

PET诊断学

Diagnostics of PET

主 编 潘中允



PET诊断学

Diagnostics of PET

主 编 潘中允

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

PET 诊断学/潘中允主编. —北京:
人民卫生出版社, 2005. 4

ISBN 7-117-06630-X

I. P… II. 潘… III. 影像诊断 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 009972 号

PET 诊断学

主 编: 潘中允

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京人卫印刷厂(尚艺)

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 37.75

字 数: 1162 千字

版 次: 2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06630-X/R·6631

定 价: 160.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

编写人员名单

(以编写章节先后为序)

潘中允 北京大学第一医院核医学科

蔡善钰 中国原子能研究院同位素所

Samuel D. J. Yeh (叶大铸) Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, Nuclear Medicine Dept.
New York, U. S.

黄祖汉 广州南方医院 PET/CT 中心

唐刚华 广州南方医院 PET/CT 中心加速器室

王明芳 广州南方医院 PET/CT 中心加速器室

钟建国 中国药品生物制品检定所核药室

吴文凯 中国医学科学院肿瘤医院核医学科医学物理

赵永界 中国科学院高能物理研究所

包尚联 北京大学物理学院重离子物理研究所

Kei H. Lee (李启禧) Los Angeles County, University of Southern California, Medical Center.
Los Angeles, U. S.

唐 军 苏州大学附属第一医院核医学科

吴锦昌 南京医科大学附属第一医院核医学科

朱家瑞 解放军海军总医院核医学科

陆汉魁 上海交通大学第六人民医院核医学科

吴湖炳 广州南方医院 PET/CT 中心

付占立 北京大学第一医院核医学科

单保慈 中国科学院高能物理研究所核分析室

周绿漪 四川大学华西医院核医学科医学物理

王时进 北京市防疫站放射卫生研究所

娄 云 北京市防疫站放射卫生研究所

郑建国 卫生部北京医院核医学科

梁碧玲 广州中山大学孙逸仙纪念医院医学影像科

李立伟 解放军空军总医院核医学科

杜湘柯 北京大学人民医院医学影像科

赵 军 上海复旦大学华山医院 PET/CT 中心

吴金陵 武警广东省总队医院 PET/CT 中心

李家敏 山东淄博万杰医院 PET 中心

David Wai Chou. Yeung (杨炜秋) 香港养和医院核医学/正电子扫描部

岳殿超 广州中山大学第一医院核医学科

高 硕 天津医科大学总医院 PET/CT 中心

乔宪穗 广东省人民医院 PET 中心

唐安戊 广东省人民医院 PET 中心

吴 华 厦门市第一医院核医学科

张立颖 上海第二医学院瑞金医院核医学科

编写人员名单

- 李培勇 上海第二医学院瑞金医院核医学
谭建 天津医科大学总医院核医学科
张祥松 广东省人民医院 PET 中心
于金明 山东省肿瘤医院放疗科
邢力刚 山东省肿瘤医院放疗二科
楊国仁 山东省肿瘤医院 PET/CT 中心
Anne Devillers Service Medicine Nucleaire, Universite de Rennes. Rennes, France
Patrick Bourguet Service Medicine Nucleaire, Universite de Rennes. Rennes, France
安锐 华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科
屈婉莹 卫生部北京医院核医学科和 PET/CT 中心
Ren Shyan Liu (刘仁贤) 台北荣民总医院核子医学部和 PET 中心
陈燕 武警总医院核医学科
李紫阳 解放军 305 医院核医学科
马云川 首都医科大学宣武医院 PET 中心
徐浩 广州暨南大学医学院附属第一医院核医学科
周文静 解放军空军总医院 γ 刀中心
孙波 首都医科大学天坛医院医学影像/ECT 室
何作祥 中国医学科学院阜外医院核医学科
沈锐 中国医学科学院阜外医院核医学科
贾少微 北京大学深圳医院核医学科
宋少莉 兰州医科大学附属第一医院核医学科
赵晋华 上海交通大学第一人民医院核医学科
时杰 北京大学中国药物依赖性研究所
曾骏 上海市胸科医院核医学科
范我 苏州大学核医学院核医学系
柳卫 南京医科大学附属第一医院核医学科

审阅人员名单

- 陈方 中国医学科学院协和医院 PET 中心
赵贵植 中国原子能研究院同位素所加速器室
陆文栋 苏州大学附属第一医院核医学科医学物理
陈盛祖 中国医学科学院肿瘤医院核医学科医学物理
张永学 华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科
史蓉芳 中国医学科学院阜外医院核医学科
刘秀杰 中国医学科学院阜外医院核医学科

主编助理

- 陈涤明 航天医学工程研究所

主 编 简 介

潘中允，1932年出生于上海，祖籍浙江吴兴。1950年高中毕业于重庆南开中学，1957年毕业于北京医学院医疗系，留校任附属第一医院放射科医师，1958年受命组建核医学科（原名同位素室），从事核医学至今。1962~1963年在中国医学科学院放射医学研究所师从王世真教授，进修实验核医学。1983~1984年由WHO选派，赴美国洛杉矶加利福尼亚大学、Wadsworth荣民医院和南加州大学留学，师从著名PET先驱、神经核医学专家D. E. Kuhl和著名临床核医学专家W. H. Blahd，并受到R. A. Hawkins教授、著名放射性药物专家W. Wolf和著名核医学教育专家J. F. Ross的指导，学习临床核医学、PET、放射性药物评价和核医学教育等。回国后继任核医学科和研究室主任，硕士研究生导师，1986年晋升教授和主任医师，1993年起任北京大学技术物理系兼职教授。历任中华医学会核医学分会第二、四届理事，第三届常务理事，第一、二届专家咨询委员会委员，第一至五届中华核医学杂志编委，1998年起任中国医学影像技术研究会副会长。



早期主要研究心脏核医学和肾脏核医学，很多内容被广泛引用。回国后主要从事神经核医学研究，与北京师范大学放化系合作成功研制新药 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -HMPAO，获新药证书，并投产上市。先后完成国家七五攻关课题一项、国家自然科学基金课题二项、卫生部课题一项、国际原子能机构多国合作研究课题四项。在局部脑血流（rCBF）显像和定量测定的研究及临床应用、神经生理病理和针刺机制研究等方面的20余篇论文也被广泛引用，其中rCBF定量测定作为重要成果被引用于第6届世界核医学大会的总结报告中（1994年、悉尼）。1989年在我国首次成功地进行了猴脑多巴胺受体断层显像。

1986年中国科学院高能物理研究所研制成功PET样机，1997年又研制成功4环/7层PET，皆被邀请主持PET性能评价和应用研究，向国内外报道，填补了世界PET分布图上的中国空白，为此，合作研制单位美国芝加哥大学PET中心特赠校旗一面。

归国后积极参加了建立我国放射性药物临床药理研究基地的工作，负责制定了我国放射性新药临床评价指导原则，建立了放射性药物人体内照射辐射吸收剂量的计算软件。1986年任第一届卫生部药品审评委员会委员，1989年任第二届委员会委员兼第一届放射性药品审评组组长，1992年继任第三届委员会委员和副组长。牵头进行了多种新的心、脑、肾、内分泌腺体显像剂和我国第一个放射性治疗药—— ^{153}Sm -EDTMP的多中心临床试验。1990~2000年任北京医科大学临床药理研究中心副主任。

1994年起，历任卫生部《核医学卫生防护与质量保证管理规定》和《核医学显像系统临床应用规范》两个起草小组组长，卫生部基本药物遴选——放射性药物组召集人和《国家基本药物》、《国家基本药物临床手册》的放射性药物章节编写人。2002年任科学技术部国家科技攻关课题《国家级医疗器械新产品开发指南》核医学设备分题负责人。

共主编四本专著。1984年出版《放射性核素诊断学》（81万字），该书既有先进而系统的理论知识，又有普及提高兼顾的实用技能，是当时我国应用最广的核医学参考书和研究生教材之一，美、英、加、法、日、港台均有收藏，于1988年列入教委第三轮教材编著计划，进行升级扩展，1994年以《临床核医学》之名出版（92万字），1999年第二次印刷。1995年出版了配套的《现代核医学诊疗手册》。1990年出版《简明核医学》，1994年再版（获卫生部科技进步奖），2004年第三版，已印刷十一次，共10万

余册,同时配套录像带和幻灯片一、二集,是我国高等医药院校采用最多的医学本科生核医学教材之一,台湾拟以繁体字印发,以色列拟以英文出版。参加 30 多部其他医学专业专著的有关核医学章节编写,发表论文 80 余篇。共获国家、部委和省市级科技奖 10 余项。

1982 年由中国核学会核医学会选派,经中国核学会、中国科协和国家科委批准,与夏宗勤教授一起随王世真院士出席在巴黎和伦敦举行的第三届世界核医学和生物学大会及其分会,本人并以壁报形式介绍了 ^{131}I -6-碘代胆固醇肾上腺皮质显像和用双核素方法评价新的肾显像剂 $^{113}\text{In}^m$ -DMSA。以后多次赴美、英、法、德、日、韩、印度、巴西等 20 个国家和香港、台湾地区,参加 30 余次国际会议和考察访问。1990 年被国际原子能机构(IAEA)指定为 rCBF 国际合作研究课题的顾问组成员,并先后作为 IAEA 专家被派往意大利、匈牙利和菲律宾讲学,赴前苏联考察。

1988 年获国家级“中青年有突出贡献专家”称号,卫生部授予“全国卫生文明建设先进工作者”称号,自 1991 年起享受国务院特殊津贴。

1998 年 6 月退休,继续担任中国医学影像技术研究会副会长、北京医科大学临床药理研究中心副主任、第一医院专家委员会委员、学术委员会委员、伦理委员会委员、中华医学会核医学会专家咨询委员会委员、中华医学会重点推广工程——OUR 旋转式伽玛刀医学委员会委员、中国同位素工程中心学术委员会委员、北京大学技术物理系兼职教授和 5 个专业杂志编委等职,并先后受聘于第一军医大学南方医院南方 PET 中心任顾问、首都医科大学宣武医院北京 PET 中心任名誉主任、山东省立医院 PET/CT 中心任顾问和昆明军区总医院 hPET/CT 中心顾问。

David E Kuhl 教授发来的贺电

(2002 年 9 月 4 日 E-mail)

Dear Professor Zhongyun Pan,

I was pleased to hear from you again and to follow the update on your very successful career. Congratulations. I am sure that your comprehensive new PET book will be well received.

With very best regards,

David Kuhl

1984 年夏在 UCLA 作访问学者结业报告后与导师合影

David E. Kuhl (后排左二) Chief, Division of Nuclear Medicine, UCLA

William H. Bland (后排左一) Chief, Nuclear Medicine and Ultrasound Service, Wadsworth Medical Center, VA Hospital, Los Angeles

Joseph F. Ross (前排左二) The First Secretary, The American Board of Nuclear Medicine





1 August 1984

LABORATORY OF NUCLEAR MEDICINE
UCLA SCHOOL OF MEDICINE
LOS ANGELES, CALIFORNIA 90024

213 825-5297 OR 825-3130

Cai Wen-Yan, M.D.
Dean,
First Teaching Hospital
Beijing Medical College
Beijing, China

Re: Pan Zhong-Yun, M.D.

Dear Dr. Cai Wen-Yan:

I thank you for the opportunity of having Dr. Pan Zhong-Yun with us as a Visiting Scientist from 2 July 1983 to 13 July 1984. We benefited much from having him here and I hope that his observations and experiences prove useful to Chinese Nuclear Medicine after his return. He was the hardest working, best organized, highest motivated Visiting Scientist we have had in many years.

Dr. Pan systematically applied himself to use his brief visit to the very best advantage. He met with educators at the highest levels in organized medicine here and learned the inner workings of our approaches to education and certification of medical specialists. He involved himself directly in our research activities in several different medical centers here in Los Angeles and concentrated especially on newer uses of computing and emission tomography. He carried out imaginative original research even though his time was severely limited for this period. Indeed, he discovered for the first time important flaws in centralized computer programs used to calculate radiation exposure after uses of radiopharmaceuticals. I think he brings back to China a very clear view of our attempts to use nuclear medicine to advance new frontiers of knowledge and provide efficacious diagnosis of human disease.

We especially benefited from Dr. Pan's informal and formal lectures to a broad audience of Los Angeles personnel in which he clearly showed the remarkable advances that have already been made in the practice of nuclear medicine in China. We thank you for this opportunity to have benefited from his visit here.

Respectfully,

A handwritten signature in cursive script, reading "David Kuhl".

David E. Kuhl, M.D.
Professor of Radiological Sciences
Chief, Laboratory of Nuclear Medicine
Vice Chairman, Department of Radiological
Sciences

DEK:c1

cc: Chen Hua, M.D.
Mr. Jose M. Guericigoitia

序 一

本书主编潘中允教授，早年（1958 年）就从事核医学，是我校临床核医学的开创者，也为我国临床核医学的开拓与发展做出了突出贡献。我深深敬佩他对事业的执着追求与不停步的创新精神。他多年来希望学校能装备 PET，当时学校也积极支持北医一院与我校精神卫生研究所共同购置或开发一台 PET，遗憾的是这个愿望未能实现。

医学家和临床医生总是希望能用无创或微创的办法了解到人体脏器和病变的形态学、生理功能、生化代谢的细微变化。仅仅通过 X 线、磁共振、超声、内镜等以及体内、体外能测量到的各种生理、生化指标，还不能满足要求，特别是不能观察到活体状况下的局部生化代谢，甚至分子水平的情况。核医学则往往具有这方面的能力。例如对于人体最神秘的“脑”的活动的研究，PET 起到了其他方法难以代替的作用，很多人都认为“脑的研究”将是与人类基因组研究同等重要的另一个重大课题。近年来 PET 又在肿瘤的诊断、分期和疗效判断等方面大放异彩，对肿瘤的治疗决策带来重大影响。

潘中允教授原有较丰富的 SPECT 应用经验，早年曾在 PET 脑研究的发源地 UCLA 学习过，并在近年又有机会积极参加了北京 PET 中心和第一军医大学南方 PET 中心的工作，丰富了自己的经验，现约请国内外以及台湾专家共同编著此书，实属难得。承蒙相邀作序，十分高兴。相信此书的推出将对我国临床核医学的发展会有一定帮助，也必然会对肿瘤的诊治和脑科学的研究起到积极作用。

北京大学医学部教授
原北京医科大学校务委员会主任



序 二

方今医学诊断,已经晋入分子影像纪元,方兴未艾,将为明日医学诊断主流,尤以 PET 影像将为其主力,为用日广。核素治疗,亦将因分子造影与核素靶向影像之进展而复苏,晋入辉煌之境。但目前有关正电子影像与核素治疗资料,多散见于各类文献,罕有集印成书,学者至感不便,苦无简明而完备之参考典籍。

潘教授中允有鉴于此,乃邀约海内外百余位专家学人,分章撰写,并总其成,编成近二百万字之《PET 显像与核素治疗》一书,以饕海内外华人读者。本书 PET 影像部分,计有十章,除总论一章,对 PET 基本原理、正子示踪影像剂以及各种正子造影技术,有所基础阐述外,更有八章分别缕述 PET 影像各类临床应用,最后另辟专门一章,扼述 PET 最新研究发展,包括基因有关造影。至于核素治疗部分,则有十三章,除基础总论外,其余十二章,分章介绍各种核素治疗应用、包括 I-131 治疗、P-32 治疗、骨转移病灶骨痛核素治疗、核素介入治疗、核素靶向治疗、核素近距治疗、低剂量核素治疗、Tc-99-MDP 治疗及其他相关课题。

《PET 显像与核素治疗》一书之问世,集核医学两大主流于同一巨著,诚为我国医界之创举,即使海外亦属空前。本书主要对象,固为核医从业人员与有关研究生,但亦可为我国广大临床医生与研究人员,了解 PET 与核素治疗之必读参考书籍,希冀有助我国核医学之普及与发展,加惠病患。兹值本书付梓之际,对潘教授及参与专家学者之付出与贡献,感佩之余,特为文推介,并乐为之序。

阳明大学荣誉教授
台北荣民总医院核医顾问
第四届亚洲大洋洲核医学会会长



[叶鑫华教授简介]

叶鑫华教授 (Peter Shin-Hwa Yeh), 祖籍广东梅县, 出生于印尼, 完成高中学业于杭州, 1957 年毕业于国防医学院医科, 1963 年赴美国史丹福大学医学院钻研核医学, 并任教于核医学系, 迄 1968 年夏返台湾, 开创台湾现代核医学, 分别于台北荣民总医院与三军总医院建立“核医学中心”(后改制为核医部), 并于阳明大学医学院与国防医学院创建核医学系。另历时 14 年, 终于 1992 年建立完成台湾“多目标医用回旋加速器中心”, 台湾正式晋入分子核医纪元。荣总核医部早年为台湾各级核医人才培养之摇篮, 协助各医院渐次开创核医部门。叶教授亦为台湾核医学学会创会理事长, 在位 8 年, 促使核医完全独立于放射科之外, 成为法定 18 个医学主科之一, 使台湾核医得以正常发展茁壮, 继续发扬光大。

在核医国际合作与学术交流方面, 叶教授为世界核子医学联盟创始成员之一, 于 1971 年受聘为咨询委员会委员, 1984 年至 1988 年间, 膺选为亚洲大洋洲核医学联盟主席, 并担任第四届亚洲大洋洲核医学会会长, 大会于 1988 年假台北盛大举行。

在先驱性研究方面, 包括早年肝疾血流灌注与弥散造影研究、 ^{133}Xe 阴茎血流测定、肝内结石胆流影像诊断、右心室功能测定、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -HMPAO 肺渗透性测定, 以迄挽近之 ^{18}F -FMISO 乏氧造影研究和 ^{11}C -acetate 肿瘤造影研究, 包括国人常见之鼻咽癌显像在内, 均闻名国际, 尤以 ^{11}C -acetate 癌肿研究, 为世界首创。

叶教授于 1997 年退休, 现定居于台北和澳洲雪梨。

序 三

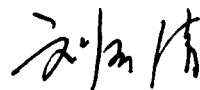
20 世纪 40 年代放射性核素应用于临床以来, 经过单光子发射型计算机体层显像 (SPECT) 和正电子发射型体层显像 (PET) 的开发和应用以及核素治疗新的进展, 核医学现已成为医学科学和现代医学影像学的重要组成部分。展望新世纪, 随信息科学和生物科学的进展, 生物/基因工程将深入和推动医学的发展, 分子医学及分子影像学/分子核医学已成为新世纪研究的主流。

近年来我国的 PET 显像进展迅速, 但从全国看来尚处于初期发展阶段。SPECT 和 PET 与 CT 的结合, 进而新一代 PET/CT 设备的问世, 解剖及功能、代谢成像的融合将是另一重要方向。因此, 在提高的基础上如何普及对 PET 的认识及其临床应用, 是当前面临的重要问题。另一方面, 多年来核素治疗未能受到应有重视, 但随上述核素显像技术的进展, 核素靶向、介入治疗将会有新的发展。两者结合, 诊治兼备将是今后核医学的发展趋向。

值此时刻, 著名核医学家潘中允教授和卢倜章教授主编并邀请国内外多位著名专家编写了《PET 显像与核素治疗》一书。全书约 200 万字, 分 PET 显像和核素治疗两部分, 共二十三章, PET 显像诊断与核素治疗并重, 内容全面且较深入、新颖。

预计本书的出版, 对促进我国现代核医学的发展将会起到积极作用, 并祝愿我国核医学沿着新世纪的发展方向, 不断取得新进展。

中国工程院院士
中国医科院阜外医院放射学教授
中国协和医大医学影像中心主任



序 四

在挚友潘中允教授主编的《PET 显像与核素治疗》专著出版之际，我怀着浓厚的兴趣和敬佩的心情，为他对核医学事业的执着追求精神以及对核医学人才的培养所做出的贡献而感到由衷的高兴和祝贺。

潘中允教授审时度势，与时俱进，根据我国核医学发展的不同阶段，已先后推出了四本专著、教材和手册。这些著作适应了当时以扫描机和 γ 相机/SPECT 为主要诊断手段的需要，其中《放射性核素诊断学》(1984)、《简明核医学》(1990) 和《临床核医学》(1994) 已经共计发行 10 余万册，是我国高等医药院校本科生和研究生教学中用得最多的教材之一，也是核医学医生在临床工作中的主要参考书之一，深受国内外同行和师生的好评。

上世纪末，潘中允教授预见到了以 PET 显像技术为主要手段的核素分子显像将成为核医学的主流。它是以活体内生物分子为靶目标，用正电子核素标记物为化学探针，研究活体内靶分子，如抗原、受体、基因、蛋白质等的生理、生化、病理、药理等基本过程，在分子水平上了解疾病的发生发展，从而为疾病真正意义上的早期诊断和治疗、术后的检测和疗效评估提供重要的不可替代的无创伤手段。此外，他还敏锐地观察到核医学另一个重要领域——核素治疗，即将掀起一个新的发展高潮。诊断毕竟是一种手段，治疗才是最终的目的，而放射性核素治疗是可以发挥特殊治疗作用的一种潜能很大的治疗方法，亟待推广、提高和发展。在这种新的发展趋势的推动下，早在 4 年前潘教授就着手主编《PET 显像与核素治疗》这本专著。潘教授不仅积累了 40 多年的教学、科研和临床经验，也是我国 PET 临床研究的开拓者之一，他除了以一贯严谨求实的作风完成自己承担的章节外，还盛情邀请了国内外百余位在相应领域内具有丰富理论和实践经验的专家共同编撰这本巨著。可以相信，它的面世必将适应核医学面临的新的形势的需求，必将推动我国核医学事业的进一步发展，为 21 世纪分子影像技术和核素治疗的应用注入新的活力。

我作为核医学界的近邻，一位放射性药物化学家，应邀作序，这对我来说是一种殊荣。这也许是潘教授几十年来与我在科研合作中所结下的诚信和深厚的友谊，并给予这种情结以宝贵的记录。我认为此书的出版，在当今核医学界群星灿烂的大背景中，不愧是一颗璀璨的明星，也是核医学界广大同仁为人类健康的宏伟目标所做出的一份实实在在的贡献。

中国工程院院士
北京师范大学应用科学与技术学院院长

刘白军

前言

核医学是和平利用原子能事业的重要组成部分,发展迅速,其内容和面貌不断发生变化。过去 50 年里,主要是利用单光子核素标记的示踪显像剂进行脏器功能测定和显像,以研究和诊断疾病;近年来则已发展到利用正电子核素标记的示踪显像剂进行体内生物分子代谢显像和受体显像,基因显像也初现端倪。这些用正电子核素标记的示踪显像剂进行的显像要用正电子显像仪(positron emission tomography, PET)来实现,故统称 PET 显像。PET 显像已成为新世纪核医学的热点之一。

我国学者在核医学发展的各个时期都编著了不少专著、教科书和手册,反映了当时核医学的内容和面貌,总结了当时的丰富经验,推动了核医学的发展。但至今尚缺少内容时尚而又精深的 PET 显像专著,急需能反映当前核医学的发展、以 PET 显像为主要内容的新书问世。

本人很早就深受 PET 显像魅力的吸引,20 世纪 80 年代初赴美留学时就选择了著名的 PET 先驱 D. E. Kuhl 教授为师,在 PET 发展的摇篮之一——UCLA 学习。回国后积极参与了中国科学院高能物理研究所研制国产单环/两层、4 环/7 层和 18 环/35 层几代 PET 显像仪的工作,并参加了临床前评价和临床试用。1998 年退休后,主要精力投入到首都医科大学宣武医院北京 PET 中心、第一军医大学南方医院南方 PET 中心、山东省立医院 PET/CT 中心和昆明军区总医院 hPET/CT 中心的 PET 显像临床工作,积累了一些经验。本人从事核医学的早期,曾投身于核素治疗,后因忙于核素诊断和研究,对治疗有所偏废。但在长期从事核素显像和示踪研究的过程中,逐渐认识到核素靶向显像的成功就很有可能实现相应的核素靶向治疗,深信核素治疗必将像核素显像一样繁荣发达,并且有可能因为不会像核素显像那样地受到其他技术的严重挑战而永立于不败之地,将会成为核医学的主要支柱之一,社会效益也会更大。因此本人近年来也逐渐回归核素治疗。退休后更有较多时间参加国内外许多核素治疗会议,并访问了不少核素治疗开展得很好的单位和颇有经验的专家,发现我国核素治疗的应用和基础研究的势头都很好,但远不平衡和普及,对一些最常用的治疗方法也存在着认识上和实践上的差别,确有必要集思广益进行宣传和探讨,才有助于大力而尽量妥当地推广各种核素治疗。根据以上情况,本人乃决定再组织编写一本以当今核医学上述两点为主要内容的专著,名为“PET 显像与核素治疗”。但编成后,因篇幅过大,恐不便于读者使用,只好分为《PET 诊断学》和《放射性核素治疗学》两册,作为套书出版。

《PET 诊断学》共十章,除有总论介绍 PET 的基本原理和特点、正电子示踪显像剂、各种 PET 显像仪和基本的显像方法、影像定量、图像融合、辐射防护、效益/经济分析、循证医学、建立 PET 中心需考虑的一些问题和面临的 CT 和 MRI 等新进展的挑战外,用七章着重介绍目前最为常用并且较为成熟的肿瘤 PET 显像、脑 PET 显像和心肌 PET 显像的原理、方法和临床应用。PET/CT 是当今用于 PET 显像的最新仪器,有很多优点,也有可能逐渐成为 PET 显像的主流设备,故不仅在第一章进行了初步介绍,而且还专辟第四章详细介绍其特点和应用价值;最后一章简要介绍 PET 显像在脑功能、精神疾病、成瘾和戒毒、针刺、药物、基因显像与基因治疗等研究方面的应用和为小动物显像的 micro-PET。

《放射性核素治疗学》共十三章,除有总论介绍核素治疗的基本原理和特点、放射性治疗药物、剂量学、辐射防护和管理、疗效评价方法等以外,其余各章逐一介绍各种治疗方法,包括 ^{131}I 治疗、 ^{32}P 治疗、核素治疗骨转移灶所致骨痛、核素介入治疗、介入性核素靶向治疗、核素近距离治疗、低剂量核素治疗和 $^{99}\text{Tc-MDP}$ 治疗。其中特别重点讨论应用最广和最为有效的 ^{131}I 治疗 Graves 病和甲状腺癌的各方面问题。

本套书的主要读者对象是核医学工作者和研究生。核医学的发展和普及与临床医生对它的认识、接受程度和合作极有关系,望本书也将成为广大临床医生和研究人员了解和认同 PET 显像和核素治疗的

一个窗口，能更好地应用它们为病人服务。

由于本套书内容很多，各个方法和应用都相当专业，在一些方面还存在着不同的观点和经验，为集思广益和贯彻百家争鸣方针，特邀请了国内四个直辖市和 20 个省、自治区的 120 多位在某个方面确有丰富经验或知识的专家参加本书编写审阅，其中 2/3 为中青年新秀。同时为弥补我们在一些方面的不足，甚至空白，还邀请了美国、法国、奥地利、印度、韩国和香港、台湾地区的 12 位著名专家朋友参加编写。要求作者对所写的章节都要包括历史和现状、主流经验/观点和非主流经验/观点、现存问题/争论和发展前景；介绍的具体方法必具可操作性；国内外情况都要介绍，但着重国内的经验。

在编写过程中，也发现了一些问题，正好与我院黄蕊庭教授在主编“门静脉高压症外科学”（2000 年人民卫生出版社出版）时所遇问题十分相似，他在其前言中作了十分精彩的说明，我十分赞同，蒙允在此摘编如下：

一是重复问题。本书各章节之间有其序贯性及连续性，但他们又均有其相对独立性和完整性，常涉及一些共同的问题，难免有时重复。但既或是同一问题，作者也是按照所撰写章节的需要进行叙述，出发点不同，侧重点不同，同功而异曲，格调有别，读者选读某一章节时，思路自成体系，或者对读者反而方便和有益。

二是差异问题。由于本书的作者都是国内外有着丰富经验的专家，其所撰写的章节又是各自所擅长的方面，自有作者多年来所形成的观点，以及惯用的临床处理方法。况且一些疾病的诊治（如本书的肿瘤葡萄糖代谢显像、 ^{131}I 治疗甲亢和甲癌等）所涉及的问题又十分复杂，有深有浅，似深似浅，至今没有颠扑不破的理论，也没有完美无缺的诊治方案，作者相互之间的经验、认识、观点、方法不尽相同，甚或有所偏爱，亦属常情。当然大的原则并无多大矛盾。但正因如此，读者可洞窥其中精华，兼晓各家之长，予以思考，增长见识，有助于集思广益。

三是平衡问题。尽管在编书之初，要求各专家按照大致的要求撰写，但作者们毕竟均有相当高的学术造诣，自有其不同的逻辑思路、写作风格和叙述习惯，不意之中个体水平的差异也有所显露，这也不足为奇。编者只能在文字、用词、编排、某些数据等方面略加整理和修饰，或提出些修改建议供参考，而无力于其他。但深感欣慰的是，所有作者都极其用心，精益求精，不厌其烦地反复修改，多数达四至五遍，实属难得，由衷敬佩。

本套书在策划后正式编写历时四年多，除各位作者和译者在百忙中辛勤写作外，还特邀 12 位专家和老师对一些章节作了认真的审阅。《放射性核素治疗》一书的副主编卢倜章教授以其大半生的丰富经验协助我对有关 ^{131}I 治疗甲状腺各种良恶性疾病的各章节编写进行了指导和把关，并亲自撰写了不少章节，起到了极大的作用。书稿的整理、修改和整合完全是在我家书屋中完成，计算机和快递是最主要的工具，我的夫人成了名符其实的主编助理（她也是我过去几本书的最主要的助手之一），当然小友潘怡、聂弢和周文静也帮了不少忙。本书的编写和出版还得到了中国原子能研究院同位素所、中国核动力设计研究院中核高通同位素股份有限公司、成都云克药业有限公司、青岛长江辐射防护设备有限公司和李紫阳主任的大力支持。稿成之后我的导师 David E. Kuhl 教授特来 E-mail 祝贺，北京医科大学半个世纪的老领导彭瑞聪教授、世界最著名的华人核医学家叶鑫华教授、著名医学影像学专家中国工程院院士刘玉清教授和著名放射化学专家中国工程院院士刘伯里教授亲笔为本书作序，不胜荣幸和深为感动。谨在此一并向所有参加和支持本书编写和出版的人员和单位表示最诚挚的感谢。

限于篇幅，未能如愿将外文原稿收入本书，十分遗憾，在此说明，并向原作者表示深切歉意。限于本人水平和时间，本书必然存在不少缺陷和疏漏，敬请读者批评和指正。

2005 年 4 月

目 录

绪 论	1
第一章 PET 显像总论	15
第一节 PET 显像的基本原理、特点和现状	15
第二节 回旋加速器和正电子显像剂及其管理	18
第三节 专用型 PET	62
[附] 非经典专用 PET	77
第四节 混合型 PET——正电子显像	77
第五节 组合型 PET——PET/CT 和图像融合	91
第六节 PET 性能测试和质量控制	97
第七节 PET 显像的技术操作和质量保证	107
第八节 PET 影像定量分析	120
第九节 影像传输	130
第十节 辐射防护与安全	135
第十一节 PET 显像经济效益分析和正当应用	142
第十二节 CT、MRI 进展和分子影像学	147
第十三节 循证医学和荟萃分析	178
第二章 肿瘤 ¹⁸ F-FDG PET 显像的原理、方法和特点	189
第一节 显像原理	190
第二节 显像方法	194
第三节 影像分析方法	197
第四节 正常影像所见	200
第五节 恶性病变影像特点	202
第六节 良性病变影像特点	204
第七节 良恶性病变的鉴别诊断和报告	209
第八节 适应证	210
第九节 受检者的辐射安全	211
第三章 肿瘤 ¹⁸ F-FDG PET 显像的临床应用	212
第一节 肺癌	212
第二节 乳腺癌	226
第三节 消化系统肿瘤	239
第四节 脑肿瘤	269
第五节 头颈部肿瘤	276

第六节 甲状腺癌	285
第七节 肾上腺肿瘤	289
第八节 泌尿生殖系统肿瘤	295
第九节 骨骼和软组织肿瘤	323
第十节 恶性淋巴瘤	328
第十一节 黑色素瘤	344
第十二节 间皮瘤	359
第十三节 寻找转移性肿瘤原发灶	362
第十四节 肿瘤放疗计划	366
 第四章 肿瘤¹⁸F-FDG PET/CT 和混合型 PET 的临床应用	374
第一节 PET/CT 的临床应用价值	374
第二节 PET/CT 两种影像优势互补和现存问题	380
第三节 PET/CT 图像的分析、诊断和报告	387
第四节 混合型 PET 与专用型 PET 诊断肿瘤价值的比较	391
 第五章 ¹⁸F-FDG 以外的肿瘤 PET 显像	398
第一节 氨基酸显像	398
第二节 乏氧显像	399
第三节 ¹¹ C-乙酸盐显像	400
第四节 ¹¹ C 和 ¹⁸ F-胆碱显像	401
第五节 其他显像	401
 第六章 脑 PET 显像的种类、原理、方法和特点	404
第一节 脑血流/血容量显像	404
第二节 脑氧代谢显像	407
第三节 脑葡萄糖代谢显像	408
第四节 神经递质、受体和转运蛋白显像	417
 第七章 脑 PET 显像的临床应用	425
第一节 癫痫灶定位	425
第二节 老年性痴呆诊断	457
第三节 脑缺血性病变更存活性判断	465
第四节 帕金森病诊断和鉴别诊断	468
第五节 颅内感染	480
 第八章 心肌 PET 显像的种类、原理、方法和特点	482
第一节 心肌灌注显像和心肌血流量测定	482
第二节 心肌葡萄糖代谢显像	483