

能谱 CT 扫描水模不同基物质对准确性研究

韩铮, 刘爱连, 刘静红, 盖立平, 刘义军, 浦仁旺, 孙芹敏

【摘要】目的:利用单源双能 CT 成像技术,对标准水模进行能谱扫描,探讨其所测量的不同基物质对浓度值的准确性。**方法:**利用能谱 CT 成像(GSI)模式,扫描 GE 公司提供的标准水模。测量水-钙、水-羟基磷灰石(HAP)、水-碘、水-血和水-脂 5 组基物质对相应浓度值,采用单因素方差分析方法比较 5 组基物质对浓度之间差异是否有统计学意义;计算各组基物质对浓度值的平均值与标准差,与标准水基值(1000 mg/mL)进行比较。**结果:**5 组基物质对的浓度值差异无统计学意义($F=0.975, P=0.42$)。将 5 组基物质对浓度值的平均值与标准差分别与标准水基值(1000 mg/mL)进行比较,水-碘基物质对浓度值最优,水-钙基物质对其次,水-脂基物质对最差。**结论:**5 组基物质对用于物质定量分析无明显差异,其中水-碘为相对最佳基物质对。

【关键词】 能谱 CT 成像; 标准水模; 基物质对; 水-碘

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)01-0086-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.01.020

Study of the accuracy of different base materials with a standard water phantom by using single-source dual-energy CT HAN Zheng, LIU Ai-lian, LIU Jin-hong, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116000, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the accuracy of different base materials with a standard water phantom by using single-source dual-energy CT scanning. **Methods:** Single source dual energy CT scanning with GSI viewer was used to scan a standard water phantom provided by GE company. The concentration values of 5 groups of basal materials including water/calcium, water/HAP, water/iodine, water/blood, water/fat were measured. Single factor analysis of variance (ANOVA) was adopted for statistical analysis to compared the differences between the concentration value of these 5 groups of basal materials. The mean value and standard difference of the five groups were calculated and compared with the standard water-based values (1000mg/mL). **Results:** There was no significant difference in the concentration values of these five groups of base materials ($F=0.975, P=0.42$). To compare the mean value and standard difference of the five groups of basal materials with that of standard water based value (1000mg/mL) separately, the water/iodine value was the most optimal, the water/calcium was the second, while, the water/fat value was the worst. **Conclusions:** There was no significant difference in the values of the five groups of base materials acquired from the standard water phantom, however, the water/iodine value was the most optimal.

【Key words】 Gemstone spectral imaging; Standard water phantom; Base materials; Water-iodine

CT 因其成像快速、简便等特点,现已成为疾病诊断不可或缺的检查手段,CT 值作为主要诊断指标之一,常影响各种疾病的定量诊断。传统 CT 成像为混合能量,CT 值常不准确,而单源双能 CT 采用瞬时切换技术,可获取单能量成像,并根据特定物质在 X 线吸收中的表达规律,采用基物质配对的方法进行物质的分离,可以进行物质的定量分析。通过能谱 CT 成像(gemstone spectral imaging, GSI)原理可知,任何物质都有其对 X 线衰减的特征吸收曲线,其对 X 线的吸收系数可根据其他任意两种基物质对 X 线吸收系数推算获得,并根据特定物质在 X 线吸收中的表达规律,采用基物质配对的方法进行物质的分离,并进行物

质的定量分析^[1,2]。本研究通过标准水模的测量实验,进行物质的定量化研究,旨在探讨不同位置对于基物质对的浓度值测量的影响,并筛选出最佳基物质对。

材料与方法

1. 材料

标准水模(圆形,内径为 20 cm)由 GE 公司提供。采用 GE 公司能谱 CT 机(GE Discovery HD 750)进行扫描。扫描参数:球管转数选取 0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 和 1.0 s/周;管电流选取 260、275、360、375、550、600、630 和 640 mA;扫描野均选用大视野及中等视野;管电压均为高低能量(140 和 80 kVp)瞬时(0.5 ms)切换,随机形成 46 组扫描模式,在每组模式下分别选择不同螺距(0.984、1.375)、层厚(5 mm、1.25 mm),共采集 184 组序列图像。

作者单位:116000 大连,大连医科大学附属第一医院一部放射科
作者简介:韩铮(1988-),女,辽宁鞍山人,硕士研究生,主要从事腹部影像诊断工作。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(81470078)

2. 检查方法

5 mm 层厚每个序列采集 6 层图像, 1.25 mm 层厚共采集 24 层图像。所有原始数据传至 AW4.5 工作站, 利用 GSI general MD analysis 软件进行后处理, 生成五个基物质对图像, 分别为水-钙密度图、水-羟基磷灰石 (hydroxylapatite, HAP) 密度图、水-碘密度图、水-血密度图和水-脂密度图。每个序列选择第 4 层图像, 在水模中心选取圆形感兴趣区 (region of interest, ROI), 与水模呈同心圆排列, 面积为 $(600 \pm 30) \text{ mm}^2$, 记录为 ROIc (图 1)。测量上述五个基物质对的相关数值并记录。

3. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析, 分别统计 5 个基物质对的基物质值, 采用单因素方差分析进行比较, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 统计学分析结果

经统计学分析, 各组基物质对的浓度值差异并无统计学意义 ($F=0.975, P=0.42$), 即各基物质对用于物质定量分析是没有差异的。

2. 平均值法分析结果

对相同基物质对的测量数据取平均值和标准偏差, 标准水模的水物质分离的基物质值标准值为 1000 mg/mL , 5 个基物质对水-钙、水-HAP、水-碘、水-血、水-脂浓度值的平均值分别为 (1001.68 ± 0.18) 、

(1001.74 ± 0.24) 、 (1001.64 ± 0.15) 、 (1016.39 ± 15.68) 和 $(998.27 \pm 3.67) \text{ mg/mL}$ 。其中水-碘浓度值最接近标准值, 并且其标准差及 SD 值最小, 水-钙次之、水-血最差。

讨 论

随着 CT 技术的应用及发展, 人们不仅仅只关注 CT 图像形态学的变化, 单源双能 CT 基物质成像及单能量成像的普及和应用, 为人们打开了新的思路, 提供了新的研究方向。

众所周知, CT 成像原理是根据 X 光在物质中被吸收程度的不同而成像。物质原子量不同, 其吸收程度不同, 相应能量变化也不尽相同。依据每种物质对 X 线衰减特征曲线的不同, 通过计算, 以其对 X 线吸收比例不同的两种物质进行单独成像, 从而可实现物质分离, 将每种结构分解成对 X 线吸收比例不同的 2 种物质, 得出不同基物质对 (如水、钙、碘等) 的图像^[2-5]。

医学上最常把水和碘作为基物质对, 是因为水和碘在医学成像中比较接近常见的软组织和碘对比剂, 有助于对物质进行定量分析和理解。能谱分析软件中用于进行配对的基物质对包括水-钙、水-HAP、水-碘、水-血和水-脂等, 其中较常见的基物质对为水-碘、水-钙及钙-碘^[6]。在分析尿酸-钙配对基物质图像时, 可以根据钙基图像上的高钙浓度区分布范围以及尿酸基图像上的高尿酸浓度区分布范围来明确区分痛风石和

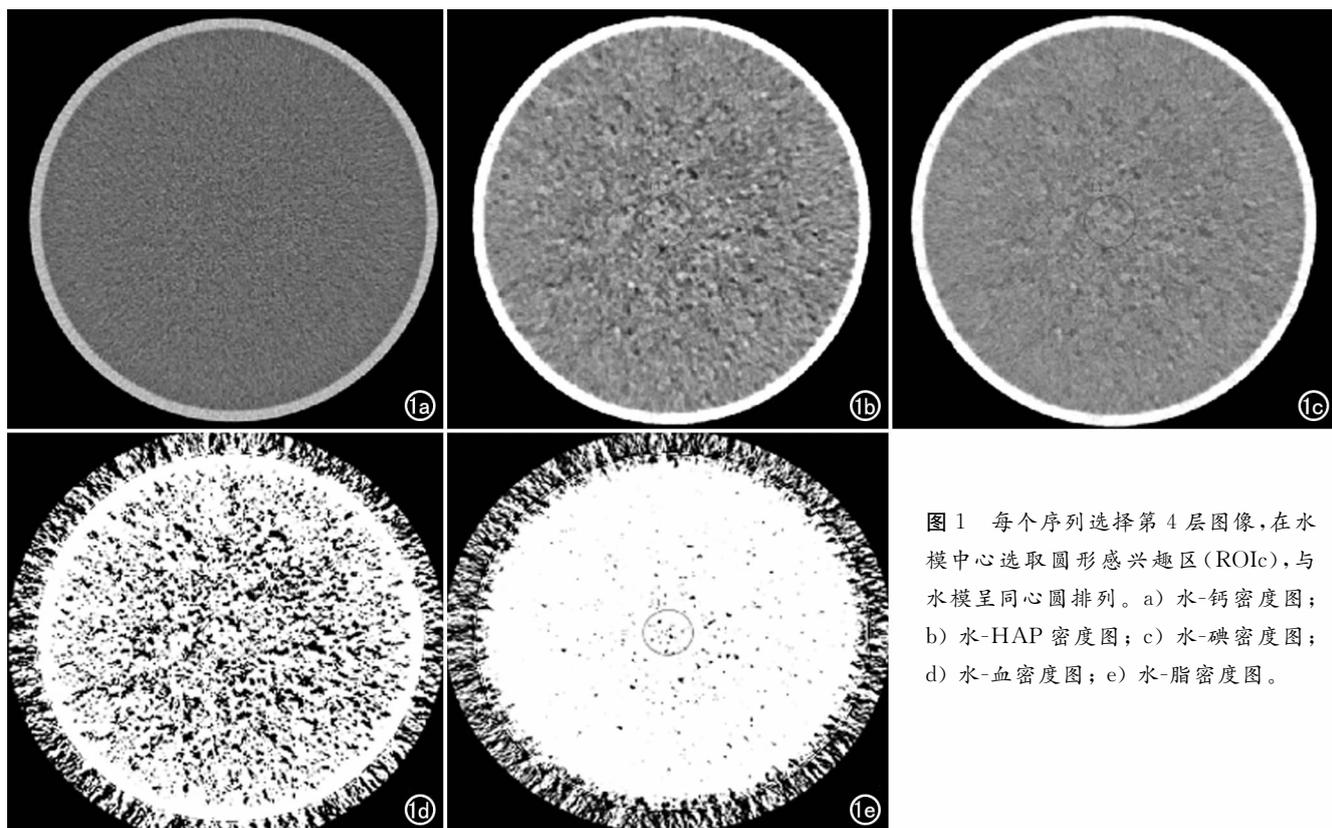


图 1 每个序列选择第 4 层图像, 在水模中心选取圆形感兴趣区 (ROIc), 与水模呈同心圆排列。a) 水-钙密度图; b) 水-HAP 密度图; c) 水-碘密度图; d) 水-血密度图; e) 水-脂密度图。

皮质骨;在水-钙基物质图像中,痛风石、肌肉、松质骨、皮质骨间在水(钙)浓度方面存在差异;同时在钙(水)浓度方面,痛风石与皮质骨、松质骨间也存在差异^[7]。任小璐等^[8]认为依据物质 CT 值衰减曲线可有效区分动脉粥样硬化斑块中的纤维成分、脂质成分及血栓样组织,并可根据脂质成分特征性曲线出现的范围来判断斑块中脂质成分的相对含量,从而评估斑块的稳定性;并且同时分析 3 种成分的碘-脂浓度值,发现它们之间 X 线衰减系数存在明显差异。在增强图像中,能谱 CT 的水基图像可以用于鉴别胰腺急性出血灶与胰腺正常实质组织,从而发现一些胰腺疾病所致的灌注异常^[9]。

本研究旨在通过体外模体模拟体内局部环境来寻找是否有较优的基物质对可对物质进行较好地定量分析,通过本研究证实,水-钙、水-HAP、水-碘、水-血和水-脂这五组基物质对的浓度值对于物质定量分析无明显差异,说明这些基物质对用于测量都是比较准确的。但是,通过五组基物质对平均值的比较,发现水-碘基物质对是最稳定的基物质对,其平均值更接近于标准水模的水浓度值(1000 mg/mL),并且标准差较小。说明用水-碘基物质对测量数值离散度小,稳定性好。而水-血基物质对标准差最大,说明虽然水-血基物质对测量的基物质值准确,但其离散度较大,稳定性差。因此,基物质对的检查能对疾病进行定量及定性分析,有望成为一种可靠的疾病鉴别诊断方法。

本研究为对基物质对进行研究的标准水模基础实验,基物质对的选择比较局限,仅包含水-钙、水-HAP、水-碘、水-血和水-脂这五种基物质对,并未涉及其他基

物质对,其他基物质对的应用及意义仍有待进一步研究和探讨;其次,本研究为体外标准水模研究,仍与人体内环境有所不同,其在临床工作中的可行性及应用价值仍有待进一步验证。

综上所述,能谱成像为 CT 研究开拓了新思路,具有可行性及推广价值。本研究通过标准水模基础实验对基物质对进行研究,运用宝石能谱 CT 成像的优势,利用基物质对的特性,对未来水模基础研究定量化有重要意义。

参考文献:

- [1] 张家宙,黄桂雄,龙荣贵,等. 宝石能谱 CT 的特点和临床应用[J]. 中国医学装备,2013,10(9):57-60.
- [2] 刘爱连,沈云,董越,等. 能谱 CT 临床应用图谱[M]. 北京:人民军医出版社,2012:18-25.
- [3] Zhang D, Li X, Liu B. Objective characterization of GE discovery CT 750 HD scanner: gemstone spectral imaging imaging mode[J]. Med Phys, 2011, 38(3): 1178-1188.
- [4] 任庆国,滑炎卿,李建颖. CT 能谱成像的基本原理及临床应用[J]. 国际医学放射学杂志,2011,34(6):559-563.
- [5] 黄仁军. 能谱 CT 的临床应用与研究进展[J]. 放射学实践,2015, 30(1):81-83.
- [6] 沈云. 宝石 CT 能谱成像原理及其扫描射线剂量[J]. 中国医疗设备,2012,27(9):13-16.
- [7] 王旭,李小虎,刘斌,等. 双能量能谱 CT 检测痛风石沉积的初步研究[J]. 安徽医科大学学报,2013,48(8):973-975.
- [8] 任小璐,刘云,王杏娟,等. 能谱 CT 评估颈动脉粥样硬化非钙化斑块成分[J]. 中国医学影像技术,2013,29(2):202-205.
- [9] Silva AC, Morse BG, Hara AK, et al. Dual-energy (Spectral) CT: applications in abdominal imaging [J]. Radiographics, 2011, 31(4):1031-1046.

(收稿日期:2015-07-13 修回日期:2015-08-17)

启 示

2015 年第 8 期《钼靶摄影质量控制对乳腺疾病诊断中的作用》通讯作者为谭剑,E-mail:tjian@fimmu.com。

(本刊编辑部)