

MRI 临床应用 基础学

刘怀军 赵磊 主编

MRI
LINCHUANG
YINGYONG
JICHUXUE

MRI

河北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

MRI临床应用基础学 / 刘怀军, 赵磊主编: — 石家庄: 河北科学技术出版社, 2007.9

ISBN 978-7-5375-2434-6

I. M… II. ①刘… ②赵… III. 磁共振成像—临床应用
IV. R445.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第1337748号

MRI临床应用基础

刘怀军 赵磊 主编

出版发行 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街330号(邮编:050061)

印 刷 栾城县博彩印刷有限责任公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16

印 张 41.25

字 数 800000

版 次 2007年9月第1版

2007年9月第1次印刷

印 数 1000

书 号 ISBN 978-7-5375-2434-6

定 价 98.00 元

[http:// www.hkpress. com. cn](http://www.hkpress.com.cn)

编 委 会

主 编	刘怀军	赵 磊					
副 主 编	王藏海	杨冀萍	李 晖	贺 丹			
编 委	卜静英	薄世伟	边艳珠	崔建岭	崔彩霞	蔡宗霖	
	池 琛	陈 薇	陈美萍	程 炜	丁建平	冯平勇	
	付凯亮	高凤国	高国栋	郜晓彬	耿左军	郭平珍	
	何 杰	胡振明	韩 娟	黄勃源	焦金海	李 英	
	李书玲	李石玲	李林芳	李翠宁	李彩英	李靖武	
	刘 燕	刘记存	刘志和	刘增品	刘凤海	柳 青	
	雷建明	栾 静	马桂欣	孟令惠	孟江涛	孟凯龙	
	屈长强	乔桂荣	全冠民	任献玲	秦瑞平	孙吉林	
	孙胜军	宋 鹏	宋 波	时高峰	史朝霞	史鸿昌	
	尚 华	陶 冉	武柏林	吴艳凯	汪国石	王 勇	
	王 黎	王文燕	王立新	王志红	王春霞	王颖杰	
	夏洪波	玉 鉴	闫 雪	袁 涛	尹兰英	颜立群	
	杨 桦	杨海庆	宗会迁	朱青峰	赵 林	周立霞	
	周存河	章炜炜	张 友	张 晖	张 颖	张 鑫	
	张 强	张新荣	张俊霞	郑历明	孙 舰		
绘 画	刘怀军						

内 容 提 要

本书是 MRI 在临床医学应用中的基础参考读物,内容包括基础知识与临床应用原理。采用卡通画式、问答式,有利于初学者阅读,适于各级医务工作者和医学影像专业学生阅读、学习,是 MRI 技术专著,也是医学影像学专业学生的补充教材。本书以问答式和总结式编写,内容由浅入深,既有 MRI 的基础理论知识,也深入地理解了 MRI 灌注成像与扩散成像等功能成像的内容。由于是卡通式,所以很有趣味性。做为医学影像专业学生的教材也是一种新的尝试。适用于医学专业本科生、医学影像学专业本、硕、博学生参考。

序

MRI 技术在医学中的应用越来越普及，积累了很多的临床医学经验，其在临床医学中的应用价值也显得极为重要。近年来 MRI 无论是硬件建设还是软件开发都有突飞猛进的发展和提高，一些新的成像序列与参数选择又是临床应用之中必须掌握的内容。为了适应临床应用的需要，让医生及医学院学生更直观、准确地学好这些知识，根据 MRI 的发展及临床的实际情况绘编了这本专著。初稿之始，得到了很多学者的帮助和鼓励。新奥博为技术有限公司的甘中学博士、赵磊博士等海外学子曾几次与作者座谈，探讨这本专著的写作方向和读者对象，特别是当作者提出拟采取卡通画的形式编写时，他们非常感兴趣，并给予鼓励 and 大力支持。几位博士还从工程技术人员的角度对全书的内容给予了审定。作者曾多次去新奥博为技术有限公司 MRI 研发车间和研究部门参观学习，看到我国自主研发的 MRI 设备服务于我国医院，很受鼓舞。GE 公司的几位博士和技术人员也对书稿给予审定和修改，并提供了大量的资料。书中某些内容也引用新奥博为技术有限公司低场强 MRI 设备的资料。在编写过程中，参考和引用了很多国外学者的著作和论述，使本书更具科学性和先进性。

本书因为是卡通式读物，所以采取了问答式，内容简练，语言流畅，易懂易记。在内容的选择上，本书本着先基础后实用再进展、先理论后应用的编排原则，既有基础知识，又有 DWI、PWI 等新技术新方法的内容。特别是

DWI 和 PWI 的基础理论部分占据的篇幅较大,目的也是便于大家理解和合理的使用。

2005 年,著名的医学影像学专家马大庆、高培毅、张云亭、白人驹几位教授鼓励我用卡通画的方式编写一些 MRI 方面的科普书,并在学术和很多方面给予了我指导与帮助,增强了我编写此书信心,在此,对他们表示衷心的感谢与祝福。

本书的编写和绘画历经 1 年的时间,因不时地总有一些新技术问世,所以也总是打断作者的写作思路,致使原有的初级写作模块有些不如意,有些内容已经反复修改,也有些内容有或多或少的重复,好在都是为了相互解释相互补充,就没有做大的改动,不当之处,待再版时加以修正吧。颜立群、杨冀萍、李晖、贺丹和陈薇等同志在版面编排、文稿打印、图画上色方面作了大量的工作,杨冀萍、李晖同学负责本书的初稿校对和编辑工作,贺丹博士承担了 MRI 图片的编排工作。他们都为此书的出版做出了很大贡献,在此一并致谢。

本书在编写过程中参考和引用了很多国内外文献和专著,因是教材,受篇幅之限,除个别文献外,恕不一一列出,并致以谢意。

以上所介绍的编写之感,就权当小序吧。

刘怀军

2007 年 8 月

前 言

本书重点讨论了临床图像，而不是单纯的数学公式，结合实际讨论了MR物理学原理，旨在使读者能够深入了解临床图像方面的知识，提高诊断效率。通过从对患者所作的实际检查中获得的图像的分析，让读者了解MRI的基本知识。内容涉及与日常实践关系最为密切的某些课题，从成像的基本原理和脉冲序列到增强磁共振血管成像、波谱学、灌注和扩散及神经束成像技术等基础知识。

本书采用卡通画式，编写了中英对照两个版本教材，主要具备下列特点：通过实际患者的图像而不是令人费解的图表或公式来讲授MR物理学的基础知识。

每个章节中均有由医生、物理学家和技术人员组成的专家组提供极具针对性的基础知识。

通过讨论最新的硬件和软件创新技术，如多波段相位阵列线圈技术和平面回波成像，介绍最新的进展情况。以达到通俗易懂的效果。

本书通过直接的术语和清晰的图像介绍复杂的MRI物理学原理，适合所有需要增加与MRI相关的工作知识和能力的医生以及在校医学生参考，也可做为医学院校教材。在某些程度上，消除了与文献之间的重大隔阂。

作为医学本科学生阶段的教材，本书对最基本的MRI成像原理与技术不做重点讲授，重点利用实际MRI图像，用物理学基础知识加以分析解释。这在医学本科、硕士研究生甚至是博士研究生的教学实践中是一种新的尝试，但愿它能够给大家带来学习的好心情，取得好的学习效果

本书初稿阶段曾在河北医科大学医学影像学系的部分本科生和研究生

教学中实践，大家反映良好，并提出了一些非常好的建议，作者采纳了这些建议并做了相应修改。

本书参考和引用了《MRI 物理基础与临床图像》、《Diffusion · Perfusion MRI 一望千里》等国外著作的内容，适于初学者学习和使用，非常感谢著作者给予的重大贡献。

刘怀军

2007 年 8 月

目 录

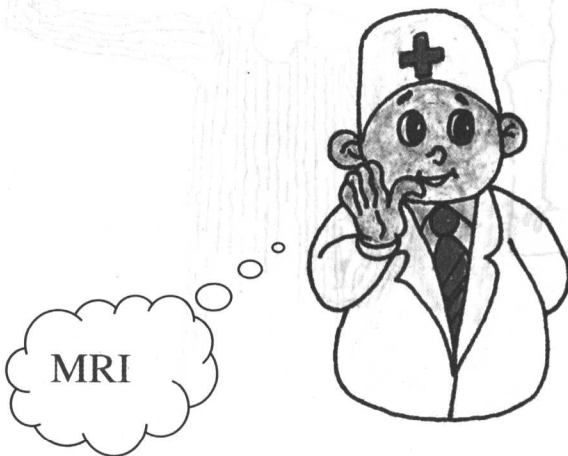
1 MRI 扫描设备的基本组件	(3)
2 MR 静磁场的安全性	(7)
3 MR 梯度磁场的安全性	(10)
4 MR 射频磁场的安全性	(11)
5 表面线圈	(12)
6 多通道线圈技术	(17)
7 多通道线圈技术的体部成像	(24)
8 触发和门控技术的 MR 功能成像	(35)
9 触发技术的 MR 形态成像	(45)
10 MR 成像基础中的 k 空间、原始数据、图像数据	(50)
11 像素和体素	(64)
12 信噪比	(70)
13 对比噪声比	(75)
14 信噪比与对比噪声比	(77)
15 T1、T2 和质子密度加权成像	(81)
16 自旋回波成像	(86)
17 快速自旋回波成像	(92)
18 缩小回聚角的快速自旋回波	(98)
19 MR 相位编码	(102)
20 驱动平衡傅立叶转换	(106)
21 快速梯度自旋回波	(112)
22 半傅立叶扫描单激发快速自旋回波	(115)
23 反转恢复 I	(119)

24	反转恢复 II	(122)
25	脂肪饱和液体反转恢复序列	(125)
26	扰相梯度回波	(130)
27	回聚 (稳态) 梯度回波	(133)
28	稳态双回波	(137)
29	平衡梯度回波	(140)
30	稳态自由进动	(144)
31	PSIF 与反转 FISP	(148)
32	稳态构成干扰序列	(152)
33	TurboFLASH、FSPGR 与 TFE	(155)
34	更快更强的梯度 I	(159)
35	更快更强的梯度 II	(163)
36	多层面成像和链状结合	(166)
37	3D 成像的基本原理	(170)
38	MP-RAGE	(176)
39	平面回波成像	(179)
40	流动效应	(184)
41	2D 时间飞跃法 MRA	(188)
42	3D 时间飞跃法 MRA	(194)
43	3D 时间飞跃法 MRA 中的翻转角和磁化转移	(200)
44	2D 相位对比法 MRA	(204)
45	腹部对比增强 MRA	(208)
46	颈动脉对比增强 MRA	(212)
47	外周循环对比增强 MRA	(216)
48	腹部运动校正 I	(220)
49	腹部运动校正 II	(224)
50	容积内插值替换屏气检查	(227)
51	磁共振胰胆管成像	(231)

52	脂肪抑制技术的频谱饱和	(236)
53	水激发与脂肪激发	(239)
54	脂肪抑制技术的短时反转恢复序列	(242)
55	脂肪抑制技术的相位循环	(244)
56	磁化转移	(247)
57	T1 和 T2 弛豫时间计算	(251)
58	扩散加权成像	(255)
59	扩散张量成像	(334)
60	灌注加权成像	(340)
61	血氧水平依赖成像原理	(386)
62	血氧水平依赖成像应用	(391)
63	质子波谱简介	(395)
64	SE 与 STEAM	(398)
65	化学位移成像	(401)
66	平均次数	(405)
67	层面厚度	(408)
68	层面轮廓	(411)
69	层面激发顺序	(414)
70	层面方向	(418)
71	视野简介	(422)
72	矩形	(426)
73	频率编码方向的矩阵大小	(430)
74	相位编码方向的矩阵大小	(433)
75	部分傅立叶	(436)
76	图像内插	(439)
77	相位图像	(442)
78	用于减少伪影的图像滤波处理	(445)
79	用于提高信噪比的图像滤波处理	(448)

80	3D 图像的后处理技术.....	(452)
81	以 k 空间为基础的投射影像重建技术的平行成像.....	(457)
82	以成像为基础的投射影像重建技术的平行成像.....	(460)
83	并行成像和多通道线圈.....	(463)
84	钆螯合对比剂.....	(467)
85	其他类型钆螯合对比剂.....	(472)
86	无钆对比剂.....	(475)
87	心脏形态成像.....	(479)
88	心脏功能成像.....	(485)
89	心肌灌注成像.....	(489)
90	心肌存活性成像.....	(493)
91	MR 乳腺动态成像.....	(497)
92	乳腺假体成像技术中硅酮的问题.....	(502)
93	磁敏感性伪影.....	(505)
94	磁敏感性最大化.....	(510)
95	金属伪影.....	(514)
96	化学位移伪影与采样带宽.....	(517)
97	几何变形伪影.....	(519)
98	运动伪影.....	(524)
99	梯度磁场相归零.....	(529)
100	空间饱和法.....	(533)
101	流动伪影.....	(536)
102	卷褶伪影.....	(540)
103	截断伪影.....	(544)
104	磁敏感加权成像.....	(547)
105	神经束图 (Tractogram)	(553)
106	MRI 的质量保证	(575)
	参考文献.....	(599)

MRI



老师：什么是 MRI

啊??????

MRI 临床应用
基础学



1. MRI 扫描设备的基本组件

磁共振成像 (MRI) 是一种非常先进的医学影像成像技术, 属于高科技范畴, 涉及很多复杂的物理知识和理论。我们从基础知识到临床应用等方面逐一讲授。

我们先来介绍 MRI 扫描设备的基本组件

● 磁体

氢原子具有一个核自旋, 伴随核自旋会产生一个磁矩。一个强磁场可以使这些磁矩的方向与磁场方向平行。磁场强度 B_0 以特斯拉 (T) 为测量单位。一个 1.5T 的系统 (图 1-1) 可以产生约为地球磁场 30,000 倍的磁场, 这种场强不会给人类带来任何永久性的生理学影响, 只会发生可以忽略不计的暂时性变化。超导磁场通过在超导线圈中输入约 400 安培 (A) 的电流而产生。超导就意味着一旦开通电流, 就可以断开电源, 将线圈首尾相接, 电流就会继续流动。只要超导状态维持不变, 那么磁体就会在任何时候都有磁场。永磁磁场则是由磁性材料构成, 一旦磁场建立, 便永久保持其磁场强度, 无需耗能。

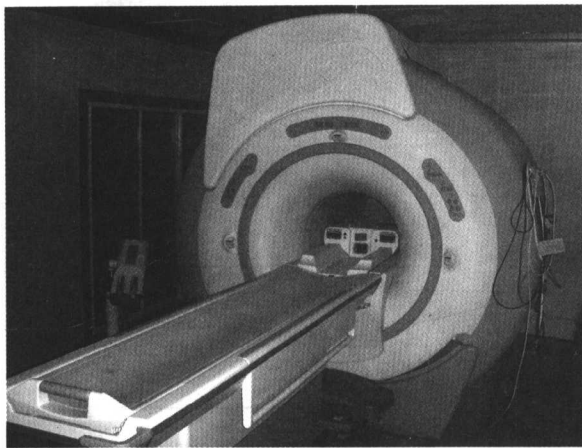


图 1-1



● 发射射频线圈

使磁矩的方向偏离与磁场平行的方向使它们产生进动（其轴扫过一个锥面的自旋运动），拉莫尔自旋频率系数约为 42MHz/T 。这些旋转的磁矩会导致在临近的线圈产生一个电磁信号——所谓的磁共振（MR）信号。如要将磁矩方向偏移则需要一个旋转的 B_1 磁场，其频率需要同磁矩频率相同。因为，只有发生“共振”的才会受到影响，因此才有了“磁共振”这个术语。旋转 B_1 磁场由天线发射射频（RF）磁场提供。持续时间为毫秒量级，如 2.5ms 的 90° RF 激励脉冲所提供的 B_1 磁场约为 $2.3\mu\text{T}$ 。所使用的 RF 频率低于微波，但是患者可能会在一定程度上感觉到热。人体所接收的能量被称为特定吸收率（specific absorption rate, SAR），正常情况下可达到 1.5W/kg 。

第二个基本组件就是发射射频线圈。



啊，那么，主要工作原理是什么啊？

第三个基本组件是梯度。



梯度是什么呀？它在 MRI 设备中起什么作用啊？



● 梯度

流过梯度线圈的电流可在一个方向使磁场强度平滑地改变，又根据位置不同，可使磁矩产生不同的进动频率。

RF 脉冲可由一系列的频率组成，而只有与这些频率共振的磁矩才会得到激励，这就是典型的层面选择型激励的基本原理。

磁矩一旦开始转动，便可以再次产生磁场梯度，并且将空间信息通过进动频率“编码”到信号中。例如，可以通过向有电阻的线圈中输入约 400A 的电流持续 7ms 来建立磁场梯度，这导致磁场出现 40mT/m 的变化。以 T/m/s 为单位的梯度切换率可以用来衡量梯度建立的速度。快速强效的梯度系统对所有临床医学应用都是有益的。梯度线圈中各缠绕线圈之间因电磁相互作用而产生的机械力会导致其形状出现微小的变形，因而在 MR 检查过程中会产生咔嗒声。快速变化的磁场梯度会使患者（不良导体）体内产生感应电流，并可模拟出神经信号，导致肌肉的异常收缩。而“刺激监控器”可以通过监视梯度的切换，防止异常情况发生。