

· 实验研究 Experimental research ·

C 型臂 CT 成像有效剂量估算及新旧 ICRP 建议书差异比较

刘相花, 白 玫, 刘 彬

【摘要】 目的 对 C 型臂 CT(DynaCT)头胸腹扫描辐射剂量进行综合分析并对比国际放射防护委员会 ICRP 60 和 ICRP 103 组织器官权重因子变化对 DynaCT 成像所致有效剂量的变化。**方法** 采用在模拟人体模布放热释光剂量计的方法获得 DynaCT 头胸腹成像器官剂量,再根据不同版本 ICRP 组织权重因子对器官剂量加权求和获得头胸腹扫描各自的有效剂量。分析 3 个有效剂量变化趋势及原因。**结果** 采用 ICRP60 计算得到 DynaCT 成像有效剂量为:头部(男性 0.80 mSv,女性 0.79 mSv),胸部(男性 6.13 mSv,女性 6.12 mSv),腹部(男性 8.46 mSv,女性 8.48 mSv),采用 ICRP103 计算得到的有效剂量分别为:头部(男性 1.28 mSv,女性 1.29 mSv),胸部(男性 7.51 mSv,女性 7.52 mSv),腹部(男性 9.21 mSv,女性 9.27 mSv)。有效剂量相对增加头部(男性 59.81%,女性 62.81%),胸部(男性 22.72%,女性 22.95%),腹部(男性 8.91%,女性 9.35%)。**结论** 由于器官权重因子变化造成了不同部位器官当量大小改变。ICRP103 组织器官权重因子的调整导致了 DynaCT 头胸腹成像所致有效剂量的增加,而且对于不同性别和扫描部位的影响差异明显。

【关键词】 C 型臂 CT; 有效剂量; 权重因子

中图分类号:R445 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2010)-10-0807-04

Calculation of effective dose for DynaCT and comparison of the ICRP 60 with ICRP 103 LIU Xiang-hua, BAI Mei, LIU Bin. Department of Medical Engineering, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China

Corresponding author: BAI Mei

【Abstract】 Objective To analyze and compare the effective dose variations in head, thorax, and abdomen examinations with a C-arm CT system (Dyna CT) by using different tissue weighting factors recommended by ICRP 60 and ICRP 103. **Methods** Organ doses of three areas (head, thorax, and abdomen) produced by Dyna CT scanning were measured by using an anthropomorphic phantom which was equipped with thermoluminescent dosimetry. The effective doses were respectively calculated by using the tissue weighting factors provided by different ICRP recommendations. **Results** When calculated by ICRP 60, the effective dose for head was 0.80 mSv (male) and 0.79 mSv (female), while it was 6.13mSv (male) and 6.12 mSv (female) for thorax, 8.46 mSv (male) and 8.48 mSv (female) for abdomen. If calculated by ICRP 103, the effective dose was 1.28 mSv (male) and 1.29 mSv (female) for head, 7.51 mSv (male) and 7.52 mSv (female) for thorax, 9.21 mSv (male) and 9.27 mSv (female) for abdomen. Compared to the effective dose calculated by ICRP 60, the effective dose calculated by ICRP 103 would increase by 59.81% for male and 62.81% for female (head), 22.72% for male and 22.95% for female (thorax), 8.91% for male and 9.35% for female (abdomen). **Conclusion** The changes of the weighting factor for ICRP 103 varies the contribution to effective dose from each organ and lead to the increase of the effective dose in DynaCT imaging which results in a significant difference between different gender and different scanning protocols. (J Intervent Radiol, 2010, 19: 807-810)

【Key words】 C-arm CT; effective dose; weighting factor

国际放射防护委员会(ICRP)是致力于研究电

离辐射防护的权威性国际组织。其技术报告是各国制订辐射防护法规、标准和指导防护实践的主要依据。ICRP60 号出版物和 ICRP103 号出版物是国际

作者单位:100053 首都医科大学宣武医院医学工程科
通信作者:白 玫

放射防护委员会颁布出组织器官权重因子。ICRP60 号出版物是 1990 年在面对既如何适应放射防护学新数据的变化,又照顾核工业防护水平提高的实际可能性情况下发表的。ICRP103 号出版物是 2007 年出版的,集中反映了当前放射防护的最新研究进展,在 ICRP60 建议的基础上更新了当量剂量的辐射和组织权重因子^[1-5]。

DynaCT 是西门子公司所推出的 C 型臂 CT 成像设备的商用名称。C 型臂 CT 是将 C 型臂数字平板探测器血管造影系统与改进的 CT 重建技术相结合的医用成像设备,不仅可以实现三维血管造影的重建,还可以进行 CT 成像,生成类似 CT 的软组织断层图像^[6-7]。在临床中利用 Dyna CT 技术能够在导管室内直接提供软组织图像,处理多种复杂情况,提高介入放射学诊断和治疗的准确性并改善工作流程。Dyna CT 技术从 2005 年发布至今,已被广泛应用,在介入诊疗中不断发挥着其优势。本文主要通过实验来估算 DynaCT 诊疗中不同扫描部位患者所受有效剂量情况并对不同版本 ICRP 对有效剂量估算的影响进行了初步分析。

1 材料与方法

1.1 采用人体模型测量有效剂量

本文所使用的人体体模为美国产仿真男性体模(ART-200, Fluke Biomedical Company)。该体模按人体参数,采用与人体组织对射线散射和吸收相似的“组织等效材料”制成。体模内部布有插孔可放置热释光剂量计(TLD)测量器官剂量和全身有效剂量。具体布点位置和数量为:皮肤(265)、骨(28)、脑(4)、甲状腺(4)、食管(5)、唾液腺(2)、口腔黏膜(2)、乳腺(4)、肺(10)、胸腺(2)、胃(4)、肝(5)、脾脏(2)、胰腺(2)、肾上腺(2)、淋巴结(20)、结肠(7)、肾(3)、小肠(4)、盲肠(1)、睾丸(3)、卵巢(3)、子宫/宫颈(2)和前列腺(2)。红骨髓和骨表的剂量通过头骨、脊椎、锁骨、肱骨等身体不同部位骨骼部位的剂量乘以相应系数加权后获得。红骨髓和骨表的加权系数分别为:红骨髓活性成分和矿化骨在骨骼中的各自质量比重。获得器官剂量后,分别采用 ICRP 60 和 ICRP 103 给出的器官组织权重因子进行加权求和,得到相应的有效剂量。女性的有效剂量用相应的女性器官剂量进行加权计算得到。

1.2 扫描条件

使用平板探测器 X 线成像系统 (AXIOM Artis DTA, Forchheim, Germany)对头胸腹 3 个部位分别

进行 DynaCT 自动曝光扫描,扫描野大小为 48 cm,扫描时间为 20 s。

2 结果

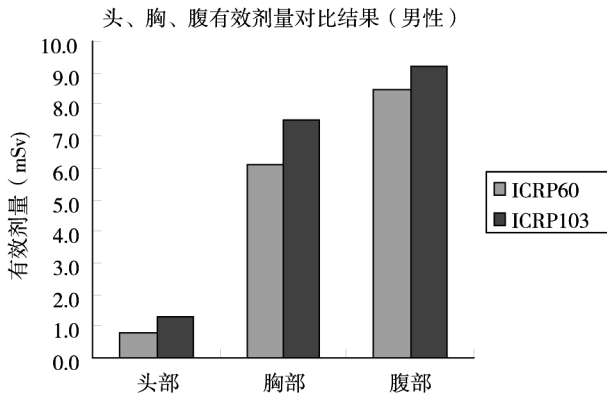
表 1 给出了 DynaCT 头胸腹扫描不同版本和不同性别的有效剂量值。在 ICRP103 版本下器官加权因子所得的有效剂量要高于 ICRP60 因子下的结果,其具体如图 1 中所示。对于不同部位的实验,有效剂量的增加各不相同:头部扫描有效剂量男性增加了 59.81%,女性增加了 62.81%;胸部有效剂量男性增加了 22.72%,女性增加了 22.95%;腹部有效剂量男性增加了 8.91%,女性增加了 9.35%。图 2 和图 3 分别反映了头胸腹 3 个实验结果在不同权重因子下有效剂量的增加率,和男女不同性别有效剂量增加百分比,其中增加率最高的是头部,其次是胸部,腹部最小。3 个实验中,女性有效剂量增加值略大于男性:头部高 3%,胸部高 0.23%,腹部高 0.44%。图 4~6 反映了头胸腹 3 个实验结果中男性、女性加权器官剂量具体变化情况。其中,器官加权剂量变化较为明显的主要器官中有性腺(减少 60%)、膀胱(减少 20%)、乳腺(增加 140%)、肝脏(减少 20%)、食管(减少 20%)、甲状腺(减少 20%)和大脑(增加:男性 78.6%,女性 100%)。同时,在 3 个实验结果中,剩余器官的器官加权剂量增加也都很明显,分别为:头部(男性 66.3%,女性 86.0%),胸部(男性 187.7%,女性 221.0%),腹部(男性 101.1%,女性 124.5%)。

表 1 头胸腹扫描有效剂量比较

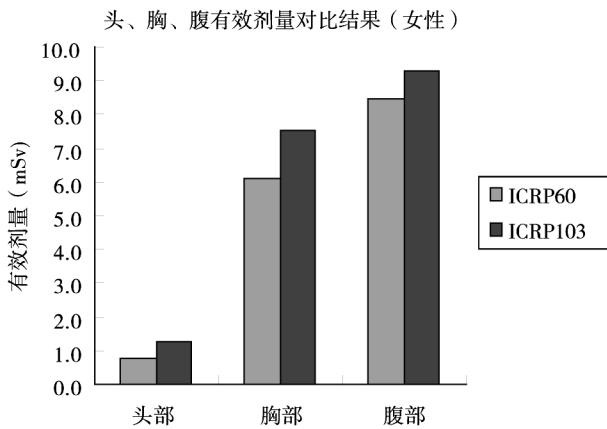
扫描部位	男性		女性	
	60	103	60	103
头部	0.80	1.28	0.79	1.29
胸部	6.13	7.51	6.12	7.52
腹部	8.46	9.21	8.48	9.27

3 讨论

根据 ICRP 不同版本组织器官权重因子计算 DynaCT 头、胸、腹不同部位实验所致有效剂量各不相同,且男女差异不同。较 ICRP60 建议书,以 ICRP103 的权重因子计算的有效剂量结果有所增加。有效剂量增加的主要原因有 ICRP103 与 ICRP60 相比在主要器官中增加了唾液腺,并将剩余器官中的大脑提到主要器官中,对性腺、膀胱、乳腺、肝脏、食管、甲状腺和其余器官的权重系数做了调整,其余器官的权重因子从 0.05 提高到 0.12,且增加了胆囊、心脏、淋巴结、口腔黏膜和前列腺^[8-9]。



a 头、胸、腹实验男性有效剂量比较结果



b 头、胸、腹实验女性有效剂量比较结果

图 1 头、胸、腹部扫描 ICRP60 与 ICRP103 全身有效剂量比较

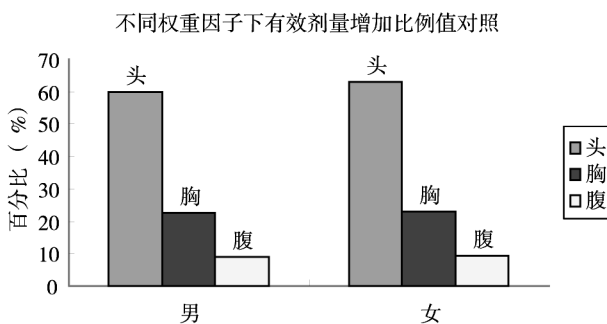


图 2 ICRP103 权重因子下所致头、胸、腹实验有效剂量增加比例值对比

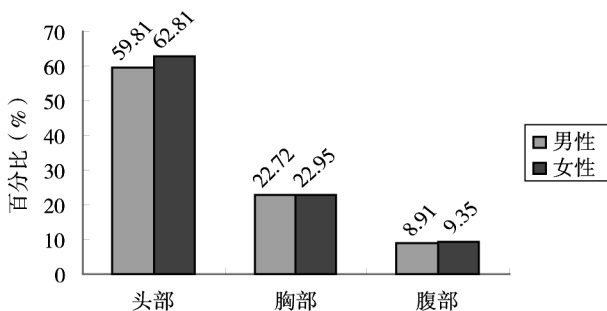
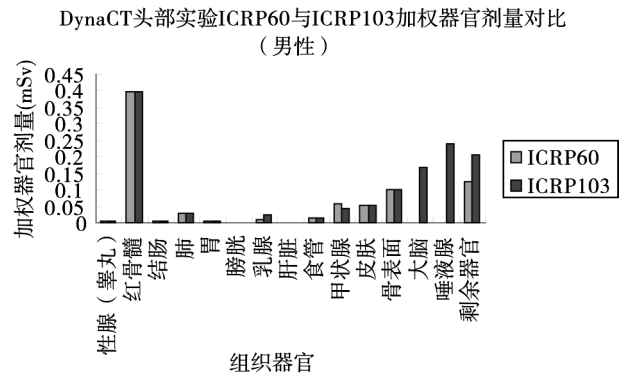
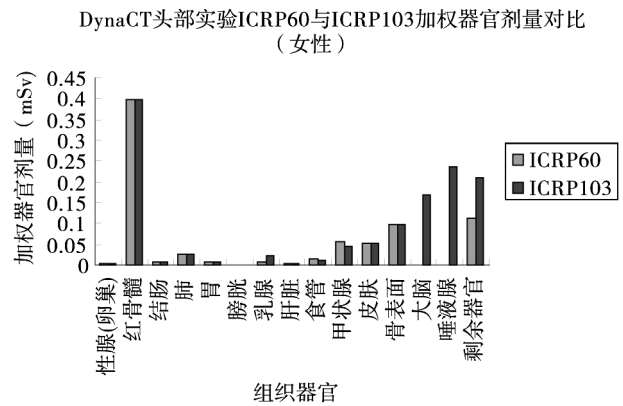


图 3 ICRP103 相对于 ICRP60 权重因子所得有效剂量增加百分比

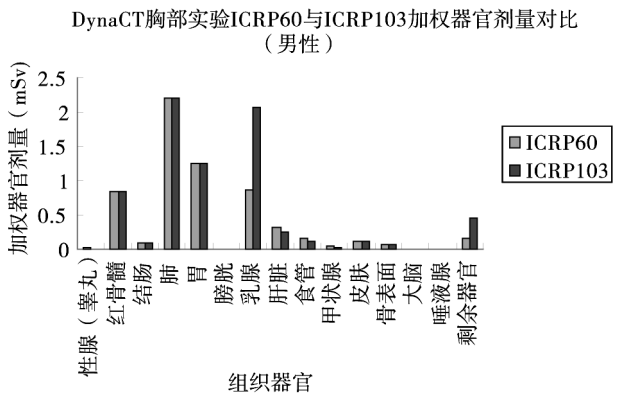


a 男性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较

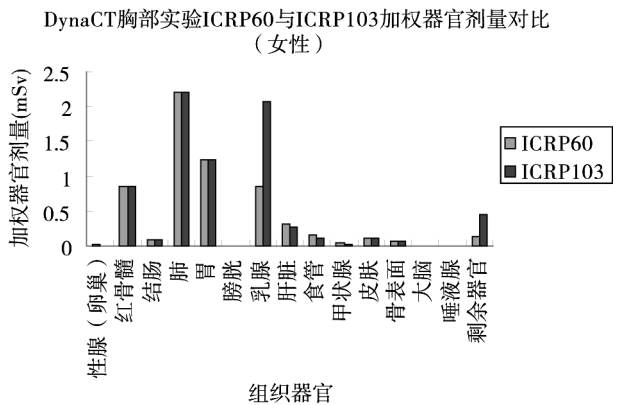


b 女性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较

图 4 头部扫描实验 ICRP60 与 ICRP103 器官有效剂量比较

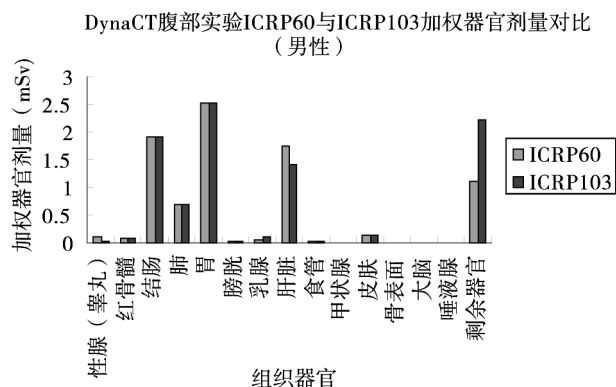


a 男性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较

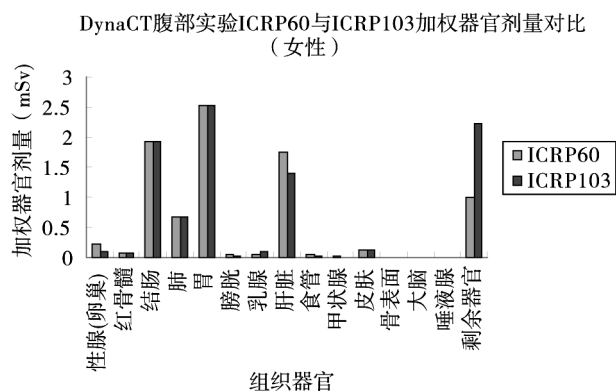


b 女性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较

图 5 胸部扫描实验 ICRP60 与 ICRP103 器官有效剂量比较



a 男性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较



b 女性 ICRP60 与 ICRP103 加权器官剂量比较

图 6 腹部扫描实验 ICRP60 与 ICRP103 器官有效剂量比较

权重考虑辐射受照中全身各组织器官情况,使得整体有效剂量增加。这个结论与相关心脏介入诊疗有效剂量实验研究的结论相一致^[5]。

在头、胸、腹 3 个实验中根据 ICRP 所计算有效剂量值的增加,头部增加率最大,其次是胸部。主要原因是诊疗过程中,身体各部位组织器官所受照射强度各不相同,在分析各自体位实验过程中所致有效剂量亦各不相同。例如由于将乳腺的权重因子从 0.05 提高到 0.12,将大脑的权重因子从 0.005(女性)和 0.0056(男性)提高到 0.01(主要器官中),且整个有效剂量计算中增加了唾液腺和口腔黏膜,这些都为接近头部或者为头部的器官组织,同时,头部扫描中这些组织器官距离射线较近使得其剂量当量较大,因此这些结果使得头部扫描实验的有效剂量增加值较大,且远远大于胸部和腹部的结果。在实验结果中女性有效剂量的增加值略大于男性,主要原因是:在 ICRP103 加权系数变化的器官中,性腺、膀胱、乳腺、肝脏食管和甲状腺的器官剂量男女变化相同,而大脑和剩余器官的器官剂量增加女

性明显高于男性,且剩余器官的女性剂量增加率远高于男性,因此器官剂量加权后女性有效剂量的增加值大于男性有效剂量增加值。同时,在剩余器官剂量男女增加值比较中,由于头部女性器官剂量增加率要高于胸部和腹部,使得器官剂量加权后女性头部有效剂量较男性有效剂量增加率要大于胸部和腹部的增加率。

ICRP 建议书的主要目的是对人类和环境受到辐射的有害影响进行适当的防护,通过本实验可以得出,在 DynaCT 诊疗中,扫描部位及性别不同,患者全身有效剂量也不相同,且根据不同版本 ICRP 加权系数所得患者有效剂量所致的辐射风险也不相同。在临床介入放射学实际应用中有必要按照不同诊疗部位和临床实际需要进行剂量优化,并且根据新的 ICRP 建议来评估 DynaCT 诊疗中的辐射风险使其发挥其技术优势得到更好的应用。

[参考文献]

- [1] 廖京辉, 尉可道. ICRP2007 与 1990 年建议书的比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2008, 28: 209 - 212.
- [2] Clarke RH. ICRP 基本理念的变化:防护伦理与原则的进展[J]. 辐射防护通讯, 2001, 21: 37 - 39.
- [3] 郑钧正, 李君利. ICRP 放射防护基本建议书的演进及其启示[J]. 辐射防护通讯, 2008, 28: 1 - 8.
- [4] 郑钧正, 李君利. 关注现代医学物理进展, 加强医用辐射防护[J]. 辐射防护, 2008, 28: 377 - 384.
- [5] 刘彬, 白玫. 不同版本国际放射防护委员会建议组织器官权重因子对心脏介入诊疗所致有效剂量的影响[J]. 介入放射学杂志, 2009, 18: 923 - 926.
- [6] Gupta R, Cheung AC, Bartling SH, et al. Flat-panel volume CT: fundamental principles, technology, and applications [J]. Radiographics, 2008, 28: 2009 - 2022.
- [7] Reiser MF, Becker CR, Nikolaou K, et al. Multislice CT[M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008: 33 - 51.
- [8] International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60[M]. Ann. ICRP21 (1-3)(1991).
- [9] International Commission on Radiological Protection. 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60[M]. Ann. ICRP21 (1-3)(2007).

(收稿日期:2010-02-10)