

• 实验研究 •

能谱 CT GSI 扫描不同材质试管对水 CT 值及水(碘)浓度值影响的模体研究

方鑫, 刘义军, 刘爱连, 刘静红, 浦仁旺, 申佳庚

【摘要】 目的:探讨在单源双能 CT 的能谱成像中,不同材质试管对蒸馏水 CT 值及水(碘)浓度值的影响。**方法:**采用 GE HD750 能谱 CT 进行模体扫描,模体有 9 个直径相同的孔(中心 1 孔,外周 8 孔),外周 8 孔放置与模体相同材质的试管,中心孔放置不同材质的试管。根据中心孔放置的试管材质不同分为四组:A 组为 5 mL 医用注射器(聚丙烯,PP),B 组为有机玻璃试管(聚甲基丙烯酸甲酯,PMMA),C 组为玻璃试管,D 组为模体自带试管(聚乙烯,PE),扫描时试管内均充满蒸馏水,采用 GSI 扫描方式,每组扫描条件相同,各扫描 3 次,每组均扫描 12 层面(共获得 36 层图像数据),重建 70 keV 的单能量图像。分别测量各组中心孔试管蒸馏水的 CT 值及水(碘)浓度值并进行统计学分析。**结果:**A、B、C、D 四组试管中心的蒸馏水 CT 值分别为 (-2.08 ± 2.19) 、 (-2.77 ± 1.63) 、 (15.16 ± 0.89) 和 (-2.43 ± 1.27) HU,统计学分析结果显示 A、B、D 三组 CT 值差异无统计学意义($P > 0.05$),C 组 CT 值与其他三组比较差异均有统计学意义($P < 0.05$)。四组图像水(碘)浓度值分别为 (1000.74 ± 1.85) 、 (1001.37 ± 2.51) 、 (1002.48 ± 3.28) 和 (1001.71 ± 1.46) mg/cm³,四组水(碘)浓度值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**有机玻璃试管、医用注射器与模体自带的聚乙烯试管,对蒸馏水的 CT 值没有影响,而玻璃试管使蒸馏水的 CT 值明显提高;不同材质试管对 GSI 扫描的水(碘)浓度值没有影响。

【关键词】 试管材质; CT 值; 水(碘)浓度值; 能谱 CT; 体层摄影术, X 线计算机; 模体

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)09-0853-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.09.013

GSI phantom study with using test tubes made by different materials for the impact on the CT value of water and water-iodine concentration FANG Xin, LIU Yi-jun, LIU Ai-lian, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116011, China

【Abstract】 Objective: To investigate the impact of test tubes made by different materials on the CT value of distilled water and water (iodine) concentration during spectral imaging with mono-source dual energy CT. **Methods:** GE HD750 CT was used for scanning. The phantom had totally 9 holes, with 8 holes at periphery and 1 hole at the center. Eight test tubes made by the same material as the phantom was placed in the peripheral hole, while the test tube placed in the center was made by different material. They were divided into four groups according to the material: Group A, 5mL injector (polypropylene, PP); Group B, organic glass (poly methyl meth acrylate, PMMA); Group C, glass and Group D, the same material as the phantom (poly ethylene, PE). The test tubes were fulfilled with distilled water. 3 times were scanned for each group, using GSI mode and with the same technique. Data of twelve layers were acquired in each group (totally images of 36 layers). Mono-energy image of 70keV was used for reconstruction. The CT values of distilled water and water (iodine) concentration in each central test tube were measured respectively statistic analysis was performed. **Results:** The CT value of the distilled water in the central test tubes in group A, B, C, D was (-2.08 ± 2.19) HU, (-2.77 ± 1.63) HU, (15.16 ± 0.89) HU and (-2.43 ± 1.27) HU, respectively with no statistical difference among Group A, B and D ($P > 0.05$). Yet there was statistical significant difference between group C and the other three groups ($P < 0.05$). The water(iodine) concentration of Group A, B, C and D was (1000.74 ± 1.85) mg/cm³, (1001.37 ± 2.51) mg/cm³, (1002.48 ± 3.28) mg/cm³ and (1001.71 ± 1.46) mg/cm³ respectively, with no statistical difference ($P > 0.05$). **Conclusion:** There were no impact to the CT value of distilled water when using test tubes made by organic glass, injector and test tube made by the same material as the phantom, while test tube made by glass could obviously increase the CT value of distilled water. Test tubes made by different materials had no influence to the water (iodine) concentration during GSI scanning.

【Key words】 Test tube material; CT value; Water(iodine) concentration; Dual energy CT; Tomography, X-ray computed; Model

能谱 CT 的诞生,使得物质鉴别、组织成分分析成

为可能,与常规 CT 相比,能谱 CT 最显著的特征就是提供了多种定量分析工具和以多参数成像为基础的综合诊断模式,如基物质图像、单能量图像、能谱曲线等。

作者单位:116011 辽宁,大连医科大学附属第一医院放射科

作者简介:方鑫(1990—),男,辽宁沈阳人,住院医师,主要从事双低剂量扫描工作。

基金资助:国家自然科学基金(81470078)

其独特的多参数成像模式给长期习惯于单一诊断模式的影像科医生提出了前所未有的挑战^[1]。在实际科研工作中,可能会遇到用不同材料容器盛装体液、组织、实验试剂进行能谱扫描的情况。不同材料的容器是否会对上述物质的测量分析结果产生影响至关重要。本研究利用单源双能 CT 能谱成像对不同材质试管内的蒸馏水进行测量、分析,旨在探讨不同试管材料对蒸馏水的 CT 值及水(碘)浓度的影响。

材料与方法

1. 实验材料

9 孔模体(中心 1 孔,外周 8 孔)中心孔放置不同材质试管,根据中心孔试管材料不同分为四组:A 组为 5 mL 医用注射器(聚丙烯,PP),B 组为有机玻璃试管(聚甲基丙烯酸甲酯,PMMA),C 组为玻璃试管,D 组为模体自带试管(聚乙烯,PE),外周 8 孔放置模体自带的试管,所有试管内均充满蒸馏水。

2. 设备及检查方法

采用 GE 宝石能谱 CT 机(Discovery HD750)对四组模体分别进行相同条件的 3 次扫描。GSI 扫描参数:管电压 80 kVp 与 140 kVp 瞬切,螺距 1.375,层厚 5 mm,层间距 5 mm,管电流 275 mA,重建方式为 stand,扫描野为 M,共扫描 12 层,每组获得 36 层数据。

3. 图像处理

图像测量与分析均在 AW4.5 工作站进行,由两位分别有 5 年和 7 年阅片经验的影像诊断医师进行图像分析,测量时设定同样大小的感兴趣区(regions of interest,ROI),ROI 面积 44.66 mm²,ROI 测量区域选择在各组中央试管的中心位置,测量 70 keV 单能量条件下四组中心孔试管各层面的蒸馏水 CT 值,同时测量水(碘)浓度值(图 1~8)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,四组数据采用单因素方差分析进行组间比较,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

A、B、C、D 四组试管中央区 CT 值及水(碘)值采用单因素方差分析,比较结果见表 1,四组之间 CT 值差异有统计学意义($P=0.000$),C 组 CT 值明显高于其他三组。四组间水(碘)值差异无统计学意义($P=$

0.090)。CT 值的两两比较结果见表 2,结果表明 C 组中央区试管 CT 值与其他三组比较差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),其它各组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表 2 四组数据 CT 值两两比较结果(P 值)

组别	A 组	B 组	C 组	D 组
A 组	—	0.774	0.000	0.985
B 组	0.774	—	0.000	0.962
C 组	0.000	0.000	—	0.000
D 组	0.985	0.962	0.000	—

讨 论

CT 能谱成像的实现,是基于能量 CT 物理基础,CT 是通过测量 X 光在物体中的吸收进行成像的,而物质的吸收随 X 线能量变化而变化,如软组织和血液随能量变化的程度小,相反高原子量的物质,如骨骼和增强 CT 中使用的对比剂(以碘为主),随能量变化则比较强烈。任何物质都有对应的特征吸收曲线,这种吸收曲线能够用两个能量点来完整表达,所以当对同一物体用两种不同能量的 X 射线进行成像,就能确定一个吸收曲线,从而找到与吸收曲线对应的物质。人们能够通过能量成像方法来区分不同的物质,物理实验表明,任何一个物质对 X 射线的吸收都可以由任何另外两个物质(基物质对)的吸收来表达^[1]。本研究采用 GE HD 750 能谱 CT 的 GSI 扫描模式,研究不同材质试管中水的 CT 值、水(碘)值的影响。

本研究中 4 种不同试管材质分别为有机玻璃试管(聚甲基丙烯酸甲酯)、玻璃试管(二氧化硅)、医用注射器(聚丙烯)、模体自带试管(聚乙烯),玻璃试管的密度约为 2.5 g/cm³,其他三种试管构成成分有相似之处,密度约为 1.2 g/cm³,相对于玻璃试管而言密度较低。水的密度为 1 g/cm³,玻璃与水的密度差异较大,其余试管材质与水的密度近似,对水的影响程度较小。

CT 成像依赖于人体组织对 X 线的吸收作用。X 线通过人体时,其强度因受检层面组织、器官和病变等密度的不同,而产生相应的吸收衰减。通过检测 X 线穿过人体后减弱的程度、物质的厚度等,最终计算出物质的衰减系数,即 CT 值。CT 图像上各个像素的 CT 值代表相应单位容积的平均 CT 值,国际上规定了以 HU 为 CT 值的单位,作为表达组织密度的统一单位。通过公式计算得出水的 CT 值为 0,骨骼为 1000 HU,空气为 -1000 HU^[2]。常规 CT 仅以 CT 值进行组织

表 1 四组 CT 值、水(碘)值比较

指标	A 组	B 组	C 组	D 组	F 值	P 值
CT 值(HU)	-2.08±2.19	-2.77±1.63	15.16±0.89	-2.43±1.27	753.087	0.000
水(碘)值(mg/cm ³)	1000.74±1.85	1001.37±2.51	1002.48±3.28	1001.71±1.46	2.232	0.090

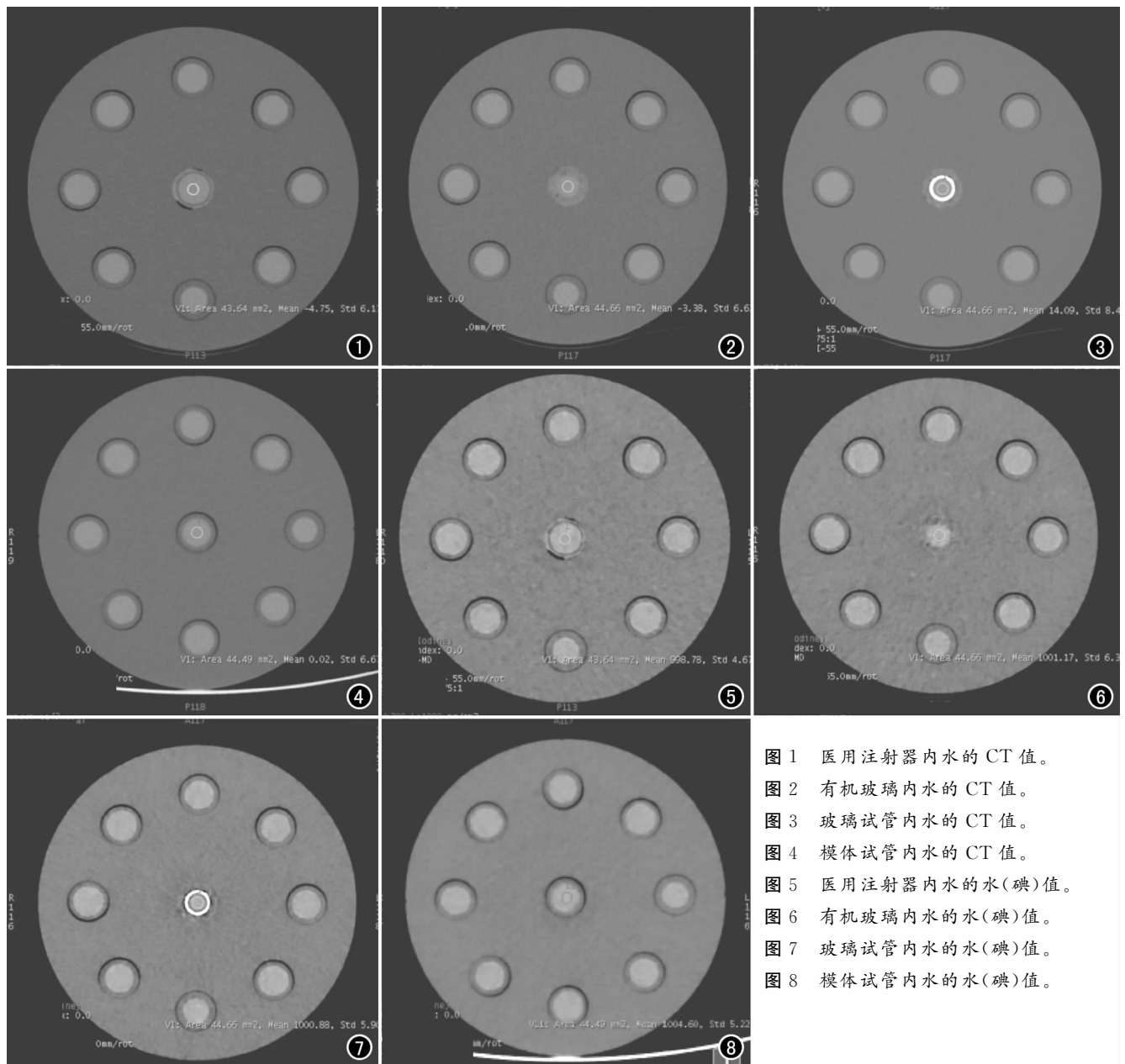


图 1 医用注射器内水的 CT 值。
 图 2 有机玻璃内水的 CT 值。
 图 3 玻璃试管内水的 CT 值。
 图 4 模体试管内水的 CT 值。
 图 5 医用注射器内水的水(碘)值。
 图 6 有机玻璃内水的水(碘)值。
 图 7 玻璃试管内水的水(碘)值。
 图 8 模体试管内水的水(碘)值。

的鉴别。当前常规 CT 中球管产生的 X 线具有连续的能量分布,用于成像的 X 线为混合能量射线,获得的图像体现的是混合能量的平均效应,因不同能量的 X 射线在人体内的吸收系数不同,连续能谱的 X 射线经过人体后,低能量射线易被吸收,高能量射线较易穿过,在射线传播过程中,平均能量变高,射线逐渐变硬,称为射束硬化效应^[3]。对原子量较高的物质如骨骼和碘对比剂等,这种选择吸收更明显,硬化现象更严重,影响诊断,有时较难消除,导致物质的 CT 值不准确,图像产生伪影,即射束硬化伪影 (beam hardening artifact, BHA)^[4]。硬化现象的另一个问题是在很多情况下不同物质具有相近或相似的 CT 值,无法对物质进行区分。本研究所选用的材料除了玻璃试管的密度远高于水外,其他三种的密度均略高于水。GSI 扫描虽然是两种能量的扫描,但在扫描时是两种混合能量的

扫描,采集的数据同样受到上述因素的影响,形成的单 keV 图像水的 CT 值高于其他三种材料试管内水的 CT 值。

从能谱成像的原理可以得知,任何物质的 X 线吸收系数可由任意 2 个基物质的 X 线吸收系数来决定,因此可将一种物质的衰减转化为产生同样衰减的 2 种物质的密度,这样可以实现物质组成分析与物质的分离^[5]。分离后的物质密度图像中每一个体素反映了相应的物质密度信息。原则上物质对的选择是没有局限的,但有研究发现水-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,说明水-碘基物质对测量数值离散度小,稳定性好^[6],因此,本研究选择水-碘作为基物质对,可以利用 GSI 技术扫描得到碘基图像,并且在基物质图像上准确测量水(碘)浓度^[7]。能

谱 CT 以瞬时双 kVp 技术为核心,即在 0.5 ms 内实现 80 kVp 与 140 kVp 的高速切换,通过单源、瞬时、同向双能采集而获取能谱图像^[8]。通过对能谱图像进行后处理,获得水基图像和碘基图像,可以判断病灶是否有碘摄入以及囊性病灶是否含水。本研究采用 GSI 扫描模式,通过水基与碘基物质分离得到的碘浓度测量值,结果差异小,说明能谱 CT 基物质对-水(碘)浓度不受试管材质的影响。

本研究属于初步的实验研究,仍存在一定局限性:本研究只选用 275 mA 进行 GSI 扫描,辐射剂量相对偏低,后续的研究将在此基础上进行不同辐射剂量的研究,通过能谱曲线进行对比分析;同时本研究只针对能谱 CT 基物质成像中的水(碘)浓度值进行了测量、分析,后续将对其他能谱基物质,如钙、脂肪等进行分析测定。

参考文献:

- [1] 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): 12-16.
- [2] 张云亭, 于兹喜. 医学影像检查技术学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000: 60.
- [3] Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: recognition and avoidance[J]. Radiographics, 2004, 24(6): 1679-1691.
- [4] Demirpolat G, Yuksel M, Kavukcu G, et al. Carotid CT angiography: comparison of image quality for left versus right arm injections[J]. Diagn Interv Radiol, 2011, 17(3): 195-198.
- [5] Wang XL, Meier D, Taguchi K, et al. Material separation in X-ray CT with energy resolved photon-counting detectors[J]. Med Phys, 2011, 38(3): 1534-1546.
- [6] 韩铮, 刘爱连, 刘静红, 等. 能谱 CT 扫描水模不同基物质对准确性研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(1): 86-88.
- [7] 王乐, 刘斌, 汪杰, 王万勤, 等. 能谱 CT 对碘含量测量准确性的实验研究[J]. 放射学实践, 2012, 27(3): 264-267.
- [8] 郑盛, 唐映梅, 杨晋辉, 等. CT 能谱成像鉴别肝癌和肝脏局灶性结节增生的临床价值[J]. 实用肝脏病杂志, 2013, 16(5): 411-415.

(收稿日期: 2015-10-22 修回日期: 2015-03-11)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录同济大学医学期刊网站(<http://www.fsxsj.net>)点击“放射学实践”进入本刊网站首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-83662875