

论 著

能谱CT多参数定性分析在儿童胸腹部肿瘤性病变的应用价值*

郝明珠¹ 张晓凡^{1,*} 王 芳¹
刘畅² 张 旭¹ 王志伟¹
朱 凯¹

1.哈尔滨市儿童医院

(哈尔滨医科大学附属第六医院)
医学影像科(CT/MR)医学影像科
(黑龙江 哈尔滨 150000)

2.哈尔滨市儿童医院(哈尔滨医科大学附属第六医院)医学影像科(CT/MR)儿内科
(黑龙江 哈尔滨 150000)

【摘要】目的 探讨Revolution宽体能谱CT的单能量成像、能谱曲线、基物质分离等GSI分析工具及定性分析在儿童胸腹部良恶性肿瘤病变中的应用价值。**方法** 收集2018年至2022年间55例行能谱GSI-CT模式下胸腹部增强扫描的良恶性肿瘤病变患儿,运用GSI-CT图像结合GSI分析工具对良恶性肿瘤病变患儿的相关病灶的病理符合率,用计数资料以(%)表示。平扫、动脉期及静脉期的K值、动脉期及静脉期的CT40keV、动脉期及静脉期的 Δ CT40keV、动脉期及静脉期的NIC、动脉期及静脉期的 Δ IC采用独立样本t检验,以 $P<0.05$ 时差异有统计学意义。**结果** 55例胸腹部肿瘤性病变患儿,共发现病灶60处,运用GSI分析工具后发现的病灶诊断与病理结果相符为55处,符合率为91.6%。恶性病变与良性病变的平扫、动、静脉期的能谱曲线斜率K,动脉期及静脉期的病灶标准化碘浓度NIC,病灶净增碘浓度 Δ IC,40keV的 Δ CT值之间存在差异,具有统计学意义;恶性肿瘤的能谱参数均高于良性肿瘤病变($P<0.05$),差异具有统计学意义。**结论** 能谱CT多参数成像技术及多重定量分析工具的使用,为小儿肿瘤的诊治提供更丰富、更精准的影像信息,为肿瘤术前评估和治疗方案选择提供临床帮助。

【关键词】 小儿;能谱CT;肿瘤;能谱曲线;单能量成像

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 黑龙江省卫生健康委科研课题
(2019-236)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.10.052

Application Value of Multi-Parameter Qualitative Analysis of Spectral CT in Children with Thoracic and Abdominal Neoplastic Lesions*

HAO Ming-zhu, ZHANG Xiao-fan^{*}, WANG Fang, LIU Chang, ZHANG Xu, WANG Zhi-wei, ZHU Kai.

1.Department of Medical Imaging (CT/MR), Harbin Children's Hospital (The Sixth Affiliated Hospital of Harbin Medical University), Harbin 150000, Heilongjiang Province, China

2.Department of Pediatrics, Department of Medical Imaging (CT/MR), Harbin Children's Hospital (The Sixth Affiliated Hospital of Harbin Medical University), Harbin 150000, Heilongjiang Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the application value of single energy imaging, energy spectrum curve, base material separation and other GSI analysis tools of Revolution wide-body spectral CT and qualitative analysis in children with benign and malignant thoracic and abdominal tumors lesions. **Methods** From 2018 to 2022, 55 children with benign and malignant tumors lesions who underwent enhanced chest and abdomen scanning under spectral GSI-CT mode were collected. The pathological coincidence rate of related lesions in children with benign and malignant tumors lesions was expressed as (%) by using GSI-CT images combined with GSI analysis tool. Independent sample t-test was used for the K values of plain scan, arterial phase and venous phase, CT40keV of venous phase and arterial phase, Δ CT40keV of venous phase and arterial phase, NIC of arterial phase and venous phase, Δ IC of arterial phase and venous phase, $P<0.05$ was considered statistically significant. **Results** A total of 60 lesions were found in 55 children with thoracic and abdominal neoplastic lesions, and 55 lesions were found to be consistent with pathological results by using GSI analysis tool, and the coincidence rate was 91.6%. There were differences in the slope K of the energy spectrum curve between benign lesions and malignant in plain scan, arteriovenous and arteriovenous phases, the standardized iodine concentration NIC of the lesions in arterial and venous phases, the net iodine increase concentration Δ IC of the lesions, and the Δ CT value of 40keV. The spectral parameters of malignant tumors were higher than those of benign tumors and lesions ($P<0.05$), and the differences were statistically significant. **Conclusion** The use of spectral CT multi-parameter imaging technology and multiple quantitative analysis tools can provide richer and more accurate image information for the diagnosis and treatment of pediatric tumors, and provide clinical help for preoperative evaluation and treatment plan selection of tumors.

Keywords: Children; Energy Spectrum CT; Tumor; Energy Spectrum Curve; Single Energy Imaging

儿童恶性肿瘤现已成为儿童第二大死亡病因,现阶段每年我国儿童发病率递增,统计数据为2.8%,每年有3万~4万名儿童确诊肿瘤。儿童胸腹部肿瘤多数表现不典型,主诉能力差,加之种类繁多、生长迅速、发病隐匿,早期易转移等影响因素,肿瘤往往不能被早期发现,给临床诊疗带来严峻困难^[1]。能谱(gemstone spectral imaging, GSI)CT近年成为临床应用于肿瘤性疾病筛查的重要手段,使其诊断从单一的形态学迈向多参数功能学达到质的飞跃,利用其单能量成像,进行物质能谱分析,定量分析肿瘤的某些特性,从而为肿瘤病灶诊断提供更加丰富的临床信息^[2]。对小儿肿瘤做到精准诊断,及早治疗,达到最佳疗效,进而提高小儿肿瘤患儿的生存率、减低肿瘤患儿的病死率。目前, GSI-CT在小儿体部肿瘤的研究中鲜有报道。本研究旨在探讨能谱CT结合能谱参数在诊断小儿胸腹部肿瘤病变的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2018年至2022年期间,采用CT能谱GSI模式胸腹部平扫及动静脉增强扫描的良恶性肿瘤病变患儿为研究对象。

纳入标准:超声检查或放射学检查明确有占位性病变;临床资料完整并均经手术病理或穿刺活检明确诊断的患儿。排除标准:CT增强扫描禁忌患者;既往史存在肿瘤手术史、治疗史等。共纳入55例,其中男27例,女28例,年龄2天~13岁(4.54 ± 0.86)岁。

1.2 方法 GSI-CT扫描方案:采用超高端256排Revolution Xtream Edition宽体快速能谱CT扫描仪下进行平扫、动脉期及静脉增强扫描。管电压高(140kV)低(80kV)两种能量的瞬时切换,管电流为智能毫安,转速为0.7s/r,层厚为0.625mm,层间距0.625mm,螺距0.984。检查前不能配合患儿肛注0.5mL/kg的水合氯醛镇静后扫描。

扫描前详细了解患者病史,交代检查的危险性,必须签署知情同意书,检查时应仰卧卧位、头先进的方式。胸部肿瘤扫描范围为胸廓入口到膈肌下缘、腹部肿瘤扫描范围为膈肌上缘到耻骨联合下缘。经肘正中静脉或足背静脉注入碘普罗胺(300mgI/mL), Medrad-SCT 212双流高压注射器,速率为0.6-1.5mL/s,剂量1.0-1.5mL/kg,注射完

【第一作者】郝明珠,女,主治医师,主要研究方向:小儿疾病影像学诊断。E-mail: 385449590@qq.com

【通讯作者】张晓凡,女,主任医师,主要研究方向:小儿疾病影像学诊断。E-mail: zhangxiaofan208@163.com

对比剂后再注射10mL生理盐水,总的注药时间控制在25~30s。于造影剂注射后25~30s行动脉期扫描,于50~55s后行静脉期扫描,得到的含能谱信息的图像传至AW4.7后处理工作站,进行图像处理及能谱分析。

1.3 图像分析 由2名高级职称影像医师(接受GSI专业系统培训)应用AW4.7工作站GSI General软件对能谱CT图像综合分析,观察55例肿瘤CT平扫及GSI扫描的影像学表现,包括病变位置、形态、数量、大小、CT值,并对肿瘤及相关病灶感兴趣区(the region of interest, ROI)进行特征性能谱曲线及能谱其他功能分析。观察病灶、尽量取所测层面最大实性成分的1/2-2/3大小画ROI,同时注意钙化、血管、坏死及空洞不包括在内,确定位置时注意平扫ROI与增强期的ROI位置、范围、大小相同,重复测量三次后计算平均值。选取病灶同层血管中央位置为ROI时,一般选择锁骨下动脉或主动脉。测量数据为:分别测量40keV、100keV的平扫CT值及病灶感兴趣区的碘浓度(iodine concentrations, IC); 40keV、100keV下病灶感兴趣的动脉期及静脉期CT值、ROI碘浓度、ROI同层锁骨下动脉或主动脉碘浓度。计算数据为:各期能谱曲线斜率($K=(|CT_{40keV}-CT_{100keV}|)/60$); 计算40keV下动、静脉期CT值的净增情况(ΔCT)、ROI标准化碘浓度($NIC=IC_{\text{病灶}}/IC_{\text{同层主动脉}}$)及净增碘浓度(ΔIC)。

1.4 统计学处理 使用SPSS 20.0软件对良恶性肿瘤病变患儿的相关病灶的病理符合率,用计数资料以(%)表示。采用独立样本t检验,对平扫、动脉期及静脉期的K值,动脉期及静脉期CT40keV、 ΔCT_{40keV} 、NIC、 ΔIC 行统计学分析,以 $P<0.05$ 时差异有统计学意义。

2 结果

2.1 肿瘤病灶的病理符合率 55例体部肿瘤病变患儿,在GSI-CT图像中结合GSI分析工具,共发现病灶60处,恶性肿瘤组病例25例、病灶共30处(神经母细胞瘤、肝母细胞瘤、肾母细胞瘤、淋巴瘤、肾透明细胞肉瘤等);良性肿瘤组病例30例、病灶30处(淋巴瘤、畸胎瘤、血管瘤、神经节细胞瘤、纵隔囊肿、脂肪/脂肪母细胞瘤、卵巢囊腺瘤及局灶性结节增生)。手术或穿刺活检后病理结果为诊断标准,运用GSI分析工具后发现的病灶诊断与病理结果相符为55处,符合率为91.6%。

2.2 良、恶性性能谱参数的比较 恶性病变与良性病变的平扫、动、静脉期的曲线斜率K,动脉期及静脉期的病灶碘浓度NIC,病灶净增40keV的 ΔCT 值、标准化碘浓度NIC,病灶净增碘浓度 ΔIC 之间存在差异,具有统计学意义;恶性肿瘤的性能谱参数均高于良性肿瘤病变($P<0.05$),差异具有统计学意义。

表1 良性肿瘤组与恶性肿瘤组的能谱曲线斜率、标准化碘浓度(NIC)及净增碘浓度(ΔIC)比较

类别	能谱曲线斜率			NIC		$\Delta IC(100\mu g/cm^3)$	
	平扫期	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
良性肿瘤组	0.15±0.10	0.69±0.28	0.73±0.29	0.09±0.01	0.11±0.01	2.61±0.51	3.83±0.71
恶性肿瘤组	0.68±0.19	1.37±0.32	1.54±0.37	0.18±0.03	0.35±0.07	8.34±0.79	14.37±2.41
t值	-2.176	-2.384	-2.259	-2.391	-2.721	-2.417	-2.523
P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

表2 良性肿瘤组与恶性肿瘤组的40keV的CT值(CT40keV)及净增CT值(ΔCT_{40keV})比较

类别	CT40keV(HU)		$\Delta CT_{40keV}(HU)$	
	动脉期	静脉期	动脉期	静脉期
良性肿瘤组	62.21±6.19	70.63±26.67	17.08±4.21	29.23±5.48
恶性肿瘤组	131.62±31.63	149.67±41.97	61.14±19.61	74.58±20.10
t值	-2.485	-2.328	-2.893	-3.760
P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

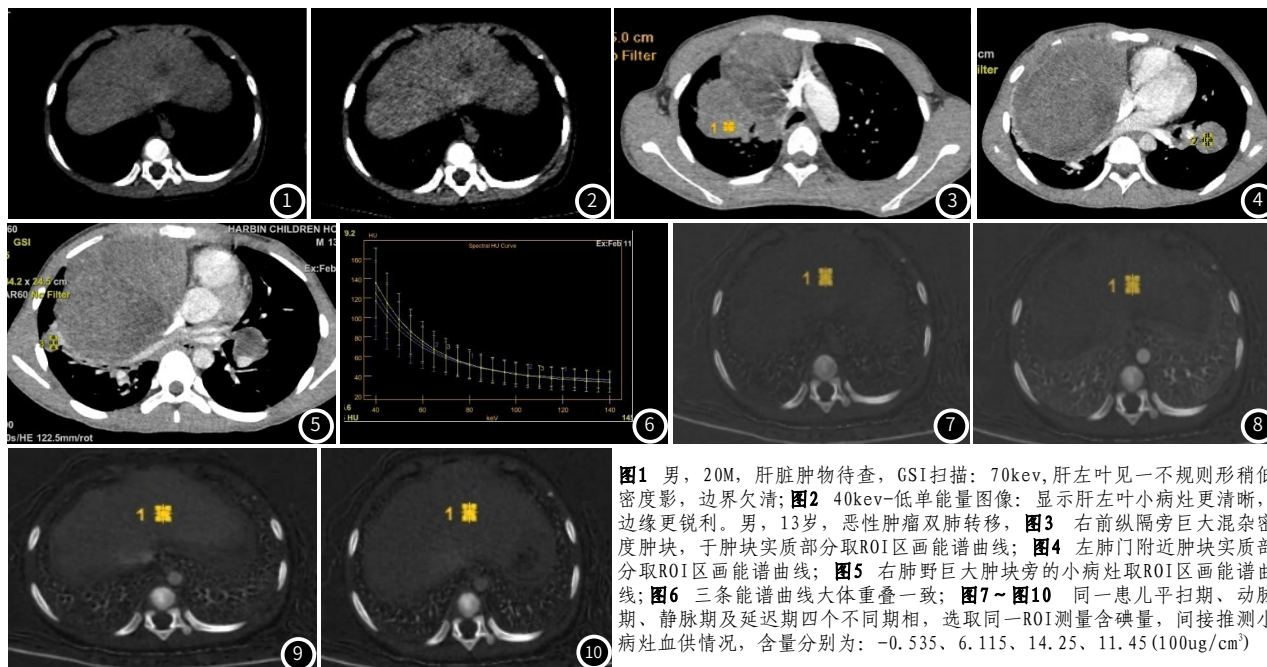


图1 男, 20M, 肝脏肿瘤待查, GSI扫描: 70keV, 肝左叶见一不规则形稍低密度影, 边界欠清; 图2 40keV-低单能量图像: 显示肝左叶小病灶更清晰, 边缘更锐利。男, 13岁, 恶性肿瘤双肺转移, 图3 右前纵隔旁巨大混杂密度肿块, 于肿块实质部分取ROI区画能谱曲线; 图4 左肺门附近肿块实质部分取ROI区画能谱曲线; 图5 右肺野巨大肿块旁的小病灶取ROI区画能谱曲线; 图6 三条能谱曲线大体重合一致; 图7~图10 同一患儿平扫期、动脉期、静脉期及延迟期四个不同期相, 选取同一ROI测量含碘量, 间接推测小病灶血供情况, 含量分别为: -0.535、6.115、14.25、11.45 (100 $\mu g/cm^3$)

3 讨论

瞬间切换宽体能谱CT(gemstone spectral imaging ,GSI-CT)成像技术已取得突破性进展,从过去的“单一形态学成像模式”向着“多重参数功能学成像模式”方向发展。GSI-CT多重定量指标及丰富的分析工具,包括40~140keV共101个连续单能量CT值及由此产生单能量图、能谱曲线图、物质分离图、散点图及原子序数图,实现多参数、定量及功能分析的精准数据成像模式,提供多样化、多重化综合分析技术平台,实现同时、同源、同向早期发现微小病灶^[3]。儿童胸腹部肿瘤多数表现不典型,主诉能力差,加之种类繁多、生长迅速、发病隐匿,早期易转移等影响因素,肿瘤往往不能被早期发现,给临床诊疗带来极大困难。本研究中运用GSI分析工具后发现的病灶诊断与病理结果相符为55处,符合率为91.6%。其对小儿肿瘤做到早期发现、精准诊断、及时治疗,达到最佳疗效,进而提高小儿肿瘤患儿的生存率。

GSI-CT模式下可在降低受检小儿辐射剂量的同时获得低噪高清图像^[4]。单能量图对微小病灶的检出率具有更高的敏感度。低keV时可增加图像中不同组织结构的对比度,更易发现、检出密度相近病变和小病灶,但降低射线能量也要考虑图像信号噪声比下降问题^[5-6]。本研究发现不同组织或病变最佳信噪比为40keV,并且良恶性肿瘤样病灶在40keV时的CT值及 Δ CT值存在差异,具有统计学意义。能谱曲线是重要的应用工具,反映不同病变和组织特性的曲线,不同组织结构与病理类型具有不同的能谱曲线,相似的能谱曲线可提示相同或相似的组织结构与病理类型^[7-8]。因此,可用斜率K值定量评估,进行物质成分的特异性鉴别。由能谱曲线图提供的同源性分析,可为临床影像诊断提供强有力证据。本研究恶性病变与良性病变的平扫、动、静脉期的能谱曲线斜率K值存在差异,具有统计学意义。病例中恶性肿瘤双肺转移患儿取右前纵隔旁巨大混杂密度肿块、左肺门区肿块及右肺野小病灶,这三点画RIO测量能谱曲线,这三者走形、斜率大体一致,差异无统计学意义,说明三处病灶具有相似的组织特性曲线,极好的同源性,提示双肺内存在转移。神经母细胞瘤患儿的病例中,肿瘤实质部分及气管隆突旁小病灶内各取ROI测量能谱曲线,显示两条曲线基本保持平行且相距近零,说明有相似的组织特性曲线和化学构成,提示隆突旁小病灶为肿瘤转移性淋巴结增大。

基物质分离作为GSI-CT功能性影像学特征,实现从单纯依靠CT值的单参数成像向多参数成像的转变,精准判断病灶组成成分及碘剂的分布^[9-10]。常选择“水与碘”为两种衰减不同的物质,可准确分离并反映碘浓度的真实含量,鉴别诊断“异病同影”影像学征象的疾病及肿瘤病变的良恶性^[11-12]。研究表明通过测量碘基质的含量,精确反映体部良恶性原发肿瘤增强后的血流动力学变化,有效对肿瘤血管强化程度进行评估^[13-14]。在肝脏肿物性质待定病例中:普通混合能量增强扫描中,病变显示不清、各期CT值差异甚小,很难诊断肿块性质。经GSI-CT模式扫描后选取40keV单能量图像的四期相(平扫期、动脉期、静脉期、延迟期),并选同一ROI测量含碘量,分别为-0.535、6.115、14.25、11.45(100ug/cm³),体现小病灶血供情况,随着增强时间的延长,病灶含碘量逐步增多,延迟期稍减退,诊断为肝血管瘤。牛琳等分析胸部恶性、良性肿瘤平均碘浓度分别为(14.05±8.82)

g/L、(6.38±5.33)g/L,良性肿瘤碘浓度明显低于恶性的,分析是良性肿瘤血供相对少,微血管基底膜完整,对比剂进入过程较慢,导致碘物质含量低于恶性肿瘤^[15]。

综上所述,能谱CT多参数成像技术及多重定量分析工具的使用,为小儿肿瘤的诊治提供更丰富、更精准的影像信息,为肿瘤术前评估和治疗方案选择提供帮助,显著提高小儿体部肿瘤诊断的敏感性、准确性及生存率。

参考文献

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6): 394-424.
- [2] 林晓珠, 沈云, 陈克敏. CT能谱成像的基本原理与临床应用研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8): 798-800.
- [3] Agostini A, Borgheresi A, Mari A, et al. Dual-energy CT: theoretical principles and clinical applications[J]. La radiologia medica, 2019, 124(12).
- [4] Siegel Marilyn J, Ramirez-Giraldo Juan Carlos. Dual-Energy CT in Children: Imaging Algorithms and Clinical Applications[J]. Radiology, 2019, 291(2).
- [5] SELLERER T, NOEL P B, PATINAO M, et al. Dual-energy CT: a phantom comparison of different platforms for abdominal imaging[J]. Eur Radiol, 2018, 28(7): 2745-2755.
- [6] 陶奉明, 刘爱莲, 刘静红, 等. Revolution CT 轴位全肝灌注“一站式”成像的可行性[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(3): 462-467.
- [7] 郭浩, 邵伟光, 张东雯, 等. CT能谱曲线对肝脏小肿瘤性病变的鉴别诊断价值初探[J]. 中国医学影像技术, 2014, 30(4): 552-555.
- [8] You J, Li Y H, Wu Z H, et al. The predictive value of iodine content difference between arterial and venous phases of energy spectrum CT for lymph node metastasis of gastric cancer[J]. Int J Med Radiol, 2021, 4: 408-414.
- [9] Lohöfer F K, Kaissis G A, Köster F L, et al. Improved detection rates and treatment planning of head and neck cancer using dual-layer spectral CT[J]. Eur Radiol, 2018, 28: 4925-4931.
- [10] Daniele M, Drew D, Kingshuk R C, et al. Characterization of small focal renal lesions: diagnostic accuracy with single-phase contrast-enhanced dual-energy CT with material attenuation analysis compared with conventional attenuation measurements[J]. Radiology, 2017, 284: 737-747.
- [11] 傅文悦, 朱广辉. Revolution CT能谱成像技术对不同性质肺结节鉴别诊断价值的应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(6): 58-61.
- [12] 陈安良, 刘爱莲, 刘静红, 等. 平扫CT能谱成像对乏脂肪肾血管平滑肌脂肪瘤与肾透明细胞癌的鉴别价值[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(2): 245-249.
- [13] 刘铁, 王健. 能谱CT成像碘基图的临床应用研究[J]. 现代医学影像学, 2015, 24(4): 532-534.
- [14] Dong J N, Li N Y, Liu T Z, et al. Optimization of imaging quality of blood supply arteries of abdominal malignant tumors by energy spectrum CT with optimal single-energy technique[J]. Chinese Journal of Radiology, 2013, 47: 638-642.
- [15] 牛琳, 黄遥等. 宝石能谱CT在胸膜原发肿瘤诊断中的价值初探[J]. 癌症进展, 2016, 14(8): 748-756.

(收稿日期: 2022-08-11)

(校对编辑: 姚丽娜)