597

辐射剂量和机型对瞬时 kVp 切换单源双能 CT 物质分离技术 肝脏铁与脂肪定量评估的影响

谢婷婷,曾建奇,石桥,黄嵘,冯飞,成官迅,郭金

【摘要】 目的:探讨辐射剂量、机型对瞬时 kVp 切换单源双能 CT 肝脏铁和脂肪沉积定量评估的 影响。方法:制作肝脏铁沉积体模(铁浓度分别为 50.000、25.000、12.500、6.250、3.125、0 mg/mL 大鼠 肝脏匀浆液)、脂肪沉积体模(脂肪体积百分比分别为100%、60%、30%、10%、0%大鼠肝脏匀浆液):① 应用 256-MDCT 分别以管电流 200、320、485 mA 扫描体模,管电压 80、140 kVp 瞬时切换,相应 CTDIvol 分别为 4.88,8.21,12.64 mGv; ②应用 64-MDCT 扫描体模,管电流为 375 mA、CTDIvol 为 12.92 mGy。以标准算法分别重建铁(水)、脂肪(水)基物质图像,将图像传至 ADW4.6 工作站,利用 GSI 分析 软件(GSI Viewer)分析,于体模内每个试管横断面中心放置3个直径为6mm、面积为28.26mm²圆形 感兴趣区(ROI),然后记录其平均值为各 ROI 虚拟铁浓度值(VIC)、虚拟脂肪浓度值(VFC),先对 256-MDCT 3 组辐射剂量下的 VIC、VFC 分别进行单因素方差(ANOVA)分析:再分析 256-MDCT 辐射剂 量为 12.64 mGy 下、64-MDCT 辐射剂量为 12.92 mGy 下, VIC 与肝脏铁浓度(LIC)相关性, VFC 与肝 实际脂肪浓度(LFC)的相关性。结果:①ANOVA 分析显示 3 组 CTDIvol 下肝铁沉积模型 VIC 组间差 异 P=0.993(F=0.007),组间差异无统计学意义;三组 CTDIvol 下肝脂肪沉积模型 VFC 组间差异P= 0.976(F=0.024),组间差异无统计学意义;即不同辐射剂量下测得的3组 VIC、VFC 组间差异均无统 计学差异。②256-MDCT 组 CTDIvol 为 12. 64 mGy 下与 64-MDCT 组 CTDIvol 为 12. 92 mGy 下,两 组铁沉积模型 VIC 与 LIC 均呈高度正相关,相关系数 r=0.998(P=0.000),256-MDCT 组 12.64 mGy 下拟合铁的线性方程为 y=2.179x-2.923(y 为 LIC,x 为 VIC,R²=0.996),64-MDCT 组 12.92 mGy 下拟合铁的线性方程为 y=2.714x+16.971 (R²=0.996);两组脂肪沉积模型 VFC 与 LFC 均呈高度正 相关,相关系数r=1.000(P=0.000);256-MDCT 组 12.64 mGy 下 Fat 线性方程;y=0.064x+23.44 (y为LFC,x为VFC,R²=0.868); 64-MDCT 组 375 mA 下 Fat 线性方程:y=0.09x-60.442 (R²= 0.994)。结论:辐射剂量对双能量 CT 物质分离技术定量评估肝脏铁、脂肪沉积无影响:256-MDCT 及 64-MDCT 所测的 VIC 与 LIC、VFC 与 LFC 均呈高度正相关,两个机型在铁定量评估 VIC 与 LIC 的相 关性、脂肪定量评估 VFC 与 LFC 的相关性无差异;本研究为今后临床低辐射剂量 CT 扫描下定量评估 肝脏铁、脂肪沉积奠定基础。

【关键词】 双能量 CT; 辐射剂量; 铁; 脂肪 【中图分类号】R814.42; R591.1; R575.5 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2019)06-0597-06 DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.06.001 开放科

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of radiation doses and machine type on the quantification of the liver-iron fraction and liver-fat fraction by using fast-kilovolt-peak switching dual-energy CT imaging and material decomposition technique XIE Ting-ting, ZENG Jian-qi, SHI Qiao, et al. Medical Imaging Center, Peking University Hospital Shenzhen, 518036, China

[Abstract] Objective: To investigate the effect of different radiation doses and machine type on the quantification of the liver-iron fraction and liver-fat fraction by using fast-kilovolt-peak switching dual-energy CT imaging and material decomposition technique. **Methods:** Liver-iron mixture samples and liver-fat mixture samples were prepared. For the liver-iron model (model A), six homogeneous liv-

作者单位:518036 北京大学深圳医院医学影像科(谢婷婷,曾建奇,石桥,黄嵘,冯飞,成官迅);200000 GE 中国 CT 影像研 究中心(郭金) 作者简介:谢婷婷(1988-),女,广东深圳人,硕十,主治医师,主要从事腹部影像诊断工作。

作者简介:谢婷妈(1988-),女,/ 东深列人,侧士,土冶医则,土安从事腹部彭傢该断工作

通讯作者:成官迅,E-mail:Chengguanxun@hotmail.com

er-iron mixed samples with iron content of 50,000,25,000,12,500,6,250,3,125 and 0mg/mL. For the liver-fat model (model B), five homogeneous liver-fat mixed samples with fat content of 1.0,0.6,0.3, 0.1 and 0mg/mL. ()All samples were scanned on 256-MDCT using GSI mode with rapid tube voltage switching between $80 \sim 140 \text{kVp}$, and with tube current 200 mA, 320 mA, 485 mA, respectively, and the CT dose index (CTDIvol) were 4.88,8.21,12.64mGy, respectively. 2) The 64-MDCT (Discovery CT 750HD, GE Healthcare) was used to scan model A and model B. The tube current was 375mA and CT-DIvol were 12, 92mGy, and the remaining scanning parameters were consistent with Revolution CT. The standard algorithm of 1.25mm was used to reconstruct Iron (water) and Fat (water) based matter images, respectively. After the CT scan reconstructed imaging data were processed with GSI imaging analysis software package (GSI Viewer) for material decomposition and characterization. Iron concentration (on iron-water bases) and fat concentration (on fat-water bases) measured with consistent region of interests (ROIs) placed in the tube center with a diameter of 6mm and area of 28. 26mm². Each sample was recorded at three different regions for average and statistical analysis. Oneway ANOVA was performed on three groups of VIC and VFC in 256-MDCT scan by using SPSS 20. 0 software. The correlation between VIC and liver iron concentration (LIC), the correlation between VFC and the liver fat concentration (LFC) was analyzed under 256-MDCT radiation dose of 12. 64mGy and 64-MDCT radiation dose of 12. 92mGy. **Results**: ①In model A, there was no significant difference in VIC between the three groups of CTDIvol, P value of ANOVA test was 0.993. In model B, there was no significant difference in VFC between the three groups of CTDIvol, P value of ANO-VA test was 0. 976. There was no significant difference between the three groups of VIC and VFC measured by different radiation doses. 2)Both 256-MDCT and 64-MDCT resulted good linear relationship between the VIC and LIC, and the correlation coefficient was 0.998 (P < 0.001) and 0.998 (P <0.001), respectively. And the linear correlation equation of model A were y=2.179x-2.923 (y stands for LIC, x stands for VIC, $R^2 = 0.996$), and y = 2.714x + 16.971 ($R^2 = 0.996$), respectively. Both 256-MDCT and 64-MDCT resulted good linear relationship between the VFC and LFC, and both of the correlation coefficient was 1.000 (P < 0.001). The linear correlation equation of model B scanned by 256-MDCT and 64-MDCT were y=0.064x+23.44 (y stands for LFC, x stands for VFC, $R^2=0.868$), and y=0.09x-60.442 ($R^2=0.994$), respectively. Conclusion; Different radiation doses had no effect on the iron content quantification and fat content quantification by using fast-kilovolt-peak switching dual-energy CT imaging and material decomposition techniques. The correlation between VIC and LIC, VFC and LFC measured by 256-MDCT and 64-MDCT was highly positive. There was no difference in the correlation between VFC and LFC, LIC and VIC of the two machine types. This study laid a foundation for the quantification of iron and fat in liver under low dose of CT in clinic.

[Key words] Dual-energy CT; Radiation dosage; Iron; Fat

肝脏铁沉积、脂肪沉积的定量测定可分别用于诊断肝血色病、脂肪肝,提示病程进展、评估临床疗效,并 对肝硬化结节的癌变起一定提示作用^[1-3]。传统 CT 通过 CT 值的升高、降低分别反映肝脏铁沉积、脂肪沉 积的情况,但在肝脏脂肪变性、钙、糖原、铁、铜沉积等 同时存在或多种存在的情况下,传统单能量 CT 无法 做到某一特异的物质分类和物质区分。如何区别具有 相同 CT 值的不同物质成分、如何在多种混合物质成 分里计算出某一特定物质成分浓度(如铁浓度,脂肪 浓度),对于疾病的诊断、临床疗效评估至关重要。双 能 CT 是解决以上问题的有效方法^[4-5],且近年来在临 床中开始发挥作用,但同时带来的相对较高电离辐射 也越来越引起公众和学者的关注^[6],且随着高分辨 CT的发展出现了不同机型的双能CT,不同机型的单 源双能CT(256-MDCT即Revolution CT,GE healthcare,U.S.A与64-MDCT即DiscoveryCT750HD; GE Healthcare,U.S.A)在铁定量、脂肪定量的准确性 是否一致也值得探讨。本研究利用瞬时 kVp切换单 源双能CT物质分离技术对肝脏铁沉积、肝脏脂肪沉 积体模进行扫描,研究辐射剂量、机型对肝脏铁沉积、 肝脏脂肪沉积定量测定的影响,旨在为临床低辐射剂 量CT扫描情况下定量测定肝脏铁、脂肪沉积奠定基 础,并探讨不同机型对肝铁、脂肪定量的影响。

材料与方法

1. 体外模型的制作

取 20 只正常 SD 大鼠,解剖并分离大鼠肝脏,冲 洗后剪碎、分装,置于 4 mL 聚氯乙烯(polyvinychlorid,PVC)管中,置于匀浆机中匀浆。重复匀浆操作,直 至新鲜肝组织全部制成匀浆,备用。

肝脏铁沉积模型的制作:将右旋糖酐铁[丹麦 Pharmacosmos公司,规格2mL:100mg(Fe)]与蒸馏 水配比为以下浓度50.000、25.000、12.500、6.250、 3.125、0mg/mL,以上浓度溶液各2mL,与2mL肝组 织匀浆液混合,置于规格为4mL的PVC管中,用悬 浮震荡仪充分震荡、使样本呈均匀外观,以上样本静置 6h以上不分层则认为模型制作成功。

肝脏脂肪沉积模型的制作:准备5支4mL的 PVC管,每管加入正常大鼠肝脏匀浆液,再加入体积 百分比分别为100%、60%、30%、10%、0%的纯甘油 三酯(橄榄油 Olivoila,Fat含量:100.0g/100g),保持 各管总体积为4mL。用悬浮震荡仪充分震荡、使样本 呈均匀外观,以上样本静置6h以上不分层则认为模 型制作成功。

2. 扫描步骤

应用 256-MDCT(Revolution CT,GE healthcare, U.S.A),按以下步骤进行扫描:①按照铁浓度从高到 低顺时针顺序将盛满右旋糖酐铁混合液的 PVC 管置 于 GE 公司标准体模内(体模内含 9 个凹槽,外周 8 个 中央1个,将盛满右旋糖酐铁混合液的 PVC 管按顺时 针顺序置入体模中外周凹槽内),开始扫描。②待肝脏 铁沉积模型扫描结束后,按照脂肪体积比从低到高顺 时针顺序将盛满脂肪-肝脏匀浆混合液的 PVC 管置于 GE 公司标准体模中外周凹槽内,开始扫描。③扫描 参数如下:管电压 80、140 kVp 瞬时切换;管电流分别 为 200、320、485 mA; 相应 CT 容积剂量指数(CT dose index,CTDIvol)分别为 4.88,8.21,12.64 mGy;转速 为 0.5 r/s, 视野 250 mm×250 mm, 重建层厚/间距 1.25 mm,螺距 0.984 mm,重建函数为 STND(此处无 全称,是机器上的一种重建方法,如 STND, SOFT, STND 代表的是标准算法重建, SOFT 代表的是软组 织算法,BONE代表的是骨算法),全模型迭代重建算 法 (adaptive statistical iterative reconstruction-V, ASiR-V)设为 0。在 3 组管电流下分别对肝脏铁沉积 体模、肝脏脂肪沉积体模扫描,共获得6组图像。

应用 64-MDCT (Discovery CT 750HD;GE Healthcare)对上述肝脏铁、脂肪沉积体模进行扫描,管电流为 375 mA、相应 CTDIvol 为 12.92 mGy,余扫

描参数与 Revolution CT 设置一致。以 1.25 mm 进行 无间隔标准算法分别重建铁(水)、脂肪(水)基物质图 像,自适应统计迭代重建算法(adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR)设为 0,共获得 2 组图像 (图 1、2)。

3. 数据测量

所有原始数据传至 ADW 4.6 工作站,利用 GSI general MD analysis 软件进行后处理分析,对肝脏铁 沉积体模、重建铁(水)为基物质对图像,对肝脏脂肪沉 积体模、重建脂肪(水)为基物质图像。于体模内各 PVC 管中心区画圆形的感兴趣区(region of interest, ROI)各 3 个,ROI 直径为 6 mm、面积为 28.26 mm², 记录后取其平均值为虚拟铁浓度值(virtual iron concentration, VIC)、虚拟脂肪浓度值(virtual fat concentration, VFC),纳入数据库。

4. 数据分析

使用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。①先对 256-MDCT 各组 CTDIvol 下的 VIC 与 LIC、VFC 与 LFC 分别进行相关性分析以验证 256-MDCT 的 VIC、VFC 分别用于肝铁定量测定、肝脂肪定量测定的可行性;②再对 3 组 CTDIvol 下 VIC、VFC 分别进行单因 素方差(ANOVA)分析,以探讨不同辐射剂量对 VIC、VFC 的影响。③然后对 64-MDCT 的 VIC 与 LIC、VFC 与 LFC 分别进行相关性分析以验证 64-MDCT 的 VIC、VFC 分别用于肝铁定量测定、肝脂肪定量测定的可行性;④最后对比 256-MDCT 辐射剂量为 12.64 mGy组、64-MDCT 辐射剂量为 12.92 mGy 组, VIC、VFC 的相关性。

结 果

铁定量测定组:ANOVA 分析显示 256-MDCT 3
组 CTDIvol,VIC 的组间差异 P=0.993,明显>0.05
(F=0.007),组间差异无统计学意义。

脂肪定量测定组:ANOVA 分析显示 256-MDCT 3 组 CTDIvol, VFC 的组间差异 P=0.976,明显> 0.05(F=0.024),组间差异无统计学意义(表 1)。

表1 不同辐射剂量下两组模型组间差异

体模组别	样本数 (个)	组别	ANOVA 分析		
			P 值	F 值	
铁定量测定组	18	3	0.993	0.007	
脂肪定量测定组	15	3	0.976	0.024	

256-MDCT 组 CTDIvol 为 12.64 mGy 下与 64-MDCT 组 CTDIvol 为 12.92 mGy 下,两组铁沉积模 型 VIC 与 LIC 均呈高度正相关,相关系数 r 分别为 0.998(P=0.000)、0.998(P=0.000),256-MDCT 组 12.64 mGy下 拟合铁的线性方程为y=2.179 x-



图 1 GSI viwer 视图下肝脏铁沉积模型铁物质图像,体模内 6 个试管按顺时针顺序依次为铁浓度 50.000、 25.000、12.500、6.250、3.125、0mg/mL 的大鼠肝脏匀浆液(图中箭号所指的试管为铁浓度 50.000mg/mL 的 大鼠肝脏匀浆液)。a) 辐射剂量 4.88mGy; b) 辐射剂量 8.21mGy; c) 辐射剂量 12.64mGy。

图 2 GSI viwer 视图下肝脏脂肪沉积模型铁物质图像,体模内 6 个试管按顺时针顺序依次为体积百分比分 别为 0%、10%、30%、60%、100%的大鼠肝脏匀浆液和水(图中箭号所指的试管为脂肪体积比为 0%的大鼠 肝脏匀浆液)。a)辐射剂量 4.88mGy; b)辐射剂量 8.21mGy; c)辐射剂量 12.64mGy。

2.923($R^2 = 0.996$, P = 0.000, F = 1112.086), 64-MDCT 组 12.92 mGy 下 拟合铁的线性方程为 y= 2.714x+16.971 ($R^2 = 0.996$, P = 0.000, F =1289.297);两组脂肪沉积模型 VFC 与 LFC 均呈高度 正相关,相关系数 r 分别为 1.000(P = 0.000)、1.000 (P = 0.000)。256-MDCT 组 12.64 mGy 下 Fat 线性 方程:y=0.064x+23.44 (y 为 LFC,x 为 VFC, $R^2 =$ 0.868, P = 0.014, F = 27.375); 64-MDCT 组 12.92 mGy下 Fat 线性方程: y = 0.09x - 60.442 ($R^2 = 0.994$, P = 0.002, F = 473.162, 表 2,图 3、4)。

讨论

在如肝血色病、病毒性肝炎、肝硬化等肝脏慢性疾

病中,存在铁沉积,且在铁沉积的基础上常常伴有不同 程度的脂肪变性,而酒精性、非酒精性、药物性脂肪肝 也常常伴有不同程度的肝脏铁沉积^[7]。在常规单能 CT 扫描图像上,铁沉积造成肝实质的 CT 值增加,CT 值>72 HU 提示肝脏铁沉积可能;而脂肪沉积时肝实 质密度减低,因此,肝脏铁沉积和脂肪沉积同时存在的 情况下,常规 CT 扫描的诊断准确性下降、可能存在漏 诊、高估或低估肝脏铁沉积、脂肪沉积的可能。

双能量 CT 是利用物质在不同 X 线能量下吸收能 力不同来提供比常规 CT 更多的成像参数和信息,不 仅能显示形态学的改变,而且可以量化反映组织在能 量学范畴的差异,提供诸多反映病灶本质特征的量化 指标^[8,9]。双能 CT 通过一次扫描可得到80 kVp 和

表 2 相近辐射剂量下两组模型 LFC 与 VFC 相关性结果比较

机型	铁沉积模型 VIC 与 LIC		脂肪沉积模型 VFC 与 LFC			
	相关系数r	<i>P</i> 值	线性方程	相关系数 r	P 值	线性方程
256-MDCT	0.998	0.000	y=2.179x-2.923	1.000	0.000	y=0.064x+23.44
64-MDCT	0.998	0.000	y = 2.714 x + 16.971	1.000	0.000	y=0.09x-60.442



图 3 不同机型、相似辐射剂量下肝脏铁沉积模型 LIC 与 VIC 相关性。

图 4 不同机型、相似辐射剂量下肝脏脂肪沉积模型 LFC 与 VFC 相关性。

图 5 不同辐射剂量下肝脏铁沉积模型 LIC 与 VIC 线性关系。

不同辐射剂量下肝脏脂肪沉积模型 LFC 与 VFC 线性关系。 图 6

140 kVp 两种能量的影像,依据物质在不同 kVp 下线 性衰减系数存在差别,原子序数越大的物质在两种能 量条件下的 CT 值相差越大,以此来区分不同物 质^[10]。本研究中双能 CT 物质的定量测定利用物质 分离技术,理论上讲任意物质的衰减曲线可用另外两 种其他物质的衰减来表达,这另外两种其他物质成为 基物质对,基物质对不代表确定物质的真实物理组成, 而是通过这两种基物质的组合来产生相同的衰减效 应,故能对所需检查物质成分的一种相对的表达,它更 多是用来分离不同的物质,而不是确定某种物质[11]。 Goldberg 等^[12] 对血色病狗模型的肝脏进行双能 CT (80/120 kVp)扫描,同时设计一系列梯度浓度的右旋 糖酐铁溶液体模,获得铁浓度与双能量 CT 差值的线 性关系,由此换算出狗模型肝脏中的测量铁含量,并与 肝穿刺活检结果进行相关性分析,结果显示一致性很 好(r=0.99)。此后,双能 CT 作为一种新型、无创性 定量测定肝脏铁含量的方法引起广泛关注。Fischer 等[13] 的离体研究证明应用双能 CT 物质分离法,研究 对以不同比例混合的脂肪和铁溶液[脂肪含量分别为 轻(10%)、中(30%)、重度(50%),铁含量 20,60,100, 200,400,800 umol/g]的体模进行双能量扫描后测定 铁含量,结果显示该方法可以特异性反映肝脏铁含量, 实现铁含量的准确测量。

本研究采用瞬时 kVp 切换单源双能 CT 物质分

对测值无影响。本研究的意义在于为今后临床低辐射 剂量下的双能量 CT 肝脏铁定量测定奠定基础。

的硬度会明显增加,X射线

的硬度大小可以间接由管

电压决定[14];此时管电压保

持80、140 kVp 瞬时切换, 故 X 射线的硬度保持不变,

本研究采用 256-MDCT 和 64-MDCT 分别对铁 沉积模型、脂肪沉积模型进行扫描及铁定量测定、脂肪 定量测定(CTDIvol分别为12.64 mGy、12.92 mGy), 结果显示 256-MDCT 与 64-MDCT 铁定量评估 VIC 与 LIC 的相关性无差异(相关系数 r=0.998, P=0.000),两个机型在脂肪定量评估 VFC 与 LFC 的相 关性无差异(相关系数 r=1.000,相应 P=0.000);提 示 256-MDCT 和 64-MDCT 的 VIC、VFC 均可分别用 于定量反映肝脏铁沉积、肝脏脂肪沉积,且均具有较高 的准确性。

随着 CT、MR 无创性肝脏铁、脂肪含量测定方法 的不断发展,特别是双能 CT 物质分离技术,能达到肝 铁、脂肪含量准确量化测定的目的;肝脏铁含量定量测 定对肝血色病、长期输血铁过载患者病情程度的判断、 治疗方案的选择和去铁治疗疗效评价均具有重要意 义;肝脏脂肪含量定量测定在不同脏器脂质代谢性疾 病(如脑、乳腺、骨骼)中具有广泛应用前景。本研究通 过体模实验,得出辐射剂量、机型均不影响双能 CT 物 质分离技术肝脏铁、脂肪沉积的定量测定,为今后临床 低辐射剂量 CT 扫描下测定肝脏铁、脂肪沉积奠定基 础。

参考文献:

- [1] Porter J.Garbowski M. Consequences and management of iron overload in sickle cell disease [C]. Hematology Am Soc Hematol Educ Program, 2013:447-456.
- Marsella M, Borgna-Pignatti C. Transfusional iron overload and iron chelation therapy in thalassemia major and sickle cell disease
 [J]. Hematol Oncol Clin North Am, 2014, 28(4):703-727.
- [3] 黄璐,韩瑞,夏黎明.分析 1.5T 与 3.0T MR 定量评价体外铁浓度 模型比较研究[J].放射学实践,2017,32(10):1014-1017.
- [4] Tomoko Hyodo, Masatoshi Hori, Peter Lamb. Multimaterial decomposition algorithm for the quantification of liver fat content by using fast-Kilovolt-Peak switching dual-energy CT: experimental validation[J]. Radiology, 2017, 282(2):381-389.
- [5] Ma J.Song ZQ, Yan FH. Separation of hepatic iron and fat by dual-source dual-energy computed tomography based on material decomposition: an animal study [J]. PLoS One, 2014, 9 (10): e110964.
- [6] 石磊,陈新月,李剑,等.双能量 CT 的多参数分析及其在肿瘤成像 中的应用[J].中国医疗设备,2017,32(11):18-22.
- [7] 马静,董海鹏,宋琼,等.双能 CT 扫描参数和算法对定量检测伴脂 肪沉积肝脏铁含量影响的实验研究[J].中华放射学杂志,2014,

48(4):333-336.

- [8] 严福华.重视腹部 CT 和 MR 新技术的量化研究和临床应用[J]. 中华放射学杂志,2013,47(2):101-103.
- [9] 许霄,黄求理,朱雪君,等.双能 CT 不同能量组合、重建算法及 ROI选择对家兔肝铁定量测量的影响[J].放射学实践,2018,33 (4):344-348.
- [10] Joe E, Kim SH, Lee KB, et al. Feasibility and accuracy of dualsource dual-energy CT for noninvasive determination of hepatic iron accumulation[J]. Radiology, 2012, 262(1):126-135.
- [11] 严福华,林晓珠.双能量 CT 的多参数分析和临床应用[J].中国 医学计算机成像杂志,2013,19(1):1-3.
- [12] Goldberg HI, Cann CE, Moss AA, et al. Noninvasive quantitation of liver iron in dogs with hemochromatosis using dual-energy CT scanning[J]. Invest Radiol, 1982, 17(4): 375-380.
- [13] Fischer MA, Reiner CS, Raptis D, et al. Quantification of liver iron content with CT-added value of dual energy[J]. Eur Radiol, 2011,21(8):1727-1732.
- [14] 盖立平,刘爱莲,孙美玉,等.管电流对能谱 CT 成像的影响[J]. 实用放射学杂志,2015,31(11):1860-1864.

(收稿日期:2018-08-12 修回日期:2019-01-09)

中国著名放射学家金征宇教授获德国放射学会荣誉会员称号



中国著名放射学家、中华医学会放射学分会 主任委员、北京协和医院放射科主任金征字教授 于2019年5月31日在德国莱比锡举办的第100 届德国放射学会年会上荣获德国放射学会荣誉 会员称号。

金征宇教授获此殊荣是德国放射学界乃至 国际放射学界对快速发展壮大的中国放射学界 的高度认同,是对金征宇教授为发展中国放射专 业学术水平、促进与德国及全球放射专业交流作

出杰出贡献的褒奖。金征宇教授此次获奖,德国有关新闻媒体也高度重视予以报道。

此前,金征宇教授已分别于 2014 年荣获北美放射学会终身荣誉会员,2016 年荣获日本放射学会终 身荣誉会员,2018 年荣获欧洲放射学会终身荣誉会员和法国放射学会终身荣誉会员,2019 年荣获美国 伦琴射线学会(ARRS)终身荣誉会员。

金征宇教授现任中华医学会理事、中华医学会放射学分会主任委员、中国医师协会放射医师分会候 任会长、中国医学装备协会副理事长、中国医学装备协会磁共振应用专业委员会主任委员、中国医疗保 健国际交流促进会放射学分会主任委员、中国老年医学会放射学分会主任委员、中国医师协会住院医师 规范化培训放射科专业委员会副主任委员、中国医学影像技术研究会副会长、中国医疗保健国际交流促 进会介入诊疗学分会名誉主任委员、ARRS会员、CIRSE会员、中华放射学杂志主编以及数十种期刊副 主编、编委。