

全国高等学校教材

供医学检验技术与医学影像等专业用

临床分子影像 检测技术

主 编 陈小元 金征宇

副主编 李思进 郑铁生

张 冬 刘 刚



网络
增值服务
LINE SERVICES



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

全国高等学校教材

供医学检验技术与医学影像等专业用

临床分子影像检测技术

主 编 陈小元 金征宇

副主编 李思进 郑铁生 张 冬 刘 刚

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 凡	北京大学医学部基础医学院
卢光明	东部战区总医院
申宝忠	哈尔滨医科大学附属第四医院
刘 刚	厦门大学公共卫生学院
李思进	山西医科大学第一医院
吴 华	厦门大学附属第一医院
张 冬	陆军军医大学第二附属医院
张力伟	首都医科大学附属北京天坛医院
张现忠	厦门大学公共卫生学院
张国君	厦门大学翔安医院
陈小元	厦门大学公共卫生学院
金征宇	中国医学科学院北京协和医院
郑元义	上海交通大学附属第六人民医院
郑铁生	厦门大学公共卫生学院
郑海荣	中国科学院深圳先进技术研究院
单 鸿	中山大学附属第五医院
聂立铭	厦门大学公共卫生学院
高锦豪	厦门大学化学化工学院
龚启勇	四川大学华西医院
程敬亮	郑州大学第一附属医院
谢庆国	华中科技大学生命科学与技术学院
滕皋军	东南大学附属中大医院



人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

临床分子影像检测技术 / 陈小元, 金征宇主编. —
北京: 人民卫生出版社, 2019
ISBN 978-7-117-27880-5

I. ①临… II. ①陈… ②金… III. ①影象诊断 - 教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 017208 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!

临床分子影像检测技术

主 编: 陈小元 金征宇

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: 三河市宏达印刷有限公司 (胜利)

经 销: 新华书店

开 本: 850 × 1168 1/16 印张: 11

字 数: 318 千字

版 次: 2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-27880-5

定 价: 39.00 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)

(以姓氏笔画为序)

- 丁 洁 东南大学医学院
王 凯 哈尔滨医科大学附属第四医院
田超永 华中科技大学生命科学与技术学院
白静雯 厦门大学翔安医院
李小达 北京大学医药卫生分析中心
李 丹 中山大学附属第五医院
李德岭 首都医科大学附属北京天坛医院
杨 刚 东部战区总医院
宋曼莉 郑州大学第一附属医院
张运明 东部战区总医院
陆克义 山西医科大学第一医院
陈贵兵 厦门大学附属第一医院
陈洪敏 厦门大学公共卫生学院
林泓域 厦门大学化学化工学院
罗 奎 四川大学华西医院
龚明福 陆军军医大学第二附属医院
盛宗海 中国科学院深圳先进技术研究院
王怡宁 中国医学科学院北京协和医院
蔡晓军 上海交通大学附属第六人民医院





陈小元

厦门大学客座教授,博士生导师。2009 年加入美国国立卫生研究院 (NIH) 生物医学影像及医学工程所 (NIBIB) 任终身资深研究员,分子影像及纳米医学中心主任,高级研究员。2012 年领衔组建厦门大学分子影像暨转化医学研究中心。现任 *Theranostics* 杂志创刊主编 (2016 年影响因子 8.712), 兼任 10 多个国际主流专业杂志副主编或编委成员, 入选国家自然科学基金委海外杰出青年。中美核医学及分子影像学会 (CASNMMI) 前任主委, 中美纳米医学及纳米生物技术学会 (CASNN) 现任主委, 美国核医学及分子影像学会 (SNMMI) Radiopharmaceutical Science Council (RPSC) 主委, 及美国医学与生物工程院会士 (AIMBE fellow)。2012 年获 NIBIB Mentor Award, 2014 年获 NIH Director's Award, 2016 年获 ACS Bioconjugate Chemistry Lecturer Award。主要致力于分子影像学和纳米医学的研究工作, 研究范围涵盖核医学分子成像、磁共振成像、光学分子成像、超声分子成像及纳米药物研发, 目前实验室所研究的部分具有高亲和力和高特异性的放射性显像剂正在向临床转化。已发表 700 多篇 SCI 论文 (H 影响因子 124, 引用率 >55 000 次)。



金征宇

主任医师、教授、博士生导师, 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, 教育部国家重点学科负责人。现任中华医学会放射学分会主任委员、中华医学会理事、中国医师协会放射医师分会候任会长、中华国际医学交流基金会副理事长、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、《中华放射学杂志》总编辑、ARRS 会员等及数十种期刊主编、副主编、编委。在北京协和医院从事影像诊断及介入放射工作 30 余年。2008 年被原卫生部授予“突出贡献中青年专家”荣誉称号, 2014 年荣获北美放射学会荣誉会员, 成为中国第四位获此殊荣的放射专家, 2016 年荣获 JCR 终身荣誉会员, 2018 年荣获 ECR 荣誉会员。作为放射学界领军人物, 在国内率先开展多项临床新技术研究、指南及行业标准制定、规范化培训。近五年先后承担国家科技部“十二五”科技支撑计划、国家自然科学基金、国家临床重点专科、公益性卫生行业科研专项以及其他科研课题 20 余项。发表国内外论著近 400 篇, 编写八年制《医学影像学》教材及专著 19 部, 国家发明专利 4 项。先后荣获国家科学技术进步奖二等奖 3 项、吴杨奖 1 项、中华医学科技奖一等奖 2 项、国家卫生健康委科技进步奖一等奖 2 项、华夏医学奖 2 项以及其他奖励 15 项。

副主编简介

李思进



医学博士,二级教授,博士生导师,国务院特殊津贴专家,全国优秀科技工作者,牛津大学 John Radcliffe 医院高级访问学者。现任山西医科大学校长、山西医科大学第一医院核医学科主任、山西省分子影像精准诊疗协同创新中心主任、山西省“1331 工程”重点创新团队负责人、山西省精准诊疗学科群负责人。学术任职:中华医学会核医学分会主任委员;中国医师协会核医学医师分会副会长;中国核学会核医学分会副理事长;中国核医学产业技术创新联盟副理事长;山西省医学会副会长。先后承担国家自然科学基金、IAEA 项目等课题 10 余项,发表论文近 100 篇,编写专著与教材 10 余部,专利 10 余项。

郑铁生



厦门大学教授,厦门大学公共卫生学院实验医学系主任,医学检验技术专业带头人。福建省医学检验技术专业创新创业教育改革试点专业带头人。全国高等医药院校临床生物化学、分子及实验室管理专业组资深专家组组长。中国生物化学与分子生物学学会终身会员、中华医学会会员。

承担并完成省部级以上科研和教研课题 8 项。发表论著 70 多篇;主编各类教材、专著 21 部;获国家专利 2 项;获 5 项国家级科技学术成果奖;获 6 项省部级教育教学成果奖;获校(市)级各类成果一等奖、二等奖 40 多项;多次被评为优秀教师、教书育人先进个人、优秀科技工作者等。



张冬

教授、主任医师,博士生导师,现任陆军军医大学第二附属医院放射科主任。重庆市放射专委会副主任委员,中华医学会放射学专业委员会青年委员,中国研究型医院放射诊断专业委员会委员,中华医学会数字医学专委会青年委员,解放军放射诊疗专业委员会委员,国家自然科学基金项目评审专家。从事中枢神经放射诊断、分子影像学方向的研究。参加本科生、研究生、住培生、实习生教学工作,理论大班课 30 学时/年。以第一作者或通讯作者发表论文 SCI 论文 19 篇。主持 3 项国家自然科学基金项目、4 项重庆市科委基金项目。获重庆市微课大赛比赛二等奖 1 项,军队优秀学科网站三等奖 1 项,军队教学成果三等奖 1 项,学校教学成果三等奖 2 项,主编医学影像阅片教程,副主编研究生规划教材《分子影像学》。



刘刚

厦门大学教授,博士生导师。国家自然科学基金委优秀青年基金获得者,教育部新世纪优秀人才,福建省科技创新领军人才,中国生物医学工程学会青年工作委员会副主任委员,中华医学会放射学分会分子影像学组副组长,中国医药生物技术协会纳米生物技术分会常务委员,《中国化学快报》青年编委会纳米生物材料专委会副主任,《中国 CT 和 MRI 杂志》副总编辑, *Curr Mol Med* 副主编。围绕多功能分子影像探针的可控设计、构建及医学应用评价等方面开展研究工作,发表 SCI 期刊论文 170 余篇(他引 >5000 次、H 影响因子 41)并获得国家科技进步二等奖。参编 World Scientific、Elsevier、Springer 及 Wiley 出版社发行的英文专著 9 部并申报中国发明专利 10 余项(授权 5 项)。

分子影像检测技术从无到有,从方兴未艾到日趋成熟,目前已经应用于临床,并逐渐开始在疾病的预防、诊断、治疗、监测等方面发挥出举足轻重的作用。近十年来,国内外分子影像检测技术的长足发展,促使市场空间和产业规模快速增长,因此对于高水平创新型人才和全行业的工程技术支持存在很大的需求。

正是在此环境下,《临床分子影像检测技术》一书应运而生。该书以《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》的精神为指导,旨在加强我国分子影像检测人才队伍的建设为目标而进行组织编写的教材。并且是教育部将“医学检验技术”纳入医学技术类一级学科后,第一本面向医学检验技术专业的全日制本科生的临床分子影像检测技术教材。

目前,应用于分子影像研究领域的设备涵盖放射学、核医学、光学、超声设备等,不同的设备都有着各自的优缺点,而多种影像成像手段的联合使用的多模态成像技术,可以最大限度地发挥每一种成像手段各自的优势,以获得疾病相关的更多信息。本书系统性地将每种影像技术手段的发展历史、研究进展和未来发展趋势进行阐述,介绍了不同影像技术的诊断方法和通识要点,并结合典型的应用场景以便于读者加深理解。相信本书的出版,将对高校师生和相关工程技术人员具有重要的指导作用!

此外,本教材遵循“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)的原则。全书共分为十二章,第一章至第三章全局性框架性地介绍了临床分子影像检测技术的基本内容,第四章至第十一章系统性介绍了各种检查技术的原理及临床应用,第十二章结合研究的前沿,介绍了多种新型分子影像技术和临床转化前景。每个章节前均提出了明确的学习目标和要求,章末有小结和思考题,以便学习者复习和思考。

本书主要供给医学检验技术专业 and 医学影像专业的本、专科高年级学生作为教材使用,也可作为临床医生在疾病诊断和治疗中的参考书,还可为临床检验医师和技师提供学习参考。

本书在编写过程中得到了人民卫生出版社和各编者所在单位的大力支持,特别是厦门大学公共卫生学院为本教材的编写会与定稿会的顺利召开付出了努力,在此,一并深表谢意。

荀子曰:学不可以已。学习是一个坚持不懈、永无止境的过程。在给广大读者提供最新知识的同时,作为临床分子影像检验领域的第一本教材,编者们的也身处动态学习和不断提高的过程,虽经严格审校,但缺点甚至错误仍在所难免,恳请各位师生批评指正,以其再版时修正补充。

陈小元 金征宇

2018年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 临床分子影像检测技术的性质与任务	1
一、临床分子影像检测技术的性质	1
二、临床分子影像检测技术的作用与任务	2
第二节 临床分子影像检测技术的发展	2
一、临床分子影像检测技术的兴起	2
二、新一代成像技术的发展	2
三、诊疗一体化技术的发展	5
第三节 主要内容与学习方法	6
一、主要内容	6
二、学习方法	6
第二章 分子影像探针	8
第一节 概述	8
一、分子影像探针的概念	8
二、分子影像探针的结构	9
第二节 探针设计原则	10
一、分子影像探针设计应具备的特性	10
二、分子影像探针的设计模式	11
三、分子影像探针的理性设计	12
第三节 临床常用的分子影像探针	16
一、CT 成像对比剂	16
二、分子影像检测显像剂	16
三、光学成像分子探针	24
第三章 临床分子影像常用检测设备	26
第一节 计算机断层扫描成像检测设备	26
一、CT 成像仪器的基本结构与相关参数	26
二、CT 成像的基本原理	28
第二节 单光子发射断层显像检测设备	28

一、 γ 照相机与 SPECT 的结构组成	29
二、SPECT 的成像原理	30
三、SPECT 的图像特点	30
第三节 正电子发射断层成像检测设备	31
一、PET 的结构组成	31
二、PET 的成像原理	32
三、PET 的图像特点	33
四、PET 图像与其他成像同机融合	33
第四节 磁共振分子影像检测设备	35
一、磁共振分子影像设备的结构	35
二、磁共振成像原理	36
第五节 超声分子影像检测设备	36
一、超声分子影像设备的结构	37
二、超声成像的基本原理	37
第六节 临床分子影像检测设备的发展	38
一、CT 分子影像检测设备的发展	38
二、SPECT 分子影像检测设备的发展	38
三、PET 分子影像检测设备的发展	39
四、磁共振分子影像检测设备的发展	39
五、超声分子影像检测设备的发展	39
第四章 计算机断层扫描检测技术	41
第一节 CT 基本原理与技术	41
一、CT 的扫描参数	41
二、CT 扫描方式	43
三、CT 图像后处理技术	46
四、CT 新技术	47
第二节 CT 分子影像检测的临床应用	48
一、CT 平扫描的临床应用	49
二、CT 常规增强扫描的临床应用	49
三、CT 增强多期扫描的临床应用	51
四、高分辨力 CT 扫描的临床应用	51
五、CT 定量测定的临床应用	52
六、CT 灌注成像的临床应用	52
七、CT 血管造影的临床应用	54
第五章 单光子发射体层显像检测技术	56
第一节 概述	56
一、SPECT 显像类型	56
二、SPECT 显像基本技术	60
三、SPECT 显像图像处理与分析	61

第二节 SPECT 显像的临床应用	62
一、全身骨显像	62
二、心肌灌注显像	64
三、肾动态显像	66
四、脑血流灌注显像	67
五、肿瘤显像	68
第六章 正电子发射计算机断层显像检测技术	72
第一节 PET 显像的概述	72
一、PET 显像的基本原理	72
二、PET 显像条件	73
第二节 ^{18}F -FDG PET/CT 显像	74
一、基本概念	74
二、临床应用	75
第三节 其他正电子核素探针 PET/CT 显像	79
一、肿瘤显像	79
二、心脏显像	81
三、脑显像	83
第七章 磁共振分子成像检测技术	85
第一节 磁共振常规成像及其造影剂的应用	86
一、概述	86
二、MRI 临床应用	86
第二节 磁共振功能成像及其临床应用	93
一、弥散成像及其应用	93
二、灌注成像及其应用	96
三、血氧成像及其应用	98
四、波谱成像及其应用	100
五、磁敏感成像及其应用	103
第八章 正电子发射计算机断层 - 磁共振分子影像检测技术	106
第一节 PET-MR 分子影像检测技术概述	106
一、PET 和 MR 设备的融合方式	107
二、PET-MR 检查技术	108
第二节 PET-MR 技术的临床应用	109
一、PET-MR 在心血管疾病中的应用	109
二、PET-MR 在神经系统中的应用	109
三、PET-MR 在肿瘤中的应用	111
第九章 光学分子影像检测技术	113
第一节 光学分子影像检测技术概述	113

一、光学分子影像检测技术的概念	113
二、光学分子影像检测技术的原理	114
第二节 近红外荧光成像技术	115
一、近红外荧光成像的基本原理与影响因素	115
二、近红外探针	116
三、近红外成像的方法	117
第三节 临床上常用的光学成像探针	118
一、临床上应用光学成像探针的状况	118
二、临床上常用的光学探针	118
第四节 光学手术导航系统	122
一、概述	122
二、常见光学手术导航系统	122
第十章 超声分子影像检测技术	124
第一节 超声医学成像技术	124
一、超声波的定义与产生	124
二、医学超声成像基本原理	126
三、医学超声成像的临床应用	127
第二节 超声造影显像的临床应用	132
一、临床常用超声造影剂	132
二、超声造影的临床应用	133
第十一章 介入分子影像检测技术	139
第一节 介入放射学概述	139
一、介入放射学的发展	139
二、介入放射学操作的特点	140
第二节 介入放射学设备与器材	141
一、介入放射学常用的设备	141
二、器材	142
第三节 介入分子影像检测技术的临床应用	143
一、临床介入诊断治疗技术	143
二、临床介入放射学治疗模式的应用	144
三、介入分子影像的临床应用	145
第十二章 新型分子影像检测技术及临床转化	149
第一节 拉曼光谱成像检测技术	149
一、拉曼光谱成像检测原理	149
二、拉曼光谱成像的种类	150
三、拉曼光谱成像检测技术的临床应用	151
第二节 光声成像检测技术	152
一、概述	152

二、光声成像检测技术原理	153
三、光声成像模式	153
四、光声成像检测技术的临床应用	154
第三节 太赫兹成像检测技术	154
一、概述	154
二、太赫兹光谱技术	155
三、太赫兹成像检测技术	155
四、太赫兹成像检测技术的临床应用	156
第四节 切伦科夫光学成像检测技术	158
一、概述	158
二、切伦科夫效应	158
三、切伦科夫光学成像原理	158
四、切伦科夫光学成像检测技术的临床应用	159
参考文献	161
中英文名词对照索引	162



第一章 绪论

学习目标与要求

1. 掌握 临床分子影像检测技术的性质和任务。
2. 熟悉 临床分子影像检测技术的研究进展和发展趋势。
3. 了解 临床分子影像检测技术课程的主要内容和学习方法。

第一节 临床分子影像检测技术的性质与任务

一、临床分子影像检测技术的性质

知识点 1-1 临床分子影像检测技术的定义

临床分子影像检测技术 (clinical molecular imaging technique) 由生物化学、分子生物学、免疫学、药学和分子影像学等相关技术组成,是研发并应用相应的分子影像检测产品,对活体内参与生理和病理过程的分子,进行可视化定性或定量检测的一门交叉学科。内容包括:分子影像相关技术、分子影像检测设备和分子影像探针等。可作为医学检验技术专业拓展的一门专业技术课程。

临床分子影像检测技术作为交叉学科的一个技术领域,主要的研究内容包括但不限于如下几方面:①高灵敏度高特异性疾病标志物分子诊断方法研究;②用于早期疾病检测的分子影像探针研究;③分子影像指导下的疾病治疗研究;④基于纳米材料的诊断治疗一体化探针研究。

知识点 1-2 临床分子影像检测技术的性质

临床分子影像检测技术最突出的特点是可实施非侵入性的活体体内诊断。即在分子水平,结合成像技术,对细胞、组织乃至生物体内进行的复杂生物学过程进行成像,着眼于探测构成疾病基础的分子异常,对活体内参与生理和病理过程的分子,进行可视化定性或定量的检测,做到直观无创。

分子影像从分子水平研究和观察疾病的发生、发展中病理生理变化和代谢功能改变,使得传统的医学诊断方式发生了革命性变化。在疾病预防、精准诊断、治疗监控、药物研究等全链条应用方面具有广阔的应用前景。

二、临床分子影像检测技术的作用与任务



知识点 1-3 临床分子影像检测技术的主要作用与任务

临床分子影像检测技术的主要作用是:①能够对活体内参与生理和病理过程的分子,进行可视化定性或定量的检测。②对疾病的诊断能够做到扩大检测范围、加快检测速度、提高诊断效率、保证检验质量。③对疾病的治疗能够实行精准诊断治疗一体化。主要任务是:①研究分子影像检测技术及产品质量的持续提高。②研究新的分子影像检测项目的持续开发。③研究降低分子影像检测的成本价格。④研究具有自主知识产权的分子影像检测技术与方法。⑤研究更早期、简便、快速、精准地为病人提供一流的分子影像检测服务。

为临床分子影像检测提供质量可靠,价格合理的用于对人体各种分子影像检测的仪器、对比剂等,是分子影像检测技术的根本任务。因此,需要紧紧抓住“检测技术”这条主线主动学习,要十分重视训练分子影像检测技术规范的实践操作技能,注重在接受知识的同时,学习获取知识和创造知识的能力。并有意识地进行多学科交叉融合,培养发现问题、解决问题的创新能力。

第二节 临床分子影像检测技术的发展

纵观我国临床分子影像检测技术及其相关领域的发展,基本与国外的发展同步,有的已达到国际领先或先进水平。临床分子影像检测技术的发展伴随医学影像学、诊断学、生物化学、免疫学、分子细胞生物学等领域的发展而发展。临床分子影像检测技术与医学检验和医学影像的关系十分密切,已成为现代医学诊疗的基石。

一、临床分子影像检测技术的兴起

20 世纪 90 年代分子影像检测技术的研究开始兴起,并得到快速发展。1999 年第一届分子影像检测技术专题研讨会在美国召开,同年第二届生物医学成像研讨会在美国国立卫生院举行,探讨了分子影像检测技术相关的科学研究及临床应用问题,包括面临的挑战和机遇以及分子影像检测技术人员培养等。2002 年美国成立了分子影像学学会及学会期刊 *Molecular Imaging*。同年,我国也首次以“分子影像学”为主题召开了香山科学会议,探讨了分子影像检测技术的重要性、现状以及发展方向,从国家层面重视分子影像学的研究和探索并使得我国分子影像检测技术的整体水平步入世界先进行列。

21 世纪以来,随着物理、化学、生物医学等学科的高速发展,使得分子影像检测技术得到了空前的发展,已成为保障人类健康与构建和谐社会的重要技术。分子影像检测技术不但广泛应用在基础研究领域,受到学科本身发展水平和法律法规的不断推进,而且在临床前试验和临床实验也已经蓬勃开展。

二、新一代成像技术的发展

随着科技的发展,传统应用的影像技术例如光学成像(optical imaging)、超声成像(ultrasonography, US)、X 射线成像(x-ray scanning)、计算机断层扫描成像(computed tomography, CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等技术已经不能满足临床工作者对临床疾病检出和治疗的需求。目前,广大科技工作者在这些传统成像技术的基础上,已研究开发了新一代成像技术,例如单光子发射计算机断层扫描技术(single-photon emission computed tomography, SPECT)、正电子发射计算机断层扫描成像(positron emission tomography, PET)、光声成像(photoacoustic imaging, PAI)技术等。另外,

多种成像技术结合使用的新型影像技术如 PET-CT、SPECT-CT 和 PET-MRI 等的出现,实现了对同一病灶多种手段联合成像的目的,大大提高了检测的灵敏度和特异性,也为疾病治疗提供了更为有效的帮助。图 1-1 总结了在生物医学领域常用各分子影像学技术的原理、优势和劣势。



图 1-1 常用的分子影像学成像技术(见二维码)



传统的光学成像技术主要是内镜成像等,但光学纤维易折断、被检患者检查过程痛苦、易受雾气和血渍影响等限制了它的进一步发展。新型光学成像是将荧光物质的引入,观察被荧光标记物质在生物体内体外的生理代谢过程。常用的荧光物质如红色荧光蛋白(red fluorescent protein, RFP)、绿色荧光蛋白(green fluorescent protein, GFP)及异硫氰酸荧光素(fluorescein isothiocyanate, FITC)等,这些荧光物质具有不同的光谱特征,从而决定了它们各自的应用范围和优缺点。一般而言,注入到生物体内部的荧光物质的光穿透性如果较弱,则不能实现活体成像。因此需要针对特定的生物研究过程选择合适的荧光染料。荧光成像可以实现高灵敏度、多颜色成像的同时,设计荧光成像为基础的可激活探针可以进一步降低本底,并能实现特异检测。然而,光学成像的分辨率较低,限制了其临床广泛应用。

1. 超声成像技术 是一种利用超声波的多普勒效应的成像技术,通过发射超声能量进入生物体内,接收并处理返回的反射声音信号,通过相控阵超声系统可以生成体内组织、器官的成像,还可以映射血液流动和组织运动,同时提供高准确度的血流速度信息。超声成像技术有许多其他成像方法不可比拟的优势,例如使用成本低、成像快速、使用安全等,特别是其无辐射性质,适合于怀孕期女性和胎儿的健康诊断。超声成像的缺点是解剖学分辨率较低,需要特殊培训的人员熟练操作,存在不同人员之间操作造成的检查结果可能误差较大。随着超声分子探针技术的蓬勃发展,超声分子成像成为

当前医学影像学研究的热点之一。分子探针的设计是超声分子成像研究的重点和先决条件。靶向超声微泡(球)造影剂在分子影像中的研究、应用,愈来愈受到关注,而多学科融合使其具有更大的发展空间。

2. X射线成像技术 X射线成像技术是一种利用生物体各器官不同密度对X射线的吸收差异而成像的技术。具有波长极短、能量极大、穿透性强的特点。但是单独的X射线成像只能得到病灶处2D的成像结果,如果结合计算机断层扫描成像(computed tomography, CT),可以得到病灶的三维结构和高分辨率图像结果,能获得病灶处更多的信息,便于指导治疗方案的制定和实施。缺点是X射线对软组织的分辨率较低、无法定量,且具高放射性限制了它的广泛应用。

3. 放射性核素成像技术 PET成像是近年来出现并飞速发展的成像技术。PET成像是通过检测放射性物质发射的正电子与体内的负电子结合时释放出的一对 γ 光子,通过计算机对数据的重建,得到高分辨率、高清晰度的活体断层图像,可以实现对全身器官及肿瘤组织的生理和病理的功能及代谢情况的监测。可广泛应用于诊断肿瘤的发生与发展、心血管系统疾病诊断等方面(图1-2)。PET的优点是:高分辨率、无创伤、全身定量和动态检测;另外,与CT的结合,使得在获得功能性成像结果的同时,可得到高分辨率解剖学图像。SPECT成像是利用放射性核素衰变时放射出 γ 射线显影的技术,可以用于心肌血流显影、骨骼成像等。但SPECT成像的灵敏度和分辨率明显低于PET,且定量数据的精确性不如PET;此外,其检测的高成本和放射性隐患使得很多患者望而却步。

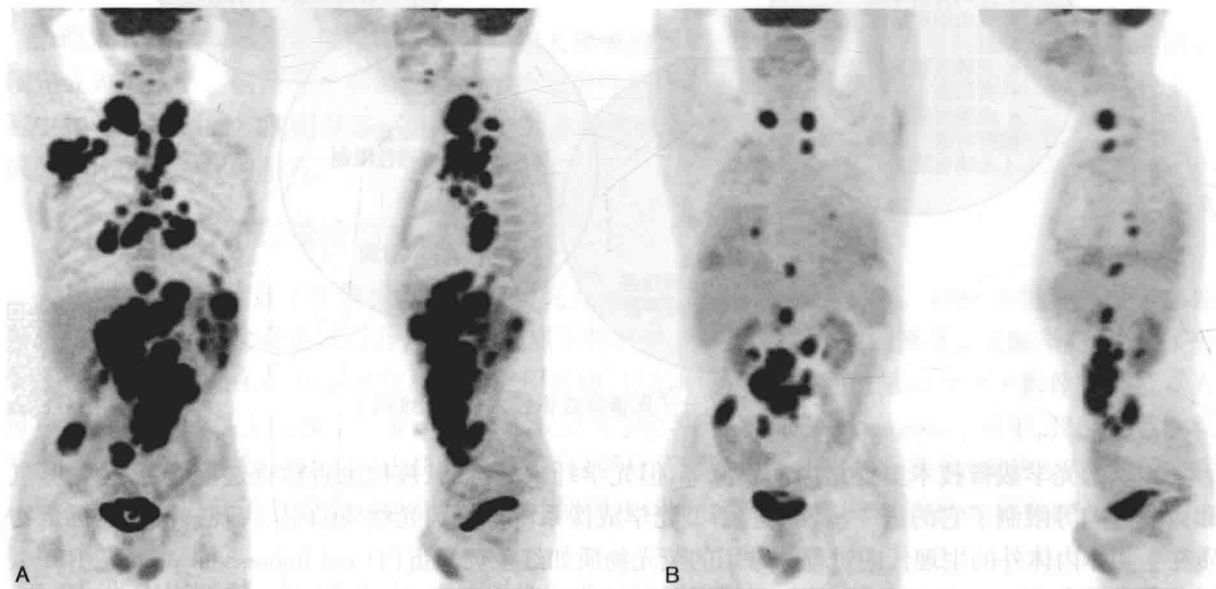


图1-2 B淋巴细胞瘤患者 ^{18}F -FDG PET 成像结果

A: 化疗前; B: 化疗后

4. 磁共振成像技术 MRI是通过研究磁性原子核发生共振后的弛豫过程,借助计算机对采集到的信号编码拟合得到图像的技术。MRI具有非侵入、无放射性、无辐射的优点。借助计算机还可以实现断层扫描,能广泛应用于临床上软组织(脑、心脏、肝脏、肌肉)的成像(图1-3)。MRI在有些情况下不需要造影剂就可以成像,但为了获得更高分辨率的图像,则需要造影剂的加入。造影剂通常分为 T_1 造影剂和 T_2 造影剂,分别用于获得更明亮和更暗的MRI成像照片。MRI的缺点则是由于强磁场的引入,不适合对戴有心脏起搏器的病人扫描,另外扫描时间长,空间分辨率较低,成本昂贵。

目前,应用于分子影像研究的成像设备包括核医学、放射学、光学、超声设备等。不同成像技术有其各自的优缺点,将多种影像手段的优点结合使用,可以实现对疾病的早发现 and 早治疗。目前,各种