

Radimetrics 在放射剂量管理中的研究与进展

张新平, 胡琼洁, 万维佳, 张进华, 夏黎明

【摘要】 随着 CT 影像技术的不断发展与进步, CT 检查应用越来越广泛, 其在临床诊断中起着不可或缺的作用。但 CT 的辐射剂量较大, 世界各国的医疗辐射特别是 CT 的辐射剂量仍在持续增加, 如何使 CT 辐射剂量得到合理的管控, 同时获得更优的成像质量已经成为大家关注的重点。Radimetrics 放射剂量管理软件能够很好地调控与优化剂量管理。本文就 Radimetrics 在放射剂量管理中的研究与进展进行阐述。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量; Radimetrics; 剂量管理

【中图分类号】 R814.42; R122.4; R136 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)10-1106-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.026

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



近几年来,随着 CT 检查技术的不断进步,世界各国医疗辐射剂量也在持续增加。医疗辐射的大幅增加意味着它将取代自然辐射来源,成为人体接触辐射的最主要途径。美国辐射防护委员会发布的报告中指出,1993年~2006年 CT 检查例数每年增加幅度超过 10%,而美国人口每年增加不到 1%^[1]。美国 3 亿人口中,每年大约有 7500 万人进行 CT 检查^[2],其中儿童 CT 检查超过 400 万次^[3]。中国 1990 年之前使用 CT 机不足 500 台,到 1999 年已经达到 3712 台,跃居世界第三位^[4],到 2009 年增至 10101 台,2016 年底已突破 2 万台,相比 2015 年的 19592 台,保有量增长了 10%^[5-6]。随着 CT 检查数的增加,相关的辐射剂量在逐渐增加,儿童癌症风险系数也在增加。尽管平均到个人的风险并不大,但人口中日益增加的辐射照射可能会成为未来的公共卫生问题^[3]。

随着人们对 CT 检查辐射剂量的广泛关注,美国食品和药物管理局(food and drug administration, FDA)已经倡议全美放射科记录每位患者检查过程中所接受的辐射剂量值^[7-10]。欧洲很多国家也已强制实施法案进行,来对辐射剂量作合理管控,如意大利的第 187/2000 号法令规定了剂量控制的最优化^[11]、瑞士实施的国家剂量诊断参考水平^[12]及美国加州颁布严格控制 CT 辐射剂量的新法案。中国目前尚没有相关的行规和法规对辐射剂量进行管控。从全球来看,辐射剂量调控备受关注,CT 辐射成为医疗辐射中的重大来源。Radimetrics (Bayer HealthCare, Whippany, NJ)放射剂量管理软件能够对 CT 辐射剂量管理作出

很好的质控及实现更优的成像质量。

Radimetrics 介绍

蒙特·卡罗方法(Monte Carlo method)^[13],也称统计模拟方法,是二十世纪四十年代中期由于科学技术的发展和电子计算机的发明,而被提出的一种以概率统计理论为指导的一类非常重要的数值计算方法。将所求解的问题同一定的概率模型相联系,用电子计算机实现统计模拟或抽样,以获得问题的近似解。基于 Monte Carlo 模型, Radimetrics 可以计算出器官剂量(organ dose)、有效剂量(effective dose)。以及计算基于水等效直径(water-equivalent diameter, WED 或 diameter water, Dw)或有效直径的体型特异性剂量估算值(size-specific dose estimates, SSDE)^[14,15]。Radimetrics 支持 CT、CR、DR、MRI、RF、XA、US 等成像设备。在 CT、CR、DR 设备上, Radimetrics 可以从辐射剂量结构化报告(radiation-dose-structured reporter, RDSR)和医学数字成像和通信(digital imaging and communications in medicine, DICOM)剂量图像获取剂量信息。在 RF、XA 设备上, Radimetrics 可以从 RDSR 和设备操作过程步骤(modality performing procedure step, MPPS)提取剂量。Radimetrics 能够收集和传输超声结构化报告数据。近几年, Radimetrics 首先在欧美国家使用,用于监测管理剂量,亚洲国家也已开始在医疗机构上运用。Radimetrics 通过连接 PACS/RIS 及其他系统来追踪放射信息的软件系统,将 PACS/RIS/HIS 中保存的相关临床图像和患者信息整合在一起,获取、整理和分析成像过程中放射剂量、操作、检查数据,跟踪和报告基于设备或患者的累积剂量记录。Radimetrics 还能用于搜集、管理和分析

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:张新平(1990-),男,广东梅州人,住院医师,主要从事 CT 辐射剂量及低剂量技术工作。

手动输入或来自 Certegra Workstation 的对比剂相关数据。Radimetrics 为患者提供剂量监测,提高检查过程的安全性,有利于医生做出循证决定,提高设备利用率及生成更好的管理方案。

Radimetrics 在放射剂量管理中的功能与作用

Radimetrics 辐射剂量管理系统,在放射科的日常工作中最重要的是对剂量数据的采集,如不同扫描方案、不同机器设备、不同医院、不同影像中心剂量分布。Radimetrics 可以通过 CT 剂量容积指数(computed tomography dose index volume,CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product,DLP)、SSDE、器官吸收剂量、器官有效剂量等不同的剂量评估指标对剂量数据进行科学地分析,比如对腹部过去一年的所有扫描方案或者不同年龄段的检查者进行剂量分析,观察四分间区(interquartile range,IQR)的剂量分布。Radimetrics 可以有效帮助科室的管理,通过后台可以方便快捷的获得每台设备在不同时间点放射技术人员的使用设备情况,从而使科室的设备运行效率提高,方便统筹。如今,放射科的日常工作中,CT 的扫描方案往往缺乏标准化的管理,通过 Radimetrics 可以全方位地观察每个扫描方案,对扫描方案进行科学管理,对不标准的扫描方案进行校正。对于大家关注的每个检查者的剂量阈值,Radimetrics 能够设置超阈值报警,一旦检查者的阈值超过,系统能够及时地提醒我们进行方案的调整。另外,Radimetrics 还可以进行交互式剂量测定,对检查者进行方案调整模拟,如上述提到的超过阈值的情况下,调整扫描范围或方案,从而保证患者所接受的辐射剂量安全。综上,Radimetrics 在放射剂量管理中可以进行大数据处理、优化流程、标准化扫描方案,使得患者的剂量安全得到保证。

Radimetrics 在放射剂量管理中的研究目标与研究分类

Radimetrics 辐射剂量管理系统的功能与作用是非常强大的,如何利用该系统使其更好地为人们服务,可以设立以下的研究目标。①利用 Radimetrics 调研不同地区、不同影像中心、不同设备的辐射剂量基线水平,通过对辐射剂量基线水平的研究,提供剂量参考水平。②建立日常工作的标准化扫描方案,如常见部位、常见临床疾病、患者体型和体质、不同年龄阶段(特别是儿童)的标准化方案,在满足诊断图像质量的前提下,不断优化扫描方案,减少辐射剂量,达到尽可能低的辐射剂量为临床提供最佳的影像诊断信息。③在降低辐射剂量方面,可以通过 Radimetrics 探索新型设备、新技术的应用价值,为科研提供平台。总之,Radimetrics 在辐射剂量管理中,一切以患者利益为中心的

研究目标,优化扫描方案,减低剂量,达到最优诊断。

Radimetrics 辐射剂量管理研究分位单中心和多中心研究。单中心下,研究同一设备的不同扫描方案或技术的辐射剂量比较,研究不同设备在同一方案的辐射剂量比较,研究临床疾病或特殊年龄阶段的辐射剂量的采集与分析,对复诊患者的辐射剂量进行分析。多中心研究指不同地区、不同影像中心的辐射剂量基线的比较,不同国家或者地区标准方案的构建。

Radimetrics 的应用现状

2013 年美国加利福尼亚大学 5 所分校医学影像中心进行了 199656 次的 CT 扫描^[16],数据被传输至 Radimetrics 中。Radimetrics 系统可以计算 SSDE、器官剂量,并自动分析出 CTDIvol、DLP 的 IQR。通过 Radimetrics 分析得出了器官剂量的分布区间、CT 一期或者多期扫描的 DLP 四分分布剂量区间、有效剂量的四分分布区间。基于这些剂量数据的分析,Rebecca Smith-Bindman 等研究认为该数据可作为各地区的剂量参考水平^[16]。Bostani 等使用了 Radimetrics 辐射剂量管理系统,进行了 72073 次 CT 检查,评估了患者 CT 检查的累积有效剂量,并对累积有效剂量为 100 mSv 及以上的患者进行分类。这个阈值是根据暴露于辐射人群的流行病学研究选择的,统计学上高于 100 mSv 的辐射剂量检查者得癌症的风险可能会增加^[17]。Supanich 等^[18]利用 Radimetrics 辐射剂量管理系统对 0~2 岁,2~13 岁和成人的头部,胸部和腹部 CT 检查的 CTDIvol 和 DLP 辐射剂量值设置了超过阈值的提醒,该剂量低于 AAPM^[19]推荐的值。他的研究表明在正确配置参数阈值的情况下,甚至低于 AAPM 推荐值,使用 AEC/或迭代重建的扫描会产生更少的剂量。使用 SSDE 而不是 CTDI 的阈值提醒,可以提供更多的临床相关数据。

美国儿童的 CT 扫描辐射剂量数据是相当缺乏的^[20,21]。Marilyn J. Goske 等^[22]搜集美国 6 家不同地区的儿童医院(QuIRCC 注册研究)954 次腹部 CT 的扫描数据,利用 Radimetrics 分析了不同体宽 BW 儿童的 CTDIvol、DLP、SSDE、有效剂量的四分间距,建立了基于儿童体宽(BW)值腹部 CT 剂量的 DRR(剂量参考水平)。DRR 能够很好地解决患者风险(辐射剂量)和获益(诊断图像质量)之间的矛盾,并指导调整儿童的 CT 扫描方案。另外,Meike Weis, MD, MSc 等还前瞻性地利用 Radimetrics 软件对 70 kVp 和 100 kVp 不同电压下带有锡过滤器的光谱 X 线束(100 kVp Sn)^[23]非增强儿童胸部 CT 的辐射剂量值和图像质量进行了评估,研究表明与 70 kVp 的低峰值千伏成像相比,100 kVp Sn 光谱 X 线显著降低辐射剂

量,且能改善图像质量。因此应该优选在非造影增强儿童胸部 CT 检查上^[24]。

对于疑似急性阑尾炎患者,腹盆 CT 检查是首选的影像检查方法^[25]。目前,CT 已经越来越多地用于疑似阑尾炎的患者^[26]。但是阑尾炎患者多较年轻,而 CT 主要局限性在于让被检查者暴露于辐射,这是临床工作中特别受关注的一个问题。目前有较多研究对 CT 诊断阑尾炎通过减少有效管电流来降低剂量^[27-29]。Michael T. Corwin 等^[30]进行了腹部 CT 急性阑尾炎剂量分析的研究。他们利用 Radimetrics 分析了在缩小腹盆扫描范围的基础上,减少了 23% 的辐射剂量,所获取的图像质量同时能达到诊断水平。对疑肝癌患者,肝脏三期 CT 对比增强检查是标准方案,其中最佳的动脉晚期扫描是关键,但是标准三期 CT 往往不是最佳的,特别是对于富血供的 HCC。Gawlitza 等^[31]比较了肝癌患者中,肝脏优化的灌注 CT 方案与肝脏的三期标准 CT 方案之间的器官特异性辐射剂量水平。通过 Radimetrics 分析两者扫描方案的器官辐射剂量,研究表明 70 或 80 kVp 下执行的 dVPCT 对比 130 kVp 标准三期 CT 方案,不仅有效器官剂量(特别是敏感器官剂量)更少,而且获取的图像更优化,还能为新靶向治疗的 HCC 患者提供重要的信息^[32]。

乳腺剂量是大家一直所关注对焦点,从 ICRP103 报告中知乳腺权重因子为 0.12,在所有器官中权重因子是较大的^[33]。国内有文献报道在全野数字乳腺 X 线摄影下,以自动条件作为参照标准,管电压和管电流可以得到有效降低,减少辐射剂量且不影响诊断^[34]。Baek 等^[35]研究了 Radimetrics 辐射剂量管理系统在全景数字乳房 X 射线摄影(FFDM)中的临床应用性。该研究进行了 3076 次亚洲女性的乳腺 X 线摄影,发现具有高于诊断参考水平($\geq 75\%$)放射剂量的患者具有致密性乳腺的特征。因此对具有致密性乳腺的亚洲女性,检查过程中应严格管理辐射剂量。Radimetrics 等辐射剂量管理系统可帮助放射科医师优化方案并减少辐射剂量。

结语与展望

Radimetrics 作为一个比较新的辐射剂量管理系统,以患者为中心,对辐射剂量全面监控与分析,提高了工作效率和质量,改善了工作流程,促进了质量管理的规范性和标准化。在未来的放射剂量管理中,Radimetrics 能够充分发挥其优势,科室领导及其医师、技师能够更好的为广大患者服务。尽管 Radimetrics 软件系统的功能很强大,但目前 Radimetrics 的应用还不普遍,这需要医技工作者与工程师的配合。使用者

可能对 Radimetrics 的平台如何使用和管理掌握尚不够熟练。同时, Radimetrics 平台也需要不断的完善,尽量使得操作简单化。Radimetrics 工程师可以加大力度对放射医护人员在该平台的培训。希望该平台可以探索新设备、新技术,为科研提供利器,以达到临床需求。相信在 Radimetrics 平台帮助下,未来的辐射剂量管理工作可以更好的开展,达到临床和科研双赢。总之, Radimetrics 为解决辐射剂量调控与优化提供了新的途径和方法。

参考文献:

- [1] Mettler FA, Thomadsen BR, Bhargavan M, et al. Medical radiation exposure in the U. S in 2006: preliminary results [J]. Health Phys, 2008, 95(5): 502-507.
- [2] Valentin J. Managing patient dose in multi-detector computed tomography(MDCT)[J]. Annals of the ICRP, 2007, 37(1): 1-79.
- [3] Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening [J]. New England J Medicine, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [4] 郑钧正, 贺青华, 李述唐, 等. 我国电离辐射医学应用的基本现状 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2001, 20(Z): 13-20.
- [5] 何达. 我国 CT 和 MRI 配置与利用研究 [D]. 复旦大学, 2013: 1-249.
- [6] 中国医学装备协会. 2016 中国 CT 设备市场研究报告 [R]. 北京: 中国医学装备协会, 2017: 1-42.
- [7] Neumann RD, Bluemke DA. Tracking radiation exposure from diagnostic imaging devices at the NIH [J]. J Am College of Radiology, 2010, 7(2): 87-89.
- [8] Hampton T. Radiation oncology organization, FDA announce radiation safety initiatives [J]. Jama J Am Medical Association, 2010, 303(13): 1239-1240.
- [9] Amis ES Jr, Butler PF, Applegate KE, et al. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine [J]. J Am College of Radiology, 2007, 4(5): 272-284.
- [10] Raff GL, Abidov A, Achenbach S, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography [J]. J Cardiovascular Computed Tomography, 2009, 3(2): 122-136.
- [11] Compagnone G, Angelini P, Pagan L. Monitoring of the medical radiological exposures of the population of the Emilia-Romagna region [J]. Radiologia Medica, 2006, 111(3): 469-480.
- [12] Treier R, Aroua A, Verdun FR, et al. Patient doses in CT examinations in Switzerland: implementation of national diagnostic reference levels [J]. Radiation Protection Dosimetry, 2010, 142(2-4): 244-254.
- [13] 刘宗良, 李强, 赵平华, 等. 蒙特卡罗方法及其在辐射剂量计算中的应用 [J]. 湖南人文科技学院学报, 2006, 12(6): 19-22
- [14] Boone JM. Reply to "comment on the 'report of AAPM TG 204: size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations'" AAPM Report 204, 2011 [J]. Medical Physics, 2012, 39(7): 4615-4616.
- [15] Li B, Behrman RH. Comment on the "report of AAPM TG 204: size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body

- CT examinations" Report of AAPM TG 204, 2011[J]. Medical Physics, 2012, 39(7):4613-4614.
- [16] Smith-Bindman R, Moghadassi M, Wilson N, et al. Radiation doses in consecutive CT examination from five university of California medical centers[J]. Radiology, 2015, 277(1):134-141.
- [17] Bostani M, Cagnon C, Sepahdari A, et al. Assessment of Patients' cumulative effective dose from CT examinations[J]. Medical Physics, 2016, 43(6):3860.
- [18] Supanich MP. Experience complying with the joint commission element of performance on radiation dose index monitoring[J]. Medical Physics, 2016, 43(6):3744-3745.
- [19] Brock KK, Mutic S, McNutt TR, et al. Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: report of the AAPM radiation therapy committee task[J]. Medical Physics, 2017, 44(7):E43-E76.
- [20] Linet MS, Kim KP, Rajaraman P. Children's exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk; epidemiologic and dosimetric considerations[J]. Pediatric Radiology, 2009, 39(Sup 1):S4-26.
- [21] Hricak H, Brenner DJ, Adelstein SJ, et al. Managing radiation use in medical imaging: a multifaceted challenge[J]. Radiology, 2011, 258(3):889-905.
- [22] Goske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, et al. Diagnostic reference ranges for pediatric abdominal CT[J]. Radiology, 2013, 268(1):208-218.
- [23] Braun FM, Johnson TRC, Sommer WH, et al. Chest CT using spectral filtration: radiation dose, image quality, and spectrum of clinical utility[J]. Eur J Radiology, 2015, 25(6):1598-1606.
- [24] Weis M, Henzler T, Nance JW, Jr, et al. Radiation dose comparison between 70kVp and 100kVp with spectral beam shaping for non-contrast-enhanced pediatric chest computed tomography a prospective randomized controlled study[J]. Investigative Radiology, 2017, 52(3):155-162.
- [25] Smith MP, Katz DS, Lalani T, et al. ACR appropriateness criteria (R) right lower quadrant pain-suspected appendicitis[J]. Ultrasound Quarterly, 2015, 31(2):85-91.
- [26] Raja AS, Wright C, Sodickson AD, et al. Negative appendectomy rate in the era of CT: an 18-year perspective[J]. Radiology, 2010, 256(2):460-465.
- [27] Kim K, Kim YH, Kim SY, et al. Low-dose abdominal CT for evaluating suspected appendicitis[J]. New England J Medicine, 2012, 366(17):1596-1605.
- [28] Kim SY, Lee KH, Kim K, et al. Acute appendices in young adults; low-versus standard-radiation-dose contrast-enhanced abdominal CT for diagnosis[J]. Radiology, 2011, 260(17):437-445.
- [29] Seo H, Lee KH, Kim HJ, et al. Diagnosis of acute appendicitis with sliding slab ray-sum interpretation of low-dose unenhanced CT and standard-dose IV contrast-enhanced CT scans[J]. Am J Roentgenology, 2009, 193(1):96-105.
- [30] Corwin MT, Chang M, Fananapazir G, et al. Accuracy and radiation dose reduction of a limited abdominopelvic CT in the diagnosis of acute appendicitis[J]. Abdominal Imaging, 2015, 40(5):1177-1182.
- [31] Gawlitza J, Haubenreisser H, Meyer M, et al. Comparison of organ-specific-radiation dose levels between 70kVp perfusion CT and standard tri-phasic liver CT in patients with hepatocellular carcinoma using a Monte-Carlo-Simulation-based analysis platform[J]. Eur J Radiology Open 2016, 3:95-99.
- [32] Klotz E, Haberland U, Glatting G, et al. Technical prerequisites and imaging protocols for CT perfusion imaging in oncology[J]. Eur J Radiology, 2015, 84(12):2359-2367.
- [33] International Commission on Radiological Protection. 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. ICRP publication 103[R]. Oxford: Pergamon Press, 2007.
- [34] 张静, 汪登斌, 王媛, 等. 全野数字乳腺 X 线摄影降低辐射剂量的初步研究[J]. 放射学实践, 2015, 30(7):755-758.
- [35] Baek JE, Lee HS, Kim SH. Clinical utility of the radiation dose management system for full field digital mammography (FFDM): In Asian women with dense breast tissue[J]. J Clinical Oncology, 2015, 33(28):70.

(收稿日期:2017-08-29 修回日期:2017-09-21)