

中国医学装备协会

全国大型医用设备工程技术人员上岗资质培训指定教材

医用磁共振成像设备 (MRI)设备技术学

主编 王 洪

中国医药科技出版社

全国大型医用设备工程技术人员上岗资质培训指定教材

医用磁共振成像设备 (MRI) 设备技术学

主 编 王 洪

副主编 付海鸿 王为民 徐 惠

编 委 (以姓氏笔画为序)

王为民 (北京大学)

王进喜 (泰山医学院)

王 洪 (泰山医学院)

付海鸿 (北京协和医院)

齐现英 (泰山医学院)

李晓原 (中山大学)

邱建峰 (泰山医学院)

张 晨 (卫生部北京医院)

赵 雷 (泰山医学院附属医院)

徐 惠 (泰山医学院))

康立丽 (南方医科大学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书为全国大型医用设备工程技术人员上岗资质培训专用教材,其编写充分反映了MRI技术的最新成就,并着重阐述了MRI设备的结构和工作原理、内容新颖、层次清晰、重点突出、循序渐进,达到理论与实例的充分结合。全书共分七章,分别介绍了磁共振设备的物理原理、系统构成、安装与调试、质量保证与测试、常见故障、制冷与屏蔽、基本操作及使用等。本书适合医用设备使用与维修人员、医用设备经销人员、医学院校相关专业师生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

医用磁共振成像设备(MRI)设备技术学/王洪主编. —北京:中国医药科技出版社, 2011. 9

全国大型医用设备工程技术人员上岗资质培训指定教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 5062 - 2

I. ①医… II. ①王… III. ①磁共振成像—设备—技术培训—教材 IV. ①TH776

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第128882号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行: 010 - 62227427 邮购: 010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092mm 1/16

印张 8 3/4

字数 184千字

版次 2011年9月第1版

印次 2011年9月第1次印刷

印刷 三河市腾飞印务有限公司印刷

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 5062 - 2

定价 36.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

编委会名单

学术顾问 朱庆生

名誉主编 赵自林

总 主 编 白知朋

副总主编 孟建国 唐日晶

秘 书 李林鸽

编 委 会 (以姓氏笔画为序)

王为民 王 洪 王荣福 石明国 田嘉禾

付海鸿 冯义濂 余厚军 张振荣 陈盛祖

林庆德 金永杰 胡逸民 敖国昆 耿建华

夏廷毅 徐 惠 郭京海 唐 峰 韩丰谈

韩鸿宾

前 言

为了规范全国医用设备使用人员的管理，加强对大型医用设备上岗人员的岗位培训，提高上岗人员的业务工作能力和实践技术水平，卫生部自 2004 年起在全国开展了大型医用设备上岗资质考核认证工作，并于 2008 年委托中国医学装备协会承担大型医用设备工程技术人员上岗培训。2010 年，中国医学装备协会委托泰山医学院组织 MRI 设备工程技术人员上岗培训教材的编写。

MRI 设备技术学是医学影像设备学科的一个重要分支。随着当代高新技术的飞速发展，MRI 技术获得了前所未有的进步，并在全国各大中型医院得到迅速普及。本教材的编写充分反映了 MRI 技术的最新成就，并着重阐述了 MRI 设备的结构和工作原理，力求做到内容新颖、层次清楚、重点突出、循序渐进，既有理论介绍又有实例分析，利用生动的文字深入浅出地阐述 MRI 设备的软硬件系统。

本教材共分七章，分别介绍了磁共振设备的物理原理、系统构成、安装与调试、质量保证与测试、常见故障、制冷及屏蔽、基本操作及使用。

参加本教材编写的人员既有具有多年教学实践经验的专业教师，又有在临床和生产一线工作多年、经验丰富的专业技术人员。教材编写期间得到了中国医学装备协会和参编单位的大力支持，同时也得到了泰山医学院领导和同志们的鼎力相助，在此一并表示感谢！

由于时间仓促，作者水平所限，难免存在不足之处，希望读者及同道专家提出宝贵意见，以便再版时改进。

王 洪

2010 年 11 月于泰山

目 录

第一章 磁共振设备的物理原理	(1)
第一节 MRI 设备概述	(1)
一、发展简史	(1)
二、MRI 设备主要特点及临床应用	(1)
三、MRI 设备主要技术参数及意义	(4)
四、MRI 设备分类	(4)
五、MRI 设备的构成	(5)
六、MRI 设备发展趋势	(7)
第二节 核磁共振现象	(9)
一、核自旋与核磁矩	(9)
二、质子在磁场中的能级分裂与旋进	(9)
三、宏观磁化矢量	(10)
四、射频脉冲与磁化轨迹	(10)
五、核磁共振现象	(10)
第三节 弛豫与磁共振信号	(11)
一、弛豫	(11)
二、纵向弛豫	(11)
三、横向弛豫	(12)
四、 T_2 弛豫	(13)
第四节 磁共振成像	(14)
一、灰度医学图像信号的空间定位	(14)
二、选层及选层梯度	(14)
三、频率编码	(14)
四、相位编码	(15)
五、选择性脉冲和非选择性脉冲	(15)
第五节 核磁共振图像重建	(16)
一、图像重建方法	(16)
二、K 空间	(16)

三、图像重建	(17)
第六节 磁共振脉冲序列	(17)
一、自旋回波序列	(18)
二、梯度回波序列	(18)
三、平面回波成像序列	(18)
第七节 磁共振血管成像	(18)
一、时间飞越法 MRA	(19)
二、相位对比法 MRA	(19)
第八节 磁共振血管成像	(20)
一、磁共振波谱成像	(20)
二、磁共振功能成像	(20)
三、磁共振灌注成像	(20)
四、磁共振弥散成像	(21)
第二章 磁共振设备的系统构成	(22)
第一节 MRI 设备的主磁体	(22)
一、磁体的种类	(22)
二、磁体的性能指标	(24)
三、超导磁体	(26)
四、永磁磁体	(29)
第二节 梯度磁场单元	(32)
一、梯度磁场的性能及技术参数	(32)
二、梯度磁场的构成	(34)
三、梯度控制器	(34)
四、梯度放大器	(34)
五、梯度线圈	(36)
六、涡流的影响和补偿	(38)
七、梯度冷却系统	(39)
八、梯度系统调整的技术参数	(39)
第三节 射频的发射线与接收单元	(39)
一、射频脉冲	(39)
二、射频线圈	(40)
三、射频脉冲发射系统	(43)
四、射频信号接收系统	(45)
第四节 MRI 流程控制单元	(47)

一、射频脉冲发射装置与接收装置	(47)
二、梯度磁场电源	(50)
三、恒温控制器	(50)
四、错误处理器	(50)
五、线圈序号识别器	(51)
第五节 中央控制系统	(51)
一、概述	(51)
二、服务器主板	(53)
三、激光相机接口	(53)
四、子 CPU 系统	(53)
五、心电图监视器	(55)
六、前端部分	(55)
七、图像处理软件的总体流程	(58)
第六节 磁共振扫描床	(60)
一、结构	(60)
二、床面水平纵向移动装置	(61)
三、床面水平横向移动装置	(62)
四、垂直运动装置	(62)
五、控制电路	(63)
第三章 磁共振设备的安装与调试	(67)
第一节 概述	(67)
第二节 安装准备	(67)
一、安装场地	(67)
二、场地环境测量	(68)
第三节 设备安装	(69)
第四节 布线和装配	(69)
一、布线要求	(69)
二、设备安装	(70)
三、磁体加热	(70)
四、温度控制电路	(70)
第五节 MRI 系统调试	(71)
一、磁场均匀度调整	(71)
二、梯度磁场调整	(74)
三、发射系统调整	(75)

四、接收系统的调整	(76)
五、有效视野调整	(77)
六、定位调整	(78)
七、快速自旋回波序列参数调整	(78)
八、备份及附加设置	(79)
第四章 磁共振设备的质量保证与测试	(80)
第一节 磁共振质量控制	(80)
第二节 磁共振成像质量测试体模	(80)
一、Magphan 体模	(80)
二、Victoreen 多功能体模	(81)
第三节 磁共振质量控制参数	(81)
一、信噪比	(81)
二、均匀性	(82)
三、线性度	(82)
四、空间分辨率	(83)
第四节 磁共振质量参数的检测	(84)
一、信噪比的测量	(84)
二、几何失真测量	(84)
三、层厚测量	(84)
四、均匀度测量	(85)
五、共振频率	(85)
六、高对比度空间分辨率	(85)
第五节 提高图像质量的方法	(86)
一、改变参数对图像的影响	(86)
二、图像质量间的相互影响	(87)
三、减轻伪影的方法	(88)
第五章 磁共振设备的常见故障	(90)
第一节 MRI 设备维修基础	(90)
一、产生故障的原因	(90)
二、故障检修原则及方法	(90)
第二节 MRI 常见故障种类	(92)
一、主磁体系统	(92)
二、梯度系统	(93)
三、射频发射/接受系统	(94)

四、扫描床	(94)
五、主计算机系统	(94)
第三节 常见典型故障分析与排除	(95)
一、常见故障	(95)
二、伪影	(98)
第六章 磁共振设备制冷及屏蔽	(104)
第一节 超导及低温系统	(104)
一、超导性与超导体	(104)
二、低温技术	(104)
第二节 氦制冷	(106)
一、制冷的原理	(106)
二、氦制冷	(107)
三、氦压缩制冷机与磁体冷头的关系	(109)
第三节 液氮的管理和贮存	(110)
一、液氮和液氮的管理	(110)
二、液氮的贮存	(110)
第四节 液氮灌装技术	(111)
一、输液氮率	(111)
二、输液氮管	(111)
三、输液氮的原理	(112)
四、输液氮步骤	(112)
第五节 超导环境的建立和励磁	(113)
一、超导环境的建立	(113)
二、励磁	(114)
三、持续电流模式	(114)
第六节 超导磁体的电源和持续电流开关	(114)
一、超导磁体的供电装置	(114)
二、持续电流开关	(115)
第七节 失超及其保护	(116)
一、失超的概念	(116)
二、失超的简单过程	(116)
三、失超的原因	(116)
四、磁体急停单元	(117)
五、失超管	(117)

六、氧检测器和应急排风机	(117)
第八节 磁场的屏蔽	(117)
一、磁场与环境的相互影响	(117)
二、主磁体屏蔽	(118)
三、射频屏蔽	(119)
四、机房噪声处理	(120)
第七章 磁共振设备的基本操作及使用	(121)
第一节 磁共振设备的基本操作	(121)
一、设备操作注意事项	(121)
二、设备操作标准程序	(122)
第二节 磁共振设备的临床使用	(123)
一、颅脑 MRI 常规扫描	(123)
二、垂体 MRI 常规扫描	(124)
三、颈椎、颈髓 MRI 常规扫描	(124)
四、胸椎、胸髓 MRI 常规扫描	(124)
五、腰骶椎、腰髓 MRI 常规扫描	(125)
六、胸部 MRI 常规扫描	(125)
七、腹部 MRI 常规扫描	(126)
八、盆腔、骨盆 MRI 常规扫描	(127)
九、肩关节 MRI 常规扫描	(127)
十、膝关节 MRI 常规扫描	(127)
十一、磁共振特殊成像技术及后处理技术	(128)

第一章 磁共振设备的物理原理

第一节 MRI 设备概述

一、发展简史

MRI 现象于 1946 年第一次由布洛赫 (F. Bloch) 领导的斯坦福大学研究小组和伯塞尔 (E. Purcell) 领导的哈佛大学研究小组分别在水与石蜡中独立观察到。布洛赫和伯塞尔因此共同获得了 1952 年的诺贝尔物理学奖。随后,人们利用 MRI 技术进行了多领域的研究。MRI 设备早期集中应用在物理和化学方面,用来确定化学成分、分子结构和反应过程。

1971 年,美国纽约州立大学的达马丁 (Damadian) 发现了 MRI 中的一个重要参数—— T_1 值。肿瘤组织的 T_1 值远大于相应正常组织的 T_1 值。此结果预示着 MRI 设备在医学诊断中的广阔应用前景。

1973 年,受 CT 图像重建的启示,纽约州立大学的劳特布尔 (Lauterbur) 在《Nature》杂志上发表了 MRI 设备空间定位方法(均匀静磁场上叠加梯度磁场),利用 MRI 模型(2 个并排在一起的充水试管),成功获得了第一幅 MRI 模型的二维图像。

1974 年,英国诺丁汉大学曼斯菲尔德 (Mansfield) 在成像方法上进行了开拓性研究,并发明了回波平面成像 (echo planar imaging, EPI) 技术,使图像质量更好、成像时间更快(可在 100 ~ 200ms 内得到高分辨率的图像)。曼斯菲尔德和劳特布尔共同获得了 2003 年的诺贝尔生理学 and 医学奖。

1975 年,恩斯特 (Ernst) 研究出相位

编码的成像方法。

1977 年,达马丁建成了历史上第一台全身 MRI 设备,完成了首例动物活体肿瘤检测成像,并获得首张人体活体 MRI 设备图像。

1980 年,阿勃亭 (Aberdeen) 领导的研究小组发表了利用二维傅立叶变换对图像进行重建的成像方法。该成像方法效率高、功能多、形成的图像分辨力高、伪影小,目前医用 MRI 设备均采用该重建方法。

1983 年, MRI 设备进入市场。

MRI 设备具有对软组织成像好的优点。把大量的波谱分析技术运用到医用 MRI 设备上,使其不仅可获得解剖学信息,更可获得诸如生理和生化方面等其他方面的信息。

二、MRI 设备主要特点及临床应用

(一) MRI 的优点

1. 无电离辐射危害

MRI 是一种安全的检查方法。MRI 设备的激励源为短波或超短波段的电磁波,小于 300MHz,无电离辐射损伤。从成像所用的 RF 功率看,尽管 MRI 设备的峰值功率可达数千瓦,但平均功率仅为数瓦,其 RF 容积功耗低于推荐的非电离辐射的安全标准。

2. 多参数成像

一般的医学成像技术都使用单一的成

像参数。例如，CT 的成像参数仅为人体对 X 线的吸收系数、超声成像只依据组织界面所反射的回波信号等。MRI 是一种多参数的成像方法，MRI 设备是测量活人体组织中氢质子密度的空间分布及其弛豫时间。

3. 高对比度成像

在所有医学影像技术中，MRI 的软组织对比分辨力最高。人体含有占体重 70% 以上的水，这些水中的氢核是 MRI 信号的主要来源，其余信号来自脂肪、蛋白质和其他化合物中的氢质子。氢质子与脂肪、蛋白质等组织中氢质子的 MRI 信号强度不同，故 MRI 图是高对比度的。

4. MRI 设备具有任意方向断层的能力

MRI 设备可获得横断面、冠状断面、矢状断面和不同角度的斜断面图像。线性梯度磁场用于 MRI 设备后，用 G_x、G_y 和 G_z 3 个梯度或者三者的任意组合来确定层面。在进行标准横轴位、矢状位或冠状位成像时，上述梯度场之一将被确定为选层梯度，其余两者在分别进行相位编码和频率编码后提供信号的位置信息。在进行任意层面检查时，选层信息由 2 个以上的梯度共同决定。整个 MRI 检查中没有任何形式的机械运动。

5. 无须使用对比剂直接显示心脏和血管结构

采用 MRI 技术可以测定血流，其原理为流体的时飞（time of flight，TOF）效应

和相位对比（phase contrast，PC）敏感性。与传统的血管造影法相比，它的最大优点是无创伤（不需注射对比剂）。因此，MRA 是一种全新的血管造影术。

从 MRA 的图像质量来看，目前它至少可以显示大血管以及各主要脏器的一级、二级分支血管。随着 MRI 设备性能的改进以及计算机软件的不断更新，通过 MRA 获得的血管像将越来越清晰。采用心电门控触发的方法，还能获得不同心动周期的图像。MRI 设备配备有图像电影展示软件。

6. 无骨伪影干扰，后颅凹病变清晰可辨

各种投射性成像技术往往因气体和骨骼的重叠而形成伪影。例如，做头颅 CT 扫描时，就经常在岩骨、枕骨粗隆等处出现条状伪影。MRI 无此类骨伪影。

7. 可进行功能、组织化学和生物化学方面的研究

任何生物组织在发生结构变化之前，首先要经过复杂的化学变化，然后才发生功能改变和组织学异常。但是，以往的影像诊断方法一般只提供单一的解剖学资料，没有组织特征和功能信息可利用。fMRI 使诊断深入到分子生物学和组织学的水平。

MRI 设备与 CT 扫描机各有优点，可以互相补充。表 1-1 为 MRI 设备与 CT 扫描机的性能比较。表 1-2 为 MRI 设备与 CT 扫描机的临床应用比较。

表 1-1 MRI 设备与 CT 扫描机的性能比较

性能特点	MRI 设备	CT 扫描机
信息载体	MRI 信号（发出所吸收的射频能量信息）	穿过组织的 X 线
体内信息源	质子密度，T ₁ 、T ₂ 弛豫时间及液体的流动	窄束 X 线的减弱程度或透射连续 X 线的强度分布
采用的电磁波	射频波（无线电波）	连续 X 线
电磁波频率	特定磁场下氢原子核的拉莫尔频率（小于 100MHz）	$3 \times 10^{10} \sim 3 \times 10^{14}$ MHz
电磁波波长	3m 以上（米波段）	约 10^{-10} m（1Å）
使用的磁场	静磁场和梯度磁场的叠加	无

续表

性能特点	MRI 设备	CT 扫描机
探测器及方法	接收线圈的感应电流	碘化钠 (NaI)、铋锗氧化物 (Bi-GeO)、氙 (Xe) 等
体层方向	任意方向	一般与体轴垂直
扫描机构	电子	机械或电子
数据采集方式	多方向或单方向投影	多方向投影
测量值	可多参数成像, 但不同机器所测参数 值难以比较	仅与 X 线衰减系数相对应
图像重建方法	以二维傅立叶变换成像法为主	滤波反投影法、二维傅立叶变换重建 法、卷积反投影法、迭代法等
有无电离辐射	仅有射频辐射, 约 10^{-7} eV	有 X 线辐射, 约 10^4 eV, 可能引起的 生物效应高
像素尺寸	已达 0.4mm	
层面厚度	3D 成像可达 1mm 以下	螺旋 CT 已达 0.5mm
每层面扫描时间	因扫描程序而异 (EPI 序列已达 5ms)	1s 左右 (螺旋扫描可进一步缩短, 超 高速 CT 已达数毫秒)
图像重建时间	0.05ms	<1s
实时成像功能	已达到	已达到

表 1-2 MRI 设备与 CT 扫描机的临床应用比较

应用范围	MRI 设备	CT 扫描机	备注
软组织对比度	高	低	MRI 设备可行乳腺成像
半月板、肌腱、 软骨及椎间盘	不使用对比剂, 清晰	需使用对比剂, 不清晰	
脊髓显示	清晰	困难	
白质和灰质	极明显	一般明显	
出血	可显示	高度明显	
钙化灶	不敏感	敏感	
骨皮质病变	不敏感	敏感	
骨伪影	无	有	
心血管	不使用对比剂, 可区别心 肌、心脏轮廓和大血管	须使用对比剂, 且只能显 示心肌和心脏轮廓	MRI 设备可行无创 伤血管造影
胎儿及孕妇检查	可进行 (妊娠 3 个月内慎 用)	一般不进行	MRI 设备可展示胎 儿及母体子宫、胎 盘等的结构
水的显示	极明显	明显	MRI 设备可行水成 像、扩散
生化及代谢测定	能	不能	成像和灌注成像
功能成像	能	能	需 MRI 设备一体化 系统
化学位移成像	能	不能	MRI 设备需高磁场 强度系统
对比剂类型	顺磁性物质	碘剂	需 MRI 设备一体化 系统

(二) 临床应用的局限性

1. 成像速度慢

由于成像速度慢,不适合于运动性器官和危重患者的检查等。对于噪动或丧失自制能力的患者。MRI 成像时间可分为扫描时间和图像重建时间两部分。随着计算机技术的发展,每幅图像的重建时间已缩短至毫秒数量级。

2. 对钙化灶和骨皮质病灶不够敏感

MRI 图像上钙化灶通常却表现为低信号。骨质中氢质子(或水)的密度较低,骨的 MRI 信号比较弱,所以骨皮质病变影像不清晰。

3. 禁忌证相对较多

MRI 设备的强磁场和 RF 场有可能使心脏起搏器失灵,也容易使各种体内金属性植入物移位。在激励电磁波作用下,体内的金属还会因为发热而对患者造成伤害。因此,置放心脏起搏器的患者、安装假肢或人工髋关节的患者、疑有眼球异物的患者以及动脉瘤银夹结扎术后的患者都应严禁做 MRI 检查。

4. 图像易受多种伪影影响

相对 CT 而言不存在骨伪影, MRI 容易出现其他伪影,甚至影响到设备的应用范围。MRI 的伪影主要来自设备(如磁体、射频线圈、梯度)、运动、金属异物和图像重建等方面。常见的表现有化学位移伪影、卷褶(包绕)伪影、截断伪影、非自主性(生理性)运动伪影、自主性运动伪影、流动伪影、静电伪影、非铁磁性金属伪影和铁磁性金属伪影等。上述伪影大多数能被克服,但图像质量的控制却很复杂。

三、MRI 设备主要技术参数及意义

与其他影像设备相比,影响 MRI 图像的信号强度或图像密度的参数较多。这些

参数大体可分为组织参数、设备参数和扫描参数三大类。

1. 组织参数

它是人体的内在信息参数。组织参数主要有质子密度(ρ)、纵向弛豫时间(T_1)、横向弛豫时间(T_2)、化学位移(σ)、液体流速(v)和波动。其中,组织参数 ρ 、 T_1 和 T_2 决定图像信号的密度。组织参数 σ 决定水与脂肪的分离成像,能引起化学位移伪影。组织参数 v 和波动可用于进行血管成像,能引起运动伪影。

2. 设备参数

它是 MRI 成像所依赖的设备条件及成像过程的测量条件参数。设备参数主要有主磁场强度、梯度磁场强度和切换率、射频发射功率和线圈特性(包含发射线圈和接收线圈)、测量条件。

3. 扫描参数

根据临床诊断的不同,可以选择不同的参数来产生所需要的 MRI 图像,具体可选择的扫描参数的如下。

重复时间(time of repetition, TR)、回波时间(time of echo, TE)和反转时间(time of inversion, TI)的长短取决于欲获得图像的性质,即图像的权重。层厚、平均采样次数、像素尺寸、有效视野和层数分类决定扫描区域并控制图像信号的密度。各种应用软件可获得不同区域的 MRI 图像,而且提高检查速度、有效抑制伪影、功能完善。

四、MRI 设备分类

从不同角度来进行分类。

(一) 按成像的范围分类

1. 实验用 MRI 设备

用于动物、生化制品、药品等研究领域,测量孔径小。

2. 局部 MRI 设备

检查孔径的大小和形状适应特殊部位

(头、乳腺、四肢关节等)的需要,测量孔道短。

3. 全身 (whole body) MRI 设备

检查孔径大,检查孔道长,能容纳人体进入和穿越。适用于全身各部位的检查。

(二) 按主磁场的产生方法分类

1. 永磁型

由磁性材料(钕铁硼、铝镍钴、铁氧体、稀土钴)经研磨、高温、高压拼接而成的磁体。产生的磁场强度可达 0.5T。

2. 常导型

又称阻抗型,由导电线圈构成的空芯或铁芯电磁体。制造成本低廉,电力消耗大,磁场不稳定,运行成本略高。

3. 混合型

常见的是永磁型和常导型两种磁体的组合。产生的磁场强度可达 0.7T。

4. 超导型

由浸泡在密封液氮杜瓦中的超导螺线管线圈构成的电磁体。其产生的磁场强度可达 3~12T,甚至更高,而检查孔径可大可小,既有小孔径非人体微成像的专用设备,也有大孔径人体局部或全身成像的通用设备。

(三) 按静磁场的磁场强度分类

1. 低场机

指 0.5T 以下的 MRI 设备(以 0.3T 为典型代表)。

2. 中场机

指 0.5~1.0T 之间 MRI 设备。

3. 高场机

指 1.0~2.0T 之间的 MRI 设备(以 1.5T 为杰出代表)。

4. 超高场机

指 3.0T 及以上的 MRI 设备(以 3.0T 为突出代表)。

(四) 按主磁场的临床应用分类

(1) 诊断用 MRI 设备。

(2) 介入治疗专用型 MRI 设备。磁体是永磁式,但必须采用开放式设计,配套专用接受线圈、非磁性手术器械和非磁性介入工具。

(3) 外科手术术前病灶定位和手术计划的制定。磁体可以是永磁的,也可以是超导的(磁体必须是开放式的),需使用磁共振专用的立体空间定位托架和与之配套的专用接受线圈。

(4) 磁共振引导下聚焦超声肿瘤治疗。

(5) 各种放射治疗的定位。

五、MRI 设备的构成

MRI 设备根据用途不同,可分为两大类:一是临床应用型,其主磁体磁场强度在 0.5T 以下;二是临床研究型,其磁场强度在 1.5T 以上。MRI 设备根据磁场的产生方式不同,可分为三大类:永磁型、常导型、超导型。鉴于常导型已退出市场多年,本书不再论及。

(一) 永磁型 MRI 设备

如图 1-1 和图 1-2 所示,永磁型 MRI 设备的主磁场方向为垂直方向。永磁型 MRI 设备的硬件部分因安装位置的不同,又可分为扫描室内、扫描室外两大部分。

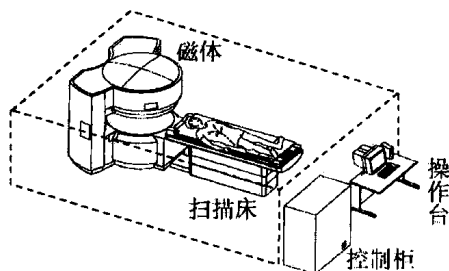


图 1-1 永磁型开放式 MRI 设备的组成示意图

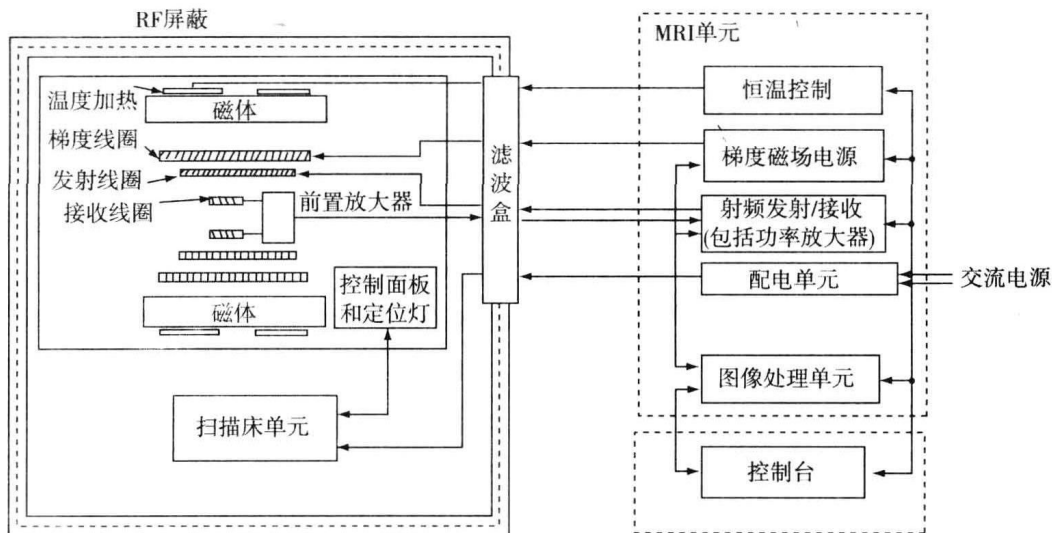


图 1-2 永磁型 MRI 设备的结构示意图

1. 扫描室内部分

它包括主磁体（magnet），支架（yoke），温度加热器（thermostat），梯度磁场线圈（gradient magnet field coil），RF 发射线圈（transmitter coil），接收线圈（receiver coil），前置放大器（preamplifier），控制面板（control panel）和扫描床（patient table）。需对整个扫描室进行磁屏蔽。

2. 扫描室外部分

它包括中央控制柜（central control console, CCC）、电源分配器（power distribution）、恒温控制器（thermostatic control）、梯度磁场电源（power supply for gradient magnetic field）、RF 发射/接收装置（RF transmitter/receiver）、操作台、计算机和图像处理器。

3. 滤波盒（filter box）

为防止干扰，扫描室内外的所有连接线均需要通过滤波盒转接。

（二）超导型 MRI 设备

如图 1-3 和图 1-4 所示，超导型 MRI 设备由主磁体（含冷却装置）、扫描床、梯度线圈、射频（radio frequency, RF）线圈、谱仪系统、控制柜、人机对话

的操作台、计算机和图像处理器等构成。超导型 MRI 设备的主磁场方向为水平方向。超导型 MRI 设备和永磁型 MRI 设备的基本构成是：主磁体、扫描床、谱仪系统、控制柜、操作台、计算机和图像处理器等。本书以永磁型 MRI 设备为主，主要介绍 MRI 设备的硬件系统。图 1-5 为超导型 MRI 设备的组成示意图。

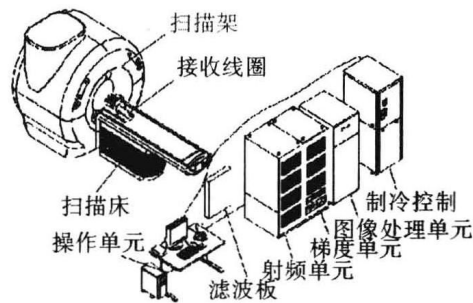


图 1-3 超导型 MRI 设备的组成示意图

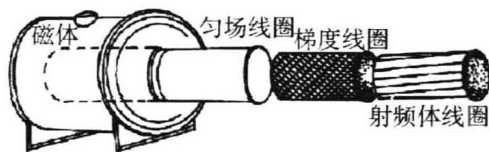


图 1-4 超导磁体系统组成示意图