

应用与进展[J].现代诊断与治疗, 2018, 29(4): 529-531.

[7] DOW C, MANCINI F, RAJAABELINA K, et al. Diet and risk of diabetic retinopathy: a systematic review[J]. Eur J Epidemiol, 2018, 33(2): 141-156.

[8] LGN M, MORALES PH, KRG D, et al. Current epidemiology of diabetic retinopathy in patients with type 1 diabetes: a national multicenter study in Brazil[J]. BMC Public Health, 2018, 18(1): 989.

[9] 华绒利, 陈辉. 全视网膜光凝术对重度NPDR与早期PDR患者视盘周围视网膜RNFL厚度的影响[J]. 国际眼科杂志, 2016, 16(12): 2261-2263.

[10] MANCINO R, DI PD, VARESI C, et al. Lipid peroxidation and total antioxidant capacity in vitreous, aqueous humor, and blood samples from patients with diabetic retinopathy [J]. Mol Vis, 2011, 17: 1298-1304.

[11] 桂丽, 宋启琴, 黄加权. MicroRNA-29在纤维化相关疾病中的调控作用[J]. 中西医结合肝病杂志, 2019, 29(1): 92-96.

[12] 张惠, 张眉花. miRNA-106通过调控内质网蛋白44调节妊娠期糖尿病内质网应激诱导的滋养细胞凋亡[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(11): 1589-1591.

[13] 罗艳, 胡桂英, 李长勇. 糖尿病患者miRNA-29水平与胰岛素抵抗的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(5): 1036-1039.

[14] 吴心池, 王尧, 唐伟, 等. 非增殖期糖尿病视网膜病变患者血清microRNA表达谱的分析[J]. 中国糖尿病杂志, 2015, 23(11): 982-986.

[15] 伍仙凤, 李书国, 盛德乔. miRNA与糖尿病及其并发症的研究进展[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(7): 1036-1038.

[16] JAEGER A, ZOLLINGER L, SAELY CH, et al. Circulating microRNAs-192 and-194 are associated with the presence and incidence of diabetes mellitus[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 14274.

[17] 赵旭东, 顾永欣, 王炜, 等. CTRP3和svacm-1在糖尿病视网膜病变患者血清中的表达水平和临床意义[J]. 武警后勤学院学报(医学版), 2018, 27(2): 102-106.

[18] 吴心池, 王尧, 唐伟, 等. 非增殖性糖尿病视网膜病变患者血清miR-29c的表达及相关分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2015, 26(10): 1401-1404.

(收稿日期: 2019-08-13, 修回日期: 2019-09-26)

doi: 10.3969/j.issn.1009-6469.2020.10.031

◇临床医学◇

能谱 CT 平扫单能量成像不同能量值对肝脏图像质量影响的初步研究

王利, 邱晓晖, 吴志军, 邱明涛

作者单位: 亳州市人民医院影像中心, 安徽 亳州 236800

摘要:目的 探讨能谱CT平扫单能量成像不同能量值对肝脏图像质量的影响,以选择最佳能量值来提高图像质量。方法 收集亳州市人民医院2018年1月至2019年5月期间发现有肝脏病变患者36例,行腹部CT平扫和三期增强检查,平扫采用GSI能谱扫描,分别测量CT平扫不同KeV值下病灶与正常肝脏的CT值、SD值(分别用CT_病、SD_病、CT_肝、SD_肝表示),计算出SNR_病、CNR_病、SNR_肝,并进行统计学分析。结果 随着能量值逐渐升高,CT_病、SD_病、CT_肝、SD_肝逐渐降低,SNR_病、CNR_病、SNR_肝逐渐升高,差异有统计学意义($P < 0.001$)。在40 KeV时CT_病、SD_病、CT_肝、SD_肝值[分别为(39.56±26.27)HU、(43.69±12.15)、(78.50±9.44)HU、(41.96±11.89)]明显高于140KeV时[分别为(27.07±11.23)HU、(11.09±2.96)、(50.94±7.36)HU、(10.62±2.93)],SNR_病、CNR_病、SNR_肝值在40KeV[分别为(1.07±0.62)、(1.08±0.97)、(2.06±0.83)]明显低于140 KeV[分别为(2.64±1.41)、(2.65±1.84)、(5.32±2.18)]。与此同时,图像主观质量评分也随能量值逐渐升高而逐渐升高($P < 0.001$)。40 KeV时两位医师图像主观质量评分(2.58±0.77)、(2.56±0.73)分明显低于140 KeV时评分(4.42±0.65)、(4.50±0.61)分。结论 腹部能谱CT平扫检查肝脏,选择合适的能量值能有效提高图像质量。

关键词:肝/放射摄影术; 能谱; 体层摄影术, X线计算机; 单能量

Preliminary study on the effect of different energy values on spectral CT plain scanning monochromatic imaging on the quality of hepatic image

WANG Li, QIU Xiaohui, WU Zhijun, QIU Mingtao

Author Affiliation: Department of Radiology, Bozhou People's Hospital, Bozhou, Anhui 236800, China

Abstract: Objective To investigate the effect of different energy values of single-energy CT scan on hepatic image quality, so as to select the best energy values to improve image quality. **Methods** Thirty-six patients with liver lesions in Bozhou People's Hospi-

tal from January 2018 to May 2019 were collected. The patients underwent abdominal CT plain scan and three-stage enhancement scan. The CT value and SD value of lesions and normal liver were measured under different energy values on CT plain scan (represented by CT_{lension} , SD_{lension} , CT_{liver} , SD_{liver} , respectively), the SNR_{lension} , CNR_{lension} and SNR_{liver} were calculated and analyzed statistically.

Results With the increase of energy value, CT_{lension} , SD_{lension} , CT_{liver} , SD_{liver} gradually decreased, while SNR_{lension} , CNR_{lension} and SNR_{liver} gradually increased, and the difference was statistically significant (all $P < 0.001$). At 40KeV, the values of CT_{lension} , SD_{lension} , CT_{liver} , SD_{liver} [(39.56±26.27)HU, (43.69±12.15), (78.50±9.44)HU, (41.96±11.89), respectively] were significantly higher than those at 140 keV [(27.07±11.23)HU, (11.09±2.96), (50.94±7.36)HU, (10.62±2.93), respectively]. The values of SNR_{lension} , CNR_{lension} , SNR_{liver} [(1.07±0.62), (1.08±0.97), (2.06±0.83), respectively] at 40KeV were significantly lower than those at 140 keV [(2.64±1.41), (2.65±1.84), (5.32±2.18), respectively]. At the same time, the subjective image quality score also gradually increased with the increase of energy value ($P < 0.001$). At 40 keV, the subjective image quality scores of the two doctors [(2.58±0.77), (2.56±0.73)] was significantly lower than those at 140 keV [(4.42±0.65), (4.50±0.61)].

Conclusion Choosing the appropriate energy value can effectively improve the image quality of abdominal energy spectrum CT plain scan.

Key words: Liver/ radiography; Spectral; Tomography, X-ray computed; Monochromatic

随着CT技术的不断进步,CT检查已越来越广泛地应用于肝脏疾病的诊断与筛查之中^[1],宝石能谱CT具有多参数成像以及多种定量分析的优势,近年来也逐渐应用于临床^[2-3]。但目前国内外研究多集中于能谱CT增强和血管方面^[4-5],对于能谱CT平扫的应用及图像质量控制却少有涉及。本研究旨在研究能谱CT平扫单能量成像不同能量值对肝脏图像质量的影响,以选择最佳能量值满足最佳图像要求。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集亳州市人民医院2018年1月至2019年5月期间临床发现有肝脏病变后,行腹部CT平扫和三期增强检查的病人36例(男26例,女10例),年龄(65.00±12.76)岁。其中转移瘤16例,血管瘤4例,胆管细胞癌2例,肝细胞癌3例,肝囊肿7例,肝脓肿2例,2例性质待定。病人或其近亲属知情同意,本研究符合《世界医学协会赫尔辛基宣言》相关要求。

1.2 仪器和方法 采用GE Revolution 宝石能谱CT进行平扫及增强扫描,平扫采用GSI能谱扫描,管电压80/140 kVp 瞬切,GSI Profile选择GE Body 80 mm All,管电流365 mA,Scan Type选择Helical,ASIR-V设为30%,三期增强采用常规模式扫描。扫描范围从膈顶至双侧髂棘连线水平。扫描层厚5.0 mm,层间距5.0 mm。造影剂为碘佛醇320 mgI/mL,注射剂量为1.00~1.25 mL/kg,注射速率为3.0~3.5 mL/s。

1.3 图像数据采集 将受检查者平扫能谱图像及三期增强图像重建(层厚为1.25 mm)后,上传至GE AW4.7工作站,在AW4.7工作站中使用GSI General打开CT平扫能谱图像,由两名高年资医师分别测量在不同能量值(40、50…140 KeV,共11组)下肝脏内病灶和正常肝实质的CT值和SD值,分别采用 $CT_{\text{病}}$ 、

$SD_{\text{病}}$ 、 $CT_{\text{肝}}$ 、 $SD_{\text{肝}}$ 表示,SD作为图像噪声, $SD_{\text{肝}}$ 作为图像背景噪声。感兴趣区范围不低于100 mm²,尽量避开病灶坏死、钙化、肝脏血管及伪影较大区域。取两名医生所测量的平均值,分别计算出11组图像中病灶的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)、对比噪声比(Contrast-to-noise ratio, CNR)及肝脏的信噪比,分别用 $SNR_{\text{病}}$ 、 $CNR_{\text{病}}$ 、 $SNR_{\text{肝}}$ 表示。计算公式:① $SNR_{\text{病}} = CT_{\text{病}} / SD_{\text{病}}$; ② $CNR_{\text{病}} = |CT_{\text{病}} - CT_{\text{肝}}| / SD_{\text{肝}}$; ③ $SNR_{\text{肝}} = CT_{\text{肝}} / SD_{\text{肝}}$ ^[6]。

1.4 主观图像质量评价 由两名高年资医师对11组图像进行评分。根据肝实质及病灶图像噪声、硬化伪影大小、病灶细节显示、对比分辨率及主观印象将图像质量分为5个等级^[7]。图像噪声、硬化伪影大,对比分辨率差,病灶显示不清为1分;图像噪声、硬化伪影较大,对比分辨率较差,病灶能粗略显示为2分;图像噪声、硬化伪影中等,对比分辨率尚可,病灶细节能初步显示为3分;图像噪声、硬化伪影较小,对比分辨率较好,病灶细节显示良好为4分;图像噪声、硬化伪影小,对比分辨率高,病灶细节显示清晰为5分。

1.5 统计学方法 采用SPSS 17.0统计软件进行统计分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。各组间定量或等级资料(如CT值、SD值、SNR、CNR、图像主观质量评分)采用Spearman秩相关分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

在11组能谱图像中,能量值高低与 $CT_{\text{病}}$ 、 $CT_{\text{肝}}$ 、 $SD_{\text{病}}$ 、 $SD_{\text{肝}}$ 之间呈负相关($r_s = -0.275$, $r_s = -0.770$, $r_s = -0.634$, $r_s = -0.773$),与 $SNR_{\text{病}}$ 、 $SNR_{\text{肝}}$ 、 $CNR_{\text{病}}$ 之间呈正相关($r_s = 0.458$, $r_s = 0.595$, $r_s = 0.463$)(见表1),即随着能量值的逐渐升高, $CT_{\text{病}}$ 、 $CT_{\text{肝}}$ 、 $SD_{\text{病}}$ 、 $SD_{\text{肝}}$ 逐渐降低,而 $SNR_{\text{病}}$ 、 $SNR_{\text{肝}}$ 、 $CNR_{\text{病}}$ 逐渐升高(见图1~6)。

表1 能谱CT单能量成像不同能量值下所测得参数/ $\bar{x} \pm s$

分组	40 KeV	50 KeV	60 KeV	70 KeV	80 KeV	90 KeV	100 KeV	110 KeV	120 KeV	130 KeV	140 KeV	r_s 值	P值
CT _病	39.56±26.27	35.06±19.98	32.19±16.32	30.43±14.30	29.32±13.13	28.55±12.40	28.04±11.97	27.68±11.67	27.44±11.49	27.23±11.34	27.07±11.23	-0.275	0.000
SD _病	43.69±12.15	31.60±8.78	24.11±6.71	19.58±5.43	16.69±4.59	14.81±4.04	13.50±3.66	12.57±3.40	11.99±3.23	11.47±3.08	11.09±2.96	-0.770	0.000
SNR _病	1.07±0.62	1.26±0.73	1.47±0.87	1.68±1.02	1.89±1.11	2.08±1.18	2.25±1.25	2.38±1.31	2.47±1.34	2.56±1.38	2.64±1.41	0.458	
CNR _病	1.08±0.97	1.29±1.07	1.52±1.20	1.75±1.32	1.96±1.45	2.13±1.51	2.28±1.59	2.42±1.70	2.50±1.73	2.59±1.78	2.65±1.84	0.651	
CT _肝	78.50±9.44	68.45±7.60	62.15±6.99	58.31±6.90	55.86±6.97	54.19±7.04	53.06±7.14	52.27±7.22	51.76±7.26	51.27±7.32	50.94±7.36	-0.634	0.000
SD _肝	41.96±11.89	30.37±8.55	23.18±6.53	18.82±5.27	16.01±4.49	14.22±3.94	12.95±3.57	12.05±3.36	11.51±3.17	10.99±3.03	10.62±2.93	-0.773	0.000
SNR _肝	2.06±0.83	2.49±1.00	2.97±1.20	3.44±1.39	3.88±1.60	4.22±1.70	4.54±1.82	4.83±2.00	4.99±2.03	5.18±2.12	5.32±2.18	0.595	0.000

注:肝脏内病灶和正常肝实质的CT值和SD值,分别采用CT_病、SD_病、CT_肝、SD_肝表示,CT为CT值,SD为图像噪声值,SNR为信噪比,CNR为对比噪声比。

表2 两位医师对不同能量值能谱CT图像的主观质量评分/(分, $\bar{x} \pm s$)

分组	40 KeV	50 KeV	60 KeV	70 KeV	80 KeV	90 KeV	100 KeV	110 KeV	120 KeV	130 KeV	140 KeV	r_s 值	P值
医师 A	2.58±0.77	2.64±0.76	2.86±0.64	3.25±0.84	3.34±0.77	3.53±0.81	3.72±0.81	3.97±0.74	4.14±0.72	4.33±0.68	4.42±0.65	0.647	0.000
医师 B	2.56±0.73	2.72±0.78	3.03±0.74	3.22±0.76	3.42±0.77	3.61±0.84	3.86±0.76	4.00±0.86	4.22±0.64	4.33±0.68	4.50±0.61	0.651	0.000

两位高年资医师对11组图像主观质量评分见表2。能量值与图像主观质量评分之间呈正相关($r_s = 0.647$, $r_s = 0.651$),即随着能量值逐渐升高,图像主观质量评分也随之升高。两位医师均认为140 KeV组图像主观质量最高(4.42±0.65)、(4.50±0.61)分,明显高于40 KeV组(2.58±0.77)、(2.56±0.73)分。

3 讨论

CT对肝脏病灶检出率的高低取决于病灶大小、病灶与背景肝脏之间的密度差、图像噪声等^[8],提高病灶与正常肝实质间的对比,降低图像噪声,能有效提高肝脏病变的检出。常规CT球管产生的射线束为混合能量,当X线穿过人体时,低能量X线会被吸收,从而产生射束硬化伪影,另外混合能量间存在平均效应,会降低不同组织间的对比度^[3,9],从而影响对病灶的检出。能谱CT采用单源瞬时管电压切换技术,可以在不到0.5 ms时间内在高、低管电压(140 kVp、80 kVp)之间进行瞬时切换,实现对两组数据的准同时采样,得出40~140 KeV单能量图像^[10]。能谱CT成像产生的为单能量图像,能有效去除射束硬化伪影,从而提高图像质量^[11],有利于病灶的检出。能谱CT单能量图像在低能段X线穿透力弱,以光电效应为主,同一物质的衰减系数较高,不同物质间衰减系数差值较大,导致不同组织间对比度增强,但同时噪声也增高;高能段X线穿透力强,以康普顿效应为主,图像射束硬化伪影减少,噪声降低,但图像组织间对比度也相应减低^[3]。本研究中,肝脏内病灶、正常肝脏CT值以及两者之间的CT差值随着能量值增加而逐渐降低,与此同时,图像噪声也相应减低,与霍丙胜等^[3]观点相一致。

在能谱CT单能量成像中,高组织对比度与低噪声之间是相矛盾的存在,提高组织对比度必然会增加图像噪声,反之,降低图像噪声必然会降低组织对比度。因此,选择合适的能量值(即最佳能量值),在组织对比度与图像噪声间寻找最佳平衡点,得出最佳CNR图像,对提高图像质量、提高病灶的检出率尤为重要^[12]。本研究中,SNR_病、CNR_病及SNR_肝随着能量值增加而逐渐升高,140 KeV时SNR_病、CNR_病及SNR_肝达到最高。其原因为:虽然高能量值时CT_病、CT_肝、病灶与肝脏间CT差值有所减低,但同时图像噪声(SD_病、SD_肝)也相应减低,而且其降低程度明显高于前者,从而导致140KeV时SNR_病、CNR_病及SNR_肝最高。既往有研究将能谱CT应用于腹部增强和血管成像中,其研究显示其最佳单能量图像(即最佳对比噪声比)多集中于低能段(40~75 KeV)^[13-15],与本研究结果不一致。其可能原因为①前者为增强扫描,病灶或血管与对比组织之间CT差值明显增大,本研究为CT平扫,病灶与正常肝脏之间CT差值较小;②前者研究采用的能谱CT均为GE Discovery CT750 HD,重建算法为自适应统计迭代重建算法(Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, ASiR),其降低噪声效果较差,本研究采用的能谱CT为GE Revolution,其采用的迭代重建算法为ASiR-V,ASiR-V作为第二代迭代重建算法,能较ASiR更大程度地降低图像噪声。而CNR的大小由CT差值与图像背景噪声比值共同决定,从而导致两者结果会有所不同。

随着能量值的提高,组织对比度虽然有一定程度的减低,但图像射束硬化伪影、图像噪声降低更

