

医学影像学经典教科书

格-艾

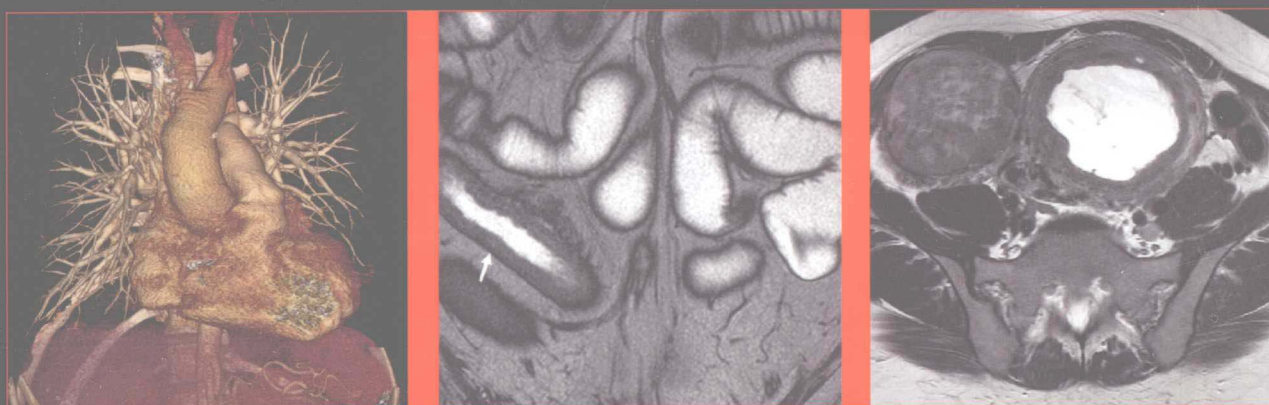
放射诊断学 · 第6版 · 上卷

Grainger & Allison's
Diagnostic Radiology

A TEXTBOOK OF MEDICAL IMAGING

原著者 Andreas Adam ● Adrian K.Dixon
Jonathan H.Gillard ● Cornelia M.Schaefer-Prokop

主 译 张敏鸣



ELSEVIER



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

医学影像学经典教科书

格-艾

放射诊断学 · 第6版 · 上卷

Grainger & Allison's

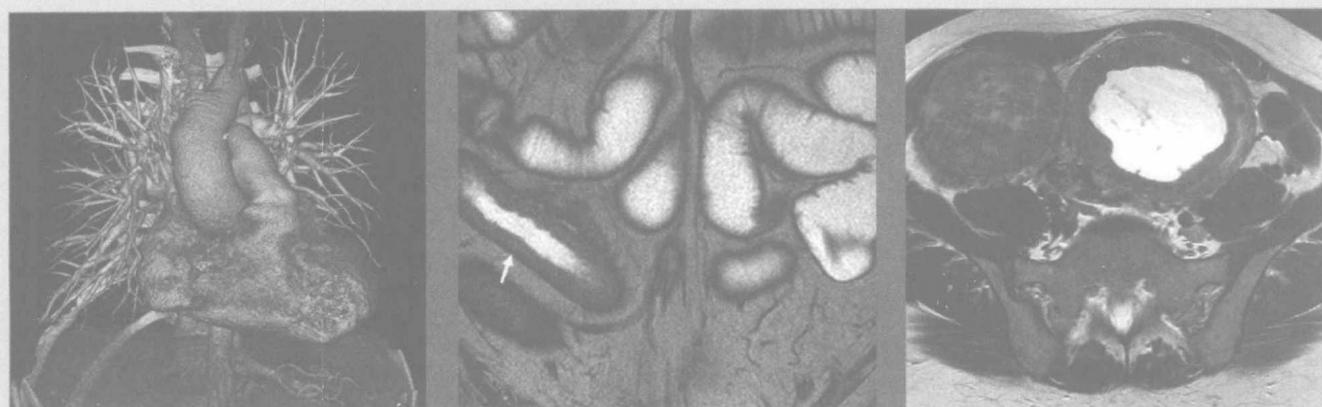
Diagnostic Radiology

A TEXTBOOK OF MEDICAL IMAGING

原著者 Andreas Adam ● Adrian K.Dixon

Jonathan H.Gillard ● Cornelia M.Schaefer-Prokop

主 译 张敏鸣



ELSEVIER



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北京

图书在版编目(CIP)数据

格-艾放射诊断学:(上、下卷)/(英)亚当(Adam, A.)等原著;张敏鸣主译. —6版. —北京:人民军医出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-5091-8612-1

I. ①格… II. ①亚… ②张… III. ①放射诊断 IV. ①R814

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 207451 号

策划编辑:高爱英 姚磊 马凤娟 文字编辑:王璐 陈娟 王丽 侯小芳 高磊 责任审读:王三荣

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、装:三河市春园印刷有限公司

开本:850mm×1168mm 1/16

印张:139 字数:3810 千字

版、印次:2015 年 10 月第 6 版第 1 次印刷

印数:0001—3000

定价(上、下卷):498.00 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

ELSEVIER

Elsevier(Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road

08-01 Winsland House I

Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200

Fax: (65) 6733-1817

Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 6/E

Copyright 2015, Elsevier Limited.

First edition 1986 Second edition 1991 Third edition 1997 Fourth edition 2001 Fifth edition 2008

The right of Andreas Adam, Adrian K. Dixon, Jonathan H. Gillard, Cornelia M. Schaefer-Prokop to be identified as editors of this work has been asserted by them in accordance with the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

ISBN-13: 9780702042959

This translation of Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 6/E by Andreas Adam, Adrian K. Dixon, Jonathan H. Gillard and Cornelia M. Schaefer-Prokop was undertaken by People's Military Medical Press and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 6/E by Andreas Adam, Adrian K. Dixon, Jonathan H. Gillard, Cornelia M. Schaefer-Prokop 由人民军医出版社进行翻译,并根据人民军医出版社与爱思唯尔(新加坡)私人有限公司的协议约定出版。

格-艾放射诊断学,第6版,上卷,张敏鸣主译。

ISBN:978-7-5091-8612-1

Copyright 2015 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at the website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. (other than as may be noted herein)

Notice

This publication has been carefully reviewed and checked to ensure that the content is as accurate and current as possible at time of publication. We would recommend, however, that thereader verify any procedures, treatments, drug dosages or legal content described in this book. Neither the author, the contributors, the copyright holder nor publisher assume any liability for injury and/or damage to persons or property arising from any error in or omission from this publication.

Printed in China by People's Military Medical Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the contract.

著作权合同登记号:图字 军-2015-176 号

内容提要

本书是国际经典名著,共9部分93章,详细讲述了全身各系统的正常影像表现、常见疾病的病理生理学改变、各种基本影像技术及各器官组织常见疾病的特征影像学表现,涵盖X线、CT、MRI、超声及核医学等多种影像学技术。本版新增了应用于临床的最新影像技术,并总结了其影像学特点和临床应用,内容更新、更深、更精,充分体现了系统整合和整体优化的原则。本书系统、全面、实用,内容翔实而新颖,特别是很好地解决了相关学科之间的交叉与联系,充分反映了现代影像学的发展和应用。本书图片清晰、图表醒目,编写内容和方式易于理解,是放射科医师案头必备的参考书。

译者名单

主 译	张敏鸣						
副主译	王丽华	严志汉	余日胜	陈 峰			
特邀译审	(以姓氏笔画为序)						
	冯晓源	刘士远	李坤成	金征宇	徐 克	梁长虹	滕皋军
编 委	(以姓氏笔画为序)						
	丁建平	王丽华	王美豪	邝平定	冯晓源	向可伟	刘士远
	许茂盛	许崇永	孙建忠	严志汉	严森祥	李坤成	李林法
	李建策	杨光钊	杨运俊	肖文波	余日胜	邹 煜	汪启东
	张 勇	张敏鸣	张联合	陈 峰	陈伟建	邵国良	金征宇
	赵博文	胡红杰	晁 明	徐 克	徐晓俊	徐雷鸣	黄求理
	黄品同	曹国全	龚向阳	崔 凤	梁长虹	蒋 飏	程建敏
	楼 岑	楼海燕	赖 灿	滕皋军			
译 者	(以姓氏笔画为序)						
	丁建平	马晓辉	王 丹	王 振	王 莉	王 殊	王 雪
	王 越	王 超	王 颖	王六红	王丽华	王宏清	王启苑
	王俊丽	王美豪	亓昌珍	方 瑶	方必东	计丹妍	尹冰心
	尹学青	邓美香	龙 斌	叶雪梅	白光辉	邝平定	尧林鹏
	朱 江	朱亚莉	朱阳军	朱修良	伍建军	伍翠云	任宇婧
	向可伟	刘 杰	刘一骏	刘文平	刘会茹	刘俊青	刘锦鹏
	许 飒	许 婷	许化致	许茂盛	许佳祺	许金霞	许崇永
	许晶晶	孙 琪	孙秀娟	孙建忠	孙厚长	严丹方	严志汉
	严森祥	杜 芳	李 伟	李 志	李 宏	李 洁	李 倩
	李 斌	李 瑞	李世岩	李伟伟	李林法	李建策	李清海
	杨 丽	杨 园	杨 虹	杨民霞	杨光钊	杨兴惠	杨运俊
	杨建峰	杨根仁	肖文波	吴 磊	吴寅波	吴强乐	邱 伟
	邱甜甜	余日胜	余鑫锋	邹 煜	应世红	汪启东	汪银玉
	沈竹静	宋瑞瑞	张 军	张 勇	张广强	张丽军	张思影
	张洪锡	张敏鸣	张联合	陆中杰	陆海华	陈 伟	陈 英
	陈 峰	陈 博	陈 璐	陈伟建	陈晓荣	陈海波	陈授聪
	陈梅魁	陈彩虹	陈薪伊	邵国良	邵晓彤	耶尔凡	加尔肯
	范晶晶	茅国群	林玉娇	林春苗	林博丽	罗 君	罗 骁

金 凯	周 华	周 勤	周 长	周 玉	周 海	周 琦	周 晶	郑 怡
郑葵葵	赵颖姿	赵艺霞	赵博文	赵哲锋	郝琳芽	胡子丹	胡红杰	胡彩云
胡秀华	贾绚琼	段玉能	俞全全	顾全全	俞晁明	施钱华	闻钱微	红彩云
姚立铎	徐郭隽	夏芳芳	徐晓俊	徐晓俊	徐甜甜	徐敬峰	徐雷鸣	钱微
钱姿桦	郭军飞	郭新强	涂景恋	涂景恋	徐甜甜	徐敬峰	徐雷鸣	徐雷鸣
高美佳	曹佑军	郭新强	曹国洪	曹国洪	黄求理	黄品同	曹崔芳	曹崔芳
曹志坚	董飞	曹国洪	曹国洪	曹国洪	黄求理	黄品同	曹崔芳	曹崔芳
揭力勇	谢筱军	蒋文婷	韩树高	韩树高	程向阳	程建敏	崔温学	崔温学
谢素素	谢筱军	蓝文婷	楼岑斌	楼岑斌	程有根	程建敏	温学花	温学花
赫伟远	管晓华	廖志林	谭延斌	谭延斌	楼海亚	楼海娟	赖潘美	赖潘美
潘瑶晶	潘克苑				熊兵	滕海娟		
周琦晶	王启苑							

秘 书

致中国读者

我们非常高兴《格-艾放射诊断学》(第6版)已译成中文,并将在中国出版发行。该书融合了众人的心血,除了 Andy Adam 和 Adrian Dixon 外,本版又有 Jonathan Gillard 和 Cornelia Schaefer-Prokop 两位主编的加入,他们分别为神经放射学和胸部放射学章节带来了宝贵的专业知识。本版的另一特色是多个章节都增加了一些非常有能力的编委,如 Michael Maher(腹部)、Cathy Owens(儿科)、Phil O'Connor 和 Andrew Grainger(肌骨)、Rolf Jäger(神经影像)、Vicky Goh(肿瘤学)、Anna-Maria Belli 和 Michael Lee(介入)。期望他们就像 Nyree Griffin 和 Lee Grant 那样(2013),将来能以此为基点出版相关学科的教材,并壮大专家的队伍。

我们希望新版《格-艾放射诊断学》能继续作为英国、欧洲大陆、亚洲、非洲、澳大利亚和新西兰放射科培训使用的主要教材。这本教科书提供了放射科专业资格考试的基础知识,同时,也可作为大多数放射科日常使用的参考书。在网络发达的今天,我们依然希望本书能为工作中遇到问题的放射科医师答疑解惑。感谢 Elsevier 出版社对本书编辑和作者给予了极大的帮助。我们非常感谢 Michael Houston 数十年如一日全身心地为本书服务。同时也非常感谢来自全世界各地的 200 位作家为这套“活”的教科书(本版及之前版本)慷慨付出的时间和知识。

中国正在成为一个十分有影响力的 21 世纪医学的领导者,其技术专长和科学资源,在医学影像学和介入放射学的进一步发展中发挥着越来越重要的作用。我们非常荣幸能有机会通过这本教科书在中国的出版为中国放射医师教育作出贡献,同时非常感激所有参与本书中文版翻译和出版工作的同仁。



放射医学荣休教授
伦敦国王学院介入放射学教授
欧洲放射学会主席
皇家学院放射学者



剑桥大学附属阿登布鲁克医院放射科教授



放射医学荣休教授
剑桥大学彼得豪斯学院院长



奈梅亨大学医学中心
敏德尔医学中心放射科教授

译者前言

《格-艾放射诊断学》是一部阐述全身各系统疾病放射诊断的权威性巨著。该书自 1986 年第 1 版问世以来,一直被国际放射学界公认为标准的教科书,也是美国放射科执业医师考试和放射科医师日常使用的工具书。本书分上、下两册,包括 9 个部分共计 93 章。全书详细阐述了成像技术原理、胸部和心血管系统影像、腹部影像、骨骼肌肉系统影像、脊柱影像、神经影像、肿瘤影像、儿科影像及介入放射学,涵盖了最新、最全面的影像学知识。

主编 Ronald Grainger 教授和 David J. Allison 教授是放射学领域的权威专家,为放射学的发展做出了杰出的贡献。随着影像技术的不断发展,著作也不断更新。该书第 6 版于 2014 年出版,来自世界各地超过 200 位专家参与了编写。《格-艾放射诊断学》(第 6 版)被誉为具有里程碑意义的教科书。

医学影像学是现代医学中一个最前沿、发展最快的学科。在精准医学时代,放射科医师应该具备更全面的临床医学知识、在亚专业影像领域具有更强的业务能力,同时能够知晓本专业最新的发展动向。《格-艾放射诊断学》(第 6 版)英文版出版后,人民军医出版社的编辑向我推荐了这部巨著。当我细读了本书几个章节后,越觉得爱不释手,于是毅然决定翻译、引进这部巨著。因为该书既有系统的、全面的影像学最新知识,又提供了影像科医师必备的临床基本知识,而且该书有大量高质量的图像,生动地显示了器官和组织的正常和异常表现,结合这些基础知识深入地讨论了各种疾病诊断和鉴别诊断的分析思路,是一部不可多得的影像学医师教育和培养的经典而又前沿的教科书。希望这部巨著能够被国内广大医务人员及医学生广泛地阅读学习,用来指导我们的临床和科研工作,使更多人受益,最终造福于患者。在本书的翻译过程中,得到了来自国内 20 多家医院的专家、教授的大力支持,有近 40 位编委、200 余位译者参与了这项工作。特别是徐克、冯晓源、金征宇、李坤成、滕皋军、梁长虹、刘士远等国内顶尖的专家教授欣然接受书稿的审校工作,为本书的质量严格把关。

自 2014 年 12 月本书的翻译工作启动以来,先后经过了初译、初审、二审及三审的过程,于 2015 年 6 月完成全书的翻译工作。翻译这部巨著是一项非常艰辛的工作,为了既快速又高质量地完成译稿,半年来,我几乎将所有的空余时间,包括周末和假期都用来审校书稿,还充分利用出差的候机间隙、往返飞机上的点滴时间研读和审校书稿,同时也被原著的语句生动、图文并茂所深深吸引,受益匪浅。令我感动的是,所有译者和编委们都对翻译本著作倾尽全力,他们常常清晨起来审阅书稿,晚上工作至深夜,反复研读原文,查阅文献,逐字逐句推敲。经典著作的翻译历来均非易事,好译著的标准众多,但至今严复先生提出的“信、达、雅”仍是公认的最高标准。我虽才疏学浅,但集所有译者和编委们之力,尽可能使本译著信为先、达为辅,在此基础上力求做到雅,使三者能达到统一。由于本书信息量巨大、原著者有 200 余位,难免会有用词不同、风格各异之处。为此,编委会召开了多次会议进行研讨,规范了用词,达成了共识。《格-艾放射诊断学》编委微信群里,也随时会有人提出问题,引发争论和讨论,大家都力求完整、精准地表达原著文意,同时译文尊重中文的表达习惯,便于中国读者更好地研读和理解。

感谢所有的编委、译者和人民军医出版社的编辑们,你们严谨的学术态度,丰富的专业知识和不辞

辛苦的工作作风,使我们能在短时间内高质量地完成本书的翻译和出版。还要感谢编委会秘书周琦晶医师,她为本书的启动翻译、组织译审、协调进度及定稿排版熬了无数个夜晚,做了大量、细致的工作。衷心感谢大家的辛勤付出和愉快的合作!

由于本巨著内容包罗万象,专业范围很广,涉及临床、解剖、病理、诊断、治疗等方方面面,为本书的翻译增加了难度。尽管译者始终谨慎落笔,仔细求证,但还是会存在疏漏,恳请广大读者阅后能不吝赐教,来信来电帮助斧正。我将不胜感激。我的 E-mail 地址:zhangminming@zju.edu.cn。

浙江大学医学院附属第二医院

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张敏鸣' (Zhang Minming), written in a cursive style.

2015 年 7 月 11 日于杭州

目 录

上 卷

第一部分 成像技术原理和一般问题 1

- 第 1 章 医学物理学:辐射风险 3
- 第 2 章 X 线、CT、MRI 及超声用血管内
对比剂 26
- 第 3 章 超声 52
- 第 4 章 计算机断层扫描(CT) 77
- 第 5 章 磁共振成像(MRI) 91
- 第 6 章 核医学 117
- 第 7 章 功能、生理及分子成像 138

第二部分 胸部和心血管系统 149

- 第 8 章 胸部成像技术 151
- 第 9 章 正常胸部 164
- 第 10 章 胸壁、胸膜、横膈和介入 186
- 第 11 章 纵隔及心包 209
- 第 12 章 成人肺部感染 242
- 第 13 章 气道疾病与慢性气道阻塞 263
- 第 14 章 肺不张:基本思路 292
- 第 15 章 肺部肿瘤 306
- 第 16 章 间质性和职业性肺疾病的高分
辨率 CT(HRCT) 333
- 第 17 章 胸部外伤和相关主题 355
- 第 18 章 气腔病变 375
- 第 19 章 心脏解剖及成像技术 389
- 第 20 章 先天性心脏病:基本原理和成像
..... 413
- 第 21 章 非缺血性获得性心脏病 437

- 第 22 章 缺血性心脏病 491
- 第 23 章 肺循环和肺栓塞 522
- 第 24 章 胸主动脉:疾病诊断 544

第三部分 腹部影像 585

- 第 25 章 胃肠道影像的现状 587
- 第 26 章 食管 605
- 第 27 章 胃 622
- 第 28 章 十二指肠和小肠 647
- 第 29 章 大肠 671
- 第 30 章 腹膜、肠系膜和网膜影像 697
- 第 31 章 肝脏和脾脏 714
- 第 32 章 胆道系统 768
- 第 33 章 胰腺 794
- 第 34 章 常见泌尿影像介绍:血尿、腰痛、
肾衰竭和感染 822
- 第 35 章 泌尿系统:解剖、技术和辐射问题
..... 849
- 第 36 章 肾脏肿块:成像及活检 870
- 第 37 章 肾移植 883
- 第 38 章 尿路上皮细胞癌,上尿路和下
尿路 894
- 第 39 章 前列腺 919
- 第 40 章 男性泌尿生殖道 932
- 第 41 章 妇科癌症 945
- 第 42 章 良性妇科疾病 960
- 第 43 章 泌尿生殖道损伤 982
- 第 44 章 肾上腺影像 998

下 卷

第四部分 骨骼肌肉系统	1025	第 70 章 网状内皮系统疾病:淋巴瘤 ...	1669
第 45 章 骨骼肌肉系统成像技术和基本 影像表现	1027	第 71 章 骨髓疾病:血液系统肿瘤	1696
第 46 章 关节紊乱:上肢和下肢	1049	第 72 章 骨髓疾病:其他	1707
第 47 章 骨肿瘤(1):良性骨肿瘤和肿瘤 样病变	1079	第 73 章 影像学在放疗计划中的应用 ...	1716
第 48 章 骨肿瘤(2):恶性骨肿瘤	1102	第 74 章 肿瘤个体化医疗的功能和分子 影像	1734
第 49 章 软组织肿瘤	1121	第八部分 儿科影像	1749
第 50 章 代谢和内分泌骨病	1142	第 75 章 检查技术及其特点的概述与挑战	1751
第 51 章 关节炎	1174	第 76 章 新生儿和儿童胸部影像	1759
第 52 章 四肢和骨盆创伤	1199	第 77 章 儿童腹部影像	1785
第 53 章 骨、关节和脊椎感染	1229	第 78 章 儿童肾、尿道、盆腔影像	1827
第五部分 脊柱	1263	第 79 章 儿童骨骼影像:非创伤性和非 恶性	1870
第 54 章 脊柱解剖及成像技术	1265	第 80 章 儿童骨肌系统外伤、非意外损伤 及骨折的影像学	1912
第 55 章 脊柱退行性疾病	1280	第 81 章 儿童骨肿瘤和神经母细胞瘤	1942
第 56 章 脊柱肿瘤	1301	第 82 章 儿童神经放射学	1958
第 57 章 脊髓非肿瘤性病变	1330	第九部分 介入放射学	2027
第 58 章 术后脊柱	1349	第 83 章 介入放射学临床基本要求	2029
第 59 章 脊柱创伤	1359	第 84 章 血管造影:原理、技术及并发症	2034
第六部分 神经影像	1375	第 85 章 主动脉介入	2050
第 60 章 解剖、病理和技术概述	1377	第 86 章 外周血管疾病介入	2070
第 61 章 成人颅内良恶性肿瘤	1412	第 87 章 影像引导活检和消融技术	2085
第 62 章 神经血管病变	1439	第 88 章 影像引导引流技术	2098
第 63 章 颅内感染	1480	第 89 章 肝胆介入	2111
第 64 章 炎症和代谢性疾病	1496	第 90 章 泌尿生殖道血管介入	2126
第 65 章 神经退行性疾病和癫痫	1525	第 91 章 泌尿生殖道非血管介入	2145
第 66 章 眼眶	1537	第 92 章 静脉通路及介入	2165
第 67 章 五官、颈和齿科放射学	1570	第 93 章 脊柱介入	2171
第七部分 肿瘤影像	1629		
第 68 章 肿瘤影像基础	1631		
第 69 章 乳腺	1644		

第一部分

成像技术原理和一般问题

责任编辑: Cornelia M. Schaefer-Prokop, Adrian K. Dixon

第 1 章

医学物理学：辐射风险

原著者 Jacob Geleijns, Denis Tack

翻 译 曹国全 闻彩云

审 校 潘克华

章节大纲

辐射风险

辐射防护法规

诊断成像中患者的剂量

特别关注领域

职业和公众的辐射防护

CT 辐射剂量优化的临床应用

简介

描述 CT 剂量的专业术语

CT 辐射剂量的描述

如何设置剂量优化的方法

最新的优化的 CT 参数

摘要和总结

一、辐射风险

X 线、放射性核素、磁共振(MRI)和超声等医学成像越来越多地应用于疾病筛查、诊断和随访。X 线或放射性核素成像技术已日益完善,计算机体层成像(CT)、单光子发射型计算机体层成像(SPECT)和正电子发射型体层成像(PET)的三维成像以及四维动态成像已广泛普遍使用。因而,西方人在辐射暴露增加的同时开始关注辐射风险的增加。鉴于对患者的临床治疗提供有效的信息,电离辐射成像的实用性被广泛认可。但是,作为辐射成像设备的操作者,不能仅仅意识到医学成像的临床获益,也应意识到患者及其本人存在的近期和远期辐射风险,这是非常重要的。

在 X 线及放射性发现后不久,人们就发现高剂量的电离辐射会导致有机体、某些器官和组织的体细胞损伤(如红斑),但是,多年后,人类才意识到低辐射剂量引起的远期致癌效应和非致癌效应(包括遗传效应)。

当前,对于电离辐射风险的认知是基于动物研究和细胞生物学的流行病学调查。最重要的资料来源于仍在进行的对于那些在 1945 年日本广岛和长崎原子弹爆炸后幸存者的研究(所谓的寿命研究),以及几项对于放射工作者和已治愈的放射治疗患者的流行病学研究。最近,有关儿童时期 CT 照射后白血病和脑肿瘤发生率的流行病学研究结果公开发行。该项研究的独特之处在于它是针对儿童患者在接受现代 CT 成像检查后进行的首次大规模流行病学研究,它对于风险的估计与关于寿命的研究结果高度一致,从而对辐射致癌风险的存在性提供支持,尤其是对于儿童。

1. 确定性效应和随机性效应 辐射对健康的有害影响可分为确定性效应和随机性效应。确定性效应,也称为组织反应,是指辐射诱导的细胞死亡或功能障碍。当剂量超过一定阈值时它才会发生,轻度的症状可表现为:晶状体变化(白内障)、暂时性皮肤损伤(红斑)以及暂时性少精症。表 1-1 显示轻度确定性效应的近似阈值剂量和潜伏时间。

表 1-1 轻度确定性效应的近似阈值剂量和潜伏时间

器官/组织	效应	近似阈值剂量(单次照射)	持续时间
眼晶状体	可检测到晶状体变化(混浊)	0.2~0.5Gy(Sv)	年
皮肤	暂时性红斑	2Gy (Sv)	2~24h
生殖系统(男性)	暂时性少精	0.1~0.2Gy (Sv)	2~3 个月

经 X 线影像学检查后患者的确定性效应常表现为红斑和脱毛等皮肤效应,发生红斑和脱毛的皮肤阈值剂量远高于患者通常的照射剂量。因此,诊断 X 线成像照射后皮肤发生确定性效应是非常罕见的,如果发生则通常与成像设备的不恰当使用有关。一个典型的例子是由于使用了错误的采集协议致使脑 CT 灌注成像后发生脱毛现象。

有时正规操作也可导致皮肤红斑和脱毛等轻微而短暂的确定性效应发生,如 X 线透视引导下进行长时间复杂的心脏或者神经系统介入手术以及 CT 引导下的介入手术等。确定性效应的严重程度随着剂量的增加而增加。当 X 线引导下介入手术发生极高皮肤剂量事故,可导致蜕皮、溃疡,甚至坏死等较严重的皮肤反应,在某些情况下往往需要进行必要的治疗,甚至植皮手术。

随机性效应与细胞的 DNA 损伤有关,可能引起癌症和遗传效应。由于癌症和遗传效应的发生率与器官或组织剂量成正比,随机性效应对电离辐射医学影像的临床实践产生一定的影响。这种剂量-反应模型称为线性无阈(linear-non-threshold, LNT)模型。随机性效应发生具有随机统计性质:剂量越大,随机性效应发生的概率越高。

从 DNA 损伤到发病周期较长。诱导白血病的潜伏期至少为 2 年,平均约 8 年;实性肿瘤的潜伏期至少为 10 年,平均 20 年。这意味着对老年患者而言,相比于潜伏期他们的预期寿命更短,辐射风险较小,与之相比,年轻患者的辐射风险相对较高。

生殖细胞的辐射损伤可能产生导致后代的遗传效应。到目前为止,没有科学证据表明辐射可引起影响人类后代的遗传效应。然而,在动物实验的基础上,认为辐射可导致人类遗传效应发生,而辐射防护的主要目的是避免其发生。

在剂量-反应模型中低剂量的部分一直是一个饱受争论的话题。从实际角度来说,LNT 模型

已广泛应用于辐射防护。LNT 模型认为所有的辐射照射,即使是非常低的剂量,均有可能发生一定的风险。另一个设有主观阈值的剂量-反应线性模型认为在一定水平以下的剂量照射不存在辐射风险,极低剂量的辐射可能反而对人体起到一定程度的保护作用,而有研究认为,人体对极低剂量的辐射亦超敏感(图 1-1)。在极低剂量水平的剂量-反应模型仍然是一个正在研究的科学议题。

表 1-2 为国际放射防护委员会(IRCPI03)提供的成年职业照射人员和公众的癌症发病率及遗传效应的定量风险估计。辐射风险值用每单位有效剂量(Sv)表示。例如某组织辐射风险值每单位有效剂量为 4.2×10^{-2} ,在接受 2 mSv(0.002Sv)照射后,其风险估计值为 $4.2 \times 10^{-2} \times 0.002 = 0.00008$,换句话说,就是存在 1/10 000 的风险。考虑到未成年儿童,公众的辐射风险值略高于成年职业照射人员。与整个人群相比,未成年儿童的辐射敏感性是其 3 倍。而老年人的辐射风险值明显低于平均年龄为 30 岁或 30 岁偏上的人群。

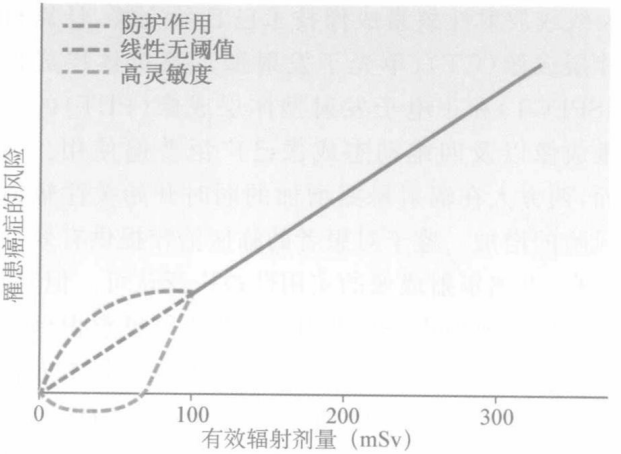


图 1-1 公认的 LNT 模型认为所有的照射风险,即使是非常低的辐射剂量也有一定的风险。极低剂量的辐射有时也需防护,有研究表明即使极低的剂量也具有超敏感性

表 1-2 成年职业照射人员和公众致死、致残的癌症发病率及后代遗传效应剂量

效应	风险 (10^{-2}Sv^{-1})	
	成年职业照射	公众
癌症	4.1	5.5
严重的遗传效应	0.1	0.2
总计	4.2	5.7

来源：国际放射防护委员会(IRCP103)

2. 胎儿照射 胎儿发育过程被认为是对射线高度敏感,当子宫内受到射线照射后,可能会发生确定性和随机性效应。最易发生确定性效应的时期为妊娠第 2—20 周,在正常情况下,诊断用医学影像学检查后不会发生如畸形、生长发育迟缓、智力低下以及死亡等确定性效应。在一次(累计)胎儿剂量低于 100 mGy 时一般不发生确定性效应,而临床(累计)胎儿诊断成像的辐射照射均保持在 100 mGy 以下。与成年人类似,胎儿接受照射后其辐射诱发癌症的随机性效应较低。胎儿在子宫内的辐射照射诱发癌症的风险与儿童时期一致,如前所述,约为整个人群的 3 倍。

二、辐射防护法规

为避免包括用于医学诊断在内的电离辐射危害,欧盟及其成员国采用法规建立基本的安全标准。1996 年欧盟理事会开始实施欧洲放射防护基本安全标准,2012 年,一个关于欧洲基本安全标准的新建议发行。基本法规涵盖包括放射学家及放射线技师的职业防护。针对诊断用电离辐射成像的多数具体法规是用来控制医疗照射的正当化及最优化,后者包括推荐合适的医学成像方式、专业人士的辐射防护认证培训、成像设备的质量控制和使用安全。欧盟有关辐射防护的法规同时要求临床审查与国家法规保持一致。在这些临床审查中,反对使用“良好”之类简单的地方实践方案评价。各种方案被用于临床审查,欧盟委员会也印刷出版了医疗放射学实践准则。

针对诊断用医学成像电离辐射防护的目的是限制工作人员、患者和公众的辐射剂量,使其辐射剂量低于发生确定性效应的水平,使随机性效应的发生概率限制在可接受的尽可能低的水平。因此,国际放射防护委员会(ICRP)提出了防护三项基本原则:防护的正当性、最优化以及个人剂量限制。

正当性原则意味着:除非在获得充分个人或社会利益以弥补其损害的情况下,任何可导致电离辐射的照射行为均不能进行。任何具有电离辐射的新影像诊断技术在应用到临床之前,应当进行正当性分析,同时,应定期核查那些现有放射性工作的正当性。医学影像实践的正当性同时应用于患者和放射工作人员。以下情形为特殊情况:群体筛查,如乳腺癌的筛查;生物医学研究中接受放射辐射的志愿者;陪护者。陪护者是指那些需要帮助和安抚他人而接受医疗电离照射者,如母亲因照顾接受 X 线检查的孩子而暴露于散射辐射。

医生们期望他们推荐患者接受包括 X 线在内的医学成像检查将有助于患者获得更好的诊疗,都应具有正当性。这就需要我们谨慎权衡各方面因素:所需的诊疗信息、可检索的信息、需选择的成像方式以及其是否具有放射辐射。如欧洲委员会出版的患者影像检查建议指南就是为医疗保健专家选择不同的医学检查方式提供指导。一些具有国际水平的专业机构也提供关于合理利用医疗成像的指南,如欧洲放射学会。

最优化原则就是要使受照射的可能性、受照射的人数以及个人所受剂量大小均应保持在可合理达到的尽可能低的水平(ALARA)。在影像诊断中,最优化通常意味着在所需的图像质量和相应的电离辐射照射之间找到平衡。放射学家、核医学专家以及实施具有电离辐射的医学影像学操作的放射线技师,均有责任保证患者的照射剂量在达到诊断目的前提下尽可能低剂量。检查的类型和成像技术的选择,必须以尽量减少对患者的剂量为前提。为实现这一目的可采取以下措施:如限制 X 线摄影体位次数、限制 CT 扫描序列数量、缩短透视持续时间。最优化原则同时也意味着医学成像设备的选购、安装以及此后的维护尽可能考虑剂量的有效性。

医学物理师可以帮助我们达到这个目的;此外,医学物理师应该参与最优化过程的任何环节,包括患者剂量、质量保证以及医疗照射辐射防护的任何尝试。其他最优化的举例就是针对肥胖、偏瘦体型患者以及儿童实施不同的 CT 扫描方案。在核医学,最优化可以通过详细制订所需的操作来实现。专业人士的辐射防护最优化可以通过穿合适的防护服(铅围裙,甲状腺围脖)和使用额外的屏蔽设备,如铅屏蔽、铅帘。