




精神影像学

主编◎龚启勇



 人民卫生出版社



精神影像学

主 编 龚启勇

副主编 吕 粟 黄晓琦 孙学礼

编 者 (以姓氏笔画为序)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王 淞 | 吕 粟 | 孙怀强 | 孙学礼 | 杜明颖 |
| 李 飞 | 李仕广 | 杨 勋 | 肖 媛 | 吴 锡 |
| 邱丽华 | 陈丽舟 | 陈桃林 | 幸浩洋 | 赵又瑾 |
| 姚 骊 | 贾志云 | 黄晓琦 | 龚启勇 | 雷 都 |

编写秘书 刘杰克

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

精神影像学/龚启勇主编. —北京: 人民卫生出版社, 2016

ISBN 978-7-117-22079-8

I. ①精… II. ①龚… III. ①精神病学-医学摄影
IV. ①R749②R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 037885 号

人卫社官网 www.pmph.com 出版物查询, 在线购书
人卫医学网 www.ipmph.com 医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

精神影像学

主 编: 龚启勇

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: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15

字 数: 365 千字

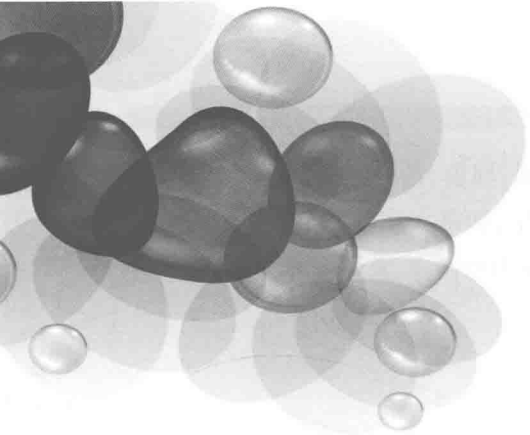
版 次: 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-22079-8/R·22080

定 价: 98.00 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)



主编简介

龚启勇, 博士, 四川大学华西医院副院长、主任医师、教育部“长江学者奖励计划”特聘教授, “国家杰出青年基金”获得者。从事医学影像临床、科研和教学工作 30 年。早期工作集中在头颈部与神经系统肿瘤影像学诊断与鉴别诊断。近 10 年受国家重大课题资助, 就神经心理精神疾病临床难点, 开展了一系列基于磁共振成像(MRI)的精神影像学基础与临床研究。研究成果写入国家级规划教材, 相关文章被美国医学会作为临床医生 I 类 CME 文章。发表相关 SCI 期刊收录论文逾 300 篇(含“中国百篇最具影响国际学术论文”和 ESI 高被引论文), 论文总被引逾 8000 次。



龚启勇教授兼任四川省医师协会放射医师分会主任委员、中华放射学会磁共振专委会精神影像与脑功能学组分管负责人、全国高等学校临床医学专业规划教材编写委员会委员; 是国际医学磁共振学会(International Society for Magnetic Resonance in Medicine, ISMRM)教育委员会唯一的亚洲委员; *Frontiers in Neuropsychiatric Imaging and Stimulation* 副主编; *Nature* 旗下 *Scientific Data* 和 *Scientific Reports* 两个学术期刊以及 *World Journal of Radiology*、*British Medical Journal* (中文版) 和《中华放射学杂志》等 16 本专业杂志编委。主编长学制临床医学专业国家规划教材《医学影像学》; 并主编《临床医学影像学》《3T 磁共振临床应用》《3.0T 磁共振临床扫描指南》《中华影像医学——中枢神经系统卷》等学术专著。

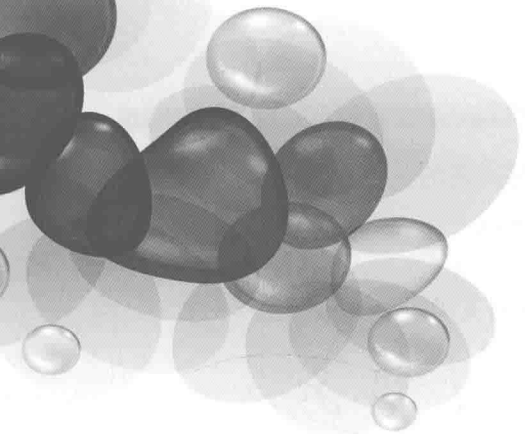
龚启勇医师作为负责人先后主持国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金重大国际合作研究项目、国家自然科学基金科学仪器基础研究专项及科技部 973 项目课题、863 计划等国家级重大课题, 作为项目第一负责人荣获国家自然科学基金二等奖(2015 年)、省部级科技进步奖(2010 年)、省部级自然科学奖(2014 年)、中华医学会医学科技奖(2011 年)和吴阶



平-保罗杨森医学奖(“吴杨奖”,2012年)。先后受邀赴哈佛、耶鲁、斯坦福等大学讲学,并作为北美之外的首位放射科医师受邀为 ISMRM 大会(2015年,加拿大多伦多)作荣誉冠名主题演讲(ISMRM honorary named lecture;NIBIB New Horizons Lecture),受邀为 *Radiology* 撰写特约综述,为我国精神影像学的发展奠定了基础。

主编简介





序 一

四川大学华西医院放射科磁共振研究中心(Huaxi MR Research Center, HMRRC)的研究人员近期编写了《精神影像学》一书,并请我作序。我深感这是一本值得向读者推荐的精神影像学研究领域的专业参考书籍。

据我所知,本书是国内首部针对精神疾病影像学研究进行系统介绍的专著。它及时总结了近几十年来精神疾病影像学研究领域的现状和热点,并根据编者自己的研究经验,提出未来研究的方向和展望。本书的出版无疑将为国内精神影像学研究的同行们提供良好的参考和指导。

这本书分为两篇:第一篇对目前几乎所有在精神疾病研究领域应用的影像学方法进行精简而翔实的介绍,便于非影像学专业的读者迅速了解常用的影像学技术,同时也可作为阅读第二部分时深入了解相关影像学方法的参考,最后介绍了磁共振影像技术在正常人群各种心理现象的研究中的应用;第二篇针对各种常见精神疾病的影像学研究现状进行了较为全面的综述性介绍。这些介绍结合了疾病相关的流行病学和临床症状,并进一步指出了研究方向,这不仅使读者在阅读本书后能够对主要的精神疾病的影像学研究现状有较为深刻的理解,也有益于相关读者找寻自己的研究方向。这对于非精神病学专业的读者有重要意义。

随着人类疾病谱的变化,精神疾病越来越受到人们的重视。精神疾病种类繁多,临床表现多样且个体差异大。随着影像学技术的不断发展,MRI等影像技术越来越多地被用于精神疾病相关发病机制的研究、治疗效果的评价、预后的评估等领域。但是这些领域属于传统放射学的盲区,很多新技术、新进展有赖于磁共振物理、计算机科学、数学以及统计学等不同交叉学科的介入。这些知识对很多精神科医生和放射科医生来说都是比较陌生的,要理解相应的研究结果也是比较困难的。本书的编排方式正是针对上述两种不同影像学背景的读者,非精神病学专业的读者可以通过本书更多地了解影像学技术在精神疾病研究中可能具有的作用;而精神病学背景的人员通过本书则可以更多地理解和掌握基本的影像学方法及其原理。

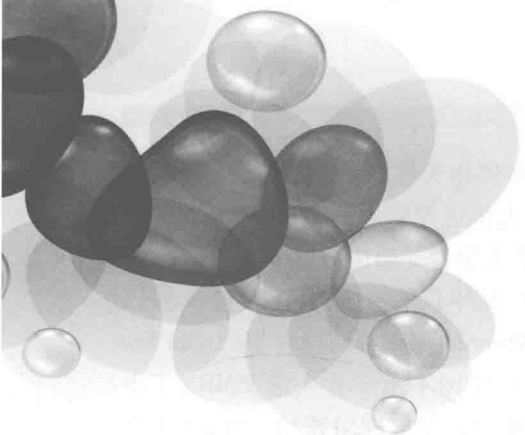
本书的编写队伍来自四川大学华西医院磁共振研究中心,该中心具有国内少有的交叉学科优势,结合了来自医、工、理不同学科专业的优秀人才,保证了本书内容的全面及准确。



无论是对于医学专业领域的临床医生还是研究人员,以及感兴趣的普通大众,只要是想要了解精神病学最新影像学研究进展的读者,一定会从中受益匪浅。

原华西医科大学心理卫生研究所所长

2015年8月于华西坝



序 三

1896年英国利物浦大学医院进行了世界上第一例病人临床放射成像诊断,由此诞生了医学影像(medical imaging)。医学影像学顾名思义就是用成像的手段来诊断并指导疾病的治疗,由于其起源于以X线为手段的成像技术,在很多地方仍然沿用放射学(radiology)这一传统的名称。作为临床医学领域发展最快的一门学科,现代医学影像技术的发展已经远远超越了最初对人体有辐射损害的X线成像,对各种疾病的诊疗亦起到越来越重要的作用。就人脑器质性疾病(即大多数神经疾病)而言,通过典型影像学征象作出的放射学诊断无疑是临床最为依赖的基本诊断信息。特别是已经广为普及的对人体无辐射损害的磁共振成像技术,已成为放射科医师用来诊断神经系统疾病最重要的工具。然而,对所谓的非器质性脑功能性疾病如精神疾病,医学影像所发挥的作用却是微乎其微,至今没有发现可以用于诊断精神疾病的影像学“征象”。这对一名放射科医师来说无疑是职业的一大遗憾。

精神影像作为医学影像领域新的学科分支,为最终实现影像学对精神疾病的客观诊断与鉴别诊断并指导治疗提供了契机。人类对精神活动的探索可以追溯到远古时代,但直到医学影像迅猛发展的今天,我们才真正有机会通过影像观察到与精神和心理活动相关的脑功能活动和形态改变。精神影像技术已经是心理与脑及认知科学研究的重要工具之一。对临床医学而言,精神影像不仅为精神疾病发生发展机制的探索提供了新方法,更为未来精神疾病的诊疗提供了客观的影像学手段。

精神影像的发展可以追溯到20世纪90年代。我在1984年临床医学本科毕业后就开始在放射科担任住院医师并接受临床技能的系统培训,当时的愿望是要做一名有经验的放射科医师。在1989年取得临床肿瘤学硕士学位后,我的专业兴趣集中到了头颈部肿瘤的放射学诊断。随后在英国利物浦大学医学院攻读博士学位期间,我的工作进一步聚焦到了神经影像,当时我同时做了两个课题,分别是“脑胶质母细胞瘤放疗转归的磁共振成像研究”和“人脑流体智商的脑磁共振功能影像”,分别代表了脑器质性病变和脑功能改变的影像学研究。我感触很深的是前一课题纳入的8个患者无一例外都在一年内因病情恶化相继去世,让我深感医学影像的无力。与此同时,通过和心理学家合作,后一课题让我看到了影像在诊断脑功能性病变中的潜力,或许这就是当时我所看到的精神影像发展的雏形。基于这样的理念,我在华西医院放射科工作期间,借助医院的临床学科优势建立了以精神影像为核心的华西医院放射科磁共振研究中心(Huaxi MR Research Center, HMRRC)。经过十年的发展,HMRRC团队在精神影像方面的研究取得了丰硕成果,截止到发稿,已经有200篇相关论文在SCI收录杂志

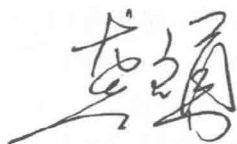
发表,包括 *PNAS*、*Radiology*、*JAMA Psychiatry* 等影像和精神疾病相关领域的权威杂志;同时相关成果获得国家自然科学奖二等奖。哈佛、耶鲁和斯坦福等大学也先后邀请我讲学,尤其是在第 23 届国际医学磁共振学会 (ISMRM) 大会上,我作为首位华人学者受邀成为 NIBIB New Horizons Lecture 荣誉冠名演讲专家 (在 8000 名 ISMRM 会员中,每年仅有一位学者入选),并以“NIBIB New Horizons Lecture: Emerging MRI to Uncover the ‘Disordered Mind’: Are We in an Era of ‘Psycho-Radiology’?”为题作大会主题报告。同时作为首位中国本土学者入选 ISMRM Fellow,并受邀为本领域排名第一的学术期刊 *Radiology* 撰写精神影像发展前沿特约综述,这不仅是我个人的荣誉,更表明我国的精神影像学发展得到了国际同行的认可。

本书的编著分两篇十一章,第一篇对精神影像学主要的方法和对正常心理的研究做了简要介绍,第二篇以各论的形式,以总结凝练 HMRRC 在 SCI 收录杂志公开发表的工作为主,兼顾国内外同行的最新相关成果,分别对最重要和常见的精神疾病的精神影像学研究和国内外研究现状做了全面介绍和总结。本书立足全面、客观、学术性和科学性。然而,精神影像作为新兴领域发展迅猛,新成果和新观点的涌现层出不穷。尽管我们力求新而全,仍然无法做到最新最全,遗漏和不足难免,还请大家能多提建议和批评指正,以便我们在未来的工作中有所改进,共同推进我国的精神影像学这一新兴领域的发展。

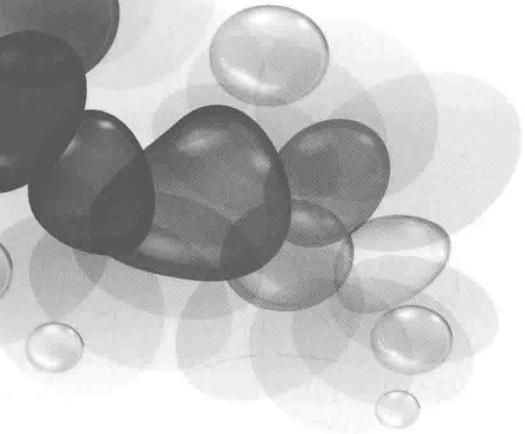
本书完成后,我非常荣幸地邀请到了我国精神病学泰斗刘协和教授为本书作序。刘协和教授是华西医院精神科德高望重的老主任、我国司法精神病学的奠基人,也是我国《精神卫生法》最初的起草者。已 87 岁高龄的刘教授看到本书的初稿非常感兴趣,给予高度评价,让我们深受鼓舞。

本专著前期的工作得到了诸多国内外合作者的大力支持,并得到国家自然科学基金的资助,尤其是国家杰出青年基金的支持,使 HMRRC 在建立初期最艰难的时候能顺利开展。同时,由李涛主任领导的华西医院精神科与心理卫生中心全体医护人员为 HMRRC 的精神影像跨学科研究提供了重要的临床支撑和保障。当然,还有我的同事和学生们,没有他们的共同努力,HMRRC 不可能取得今天的成果。尤其是一些自 2005 年先后加入 HMRRC 的硕士、博士研究生和博士后,在本书的编写过程中做了大量工作,但其中相当一部分学生因本专著篇幅有限而未能纳入参编人员名单,其中有 (按加入 HMRRC 时间排序):杨红、李东明、姜晓雨、李秀丽、邬颖华、月强、张体江、陈龙、刘梦奇、柳佳、廖继春、马步云、Nabin Amatya、吴杞柱、张俊然、邹翎、陈紫琪、钟婧捷、廖怡、牛润宁、程勃超、付诗琴、卢希、Sunima Lama、叶艳、王秀丽、张华为、曾俞竣、胡心宇、黎磊、罗亚、吴敏、王卓、陈光祥、刘琪、孙玲、索学玲、谭乔月、陈颖、蒋静、彭薇、魏小丽、陈军、靳长风、鲁璐、罗强、李文斌、孟令惠、孙家瑜、石岩、徐馨、王妍茜、王维娜、关蒲骏、苏筱芮、艾源、杨程、郭羿等,谨在此一并致谢!

华西医院放射科磁共振研究中心 (HMRRC) 主任



2016 年 2 月于成都



前 言

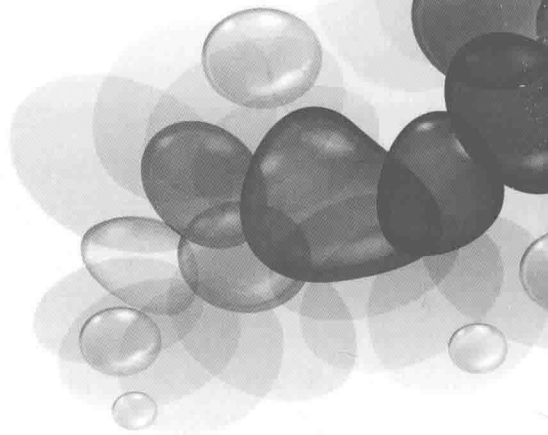
在人类社会漫长的发展历史中,对无穷宇宙和人类思想的探索一直是促进人类科学不断向前发展的动力。然而,面对人类大脑这个“心灵”及“精神”的载体和大自然亿万年不断进化的结晶,我们曾始终无法找到客观、有效的方法进行观察和研究。特别是,当这个精密的中枢出现问题而表现出思维、感觉、情绪及行为障碍的时候,人们总是束手无策。而精神问题伴随着人类社会的不断进步和发展,已日趋严重。根据世界卫生组织 2010 年的数据,在世界疾病负担排行榜前 5 位的疾病中,有 4 类疾病是精神疾病,这些疾病的社会负担已经超过肿瘤和心血管疾病。更严重的是,由于对精神障碍的病因和发病机制缺乏认识,导致公众,特别是中国等发展中国家和不发达国家的普通人群,对精神疾病存在较大的误解。因此,对精神障碍的脑机制研究以及找寻客观有效的诊断和评价手段已经迫在眉睫。

医学影像学的迅猛发展为解决一系列临床问题带来契机。从原始社会的开颅探索,再到近现代 X 线、脑电图、计算机体层成像等先进设备和技术,都无法对人类大脑的正常和异常活动进行活体、无创的客观观察和研究。近 30 年来,随着正电子发射断层显像、磁共振以及光学技术的发展,我们已经能够观察活体脑的结构和功能状态。特别是功能磁共振技术的出现和发展,使得我们拥有了具有高时间分辨率和空间分辨率的无创研究思维活动的客观手段。采用这些新的影像学技术,人类对精神活动和精神疾病的认识已有了突飞猛进的发展。特别是近期美国和欧洲相继启动了和人类基因组相媲美的脑科学计划,其主要目的就是采用以新型脑影像技术为核心的手段来揭示脑活动的奥秘,找寻与疾病相关的生物学标记,进而为研究一系列重大神经精神疾病新型诊治措施打下理论基础。在此背景下,精神影像学这一新型交叉学科应运而生。

精神影像学是采用以磁共振、正电子发射断层显像及单光子发射计算机断层显像等影像新技术手段来显示正常和异常脑活动状态的影像学分支,是一个医学、心理与脑认知科学、神经科学、理工、化学及计算机等多学科交叉的新型学科领域,其主要目的是以影像学手段来客观、定量地分析人脑活动机制。精神影像学的出现,填补了影像学领域对脑活动和精神疾病研究的空白,为心理学的发展开辟了一条新的途径。本书将着重向读者揭示精神影像学的研究方法,以及在部分心理疾患及常见重大精神疾患研究领域中所获得的发现和新观点。

龚启勇 吕粟 黄晓琦 孙学礼

2016 年 2 月



目 录

第一篇 总 论

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章 精神影像检查技术 | 2 |
| 第一节 计算机体层成像 | 2 |
| 第二节 磁共振成像 | 9 |
| 第三节 PET 与 SPECT 成像 | 20 |
| 第四节 MEG 成像 | 37 |
| 第五节 光学成像 | 44 |
| 第二章 精神影像数据分析方法 | 50 |
| 第一节 结构分析 | 50 |
| 第二节 功能分析 | 58 |
| 第三节 神经网络分析 | 63 |
| 第四节 多模数据的融合 | 70 |
| 第三章 精神影像技术在心理学中的应用 | 74 |
| 第一节 注意 | 74 |
| 第二节 记忆 | 76 |
| 第三节 语言 | 79 |
| 第四节 情绪 | 82 |
| 第五节 社会认知 | 84 |

第二篇 各 论

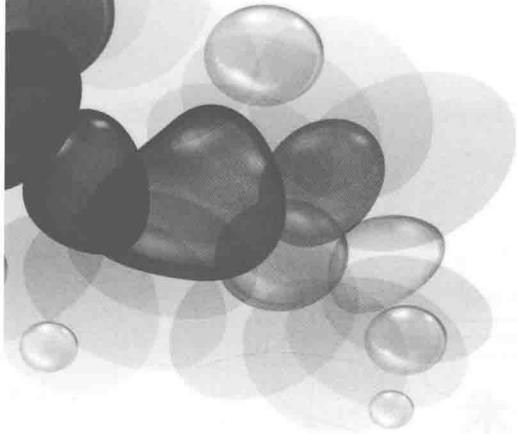
| | |
|-----------------|----|
| 第四章 精神分裂症 | 94 |
|-----------------|----|



| | | |
|------------|---------------|------------|
| 第一节 | 流行病学 | 94 |
| 第二节 | 病因及发病机制 | 95 |
| 第三节 | 临床表现 | 97 |
| 第四节 | 影像学研究意义 | 99 |
| 第五节 | 影像学研究现状 | 99 |
| 第六节 | MRI 研究的局限性及展望 | 111 |
| 第五章 | 重型抑郁症 | 115 |
| 第一节 | 流行病学 | 115 |
| 第二节 | 病因及发病机制 | 116 |
| 第三节 | 临床表现 | 116 |
| 第四节 | 影像学研究意义 | 117 |
| 第五节 | 影像学研究现状 | 118 |
| 第六节 | MRI 研究的局限性及展望 | 125 |
| 第六章 | 双相障碍 | 128 |
| 第一节 | 流行病学 | 128 |
| 第二节 | 病因及发病机制 | 128 |
| 第三节 | 临床表现 | 129 |
| 第四节 | 影像学研究意义 | 130 |
| 第五节 | 影像学研究现状 | 131 |
| 第六节 | MRI 研究的局限性及展望 | 141 |
| 第七章 | 强迫障碍 | 144 |
| 第一节 | 流行病学 | 144 |
| 第二节 | 病因及发病机制 | 145 |
| 第三节 | 临床表现 | 145 |
| 第四节 | 影像学研究意义 | 146 |
| 第五节 | 影像学研究现状 | 147 |
| 第六节 | MRI 研究的局限性及展望 | 153 |
| 第八章 | 焦虑障碍 | 155 |
| 第一节 | 流行病学 | 155 |
| 第二节 | 病因及发病机制 | 156 |
| 第三节 | 临床表现 | 157 |
| 第四节 | 影像学研究意义 | 158 |
| 第五节 | 影像学研究现状 | 158 |
| 第六节 | MRI 研究的局限性及展望 | 168 |



| | |
|-------------------------|-----|
| 第九章 创伤后应激障碍 | 174 |
| 第一节 流行病学 | 174 |
| 第二节 病因及发病机制 | 174 |
| 第三节 临床表现 | 175 |
| 第四节 影像学研究意义 | 176 |
| 第五节 影像学研究现状 | 177 |
| 第六节 MRI 研究的局限性及展望 | 187 |
| 第十章 注意力缺陷多动障碍 | 190 |
| 第一节 流行病学 | 191 |
| 第二节 病因及发病机制 | 191 |
| 第三节 临床表现 | 193 |
| 第四节 影像学研究意义 | 193 |
| 第五节 影像学研究现状 | 194 |
| 第六节 MRI 研究的局限性及展望 | 199 |
| 第十一章 神经认知障碍 | 202 |
| 第一节 病因、发病机制及临床表现 | 203 |
| 第二节 影像学研究意义与现状 | 207 |
| 第三节 MRI 研究的局限性及展望 | 215 |
| 缩略词对照表 | 218 |
| 索引 | 223 |



第一篇 总论

精神影像学 (psychoradiology or clinical psychiatric imaging) 的研究主要是对人类活体脑结构和功能两方面的研究。这里的结构研究通常是指对脑灰质或白质的体积、厚度、表面积及形态等信息的定量分析。高分辨率的计算机断层成像技术和磁共振结构成像技术都可用于脑结构的研究,然而,由于磁共振成像相对于计算机断层成像能更好地区分灰质、白质和脑脊液等组织,因此,高分辨脑磁共振结构成像是研究脑结构的主要手段。常规 3.0T 磁共振的空间分辨率可达 1mm,更先进的磁共振分辨率可达 100 μ m。常规 3.0T 磁共振能对伏隔核等微小的核团结构进行显示,在 7.0T 磁共振人体成像系统上,甚至可以显示灰质皮层不同细胞层面的结构。当然,由于精神疾病的脑结构改变通常很微小,常规的肉眼观察并不能发现,需要借助计算机分析方法进行定量分析,因此,对精神疾病患者脑结构的研究通常采用基于体素的分析方法。对脑功能的研究方法是精神影像学研究的重点,这里的功能是广义的功能,包含血氧合水平、葡萄糖代谢、血流、神经元代谢等多重信息。正电子发射断层显像和单光子发射计算机断层显像虽然最早用于脑功能的定位和定量研究,但由于其具有一定的创伤性,因而在精神疾病的研究中受到一定的限制。光学成像虽然无创,但受光线穿透距离和空间分辨率的影响,其在精神研究中也有一定局限。功能磁共振技术由于具有较高的时间和空间分辨率,以及多参数成像的优越性,使得其在精神疾病的研究中占据重要位置。以下,本书将从成像方法和分析方法两方面入手,介绍各种成像技术和分析方法的基本原理,以及其在精神疾病研究中的价值和局限性。

第一章 精神影像检查技术

第一节 计算机体层成像

一、CT 概述

计算机体层成像 (computer tomography, CT) 的发展经历了传统 CT、单层螺旋 CT 和多层螺旋 CT 三个主要阶段。1969 年戈弗雷·纽博尔德·豪恩斯弗尔德 (Godfrey N. Hounsfield) 成功设计出 CT 机, 1972 年头部 CT 正式用于临床; 1976 年, 出现了体部 CT; 1979 年, 阿伦·马克利奥德·柯麦科 (Allan M. Cormack) 和戈弗雷·纽博尔德·豪恩斯弗尔德 (Godfrey N. Hounsfield) 因发明了计算机 X 线断层摄影术, 共同分享诺贝尔生理学或医学奖。1989 年, 螺旋 CT 问世; 20 世纪 90 年代后, 发展为多层螺旋 CT (图 1-1-1)。

(一) CT 成像的基本原理

CT 不同于普通 X 线成像, 它是用 X 线束对人体层面进行扫描, 取得信息, 经计算机处理而获得重建图像, 是数字成像而不是模拟成像, 它开创了数字成像的先河。CT 所显示的断层解剖成像, 其密度分辨率 (density resolution) 明显优于 X 线图像, 使 X 线成像不能显示的解剖结构及其病变得以显影, 从而显著扩大了人体的检查范围, 提高了病变检出率和诊断的准确率。

CT 的工作原理是由高电压作用于 X 线管, 发出的 X 线束从多个方向对人体选定的层面进行扫描, 由探测器接收穿透该层面后的残余 X 线, 将其收集并通过光电转换器转变为电信号, 再经模拟/数字转换器 (analog/digital converter) 转为数字, 输入计算机处理, 得到该层面各单位容积的 X 线吸收值即 CT 值, 排列成数字矩阵, 经过数字/模拟转换器 (digital/analog converter)

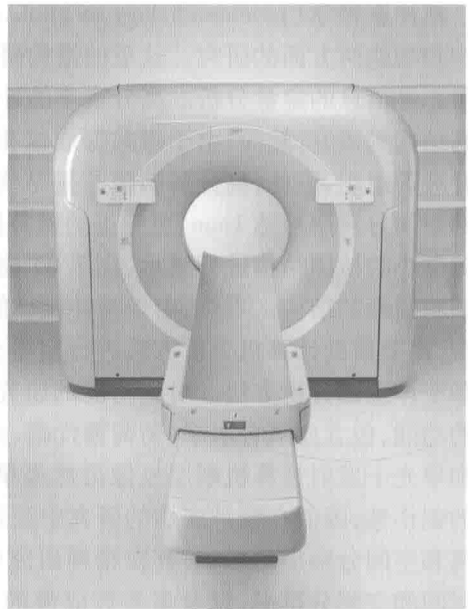


图 1-1-1 多层螺旋 CT

后再形成模拟信号, 输至显示器得到该层的横断图像 (图 1-1-2)。CT 系统主要由扫描部分

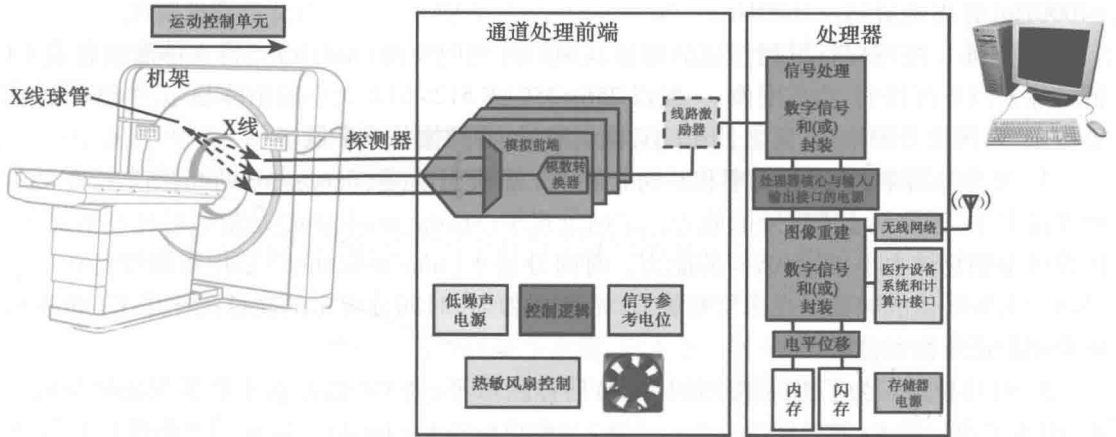


图 1-1-2 CT 的采集过程

(探测器、X 线球管及机架)、计算机及图像显示部分组成。

(二) CT 的相关概念

1. 像素和体素 图像处理时,数字矩阵中的每个数字转为由黑到白不等灰度的小方块,即像素(pixel),它是构成一幅图像的基本单元。同样大的图像,像素越高,图像空间分辨率越好。扫描选定的层面分成若干个体积相同的立方体,称之为体素(voxel),它是在像素的基础上包含了层面的厚度。像素是二维的单位,而体素是三维的单位(图 1-1-3)。

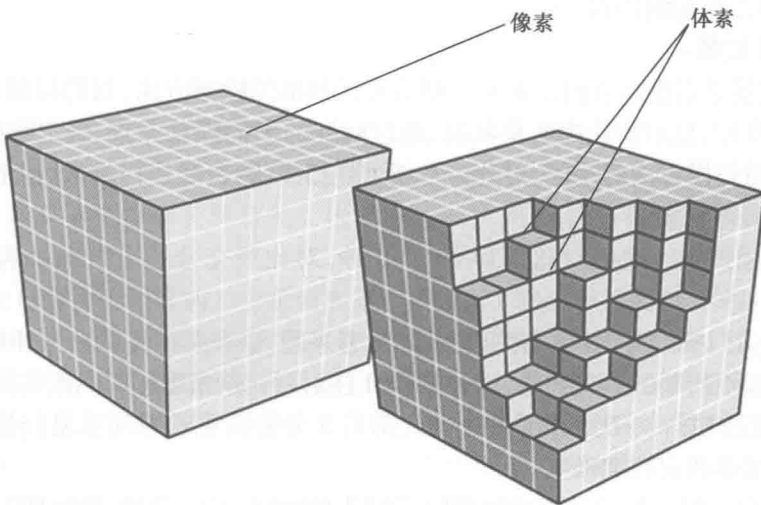


图 1-1-3 像素和体素的示意图

2. CT 值 CT 图像的 CT 值反映组织对 X 射线的吸收值(衰减系数:u)。CT 值计算公式为:

$$CT \text{ 值} = \text{常数} \times (u_{\text{水}} - u_{\text{被检物质}}) / u_{\text{水}} \tag{式 1-1}$$

常数值为 1000,单位为 Hounsfield unit(Hu)。组织密度高,对 X 线的吸收值大,CT 值大;组织密度低,对 X 线的吸收值小,CT 值小。一般来说,水的 CT 值为 0,空气最低:



-1000Hu,骨皮质最高:+1000Hu。

3. 矩阵 按照横行纵列排成的栅格状矩形阵列叫矩阵(matrix)。将人体断面各点CT值的像素以矩阵排列,构成图像,一般以256×256或512×512大小的矩阵显示。矩阵大,像素数量多,图像分辨率高;反之,矩阵小,像素数量少,图像分辨率低。

4. 密度分辨率、空间分辨率和时间分辨率 密度分辨率(density resolution)是指在低对比度情况下,区分最小密度差的能力。空间分辨率(spatial resolution)是指高对比度情况下,图像可鉴别物体大小、微细结构的能力。时间分辨率(time resolution)是指影像设备在单位时间内采集图像的帧数。在多层螺旋CT心脏成像时,时间分辨率的高低决定了CT机在临床应用的适应性和范围。

5. 窗口技术 为了提高组织结构细节的显示水平,使CT值差别小的组织能被分辨出来,引入了窗口技术,即窗宽(window width)与窗位(window level)。窗宽是指图像上16个灰阶所包括的CT值范围。窗宽越大,图像越光滑、图像灰度层次多,组织对比度减少,细节显示差,适用于分辨率差别较大的组织,如肺。相反,则适用于分辨率差别较小的组织。窗位是指窗宽上下限的平均数。要观察某一组织的细微结构,最好以该组织的CT值为窗位。

二、CT的检查方法

CT的检查方法一般包括平扫(plain scan)及增强扫描(contrast enhanced scan)。

(一) CT平扫

CT平扫是不注入对比剂的常规检查,CT检查一般均先作平扫,它能提供病变的初步定位,适用于各部位疾病的检查。

(二) 增强扫描

CT增强扫描是指在血管内注射对比剂后再行扫描的检查方法,目的是提高病变组织同正常组织的密度差,显示病灶内血供状况,通过病变的不同强化方式,确定病变的性质。根据注射对比剂后扫描方法的不同,可分为常规增强扫描、动态增强扫描、延迟增强扫描、双期或多期增强扫描等方式。

1. 常规增强扫描 注射对比剂后60~70秒,对比剂充分进入组织及病灶中后,进行扫描。

2. 动态增强扫描 对于某一层面或病灶的感兴趣区(region of interest, ROI),在注射对比剂后进行连续不间断的重复扫描,以观察ROI注射对比剂密度随时间改变的动态情况。

3. 延迟增强扫描 一次大剂量注射对比剂后5分钟或更长时间重复扫描,以期提高脏器小病灶的检出率和定性准确率。

4. 多期增强扫描 静脉注射对比剂后,对不同的脏器进行动脉、静脉期扫描,必要时进行延迟期多时段扫描。肝动脉期扫描启动的时间一般为开始注射对比剂后20~30秒,静脉期为60~70秒,延迟期一般在开始注射对比剂后5分钟。

(三) 其他CT扫描

1. 薄层扫描 薄层扫描(thin slice scan)是指扫描层厚小于或等于5mm的扫描。其优点是减少了部分容积效应,能更好地显示病变的细节,一般用于检查较小的病灶或组织器官,需要进行三维重组等后处理,扫描层厚越薄,重建图像的质量越高。

2. 高分辨CT扫描 高分辨CT扫描(high resolution CT, HRCT)是采用薄层扫描、高空