

2016 年度福建省医用 X 射线 CT 应用频度与剂量调查分析

郑森兴,张燕,黄丽华,郑琪珊,刘盼,郭火仲,邹天禄,闫建明
福建省职业病与化学中毒预防控制中心, 福建 福州 350025

摘要: **目的** 估算 2016 年度福建省医用 X-CT 的应用频度及其所致全省居民的集体剂量。**方法** 采用全国统一的调查表,根据随机抽样的原则,通过医学影像存档与通信系统(PACS)等采集福建省九地市 30 家医院 2016 年 CT 诊疗数据,估算全省医用 X-CT 的应用频度。抽取 615 例受检者 CT 扫描的 DICOM 文件进行剂量调查,并估算由 CT 诊疗所导致的集体剂量。**结果** 30 家医院共有 CT 设备 72 台,全年共完成 CT 检查 1 556 514 人次。基于该调查结果估算的福建省 CT 医疗照射频度为 311.6 人次/千人口,CT 所致全省居民集体年有效剂量为 8 776 人·Sv。**结论** 2016 年度福建省 CT 医疗照射频度与“九五”期间全国水平相比有大幅度提升,调整 CT 扫描参数可以有效减少患者受照剂量。
关键词: CT 照射频度;剂量长度乘积(DLP);CT 容积剂量指数(CTDI_{vol});有效剂量
中图分类号:R144.1 文献标识码:A 文章编号:1004-714X(2018)06-0543-04

Investigation and analysis of the application frequency of medical X-CT and the dose in Fujian Province in 2016

ZHENG Senxing, ZHANG Yan, HUANG Lihua, ZHENG Qishan, LIU Pan, GUO Huozhong, ZOU Tianlu, YAN Jianming
Fujian Center for Prevention and Control of Occupational Diseases and Chemical Poisoning, Fuzhou 350025 China
Abstract: **Objective** To estimate the application frequency of medical X-CT and the collective effective dose in Fujian province in 2016. **Methods** By randomly sampling, 30 hospitals from 9 cities in Fujian province were investigated. The application information was read out from the Medical Image Archiving and Communication System (PACS) in each hospital. For the dose survey, DICOM files for 615 examinees were read out. The provincial application frequency and collective dose were estimated using population information. **Results** There were 72 sets of CT in the sampled hospitals, and they performed 1 556 514 times of examinations throughout a year. The application frequency of CT examination in Fujian province was estimated to be 311.6 person·times per 1 000 population, and the collective effective dose was estimated to be 8 776 person·Sv in 2016. **Conclusion** The application frequency of medical X-CT in Fujian province in 2016 significantly increased by compared to the national level in the Ninth Five-year Plan. Adjust CT scan parameters could decrease the patient dose effectively.
Key words: CT Application Frequency; Dose-length product (DLP) ; Volame CT Dose Index (CTDI_{vol}) ; Effective Dose

在我国,据统计截止到 2009 年 31 个省(市)、自治区开展 X 射线诊断的医疗机构已逾 4.7 万家,其中 CT 拥有数量已接近 7 900 台,是 1998 年的 2.1 倍多^[1],而截止到 2010 年,这一数字已高达 11 242 台^[2]。联合国原子辐射效应科学委员会 2000 年的统计数字表明在全世界范围内 CT 检查仅占全部 X 射线诊断检查的 5%,而其所致公众集体剂量已占国民集体剂量的 34%^[3]。英国关于医用 X 射线诊断的人口剂量调查结果也指出虽然 CT 只占 X 射线诊断检查的 7%,但其所致集体剂量却占 47%^[4]。因此开展对患者 CT 检

查的使用正当性和剂量最优化的研究已刻不容缓。本研究旨在通过对福建省部分医院的 CT 照射频度和剂量的调查,逐步掌握我省 CT 使用的基本情况,为优化放射诊疗资源的配置提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 调查对象 本研究根据按照全国医疗照射剂量及频度调查方案的要求,以随机抽样的原则开展福建省 CT 照射频度及剂量调查。本次共抽查了福建省九地市 30 家医院,其中三级医院 23 家,占 2016 年度福

基金项目:中国疾控中心辐射防护与核安全医学所 医疗照射辐射防护与质量控制(131031110000150002)
作者简介:郑森兴(1982-),男,福建长乐人,主管医师,从事放射卫生工作。E-mail: 84465883@qq.com
通讯作者:闫建明,E-mail:fjbcyjm@sina.cn

建省三级医院(64 家)^[5]的 36%,二级医院 7 家,占 2016 年度福建省二级医院(192 家)^[5]的 4%,同时覆盖了专科肿瘤医院、中医院、儿童医院、妇幼医院、精神病医院。

1.2 调查方法 采用全国统一的调查表,通过医院的医学影像存档与通信系统(PACS 系统)、放射科信息系统(RIS 系统)进行 CT 照射频次和 CT 剂量的 DICOM 文件的搜集。

1.3 调查内容 主要对抽样医院的门急诊量、住院量、放射诊断人员和 CT 设备的基本情况以及 2016 年度医院的 CT 诊断的受检者年龄、性别、检查部位、CT 剂量进行调查,其中受检者年龄按照 UNSCEAR 报告进行 0~15 岁、16~40 岁、>40 岁的分组调查。

1.4 估算方法

1.4.1 福建省 CT 医疗照射频度估算 本研究在未知全省 CT 诊断设备数量的前提下,根据门急诊量和住院量估算福建省 CT 医疗照射频度。其中已知福建省 2016 年度常住人口和外省户籍流动人口 4 034 万,2016 年度福建省门急诊量和住院量总和 218 489 744 人次^[5-6,8]。估算公式为:

$$F_{Total} = F_s \times N/n/p$$

式中, F_{Total} 为 CT 照射频度,单位人次/千人口; F_s 为调查医院的 CT 检查频次,单位人次; n 为所调查医院的门急诊量和住院量总和,单位人次; N 为 2016 年度福建省门急诊量和住院量总和,单位人次; P 为福建省 2016 年度常住人口和外省户籍流动人口数,单位人。

1.4.2 CT 受检者辐射有效剂量估算:

$$E = DLP \times k$$

式中, E 为有效剂量,单位 mSv; DLP 为剂量长度乘积,单位 mGy·cm; k 为转换系数,单位 mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹,与检查部位有关。

1.4.3 CT 医疗照射所致集体有效剂量估算:

$$D = \sum E \times f_s$$

式中, D 为 CT 医疗照射所致福建省集体有效剂量,单位:人·mSv; E 为 CT 受检者的辐射有效剂量,单位:mSv; f_s 为调查医院的 CT 各部位的检查频次,单位:人次。

1.4.4 CT 医疗照射致福建人均年有效剂量估算:

$$\overline{D} = D/P$$

\overline{D} 为人均年有效剂量,单位 mSv; D 为 CT 所致集体剂量,单位人·mSv; P 为福建省 2016 年度常住人口和外省户籍流动人口数,单位人。

1.5 质量控制措施 负责本次调查的人员多次参加全国医疗照射剂量及频度调查培训;调查方法统一参照全国的调查方案开展,对 CT 照射频度调查过程中,除了通过医院 PACS 和 HIS 系统获取检查频次同时,还对部分设备通过人工抽检方式进行数据复核^[9]。同时 CT 剂量调查数据由专人进行录入和复核,确保数据准确无误。

1.6 统计学处理 使用 SPSS 和 Excel/Access 软件进行 CT 照射频次和 CT 照射剂量的统计分析。

2 结果

2.1 基本情况分析 本次调查的 30 家医院覆盖福建省九地市,其中三级医院 23 家,二级医院 7 家。30 家医院共配置 CT 设备 72 台套,2016 年度门急诊、住院量累计达 28 227 016 人次。本次调查的 30 家医院 CT 诊断照射频次合计为 1 556 514 人次,其中三级医院 CT 诊断照射频次 1 397 359 人次,平均每家医院和每台设备的照射频次分别为 60 755 人次/家和 22 736 人次/台;二级医院照射频次为 159 155 人次,平均每家医院和每台设备的照射频次分别为 21 834 人次/家和 3 617 人次/台,三级医院的 CT 的配备数量及 CT 的应用频次均高于二级医院。见表 1。

表 1 样本医院的 CT 检查的基本情况

医院 级别	医院数 (家)	放射诊断 工作人员(人)	CT 设备 (台)	平均每家医院 配备 CT 数(台/家)	平均每家医院 CT 检查频次(人次/家)	平均每台设备 照射频次(人次/台)
三级	23	327	64	2.7	60 755	21 834
二级	7	44	8	1.1	22 736	3 617

2.2 CT 诊断受检者性别、年龄、检查部位的照射频次分布 30 家医院 2016 年度 CT 诊断照射频次为 1 556 514 人次,对受检者的性别、年龄、检查部位的分布进行分析发现:男性和女性受检者分别为 947 470 和 609 044 人次,男女性别比 1.556:1,无法确定性别

11 380 人次,男性受检者明显多余女性受检者;其中 >40 岁组 1 151 466 人次,构成比 73.99%,0~15 岁组所占比例不足 5%;其中胸部、腹盆部和头颈部的照射频次分别为 633 509、391 661、365 576 人次,构成比分别为 40.70%、25.16%和 23.49%,胸部检查频次所

占比例最高。具体详见表 2。

2.3 2016 年度福建省 CT 诊断照射频度估算 基于本研究调查结果以及 2016 年度福建省医疗机构门急诊、住院量和福建省常住人口数和外省户籍流动人口^[5-6,8],估算福建省 CT 诊断照射频度为 298.7 人次/千人口,其中胸部、腹盆部和头部照射频度分别为 121.6、75.2 和 70.1 人次/千人口。

2.4 CT 扫描参数和剂量表征量的分布 本次研究根据 CT 照射频度调查结果的部位分布情况,从频度调查的医院中抽取 20 家医院(含儿童医院)的 20 台 CT 设备对 390 例受检者进行 CT 受照剂量调查,其中

头部、胸部、腹部所占的比例分别为 31.5%、35.9%、32.6%。调查结果显示头部主要进行轴扫描,而胸部、腹部以螺旋扫描为主。头部、胸部和腹部的扫描管电流和 DLP 的分布范围较宽,四分位间距(Q)较大,数值间的变异较大。但头部和胸部的其他扫描条件,如管电压、准直宽度螺距因子、层厚和扫描长度等的四分位间距(Q)较小,而腹部检查中准直宽度和扫描长度的变异大于头部和胸部检查。同时调查结果也显示头部扫描的 CTDI_{vol}和 DLP 第三个四分位数(P₇₅)同时高于胸腹部,而腹部又高于胸部。具体详见表 3。

表 2 CT 诊断受检者照射频度分布情况

检查部位	照射频次(人次)								合计 (人次)
	男				女				
	0 ~ 15	16 ~ 40	> 40	无法确定年龄	0 ~ 15	1 ~ 40	> 40	无法确定年龄	
胸部	9 728	59 582	306 973	2 239	5 198	41 212	206 891	1 686	633 509
腹盆部	4 751	41 887	177 468	595	3 718	31 342	130 870	1 030	391 661
头部	28 548	61 583	167 080	1 465	12 869	43 689	48 552	1 790	365 576
其他部位	3 891	26 428	54 132	1 120	1 864	17 378	59 500	1 455	165 768
合计	46 918	189 480	705 653	5 419	23 649	13 3621	445 813	5 961	1 556 514

表 3 CT 扫描参数和剂量表征量的分布

扫描参数/剂量表征量	头部			胸部			腹、盆部		
	P ₇₅	范围	Q	P ₇₅	范围	Q	P ₇₅	范围	Q
管电压(kV)	120	80 ~ 130	0	120	80 ~ 130	0	120	80 ~ 130	0
毫安秒/圈(mAs)	300	100 ~ 411	170	247	5 ~ 380	158	250	42 ~ 449	110
准直宽度 n × T(mm)	20	205 ~ 160	0	40	10 ~ 160	0	40	10 ~ 160	20
螺距因子或层间隔/层厚(mm)	10	5 ~ 10	5	1.375	0.8 ~ 1.75	0.4	0.984	0.8 ~ 1.375	0.3
扫描长度(cm)	16	8 ~ 29.6	4	38	10 ~ 83	11	43	9 ~ 81	19
CTDI _{vol} (mGy)	57	6 ~ 89	28	11	1 ~ 21	6	16	3 ~ 52	5
DLP(mGy · cm)	760	72 ~ 1 626	402	395	17 ~ 1 044	219	625	55 ~ 1 439	314

注:1. CTDI_{vol}容积 CT 剂量指数;DLP 剂量长度乘积;P₇₅为第三个四分位数值;Q 为四分位间距;2. 头部轴扫描记录层厚,胸腹部螺旋扫描记录螺距因子。

2.5 CT 不同检查部位的受检者辐射有效剂量比较 由于儿童样本有限,基于本次调查结果统一使用成人不同检查部位的剂量长度乘积 DLP 和有效剂量 E 的转换系数 k 进行有效剂量的估算。参照 ICRP102 号报告^[10]中关于不同检查部位的转换系数 k 值估算得到头部、胸部和腹、盆部的有效剂量分别为 2.3、5.6、9.4 mSv,其中腹部有效剂量高于 2007 年上海^[11]

和 2011 年英国国家辐射保护局(NRPB)^[12]和 2000 年欧盟(Europe)^[13]的调查结果,而胸部的有效剂量均低于上述三个地区的调查结果,头部有效剂量高于上海和 NRPB 的调查结果,略低于欧盟的调查结果。具体详见表 4。基于该结果估算的 2016 年福建省年集体有效剂量为 8 070 人 · Sv,人均年有效剂量为 0.20 mSv。

表 4 CT 不同检查部位的有效剂量估算值的比较

检查部位	本次调查 2017		上海 2007		NRPB2011		Europe2000	
	DLP(mGy · cm)	E(mSv)	DLP(mGy · cm)	E(mSv)	DLP(mGy · cm)	E(mSv)	DLP(mGy · cm)	E(mSv)
头部	760	1.6	493	1.1	970	3.0	1 045	2.2
胸部	395	5.6	420	5.8	610	8.5	649	9.1
腹、盆部	625	9.4	401	6.0	745	11	774	12

注:1. NRPB 英国国家辐射保护局;Europe 指除英国以外的欧盟国家;DLP 剂量长度乘积;E 有效剂量,头部、胸部、腹盆部的转换系数 k 分别为 0.002、0.014、0.015mSv · mGy⁻¹ · cm⁻¹。2. 以上数据均为第三个四分位(P75)值。3. 上角标的年份为所引用数据的年份。

3 讨论

本次调查了 35 家医院,由于涉及的 5 家一级医院均未配备 CT 机,因此本文章只对涉及的 30 家二三级医院的调查结果进行分析。在抽样的二三级医院中发现,三级医院的 CT 配备数量和使用频次均大于二级医院,这与上海市^[14]、天津^[15]、江苏省^[16]的 CT 和放射诊疗资源分布的情况相似。这主要与我国的医疗体系则呈“倒三角模型”^[17]相关,因此应当在加快分级诊疗体系建设的同时,注重放射诊疗资源在地区和医院间的合理分布。

虽然本次调查中所选取的三级医院比例较高,但考虑到三级医院的诊疗人次占各级医院诊疗人次的比例高达 52.08%^[5,7],且调查覆盖了福建省九地市的大部分三级医院,甚至有些经济落后地区由于三级医院数量较少,已进行全部调查,因此基于该结果所估算的 2016 年度福建省 CT 医疗照射频度的值虽然存在高估的可能,但在一定程度上还是可以说明福建省 CT 的应用情况。

本次进行的 CT 照射频度的调查中,主要依靠医院的 PACS 和 RIS 系统进行相应频次信息的搜集,但搜集过程中发现不同医院的信息系统差异较大,因此数据调取过程中存在一定的难度。因此如果要较快的获得我省和全国的频度数据,还需要加快放射卫生的信息化平台的建设。在 CT 剂量调查中主要是基于 CT 机的 DICOM 文件,由此不仅解决了记录受检者辐射剂量存在的诸多困难,而且可以获得包括病人基本信息、扫描参数、辐射剂量等在内的所有成像参数^[18]。

本次 CT 照射频次调查结果显示,男性受检者明显多于女性受检者,且 >40 岁的受检者人次明显多于其它两个年龄组,该调查结果与 2009 年上海市^[19]、2015 年江苏省^[7]和 2016 年宁夏地区^[20]的 CT 应用频次的分布情况一致。本次调查结果也显示在 CT 检查中,胸部检查的比例高于其它部位,该结果与 2015 年福建省医疗照射频度预调查的结果相符^[9]。基于该调查结果所得到的 CT 照射频度(298.7 人次/千人口)明显高于全国“九五”期间的调查结果(23.32 人次/千人口)^[21],低于 2014 年预测的全国 CT 照射频度(470 人次/千人口)的值^[22],但仍明显高于深圳市 2016 年的调查结果(109.84 人次/千人口)^[23],这与过去 20 年我国^[1-2]及全球 CT 扫描应用的增加^[24]有关,也与地区间放射诊疗资源的分布和利用悬殊有

关。当然我省基于本次调查结果所估算的照射频度存在一定高估的可能,主要原因在于我们估算频度时引用的全省所有医疗机构的门急诊和住院量,而非福建省所有的医用 CT 检查机构的门急诊和住院量。

在 CT 辐射剂量调查中发现,CT 扫描参数中 mAs 的变异较大,因此在扫描采集过程中对 X 射线管电流进行调制是 CT 剂量控制的一个非常有效的办法^[10],今后可以考虑在改变 mAs 方面挖掘进一步降低受检者辐射剂量的潜力。CT 剂量表征量的调查结果显示,头部的 DLP 明显高于胸腹部,且有效剂量也高于胸腹部,该结果与 2007 年上海和 2000 年欧盟的调查结果一致。但本次的调查结果显示胸部的 DLP 和有效剂量均小于腹部,与 2007 年上海^[11]和 2003 年 NRPB^[12]和 2000 年 Europe^[13]的调查结果的趋势相同。

基于本次调查结果所估算的福建省集体年有效剂量为 8 070 人·Sv,高于上海市 2007 年的估算结果(4 868 人·Sv);人均年有效剂量为 0.20 mSv,低于上海市 2007 年的估算结果(0.353 mSv)^[11]。但该结果也足以提示我们,在开展放射诊疗活动中,注重辐射实践正当性判断的同时,也应当加强辐射剂量最优化的判断,使放射诊疗为人类造福的同时,不至于增加全人口的剂量负担。

参考文献

- [1] 郑均正. 放射诊疗的蓬勃发展亟需强化医疗照射防护[J]. 医学研究杂志, 2012, 41(10): 2-4.
- [2] 郑均正. 医疗照射防护是现代社会必须充分重视与强化的热点课题[J]. 环境与职业医学, 2014, 31(10): 755-757, 763.
- [3] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, with scientific annexes. v. 1: Sources. - v. 2: Effects[R]. Vienna: UNSCEAR, 2000.
- [4] Hart, D, Wall BF. UK population dose from medical X-ray examinations[J]. European Journal of Radiology, 2004, 5(3): 285-291.
- [5] 福建统计局. 福建统计年鉴-2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- [6] 李丽精, 人口流动人口//刘道崎主编, 福建年鉴[M]. 福州: 海峡出版发行集团福建人民出版社, 2017.
- [7] 杜翔, 王进. 江苏省 2015 年度放射诊断医疗照射频度调查与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(10): 771-775.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会. 中国卫生和计划生育年鉴[M]. 北京: 中国卫生和计划生育年鉴社, 2017.
- [9] 张燕, 黄丽华, 郑森兴. 等. 2015 年度福建省 7 家医院医疗照射频度调查结果分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(9): 705-708.

(下转第 561 页)

$\sqrt{\frac{T}{10}}$ 。经该公式修正后的噪声值与实际测量值高度相符,本研究验证了该公式的可靠性。

综上所述,本研究通过控制其他可变因素,利用不同直径的水模体,分析了水模体直径、重建层厚和剂量等因素对 CT 值(水)和噪声的影响,为我国 CT 质量控制检测标准的修订提供了实验数据支持。

参考文献

[1] International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 102. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT) [R]. Essen; Elsevier Ltd, 2007.

[2] 刘景鑫,杨海山.螺旋 CT 图像噪声影响因素的实验分析[J]. 中华放射学杂志,2000,34(1):9-12.

[3] Goldman L. Principles of CT: radiation dose and image quality[J]. Journal of Nuclear Medicine Technology, 2007, 35(4):213-225.

[4] Goldman L W. Principles of CT and CT technology. [J]. J Nucl Med Technol, 2007, 35(3):115-128.

[5] 中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会. GB

17589-2011 X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范 [S]. 北京:中国标准出版社,1996.

[6] 亓恒涛,秦维昌,王巍,等. 64 层螺旋 CT 噪声测试及其影响因素分析[J]. 中华放射医学与防护杂志,2007, 27(2):195-198.

[7] Karmazyn B, Liang Y, Klahr P, et al. Effect of tube voltage on CT noise levels in different phantom sizes. [J]. Ajr Am J Roentgenol, 2013, 200(5):1001-1005.

[8] 邓大平,张贵林,朱建国,等. CT 检查剂量与防护[J]. 中国辐射卫生,2004,13(4):309-310.

[9] 杨珂,张兴太,李福生,等. 儿童 CT 扫描体表剂量水平与分析[J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(4):433-433.

[10] 陈志安,潘勇,岳勇,等. CT 图像噪声相关因素的分析[J]. 中国医学影像技术,2001,17(12):1236-1237.

[11] 姜树勋. CT 噪声的影响因素分析[J]. 中国医学装备,2007,4(8):36-37.

[12] 国家药品监督管理局. YY/T 0310-2015 X 射线计算机断层摄影设备通用技术条件[S]. 北京:中国标准出版社,2015.

[13] 胡斌,徐文坚,张通,等. 16 层螺旋 CT 重建层厚影响图像噪声的实验分析[J]. 中国医疗设备,2008,23(8):12-13.

收稿日期:2018-09-07

(上接第 546 页)

[10] ICRP, 2007. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT). ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).

[11] 路鹤晴,卓维海,朱国英,等. X 射线 CT 医疗照射所致上海市公众剂量负担的研究[J]. 中国医学计算机成像杂志,2009,15(3):285-290.

[12] Shrimpton P C, Lewis M A, Dunn M. Doses from computed tomography(CT) examination in the UK [J]. Chilton; National Radiological Protection Board. 2005:27-31.

[13] European Commission. European guidelines on quality criteria for computed tomography (Report EUR 16262 EN) [M]. Luxembourg; Office for Official Publication of the European Communities, 2000:65.

[14] 应向华,陈洁. 上海市医用 CT 配置和使用情况研究[J]. 中国卫生资源,2008(5):210-211.

[15] 刘玉连,赵微鑫,彭超,等. 2016 年度天津市放射诊疗资源现状调查[J]. 中国辐射卫生,2017,26(5):544-547.

[16] 张璇,王哲,柯德兵,等. 江苏省放射诊疗资源配置情况调查分析[J]. 中国卫生监督杂志,2016,23(2):162-166.

[17] 姜洁,李幼平. 我国分级诊疗模式的演进及改革路径探讨[J]. 四川大学学报(哲学社会科学版),2017(4):29-35.

[18] 李殊吏. 基于信息化平台患者 CT 检查辐射剂量的研究与调查 [D]. 济南:山东中医药大学,2014.

[19] 王彬,郑钧正,高林峰,等. 上海市医用 X 射线 CT 的应用频率及其分布研究[J]. 辐射防护,2013,33(2):65-73,119.

[20] 孙彦玲,卢桂才,李鸿成,等. 宁夏地区医疗照射频率水平调查分析[J]. 中华放射医学与防护杂志,2016,36(10):757-779.

[21] 郑钧正,岳保荣,李述唐,等. 我国“九五”期间 X 射线诊断的医疗照射频率水平[J]. 中华放射医学与防护杂志,2000,(S1):14-18.

[22] 苏垠平,卢桂才,肖国兵,等. 医院放射诊疗总人次的研究与预测[J]. 中国辐射卫生,2017,26(03):302-305.

[23] 王海军,蔡金敏,罗晋甘,等. 深圳市 CT 医疗照射所致居民剂量负担的研究[J]. 中国辐射卫生,2018,27(1):44-47.

[24] Frush. D. P. 2003. CT radiation dose optimisation in children. Presented at Advances in Multi-detector CT Meeting, Washington, DC, September 13-14.

收稿日期:2018-09-07