

ICRP
国际放射防护委员会 (ICRP) 第102号出版物

多排探测器计算机X线体层摄影 患者剂量控制

Managing Patient Dose in Multi-Detector
Computed Tomography (MDCT)

主译 岳保荣 牛延涛

审校 尉可道



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

中国疾病预防控制中心

辐射防护与核安全医学所系列译著

国际放射防护委员会第 102 号出版物

多排探测器计算机 X 线 体层摄影患者剂量控制

Managing Patient Dose in Multi-Detector
Computed Tomography(MDCT)

主 译 岳保荣 牛延涛

审 校 尉可道

译 者 刘澜涛 牛延涛
岳保荣 张宗锐



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

多排探测器计算机 X 线体层摄影患者剂量控制/岳保荣,
牛延涛主译. —北京:人民军医出版社,2011.5

ISBN 978-7-5091-4126-7

I. ①多… II. ①岳… ②牛… III. ①计算机 X 线扫描体
层摄影—辐射量—控制 IV. ①R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 009285 号

著作权合同登记号:图字军-2011-045 号

策划编辑:高爱英 孟凡辉 文字编辑:刘 立 责任审读:伦踪启

出 版 人:石 虹

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927300—8172

网址:www.pmmp.com.cn

印刷:京南印刷厂 装订:桃园装订有限公司

开本:850mm×1168mm 1/32

印张:3.5 字数:99 千字

版、印次:2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001~5000

定价:15.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

前 言

多年来,国际放射防护委员会(ICRP,以下简称“委员会”)发布了许多报告,在医用放射防护和安全方面提出了许多建议。其中,73号出版物是对这一领域的总体概述。这些报告概述了放射防护的一般原则,并在医用电离辐射和生物医学研究方面对这些原则的各种应用提出了建议。

先前的报告大多是一般性的。最近,委员会把重点放在解决一些更具体的已经观察到的难题上。1997年9月,在英国牛津举行的委员会会议上,提出了一系列这样的报告。基于ICRP第三委员会的建议,委员会设立了一些工作组,负责对医学辐射防护的热点话题制定相关报告。委员会设法确保这些问题领域报告的书写风格能够被那些在日常工作中直接涉及此类问题的工作人员所接受,并尽一切努力以确保这些报告广泛流传。

有几个这样的报告已经出版,诸如ICRP出版物84号、85号、86号、87号、93号、94号、97号、98号、支持指南(Supporting Guidance)²。本报告是这一系列简明和重点出版物的延续,一些其他的咨询报告也正在编写之中。

2000年出版的ICRP 87号出版物,主要针对“计算机X线体层摄影中的患者剂量控制”。在该报告中,多排CT仅用几句话提及,但技术在不断发展,而且关于MDCT的剂量管理经验很少。到2005年,情况完全发生了变化,MDCT迅速取代“常规”CT设备。2005年9月,在瑞士伯尔尼举行的委员会会议上,一个多排CT剂量管理的任务组开始启动。涉及的职责范围包括这种新型和更快的CT技术,以及随之而来的新的临床应用,并讨论能够系

统地增加或减少患者剂量的 MDCT 具体参数。委员会要求该工作组迅速完成此报告。

该工作组成员：

M. M. Rehani(主席) M. Kalra C. McCollough
H. D. Nagel

通讯成员：

L. Collins W. Kalender

本报告准备期间的第三委员会成员：

C. Cousins(主席)	J. -M. Cosset	I. Gusev
Y. Li	J. Liniecki(副主席)	P. Ortiz Lopez
S. Mattsson	L. V. Pinillos-Ashton	M. M. Rehani
H. Ringertz	M. Rosenstein	C. Sharp
E. Vañó(秘书)	Y. Yonekura	

本报告旨在达到上述目的。为了将其有用性最大化,本报告的格式在某些方面与 ICRP 年报中委员会出版物的一般格式有所不同。

本报告由委员会在 2007 年 3 月德国埃森的会议上批准出版。

本报告编辑:J. Valentin

中文版前言

国际放射防护委员会(ICRP)及其出版物表述的放射防护标准、原则和方法已得到世界各国和相关国际组织的普遍认同。ICRP 出版物已成为放射防护界人士和相关领域人员不可或缺的书籍。

近年来,我国装备了大量的多排探测器计算机 X 线体层摄影装置(MDCT),面对这种形势,MDCT 扫描的患者剂量应引起我们足够的重视。ICRP 于 2007 年批准了 102 号出版物《多排探测器计算机 X 线体层摄影患者剂量控制》,中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所注意到人们对 ICRP 出版物日益增长的需求,特别是医用辐射防护领域对 ICRP 出版物的需求尤为迫切。因此,我们决定翻译出版 ICRP 102 号出版物的中文版。

电离辐射在医学领域的应用与日俱增,目前,已成为诊断和治疗不可缺少的重要工具。医用辐射新技术和新设备的不断涌现对放射防护工作提出了更高的要求,对医学物理人员和相关医技人员提出了新的挑战,为了适应新的形势,我们要学习和引入国际上新的技术、新的理念、新的经验和新的成果,同时要结合国内的实践加以应用和发展,让广大的受检者和患者因我们的经验和成果而受益。

ICRP 主委会委员潘自强院士对本出版物的中文版翻译和出版工作给予了极大的关注;ICRP 第三委员会委员岳保荣研究员

为获得 ICRP 的中文版授权而不辞辛苦积极联系,最终获得 ICRP 的中文翻译出版授权;首都医科大学附属北京同仁医院牛延涛博士为本书的翻译和出版做了大量的工作,在此,向他们致以衷心的感谢。

中国疾病预防控制中心
辐射防护与核安全医学所

2011 年 1 月

国际放射防护委员会第 102 号出版物
多排探测器计算机 X 线体层摄影(MDCT)患者剂量控制
2007 年 3 月委员会批准

摘要

近年来,随着多排探测器阵列数量的不断增加,计算机 X 线体层摄影(CT)技术已经发生了深刻的变化。与传统的单排探测器计算机 X 线体层摄影(SDCT)扫描机相比,多排探测器计算机 X 线体层摄影(MDCT)扫描机具有一些特定的参数,它们系统性地增加或降低患者的辐射剂量。本出版物简要回顾了 MDCT 技术、MDCT 的辐射剂量,包括与 SDCT 的差异以及影响剂量的因素、辐射风险、患者剂量管理的职责。出版物建议,用户需要理解患者剂量和影像质量之间的关系,并且注意一种现象,那就是 CT 影像质量往往高于必要的诊断置信度。自动曝光控制(AEC)不能完全取代操作者来选择扫描参数,操作者对于系统的认知非常重要。扫描方案不能在不同生产商的扫描机之间简单地转移,而应该为每一 MDCT 量身定做。如果用户对影像质量进行适当地设定,并能满足临床任务要求,那么对于大多数患者来说剂量都可以降低。对于一些参数的理解不是凭直觉的,AEC 系统对影像质量参数值的选择也并不简单。出版物中包含了一些具体的临床实例来阐述剂量管理,比如,胸部 CT 及心脏冠脉钙化定量和非侵入性冠脉造影、结肠成像、尿路成像,还有儿童、怀孕患者、外伤病例和 CT 引导的介入操作。CT 的应用迅速增长,越来越多地取代传统 X 线检查。对患者剂量给予足够的重视,尤其是重复多次扫描的患者,这一点非常重要。

国际放射防护委员会 2007 年出版物由 Elsevier Ltd. 出版。
版权所有。

关键词:影像质量 患者剂量 计算机 X 线体层摄影(CT)
放射防护 正当性 自动曝光控制(AEC)

特邀社论

收益和成本,一个永恒的平衡

本 ICRP 出版物主要针对多排探测器计算机体层摄影 (MDCT) 的患者剂量管理,是非常及时的。并非所有参与 CT 工作的人员都完全明白 MDCT 的一些特殊参数,与传统单层 CT 设备相比,这些参数会增加或减少患者的剂量。各种技术方案,包括自动曝光控制,在本报告中均被涵盖。每个成像部门必须商定各项扫描方案,在产生满足诊断的影像前提下保持合理的辐射剂量成本。因此,报告强调,用户应制定适当的成像策略以适应临床任务。对于某些特定的临床需求(例如,肺结节的探测),可以显著减少辐射剂量,从而几乎不产生对患者的实际损害。同样,在儿科和怀孕患者的检查中也具有相同的成像要求,可以用显著降低的剂量进行扫描。最近有报道显示,在 CT 结肠成像中不必过于担心微小病变(Pickhardt 等,2007),这可能使得低剂量扫描方案将会更有信心地被接受。

CT 已经成为使用电离辐射对患者进行检查的杰出的方法。由于新型多排螺旋 CT 系统能够提供多功能性,它正迅速取代患者的临床检查。例如,在急腹症中,越来越多的证据表明,腹部 X 线平片检查基本被放弃,患者治疗方案的选择往往取决于 CT 检查结果(出院、入院、观察、手术见 Ng 等,2002)。CT 增长的速度如此之快,在美国大约 3 亿总人口中每年大约有 7 500 万人次的 CT 扫描检查。CT 实际上已经取代了静脉尿路造影、钡灌肠以及许多类型的诊断性血管造影。在未来几年,对于呼吸困难的患者,即使是胸部 X 线摄影检查也很有可能被低剂量 CT 取代。

放射科医生在胸部 X 线摄影(CXR)影像的解释方面技能下

降,几乎所有在后前位(PA)胸部摄影中有可疑发现的患者都被建议行 CT 检查,很少使用胸部侧位摄影。即使 CXR 能够明确地显示异常病灶,也需要行 CT 扫描来弄清这些异常的性质。此外,CT 扫描定位像(scout view/scannogram)的影像质量也对 CXR 中特定区域(肺基底、骨骼等)的影像质量形成挑战。基于所有这些原因,为了提醒与辐射相关的医疗保健行业的每个人,这种回顾是必要的。

许多研究人员证明,与频度相对较小的检查方式比较,CT 对于社会公众群体的辐射负担显得极不成比例。特别是儿科患者的 CT 检查尤为突出。因此,每一次儿童或青少年或怀孕患者申请行 CT 扫描,应该考虑是否采用非电离辐射的技术使临床问题得到圆满解决。我们应该尽可能对儿童使用超声和磁共振。对于成年患者,我们应该避免腰椎 CT,唯一的例外是骨密度定量测量,尽管这种测量也可以使用剂量低得多的技术,如 DEXA 来获得。

即使 CT 已成为临床问题的最佳解决方案,并得到一些“指导建议”(RCR,2007 年)的推荐,但仍有许多可以降低剂量的窍门。有一个已经普遍认同的观点,即非增强扫描序列不是多数体部 CT 检查的适应证;但灌注研究和 CT 尿路造影是这个规则的显然例外。不管使用任何技术,如果需要非增强、动脉早期、动脉晚期、门静脉早期、门静脉晚期和延迟成像等扫描序列,都会导致很高的辐射剂量(Dixon 和 Goldstone,2002)。所以,这些重复扫描序列只能应用在特殊的情况下。事实上,几乎所有的临床问题通常最多有两个序列就能解决。

对于特定的具体问题(如肺结节的识别)虽然有可能降低辐射剂量,但是也存在着争议。初次诊断性 CT 检查时,诊断结论可能是未知的,是否应该减少剂量参数行 CT 扫描。CT 的固有优势之一,是采集一套完整的数据集合,提供各种组织的全部信息(骨骼、肌肉、内部器官等)。这组数据,可以在后来某个日期解决

病人入院后出现的某些特定问题。

例如,即使临床初步怀疑是“肺实质结节病”,患者也有可能患有潜在的恶性疾病,在这种情况下也需要密切关注骨骼的情况。在低剂量胸部检查中不是所有的骨纹理都能清晰显示。因此,在很多的成像部门都采用的方法是,在最初的 CT 检查中尽可能采集最大的信息量。CT 数据集合是一个资料库,可在后面的时间里采用许多不同的设置进行审阅。

事实上,如果所有的原始数据都得以保存,可以采用高分辨图像的特殊算法进行再分析,以显示肺组织的微小细节,以及胸椎和椎管的矢状面影像。如果最初的检查是全面的,它完全有可能节省重复的 CT 扫描和其他可能涉及电离辐射的一些检查。在“怀疑肺结节病”的例子中,患者患有恶性肿瘤,如果骨骼已进行了全面的 CT 扫描则可避免核医学的骨扫描检查。这些论点使得放射成像中心进一步推广应用于“全身”CT 的筛查。尽管具有高辐射剂量,即使许多劝告反对无症状患者的大范围筛查,但这种 CT 检查似乎仍在增加(Dixon,2004)。未来全身 MR 筛查如何与 CT 筛查展开竞争,将是人们关注的热点。

本出版物还强调,需要对所有的 CT 相关人员进行额外地培训。这应包括对医学生进行有关 CT 剂量方面的正确教育。有必要对申请 CT 检查的临床医生进行继续教育。但最重要的是,对控制 CT 检查参数的 CT 技师进行广泛、持续地培训。一些机构的负责人很乐意支付数十万美元/欧元购置一台新 CT 扫描机,而这些人往往很不情愿过多投资于 X 线摄影培训、继续医学教育以及监测 CT 辐射的医学物理支持。

总之,很荣幸为此出版物书写社论。我非常希望有关的管理者应至少阅读出版物中的概要内容。

ADRIAN K. DIXON

目 录

概要	(1)
术语	(3)
1 MDCT 技术	(9)
1.1 背景	(9)
1.2 MDCT 技术介绍	(11)
1.3 SDCT 和 MDCT 的区别	(12)
1.4 未来的发展	(16)
1.5 本报告的动机	(17)
参考文献	(18)
2 MDCT 的辐射剂量	(21)
2.1 简介	(21)
2.2 MDCT 的剂量是否不同,如果不同,为什么	(22)
2.3 用户由 SDCT 更换为 MDCT 时应考虑什么	(24)
2.3.1 增加 MDCT 剂量的因素	(24)
2.3.2 降低 MDCT 剂量的因素	(26)
2.4 剂量调研结果和诊断参考水平	(26)
2.5 辐射风险的观点	(29)
2.5.1 确定性风险	(29)
2.5.2 随机性风险	(30)
2.6 患者剂量控制的职责	(31)
参考文献	(33)
3 影响患者剂量的因素和行为	(37)
3.1 剂量和影像质量之间的折衷	(37)

3.1.1	影像质量的常用表述方式	(38)
3.1.2	不同的成像任务需要不同的质量水平	(39)
3.2	设备和扫描方案对患者剂量的影响	(40)
3.2.1	超宽线束	(40)
3.2.2	超范围扫描	(42)
3.2.3	影像厚度	(42)
3.3	操作者的选择对患者剂量的影响	(45)
3.3.1	扫描机型号和生产厂	(46)
3.3.2	管电流(mA)和管电流-曝光时间乘积(mAs)	(46)
3.3.3	影像质量选择范例	(52)
3.3.4	时间 mA 调制	(56)
3.4	管电压(kVp).....	(56)
3.5	螺距、线束准直和层厚	(57)
3.6	扫描范围和适应证	(58)
3.7	系统软件:影像重建、噪声降低和金属伪影减少算法	(58)
3.8	扫描采集和重建参数的调整	(59)
	参考文献	(60)
4	临床实践中的剂量控制	(66)
4.1	检查的正当性	(66)
4.2	培训方面的问题	(68)
4.3	特殊 CT 检查的技术和剂量	(69)
4.3.1	胸部 CT 检查	(69)
4.3.2	CT 冠脉钙化定量分析和非侵入性冠脉造影 CT 检查	(71)
4.3.3	结肠 CT 检查	(74)
4.3.4	外伤 CT 检查	(75)
4.3.5	尿路 CT 检查	(76)

4.3.6 CT 引导下介入手术	(76)
4.3.7 儿童 CT 检查	(77)
4.3.8 怀孕患者的 CT 检查	(78)
4.4 未来方向	(79)
参考文献	(80)
附录 A 如何描述 CT 的剂量	(87)
A.1 CT 剂量指数(CTDI)	(87)
A.2 剂量长度乘积(DLP)	(90)
A.3 器官剂量和有效剂量	(90)
A.4 剂量估算工具	(91)
A.5 CT 剂量学的进展	(93)
参考文献	(94)

概 要

1 MDCT 技术

- 现代 CT 扫描机采用多排探测器阵列,使得扫描速度加快和扫描范围更宽。
- 所有新型 CT 系统都具有多排探测器、单或双 X 线源,并具有一些商品化的新的剂量降低工具。

2 MDCT 的辐射剂量

- 与单排探测器 CT 扫描机(SDCT)相比,MDCT 在一些方面会系统地增加或降低患者剂量。
- 最初的报道显示,MDCT 比 SDCT 的患者剂量增加了,但近期的报告显示两者剂量相当或有所降低。
- 如果 MDCT 用户选择与 SDCT 相同的参数设置,则患者剂量会增加。参数设置必须适用于特定的 CT 扫描机型。

3 影响患者剂量的因素和行为

- MDCT 有可能降低剂量,但剂量的实际降低程度取决于如何使用 CT 系统。
- 放射医师、心脏病医师、医学物理师以及 CT 操作技师应理解患者剂量和影像质量之间的相互关系,并且应该意识到 CT 的影像质量通常高于诊断置信度的需求。
- 最高质量的影像不是所有诊断任务所必需的,但质量的水平(例如,低噪声、中等或低剂量)取决于具体的诊断需求。
- 影像质量的客观测量如噪声、对比度噪声比可能不会完全反映与临床诊断相关的所有影像特征。因此,确定“最佳”的影像质

量可能是一个复杂的任务,因为需要包括定量测量(例如,噪声)和观察者的感知。

- 扫描参数对患者剂量管理影响的认知度逐步提高。但是,技术的快速变化需要对患者的剂量管理持续关注。
- 自动曝光控制(AEC)系统可将与影像质量相关的测量值应用于扫描方案中。如果影像质量由用户指定并适于临床要求,则除肥胖患者以外可使患者剂量降低。对于肥胖患者,需要增加剂量以改善图像质量。
- AEC并非不需要操作人员调节任何参数,而是应该对所使用的CT系统有所了解。当没有AEC时需要操作人员选择mA或mAs,有AEC时需要理解噪声指数、参考mAs和参考影像等相关概念,以使其有效发挥作用。对有些参数,比如像素标准差或噪声指数有所了解,而不是凭直觉判断,可以减小错误的发生概率。
- AEC系统中,影像质量参数的选择并不简单。确切的影像质量没有一个统一的认识,不同厂家之间进行曝光控制的差别显著。操作人员对于所用设备的了解程度非常重要。

4 临床实践中的剂量管理

- CT使用的正当性应该由临床申请医生和放射科医生共同承担责任。它包括对于特定指征进行CT检查的正当性,以及对各种临床指征进行分类时需要执行标准剂量CT还是仅需低剂量CT扫描方案。
- 扫描参数的选择应该基于临床指征、患者尺寸和扫描部位,患者剂量以这些参数为基础进行管理。
- 必须有扫描指南(CT检查的选择标准)作为指导,以避免不恰当扫描。此外,还应适当考虑以非辐射成像方式作为替换。
- 临床申请医生和CT室工作人员应该经过培训,这有助于扫描适应证、扫描方案和患者剂量的管理。