



国家卫生健康委员会“十三五”规划教材
专科医师核心能力提升导引丛书

供放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师用

分子影像学

主 审 | 金征宇

主 编 | 卢光明 徐海波

副主编 | 李亚明 沈 君 张 冬



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



国家卫生健康委员会“十三五”规划教材

专科医师核心能力提升导引丛书

供放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师用

分子影像学

主 审 金征宇

主 编 卢光明 徐海波

副主编 李亚明 沈 君 张 冬



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

分子影像学/卢光明, 徐海波主编. —北京: 人民卫生出版社, 2018

ISBN 978-7-117-27499-9

I. ①分… II. ①卢…②徐… III. ①影像诊断-医学院校-教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 264068 号

人卫智网 www.ipmph.com 医学教育、学术、考试、健康,
购书智慧智能综合服务平台
人卫官网 www.pmph.com 人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

分子影像学

主 编: 卢光明 徐海波

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 22

字 数: 665 千字

版 次: 2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-27499-9

定 价: 110.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

编者 (以姓氏笔画为序)

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 王 凡 (北京大学) | 沈 君 (中山大学孙逸仙纪念医院) |
| 王 维 (中南大学湘雅三医院) | 张 冬 (陆军军医大学第二附属医院) |
| 王全师 (南方医科大学南方医院) | 张龙江 (东部战区总医院) |
| 王建东 (南京大学) | 陈小元 (美国国立卫生研究院) |
| 王培军 (同济大学附属同济医院) | 郑元义 (上海交通大学附属第六人民医院) |
| 石洪成 (复旦大学附属中山医院) | 郑荣琴 (中山大学附属第三医院) |
| 卢光明 (东部战区总医院) | 郑海荣 (中国科学院深圳先进技术研究院) |
| 田 捷 (中国科学院自动化所) | 郜发宝 (四川大学华西医院) |
| 田 梅 (浙江大学附属杭州滨江医院) | 姜慧杰 (哈尔滨医科大学附属第二医院) |
| 朱朝晖 (北京协和医院) | 徐海波 (武汉大学中南医院) |
| 刘 刚 (厦门大学) | 黄 涛 (哈尔滨医科大学附属第四医院) |
| 李 凯 (苏州大学) | 曹 丰 (中国人民解放军总医院) |
| 李亚明 (中国医科大学附属第一医院) | 程 震 (美国斯坦福大学) |
| 杨晓明 (美国华盛顿大学) | |

编写秘书 王守巨 (东部战区总医院)

主审简介



金征宇 主任医师、教授、博士研究生导师。现任中国医学科学院北京协和医院放射科主任、北京协和医学院影像医学与核医学系主任。中华医学会理事、中华医学会放射学分会主任委员、北京医学会放射学分会主任委员、中国医学装备协会副理事长、中国医疗保健国际交流促进会放射学分会主任委员、中国医学影像技术研究会副会长、《中华放射学杂志》副总编辑等。

从事放射影像学诊断和介入治疗工作 30 余年。近年来,先后获国家科技进步二等奖 1 项,原卫生部科技进步一等奖 1 项,中华医学科技一等奖、三等奖各 1 项、华夏医学科技奖二等奖 1 项、北京市科技进步一等奖 1 项、三等奖 2 项。

国内外发表论文 120 余篇,近三年来以第一作者及通讯作者身份发表论文 80 余篇,参加编写专业著作 15 部,其中 9 部任主编,包括各层次放射影像学国家级教材。因为在医教研等方面的突出表现,2008 年被原卫生部授予“突出贡献中青年专家”荣誉称号。2012 年荣获第八届中国医师奖。2014 年荣获北美放射学会颁发的荣誉会员,从而成为中国第四位获此殊荣的放射学专家。2016 年荣获日本放射学会颁发的荣誉会员。多年来培养研究生数十名,均成为各自专业领域的后备人才。

主 编 简 介



卢光明 东部战区总医院(南京大学医学院附属金陵医院)医学影像科主任。南京大学医学院临床综合教研室主任、博士生导师。兼任南京航空航天大学、南京医科大学、南方医科大学的博士生导师。国家 973 项目首席科学家。中华放射学会副主任委员,白求恩公益基金会专家委员会影像诊断专业委员会主任委员,曾兼任国际医学磁共振学会中国分会主席,国家重大科学仪器专项专家委员会委员。从事医学影像诊断 36 年,学术造诣深厚。近年来作为首席科学家负责国家 973 计划项目 1 个,负责国家自然科学基金重点项目 2 个和重大国际合作项目及重大研究项目课题各 1 个。在心脑血管病、脑部疾病及肿瘤的影像诊断和研究等领域的某些方面取得了突破性成果。发表 SCI 论文 263 篇,其中以第一或通讯(含共同)作者发表 182 篇,总影响因子 763.7,影响因子大于 10 者 8 篇,高被引论文 4 篇,他引 100 次以上 3 篇。主编专著 10 部。以第一完成人获国家科技进步二等奖 1 项、省部级(军队)一等奖 4 项、二等奖 2 项;以第二完成人获省部级(军队)一、二等奖 3 项。获全国优秀科技工作者、江苏省杰出人才、军队杰出专业技术人才奖、南京市“十大科技之星”及政府特殊津贴等荣誉。培养了国家杰青 1 名,优青 2 名;带领的学科为国家临床重点专科首批军队建设单位、全军医学影像中心、“十三五”科教强卫工程江苏省临床医学中心,2017 年复旦大学全国最佳学科排名第七。



徐海波 医学博士、教授、主任医师(二级岗位)、博士生导师。现任武汉大学中南医院影像科主任。中华放射学会神经学专业委员会副主任委员,中国研究型医院学会感染与炎症放射学专业委员会副主任委员,中国医疗装备协会磁共振学会常务理事,中国电子商务智慧医疗专业委员会常务委员,中国医疗保健国际交流促进会放射学分会常务委员,湖北省放射学会副主任委员。担任《临床放射学杂志》《放射学实践》等杂志的常务编委。曾赴美路易斯安那州大学新奥尔良医疗中心和哈佛大学医学院麻省总医院磁共振研究中心深造学习。

主要进行中枢神经系统放射学、生物医学工程、分子影像学等领域的研究。培养博士后 1 名,博士研究生、硕士研究生 50 余名。承担国家自然科学基金 5

项,国家重点研发计划重点专项子课题 1 项,参与国家“十一五”支撑子课题和国家“973”计划子课题各 1 项、“863”计划项目 2 项,荣获湖北省科技进步二等奖 2 项,在国家期刊发表论文 150 余篇,其中在 *Small*、*Biomaterials*、*Nature Genetics* 等 SCI 收录杂志发表 50 余篇,参编 John R. Haaga 主编的第五版《CT and MRI of the Whole Body》(英文)和 Wilfrido R. Castaneda-Zuniga 主编的第三版《Interventional Radiology》(英文)专著。担任全国高等学校医学影像学专业第四轮规划教材《人体断面与影像解剖学》副主编、全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材《人体影像解剖学》主编。

副主编简介



李亚明 中国医科大学附属第一医院核医学科主任,博士,二级教授,博士生导师,享受国务院政府特殊津贴专家,辽宁省第三批百千万人才工程百人层次人选。曾两度于日本金泽大学医学部留学研修,获“亚太地区杰出青年研究者”奖。现任中华医学会核医学分会主任委员,中国核学会核医学分会候任理事长,中国医师协会核医学分会副会长,《中华核医学与分子影像杂志》副总编辑等。

1983 年以来一直从事核医学一线教学工作,主编、副主编教育部普通高等教育国家级规划教材、全国高等医药建设研究会卫计委规划教材、研究生规划教材等多部,主编教材《核医学教程》被评为辽宁省优秀教材,并获辽宁省精品视频公开课建设,主编全国住院医师规范化培训教材《核医学》;由于教学成绩突出被评为中国医科大学教学名师,辽宁省及沈阳市优秀教师。从事核医学临床工作三十多年,是我国著名的核医学诊断及治疗方面的专家,主导我国多部核医学相关指南及规范的编写,获评“辽宁名医”“辽宁省我最喜爱的健康卫士”等荣誉称号。承担包括国家自然科学基金、教育部博士点基金等国家、省市级科研课题多项,获辽宁省政府科技进步二等奖、辽宁省自然科学学术成果二等奖等多项奖励。培养博士研究生、硕士研究生 70 余名。



沈君 教授,博士生导师,中山大学孙逸仙纪念医院放射科主任、党支部书记,中华医学会放射学分会神经学组委员,广东省生物医学工程学会理事,广东省医学会放射学分会副主任委员,广东省医师协会放射医师分会副主任委员。

2017 年入选广东省高等学校“珠江学者”特聘教授,2014 年入选广东省高校“千百十人才培养工程”省级培养对象,2011 年入选教育部“新世纪优秀人才”计划。承担中山大学临床医学本科、七年制、八年制及研究生《医学影像学》教学工作已 15 年,主要从事 MRI 分子成像的基础及临床转化研究,主持国家自然科学基金面上项目 5 项。以通讯作者发表 SCI 论文 45 篇,包括 *ASC Nano*、

Biomaterials、*Radiology*、*International Journal of Cancer*、*Journal of Materials Chemistry*、*European Radiology* 等权威期刊。申请国家发明专利 3 项。

副主编简介



张冬 医学博士,陆军军医大学第二附属医院放射科教授、主任医师,博士生导师。中国研究型医院放射诊断专业委员会委员,中华医学会放射学专业委员会青年委员,中华医学会数字医学专业委员会青年委员,解放军放射诊疗专业委员会委员,重庆市放射专业委员会副主任委员,国家自然科学基金项目评审专家。主要研究方向为分子影像学和神经系统疾病影像诊断。主持国家自然科学基金3项,重庆市自然科学基金3项,重庆市科委惠民计划项目1项,获军队医疗成果二等奖1项,三等奖1项;重庆市微课大赛二等奖1项,总后优秀网络课程二等奖1项。

出版说明

为了进一步贯彻《国务院办公厅关于深化医教协同进一步推进医学教育改革与发展的意见》(国办发〔2017〕63号)的文件精神,推动新时期创新型人才培养,人民卫生出版社在全面分析其他专业研究生教材、系统调研放射诊断与治疗学专业研究生及专科医师核心需求的基础上,及时组织编写全国第一套放射诊断与治疗学专业研究生规划教材暨专科医师核心能力提升导引丛书。

全套教材共包括14种,全面覆盖了放射诊断与治疗学专业各学科领域。来自全国知名院校的近300位放射诊断与治疗学的专家以“解决读者临床中实际遇到的问题”为立足点,以“回顾、现状、展望”为线索,以培养和启发读者创新思维为编写原则,对疾病放射诊断与治疗的历史变迁进行了点评,对当前诊疗中的困惑、局限与不足进行了剖析,对相应领域的研究热点及发展趋势进行了探讨。

该套教材适用于放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师。

全国高等学校放射诊断与治疗学专业研究生规划教材 评审委员会名单

主任委员

金征宇

副主任委员

龚启勇 王绿化

委 员（以姓氏笔画为序）

王 滨 王振常 王霄英 卢光明 申宝忠 冯晓源 吕 滨
刘士远 刘广月 刘爱连 许乙凯 李 欣 李真林 杨建勇
余永强 余建明 宋 彬 范占明 周纯武 徐海波 高剑波
崔建岭 梁长虹 韩 萍 程晓光 雷子乔

全国高等学校放射诊断与治疗学专业研究生规划教材

目 录

1	医学影像设备学	主 编	李真林	雷子乔			
		副主编	赵雁鸣	张 晖	李 军		
2	医学影像技术学	主 编	余建明	刘广月			
		副主编	倪红艳	李文美	钟镜联	陈 晶	
3	分子影像学	主 编	卢光明	徐海波			
		副主编	李亚明	沈 君	张 冬		
4	介入放射学	主 编	申宝忠	杨建勇			
		副主编	郑传胜	肖恩华			
5	肿瘤放射治疗学	主 编	王绿化				
		副主编	杨道科	王 平	张福泉	章 真	
6	头颈部放射诊断学	主 编	王振常	余永强			
		副主编	胡春洪	鲜军舫			
7	胸部放射诊断学	主 编	刘士远	高剑波			
		副主编	伍建林	陆普选			
8	心血管放射诊断学	主 编	吕 滨	范占明			
		副主编	夏黎明	胡红杰	王锡明		
9	腹部放射诊断学	主 编	宋 彬	韩 萍			
		副主编	李宏军	龙莉玲	严福华	赵心明	
10	肌骨系统放射诊断学	主 编	程晓光	崔建岭			
		副主编	吕 粟	陈建宇			
11	乳腺与生殖系统放射诊断学	主 编	王 滨	周纯武	许乙凯		
		副主编	王 良	薛华丹			
12	泌尿系统放射诊断学	主 编	王霄英	刘爱连			
		副主编	任 克	武志峰			
13	神经放射诊断学	主 编	龚启勇	冯晓源			
		副主编	高培毅	李坤成	于春水	朱文珍	
14	儿科放射诊断学	主 编	梁长虹	李 欣			
		副主编	邵剑波	宁 刚	张 靖		

前言

分子影像学是一门集合医学影像学、分子生物学、化学、材料学和生物医学工程等多学科交叉的新型学科,在临床研究领域具有举足轻重的作用。分子成像技术不仅能显著提高疾病的早期诊治水平,更有望在分子和细胞水平揭示疾病的发病机制及关键靶点,为疾病的诊断和治疗提供更加直接、精准、高效的技术手段。随着分子影像学研究的深入,分子影像技术发展更加成熟,应用范围更加广泛,成果更加突出,并衍生出一些更适于临床需求的新方法、新技术。为了给广大高等学校医学影像专业和临床专业学生、生命科学领域研究人员等提供最基础、最翔实、最前沿的分子影像学知识,我们在人民卫生出版社确定的主编队伍基础上,组织了此领域全国著名专家、美国著名华人专家和著名研究单位有专长的研究人员共同编写了《分子影像学》一书。

我们力图在本书中全面介绍分子影像学基本概念、基本原理、最新研究进展和应用前景,为读者提供全面的分子影像学知识,为进一步深入理解分子影像技术的应用奠定基础。

本书由基础到应用共分为三部分:分子影像应用基础,分子成像技术及分子影像学应用。每一章节均涵盖近年来本领域的标志性成果,在理解成像技术基础应用的同时了解目前的最新前沿,对开展相关研究具有重要的指导意义。在本书的最后,我们详细介绍了分子成像在肿瘤、心血管疾病和神经系统疾病等方向的最新应用成果,分析了分子影像技术的临床转化并展望了其未来的发展,希望为此领域的转化研究指明方向。

本书的编写工作得到了各领域专家的帮助,包括复旦大学化学系李伟教授、中国科学院深圳先进技术研究院严飞教授和宋亮教授、重庆医科大学王志刚教授、浙江大学高君教授、复旦大学附属中山医院程登峰教授、东部战区总医院张志强教授和滕兆刚高级工程师等专家(详见书末致谢)的帮助,在此表示感谢。

作为全国首部分子影像学教材,本书内容涉及医学影像学、分子生物学、化学、材料学和生物医学工程等多学科。由于主编水平所限,在全书的整体把握和细节处理上均缺乏经验,书中疏漏和谬误之处在所难免,请广大读者批评指正,不胜感激。

卢光明

2018年12月

目 录

第一章 总论	1	第二节 细胞外靶点	30
第一节 分子影像学的概念	1	一、神经递质	30
一、分子影像学的基本概念	1	二、激素	33
二、分子影像学的发展历程简述	1	三、活性多肽	34
三、分子影像学的意义及展望	2	四、核苷与核苷酸	34
第二节 分子影像学的基本成像技术	3	五、细胞调节因子	35
一、核素显像	4	六、糖类	35
二、CT	4	第三节 细胞膜靶点	36
三、MRI	6	一、酶和蛋白质	36
四、超声成像	6	二、离子通道	37
五、光学成像	6	三、糖复合物	38
六、其他新成像模态	7	四、细胞表面受体	39
第三节 分子影像学的基本原理	7	第四节 细胞内靶点	41
一、直接成像	7	一、核酸	41
二、间接成像	8	二、酶和蛋白质	42
三、替代物成像	9	三、胞内受体	43
第二章 分子影像学相关基础	10	四、第二信使	44
第一节 生物学基础	10	第四章 分子影像探针	47
一、细胞培养	10	第一节 概述	47
二、动物模型构建	10	一、定义	47
三、分子影像相关基础的其他重要技术	12	二、常见类型	47
第二节 化学基础	17	三、分子影像探针的功能	48
一、免疫化学检测	17	第二节 分子影像探针的设计与筛选	51
二、纳米化学技术	19	一、分子影像探针的设计	51
三、表面化学功能基团与化学键	24	二、分子影像探针的制备	51
四、核物理与放射化学的相关基础	25	第三节 分子影像探针的特点与原理	52
第三章 分子影像靶点的选择	30	一、光学分子影像探针	52
第一节 靶点选择的关键要素	30	二、放射性核素分子影像探针	53
一、数量或者浓度的改变	30	三、MR 分子影像探针	55
二、结构的改变	30	四、超声分子影像探针	56
三、位置的变化	30	五、光声分子影像探针	58
四、与其他分子的聚合或解聚	30	六、诊疗一体化分子影像探针	59

第五章 MR 分子影像	62	五、其他显像	122
第一节 概述	62	第七章 光学分子成像	126
一、MRI 的发展史	62	第一节 概述	126
二、MRI 原理	63	一、光学分子成像的发展史	126
第二节 MR 分子影像探针	67	二、光学成像基本原理、设备及成像技术	128
一、MR 分子影像成像原理	67	第二节 生物发光分子成像	130
二、临床上常用的 MR 对比剂	68	一、生物发光分子成像的原理	130
三、MR 分子影像探针的设计	69	二、生物发光成像的设备与成像过程	131
四、MR 分子影像探针的现状与展望	70	三、生物发光成像分子探针的设计及应用	131
第三节 MR 分子影像的应用	71	四、生物发光分子成像的现状与展望	132
一、MR 报告基因成像	71	第三节 荧光分子成像	133
二、细胞的标记与示踪	72	一、荧光分子成像的原理与分类	133
三、新生血管生成的监测	74	二、荧光分子成像的设备与成像过程	135
四、血栓靶向性成像	75	三、荧光分子探针	135
五、肿瘤诊疗一体化	76	四、荧光分子影像探针的设计及应用	135
第四节 功能和代谢 MRI	78	第四节 契伦科夫光学分子成像	137
一、弥散成像	78	一、契伦科夫光学分子成像的原理与特点	137
二、灌注成像	82	二、契伦科夫光学断层成像	138
三、血氧水平依赖成像	86	三、核素放射激发荧光成像	138
四、波谱成像	90	第八章 超声分子成像	141
五、磁敏感加权成像	92	第一节 概述	141
六、磁化传递成像	94	一、超声分子成像的发展史	141
第六章 放射性核素分子成像	97	二、超声分子成像基本技术	142
第一节 概述	97	三、超声分子成像相关设备	144
一、核素分子成像的发展史	97	第二节 超声分子影像探针	144
二、核素分子成像的基础知识	98	一、超声分子影像探针种类	144
第二节 核医学显像仪器	102	二、超声分子影像探针构建	147
一、 γ -照相机	102	三、定量超声分子成像技术	148
二、SPECT	104	第三节 超声分子成像在疾病诊断中的应用	150
三、PET	106	一、恶性肿瘤的超声分子成像诊断	150
四、图像融合技术	108	二、心血管疾病的超声分子成像诊断	154
五、小动物核素显像仪器	110	三、超声分子成像在其他诊断领域的应用	157
第三节 核素分子成像探针	110	第四节 超声分子探针在肿瘤治疗中的应用	158
一、基本概念	110	一、微泡超声造影剂的结构特征和肿瘤治疗机制	158
二、核素分子成像探针的质量控制	111	二、微米级超声造影剂在肿瘤治疗中的应用	158
三、SPECT 分子成像探针	112		
四、PET 分子成像探针	114		
第四节 核素分子成像的主要内容	119		
一、代谢显像	119		
二、受体显像	120		
三、基因显像	121		
四、放射免疫显像	122		

三、纳米级超声造影剂在肿瘤治疗中的 应用	160	六、监测复发和转移	201
四、相变型超声造影剂在肿瘤治疗中的 应用	162	七、寻找原发灶	202
第五节 声动力治疗在肿瘤治疗中的 应用	163	八、指导临床活检	202
第九章 光声分子成像	165	九、指导放疗计划	202
第一节 概述	165	第二节 肿瘤相关的主要分子影像 技术	203
一、光声成像的发展史	165	一、代谢成像	203
二、光声成像基本原理、成像技术及 设备	165	二、受体成像	207
第二节 光声成像在分子成像方面的 临床应用	168	三、基因显像	213
一、光声分子成像技术的成像机制和 优势	168	四、免疫成像	216
二、光声分子影像探针的设计与应用	168	五、其他成像	220
三、光声技术及光声分子成像的现状与 展望	175	第三节 分子影像在肿瘤中的应用	232
第十章 细胞示踪技术	178	一、核素显像	233
第一节 细胞的标记与示踪技术	178	二、MRI	234
一、细胞标记策略	178	三、光学和光声成像	237
二、细胞示踪成像技术	180	四、超声成像	238
第二节 细胞示踪技术在治疗中的 应用	185	第十三章 心血管疾病分子影像	241
一、干细胞治疗的存活监测	185	第一节 概述	241
二、干细胞治疗的疗效评价	186	一、心血管疾病分子靶标选择	241
三、肿瘤干细胞的分子影像研究	186	二、心血管疾病分子影像探针选择	241
四、分子影像指导细胞移植策略与展望	187	三、心血管分子成像技术	241
第十一章 介入分子影像学	190	第二节 动脉粥样硬化	244
第一节 概述	190	一、MRI	244
第二节 介入分子影像学的应用	190	二、核素显像	245
一、介入放射辅助分子影像学	190	三、超声成像	247
二、分子影像技术评价介入手术疗效	194	四、光学成像	247
第十二章 肿瘤分子影像	196	五、光声成像	249
第一节 概述	196	六、多模态成像技术	249
一、肿瘤的早期诊断	196	第三节 血栓	250
二、肿瘤的良恶性鉴别诊断	198	一、超声成像	250
三、肿瘤的分期	199	二、光学成像	250
四、肿瘤的分子分型	200	三、MR 成像	251
五、肿瘤的疗效预测和评估	200	四、核素显像	251
		第四节 心肌病	251
		一、缺血性心肌病	251
		二、扩张型心肌病	254
		三、肥厚型心肌病	254
		四、心肌淀粉样变性	255
		第十四章 神经系统疾病分子影像	259
		第一节 脑血管疾病	259
		一、脑梗死	259

二、短暂性脑缺血发作	262	四、光声成像	290
三、脑出血	264	五、光学成像	290
第二节 阿尔茨海默病	265	第四节 其他自身免疫性疾病的分子 影像	290
一、概述	265	一、干燥综合征	290
二、核素显像	266	二、自身免疫性甲状腺疾病	290
三、MRI	268	三、乳糜泻	291
第三节 癫痫	269	四、1 型糖尿病	291
一、概述	269		
二、核素显像	269	第十六章 基因成像和分子影像引导的 基因治疗	293
三、MRI	272	第一节 基因成像	293
第四节 帕金森病	273	一、报告基因光学成像	293
一、概述	273	二、报告基因 MR 成像	293
二、核素显像	273	三、报告基因 PET 成像	294
三、MRI	274	四、报告基因光声成像	295
第五节 颅内肿瘤性病变	275	第二节 分子影像引导的基因治疗	295
一、概述	275	一、基因治疗的基本内容	295
二、原发性颅内肿瘤	275	二、基因治疗的适应证	296
三、颅内转移瘤	279	三、基因治疗的方法及策略	297
第六节 其他神经系统疾病	279	四、基于分子影像导向的基因治疗及预后 评估	301
一、抑郁症	279		
二、精神分裂症	281	第十七章 分子影像学与药物研发	303
三、抽动秽语综合征	281	第一节 概述	303
四、成瘾	281	第二节 分子影像技术在新药研究中的 应用	304
第十五章 自身免疫性疾病分子影像	284	一、药物先导化合物的筛选	304
第一节 自身免疫性疾病分子成像靶标 选择	284	二、药代动力学、药效动力学、药理学的 研究	304
一、白介素-2	284	三、临床试验研究	308
二、白介素-12	284	第三节 分子影像应用于新药研究的 优势	311
三、生长激素抑制素受体	285		
四、P 物质	285	第十八章 分子影像临床转化和应用的现状 和展望	313
五、吞噬作用激素拮抗剂	285	第一节 分子影像的临床转化和应用	313
六、磷脂酰丝氨酸	285	一、转化医学的概念	313
七、嗜酸性粒细胞激活趋化因子	286	二、转化医学的发展现状	313
八、补体受体 3-CD11b	286	三、分子影像在转化医学研究中的作用	315
第二节 类风湿关节炎的分子影像	286	四、分子影像技术本身的临床转化	315
一、核素显像	286	第二节 分子影像技术的未来发展 展望	316
二、光学成像	287		
三、光声成像	288		
第三节 克罗恩病的分子影像	288		
一、核素显像	288		
二、MRI	288		
三、超声成像	290		

一、新型分子探针的研发与转化	316	挑战及存在的问题	319
二、新型分子设备不断创新及临床应用	317	一、分子影像研究投入巨大	319
三、分子影像技术在精准医学中的应用	318	二、分子影像新技术临床转化困难	319
第三节 分子影像临床转化和应用面临的		三、分子影像专业人才匮乏	320
中英文名词对照索引			322
致谢			330