

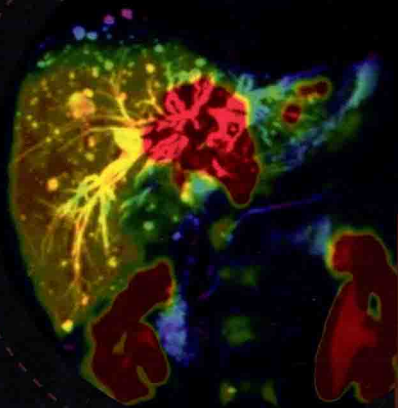
“十二五”国家重点图书



# 中华临床医学 影像学

CHINESE CLINICAL MEDICAL IMAGING

- 丛书主编 郭启勇
- 分册主编 黄 钢



## PET 与分子影像分册

PET AND MOLECULAR



北京大学医学出版社



THE  
MUSIC  
OF  
THE  
MUSIC



PET  
MUSIC  
MUSIC



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书

# 中华临床医学影像学

## PET 与分子影像分册

CHINESE CLINICAL MEDICAL IMAGING  
PET AND MOLECULAR

丛书主编 郭启勇

分册主编 黄 钢

北京大学医学出版社

# ZHONGHUA LINCHUANG YIXUE YINGXIANGXUE PET YU FENZI YINGXIANG FENCE

## 图书在版编目(CIP)数据

中华临床医学影像学. PET与分子影像分册 / 黄钢主编.  
-北京: 北京大学医学出版社, 2015.8  
国家出版基金项目 “十二五”国家重点图书  
ISBN 978-7-5659-0642-8

I . ①中… II . ①黄… III. ①影像论断②计算机X线扫描  
体层摄影—诊断学 IV. ①R445②R814.42

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第211179号

## 中华临床医学影像学 PET与分子影像分册

---

主 编: 黄 钢

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](mailto:booksale@bjmu.edu.cn)

印 刷: 北京圣彩虹制版印刷技术有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 许 立 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 27.75 字数: 860千字

版 次: 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0642-8

定 价: 255.00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)

# 中华临床医学影像学 编审委员会

主任委员 郭启勇

副主任委员 戴建平 冯晓源

委 员 (按姓名汉语拼音排序)

黄 钢 李坤成 刘士远 孟俊非

王振常 周 诚 周纯武 朱 铭

秘 书 廖 伟 卢再鸣

# PET与分子影像分册编委会

分册主编 黄 钢

分册副主编 申宝忠 滕皋军

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

- |     |                          |
|-----|--------------------------|
| 卜丽红 | 哈尔滨医科大学附属第四医院            |
| 郜发宝 | 四川大学华西医院医学影像中心           |
| 黄 钢 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |
| 霍 力 | 中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院     |
| 李 方 | 中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院     |
| 李立伟 | 空军总医院                    |
| 刘建军 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |
| 申宝忠 | 哈尔滨医科大学附属第四医院            |
| 宋少莉 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |
| 孙晓光 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |
| 滕皋军 | 东南大学医学院附属中大医院            |
| 王全师 | 南方医科大学南方医院               |
| 王玉婷 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |
| 吴湖炳 | 南方医科大学南方医院               |
| 于丽娟 | 哈尔滨医科大学附属第三医院肿瘤医院        |
| 赵 军 | 复旦大学附属华山医院               |
| 郑海荣 | 中国科学院深圳先进技术研究院生物医学与健康工程所 |
| 郑秀娟 | 上海交通大学医学院附属仁济医院          |



## 分册主编简介



黄钢，医学博士，教授，博士生导师。上海交通大学医学院副院长，亚洲核医学学院院长，中华医学会核医学分会第九届主任委员，上海交通大学临床核医学研究所所长，上海交通大学中国医院发展研究院执行院长，上海市医学教育学会主任委员，《中华核医学杂志》《中华生物医学工程杂志》《上海医学教育》《高校医学教育》等杂志副主编，*Plos One*, *Am J Nucl Med & Mol images*, *The World Journal of Meta-Analysis*, *NUCL. SCI. & TECH.*

等 20 余本专业杂志学术编委。首批入选上海市“百人计划”；1998 年入选上海市优秀学科带头人计划，2001 年获第三届上海市卫生系统青年管理十杰和第八届上海市银蛇奖，2002 年被评为卫生部有突出贡献的中青年专家称号，2005 年获上海市医学领军人才，2006 年获上海市领军人才，2008 年获得上海市重点学科带头人（上海市影像医学核医学重点学科），2011 年荣获“宝钢优秀教师奖”。至今在国内外杂志上发表论文 200 余篇，其中 SCI 或 EI 收录论文 60 余篇，申请并获得专利 10 余项；主编医学院校规划教材及专著 10 余本；先后指导及培养博士后、博士及硕士研究生 50 余名；以第一申请者多次获国家自然科学基金及重点项目、国家重大新药创制及“973”项目等 30 余项课题资助，先后以第一完成人获国家教育部、卫生部、上海市科技进步奖及中华医学科技奖等十余项奖励，2012 年获得华夏医学科技一等奖。

# 序 1

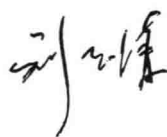
近年来，医学影像学发展迅速，作为现代临床医学体系的重要组成部分，在传统成像技术基础上新技术、新方法的应用不断涌现，使现代医学影像学内涵不断刷新、扩展。迄今，国内医学影像学著作出版颇多，多属有关专著，尚缺少系统性丛书。欣闻“中华临床医学影像学”丛书问世，倍感欣慰。

“中华临床医学影像学”丛书由新闻出版总署立项，国家出版基金资助，并获批国家“十二五”重点图书。保证了本丛书具有高起点和权威性。丛书总主编、各分册主编、副主编及编著者均为我国当前在医学影像学领域第一线工作的有影响力的专家、学者，通过他们的努力，保证了丛书的专业性和时代性。

这套丛书共十二分册，涵盖传统影像学

各系统、各专业领域的内容，同时将全身综合性疾病、分子影像学、医学影像信息学及质量控制等重要内容进行专门编著，对于医学影像学知识体系的阐述更较全面，内容更为充实、完整。另外，丛书的编辑特点可以概括为结合临床、病种齐全、纲领清晰、文图并重、检索方便，做到继承传统和开拓创新的适当结合，具有明显的时代性。

祝愿并相信“中华临床医学影像学”丛书的出版，对我国医学影像学进而临床医学和医学科学的发展将起到积极推进作用，谨此对总主编郭启勇教授、各分册主编、副主编及参与编写的各位专家和同道们的辛勤努力表示衷心敬意和感谢！



中国工程院院士

中国医学科学院阜外心血管病医院放射科 教授 主任医师



## 序 2

医学影像学诞生已百余年，各种影像学新技术、新方法、新应用日新月异、层出不穷。近年来，影像学已从主要依靠形态学诊断发展为集形态、功能、代谢等信息为一体的综合诊断体系，介入诊疗技术、计算机信息技术、分子影像技术等使影像学的范畴不断发展延伸，医学影像学新知识的更新速度已经到了让人应接不暇的程度，医学影像工作者和相关临床医生对系统、全面、实用的医学影像学工具书的需求已经达到渴望的地步，“中华临床医学影像学”丛书的出版恰逢其时！

“中华临床医学影像学”是由国家出版基金资助，由中华放射学会主任委员、国内影像学知名专家、中华医学会放射学分会专业学组组长组成的专家团队主持撰写的专业影像学丛书。丛书共包括十二分册，内容涵盖神经、头颈、心血管、胸部、乳腺、消化、泌尿生殖、骨关节与软组织、儿科等诸多系统及专业领域，同时涉及全身综合疾病影像学、PET与分子影像学、医学影像信息学与质量控制等诸多新角度、新内容。在继承传统经典影像学内容的基础上，丛书更体现了

影像学的进展和现状，从而保证本丛书的实用性和时代性。

本丛书的特点是传统现代并重，临床影像兼顾，纲领脉络清晰，文字简明扼要，内容充分翔实，典型图像丰富。各分册收录的疾病种类齐全，分类清晰。各疾病相关临床内容全面，包括发病率、病因、临床诊断要点、疾病的演变治疗和随诊等，为读者呈现出立体化的临床诊断思路。影像学表现按检查方法分别阐述，诊断与鉴别诊断要点突出。每节配有大量示范病例图像，以加深理解，方便参考。书后配专业索引，便于根据各种关键词检索到需要的内容。这些特点体现了丛书的系统性、实用性、易读性、方便性。

“中华临床医学影像学”是一套兼顾影像学和临床医学的系统性丛书，以各专业影像学科医生及临床各科室医生为主要读者对象而量身定制的，它同时着眼于目前广大读者在临床工作和拓展学习的实际需求，相信大家会发现这是一部内容丰富、精炼易读、高效实用的影像学丛书，相信它会成为大家爱不释手的重要参考书。



丛书主编

中国医科大学 副校长

中国医科大学附属盛京医院 院长

# 前 言

人类已迈进 21 世纪。追溯历史，重温过去，我们不得不为科学发展之迅速而感慨。在逝去的百年里，人类医学研究取得了非凡的成就，尤其是近 50 年，分子生物学的快速进展，为人类展示了更为精准的微观世界的变化，如人类基因的测定，蛋白组学、代谢组学等研究成果的成功转化对人类产生了重大影响。而作为 21 世纪的重要医学领域的分子影像 (molecular imaging)，是当今医学影像学发展的方向，以分子生物学为基础，借助现代医学影像技术真正实现在活体上、用无创伤可视化技术，从细胞及分子水平动态定量观测功能蛋白 (受体、酶) 和功能基因表达及产生作用的实时成像；其优势是动态客观地定量描述启动疾病发生的分子作用、促进疾病发展的基因表达、反映疾病预后的蛋白变化、评估治疗效果的动态反映、设计研发新药的靶点定位与机制研究等。以  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 为代表的分子影像学方法现已广泛应用于临床，在肿瘤、心血管疾病及神经精神等方面的异常评价发挥着独特作用，成为连接分子生物学等基础学科与临床医学的桥梁，对现代和未来医学模式产生了革命性影响。

为了体现新时代分子影像领域的发展，同时兼顾我国分子影像领域的特色优势，特邀目前国内分子影像的基础与临床领域中具有丰富经验的知名专家教授编写本书。为突显本书的实用性和先进

性，本书共分为上下两篇，上篇侧重于分子影像尤其是正电子发射计算机断层显像 (Positron Emission Tomography, PET) 在临床中的应用，同时注重各种影像学手段的比较；下篇主要侧重于分子影像相关领域的研究进展，包括：光学、磁共振、超声、核医学等分子成像手段的最新分子探针的研究进展及应用。本书具有以下鲜明的特点值得推荐：第一，内容丰富，基础夯实，病例典型突出，同时又注重了各种分子影像学手段的比较。第二，内容新颖，时效性强。大部分篇幅涉及肿瘤分子成像领域中最前沿，也是研究课题最集中的领域，如肿瘤血管成像、乏氧成像、凋亡成像、增殖成像、受体成像等内容，极具有参考价值。第三，全书的编写贯穿一条新思路，从临床应用现状到研究进展，层次分明，可读性强。

随着分子影像学在临床与基础领域的广泛应用，本书对研究生、临床医师、医学生及技术人员的工作与研究均是本有用的参考书，非常值得广大医师和医学影像学专业学生研读。

尽管我们非常渴望本书能够满足临床及科研不同层次需求，是一本系统、完整、科学、先进的好书，但由于作者水平有限，本书难免存在一些不足和疏漏，恳请各位医学同仁、临床医师、同学和广大读者予以斧正。

黄 毅

# 绪 论



医学影像学经历百余年的不断创新,设备从传统X线平片影像到计算机断层成像(computed tomography, CT)、三维超声、核医学的单光子发射计算机断层成像(single photon emission computed tomography, SPECT)和正电子发射断层成像(positron emission tomography, PET)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等,实现了由组织器官的解剖成像向分子与代谢及基因成像的发展。为疾病早期诊断、在体研究、病程分期、分子评价及实时定量提供了有效而准确的手段,使一些隐匿性疾病的早期发现、无创性定量评估、临床疗效的及时评价等成为可能,并成为现代医学快速发展不可替代的关键动力。分子影像作为当今医学影像学发展的重要方向,集分子生物学的研究成果与现代计算机影像技术为一体,能够在可视影像的条件下,从分子和细胞水平上研究和观察疾病的发生、发展和转归的实时动态过程,真正实现了宏观与微观、体内和体外的有机结合。分子影像技术至少有两个关键部分:分子探针和高分辨与灵敏的探测技术,前者是实现分子影像的首要条件,分子探针与体内特异性靶点结合,使之显现并被探测,其目的就是期望的人体内部特定靶点进行特异性标记成像。分子探针决定着分子影像的特异性,基本要求包括:①与靶分子有高度的特异性与高亲和力;②能够穿过人体内相关的生理屏障,高效、高浓度地到达靶细胞,并实现信号放大;③具有生物相容性及稳定性,并能参与人体相应的生理代谢、免疫或受体结合、基因表达等相互作用及反应性过程。探针的构建是分子影像学研究的关键环节,涉及多个学科领域,是该领域最热点、最前沿的问题,也是最变化莫测、最能展现突破的研究课题,更是转化医学最为基础的应用工具。在本书的多个章节将展示相关研究的最新成果及作者自身的宝贵经验。

分子影像第二个关键部分是高分辨与灵敏的探测技术,目前常用的分子影像探测技术,有核医学的SPECT/CT和PET/CT、CT、磁共振成像(MRI)技术和光学成像技术及超声成像技术等,其中核医学的PET和SPECT灵敏度高,技术相对成熟,是

目前成功用于临床的分子显像技术,为此,本书的应用篇以核医学PET的临床应用作为主要介绍内容。核医学分子成像是将放射性核素标记在参与人体活动所需的代谢底物(如葡萄糖、嘌呤或嘧啶、脂肪酸、氨基酸等)、特异性抗体或受体的配体或寡核苷酸等物质上,制成特异性探针,当此类探针引入人体后,可实时定量观察一定时间内放射性核素标记的相应物质在体内的分布、代谢、排泄等动态变化。目前的临床应用主要包括代谢显像和受体显像,基因表达分子显像(反义PET显像和报告基因显像)已进入临床前研究。

MR分子成像技术是将特异性分子探针与靶分子或细胞结合,通过敏感、快速、高分辨率的成像序列,特异性标识出靶结构,以达到对病灶的定性和定量诊断。目前,MR分子成像主要为临床前研究,少数试用于临床,可用于凋亡显像、肿瘤血管生成、神经递质递送和干细胞移植检测等诸多方面,临床应用前景广阔。MRS能提供组织及病变内生化代谢信息的无创性检测方法,可测量细胞内外一系列重要生物物质的浓度,未来将用于区分良恶性肿瘤,鉴别肿瘤类型,了解恶性肿瘤的分级和预后,观测肿瘤的治疗反应等。MRI、MRS和放射性核素成像的结合应用,能更特异地精确显示病理生理过程。MR显微成像技术利用小型高场及超高场磁共振设备成像,可显示活体代谢过程,现已有PET/MRI融合机型,未来将可能成为最具挑战性的分子影像设备。

光学分子成像具有无创伤、无辐射、高敏感、可实时成像等优点,对浅表软组织分辨率高,可凭借软组织对光波的不同吸收与散射识别不同成分,获得功能影像信息。主要包括弥散光学断层成像、表面加权成像、共聚焦成像、近红外线光学断层成像和表面聚焦成像及双光子成像等。但因组织穿透能力较低,目前主要用于小动物的分子影像研究,评价抗原和抗体结合、转基因以及基因表达等。

超声分子成像及超声造影剂研究近年来发展迅速,靶向性微泡造影剂及纳米级微粒造影剂已成为该领域的热点。已试用于心血管、肿瘤等的靶向诊



断, 血栓、动脉粥样硬化斑块等的治疗和药物基因的输送等。

基于分子影像的快速进展, 本书分应用篇和进展篇两个部分, 系统论述不同分子影像技术的应用与研究进展现状与趋势, 并兼顾临床的实际价值与基础研究的潜在前景, 为读者提供一部客观反映分子影像发展状态的参考书。其中第1章至第9章为应用篇部分, 主要内容为PET与MRI影像技术的临床应用。之后的6个章节为进展篇部分, 该部分重在介绍分子影像发展近况, 其中不仅阐述了PET、MRI等影像技术的发展趋势, 还对光学成像技术以及微泡超声等近年来发展迅速的分子影像技术进行了深入的探讨。全书从临床实际工作入手, 提出临床问题, 引发基础研究, 有效地把握了转化医学的精髓, 具有很强的实用价值和研究借鉴意义。各章节的内容概括如下:

第1章主要介绍了氟代脱氧葡萄糖( $^{18}\text{F}$ -FDG) PET/CT在临床中对于恶性肿瘤的诊断和鉴别诊断, 根据部位的不同, 又分为针对头颈部、胸部、腹部、盆腔肿瘤以及恶性淋巴瘤的具体诊断和鉴别, 辅以相当数量的临床病例分析, 展现了 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT在临床恶性肿瘤诊断中的特点和优势。

$^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT在肿瘤临床分期上也有着重要作用, 第2章便对 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT在鼻咽癌、甲状腺癌、肺癌以及肝癌等十种癌症的临床分期、治疗后再分期、转移、复发等方面的应用进行了分类阐述。

由于肿瘤的复杂性, 在诊断之后的治疗方法不尽相同, 也因人而异。如何使得治疗收益最大化, 需要有效的方法进行评估。PET成像技术已经公认为早期疗效评估的有效手段。因此本书第3章和第4章分别探讨了 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT在化疗和放疗疗效评价方面的作用。

除了 $^{18}\text{F}$ -FDG这一最为常用的PET示踪剂之外, 还有 $^8\text{F}$ -FLT、 $^{11}\text{C}$ -醋酸盐以及 $^{11}\text{C}$ -蛋氨酸和 $^{11}\text{C}$ -胆碱等示踪剂可以用作PET肿瘤显像, 第5章、第6章和第7章分别对这些示踪剂在肿瘤显像中的应用进行了探讨, 通过临床病例分析阐释了这些示踪剂

的特异性。

磁共振成像技术也有着广泛的临床应用。第8章先后介绍了包括DWI、DTI、PWI以及BOLD和SPIO在内的若干种MRI成像序列, 涉及了脑功能、脑肿瘤、精神类疾病以及其他部位疾病的诊断等方面的应用和研究。

第9章针对PET成像技术的定量特性以 $^{18}\text{F}$ -FDG显像为例介绍了对PET影像的半定量、绝对定量方法。

以上九个章节构成的应用篇着重于对临床应用的总结分析, 而分子影像学是一个新兴的而充满活力的多学科交叉融合的科学领域, 近些年来的发展势头更是如火如荼, 之后的进展篇分六个章节着重介绍分子影像前沿的研究进展。

分子探针是分子成像的关键技术, 第10章便聚焦于分子探针技术, 该章节涵盖了多种分子探针原理和标记方法, 涉及PET、MRI、光学以及超声等多种分子成像技术。

工欲善其事, 必先利其器。分子影像设备的发展是分子影像学发展的基础, 第11章以仪器设备为主要内容, 介绍了包括PET、MRI、荧光成像以及超声等分子成像技术最新的影像设备发展动态和趋势。

在分子成像技术领域中, 不同成像技术有着各自的特色和优势领域。进展篇中的第12章、第13章和第14章分别对磁共振成像技术、超声技术以及光学成像技术在分子影像领域的研究进展进行了介绍和阐述。

新药研究作为转化医学成功应用的典范, 也是分子影像最具潜力的应用领域, 由于分子影像引入新药研究, 将使传统药物研发的时间大大缩短, 费用明显降低, 且有效性大幅提升。本书第15章就以此为主要内容, 分别介绍了不同影像技术在新药研究各阶段的应用研究。

综上所述, 本书从临床出发, 以大量的临床应用资料和经验积累以及丰富的基础研究成果为素材, 展示了放射性核素成像、磁共振成像、超声成像以及光学成像等分子影像的最新动态与发展趋势。同



时,巨大的挑战也随之而来。如前所述,分子影像学是影像医学、分子与细胞生物学、生理及病理生理学及免疫学,与计算机科学、材料科学及电子学等多学科交叉融合形成的新生学科,复合型人才成为学科发展的急需;多种分子影像技术及设备的融合,如PET/CT、PET/MRI等,更需培养学科交叉的人才,人才队伍与技术力量尽快实现知识、技能与临床应用的融合已迫在眉睫。因此,本书的出版将为学科交叉与复合人才的培养提供教材,并期望由此引发更多高水平的影像学科点及高水平的研究队伍出现,培养更多高水平的分子影像研究与临床应用人才。

在人才培养中,我们深深地感觉到,必须有良好的顶层设计和明确的合作理念。首先,树立大影像观念是现代医学影像及分子影像所必需的可持续

发展观,合作、分享、参与、交流,注重各亚专业间、相关学科间的相互配合及协调发展,形成纵横交错,分合兼备的知识提升网络体系,相互启发,共谋学科发展。其次,应站在现代影像医学与分子生物学飞速发展的高度,深刻理解临床医学、分子与细胞生物学、工程技术的多元结合,合理打造适合现代影像医学发展所需的医工技、基础与临床一体化人才构成模式,构建与之相适应的高度协作的专业团队。第三,积极创造条件创建分子影像医学基础及实验研究基地,把临床应用及基础研究紧密结合,从创新的高度致力于复合型人才培养及多学科医工、医理结合的交叉集成平台。

相信在多学科专家的紧密合作下,分子影像将成为推动21世纪分子医学发展和转化医学实现的强大动力。

# 目 录

## 绪 论

## 应用 篇

### 1

#### $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在恶性肿瘤诊断及鉴别诊断中的作用..... 2

- 第 1 节 头颈部肿瘤 ..... 2
- 第 2 节 胸部肿瘤 ..... 14
- 第 3 节 腹部肿瘤 ..... 24
- 第 4 节 盆腔肿瘤 ..... 33
- 第 5 节 恶性淋巴瘤 ..... 43

### 2

#### $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在肿瘤临床分期和再分期中的应用..... 53

- 第 1 节 鼻咽癌 ..... 56
- 第 2 节 甲状腺癌 ..... 57
- 第 3 节 肺癌 ..... 59
- 第 4 节 原发性肝细胞肝癌 ..... 67

- 第 5 节 胰腺癌 ..... 68
- 第 6 节 结直肠癌 ..... 69
- 第 7 节 卵巢癌 ..... 72
- 第 8 节 宫颈癌 ..... 73
- 第 9 节 乳腺癌 ..... 75
- 第 10 节 淋巴瘤 ..... 77

### 3

#### $^{18}\text{F}$ -FDG PET (PET/CT) 在化疗疗效评价中的应用..... 81

- 第 1 节 肿瘤治疗反应评价及其标准 ... 81
- 第 2 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 评价治疗疗效的方法 ..... 83
- 第 3 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 在肿瘤疗效评价中的临床应用..... 88
- 第 4 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 在靶向药物评价中的作用..... 104

## 4

### $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在肿瘤放射治疗中的作用····· 107

- 第 1 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 与肿瘤生物靶区·····107
- 第 2 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 在肿瘤放射治疗计划制定中的应用····· 110
- 第 3 节  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 对肿瘤放疗后的疗效评价····· 119

## 5

### $^{18}\text{F}$ -FLT PET/CT 在肿瘤疾病中的作用····· 123

- 第 1 节 概述·····123
- 第 2 节  $^{18}\text{F}$ -FLT PET 显像原理和方法·····124
- 第 3 节  $^{18}\text{F}$ -FLT PET/CT 图像分析·····127
- 第 4 节  $^{18}\text{F}$ -FLT PET/CT 临床应用·····128
- 第 5 节 进展·····148

## 6

### $^{11}\text{C}$ - 醋酸盐在肿瘤性疾病的作用····· 153

- 第 1 节  $^{11}\text{C}$ -AC 肿瘤显像原理·····153
- 第 2 节  $^{11}\text{C}$ -AC 肿瘤显像方法·····154
- 第 3 节 图像分析与比较·····154

### 第 4 节 $^{11}\text{C}$ -AC PET 临床应用·····155

## 7

### $^{11}\text{C}$ - 蛋氨酸及 $^{11}\text{C}$ - 胆碱显像····· 169

- 第 1 节 脑胶质瘤·····169
- 第 2 节 鼻咽癌·····176
- 第 3 节 甲状腺癌·····183
- 第 4 节 原发性肝癌·····187
- 第 5 节 前列腺癌·····195

## 8

### 功能磁共振成像技术临床应用····· 201

- 第 1 节 磁共振弥散加权成像的应用·····201
- 第 2 节 磁共振弥散张力成像的应用·····210
- 第 3 节 灌注加权成像的应用·····215
- 第 4 节 BOLD-fMRI 的应用·····221
- 第 5 节 SPIO 的应用·····228
- 第 6 节 磁共振多核成像·····230

## 9

### 分子影像的定量分析····· 242

- 第 1 节 PET 图像采集、重建与校正·····242



第2节	PET 图像定量分析方法	244
第3节	无创定量分析	248

## 进展篇

### 10

<b>分子探针及其标记技术</b>		<b>254</b>
第1节	分子探针的组成、定义及分类	254
第2节	放射性分子探针标记原理及其进展	256
第3节	MRI 分子探针标记原理及其进展	268
第4节	光学分子探针标记原理及其进展	277
第5节	超声分子探针标记原理及成像检测技术	295

### 11

<b>分子影像设备及其进展</b>		<b>306</b>
第1节	PET 显像设备及其进展	306
第2节	分子影像 MR 设备及其进展	313
第3节	光学显像设备及其进展	316
第4节	超声显像设备及其进展	322

### 12

<b>MR 分子影像技术应用研究进展</b>		<b>328</b>
第1节	基因显像	328
第2节	肿瘤 MR 分子影像学研究进展	336
第3节	MRI 心血管分子影像技术新进展	339
第4节	神经系统 MR 分子影像技术应用研究进展	345
第5节	MRS 在分子影像中的应用	349

### 13

<b>超声分子成像技术应用研究进展</b>		<b>354</b>
第1节	血管炎症超声分子成像及治疗	354
第2节	血栓超声分子成像及治疗	358
第3节	血管生成超声分子成像及治疗	359
第4节	功能性超声造影剂微泡的多模影像	363

### 14

<b>光学分子成像技术应用研究进展</b>		<b>365</b>
第1节	基因显像及其治疗	365