

Guidelines for
Radiation Protection and Safety in
INTERVENTIONAL RADIOLOGY

介入诊疗防护与 安全指南

刘长安 编 著
尉可道 审 校



北京大学医学出版社

介入诊疗防护与安全指南

Guidelines for Radiation Protection and Safety in Interventional Radiology

刘长安 编著

尉可道 审校

北京大学医学出版社

JIERU ZHENLIAO FANGHU YU ANQUAN ZHINAN

图书在版编目 (CIP) 数据

介入诊疗防护与安全指南 / 刘长安编著. —北京: 北京大学医学出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5659-1355-6

I. ①介… II. ①刘… III. ①放射医学—辐射防护—指南 IV. ①R14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 050514 号

介入诊疗防护与安全指南

编 著: 刘长安

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 中煤 (北京) 印务有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 张凌凌 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 710mm × 1000mm 1/16 印张: 13 字数: 266 千字

版 次: 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1355-6

定 价: 55.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

序

核能和核技术研究成果已广泛地应用于医学领域，取得了巨大的经济效益和社会效益，为人类的健康做出了重大贡献。迈入 21 世纪十多年间，电离辐射研究的新成果进一步推动了医学诊断和治疗的深入发展。同时，人们进一步认识到，电离辐射的医学应用为人类健康带来福音的同时也会对人体产生有害影响。为趋利避害而形成了新的交叉学科——医用辐射防护学，其研究为电离辐射在医学中的进一步应用提供了更加有力的安全保障，使两者相互促进，彰善癉恶。

本书编者刘长安研究员就是致力于医用辐射防护学，并卓有建树的学者。

一年前，刘长安研究员出版了《放射诊断中的医疗照射防护》一书，全面论述了在放射诊断中接受医疗照射的患者（也包括照顾和抚慰患者的人员和生物医学研究中的志愿者）辐射防护的基本要求和实用方法。本书命名为《介入诊疗防护与安全指南》，针对介入放射学（诊断和治疗）领域中电离辐射防护与安全所涉及患者医疗照射和放射性工作人员职业照射等种种问题，讨论问题更加专一，内容阐述更加翔实，对临床实践更有针对性和指导性。这两本书，各具特色，相辅相成，是医用辐射防护学的一对“姊妹篇”，相映生辉。

介入放射学是在 20 世纪 70 年代初期以 Seldinger 技术为基础而发展起来的一个微创医学的分支学科。它是以医学影像诊断技术为基础，在影像设备导向下，利用经皮穿刺，并经导管和其他介入器材或药物对一些疾病进行非手术治疗，或用于获取组织或其他标本进行医疗诊断的兼容并包的一门独立临床学科。医学影像设备的导向是完成介入诊断和治疗的关键，它包括 X 射线透视机、DSA、CT、超声成像仪和 MRI 设备。然而，到目前为止，在临床实践中，仍然以 X 射线透视和 DSA 设备的介入放射程序的广泛应用为主。因此，本书集中讨论 X 射线透视和 DSA 设备为导向的介入放射学的防护与安全等诸多问题。

本书正文共分 8 章。其中第 1～4 章阐述介入放射学基础知识，第 5～8 章涉及介入放射学临床实践中放射防护相关问题，对患者和工作人员的相关放射防护展开详尽论述。

《介入诊疗防护与安全指南》一书是作者阅读了国内外大量科学文献资料，经过融会贯通，加以整理，使当今介入放射学辐射防护领域中理论、技术、方法、挑战和进展都在本书中加以体现，并指出所存在的一些问题和可能的解决办法。毫不夸张地讲，在介入放射学辐射防护领域中，这是国内实属少见的一本有很大参考价值的专著。

该书资料新颖，内容丰富，体现理论与实践结合，基础与应用结合，全面与重点结合，对于从事介入放射学临床、科研和防护工作的相关专业人员是一本有参考价值的专著。

我相信，本书的出版对于介入放射学中辐射防护与安全知识普及和提高，对于在这个领域中的医疗照射和职业照射防护的改善，将会起到促进作用。

当笔者要结束本序，完成刘长安研究员对我的拜托之时，突闻刘长安研究员离世的噩耗……我从刘长安研究员追悼会现场归来，坐在桌前，思绪难平：刘长安研究员面带笑容、手托书稿走到我面前，拜托我为他写序的场景还历历在目；书中字行句间语言朴实，内容明晰，闪耀着作者的才华、睿智和博学；他讲述编写本书的努力和艰辛，满意和不足，体现了交出成果的作者惯有的心情；他最后说，太累了，该歇息一下了。然而，他真的休息了……长安走了，太不应该了！我怎么也想不通。

我真诚地向学界同仁们推荐这本书，让我们阅读这本书，做好医学防护工作。让我们留存这本书，永远记住刘长安研究员。

尉迟道

2015年10月29日

前 言

介入放射学 (interventional radiology) 是在 X 射线透视或计算机体 (断) 层摄影 (CT) 影像系统引导、定位、监控和记录下, 经皮穿刺或通过人体固有孔道将特制的导管或器械插至病变部位, 对各种疾病进行侵入性诊断或微创治疗操作的一系列技术。

与开放性手术相比, 介入放射学程序具有微创、费用低廉、很少需要全身麻醉、术后疼痛较轻、恢复快、无需住院或住院时间短等众多优势, 导致公众和医院对介入放射学程序的需求激增。从 20 世纪 60 年代后期开始, 尤其是最近三十多年来, X 射线透视引导介入操作 (fluoroscopically guided interventions, FGI) 在全球得到日益广泛的推广应用, 程序种类和应用范围、设备数量和诊疗频率都在迅速增长。

国内介入放射学方面的教材、专著、指南和专家共识琳琅满目, 令人遗憾的是, 对于辐射风险及其防护, 或只字不提, 或轻描淡写。介入放射学的辐射防护与安全议题, 同样需要指南和专家共识, 我们尝试迈出艰难的第一步。

本书较系统、全面地论述了介入放射学实践 (尤其是 X 线透视引导介入操作) 中辐射防护与安全的基本理念和实用技术, 旨在为医患双方辐射风险的有效管控提供适用且合理可行的指南。

全书共分 8 章。主要内容包括: 辐射防护的基本原则, 辐射剂量学及其应用, 透视引导介入操作可能诱发的辐射健康效应, 介入设备和设施的辐射安全考虑, 接受介入诊疗的患者的辐射防护与安全指南, 介入诊疗工作人员的辐射防护与安全指南, 辐射防护教育培训, 辐射防护质量保证大纲 (计划)。本书可供参与介入诊疗工作的放射医师、临床医师、护士、放射技师以及医院管理人员、医学辐射防护工作者和医学生参阅, 也可作为相关培训项目的试用教材。

CT 引导的介入操作 (CT guided interventions, CTGI) 主要由放射科实施。由于 CTGI 技术发展太快, 很难对其中所涉及的辐射防护问题提出专门的建议, 本书不做详细讨论。然而, 本书针对 FGI 程序的辐射防护与安全建议, 大多数也适用于 CTGI 实践。超声和磁共振 (MR) 等非电离辐射成像设备引导下的介入程序, 不存在电离辐射防护问题, 本书不予讨论。

资深辐射防护专家、80 高龄的尉可道研究员审阅了全部书稿, 并为本书作序。在此致以诚挚的感谢!

由于编者实践经验、认识水平、学术素养和文字表达能力的局限性, 书中难免有疏漏或错误。恳请您将阅读中发现的问题随时反馈给我们, 以便我们知错改错, 在

可能的重印或再版时予以纠正。也欢迎大家通过我的博客进行交流与讨论，博客地址
<http://blog.sina.com.cn/caliunirp>。

刘长安

2015年6月

目 录

第1章 导 论	1
1.1 范围	1
1.2 辐射防护的概念体系	3
1.2.1 基本构成	3
1.2.2 辐射防护的基本原则	5
参考文献	7
第2章 辐射剂量学量及其应用	10
2.1 基本量、防护量和实用量	10
2.1.1 概述	10
2.1.2 吸收剂量	11
2.1.3 组织或器官平均吸收剂量	11
2.1.4 当量剂量	12
2.1.5 有效剂量	13
2.1.6 运行实用量	15
2.2 用于职业性外照射评估的量	16
2.2.1 外照射剂量评价的一般考虑	16
2.2.2 诊断与介入放射学中职业照射监测与评价	17
2.3 透视引导介入程序中患者剂量的评估	18
参考文献	24
第3章 电离辐射的健康效应	27
3.1 辐射诱发生物学损伤的可能机制	27
3.2 电离辐射健康效应的分类	27
3.3 确定性效应(组织反应)	28
3.4 随机性效应	32
3.5 出生前照射的健康效应	37
3.5.1 概述	37
3.5.2 确定性效应(组织反应)	37
3.5.3 出生前照射的癌症风险	37

3.5.4 遗传效应	38
3.6 警惕介入程序中的皮肤辐射损伤	38
3.6.1 皮肤辐射损伤的诊断与治疗	38
3.6.2 对 X 射线透视诱发辐射损伤认识历程的简要回顾	42
3.6.3 透视引导介入程序诱发患者皮肤辐射损伤的特点	44
3.6.4 透视引导介入程序诱发工作人员皮肤辐射损伤的风险	47
3.7 眼晶状体的辐射效应	48
3.7.1 关于辐射性白内障的发病机制	48
3.7.2 辐射性白内障阈剂量判断的改变及其依据	49
3.7.3 职业照射眼晶状体剂量限值的变化	51
3.7.4 介入诊疗工作人员辐射性白内障的风险	52
参考文献	53
第 4 章 介入放射学设备和设施的辐射安全	59
4.1 引言	59
4.2 介入放射学设备配置	60
4.2.1 一般考虑	60
4.2.2 特定设备组件	63
4.2.3 用于儿童介入程序的特定设备组件	64
4.3 介入放射学设施设计要求和辐射屏蔽	65
4.3.1 引言	65
4.3.2 介入诊疗室	65
4.3.3 控制室	67
4.3.4 其他配套设施及设备	68
4.3.5 介入 X 射线设备机房的辐射屏蔽要求	68
参考文献	70
第 5 章 患者的辐射防护	73
5.1 正当性判断	73
5.2 患者辐射风险的影响因素	77
5.2.1 概述	77
5.2.2 人口因素	77
5.2.3 医学史	78
5.2.4 辐射照射史	79
5.2.5 程序类型	79
5.3 术前规划准备	83

5.3.1 人员资质与培训要求	83
5.3.2 设备	84
5.3.3 患者知情同意	84
5.3.4 妊娠	85
5.3.5 诊疗方案规划	85
5.3.6 术前倒计时	89
5.4 术中患者剂量管理与控制	90
5.4.1 术中患者剂量监测与通知	90
5.4.2 术中辐射水平信息的应用	91
5.4.3 术中患者剂量控制措施	93
5.5 术后管理	101
5.5.1 剂量记录	101
5.5.2 患者随访	102
5.6 质量评估建议	103
5.7 儿童患者的辐射防护	104
参考文献	107

第 6 章 工作人员的辐射防护..... 113

6.1 引言	113
6.2 工作人员辐射照射的来源	113
6.3 职业照射防护的基本方法	117
6.4 辐射屏蔽工具	120
6.4.1 几个相关名词	120
6.4.2 个人防护用品	121
6.4.3 室内防护装置	126
6.5 个人剂量监测与评价	129
6.5.1 个人剂量计的使用	129
6.5.2 剂量限值	132
6.5.3 风险评估	134
6.5.4 个人剂量档案	135
6.5.5 职业照射剂量的监控	135
6.5.6 对异常个人剂量数据的调查	137
6.6 职业健康监护	138
6.7 减少职业照射剂量的实用建议	140
6.7.1 概述	140
6.7.2 利用所有可用信息来规划介入程序	140

6.7.3	尽可能减少透视时间	141
6.7.4	尽可能减少图像采集帧数	141
6.7.5	使用可用的降低患者剂量的技术	141
6.7.6	使用合理的成像链几何布局	142
6.7.7	使用准直	142
6.7.8	站在低散射辐射区域	142
6.7.9	使用防护屏蔽	142
6.7.10	使用合适的成像设备	142
6.7.11	使用性能受控于质量保证计划的成像设备	143
6.7.12	接受必要的培训	143
6.7.13	佩戴个人剂量计并了解自己的剂量	144
6.8	管理职责	144
	参考文献	144
第 7 章 工作人员辐射防护培训		151
7.1	必要性和目的	151
7.2	课程	152
7.3	培训类型和时限要求	156
7.4	培训计划的制定	157
7.5	培训形式	157
7.6	培训工作的实施和监督检查	158
	参考文献	159
第 8 章 质量保证大纲		161
8.1	引言	161
8.2	设备采购	161
8.3	设施	164
8.4	设备质量控制检测	164
8.4.1	基本概念	164
8.4.2	质量控制检测基本要求	165
8.4.3	检测结果评价及处理	167
8.4.4	质量控制的记录和资料保存	167
8.5	人力资源的可及性及其职责	167
8.6	培训	168
8.7	对有可能发生皮肤辐射损伤的患者的随访	168
8.8	患者剂量核查	169

8.8.1 概述 169

8.8.2 诊断参考水平 169

8.8.3 剂量资料汇总分析 174

8.8.4 对高剂量介入程序的评估 175

8.8.5 皮肤剂量的评估 175

参考文献 176

附录..... 180

导 论

1.1 范围

介入放射学 (interventional radiology) 是在医学影像设备引导、定位、监控和记录下, 经皮穿刺或通过人体固有孔道将特制的导管或器械插至病变部位, 对各种疾病进行侵入性诊断或微创治疗操作的一系列技术^[1-4]。

核医学治疗和放射治疗中, 电离辐射用于治疗目的, 患者受到的照射属于治疗性照射。然而, 应当认识到, 患者在介入诊断或介入治疗程序中受到的 X 射线照射均为诊断性照射, X 射线本身并非用于治疗目的, 仅仅是作为引导、定位、监控和记录程序实施的一种影像工具。

绝大多数介入放射学操作中以 X 射线透视作为主要的影像引导工具, 因此本书只讨论 X 射线透视引导介入 (fluoroscopically guided intervention, FGI) 程序所涉及的辐射防护与安全问题, 并提供详细的建议和指南。

CT 引导的介入程序 (computed tomography guided intervention, CTGI) 主要由放射科实施。CT 与透视之间的界限已日渐模糊: CT 机持续出束时可用于实时引导介入程序; 透视系统的 C 形臂机架也可在影像采集过程中快速旋转, 对所获数据进行 CT 图像重建。由于 CTGI 技术发展太快, 很难对其提出专门的建议^[3], 本书不做详细讨论。然而, 本书针对 FGI 程序的辐射防护与安全建议, 大多数也适用于 CTGI 实践。

超声和磁共振等非电离辐射成像设备引导下的介入程序, 也属于介入放射学的范畴, 因为不存在电离辐射防护问题, 本书不予讨论。

与开放性手术相比, 透视引导介入程序具有费用低廉、微创、很少需要全身麻醉、术后疼痛较轻、恢复快、无需住院或住院时间短等诸多优势, 导致公众和医院对介入放射学程序的需求激增。从 1960 年代后期开始, 尤其是最近三十多年来, FGI 在全球得到日益广泛的推广应用, 程序种类和应用范围 (参见表 1-1, 仅为说明性的举例, 而非详尽清单)、设备数量和诊疗频率都在迅速增长^[1-3,5-6]。

表 1-1 透视引导介入（FGI）程序种类举例^[3,6]

器官系统或部位（涉及医师的专业 / 科室）	程序类型
中枢神经系统 （放射学，神经外科，神经内科）	诊断性血管造影术 栓塞术 血栓溶解术
胸部 （放射学，血管外科，内科）	活检术 胸腔穿刺术 胸管置入术 肺血管造影术 肺栓塞术 血栓溶解术 肿瘤消融术
心脏 （心血管内科，心外科）	诊断性血管造影术 经皮冠状动脉腔内成形术 支架置入术 导管射频消融术 起搏器置入术 置入型心律转复除颤器置入术 先天性心血管病和瓣膜病的介入治疗
胃肠道 （放射学，消化科）	经皮胃造瘘术 经皮空肠造瘘术 活检术 支架置入术 诊断性血管造影术 栓塞术
肝胆系统 （放射学，消化科）	活检术 经皮肝穿刺胆道造影 经皮穿刺胆汁引流术 内镜逆行胰胆管造影 经皮胆囊造口术 取石术 支架置入术 经颈静脉肝内门体分流术 化疗栓塞术 肿瘤消融术
肾和泌尿道 （放射学，泌尿科）	活检术 肾造瘘术 输尿管支架置入术 取石术 肿瘤消融术 经皮肾镜取石术 肾内支架置入术

续表

器官系统或部位（涉及医师的专业 / 科室）	程序类型
生殖系统 （放射学，妇科，产科）	诊断性血管造影 栓塞术 子宫输卵管造影术
肌肉骨骼系统 （放射学，骨科，神经外科，麻醉科，神经内科）	活检术 经皮椎体成形术 椎体后凸成形术 栓塞术 肿瘤消融术 神经阻滞术
血管系统 （放射学，心内科，血管外科，肾内科，神经外科）	诊断性血管造影术 诊断性静脉造影术 血管成形术 支架置入术 栓塞术 移植支架置入术 静脉通路 下腔静脉滤器置入术 动脉瘤腔内修复术
其他 （放射学）	体液收集抽吸 脓肿 / 囊肿穿刺引流术

尽管 FGI 最早是由放射医师开展起来的，但心脏病医师也在早期即涉足该领域，并且至今在世界范围内，绝大多数的心血管介入诊疗仍由他们完成。FGI 也越来越多地受到其他专科医师（如血管外科、神经内科、神经外科、泌尿科、消化科、骨科、创伤科、麻醉科、疼痛科、妇产科和儿科医师等）的关注，许多 FGI 程序在放射科之外的临床科室推行，越来越多未经辐射防护与安全方面适当培训的临床医师已经或即将成为“介入医师”。这些介入医师中有很多人并不了解这些操作可能导致辐射损伤，也不清楚减少其发生的简单措施。很多患者也未被告知辐射风险，当其接受复杂的介入诊疗程序，受照剂量可能导致辐射损伤时，也未对其进行随诊。其中一些患者出现了皮肤辐射损伤，而儿童或较年轻患者将来罹患癌症的风险也有所增加。介入医师可能会因受到超过个人剂量限值的照射面临工作限制或者遭受辐射损伤（例如放射性白内障，皮肤辐射损伤），其他相关工作人员也因此会受到较高剂量的照射^[1-3,6]。

1.2 辐射防护的概念体系

1.2.1 基本构成

防护与安全（protection and safety）是指保护人员免受电离辐射或放射性物

质的照射和保持实践中源的安全，包括为实现这种防护与安全所采取的措施，如使人员的辐射剂量和风险保持在可合理达到的尽量低的水平（as low as reasonably achievable, ALARA）并低于规定约束值的各种方法或设备，以及防止事故和缓解事故后果的各种措施等^[7-10]。

基本的辐射防护结构除了包括科学判断以外还要求包括社会判断。因为辐射防护的主要目的是提供保护人类的适当标准而不过分限制有益的引起照射的实践。进一步还必须假定即使很低的辐射剂量也可能产生某些有害健康的效应。由于确定性效应（组织反应）存在阈剂量，故可以通过限制个体的剂量来避免这种效应。另一方面，对于随机性效应（主要包括辐射致癌和遗传效应），假定任何照射都会引起效应。没有祈求阈剂量的存在，所以随机性效应是无法完全避免的。辐射防护的基本结构旨在使剂量保持在有关的阈剂量以下以防止确定性效应（组织反应）的发生，同时，应在考虑社会因素的基础上，保证采取所有合理的措施将随机性效应的风险限制在可以接受的水平^[7-8]。

辐射防护体系应做到利多于害，应使防护的安排达到最大的净利益，限制由于个人与整个社会的利益矛盾时可能出现的不公平^[7-8]。

为了制定切实可行的防护和安全要求，国际放射防护委员会 2007 年建议书^[8]和《国际电离辐射防护与辐射源安全的基本安全标准》（以下简称 IBSS）2014 年正式版^[9]对三种不同类型的辐射照射情况进行了区分：计划照射情况、应急照射情况和现存照射情况。

介入放射学的应用属于计划照射情况。计划照射情况（planned exposure situation）包括计划运营源的常见情况，以及退役、放射性废物处置和以前占有土地的恢复。运营的实践是计划照射情况。由于能够在启动有关活动之前进行防护和安全准备，并全程置于监管控制之下，因此，能够从一开始就限制相关照射及其发生的可能性。在计划照射情况中，控制照射的主要办法是进行设施、设备和操作程序的良好设计以及开展培训。

在介入放射学设施日常运行中，可合理预期某种程度的照射发生（“正常照射”）。另外，如果照射不能预料肯定发生，但可能因或许发生但未必一定发生的事故或事件或一系列事件而导致，则这种照射被称为“潜在照射”，由于在授权或许可时已考虑了其发生的可能性，潜在照射仍应视为计划照射情况的一部分。

人员受到的照射（正常照射和潜在照射）可分为三类：职业照射、医疗照射和公众照射^[7-10]。介入放射学实践中，这三种照射类型均应考虑：参与介入诊疗的工作人员在履行职责期间受到的职业照射；接受介入诊疗程序的患者受到的医疗照射；公众照射（辐射源对公众成员的照射，不包括任何职业照射或医疗照射）。不同照射类型的防护与安全要求不同，因而，应当对个人所受照射类型进行恰当的划分。例如，参与 FGI 程序的护士所受照射属于职业照射；在放射技师使用移动式 X 射线机在病房内对患者进行床旁 X 射线摄影时，病房护士偶尔受到的照射应当考虑为公

众照射而非职业照射^[4]。怀孕放射工作人员的胚胎和胎儿的照射应当作为公众照射进行管理^[8-11]。

1.2.2 辐射防护的基本原则

1.2.2.1 概述

辐射防护的三项基本原则是：实践的正当性，防护最优化，应用剂量限值^[6-11]。其中，实践的正当性和防护最优化这两项原则是辐射源相关的，适用于所有照射情况（计划、应急和现存照射情况）；应用剂量限值这一项原则是个人相关的，仅适用于计划照射情况中的职业照射和公众照射，不适用于患者所受医疗照射^[8-9,11]。

与职业照射和公众照射不同，医疗照射通常旨在使受照患者个人直接获益，患者自身同时是危害和利益的接受者，受到的辐射剂量主要取决于具体临床需要。如果该程序具备正当性，而且防护是最优化的，患者剂量将会是符合医学目标的尽可能低的水平，任何进一步减少照射的做法可能影响患者的诊断或治疗效果，弊大于利。因此，剂量限值不适用于医疗照射，虽然对慰问、照顾患者的人员或研究中的志愿者应给予剂量约束^[1-3,7-12]。

1.2.2.2 实践的正当性

电离辐射医学应用的正当性判断，涉及对医疗照射、职业照射和公众照射这三种人员受照类型的考虑^[4]。

对职业和公众照射而言，实践应具备正当性。正当性分析，一方面是判断应用特定放射诊疗程序时，对接受该程序的个人和社会预期产生的利益是否超过该程序产生的危害（包括辐射危害）的过程，确保放射诊疗程序对患者利大于弊，净利益为正，是电离辐射医学应用的首要目标，另一方面应恰当地考虑降低对放射工作人员和其他个人的辐射照射危害^[4]。

医疗照射在本质上是患者在不同程度知情同意情况下自愿接受的，患者个人是直接健康利益的受益者，同时也是辐射危害的承受者。需要在三个不同层次上考虑医疗照射的正当性^[4,8-9,12]。

在第一个层次上，也是最基本的层次，医疗活动中恰当地应用电离辐射被普遍认为益处大于危害，当前已将其正当性视为理所当然的^[4,8-9,12]。

但在第二个层次上，需要卫生主管部门会同适当的专业机构证明特定放射诊疗程序具有一般正当性。本层次的正当性，旨在判断某种放射诊疗程序是否有助于改善诊断和治疗效果，是否可以提供受照者的必要医学信息。所有新型医疗照射的技术和方法，使用前均应进行正当性判断。已判断为正当的医疗照射类型，当取得新的或重要的证据并需要重新判断时，应对其重新进行正当性判断^[4,8-9,12]。

在第三个层次上，应证明应用于患者个体的特定放射诊疗程序是正当的（利大