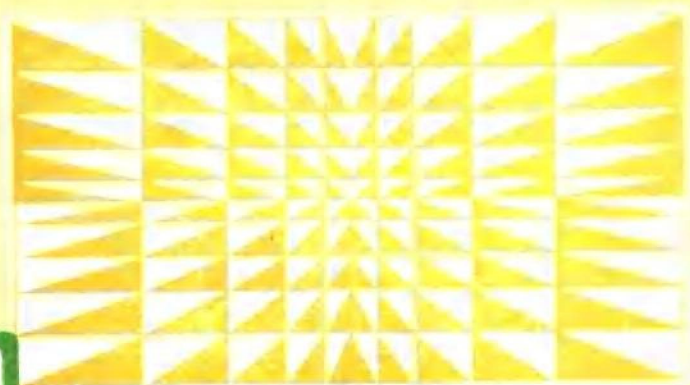


第 1 版

# 临床 磁共振成像



2

人民军医出版社

临床磁共振成像  
黄其流 主编

人民军医出版社出版  
(北京市复兴路22号甲3号)  
(邮政编码: 100842)

一二〇二工厂印刷

新华书店总店北京科技发行所发行

开本: 787×1092毫米1/32·印张: 9 字数: 192千  
1991年5月第1版 1991年5月(北京)第1次印刷  
印数: 1—3,000 定价: 4.85元

ISBN 7-80020-207-0/R·179

(科技新书目: 238--199〇1)

## 前 言

在医学影像诊断学领域中，作为继CT后又一重大发展的磁共振成像术（MRI）进入临床已经快10年了。MRI具有许多独特的优点和特点，例如，无电离辐射性损伤，比CT有更高更好的软组织对比度，多方向、多参数成像，无需用血管造影剂即可显示血管等。MRI的成像参数，是由被检部位组织器官的生物化学、生物物理等环境因素所决定的，因此，MRI的医学图像不仅显示了人体解剖及其病理变化的影像学细节，而且还提供了有关分子水平的诊断信息。为此，它的临床应用得到了很好的诊断效果，引起了临床学家们的极大兴趣和高度重视。当前，MRI的临床应用，在发达国家中已比较普遍，在我国则起步较晚，据近期的不完全统计，全国现有16台MRI扫描仪投入临床使用。我院1985年底引进了一台MRI扫描仪，通过近5年的临床实践，积累了一定的经验和临床病例。本书就是我们根据自己的工作体会，结合国内外文献编写而成的。内容包括磁共振现象、磁共振成像的基本理论以及临床各系统疾病MRI诊断要点等，比较简单实用，可供初学者和从事影像诊断的同志们阅读参考。MRI的发展日新月异，它涉及物理、化学、计算机、工程学等多个学科的内容，由于我们的知识水平和经验有限，书中难免有不准确甚至错误之处，敬请读者指出。

黄其流

1990年6月

于第一军医大学南方医院

# 目 录

## 第一篇 总 论

### 第一章 磁共振概念简介

第一节 磁共振现象、自旋质子、静磁场、射频脉冲.....	(2)
一、磁共振现象 .....	(2)
二、自旋质子 .....	(2)
三、静磁场 .....	(3)
四、射频脉冲 (RF) .....	(5)
第二节 自由感应衰减、质子密度、弛豫时间、纵向和 横向弛豫时间、流动效应 .....	(7)
一、自由感应衰减 (FID) .....	(7)
二、质子密度 .....	(8)
三、弛豫时间 .....	(8)
四、纵向弛豫时间 ( $T_1$ ) .....	(8)
五、横向弛豫时间 ( $T_2$ ) .....	(10)
六、流动效应 .....	(12)
第三节 梯度磁场和表面线圈 .....	(14)
一、梯度磁场 .....	(14)
二、表面线圈 .....	(14)

### 第二章 磁共振成像术

第一节 磁共振成像术的发展史 .....	(16)
第二节 磁共振成像术的影像-病理学基础 .....	(18)
第三节 磁共振成像扫描机 .....	(22)

一、主要结构成份及其各自的功能 .....	(22)
二、主磁体和扫描机的类型及其特点 .....	(26)
第四节 射频脉冲序列及成像参数加权 .....	(27)
一、自旋回波 (Spin-echo) 序列 .....	(27)
二、IR序列 .....	(31)
三、快速成像序列 .....	(32)
第五节 磁共振成像的检查方法 .....	(36)
一、检查前准备和注意事项 .....	(36)
二、切层厚度、切层层距、切层方向以及射频脉冲 序列的选择 .....	(38)
第六节 磁共振成像医学图像的特点及读片程序要点 .....	(41)
第七节 磁共振成像的安全性 .....	(44)
一、静磁场的效应 .....	(44)
二、梯度磁场效应 (或随时间变化的磁场效应) .....	(46)
三、射频脉冲磁场 .....	(46)
第八节 磁共振成像术临床应用的现况 .....	(47)
一、磁共振成像与其他医学影像学诊断手段的比较 和评价 .....	(47)
二、磁共振成像与组织特性的关系 .....	(52)
三、磁共振成像与肿瘤诊断 .....	(55)
四、顺磁性磁共振成像增强剂Gd-DTPA的临床 应用 .....	(61)
五、磁共振成像技术的进展 .....	(67)

## 第二篇 磁共振成像术在各系统疾病 诊断中的应用

### 第三章 磁共振成像术在颅脑疾病诊断中的应用

第一节 颅脑MRI的适用范围及检查方法 .....	(73)
---------------------------	------

一、适用范围 .....	( 73 )
二、检查方法 .....	( 75 )
第二节 颅脑的MRI解剖 .....	( 77 )
第三节 脑瘤的MRI诊断 .....	( 78 )
一、颅脑肿瘤的一般MRI表现 .....	( 78 )
二、常见颅脑肿瘤的MRI表现 .....	( 83 )
第四节 颅脑非肿瘤性疾病的MRI诊断 .....	( 96 )
一、脑血管疾病的MRI表现 .....	( 96 )
二、颅脑损伤及其并发症的MRI表现 .....	( 102 )
三、中枢神经系统脱髓鞘疾病的MRI表现 .....	( 105 )
四、常见颅脑先天性疾病的MRI表现 .....	( 107 )
五、颅内炎症及其它疾病的MRI表现 .....	( 111 )

#### 第四章 磁共振成像在眼和眶部疾病 诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	( 116 )
一、适用范围 .....	( 116 )
二、检查方法 .....	( 116 )
第二节 眼及眶部的MRI解剖 .....	( 117 )
第三节 眼及眶部常见病变的MRI诊断 .....	( 118 )
一、眼球疾病的MRI表现 .....	( 118 )
二、球后眶内占位病变的MRI表现 .....	( 121 )
三、眶部假瘤的MRI表现 .....	( 123 )
四、眶部外伤的MRI表现 .....	( 124 )
五、眶壁邻近结构病变的MRI表现 .....	( 126 )

#### 第五章 磁共振成像在鼻咽部和颞下颌 关节疾病诊断中的应用

第一节 鼻咽部 .....	( 128 )
---------------	---------

一、适用范围和检查方法 .....	(128)
二、鼻咽颅底区的MRI解剖 .....	(129)
三、鼻咽癌的MRI诊断 .....	(131)
第二节 颞下颌关节 .....	(134)
一、适用范围和检查方法 .....	(134)
二、颞下颌关节的MRI解剖 .....	(135)
三、颞下颌关节异常的MRI表现 .....	(135)

## 第六章 磁共振成像在颈部疾病诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	(137)
一、适用范围 .....	(137)
二、检查方法 .....	(137)
三、颈部MRI检查的初步临床评价 .....	(139)
第二节 颈部的MRI解剖 .....	(142)
第三节 颈部病变的MRI诊断 .....	(149)
一、舌及口咽部肿瘤的MRI表现 .....	(149)
二、喉癌的MRI表现 .....	(149)
三、喉部良性病变的MRI表现 .....	(153)
四、喉部外伤的MRI表现 .....	(154)
五、甲状腺疾病的MRI表现 .....	(155)
六、甲状旁腺疾病的MRI表现 .....	(158)
七、颈部淋巴结肿大的MRI表现 .....	(160)

## 第七章 磁共振成像在胸部疾病诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	(163)
一、适用范围 .....	(163)
二、检查方法 .....	(163)
第二节 纵隔及肺的MRI解剖 .....	(166)
第三节 胸部疾病的MRI诊断和鉴别诊断 .....	(167)

一、肺癌的MRI表现 .....	(167)
二、纵隔肿瘤的MRI表现 .....	(169)
三、其它疾病的MRI表现 .....	(172)

## 第八章 磁共振成像在心血管系统疾病 诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	(174)
一、适用范围 .....	(174)
二、检查方法 .....	(175)
第二节 心脏的MRI解剖 .....	(178)
第三节 心脏功能的MRI测量 .....	(179)
第四节 心脏疾病的MRI诊断 .....	(180)
一、冠心病的MRI表现 .....	(180)
二、心肌病的MRI表现 .....	(181)
三、先天性心脏病的MRI表现 .....	(182)
四、心包疾病的MRI表现 .....	(183)
五、心脏肿瘤的MRI表现 .....	(183)
六、主动脉瘤的MRI表现 .....	(184)

## 第九章 磁共振成像在上腹部疾病 诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	(187)
一、适用范围 .....	(187)
二、检查方法 .....	(189)
第二节 肝脏与胆道 .....	(190)
一、肝脏与胆道的MRI解剖 .....	(190)
二、肝脏疾病的MRI诊断 .....	(191)
三、胆道疾病的MRI诊断 .....	(197)
第三节 脾脏 .....	(198)



一、脾脏的MRI解剖 .....	(198)
二、常见脾脏疾病的MRI诊断 .....	(199)
第四节 胰腺 .....	(200)
一、胰腺的MRI解剖 .....	(200)
二、常见胰腺疾病的MRI诊断 .....	(201)
第五节 肾脏 .....	(202)
一、肾脏的MRI解剖 .....	(202)
二、肾脏常见疾病的MRI诊断 .....	(203)
第六节 肾上腺 .....	(210)
一、肾上腺的MRI解剖 .....	(210)
二、肾上腺疾病的MRI诊断 .....	(210)

## 第十章 磁共振成像在盆腔疾病 诊断中的应用

第一节 检查方法 .....	(215)
第二节 盆腔的MRI解剖 .....	(216)
一、膀胱 .....	(216)
二、男性生殖系统 .....	(217)
三、女性生殖系统 .....	(218)
四、其他结构 .....	(219)
第三节 盆腔常见病的MRI诊断 .....	(220)
一、膀胱壁肥厚的MRI表现 .....	(220)
二、膀胱充血和炎症的MRI表现 .....	(220)
三、膀胱癌的MRI表现 .....	(220)
四、前列腺肥大的MRI表现 .....	(222)
五、前列腺癌的MRI表现 .....	(223)
六、子宫体癌的MRI表现 .....	(224)
七、子宫肌瘤的MRI表现 .....	(226)
八、子宫颈癌的MRI表现 .....	(226)

九、卵巢良性占位病变的MRI表现 .....	(227)
十、卵巢癌的MRI表现 .....	(228)

## 第十一章 磁共振成像在脊柱和脊髓 疾病诊断中的应用

第一节 适用范围和检查方法 .....	(231)
一、适用范围 .....	(231)
二、检查方法 .....	(232)
第二节 脊柱和脊髓的MRI解剖 .....	(234)
第三节 脊柱和脊髓疾病的MRI诊断 .....	(236)
一、先天性疾病的MRI表现 .....	(236)
二、退行性病变和椎间盘突出的MRI表现 .....	(238)
三、肿瘤的MRI表现 .....	(240)
四、外伤的MRI表现 .....	(244)
五、炎症的MRI表现 .....	(245)
六、放疗后改变的MRI表现 .....	(245)
七、MRI增强剂的应用 .....	(245)

## 第十二章 磁共振成像在四肢骨骼软组织 疾病诊断中的应用

第一节 适用范围和应用限度 .....	(248)
一、适用范围 .....	(248)
二、应用限度 .....	(249)
第二节 骨骼软组织系统正常组织与病理组织的MR特征 .....	(250)
第三节 关节病变的MRI诊断 .....	(252)
一、膝关节病变的MRI表现 .....	(253)
二、肩关节病变的MRI表现 .....	(260)
三、股骨头缺血性坏死的MRI表现 .....	(261)
第四节 骨和软组织肿瘤的MRI诊断 .....	(264)

一、检查方法和评价 .....	(264)
二、原发性骨和软组织肿瘤的MRI表现 .....	(267)
三、骨转移性肿瘤的MRI表现 .....	(272)

# 第一篇 总 论

磁共振成像术 (Magnetic Resonance Imaging, 简称和缩写为MRI, 以下同), 是当代“医学诊断武器库”中飞跃发展的“新武器”, 它是近十多年来, 电子学和电子计算机技术、X线CT技术, 以及磁共振频谱学 (MRS) 等先进科学技术相互结合的结晶。MRI的医学图像, 外观上与人体CT图像非常相似, 但两者无论在成像原理和成像技术等方面都大不相同。CT的成像过程, 是以高能量、高穿透力的X线入射并“穿透”人体受检部位的组织器官后, 借不同组织器官的电子密度的差异, 使入射X线的能量强度由于被吸收而发生的相应的衰减所产生的线性变化规律——X线线性衰减系数, 作为成像参数。而MRI的成像(磁共振成像), 则是以人体在磁共振过程中所散发的电磁波(磁共振信号), 以及与这些电磁波有关的参数, 如质子密度( $\rho$ )、弛豫时间( $T_1$ 和 $T_2$ )、流动效应等等, 作为成像参数的。用以激励原子核使之产生磁共振电磁波的射频波的能量, 要比用于CT的X线的能量小亿万倍。作为MRI成像源的电磁波的强度, 以及与之密切相关的有关参数的变化规律, 依赖于受检组织器官的分子结构及其温度、粘度, 以及它们周围的生物、物理和化学环境等多因素变化的影响。显而易见, MRI是“纯”非损伤性检查, 是一种崭新的、“主动的”, 可以获得“丰富多彩”的诊断信息的成像技术。因此, 被誉为医学影像学领域中继CT后的又一重大发展。

# 第一章 磁共振概念简介

## 第一节 磁共振现象、自旋质子、 静磁场、射频脉冲

### 一、磁共振现象

磁共振现象系指某些特定的原子核在置于静磁场（或称为外磁场）内，并受到一个适当的射频脉冲磁场的激励时，所出现的吸收和放出射频脉冲磁场的电磁能的现象，这一现象即为磁共振或核磁共振现象。磁共振现象的产生，需具备三个基本条件，即特定原子的原子核（自旋质子）、静（外）磁场以及适当频率的射频脉冲磁场。

### 二、自旋质子

任何原子的原子核，都由带有正电荷的质子和不带电荷的中子构成。所谓“某些特定原子核”，是指有些原子的原子核，其质子或中子的数目是奇数（1、3、5、7……），或两者都是奇数时，这样的原子核就带有“净电荷”，并有绕着它的自旋轴不停地以一定的频率旋转（自旋）的特性。它们的自旋形式，好比地球的自转运动。这样，根据电学原理，这些自旋带电的原子核的周围，就存在着一个微弱的磁场。每个这样的原子核，都可以看成为有一定方向磁矩（沿自旋

轴的方向)的“磁针”，它们都有一定的核磁矩或磁化向量。

人体的组织结构中，有不少这样的“特定的原子核”，例如，氢( $^1\text{H}$ )、氟( $^{19}\text{F}$ )、钠( $^{23}\text{Na}$ )、磷( $^{31}\text{P}$ )等。当前，普遍地应用于临床磁共振成像技术的，就是利用在人体中蕴藏量最大，占人体体重70%的水份( $\text{H}_2\text{O}$ )中的氢原子核，即氢质子的磁共振成像。所以，磁共振成像术，也有人称之为质子成像术(proton imaging)。氢的原子核中只有一个质子(无中子)，又称自旋质子。

人体内存在着大量上述带电带磁的自旋质子，但人体却没有显出磁性，这是因为在一般情况下，这些自旋质子的自旋轴(磁轴)的取向，是相互交错和没有规律的，以致它们各自的磁矩彼此抵销，总磁矩的矢量等于零的缘故(图1-1)。

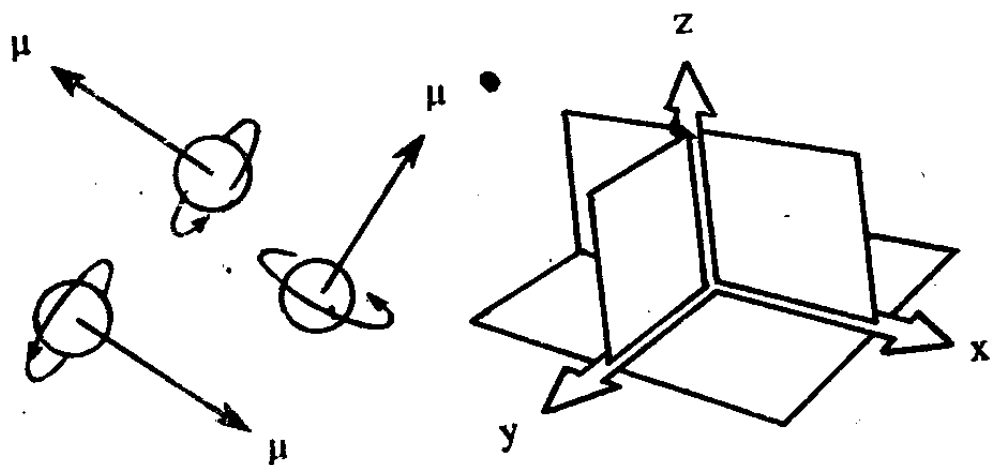


图1-1 任意取向的自旋质子

### 三、静磁场

静磁场又称外磁场，用于人体磁共振成像的磁场强度一般为 $0.02\sim 1.5\text{ T}$  (tesla, 特斯拉)。将人体置于静磁场之中，体内各自旋质子的自旋轴，将会依静磁场的方向重新取向，进行相互平行的组列。这些自旋质子的自旋轴的取向，

有两种指向，一种顺应静磁场的方向，处于“低能态”；另一种与静磁场的方向相反，即其取向与静磁场逆向，处于“高能态”。这两种自旋轴方向（亦代表磁矩方向）相反的自旋质子，将有其各自的总磁矩，但因各方向相反而相互大部分抵销。实际上，顺应静磁场方向的自旋质子略占优势（其比例约为 $1:10^6 \sim 1:10^5$ ）。这种优势，是与时间的指数成正比例的。所以，在短暂平衡的瞬时，存在着一个微弱的、与静磁场方向相一致的“优势磁矩”，即总“核磁矩”或“净磁矩”。如果以XYZ轴立体坐标表示，平衡状态时的总核磁矩，是沿着Z轴方向的磁化向量。MRI扫描仪的设计，是设人体的体轴与Z轴相一致的（图1-2）。

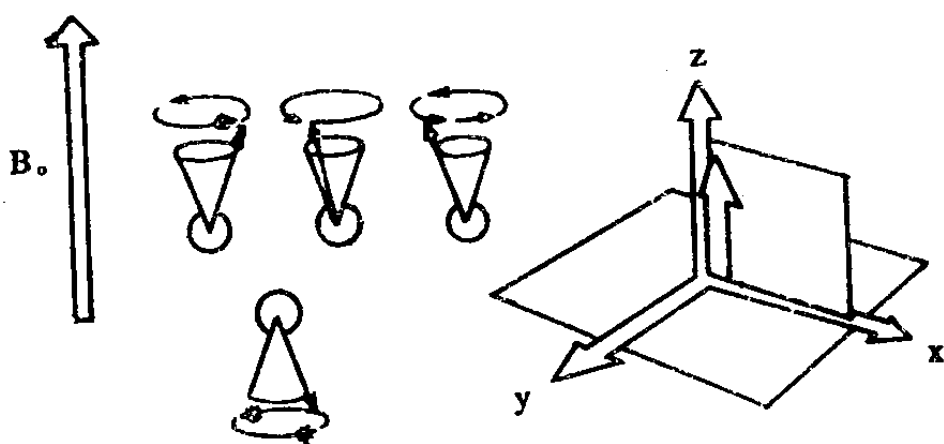


图1-2 自旋质子在静磁场中进动

实际上，自旋质子在静磁场中，除取顺应或反逆静磁场的方向排列自旋外，尚有一环绕静磁场方向作圆周运动，频率比其自旋频率慢得多，类似陀螺在重力作用下的运动，称之为“进动”。自旋质子的进动频率，是遵循拉摩尔氏 (Larmor) 方程，即 $\omega_0 = \gamma B_0$ 或 $f = \gamma B_0 / 2\pi$  的规律而变化的，式中的 $\omega_0$ 表示进动角速度， $f$ 表示进动频率， $\gamma$ 表示磁旋比，是

一个常数，不同的特定原子核有其各自的磁旋比， $B_0$ 表示静磁场的强度。由拉氏方程可以看到，自旋质子的进动频率（亦称共振频率），与所在的磁场强度成正比，即磁场强度愈强，自旋质子的进动角速度或进动频率亦愈高。

#### 四、射频脉冲（RF）

射频脉冲也是一种磁场，是交变磁场。自旋质子在静磁场作用的基础上如果叠加一个与静磁场的方向呈一定角度（例如 $90^\circ$ ）的短暂射频脉冲作为激励。自旋质子在射频脉冲磁场的的作用下，它们的自旋轴将偏离或进一步偏离静磁场的方向，从而获得一个XYZ坐标系统的XY平面上的横向磁矩。这时的自旋质子，除有自身的自旋运动外，也还有其进动运动（图1-3、图1-4）。

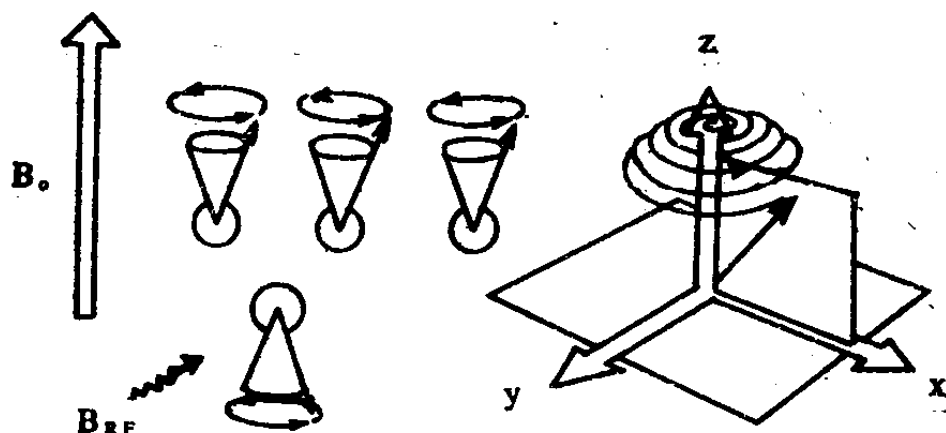


图1-3 施加RF磁场后自旋质子共振

假如脉冲磁场的射频频率与自旋质子的共振频率相一致（即能满足拉氏方程 $f = \gamma B_0 / 2\pi$ ），自旋质子中部分低能态者将会吸收射频脉冲的能量，而跃迁为不稳定的高能态自旋质



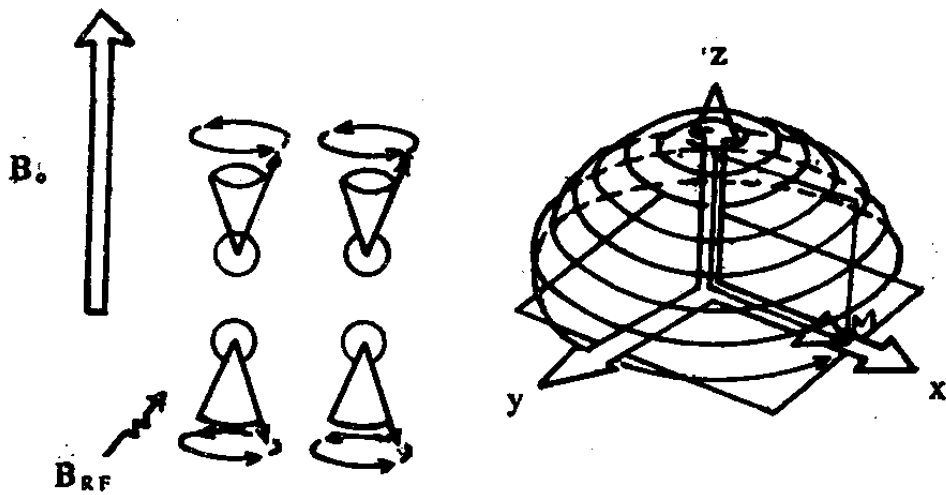


图1-4 自旋质子共振

子，但一旦射频脉冲暂停，这些不稳定的由低能态跃迁到高能态的自旋质子，将会把它们从射频脉冲那里所吸收的能量又重新以电磁波的形式向周围组织散发，从而“回复”或“弛豫”为低能态自旋质子。这时，如果在自旋质子的附近置有探测器（MR信号接收“天线”），则可“感觉”到散发的电磁波，这些电磁波就是磁共振信号，即MR信号(图1-5)。

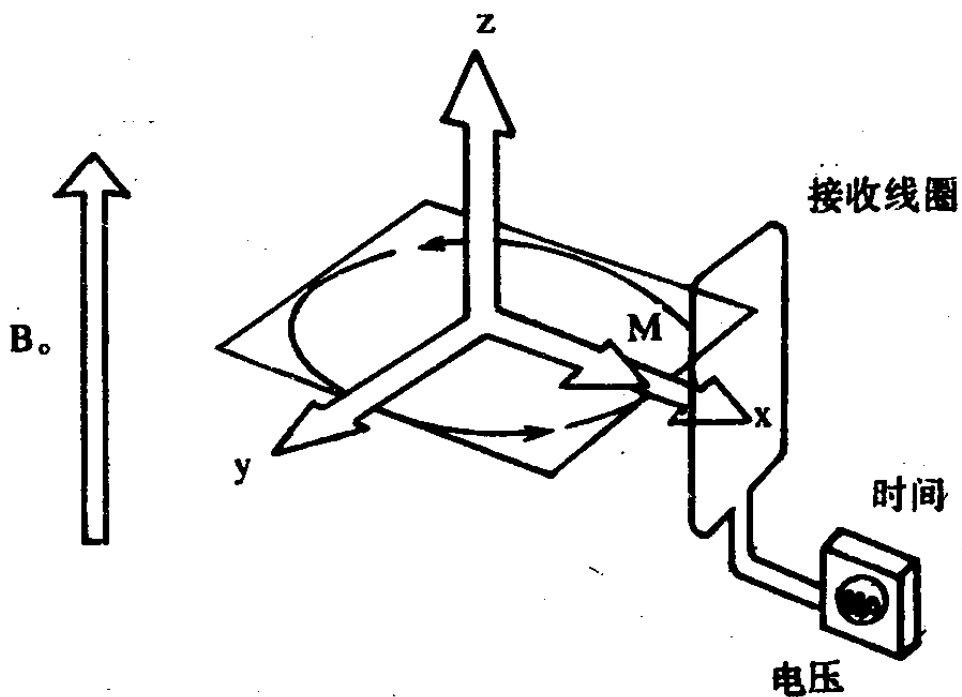


图1-5 射频脉冲激励，而产生的MR信号