

能谱 CT 的成像原理及对肺内病变诊断的研究进展

郭 葑 王胜林*

(承德医学院附属医院 河北 承德 067000)

【摘要】CT 能谱成像成为了近年来的新兴技术, CT 能谱成像可以获得更优质的图像, 可以通过基物质浓度、能谱曲线反映病灶的特征, 对于病变鉴别诊断具有很高的价值。肺内疾病种类繁多多样, 部分病变早期具有相似的表现, 目前对于肺内病变的鉴别诊断是影像医生诊断的难点。所以随着 CT 能谱成像的发展及在临床上的应用越来越广泛, 其成为了鉴别肺内病变的新手段。

【关键词】CT 能谱成像; 能谱曲线; 肺内病变

The principle of CT spectral imaging and its research progress in diagnosis of pulmonary lesions

Wei Guo Shenglin Wang*

(Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde, Hebei, 067000)

[Abstract]CT spectral imaging has become a new technology in recent years. CT spectral imaging can obtain better images, reflect the characteristics of lesions through base substance concentration and spectral curve, and has high value in differential diagnosis of lesions. There are many kinds of pulmonary diseases, some of which have similar manifestations in the early stage. Therefore, with the development of CT spectral imaging and its more and more extensive clinical application, it has become a new means of identifying pulmonary diseases.

[Key words]CT spectral imaging, Energy spectrum curve, Pulmonary lesions

1 引言

近年来新出现了一种新型的影像技术, 即 CT 能谱成像, 该新兴的技术不但能够对病变作出定量分析、获得多种多样的参数及基物质浓度来反映出病变血流的情况, 还可以获取能谱曲线, 从而反映出物质能量衰减的特征。该成像方式还可以减少患者的辐射剂量。同时其对于极其微小的病变的发现具有十分重要的意义。该成像技术的优势使其成为诊断肺内病变的重要途径。

2 能谱 CT 的基本硬件组成、基本原理及优势

2.1 能谱 CT 的硬件组成

①宝石探测器: 是采用了全新材料的探测器, 其标志性的特征是对 X 线的反应速度会非常快。②高压发生器: 为瞬时高压发生器, 其可以瞬时切换, 同时得到高、低双能的能量采样。③稳定的 X 线球管: 可使在 CT 能谱成像中进行物质分离和单光子成像。④GIS 系统具有多种多样的能谱学分析工具, 这些工具能为诊断医生提供了多种有价值的信息, 并能够同步看到物质分离的密度图象、混合以及单能量图象, 为诊断医师提供了更为便捷的方式。⑤MARs 技术: 可以更好的消除金属植入物、高密度物质的伪影。^[1]

2.2 CT 能谱成像的基本原理

能谱 CT 成像可以瞬间就实现 140 kVp 及 80 kVp 的高低双能的切换, 能谱 CT 的采集及处理几乎是同方向的。同时由于任何一种物质都具有特定的吸收效应, 那么我们可以利用 2 种不同物质的相应比例的基物质对一起来等效表示, 目前临床上使用最高的基物质对就是水和碘, 利用物质分离就可以得到水基图和碘基图。

另外能谱 CT 又能将普通 CT 成像的信息及原理放大, 从而使图象从以往的混合能图象转化为单能量的能谱图象, 这些单能图像是由于其能通过相对应能量的单能量 X 线从而得出的。就目前来说, 能谱 CT 可以生成从 40KeV 到 140KeV 之间的 101 个单能量图像, 这些单能图像的更有利于微小及小病灶的检出, 同时又可以提高图像质量以及降低辐射量, 所以说单能量图像可以优化传统 CT 的部分问题。

由于能谱 CT 可以获得从 40KeV 到 140KeV 之间的 101 个单能量图像, 利用 AWS 后处理系统就可以得到 101 个单能量图像下的 CT 值, 那么就可以生成一条曲线, 也就是能谱衰减曲线。由于 X 的波长不同的物质对 X 光线的吸收就会出现一定的不同, 所以说任何一种物质都有其相应的衰减系数, 也就可以形成对应的特征吸收曲线。按照该理论, 即可建立能谱曲线。不

同的能谱曲线，可以表明不同的组织构成。这也就表明我们可以利用能谱曲线去分析物质成分，对于良恶性的鉴别诊断、肿物的来源等方面的问题，提供诊断依据。

2.3 能谱 CT 的优势

传统 CT 具有一些问题，如检查时辐射大、多次重复扫描引起身体某些损伤，最重要的是对于病变的诊断缺乏一定的特异性^[2]。相对于传统的 CT 来说，CT 能谱成像的优势又是显而易见的，首先 CT 能谱成像使图像的质量得到了优化，同时又消除了硬化伪影。以头颅 CT 为例，患者颅脑术后植入的金属物质造成了周围放射状伪影，对于颅脑内正常组织结构的显示、病变的情况显示欠佳，从而对于影像与临床医生的观察及诊断造成了一定的影响。而能谱 CT 就因其具有 MARs 技术可以更好地消除了硬化伪影，使图像显示更清晰，得到更为准确的影像学资料^[3-4]。其次，CT 能谱成像能够针对临床的需求，从而选取不同的最佳单能量曲线。低 keV 水平的单能量图像更有助于人体内微小病灶的显示，由于它能够提高组织结构之间的对比、并且增加了密度的分辨率。而高 keV 水平与 MARs 技术的联合应用，进一步去除或减轻了金属植入物、高密度物质的伪影。

另外由于传统 CT 的辐射剂量要较大，技术人员就这一问题也提供了解决办法，比如通过利用自动管电流调节技术，或者降低了管电压以及增大了螺距等手段，但是这些方法在降低辐射的同时又都会同时增加图像的噪声比，也就降低了图像质量，这样就给诊断造成困难，并且这些手段虽然都降低了辐射剂量，但是降低的程度又都是十分有限的，效果并没有想象中的那么好。而能谱 CT 所独有的迭代重建技术明显减低了辐射剂量^[5]。而迭代重建技术是改良后的迭代重建算法，伴随着计算机技术的发展，MBIR 重建技术也逐渐的应用于临床，该技术在减低辐射剂量的同时，又可以大大减少了重建时间。之前就有一些学者通过研究发现^[6]，MBIR 技术可以有效减低患者进行腹部 CT 扫描时的剂量，MBIR 重建技术对于其他技术来说，在扫描时大约可以减少 60% 的辐射剂量。

此外曾有许多学者的研究表明^[7, 9]，用 70 keV 下的单能量能谱图像，此时腹部的实质脏器的对比噪声比能够大幅度的提高。尤其是对于肝脏来说，70keV 的单能图像的噪声是最低的，而且此时的对比噪声比更好，这就使肝转移瘤的检出更加容易且准确。国内也有学者发现^[8]，低能量的单能图像可以使肝脏的微

小病灶的检出率提高。

3 能谱 CT 对肺内病变诊断价值

CT 能谱成像作为新兴起来的影像诊断技术，其在临床中的应用范围逐渐扩大。并且近年来，在临床的实验研究上发现 CT 能谱成像在各种肿瘤病变的诊断中具有十分巨大的潜在价值。

3.1 肺癌、炎性结节鉴别诊断

肺内病变最为常见的是炎性病变和肿瘤，而这两种病变在影像及临床上的误诊率很高，是因为早期肺癌的最为常见的表现就是孤立的结节，而炎性病灶也是。目前我国世界上肺癌疾病的发生率超过全球，我国的新发患者约为全球的 37%，对社会造成的是巨大压力。所以需要提高对肺内良恶性病变诊断的准确性^[10-12]。

曾瑶^[13]的研究发现，炎性结节和肺癌比较，炎性结节在肺动脉期表现为明显强化，而在主动脉期能够持续强化。另外看到了肺癌和炎性结节的衰减曲线在双期中既不能重叠，也不能平行变化，这也表明了针对不同的细胞组织类型，其衰减曲线也有所不同，利用这个特点可以区分出不同性质的病变。另有林吉征等学者^[14]收集了 79 例 SPN 病人的临床资料进行研究分析发现，在两期扫描中，炎性病变组的能谱参数数值最高，恶性组的介于中间，而结核组的反而是最小。李明英等^[15]收集了临床上 70 例肺癌病人的资料，研究结果表明了炎症组和肿瘤组的碘值、能谱曲线斜率及 CT 值差异全部都具有统计学意义，这就证明了 CT 能谱成像技术能够对于肺癌病变不仅能提供定位信息，还能够提供定性的信息。

3.2 矽肺、肺结核的鉴别

矽肺的发生很可能和长期大量吸入了二氧化硅灰尘有一定联系，它可能会导致病人的肺部发生纤维化。最早矽肺的诊断主要依靠胸片，但是其空间分辨不够，对于肺纤维化的病情显示不够清晰，后来逐渐应用 CT 来鉴别，而传统的 CT 用来鉴别肺结核与矽肺，主要通过形态学和密度等进行分析；所以后来才有了 HRCT，其空间分辨率较传统 CT 高，并且可以清楚地显现出结核灶和矽肺结节，在检出微小结节、肺间质微小改变中检出率较高^[16]。而在近年来，CT 能谱成像有助于对肺内疾病的成分进行研究，为影像诊断提供了许多数据资料。陈步东等学者^[17]的研究就显示出如果利用能谱 CT 成像的物质分离技术能够测出肺内病变的 SiO₂ 值，对于矽肺病变的诊断起到很大的作用。

朱怡^[18]等的研究发现结核组的 SiO₂ (H₂O) 基物

质浓度比矽肺组明显增高, 并且 $\text{SiO}_2(\text{H}_2\text{O})$ 基物质浓度在所选取的三组能谱参数中的 AUC 值最大, 表明了其具有最高的诊断价值。另外他们也看到了在 40-70KeV 的范围内, 肺结核组的斜率并没有矽肺组的大, 因此也表明, 在此范围内, 矽肺的 X 线吸收系数更高。通过此研究可以发现对于肺结核及矽肺两种病变的鉴别来说, 能谱 CT 的基物质浓度及能谱曲线的斜率较传统 CT 来说提供了更为有价值的信息。

4 结语

综上所述, 作为一项新技术, 宝石 CT 能谱成像以低剂量、可获得更优质图像, 能提供多种反应病变参数的优势, 成为了目前 CT 发展的主流趋势, 极大地提高了影像与临床医生的诊断水平。对于肺内病变来说若尽早发现, 应对病变进行有效的鉴别, 就能对早期的治疗及患者的预后产生巨大且良好的作用。所以说能谱 CT 在肺内病变的应用上具有着较好的前景。相信在随着科技的发展与完善, 在不远的将来 CT 能谱成像会在临床中发挥更大的作用与优势, 开启全新的时代。而宝石能谱 CT 的发展, 离不开广大科研人员的研究, 希望大家可以加大研究力度, 全面发挥其在各个领域的优势, 促进 CT 能谱成像的更快发展。

参考文献:

- [1] 郭浩, 巴新茹, 刘奉立, 公佩友. CT 能谱成像基本原理及降低辐射剂量新技术 [J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(08): 1394-1397.
- [2] 田翠丽, 刘澜涛, 代光政, 等. MSCT 灌注成像在 SPN 鉴别诊断中的应用及对恶性结节分化程度的评价 [J]. 临床肺科杂志, 2018, 23(1): 134-138.
- [3] 戴钢, 邓克学, 韦炜, 等. 能谱 CT 平扫定量分析在非小细胞肺癌与炎性肿块中的鉴别价值 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2019, 25(1): 23-26.
- [4] 卢凤为. CT 能谱成像的基本原理与临床应用研究进展 [J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2019, 3(22): 4-6.
- [5] 叶伦, 叶奕兰, 冉良龙, 熊巧, 李敏, 方宏洋. 宝石能谱 CT 的成像原理及临床应用 [J]. 中华临床医师杂志 (电子版), 2013, 7(19): 8919-8921.
- [6] 宁培钢, 朱绍成, 史大鹏, 等. 高级迭代重建算法降低腹部 CT 剂量的潜能: 体模研究 [J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(12): 2243-2247.
- [7] Cui Y, Gao SY, Wang ZL, et al. Which should be the routine cross-sectional reconstruction mode in spectral

CT imaging: monochromatic or polychromatic [J]. Br J Radiol, 2012, 85: e887-890.

[8] Lv P, Lin XZ, Chen K, et al. Spectral CT in patients with small HCC: investigation of image quality and diagnostic accuracy [J]. Eur Radiol, 2012, 22: 2117-2124.

[9] Yamada Y, Jinzaki M, Tanami Y, et al. Virtual monochromatic spectral imaging for the evaluation of hypovascular hepatic metastases: the optimal monochromatic level with fast kilovoltage switching dual-energy computed tomography [J]. Invest Radiol, 2012, 47: 292-298.

[10] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020 [J]. CA Cancer J Clin, 2020; 70: 7-30.

[11] Wu F, Wang L, Zhou C. 中国肺癌: 现状与展望. Curr Opin Oncol. 2021 1 月; 33(1): 40-46. doi: 10.1097/CCO.0000000000000703.

[12] 梁海胜, 纪律. 多排螺旋 CT 灌注成像联合图像三维重建技术定性诊断孤立性肺结节的价值 [J]. 广西医学, 2020, 42(5): 543-547.

[13] 曾瑶, 潘勇, 吴伟锋. CT 能谱成像鉴别早期肺癌和炎性结节的临床价值 [J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(20): 48-49.

[14] 林吉征, 张亮, 邹婧, 等. CT 能谱成像诊断孤立性肺结节 [J]. 中国医学影像技术, 2014, 30(2): 224-228.

[15] 李明英, 王广丽, 崔丁也, 等. 能谱 CT 成像对肺癌分型的初步研究 [J]. 山东大学学报 (医学版), 2012, 50(12): 73-76.

[16] 刘海泽, 李丹丹. HRCT 对矽肺合并肺结核的诊断分析 [J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(10): 173-175.

[17] 陈步东, 贺文, 李剑颖, 等. 双能能谱 CT 定量检测尘肺 SiO_2 [J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(12): 2393-2397.

[18] 朱怡, 刘荣荣, 刘静, 李敏. 能谱 CT 成像在肺结核与矽肺结节鉴别诊断中的价值 [J]. 中国防痨杂志, 2020, 42(03): 240-244.

作者简介:

郭苇 (1997-), 女, 中国河北沧州人, 研究生, 从事胸部影像诊断研究。

通讯作者: 王胜林 (1964-), 男, 主任医师, 硕士研究生导师, 从事胸部肿瘤的影像诊断研究。