

MSCT CARE Dose 4D 功能与螺距对图像噪声和辐射剂量的影响

吴爱琴, 郑文龙, 许崇永

【摘要】 目的:探讨 CARE Dose 4D 功能与不同螺距对图像噪声和辐射剂量的影响,以期通过合理利用 CARE Dose 4D 功能和螺距参数,提高 CT 图像质量、降低患者辐射剂量。方法:利用西门子 Somatom Emotion Duo 螺旋 CT 机和圆柱体体模($\varphi 30$ cm),使用成人胸部扫描方案,螺距分别采用 1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9 及 2.0 等 11 组,使用 CARE Dose 4D 功能扫描为实验组,不使用 CARE Dose 4D 功能扫描为对照组,设置质量参考 mAs 为 80,两组同时按不同螺距扫描体模,记录每次扫描自动显示的扫描时间、有效 mAs、容积 CT 剂量指数(CTDIvol)值,测量、记录两组相同位置共 88 幅图像兴趣区(ROD)CT 值的标准差(SD)的均数和标准差($\bar{x} \pm s$),以 SD 值代表图像噪声。结果:①随着螺距增大,扫描时间逐渐缩短,实验组有效 mAs 值在 29~31 之间波动,CTDIvol 值在 3.16~3.40 之间变动。对照组不同螺距有效 mAs 值、CTDIvol 值均保持不变。②在质量参考 mAs 为 80 时,实验组有效 mAs 值从 80 降低到 29~31 间,约下降 61.25%~63.75%,CTDIvol 值从 8.64 降低到 3.16~3.40 间,约下降 60.65%~63.43%,两值均以螺距 1.4 时最低,分别为 29(下降 63.75%)和 3.16(下降 63.43%)。③实验组不同螺距图像噪声经方差分析 $F \approx 0.143$ ($P > 0.05$)。实验组与对照组比较,实验组不同螺距图像噪声的均数和标准差均比对照组增加;两组相同螺距图像噪声当螺距为 1.0~1.9 时, P 值均 < 0.05 ,螺距为 2.0 时, $P > 0.05$ 。结论:CARE Dose 4D 功能具有实时在线调节辐射剂量作用,结合设计扫描螺距为 1.4 左右,能够显著降低辐射剂量,并能兼顾图像质量,具有临床应用价值。

【关键词】 噪声; 辐射剂量; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2010)09-1045-04

Study on influence of MSCT with CARE Dose 4D function and different pitch values on image noise and radiation dose WU Ai-qin, ZHENG Wen-long, XU Chong-yong, Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Zhejiang 325000, P R China

【Abstract】 Objective: To investigate the influence of multi-slice spiral CT (MSCT) with CARE Dose 4D function and different pitch parameters on the image noise and radiation dose, in order to optimize the pitch parameters and to use CARE Dose 4D function reasonably, as well as to improve the image quality and to reduce the radiation dose. **Methods:** The cylinder phantom ($\varphi 30$ cm) in Siemens Somatom Emotion Duo spiral CT was used in adult chest scanning protocol, various pitch values from 1.0~2.0 (which were divided into 11 groups as 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0) were used. Setting 80 mAs for the value of quality reference, the cylinder phantom was scanned by different pitch values in study group and control group according to whether with CARE Dose 4D function or without. The scanning time, effective mAs, the volume CT dose index (CTDIvol) automatically displayed on the equipment while scanning were recorded respectively. With standard deviation (SD) representing the image noise, the mean of SD and standard deviation ($\bar{x} \pm s$) of region of interest (ROI) at the same position of 88 images in two groups were measured and recorded. **Results:** ① The scanning time was gradually reduced while the pitch value increased. The effective mAs value of study group fluctuated within the range of 29~31, the CTDIvol value varied within the range of 3.16~3.40, but the effective mAs value and the CTDIvol value kept unchanged in control group. ② While setting 80 for the mAs of quality reference, the effective mAs value reduced from 80 to 29~31 (decreased by 61.25%~63.75%), the CTDIvol value reduced from 8.64 to 3.16~3.40 (decreased by 60.65%~63.43%). With the pitch value as 1.4, the effective mAs and the CTDIvol value was the lowest, which was 29 (decreased by 63.75%) and 3.16 (decreased by 63.43%) respectively. ③ Analyzed by variance analysis, the F value between different pitch values in image noise of study group was 0.143 ($P > 0.05$). Compared to the control group, the mean of SD and standard deviation of image noise in the study group increased in different pitch values. With the same pitch value (from 1.0~1.9), the image noise in the two groups analyzed was $P < 0.05$, and was $P > 0.05$ as the pitch value was 2.0. **Conclusion:** CARE Dose 4D technique provided a function that can regulate radiation dose real time on line, when in combination with the scanning pitch value as 1.4, which can not only reduce the radiation dose, but also improve the image quality and has remarkable clinical application value.

【Key words】 Noise; Radiation dose; Tomography, X-ray computed

医疗照射是公认的目前人类所受的最大人工电离辐射源,有学者认为,人群中医疗辐射量达30%~50%,而CT辐射是主要来源^[1]。降低人群CT扫描辐射剂量是当前放射学界的热点问题之一,设备系统的合理设计和性能的优化及扫描参数的适当选择是实现低剂量扫描的很好途径之一。本文通过体模扫描探讨CARE Dose 4D功能与不同螺距对图像噪声和辐射剂量的影响,以期通过合理利用CARE Dose 4D功能和螺距参数,提高CT图像质量、降低患者辐射剂量,更好地保护患者。

材料与方 法

采用西门子 Somatom Emotion Duo 螺旋CT机及圆柱形体模($\varphi 30$ cm),成人胸部扫描参数:130 kVp,质量参考80 mAs,采集 2×4 mm,层厚6 mm,旋转时间1.0 s,视野 $32 \text{ cm} \times 32 \text{ cm}$,螺距(pitch,P)分别使用1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9及2.0等11组,设使用CARE Dose 4D功能扫描为实验组,不使用CARE Dose 4D功能扫描为对照组,设置质量参考mAs为80,两组同时按上述不同螺距扫描体模,扫描起始与结束位置相同,记录每次扫描自动显示的扫描时间、有效mAs及容积CT剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol)值。

将扫描获得的22组不同螺距图像取相同层面的图像各4幅共88幅,每幅图像分别取中心及上下左右各相当于3、6、9、12点位置距水模边缘下方约1 cm处设置为感兴趣区(region of interest,ROI),ROI面积均为 103 mm^2 ,测量、记录各ROI的CT值的标准差(SD)值,以标准差(SD)值代表图像的噪声,每幅图像均测量10次,取其平均值。使用SPSS 11.5统计软件进行统计处理,分别计算出关闭和使用CARE Dose 4D功能时各组不同螺距扫描图像CT值的标准差(SD)的均数和标准差($\bar{x} \pm s$),计量资料经方差分析和 t 检验,比较差异是否有统计学意义(以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义)。

结 果

实验组和对照组各11组不同螺距的扫描时间(s)、有效mAs及CTDIvol和图像噪声的均数和标准差统计学分析见表1、2。

表中扫描时间(s)、有效mAs和CTDIvol值根据扫描时CT机自动显示、记录所得。

从两表可知,随着螺距增大,扫描时间逐渐缩短,实验组有效mAs值在29~31之间波动,CTDIvol值在3.16~3.40之间变动。对照组不同螺距有效mAs值、CTDIvol值均保持不变。

表1 实验组不同螺距的扫描时间、有效mAs及CTDIvol和图像噪声的均数和标准差

螺距	扫描时间(s)	有效mAs	CTDIvol(mGy)	图像噪声的均数和标准差
1.0	4.31	31	3.35	7.300±1.033
1.1	3.98	29	3.24	7.265±1.125
1.2	3.66	30	3.24	7.468±1.264
1.3	3.37	29	3.16	7.425±1.268
1.4	3.11	29	3.16	7.393±1.126
1.5	2.93	30	3.24	7.453±1.130
1.6	2.74	30	3.24	7.473±1.301
1.7	2.60	30	3.30	7.440±1.117
1.8	2.45	30	3.30	7.428±1.274
1.9	2.34	31	3.35	7.413±1.123
2.0	2.25	31	3.40	7.325±1.285

表2 对照组不同螺距的扫描时间、有效mAs及CTDIvol和图像噪声的均数和标准差

螺距	扫描时间(s)	有效mAs	CTDIvol(mGy)	图像噪声的均数和标准差
1.0	4.31	80	8.64	6.125±0.033
1.1	3.98	80	8.64	6.144±0.136
1.2	3.66	80	8.64	6.146±0.156
1.3	3.37	80	8.64	6.233±0.311
1.4	3.11	80	8.64	6.335±0.422
1.5	2.93	80	8.64	6.132±0.218
1.6	2.74	80	8.64	6.411±0.522
1.7	2.60	80	8.64	6.462±0.664
1.8	2.45	80	8.64	6.701±0.855
1.9	2.34	80	8.64	6.899±0.589
2.0	2.25	80	8.64	7.001±0.996

在质量参考为80 mAs时,实验组有效mAs值从80降低到29~31间,约下降61.25%~63.75%,CTDIvol值从8.64降低到3.16~3.40间,约下降60.65%~63.43%,有效mAs值和CTDIvol值均以螺距为1.4时最低,分别为29(下降63.75%)和3.16(下降63.43%);对照组有效mAs值、CTDIvol值均保持不变。

实验组11组螺距图像噪声比较经方差分析 $F \approx 0.143(P > 0.05)$,表明差异无统计学意义。实验组与对照组比较,实验组不同螺距图像噪声的均数和标准差均比对照组增加。两组相同螺距图像噪声经 t 检验分析得:螺距为1.0~1.9时, t 值分别为7.191、6.257、6.565、5.774、5.565、7.260、4.791、5.538、2.997、2.564, P 值均 < 0.05 ,仅螺距为2.0时, t 值为1.260, $P > 0.05$ (图1、2)。

讨 论

1. 容积CT剂量指数(CTDIvol)和螺距(pitch)

现在比较公认的辐射剂量表征量有CT剂量指数100(CTDI100)、加权CT剂量指数(CTDIw)以及容积CT剂量指数(CTDIvol)^[2],这些辐射剂量表征量并不直接表明受检者接受的剂量,但与其密切相关,并与吸收剂量有相同的量纲,都以mGy为单位。

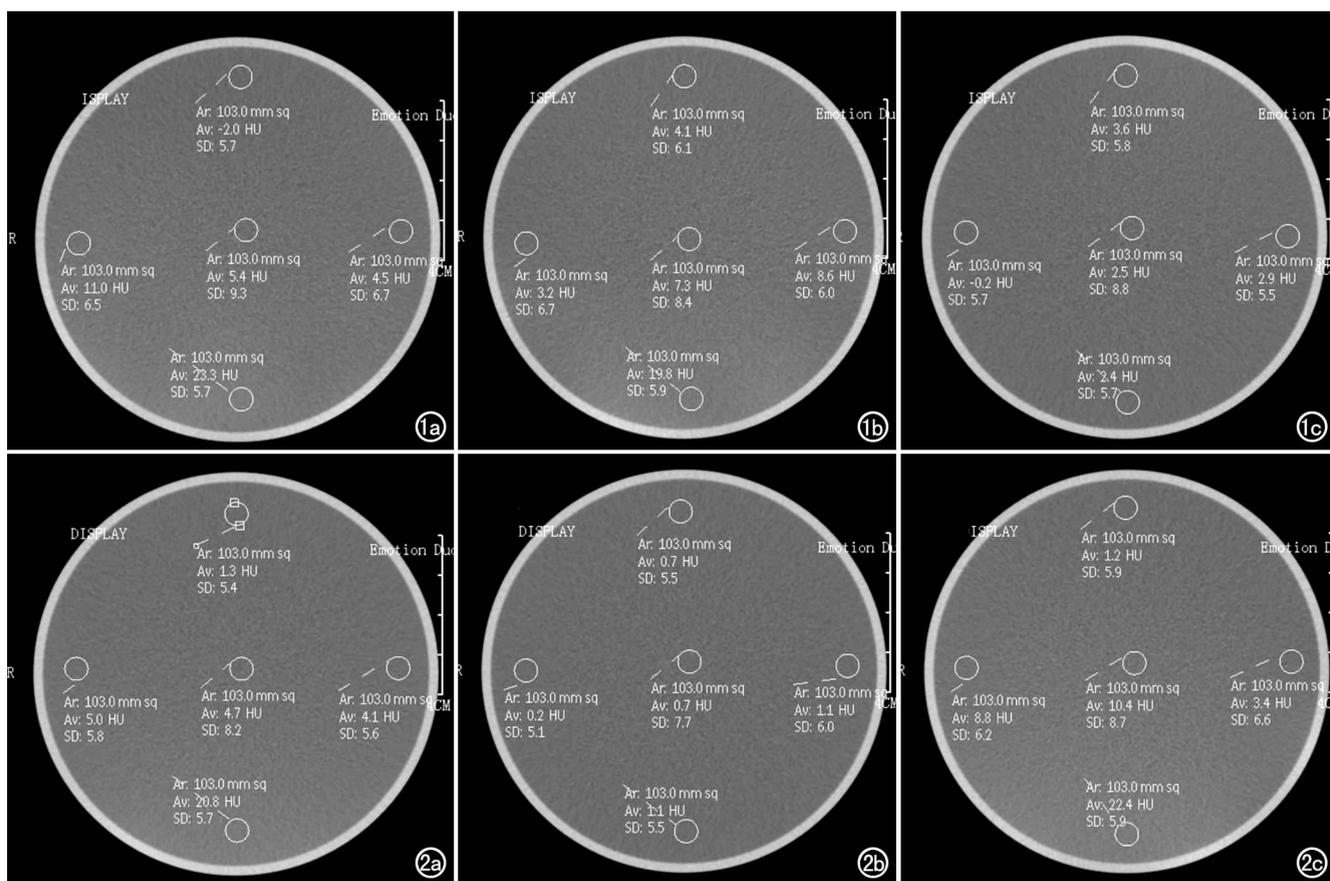


图1 实验组的ROI及测量数据。a) 螺距为1.0时的体模扫描图像; b) 螺距为1.4时的体模扫描图像; c) 螺距为2.0时的体模扫描图像, 示不同螺距图像噪声的差异无统计学意义。图2 对照组的ROI及测量数据。a) 螺距为1.0时的体模扫描图像; b) 螺距为1.4时的体模扫描图像; c) 螺距为2.0时的体模扫描图像, 示不同螺距图像噪声的差异具有统计学意义, 螺距增大, 图像噪声也增大。

CTDI₁₀₀是最基本的反映X-CT机扫描剂量特征的表征量,可用于统一比较X-CT机性能;加权CT剂量指数(CTDI_w)反映所扫描平面内的平均剂量;容积CT剂量指数(CTDI_{vol})是近年来由IEC(国际电工委员会)新定义的CT剂量表征量,反映整个扫描容积中的平均辐射剂量,并广泛运用于CT技术工作中,多数CT设备都可自动给出CTDI_{vol}值。虽然CT机扫描仪显示的CTDI_{vol}值比实际测量计算得到的值要低,但是CTDI_{vol}值和受检者器官接受剂量相差不大,但也有国外学者提出权重CTDI_{vol}值这一概念来估算CT受检者的器官接受剂量^[3]。在受检者的辐射防护上,采用CTDI_{vol}值进行辐射剂量的对比仍然是很有价值的。

国际电工委员会(IEC)将螺距或称为螺距因子定义为:

$$\text{CT螺距因子} = \frac{\Delta d}{N \times T}$$

其中N为一次螺旋扫描产生的断层数,它等于某次扫描中所用的数据通道的数目,T为扫描层厚, Δd 为X射线管每旋转一周诊视床移动的距离。故螺距

即为扫描机架旋转一周诊视床移动的距离与所使用探测器阵列的总宽度之比。

2. 螺距的改变对辐射剂量的影响

优化扫描参数,降低扫描辐射剂量的方法很多,如降低管电压,降低管电流,增加螺距等。研究表明:当扫描长度一定时,扫描辐射剂量随着螺距的增大而减少,即辐射剂量与螺距成反比,这是由于扫描Z轴上某一点的受照时间缩短所致^[3]。但随着螺距的增大,层面敏感性曲线增宽,使影像在Z轴的空间分辨力下降^[4],故在保证图像质量的前提下,尽量采用大螺距扫描,可减少患者的受照剂量。但本研究对照组数据显示,随着螺距从1.0逐渐增大到2.0,扫描时间从4.31s相应缩短至2.25s,但有效mAs、CTDI_{vol}值却保持80和8.64不变,究其原因是不使用CARD Dose 4D功能时,有效mAs等于质量参考mAs即扫描mAs固定于80,随着扫描时间的缩短而相应增加了毫安量补偿。因此,恰当的质量参考mAs值也是降低扫描辐射剂量的因素之一。

3. CARE Dose 4D 功能的作用原理

CARD Dose 4D是一个自动曝光控制系统,基于

操作者定义的图像质量参考 mAs,系统会根据患者身材和脏器的解剖形态自动调整球管电流,以及对于每一个球管旋转的在线可控式球管电流调制。也就是说 CARE Dose 4D 会自动根据患者身材和扫描范围内射线的衰减变化自动调整(有效)mAs。而图像质量参考 mAs 的设置,是根据诊断要求和放射科医师各自的偏好来调整图像质量(图像噪声)的。其调制技术包括:

①轴位球管电流调制:基于单幅定位像(前后位和侧位),从投照的方向测定沿患者身体长轴的衰减系数分布图并通过一个复杂的算法对垂直方向的衰减分布图进行估计,并由一个解析函数确定,该函数可以对每个扫描层面的剂量和图像噪声进行优化。②成角球管电流调制:基于上述轴位球管电流分布图,在每次球管旋转过程中,系统会根据患者不同角度的衰减分布图自动调制球管电流。因此,CARE Dose 4D 技术可以通过 X 轴、Y 轴、Z 轴及时间四维空间实时分析每例 CT 扫描患者的解剖部位,相应调节曝光量^[5],以获得最佳的 X 线强度分布,使得在较低的射线剂量水平上提供稳定的图像质量。

4. 使用 CARE Dose 4D 功能对降低辐射剂量的作用

本文资料结果表明:在质量参考 mAs 值 80 时,不使用 CARE Dose 4D 功能,不同螺距扫描的有效 mAs、CTDIvol 值均保持不变,辐射剂量没有减少;使用 CARE Dose 4D 功能,不同螺距扫描的有效 mAs、CTDIvol 值均显著下降,辐射剂量显著减少,但不同螺距间的有效 mAs、CTDIvol 值有所不同,螺距 1.4 时,

有效 mAs、CTDIvol 值最低(分别下降 63.75%、63.43%);使用 CARE Dose 4D 功能,不同螺距扫描的组间图像噪声差异无统计学意义。其原理是使用了 CARE Dose 4D 功能,在其他扫描参数不变的情况下,mAs 随着螺距而改变,大螺距时适当自动增加 mAs,小螺距时适当自动降低 mAs,使得每幅图像的光子量无明显变化,故使用 CARE Dose 4D 功能不同螺距扫描的组间图像噪声保持在相同或相近的水平。

综上所述,CARE Dose 4D 功能具有实时在线调节辐射剂量作用,既可以提高射线的利用效率从而降低辐射剂量^[6],又能保证图像质量;结合设计扫描螺距为 1.4 左右,能够显著降低辐射剂量,并能兼顾图像质量,因此具有临床应用价值。

参考文献:

- [1] Paterson A, Frush DP, Donnelly LF. Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients[J]. AJR, 2001, 176(2): 297-301.
- [2] 刘彬,白枚,费晓璐,等. CT 剂量表征量的选择[J]. 中国医疗设备, 2008, 23(3): 54-56.
- [3] 路鹤晴,朱国英,卓维海,等. 医用 X 射线 CT 辐射剂量影响因素研究[J]. 上海医学影像, 2008, 17(2): 93-96, 136.
- [4] Polacin A, Kalender WA, Marchal G. Evaluation of section sensitivity profiles and image noise in spiral CT[J]. Radiology, 1992, 185(1): 29-35.
- [5] 杨杰,冷建文,吴南洲,等. 用 CARE Dose 4D 技术进行胸部扫描的临床价值[J]. 医械临床, 2008, 29(3): 88-89.
- [6] 安瑞金,黄岗. CT 图像质量和辐射剂量的影响因素研究[J]. 生物医学工程与临床, 2009, 13(2): 92-95.

(收稿日期:2010-02-25 修回日期:2007-04-27)

SCI 收录的《中国神经再生研究(英文版)》(NRR)杂志征订及组稿

NRR 杂志由中国卫生部主管,中国康复医学会主办,中国科学出版社出版,《中国神经再生研究(英文版)》杂志社编辑。主要发表神经再生领域应用基础及临床研究的专业性学术期刊。NRR 杂志为月刊,CN 5422/R,ISSN 1673-5374,国际发行代号 M8761,CODEN:NRREBM。

NRR 杂志从 2008 年 1 月已被科学引文索引(SCI)、美国生物学文摘数据库(BP)、美国《化学文摘》(CA)、荷兰《医学文摘库/医学文摘》(EM)、SCOUPS 数据库、波兰《哥伯尼索引》(IC)、中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库等多家国内外著名数据库收录。

2009 年 NRR 杂志出版重点:神经损伤修复过程中原位神经干细胞以及移植的神经干细胞的作用及其机制研究,神经组织工程、神经退行性疾病组织形态学变化以及中医药对神经细胞、神经组织再生过程中生理、病理及组织结构变化影响的相关研究。NRR 关注全球范围内具有创新性的抑制、促进或影响神经再生结构变化相关机制的研究,以及由此而发生的一系列功能变化及其相互关系。作为 SCI 收录期刊,NRR 杂志以面向国际、立足国际为宗旨,以创办好学科界专家公认的学术期刊为不懈的工作目标。

订阅汇款:110004 沈阳 1234 邮政信箱 网站:www.sjzsyj.com 电话:024-23380579