016/j.acra.2018.09.021.

[19] 徐永平,张玄星,陈伟彬. 能谱CT单能量技术联合低对比剂,低流速对腹主动脉的优化扫描[J]. 中国煤炭工业医学杂志,2020,23(6):113-118. doi:10.11723/mtgyyx1007-9564202006001.

[20] Nakhostin D, Sartoretti T, Eberhard M, et al. Low-dose dual-energy CT for stone characterization: a systematic comparison of two generations of split-filter single-source and dual-source dual-energy CT[J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(5): 2079-2089. doi: 10.1007/s00261-020-02852-5.

(编辑:龙小芬)