

## 能谱CT在胰腺疾病诊断中的应用进展

韩蕾<sup>1</sup>, 柯晓艾<sup>1</sup>, 周青<sup>1</sup>, 周俊林<sup>2</sup>

1. 兰州大学第二医院, 甘肃 兰州 730030; 2. 兰州大学第二医院放射影像中心, 甘肃 兰州 730030

**【摘要】**能谱CT作为一种新型影像技术,在原有时间分辨率、空间分辨率的基础上增加了能量分辨率及理化性质分辨率,可以对病灶的组织结构和功能状态进行量化检测,进而提高病灶的对比度和检出率。能谱CT在胰腺疾病的诊断、治疗及预后方面具有很大潜力,本文重点就其原理及在胰腺疾病的诊断应用进行综述。

**【关键词】**能谱CT;胰腺疾病;影像技术;综述

**【中图分类号】**R445.3

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2019)02-0190-04

### Progress on application of spectral CT in the diagnosis of pancreatic diseases

HAN Lei<sup>1</sup>, KE Xiaoi<sup>1</sup>, ZHOU Qing<sup>1</sup>, ZHOU Junlin<sup>2</sup>

1. Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, China; 2. Radiological Imaging Center, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, China

**Abstract:** As a new imaging technology, spectral computed tomography (CT) can not only improve the energy resolution and differentiate physical and chemical compositions, while maintaining original time resolution and spatial resolution, but also quantitatively detect the tissue structure and functional state at the lesion, thereby increasing the detection rate of lesions. Spectral CT has great potential in the diagnosis, treatment and prognosis of pancreatic diseases. Herein the principles of spectral CT and its applications in the diagnosis of pancreatic diseases are summarized.

**Keywords:** spectral computed tomography; pancreatic disease; imaging technology; review

### 前言

能谱CT成像技术出现于20世纪70~80年代,是一种利用物质在不同能量级的X线照射通过时的衰减系数进行投影重建,从而转变成相应图像的新型影像技术<sup>[1]</sup>。近年来,胰腺疾病的发病率在老年人群中逐年上升<sup>[2-3]</sup>。若未给予及时有效的治疗,将严重威胁患者的生命,因此,科学预防、早期诊断、及时治疗胰腺疾病显得非常重要。目前,传统CT仍是诊断胰腺疾病常用的辅助工具,但在不典型胰腺疾病的诊断方面容易出现漏诊或误诊。近年来出现的能谱CT能够通过有效的原子序数、单能量曲线图像、能谱曲线、物质分离及能谱分析技术对病灶的组织结构

和功能状态进行量化检测,提高病灶的对比度及检出率,并且具有提供更多的成像参数以及精准的临床数据图像的优势,已经广泛应用于临床。笔者对能谱CT在胰腺疾病诊断中的应用进行综述,为胰腺疾病的临床诊断、治疗及预后提供指导。

### 1 能谱CT的成像原理及现状

能谱CT成像是采用单源瞬时kVp切换技术,以极短的时间完成高(140 kVp)、低能量(40 kVp)的瞬时切换,几乎同时同角度进行两个能量采样,这样能谱分析就能够在投影数据空间进行,从而实现能谱成像<sup>[4-5]</sup>。能谱CT不同于常规CT,其显著特征是多参数成像,在原有的时间分辨率、空间分辨率基础上增加了能量分辨率及理化性质分辨率<sup>[6]</sup>。能谱CT所涉及的参数包括101个连续的单能量CT值(40~140 keV),由此产生的相应物质密度值、多种物质分离图像、能谱曲线和有效的原子序数。由于能谱CT成像能够提供更多的成像参数,进而获得精准的临床数据图像,因而广泛应用于临床。比如,能谱CT为降低金属伪影提供了一个有效途径<sup>[7]</sup>;在小病灶的早期检测和定性分析、鉴别肿瘤性

**【收稿日期】**2018-09-07

**【基金项目】**国家自然科学基金(81772006);兰州市人才创业创新项目(2016-RC-58)

**【作者简介】**韩蕾,硕士研究生,研究方向:神经影像学,E-mail: 2199390253@qq.com

**【通信作者】**周俊林,博士,主任医师,教授,研究方向:神经影像,E-mail: zjl601@163.com

病变以及对肿瘤的分级方面存在着很大的价值;还可优化胰腺周围血管成像质量,评估胰腺疾病术前的可切除性<sup>[8-9]</sup>。能谱CT成像物质分离技术也可利用碘基图来反映肿瘤的碘含量,呈现病灶的血供情况,能够为临床评估肿瘤的治疗效果提供一定的参考价值<sup>[10-11]</sup>。

## 2 能谱CT在诊断胰腺疾病中的应用

### 2.1 在胰腺癌诊断中的应用

胰腺癌是一种常见的消化系统肿瘤,恶性程度较高且其发病率呈逐年上升趋势<sup>[12]</sup>。胰腺癌起病比较隐匿,早期症状不明显,患者往往就诊时已出现明显的临床症状,此时手术切除风险大、预后差,因此提高病灶的检出率显得尤为重要。随着计算机及多层螺旋CT的发展,能谱CT的出现为胰腺疾病的诊断提供了一种新途径。Brook等<sup>[13]</sup>对163例怀疑胰腺癌患者进行标准多期CT扫描和分次团注能谱CT检查,结果显示分次团注能谱CT对肝脏及胰腺、血管和肿瘤的显示度相同,相比多期CT、能谱CT更佳,能在减少辐射剂量的基础上提高病灶检出率,为患者带来福音。Hu等<sup>[14]</sup>将20只荷栽SW11900异种移植人胰腺癌细胞的小鼠随机分为实验组和对照组,通过测量CT对比噪声比、标准化碘浓度和微血管密度等参数来评价各组治疗效果,其结果表明能谱CT作为一项无创性的成像技术,能够有效评估<sup>125</sup>I对胰腺癌近距离治疗的效果。胡曙东等<sup>[15]</sup>采用人原位胰腺癌Bx PC-3细胞株接种16只BALB/c裸鼠的方法,将裸鼠分为实验组(植入<sup>125</sup>I粒子)和对照组(植入空载粒子),通过测量瘤体对比噪声比、标准化碘浓度、微血管密度等多参数,证明能谱CT可以有效评估<sup>125</sup>I粒子植入治疗胰腺癌的效果。有学者将手术病理证实的88例壶腹周围癌患者分成3组,分别为胰头腺癌(39例)、胆总管末端腺癌(22例)、十二指肠乳头腺癌(27例)。通过测量病灶的标准化碘浓度、能谱曲线斜率、碘浓度、水浓度等多参数,证明能谱CT多参数成像联合诊断可以鉴别壶腹周围癌的起源,从而提高疾病的诊断率<sup>[16]</sup>。另有研究报道20例胰腺癌患者在生物治疗研究的同时,通过能谱CT增强扫描,测量肿瘤治疗前后的碘含量,基于碘含量的变化初步评估胰腺癌生物治疗疗效,为临床上判断肿瘤治疗效果提供一定的参考价值<sup>[17]</sup>。以上研究表明,能谱CT能够对胰腺癌进行早期诊断,为临床医生提供指导,为患者带来福音。

### 2.2 在胰腺炎诊断中的应用

胰腺炎是一种常见的消化系统疾病,它是由于胰蛋白酶的自身消化作用而引起,分为急性和慢性

两种类型。急性胰腺炎是一种临床常见的急腹症,主要是指胰腺及周围组织被胰酶消化而引起,进而促使胰腺出现水肿、出血、坏死等一系列现象的急性炎症<sup>[18]</sup>。而慢性胰腺炎是由于急性胰腺炎反复发作造成的一种胰腺慢性进行性破坏性疾病。目前,传统CT仍是诊断胰腺炎的常用工具,但在不典型胰腺炎的检出方面容易出现漏诊或误诊。例如胰腺癌和肿块型胰腺炎有相似的影像特征,并且两者在治疗方式及预后方面有明显的不同。因此,提高其鉴别诊断具有十分重要的临床意义。随着科学技术的发展,能谱CT在两者鉴别方面存在优势。张军等<sup>[19]</sup>对经能谱CT检查并经手术病理证实的62例胰腺癌患者和30例肿块型胰腺炎患者进行能谱CT研究,在40~140 keV单能量下,分别测量动脉期和门静脉期两组病灶的平均CT值、碘浓度以及能谱曲线,并且比较两组之间的差异,证明能谱CT成像技术测量不同的成像参数能够鉴别肿块型胰腺炎和胰腺癌,为胰腺炎和胰腺癌的临床诊断、治疗及预后提供指导。另有学者对28例急性胰腺炎患者进行治疗前后CT、超声对比综合观察分析,其结果证明超声检查联合能谱CT曲线可以诊断急性胰腺炎合并肝脏损伤的病因是由脂肪浸润所致的急性脂肪肝所引起<sup>[20]</sup>。综上所述,能谱CT在诊断不典型胰腺炎方面存在优势,并且联合其它影像学检查可以有效判断其病因,从而为临床诊断及治疗提供便利。

### 2.3 在胰腺囊性肿瘤及良恶性鉴别方面的应用

胰腺囊性肿瘤在胰腺疾病中比较少见<sup>[21]</sup>。它可以分为浆液性囊腺瘤(Serous Cystadenoma, SCA)、黏液性囊性肿瘤(Mucinous Cystic Neoplasm, MCN)、实性假乳头状瘤、导管内乳头状黏液性肿瘤等病变形式,其中常见的是MCN和SCA。由于胰腺囊性肿瘤处于较深位置,生长比较缓慢,并且生物学特性存在差异,因此术前若能明确其性质,对制定手术方式及治疗方案显得非常重要<sup>[22]</sup>。目前影像学检查在胰腺疾病的诊断中发挥重要作用,且首选的检查工具是传统CT,但由于病灶大小和形态的差异,使得敏感性和特异性降低,从而限制其在临床的广泛应用<sup>[23]</sup>。由于能谱CT对病灶的检出具有较高的敏感性和特异性,因而提高了胰腺MCN与SCA的诊断率。陈湘光等<sup>[24]</sup>对32例胰腺囊性肿瘤进行宝石CT能谱检查,比较MCN与SCA的临床特征,测量不同能量水平的CT值、配对基物质浓度、宝石能谱CT检测与术后病理符合率,证明MCN与SCA宝石能谱CT成像特征存在明显的差异,通过对不同成像参数的比较,结合临床特征,能谱CT可以提高MCN与SCA的诊断准

确率。有学者对23例胰腺囊性肿瘤患者采用传统CT和能谱CT检查方法进行分组判定,分别对常规影像学征象和能谱成像分析所得结果与病理结果进行比较,其结果表明,在鉴别胰腺囊性肿瘤良恶性方面,宝石能谱CT成像与病理结果一致性更强,符合率更高,能够为临床提供更加精确的术前诊断<sup>[25]</sup>。能谱CT不仅可以提高胰腺囊性肿瘤诊断率,而且能够鉴别其良恶性,为临床提供指导,使患者得到及时治疗,提高生命质量。

#### 2.4 在胰岛素瘤诊断中的应用

胰腺神经内分泌肿瘤是一组起源于神经内分泌细胞的异质性肿瘤,胰岛素瘤是一种少见的良性神经内分泌肿瘤<sup>[26]</sup>。由于胰岛素瘤比较小,定位困难,一直以来都受到临床及影像科医生的广泛关注<sup>[27]</sup>。随着能谱CT的出现,为其诊断提供了便利。张静等<sup>[28]</sup>对43例胰岛素瘤患者进行MRI扫描,其中15例同时进行能谱CT扫描,通过分析表观扩散系数值与能谱CT成像参数的相关性,结果表明在诊断胰岛素瘤方面,能谱参数联合诊断胰岛素瘤有较高的检出率;能谱CT和MRI的检出率相当,两者联合诊断可以有效提高胰岛素瘤的检出率。由于胰岛素瘤诊断困难,能谱CT可为其诊断提供一种新途径,且其联合MRI检查可以有效提高胰岛素瘤的诊断率。

#### 2.5 在评价胰腺癌抗血管生成治疗效果方面的应用

由于胰腺癌具有极高的恶性程度,因此采用合理的手术及治疗方案,提高生存质量和改善预后,已成为当前研究胰腺癌治疗的热点话题<sup>[29]</sup>。有研究表明CT灌注成像参数可以反映肿瘤组织的血供,能够评价肿瘤抗血管药物治疗的疗效<sup>[30-32]</sup>。但由于CT灌注成像易受到对比剂注射流率、对比剂浓度及其随时间的变化规律等因素的影响,其在临床的广泛应用受到限制。王明亮等<sup>[33]</sup>利用能谱CT成像评价胰腺癌抗血管生成的治疗效果,通过测定活体内肿瘤的碘含量及其变化,来反映肿瘤的血供情况,其结果表明能谱CT可以作为评价活体内肿瘤抗血管生成治疗疗效的一种新途径。能谱CT可以通过物质分离产生新的物质密度图像,比如碘、钙、水值等;还可显示不同物质衰减曲线图,为肿瘤的早期诊断及鉴别诊断、临床分期分级和评价治疗疗效等提供广阔的应用前景。

### 3 总结与展望

随着能谱CT的不断发展,为临床在进行疾病诊断、术前评估、术后指导提供了一种新途径。能谱CT可以根据临床不同需求选择合适的成像参数,清晰

展现病灶组织结构和形态特征,并且能够通过多参数成像对病灶的组织结构和功能状态进行量化检测,提高病灶的对比度和检出率,为临床提供指导。随着新技术的不断开发,能谱CT将会更加广泛地被应用于胰腺疾病的诊断与鉴别诊断当中,在疾病的科学预防、早期诊断、及时治疗中发挥更广泛的作用,为患者带来福音的同时推动影像医学的发展。

#### 【参考文献】

- [1] 胡志,余晓锴,康立丽,等.基于一种体模对CT能谱技术的质量检测[J].中国医学物理学杂志,2018,35(1):54-59.  
HU Z, YU X E, KANG L L, et al. Quality testing of CT spectroscopy based on a phantom[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(1): 54-59.
- [2] KHOKHLOVA T D, HWANG J H. HIFU for palliative treatment of pancreatic cancer[J]. Adv Exp Med Biol, 2016, 880(3): 83-95.
- [3] KUROKI T, EGUCHI S. No-touch isolation techniques for pancreatic cancer[J]. Surg Today, 2017, 47(1): 8-13.
- [4] JUNG D C, OH Y T, KIM M D, et al. Usefulness of the virtual monochromatic image in dual-energy spectral CT for decreasing renal cyst pseudoenhancement: a phantom study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 199(6): 1316-1319.
- [5] MATSUMOTO K, JINZAKI M, TANAMI Y, et al. Virtual monochromatic spectral imaging with fast kilovoltage switching: improved image quality as compared with that obtained with conventional 120-kVp CT[J]. Radiology, 2011, 259(1): 257-262.
- [6] YU L, LENG S, MCCOLLOUGH C H. Dual-energy CT-based monochromatic imaging[J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 199(Suppl 5): S9-S15.
- [7] HUANG J Y, KERNS J R, NUTE J L, et al. An evaluation of three commercially available metal artifact reduction methods for CT imaging[J]. Phys Med Biol, 2015, 60(3): 1047-1067.
- [8] FRAGULIDIS G P. Clinical implications of pancreatic cancer[M]. Milan: Springer, 2014: 405-407.
- [9] MICHL P, GRESS T M. Current concepts and novel targets in advanced pancreatic cancer[J]. Gut, 2013, 62(2): 317-326.
- [10] CHEN X H, REN K, LIANG P, et al. Spectral computed tomography in advanced gastric cancer: can iodine concentration non-invasively assess angiogenesis?[J]. World J Gastroenterol, 2017, 23(9): 1666-1675.
- [11] HU S, HUANG W, CHEN Y, et al. Spectral CT evaluation of interstitial brachytherapy in pancreatic carcinoma xenografts: preliminary animal experience[J]. Eur Radiol, 2014, 24(9): 2167-2173.
- [12] SIEGEL R L, MILLER K D, JEMAL A. Cancer statistics, 2016[J]. CA Cancer J Clin, 2016, 66(1): 7-30.
- [13] BROOK O R, GOURTSOYIANNI S, BROOK A, 等. 分次团注射能谱多层CT评价胰腺: 评估辐射剂量和肿瘤显示率[J]. 国际医学放射学杂志, 2013, 36(6): 583-584.  
BROOK O R, GOURTSOYIANNI S, BROOK A, et al. Fractional injection of energy spectrum multi-slice computed tomography to evaluate the pancreas: assessment of radiation dose and tumor display rate[J]. International Journal of Medical Radiology, 2013, 36(6): 583-584.
- [14] HU S, HUANG W, CHEN Y, 等. 利用能谱CT评估异种移植胰腺癌近距离放射治疗疗效: 初步动物实验[J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 37(6): 596.

- HU S, HUANG W, CHEN Y, et al. Evaluating the efficacy of brachytherapy for xenograft pancreatic cancer using energy spectrum CT: preliminary animal experiments [J]. *International Journal of Medical Radiology*, 2014, 37(6): 596.
- [15] 胡曙东, 谌业荣, 刘玉, 等. 能谱CT早期评价<sup>125</sup>I 粒子植入治疗胰腺癌效果实验研究[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24(12): 1086-1089.
- HU S D, ZHAN Y R, LIU Y, et al. Experimental study of early evaluation of <sup>125</sup>I seed implantation in the treatment of pancreatic cancer with energy spectrum CT [J]. *Journal of Interventional Radiology*, 2015, 24(12): 1086-1089.
- [16] 韦炜, 余永强, 李小虎, 等. 双能量能谱CT成像对壶腹周围癌诊断价值[J]. *放射学实践*, 2015, 30(10): 1026-1030.
- WEI W, YU Y Q, LI X H, et al. Dual-energy spectral CT imaging in the diagnosis of periampullary cancer [J]. *Radiologic Practice*, 2015, 30(10): 1026-1030.
- [17] 栗鸿民, 赵卫东, 蔡琳, 等. 能谱CT碘基团对胰腺癌生物治疗疗效的分析[J]. *中国当代医药*, 2012, 19(10): 13-14.
- LI H M, ZHAO W D, CAI L, et al. Efficacy analysis of energy spectrum CT iodine diagrams for biological treatment of pancreatic cancer [J]. *China Modern Medicine*, 2012, 19(10): 13-14.
- [18] 王琳娜. CT影像诊断在急性胰腺炎患者的诊断中应用价值[J]. *影像研究与医学应用*, 2018, 2(1): 149-150.
- WANG L N. The diagnostic value of CT imaging in the diagnosis of acute pancreatitis [J]. *Journal of Imaging Research and Medical Applications*, 2018, 2(1): 149-150.
- [19] 张军, 邓克学, 刘志远, 等. CT能谱成像鉴别诊断胰腺癌与肿块型胰腺炎[J]. *中国医学影像学杂志*, 2015, 23(4): 268-272.
- ZHANG J, DENG K X, LIU Z Y, et al. CT SPECT imaging in differential diagnosis of pancreatic cancer and lump pancreatitis [J]. *Chinese Journal of Medical Imaging*, 2015, 23(4): 268-272.
- [20] 郝风华, 张建红, 崔冰. 急性胰腺炎合并肝脏损伤的CT、超声影像诊断价值[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2015, 24(4): 473-475.
- HAO F H, ZHANG J H, CUI B. Diagnostic value of CT and ultrasonography in acute pancreatitis complicated with liver injury [J]. *Chinese Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2015, 24(4): 473-475.
- [21] BERMAN L, MITCHELL K A, ISRAEL G, et al. Serous cystadenoma in communication with the pancreatic duct: an unusual radiologic and pathologic entity [J]. *J Clin Gastroenterol*, 2010, 44(6): e133-e135.
- [22] 毕阳, 谢宝君. 多层螺旋CT对胰腺囊性肿瘤的诊断价值[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2014, 23(2): 234-237.
- BI Y, XIE B J. The diagnostic value of multislice CT in cystic neoplasms of the pancreas [J]. *Chinese Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 2014, 23(2): 234-237.
- [23] INAN N, ARSLAN A, AKANSEL G, et al. Diffusion-weighted imaging in the differential diagnosis of cystic lesions of the pancreas [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 191(4): 1115-1121.
- [24] 陈湘光, 杨志企, 黄送. 宝石能谱CT在诊断胰腺黏液性囊性肿瘤与浆液性囊腺瘤中的应用价值[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2016, 25(6): 698-701.
- CHEN X G, YANG Z Q, HUANG S. The value of gem energy spectrum CT in diagnosing pancreatic mucinous cystic neoplasm and serous cystadenoma [J]. *Chinese Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2016, 25(6): 698-701.
- [25] 宗子健, 王继萍, 姜文琰, 等. 宝石能谱CT对不同良恶性胰腺囊性肿瘤的鉴别价值[J]. *中国实验诊断学杂志*, 2015, 19(2): 262-263.
- ZONG Z J, WANG J P, JIANG W Y, et al. Diagnostic value of gemstone spectrum CT for different benign and malignant pancreatic cystic tumors [J]. *Chinese Journal of Laboratory Diagnosis*, 2015, 19(2): 262-263.
- [26] HALFDANARSON T R, RUBIN J, FARNELL M B, et al. Pancreatic endocrine neoplasms: epidemiology and prognosis of pancreatic endocrine tumors [J]. *Endocr Relat Cancer*, 2008, 15(2): 409-427.
- [27] 李白鸽, 许乙凯. 胰岛素瘤的影像学特点[J]. *临床放射学杂志*, 2010, 29(12): 1700-1704.
- LI B G, XU Y K. Imaging features of insulinomas [J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2010, 29(12): 1700-1704.
- [28] 张静, 林晓珠, 陈克敏, 等. MRI和能谱CT成像在胰岛素瘤诊断中的初步研究[J]. *临床放射学杂志*, 2014, 33(3): 368-372.
- ZHANG J, LIN X Z, CHEN K M, et al. Preliminary study on the diagnosis of insulinoma with MRI and energy spectrum CT imaging [J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2014, 33(3): 368-372.
- [29] 管莹, 刘白鹭. 能谱CT对胰腺疾病的诊断价值[J]. *放射学实践*, 2016, 31(1): 93-95.
- GUAN Y, LIU B L. The diagnostic value of spectral CT in pancreatic diseases [J]. *Radiologic Practice*, 2016, 31(1): 93-95.
- [30] THIAM R, FOURNIER L S, TRINQUART L, et al. Optimizing the size variation threshold for the CT evaluation of response in metastatic renal cell carcinoma treated with sunitinib [J]. *Ann Oncol*, 2010, 21(5): 936-941.
- [31] YANG H F, DU Y, NI J X, et al. Perfusion computed tomography evaluation of angiogenesis in liver cancer [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(6): 1424-1430.
- [32] FENG S T, SUN C H, LI Z P, et al. Evaluation of angiogenesis in colorectal carcinoma with multidetector-row CT multislice perfusion imaging [J]. *Eur J Radiol*, 2010, 75(2): 191-196.
- [33] 王明亮, 缪飞, 林晓珠, 等. CT能谱成像评价胰腺癌抗血管生成治疗价值的价值[J]. *放射学实践*, 2012, 27(3): 246-249.
- WANG M L, LIAO F, LIN X Z, et al. Evaluation of anti-angiogenic therapy for pancreatic cancer by CT SPECT imaging [J]. *Radiologic Practice*, 2012, 27(3): 246-249.

(编辑:陈丽霞)