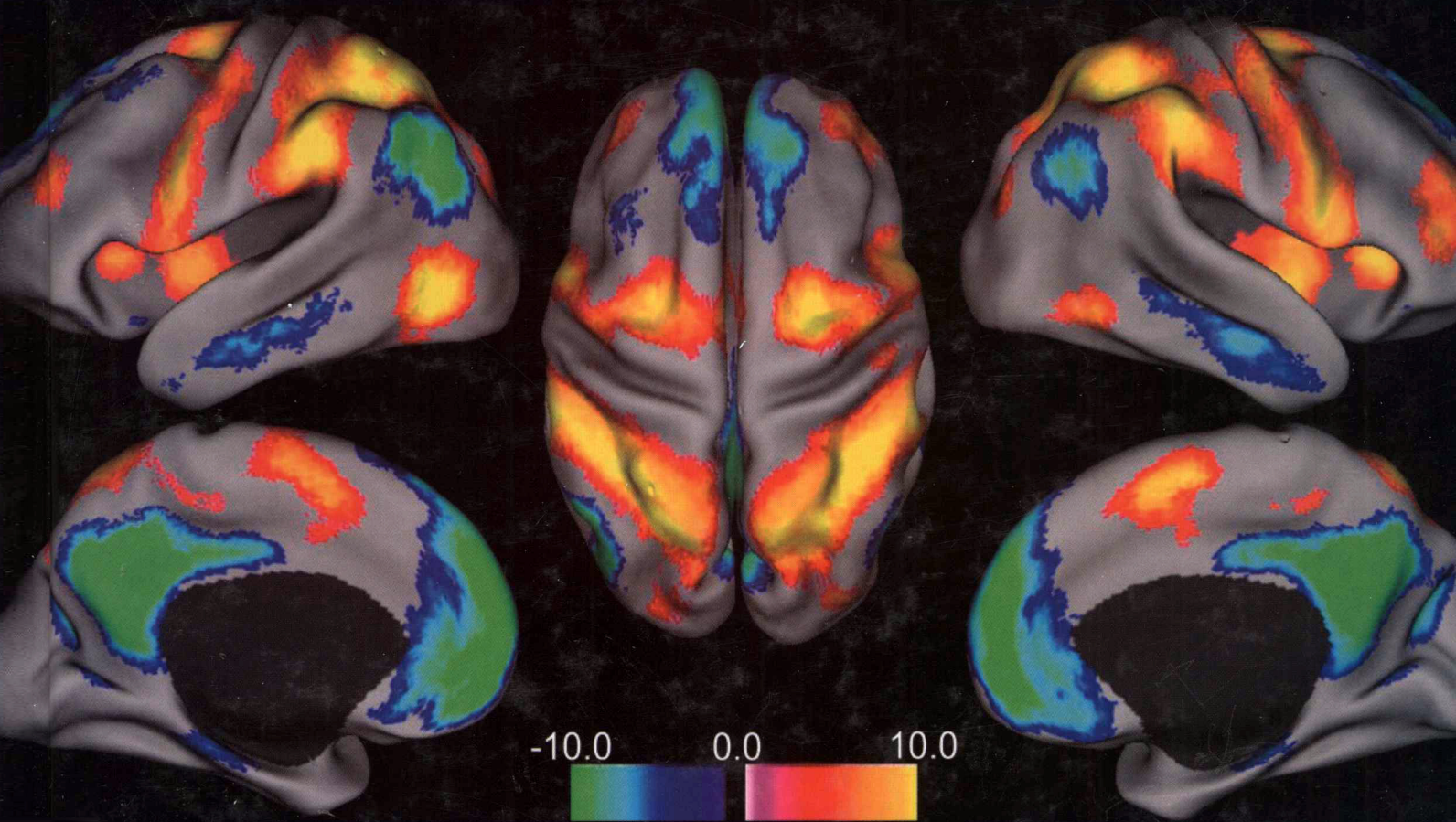


Functional Neuroimaging

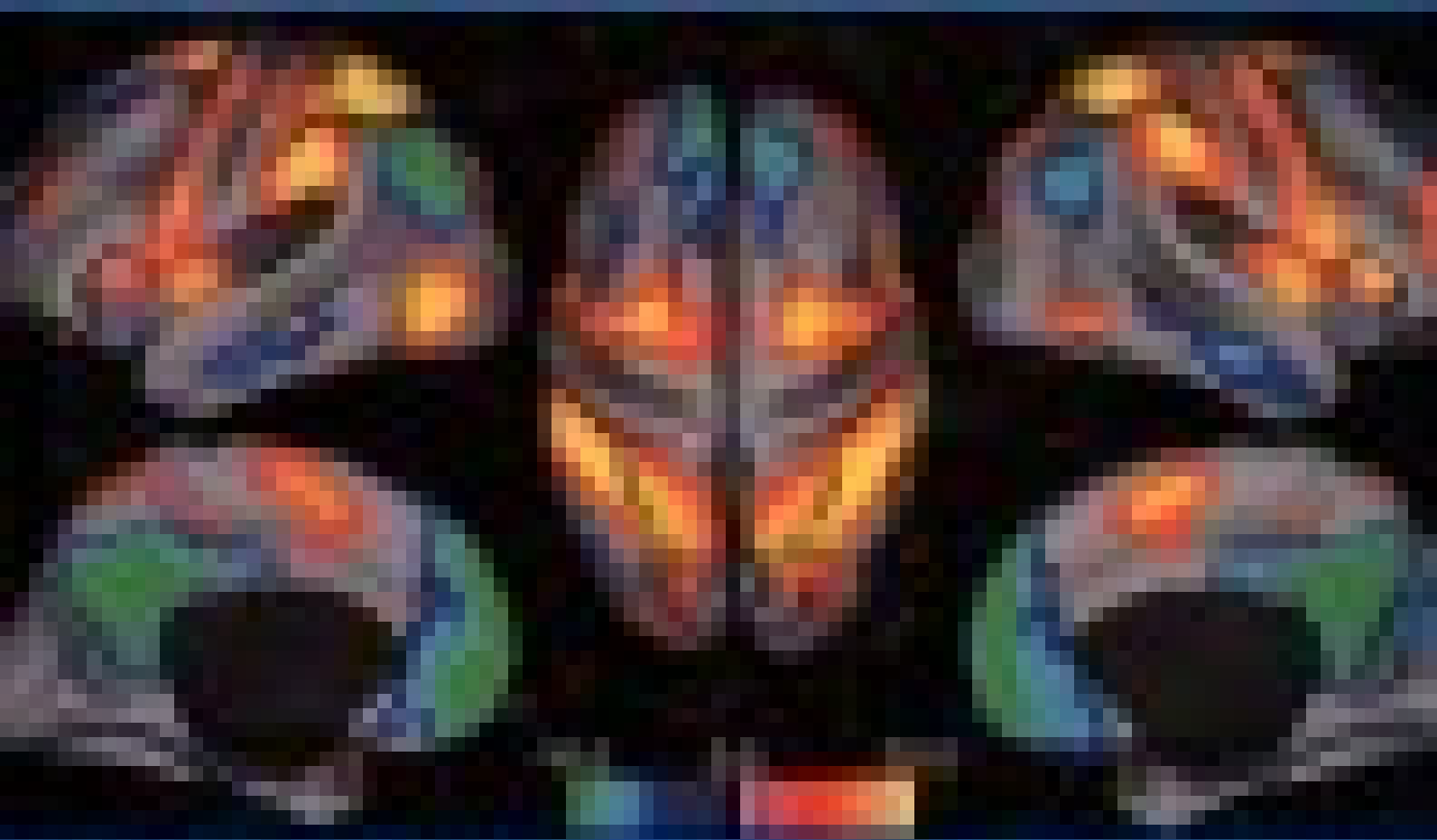
功能神经影像学

主编 刘树伟 尹 岭 唐一源



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

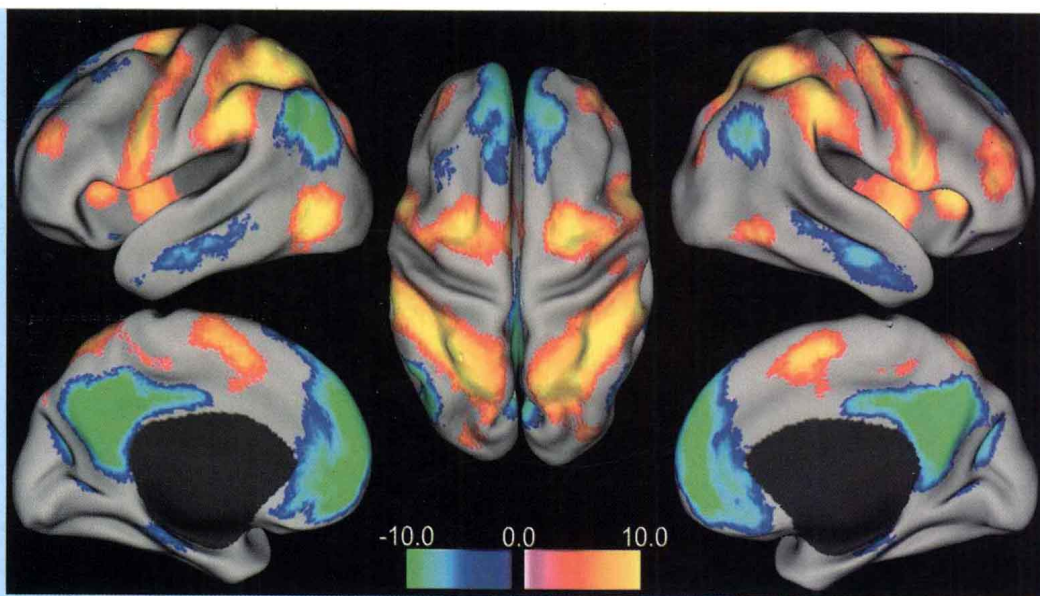
功能神经影像学



Functional Neuroimaging

功能神经影像学

主编 刘树伟 尹岭 唐一源



图书在版编目 (CIP) 数据

功能神经影像学 / 刘树伟等主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2011
ISBN 978-7-5331-5785-2

I. ①功… II. ①刘… III. ①脑病—影像诊断 IV.
①R651.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 151762 号

功能神经影像学

主编 刘树伟 尹 岭 唐一源

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印刷者: 济南鲁艺彩印有限公司

地址: 济南工业北路 182 号

邮编: 250101 电话: (0531)88888282

开本: 889mm×1194mm 1/16

印张: 38.5

版次: 2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-5785-2

定价: 270.00 元

钟序

“请君莫奏前朝曲，听唱新翻杨柳枝”。以前我见到过的影像学专著，多属于形态学范畴，而刘树伟、尹岭、唐一源教授主编的《功能神经影像学》，则令人耳目一新。人类为什么是“万物之灵”？关键性的要素是人类有个大脑，特别是大脑所具有的奥妙功能。

“工欲善其事，必先利其器”，科学发展史表明，技术往往超前于基础研究，成为理论取得突破的先导，由早期众多的大脑影像形态学研究，发展到能更上一层楼的影像功能学研究，应当感谢功能影像学技术和仪器设备的日新月异。在《功能神经影像学》新著中，介绍了各类新型的功能影像学技术和设备，阐述了相关仪器的基本原理、技术要素和临床应用要点。随后，结合专科特点，遵循转化医学理念，凸现了脑功能的影像学研究方法、实验设计、研究进展与临床应用效益的关系。

“天机云锦用在我，剪裁妙处非刀尺”。经过编者们的共同努力，这部专著具有鲜明的特色，主要体现在如下三个方面：①重点介绍了脑功能磁共振成像研究的基本原理和实验设计方法，指出成功的数据采集，是科学研究的基础；②严密地阐述了脑功能图像的计算机处理与分析方法，阐明准确合理的分析方法，是课题成败的关键；③介绍了功能影像技术和设备的来龙去脉，综述了脑功能基础研究和临床应用中的进展和前景，为开拓创新，提供了敏锐的前沿性科技信息。

作为临床解剖学园地中的一位老园丁，我深情地关注着这个园地里的一花一草，一树一木，从园地所经历过的开拓、发展、繁荣过程中，深切地体会到：凡是局部构造复杂、功能意义重大、诊治要求精确的部位，都是学者们攻坚战斗的前沿阵地。神经系统是人体中结构最复杂、功能最重要的系统，也是医学研究中最需要大力攻关的一个领域。

我相信《功能神经影像学》专著的出版，会大力推动我国功能神经影像学的发展；更希望这部专著与时俱进，从临床实践的反馈中，不断地加以充实、完善，每次新的版本，都有显著的提高。

钟世镇

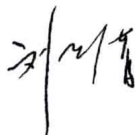
2011年5月20日

刘序

近年来医学影像学发展迅速,从解剖、形态向功能、分子影像方向发展。进入新世纪以来,功能影像技术的发展已逐步应用于临床,包括对脑功能研究和神经精神疾病的检查与诊断。但是,这一进展尚未受到业界的普遍关注,更缺少脑功能影像学研究的专著。值此时刻,由刘树伟、尹岭和唐一源三位教授主编并组织有关专家和专业人员编著的《功能神经影像学》一书即将面世,甚感欣慰。初步阅读书稿,收益良多。

本专著共分三篇 44 章。第一篇介绍了“功能影像学技术”及其新进展;第二篇为“脑功能图像处理与分析”评介、相关原理、使用方法等;第三篇“脑功能的影像学研究”,综述正常与异常脑功能的影像研究的新进展。全书共 84 万字,附图片 464 幅,可谓图文并茂,内容翔实。

我衷心祝贺《功能神经影像学》的出版,企盼并相信本书的问世,对促进我国功能神经影像学进而医学影像学整体发展起到积极作用。



2011 年 5 月 30 日

前言

1990年以来,以磁共振功能成像(fMRI)、正电子发射计算机断层显像(PET)和单光子发射计算机断层显像(SPECT)等为代表的功能影像技术迅速崛起,并在脑功能研究和脑部疾病诊治中发挥了十分重要的作用,从而形成了一门崭新的学科——功能神经影像学。进入新世纪以后,国内此领域的研究逐步活跃,并以迅猛的势头发展。为此,2002年11月中国解剖学会断层影像解剖学专业委员会专门成立了功能神经影像学学组,以推动和交流此领域的研究。为总结过去,开创未来,进一步促进我国功能神经影像学的发展,功能神经影像学学组主要成员联合国内有关研究人员编写了这本《功能神经影像学》,旨在汇集此领域的国内外研究成就,供高校教师、临床医师、有关研究人员和医学院校研究生在脑功能研究及临床工作中参考。

本书内容共包括44章,分为三篇。第一篇为功能影像学技术,主要介绍各种功能影像设备的特点、发展简史、结构、性能指标、成像原理、示踪药物或造影剂、应用领域等;第二篇为脑功能图像处理与分析,主要介绍常用的脑功能图像处理与分析软件的原理、使用方法、优缺点及应用实例;第三篇为脑功能的影像学研究,主要综述目前功能影像学技术在各种正常和异常脑功能研究及外科学中的应用及前景展望。本书内容具有以下特点:①在突出磁共振功能成像的基础上,全面介绍其他功能影像学技术;②详细阐述脑功能图像的计算机处理与分析方法;③注重总结脑功能成像的一些规律性认识;④尽量吸收和采纳国内外的优秀研究成果和最新进展;⑤充分反映国人资料和作者本人的研究成就;⑥强调功能影像学在神经科学研究和临床工作中的应用。

承蒙中国工程院钟世镇院士和刘玉清院士为本书写序,令人倍感振奋和鼓舞。两位院士还审阅了本书的编写提纲和样稿,给予了许多具体指导。在此,一并向两位前辈表示衷心感谢。

脑功能信息的获取与图像后处理技术的发展日新月异,恰如著名诗人歌德先生所说“我还未曾觉察,他就已经改变”。因此,本书难以涵盖功能神经影像学领域的所有新进展。又由于主编和作者的理论水平及实践经验所限,书中定有不足甚至谬误之处。恳请读者不吝来信赐教,以供再版时参考。

刘树伟 于济南
2011年6月8日

第一篇 功能影像学技术

第一章 磁共振成像基本原理	1	参考文献	31
第一节 磁共振的物理原理	1	第四章 磁共振 BOLD 功能成像	33
一、核自旋与磁矩	1	第一节 概述	33
二、核进动与频率	2	第二节 BOLD 脑功能成像机制	34
三、核磁共振现象	3	一、血氧水平对磁共振信号强度的影响	34
四、弛豫过程与自由感应衰减信号接收	3	二、脑血流、脑血容积及脑耗氧速率对血氧水平的影响	35
第二节 磁共振成像技术	5	三、脑功能活动对脑新陈代谢及脑血液动力学的影响	36
一、磁共振成像重建	6	四、血管内与血管外的 BOLD 效应	36
二、磁共振信号的分类与采集	7	第三节 磁共振脑功能成像的方法学	40
三、磁共振成像系统的组成	10	第四节 磁共振脑功能成像应用研究	43
参考文献	11	一、人脑高级神经活动研究	43
第二章 磁共振弥散成像和灌注成像	13	二、人脑神经活动的时间和空间特异性研究	43
第一节 磁共振弥散成像	13	三、在康复医学中的应用	43
一、基本原理	13	四、在外科手术中的应用	44
二、受限弥散和弥散的各向异性	13	小结	44
三、弥散的测量	13	参考文献	44
四、成像技术	14	第五章 脑功能磁共振成像的实验设计	46
五、临床应用	14	第一节 引言	46
第二节 磁共振灌注成像	16	第二节 实验设计的基本原则	46
一、基本原理	16	第三节 设计一个好的实验假说	48
二、成像技术	16	一、fMRI 数据的相互关联	49
三、参数计算	17	二、干扰因素	49
四、正常成人的脑血流灌注值	19	第四节 功能磁共振成像实验设计的良好实践	51
五、临床应用	19	第五节 组块设计	52
参考文献	23	一、建立组块设计	53
第三章 磁共振弥散张量成像	25	二、功能磁共振成像的激活基线	54
第一节 弥散张量成像发展简史	25	三、组块设计的优缺点	57
第二节 弥散张量成像的基本原理	26	第六节 事件相关设计	59
第三节 神经纤维结构模型	28		
第四节 弥散张量彩色各向异性图	28		
第五节 弥散张量成像的临床应用	30		

一、引言	59	三、磁共振波谱	95
二、事件相关 fMRI 的原则	60	四、脉冲序列	96
三、有效的 fMRI 实验设计	63	五、核磁共振操作技术及注意事项	97
四、事件相关设计的优点	66	第三节 活体磁共振波谱实验方法	98
第七节 混合设计	67	一、活体磁共振波谱	98
第八节 小结	68	二、活体核磁共振定域技术	99
参考文献	69	三、活体磁共振波谱的实验研究	101
第六章 清醒恒河猴脑功能磁共振成像	71	第四节 活体磁共振波谱技术的应用	105
第一节 引言	71	一、细胞内 pH 的测定	105
一、发展过程	71	二、细胞内游离钙的测定	106
二、清醒猴 fMRI 研究的必要性	71	三、细胞内游离钠的测定	107
三、清醒猴 fMRI 研究的主要技术问题	71	结束语	108
第二节 主要设备	72	参考文献	108
一、灵长类动物椅子	72	第十章 正电子发射计算机断层显像	111
二、头动限制装备	73	第一节 PET 与 PET 成像原理	111
第三节 训练恒河猴适应 MRI 环境	74	一、PET	111
一、动物训练	74	二、PET 放射性药物	113
二、使恒河猴适应 MRI 环境	74	三、PET 显像工作程序	116
第四节 实验准备和安全性	75	四、PET 技术的特点	120
小结	76	第二节 脑 PET 显像的临床应用	122
参考文献	76	一、正常脑 ¹⁸ F-FDG PET 图像	122
第七章 静息态磁共振功能成像	77	二、脑疾病的 PET 诊断	123
第一节 引言	77	第三节 PET 与脑功能研究	129
第二节 静息态及其 BOLD 信号	77	一、脑激活实验	129
第三节 静息态下的脑默认网络	78	二、行为学与心理学	129
第四节 静息态功能磁共振处理方法简介	80	三、脑其他高级功能	131
一、功能分化	80	四、智能研究	131
二、功能整合	81	第四节 PET 与其他脑临床检查技术的	比较
第五节 静息态脑功能连接与解剖连接的	82	一、CT 的优势与不足	133
关系	82	二、MRI 的优势与不足	133
第六节 结论及展望	83	三、DSA 优势与不足	133
参考文献	84	四、脑电图(EEG)的优势与不足	133
第八章 光遗传磁共振功能成像	86	五、诱发电位(EP)的优势与不足	133
第一节 引言	86	六、神经心理学检查的优势与不足	134
第二节 光遗传学简介	86	七、SPECT 的优势与不足	134
第三节 光遗传磁共振功能成像技术	88	八、PET 的优势与不足	134
参考文献	89	第五节 脑 PET 显像展望	135
第九章 活体磁共振波谱技术	91	一、示踪剂开发	135
第一节 核磁共振发展简史	91	二、扩大现有的应用范围	136
一、核磁共振的技术发展	91	三、改进显像与分析技术	136
二、核磁共振的广泛应用	92	四、开辟生物学领域新阵地	137
第二节 核磁共振基本原理	93	五、参与药学的创新与开发	138
一、自旋核的物理特性	93	参考文献	139
二、核磁共振理论体系	93	第十一章 单光子发射计算机断层显像	140
		第一节 脑血流灌注显像	140

一、原理	140	第一节 概述	175
二、显像剂	140	第二节 脑的血液供应	175
三、显像方法	141	第三节 MSCT 行脑 CT 灌注成像的原理与优势	176
四、正常和变异影像	142	一、CT 灌注成像的原理	176
五、异常影像	142	二、MSCT 行脑 CT 灌注成像的优势	176
六、临床应用	143	第四节 脑 CT 灌注成像技术方法	176
第二节 脑血流灌注显像介入试验	146	第五节 CT 灌注成像在诊断急性缺血性脑血管病中的应用	177
一、基础及基本原理	146	一、MSCT 行脑 CT 灌注成像的可行性	177
二、必备条件	146	二、脑 CT 灌注成像评价急性缺血性脑血管病	177
三、检查程序	146	第六节 CT 灌注成像与其他灌注成像方法的比较	184
四、定量或半定量试验的方法	147	结论	185
五、具体方法	147	参考文献	185
六、临床意义	149	第十四章 脑磁图	187
第三节 脑受体显像	151	第一节 脑磁图发展简史	187
一、原理	151	第二节 脑磁图测量的主要设备	187
二、显像剂	151	一、磁屏蔽系统	188
三、显像方法	151	二、脑磁场的探测装置	188
四、脑受体显像的临床应用	151	三、刺激系统	188
第四节 血脑屏障功能显像	152	四、信息综合处理系统	188
一、原理及方法	152	五、灌液氦装置	188
二、正常影像	152	第三节 脑磁图原理	188
三、临床应用	153	第四节 脑磁图的特点及与 EEG、PET、fMRI 的比较	189
第五节 脑肿瘤显像	153	一、脑磁图的特点	189
一、脑肿瘤的血供	153	二、脑磁图与 EEG、PET 及 fMRI 的比较	189
二、脑肿瘤阳性显像	153	第五节 脑磁图临床应用	190
三、脑肿瘤的放射免疫显像	154	一、脑磁图在癫痫中的应用	190
四、脑肿瘤的受体显像	154	二、脑磁图在脑功能区定位中的应用	191
参考文献	154	第六节 研究进展及前景	197
第十二章 脑功能光学成像	156	一、MEG 与脑梗死	197
第一节 内源光信号成像	156	二、MEG 与脑外伤	197
一、成像原理与方法	156	三、MEG 与 Alzheimer 病、多发性硬化等其他精神、神经疾病	197
二、研究现状	158	参考文献	198
三、应用举例	160		
第二节 利用激光散斑成像技术监测脑血流	166		
一、基本原理	166		
二、应用举例	167		
参考文献	171		
第十三章 脑 CT 灌注成像	175		

第二篇 脑功能图像处理与分析

第十五章 人类脑图谱	201	一、Talairach 脑图谱	205
第一节 人类脑图谱技术	201	二、ICBM 概率性脑图谱	207
一、基于个体标本的人类脑图谱	202	三、LPBA40 三维概率脑图谱	208
二、基于大样本量标本的人类脑图谱	203	四、中国人数字化标准脑图谱	209
第二节 常用的人类脑图谱	205	第三节 人类脑图谱的应用	212

一、神经解剖教学	212	一、空间变换	248
二、手术计划	212	二、图像重采样	252
三、模型驱动分割	212	三、图像的平滑化	252
四、多模态脑图像数据分析	212	四、脑整体血流量效应的消除	252
参考文献	212	第四节 SPM 软件包及其解析过程	253
第十六章 影像融合术	214	一、脑图像校准	253
第一节 图像配准的概述	214	二、图像平滑	254
一、图像配准的概念	215	三、脑整体血流量效应的消除	254
二、配准的类型	215	第五节 SPM 实验和分析	254
三、主要配准方法	218	一、实验设计	255
第二节 医学图像基本变换	220	二、方法实现	255
一、刚体变换	220	三、结果分析	256
二、仿射变换	224	参考文献	257
三、投影变换	226	第十八章 功能神经影像分析软件(AFNI)	
四、非线性变换	226	.....	259
第三节 基于最大互信息的多模医学图像配准	227	第一节 引言	259
一、配准原理	228	第二节 基本概念	259
二、配准技术	229	一、数据集	261
三、配准结果的评估	230	二、数据集的存储	261
四、结合互信息与图像梯度的配准技术	232	三、数据集块和子数据集块	261
五、基于形状特征点最大互信息的医学图像配准	233	四、集合或路径	261
第四节 基于薄板样条的 MRI 图像与脑图谱的配准方法	234	五、文件类型	261
一、Talairach 脑图谱	234	第三节 AFNI 分析原理	262
二、薄板样条方法	235	一、立体定位坐标的转换	262
第五节 图像信息融合方法	236	二、功能图像的转换方法	263
一、基于分割的图像融合	237	三、去卷积分析方法	264
二、加权平均法	237	四、线性回归模型的统计学分析	265
三、Toet 法	237	第四节 AFNI 图像处理过程	267
四、对比度调制法	237	一、图像重建	267
五、基于小波变换的融合法	237	二、功能像层面时间校正和运动校正	267
第六节 医学图像配准的评估	237	三、功能像的时间域滤波	269
一、体模	237	四、功能像的空间平滑	269
二、准标	238	五、单个被试的通用线性模型(GLM)	270
三、图谱	238	六、激活图的剪辑(montage)和渲染(render)	271
四、目测检验	238	七、空间标准化(切换至 Talairach 坐标系)	271
参考文献	238	八、统计图的空间平滑(可选)	271
第十七章 统计参数映射(SPM)	240	九、被试统计图的组分析	271
第一节 引言	240	第五节 AFNI 程序(Programs)及插件(Plugins)	
第二节 SPM 分析原理	241	.....	272
一、广义线性模型	241	一、数据集的创建和整理	272
二、模型选择与实验设计	243	二、数据集操作	272
三、统计推断和随机场理论	244	三、3D+time 数据集处理	273
第三节 图像预处理和后处理	248	四、统计分析	274
		五、ROI 分析	274
		参考文献	274
		第十九章 脑功能磁共振图像软件(FSL)	276

第一节 引言	276	参考文献	286
第二节 FSL 原理	276	第二十章 弥散张量成像工作室 (DtiStudio)	
一、独立成分分析	276	.....	287
二、马尔可夫随机场	278	第一节 引言	287
三、概率密度函数	279	第二节 工作原理	287
第三节 结构磁共振数据处理工具	280	一、弥散张量成像计算	287
一、脑提取工具 (BET)	280	二、纤维追踪理论	287
二、线性配准工具 (FLIRT)	280	第三节 操作步骤	288
三、自动分割工具 (FAST)	280	一、系统配置	288
四、非线性噪声削减工具 (SUSAN)	280	二、图像显示	288
五、几何形变校正工具 (FUGUE)	280	三、张量计算和颜色映射	289
第四节 功能磁共振数据处理工具	281	四、纤维追踪	289
一、功能磁共振专家分析工具 (FEAT)	281	五、统计处理	290
二、独立成分分析工具 (MELODIC)	282	第四节 功能扩展	291
第五节 弥散张量数据处理工具	282	第五节 应用领域	292
一、弥散分析工具包 (FDT)	282	一、神经纤维束追踪研究	292
二、基于传导束的空间统计分析 (TBSS)	283	二、神经精神疾病研究	292
第六节 应用实例	283	小结	293
一、实例一 (fMRI 数据)	283	参考文献	293
二、实例二 (DTI 数据)	284		

第三篇 脑功能的影像学研究

第二十一章 躯体感觉和运动的功能影像学		第六节 短尾猿视皮层 V_2 区颜色的空间表征	
研究	295	.....	314
第一节 运动引起的脑兴奋	295	参考文献	315
一、简单运动引起的脑兴奋	295	第二十三章 听觉的功能影像学研究	317
二、运动频率对脑兴奋性的影响	296	第一节 听皮层的解剖及功能	317
三、复杂运动引起的脑兴奋	296	第二节 功能磁共振在听觉研究中的应用	
四、运动的准备引起的脑兴奋	297	.....	318
五、运动想象引起的脑兴奋	298	一、简介	318
六、运动学习引起的脑兴奋	299	二、MRI 仪器产生的噪声问题	318
第二节 来自同侧半球的运动控制	299	三、听觉的 fMRI 研究结果	318
第三节 躯体感觉刺激引起的脑兴奋	301	第三节 脑磁图在听觉研究中的应用	321
第四节 病理状态下的感觉运动皮质兴奋	303	第四节 单光子发射计算机断层显像在听觉	
第五节 展望	303	研究中的应用	323
参考文献	304	第五节 正电子发射计算机断层显像在听觉	
第二十二章 视觉的功能影像学研究	305	研究中的应用	323
第一节 视觉的基本功能	305	一、PET 简介	323
第二节 视皮层功能柱	306	二、耳鸣局部脑血流 (CBF) 的 PET 研究	324
一、高分辨率 fMRI 视觉方位柱成像	306	三、耳鸣患者脑代谢的 PET 研究	324
二、两种构型并存的视皮层方位柱图	308	四、前景展望	328
第三节 视皮层光流反应选择区	310	参考文献	328
第四节 视觉皮层目标类别选择区	310	第二十四章 嗅觉的功能影像学研究	330
第五节 人体选择性视觉加工的皮层区	312	第一节 嗅觉的解剖生理学基础	330

一、嗅球	330	第三节 情景记忆与语义记忆	362
二、嗅束、嗅纹和嗅三角	330	一、情景记忆编码与提取的神经机制	363
三、梨状叶	331	二、HERA 模型	364
四、嗅觉传导通路	331	参考文献	365
第二节 嗅觉的影像学研究方法	331	第二十七章 功能影像学在心理学中的应用	367
一、PET	331	第一节 引言	367
二、fMRI	332	第二节 利用功能影像学进行脑功能区定位	367
第三节 嗅觉的影像学表现	332	一、基于刺激的功能定位	367
一、嗅觉功能的特点	332	二、基于任务的功能定位	370
二、单纯嗅动作引起的影像表现	332	三、基于受试者反应和作业成绩的功能定位	370
三、不同气味刺激任务引起的影像表现	332	第三节 利用功能影像学研究局部脑区的	371
四、不同脑区的嗅觉影像研究	335	反应特点和功能组织	371
第四节 前景展望	338	一、局部脑区的反应特点	371
参考文献	339	二、局部脑区的功能组织	372
第二十五章 语言认知的功能影像学研究	341	第四节 利用功能影像学研究脑区间功能	373
第一节 引言	341	连接	373
第二节 理论与方法	342	一、静止状态下的脑区间的连接	373
第三节 西方拼音语系研究	343	二、任务状态下脑区之间的连接	374
一、字词加工	343	三、影响脑区间连接性的其他因素	375
二、句子加工	346	第五节 总结	375
三、语言习得与第二语言	346	参考文献	376
四、手语与发声语	347	第二十八章 功能影像学在发育性诵读困难	378
五、语言功能的偏侧化	348	中的应用	378
六、总结	348	第一节 概述	378
第四节 汉语研究	349	第二节 语言行为学与诵读困难	378
一、汉语认知的脑半球偏侧化	349	第三节 阅读模型	379
二、汉语认知加工是否有不同于英文加工的关键	349	第四节 阅读的功能神经影像	380
脑区	349	第五节 诵读困难中发声过程的功能神经	381
三、汉语拼音的对比研究	351	影像学	381
四、汉语认知的脑内信息加工模式	352	第六节 诵读困难与视觉系统	384
第五节 功能连接与神经建模	353	一、诵读困难中视觉系统的行为学研究	384
第六节 我们是否解决了所有问题	353	二、诵读困难中视觉系统的功能神经影像研究	385
一、脑功能成像技术的局限	353	第七节 结果与思考	386
二、认知任务的个体差异	353	参考文献	387
三、认知任务操作中伴随的意识、情绪等成分	353	第二十九章 注意的功能影像学研究	388
四、多学科交叉的神经信息学研究方法	353	第一节 注意的定义和研究意义	388
五、脑研究需要全球性的科研大合作：全球知识	354	第二节 注意的研究方法	388
管理系统的建立	354	第三节 注意网络的功能影像学	389
参考文献	354	一、注意的三个子网络	389
第二十六章 记忆的功能影像学研究	357	二、注意子网络间的独立性和关联	392
第一节 记忆的编码与提取	357	三、注意子网络的遗传、发育和老化	393
一、深层编码与左侧前额回	358	第四节 注意功能与疾病	394
二、编码与提取	358		
三、海马在记忆中的作用	359		
第二节 工作记忆	360		

一、ADHD	394	二、特殊的设计问题	429
二、精神分裂症	394	三、控制程序	430
第五节 展望	394	四、药理学实验中 fMRI 信号的分析	430
参考文献	395	五、fMRI 药理学研究的应用事例	432
第三十章 情绪活动的功能影像学研究	398	六、fMRI 在药物开发中的应用	438
第一节 情绪研究是神经科学中的一个重要问题	398	第二节 PET 在药理学研究中的应用	439
一、情绪是什么	398	一、引言	439
二、情绪研究的过去	398	二、用于药物研究的放射性标记化合物	439
三、情绪研究的新方法	399	三、PET 技术在药物研究中的应用	440
四、情绪研究中应该注意的问题	399	四、PET 技术在药物研究和开发中应用的局限性	443
第二节 情绪与情感类型的功能神经解剖	400	小结	444
一、情感类型	400	第三节 磁共振波谱在药理学研究中的应用	444
二、与情绪相关的中枢结构及回路	400	一、引言	444
第三节 情感疾病及其干预调节	403	二、体内药物代谢的 MRS 研究	444
一、几种常见的情绪异常与情感疾病	403	三、肝脏药理学的 MRS 研究	444
二、情绪调节与疾病干预	404	四、大脑药理学的 MRS 研究	445
第四节 结论与未来	405	五、亲合 MRS 药物筛选新技术	445
一、情绪与认知密不可分	405	参考文献	445
二、情绪研究的未来	406	第三十四章 针灸和经络的功能影像学研究	448
参考文献	407	第一节 经络实质的现代研究概况	448
第三十一章 精神障碍的功能影像学研究	409	一、循经感传现象的研究	448
第一节 精神分裂症	409	二、经络的形态学研究	448
第二节 情感性精神障碍	411	三、经络的电生理学特性	448
第三节 Alzheimer 病	414	四、经脉循行路线的光学特性	449
第四节 强迫性神经症	415	五、经脉循行路线的声学特性	449
第五节 小结及今后的方向	416	六、经脉循行路线的热学特性	449
参考文献	417	七、同位素在经脉循行线的循经移动特性	449
第三十二章 癫痫的功能影像学研究	419	八、经络的生物化学特性	449
第一节 概述	419	第二节 针刺脑功能成像的实验设计	450
第二节 癫痫的 fMRI 检查	419	一、应用于针灸脑功能成像研究的常用技术	450
一、癫痫灶磁共振功能成像的病理生理学基础	419	二、针灸脑功能成像的实验设计	451
二、磁共振场内 EEG 记录及 EPI 图像采集方法	420	三、明确研究的效应指标	458
三、信号干扰问题	422	四、数据处理方法选择	458
第三节 fMRI 在癫痫临床研究现状	422	第三节 针灸与经络的脑功能成像研究	459
第四节 fMRI 在临床癫痫研究中的优势、存在的问题及展望	425	一、脑功能成像技术在独立的经络解剖系统的生理特性方面的研究	459
一、fMRI 在临床癫痫研究中的优势	425	二、脑功能成像技术在经络功能体系方面的研究	459
二、问题与展望	425	参考文献	463
参考文献	425	第三十五章 针刺镇痛的功能影像学研究	466
第三十三章 药理的功能影像学研究	428	第一节 针刺镇痛研究现状	466
第一节 fMRI 在药理学研究中的应用	428	一、穴位感受器及其传入纤维的作用机制	466
一、引言	428		

二、针刺镇痛的中枢神经机制	467	三、脑发育中的各向异性改变	503
三、中枢神经递质在针刺镇痛中的作用	467	四、未髓鞘化大脑的解剖学研究	504
第二节 针刺镇痛的功能影像学研究方法	468	五、白质分割与连接研究	507
一、PET 和 SPECT 针刺功能影像的原理	468	六、病理状态中的各向异性测量	508
二、fMRI 针刺功能影像的原理和方法	469	参考文献	509
第三节 针刺镇痛的功能影像学研究进展	471	第三十九章 小脑功能的影像学研究	511
参考文献	471	第一节 小脑的感觉运动功能	514
第三十六章 帕金森病的功能影像学研究	474	第二节 小脑的高级认知功能	514
第一节 概述	474	一、语言功能	514
第二节 帕金森病的 SPECT 和 PET 研究	475	二、空间信息加工	515
一、脑葡萄糖代谢显像	475	三、工作记忆	515
二、多巴胺受体功能性显像	475	四、执行控制功能	516
三、多巴胺转运体(DAT)显像	477	五、情绪信息加工	516
四、神经递质的功能显像	478	第三节 小脑深部核团的认知功能研究	516
第三节 帕金森病的 fMRI 研究	481	第四节 大脑—小脑的功能连接模式	516
一、PD 的脑功能变化	482	第五节 小脑功能区的拓扑分布	517
二、PD 伴发痴呆的脑功能变化	482	第六节 问题及展望	519
三、左旋多巴治疗后 PD 的脑功能改变	482	参考文献	519
第四节 帕金森病的 MRS 研究	483	第四十章 脑血管病变的功能影像学研究	525
小结	484	第一节 CT、MR 灌注扫描	525
参考文献	484	第二节 MR 弥散成像	527
第三十七章 阿尔茨海默病的功能影像学	487	第三节 CT、MR 血管成像	530
研究	487	一、CT 血管成像	530
第一节 概述	487	二、MR 血管成像	530
一、病因及流行病学	487	第四节 SPECT 脑灌注显像	534
二、神经病理学	488	参考文献	535
三、症状与体征	488	第四十一章 磁共振功能成像在神经外科中	537
四、神经心理学检查	488	的应用	537
五、诊断	488	第一节 fMRI 在大脑半球肿瘤手术方面的	
六、治疗	488	应用	537
第二节 功能影像学检查	489	一、用于术前重要功能区的定位和手术方案的制定	
一、PET 成像	489	二、用于术中引导手术	537
二、PET 显像典型病例	490	三、用于预测手术效果或危险性	543
参考文献	493	第二节 fMRI 在顽固性癫痫手术中的应用	544
第三十八章 脑白质的磁共振弥散张量成像	494	第三节 fMRI 在其他神经疾病手术中的应用	545
研究	494	参考文献	546
第一节 弥散张量数据的采集和后处理	494	第四十二章 功能影像学在脑发育研究中的	548
一、弥散张量数据的采集	496	应用	548
二、弥散张量成像的数据处理	496	第一节 脑发育概况	548
三、由弥散张量数据中提取信息	496	一、胎儿期脑的发育	548
第二节 弥散张量在脑白质研究中的应用	502	二、婴儿期脑的发育和行为发育	549
一、白质内弥散系数的计算	502		
二、各向异性指数	502		

第二节 结构影像学	549	第一节 昏迷、植物状态及相关认知失常的 概念	578
一、CT 在脑发育不全中的应用	549	第二节 植物状态患者脑是否存在觉醒及认 知功能	579
二、MRI 在脑发育及发育不全中的应用	550	一、维持大脑觉醒的相关结构	579
第三节 功能影像学	552	二、脑活力是脑功能的一种形式	579
一、功能磁共振在儿科中的应用	552	三、探索植物状态脑的觉醒认知功能的试验及其 结果	580
二、应用 SPECT 技术对儿童孤独症及癫痫的研究	558	第三节 近年研究提出与意识相关的一些 脑区	584
参考文献	560	一、前扣带皮质与认知及情感	584
第四十三章 脑损伤康复的功能成像研究	562	二、后压皮质与情绪	584
第一节 脑损伤后功能恢复的理论	562	三、颞上沟周围皮质与知觉	584
一、功能重组	562	四、眶及内侧前额皮质的功能	585
二、其他内外因素	563	结束语	586
第二节 脑损伤后功能成像研究	564	参考文献	586
一、对于正常脑功能的功能成像研究	564	索引	588
二、脑损伤康复的功能成像研究	565		
参考文献	576		
第四十四章 昏迷与植物状态患者脑功能的 影像学	578		

第一篇 功能影像学技术

第一章 磁共振成像基本原理

核磁共振(nuclear magnetic resonance, NMR)成像,现称为磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)。从原理的发现到目前临床各种先进成像技术的应用,是基于科学家们对原子构造的不断认识。1924年 Pauli 发现电子除对原子核绕行外,还可高速自旋,有角动量和磁矩。1946年美国哈佛大学的 Purcell 及斯坦福大学的 Bloch 分别独立地发现磁共振现象并可接收到核子自旋的电信号,同

时将该原理最早用于生物实验,在物理学、化学方面做出了较大贡献,于 1952 年荣获诺贝尔物理学奖。磁共振成像的设想出自 Damadian,并于 1971 年发现了组织的良恶性细胞的 MR 信号有所不同。1972 年 P. C. Lauterbur 用共轭摄影法产生一幅试管的 MR 图像,1974 年做出第一幅动物肝脏图像。随后 MRI 技术在此基础上飞速发展,继而广泛应用于临床。

第一节 磁共振的物理原理

核子的自旋和磁矩的存在,使其能够在强大的磁场中旋进。Rabbi 测出不同核子的角动量和磁矩。不同核子在同一磁场中,其磁矩和角动量各不相同;同一核子在不同场强的磁场中,其振荡频率也不相同。

一、核自旋与磁矩

(一) 自旋

自旋是自然界一切物体的基本运动形式之一。角动量(即动量矩, moment of momentum)用来描述物体的旋转运动形式,它具有方向和大小。物体角动量可经给予扭力矩(torque)而改变,使其转动加快或减慢,或者改变其方向。物体的旋转有两种形式:一为循轨道旋转,如地球对太阳公转一样,其角动量称为轨道角动量(orbital angular momentum);另一种为自旋(spin),如同地球自旋一样,其角动量称为自旋角动量(spin angular momentum)(图 1-1)。

物质的基本单位为原子,所有原子都由核子和

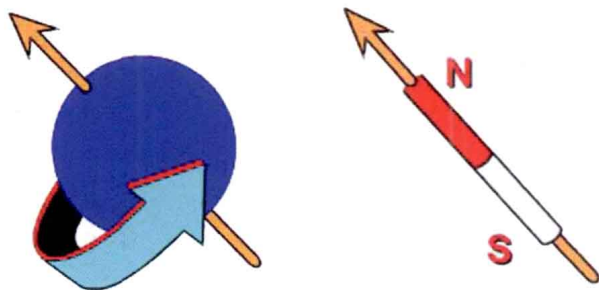


图 1-1 核自旋与磁矩的形成

其周围绕行的电子组成。原子核常有正电荷和电子颗粒,它们组成原子的大部分。根据 Pauli 的理论,各原子核均具有自己的角动量或自旋。实际上,所有拥有一个奇数原子的原子核,也拥有原子数所具有的角动量,并有一个特征性自旋量子数 I ($I > 0$)。原子核、电荷粒子、自旋的特点产生一个与自旋轴同轴的磁场,是一个有方向、有大小的磁矩。

正常状态下各原子核自旋所产生的磁矩,象 Brownian 运动原则那样随机排列。电子与核子两种旋转方式,其总的角动量为二者旋转动量的结