

LUNAO MRI ZHENDUAN
YU JIANBIEZHENDUAN

颅 脑
MRI 诊断
与
鉴别诊断

李 联 忠 戴 建 平 赵 斌
主 编



人民卫生出版社

颅脑 MRI 诊断与鉴别诊断

李联忠 戴建平 赵 斌 主编

副主编（按姓氏笔画顺序）

白人驹 丘清亮 冯晓源 祁 吉 吴育锦 张云亭
高培毅 陶慕圣

编写人员（按姓氏笔画顺序）

王连庆 白人驹 丘清亮 冯卫华 冯晓源 安丰新
刘松龄 祁 吉 杜玉清 吴育锦 何树岗 李联忠
张 通 张云亭 张忻宇 林 燕 倪红艳 侯金文
赵 斌 徐文坚 姜立民 耿道颖 高培毅 陶慕圣
戴建平 戴敏红 陈祥民 武乐斌

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

颅脑 MRI 诊断与鉴别诊断/李联忠, 戴建平, 赵斌
主编. —北京: 人民卫生出版社, 2000

ISBN 7-117-03704-0

I. 颅… II. ①李…②戴…③赵… III. 脑病-核
磁共振-成像-诊断 IV. R816.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 15962 号

颅脑 MRI 诊断与鉴别诊断

主 编: 李联忠 戴建平 赵 斌

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27

字 数: 530 千字

版 次: 2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

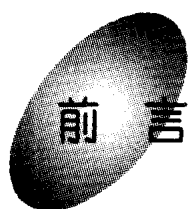
印 数: 00 001—4 000

标准书号: ISBN 7-117-03704-0/R·3705

定 价: 89.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)



一部书的质量，特别是专业书的质量优劣，首先取决于主要撰写人员对本专业理论的认识，掌握的程度，只有他们具有较高的业务水平和崇高的敬业精神，才能撰写出一部高质量的专业书。为此，我愿意首先向读者介绍《颅脑 MRI 诊断与鉴别诊断》一书的主要编写人员，他们是天坛医院戴建平教授、高培毅教授，天津医科大学附属医院张云亭教授、白人驹教授，天津第二医学院附属第一中心医院祁吉教授，华山医院冯晓源教授，河北省人民医院吴育锦教授，山东医科大学附属医院陶慕圣教授，山东省医学影像学研究所赵斌教授，美国加州大学丘清亮教授（MRI Division, Saint Joseph Medical Center Burbank, California, U. S. A）等，他们均是国内、外著名的影像学专家，对神经放射诊断有较深的造诣，是最早使用 MR 设备进行影像诊断的学者，以他们为主撰写的《颅脑 MRI 诊断与鉴别诊断》必将是一部高水准的专业著作。

磁共振成像技术 1981 年正式应用于临床以来，由于它具有空间分辨力高、三维成像、多功能的检查技术，新软件的开发，以及对人体无 X 线损伤等优点，以显著的优势耸立于医学影像学之巅峰。中枢神经系统是涉及多学科的系统，尽管以往已有多种检查方法，特别是计算机应用于影像检查以来，图像的清晰度，诊断阳性率均有明显的提高，但多维成像等仍受到一定的局限。MRI 的应用，更加开阔了影像医学的视野，多方位、多角度的成像，高的软组织分辨率，对诊断颅脑疾病有着更重要意义。本书以 MRI 诊断颅脑疾病为主线，共 16 章，分别介绍了有关正常颅脑解剖，磁共振成像基本原理及操作技术，以及各类颅脑疾病的 MRI 诊断。颅脑疾病着重阐述先天发育性畸形、新生儿疾病、脑血管疾病、颅内肿瘤、囊肿、颅脑损伤、炎症性疾病、脑寄生虫病、脑变性和脑白质病、获得性免疫缺陷综合征等。颅脑疾病的鉴别诊断，在中枢神经系统是非常重要的内容，本书作为专题另立章节进行叙述，对读者是十分有利的。

目前磁共振成像检查技术在国内普遍应用，深受广大影像学医师及临床医师的青睐，得到病人的信任，在编写过程中，首先考虑到它的先进性、科学性及实用性，并以图文并茂的形式将其融为一体展示在读者面前，同时也充分考虑到目前国内 MRI 诊断的现实状况，力求达到通俗易懂，对不同层次的影像学医师和临床医师以助借

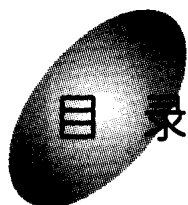
鉴。我相信本书的出版对颅脑疾病的 MRI 诊断与鉴别诊断水平的提高,将起到促进作用。我们在编写过程中,受到影像学界老前辈及同道们的大力支持和爱护,得到不少宝贵意见,在此表示衷心的感谢。同时,本书在编写过程中也难免有拾一漏百,恳请读者提出指正。

李联忠

1999 年 7 月于青岛

内 容 提 要

磁共振检查是近年来医学影像学领域中崛起的一种新的检查方法，特别是对中枢神经系统疾病的诊断，又优于其他检查方法。本书以此问题为核心对磁共振诊断原理、颅脑正常解剖以及各相关疾病，从发病原理、疾病基础、临床表现、MRI 征象，全面系统地进行阐述。本书另设鉴别诊断一章，有助于读者阅读。全书共分 16 章，插图 505 幅。所有的资料均为作者多年来临床实践工作的总结。



第一章 磁共振成像基本原理	(1)
第二章 磁共振成像检查	(6)
第一节 磁共振成像序列	(6)
第二节 磁共振对比增强检查	(31)
第三节 磁共振血管成像	(34)
第四节 磁共振成像中的伪影	(38)
第五节 磁共振设备	(48)
第六节 磁共振成像在中枢神经系统的优缺点	(50)
第三章 正常颅脑解剖和 MRI 表现	(53)
第一节 婴幼儿脑发育及其 MRI 表现	(53)
第二节 正常成人颅脑解剖和 MRI 表现	(57)
一、成人脑 MRI 的表现特征	(57)
二、大脑半球	(58)
三、脑深部及中线区结构	(63)
四、鞍区	(67)
五、脑干	(71)
六、小脑	(74)
七、颅神经	(75)
八、脑血管	(81)
九、脑膜	(84)
十、脑室系统和脑池	(86)
十一、颅骨	(89)
十二、眼眶	(91)
第三节 老年人正常脑退变及其 MRI 表现	(93)
第四章 先天发育性畸形	(97)
第一节 概述	(97)
第二节 神经管闭合不全	(99)

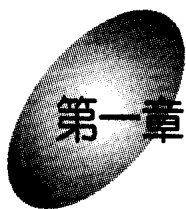
一、颅裂	(100)
二、脑膨出	(101)
三、先天性皮毛窦	(102)
第三节 阿-齐氏畸形	(103)
第四节 丹-瓦氏畸形	(108)
第五节 胼胝体发育异常和颅内脂肪瘤	(109)
一、胼胝体发育异常	(109)
二、颅内脂肪瘤	(112)
第六节 神经元移行异常	(115)
一、无脑回和巨脑回畸形	(115)
二、多小脑回畸形	(117)
三、灰质异位	(117)
四、脑裂畸形	(119)
第七节 憩室畸形	(120)
一、前脑无裂畸形	(120)
二、视隔发育不良	(121)
第八节 透明隔发育异常	(122)
第九节 先天性破坏性脑疾病	(124)
第十节 中脑导水管狭窄	(126)
第十一节 蛛网膜囊肿	(128)
第十二节 脑小畸形	(130)
第十三节 脑大畸形	(130)
第十四节 神经皮肤综合征	(131)
一、神经纤维瘤病	(132)
二、结节性硬化	(135)
三、斯-威氏综合征	(137)
第五章 新生儿疾病	(141)
第一节 新生儿颅内出血	(141)
第二节 新生儿缺氧缺血性脑病	(145)
第三节 新生儿窒息	(147)
第六章 脑血管疾病	(149)
第一节 脑出血	(149)
第二节 脑梗塞	(154)
第三节 腔隙性梗塞	(158)

第四节 分水岭梗塞·····	(159)
第五节 脑血管畸形·····	(160)
第六节 颅内动脉瘤·····	(162)
第七节 静脉或静脉窦闭塞·····	(164)
第八节 烟雾病·····	(164)
第九节 蛛网膜下腔出血·····	(165)
第七章 脑积水·····	(167)
第一节 概述·····	(167)
第二节 阻塞性脑积水·····	(170)
第三节 交通性脑积水·····	(173)
第四节 正常压力性脑积水·····	(175)
第八章 颅内肿瘤和囊肿·····	(179)
第一节 星形细胞肿瘤·····	(179)
第二节 室管膜肿瘤·····	(189)
第三节 少突胶质细胞肿瘤·····	(193)
第四节 胚胎性肿瘤·····	(196)
第五节 脑膜肿瘤·····	(199)
第六节 垂体肿瘤·····	(208)
第七节 颅咽管瘤·····	(213)
第八节 神经鞘瘤、神经纤维瘤和神经纤维瘤病·····	(215)
第九节 血管母细胞瘤·····	(221)
第十节 松果体肿瘤·····	(222)
第十一节 脉络丛肿瘤·····	(225)
第十二节 囊肿和肿瘤样病变·····	(226)
第十三节 生殖细胞肿瘤·····	(235)
第十四节 局部侵犯性肿瘤·····	(238)
第十五节 脑转移瘤·····	(243)
第十六节 原发性恶性淋巴瘤·····	(248)
第九章 颅脑损伤·····	(251)
第一节 概述·····	(251)
第二节 头皮损伤与颅骨骨折·····	(254)
第三节 硬膜下血肿·····	(259)
第四节 硬膜外血肿·····	(263)
第五节 脑内血肿·····	(266)

第六节 迟发性外伤性脑内血肿·····	(269)
第七节 脑室内出血·····	(269)
第八节 多发性颅内血肿·····	(270)
第九节 皮质挫伤·····	(271)
第十节 皮质下灰质损伤·····	(272)
第十一节 弥漫性轴索损伤·····	(273)
第十二节 脑血管损伤·····	(278)
第十三节 原发性脑干损伤·····	(280)
第十四节 硬膜下水瘤·····	(280)
第十五节 外伤性脑梗塞·····	(282)
第十六节 小儿颅脑外伤·····	(283)
第十七节 颅脑外伤后遗症·····	(286)
第十八节 放、化疗后脑损伤·····	(288)
第十九节 手术后颅脑改变·····	(291)
第十章 脑寄生虫病·····	(295)
第一节 脑囊虫病·····	(295)
第二节 脑包虫病·····	(306)
第三节 脑血吸虫病·····	(308)
第四节 脑型肺吸虫病·····	(309)
第十一章 颅内感染·····	(312)
第一节 颅内细菌性感染·····	(312)
一、硬膜外积脓·····	(312)
二、硬膜下积脓·····	(314)
三、化脓性脑膜炎·····	(315)
四、化脓性脑炎和脑脓肿·····	(317)
五、化脓性脑室炎·····	(321)
六、颅内结核·····	(322)
第二节 颅内病毒性感染·····	(323)
一、单纯疱疹病毒性脑炎·····	(323)
二、带状疱疹性脑炎·····	(325)
三、进行性多灶性脑白质病·····	(326)
四、亚急性硬化性全脑炎·····	(327)
五、急性播散性脑脊髓炎·····	(328)
第三节 颅内霉菌性感染·····	(330)

第四节 弓形体脑炎·····	(335)
第五节 脑梅毒·····	(337)
第六节 结节病·····	(338)
第七节 感染性血管炎·····	(340)
第十二章 脑变性和脑白质病·····	(343)
第一节 异染性脑白质营养不良·····	(343)
第二节 肾上腺性脑白质营养不良·····	(345)
第三节 球形细胞脑白质营养不良·····	(347)
第四节 海绵状脑白质营养不良·····	(348)
第五节 先天性皮质外轴索再生障碍症·····	(349)
第六节 巨脑性婴儿脑白质营养不良·····	(350)
第七节 多发性硬化·····	(350)
第八节 皮层下动脉硬化性脑病·····	(352)
第九节 进行性多灶性白质脑病·····	(354)
第十节 多发性脑梗塞性痴呆·····	(355)
第十一节 弥漫性硬化·····	(356)
第十二节 皮质-纹状体-脊髓变性·····	(357)
第十三节 阿尔茨海默病·····	(357)
第十四节 皮克病·····	(359)
第十五节 急性播散性脑脊髓炎·····	(359)
第十六节 肝豆状核变性·····	(361)
第十七节 橄榄桥脑小脑萎缩·····	(363)
第十八节 遗传性小脑性共济失调·····	(364)
第十九节 桥脑中央髓鞘溶解症·····	(364)
第二十节 系统性红斑狼疮·····	(366)
第二十一节 播散性坏死性脑白质病·····	(366)
第二十二节 亚急性硬化性全脑炎·····	(367)
第二十三节 甲状旁腺机能低下和假性甲状旁腺机能低下·····	(368)
第二十四节 特发性家族性脑血管亚铁钙沉着症·····	(369)
第二十五节 一氧化碳中毒性脑病·····	(370)
第二十六节 霉变甘蔗中毒·····	(370)
第十三章 脑萎缩·····	(373)
第一节 概述·····	(373)
第二节 局限性脑萎缩·····	(375)

第三节	弥漫性脑萎缩·····	(378)
第十四章	脑膜病变·····	(382)
第十五章	获得性免疫缺陷综合征 (AIDS) ·····	(394)
第一节	AIDS 脑白质病 ·····	(395)
第二节	AIDS 痴呆症 ·····	(397)
第三节	AIDS 脑弓形体病 ·····	(398)
第四节	AIDS 慢性脑膜炎 ·····	(400)
第五节	AIDS 淋巴瘤 ·····	(403)
第十六章	颅脑疾病鉴别诊断·····	(407)
第一节	脑皮质病变·····	(407)
第二节	皮质下病变·····	(408)
第三节	脑室周围病变·····	(408)
第四节	脑室和蛛网膜下腔内病变·····	(410)
第五节	基底节区病变·····	(412)
第六节	脑干病变·····	(413)
第七节	鞍区和鞍旁病变·····	(414)
第八节	松果体区病变·····	(415)
第九节	后颅窝病变·····	(416)
第十节	脑膜病变·····	(418)



第一章 磁共振成像基本原理

与临床医师熟悉的以 X 线为能源的成像方式（如常规 X 线摄影、各种造影检查和 CT）、超声学成像方式及核医学成像方式（如 γ 照相，单光子发射体层—SPECT、正电子发射体层—PET）不同，磁共振成像（以下简称 MRI）是以完全不同的成像原理显示人体结构影像的成像方式。MRI 的成像原理涉及量子物理学，尽管这是临床医师不很熟悉的领域，但对于其中基本原理的了解是理解 MRI 影像的基础。本节尽可能由浅入深地阐明这部分内容。

一、磁共振成像原理入门

宇宙中宏观世界与微观世界具有统一性。

地球是太阳系的组成部份，月亮是地球的卫星，依特定的方式绕地球旋转；地球依自身规律自转，又依特定轨道绕太阳公转；太阳系是银河系中的“沧海一粟”，银河系在整个宇宙中不过是一粒灰尘，这就是宏观世界。

现在回到微观世界。中学生时代我们即已知道：物质是由分子组成的，分子是由原子组成的。现在我们继续深入进去。原子由一个核—原子核和一个壳—数目不同的电子组成。原子核又由质子和中子组成，其中仅质子（proton）与 MRI 有关，质子带有正电荷。为了描述方便和与 MRI 实际应用一致，这里仅讨论氢原子核。氢原子核（ H^+ ）不含中子，只由一个质子组成，且氢为人体内含量最多的元素，故 MRI 中目前只应用氢核（= 氢质子）成像。

和地球一样，氢质子也围绕某一轴自转，这里称为“自旋”（spin）。氢质子带正电荷，在氢质子的自旋运动中，随之旋转的电荷则产生电流，由之产生质子自身的磁性及相应的磁场。这样，每一个质子可以看作是一个小磁体，具有自身的南、北极向及磁力。在自然状态下，质子的排列处于无序状态，其极向的朝向是随机的、瞬间即变的。因此，每一瞬间不同朝向质子的磁力将互相抵消，物质也不显示磁性。

当把物质置入一强的外磁场内（相当于 MRI 设备的磁体）时，质子的自身磁场将被强的外磁场规范，质子的南、北极向将被迫沿外磁场方向排列。但是，一个非常重要的区别在于，尽管质子在外磁场中沿外磁场方向排列，即平行于外磁场，但方向可相反。依量子物理学原理，具有较高能量，即处于高能级的质子沿与外磁场反平行

方向排列；具有较低能量，即处于低能级的质子沿与外磁场平行方向排列。从两种能级质子的数目看，处于低能级，即与外磁场平行方向排列的质子数目比处于高能级者略多，如常温下可多达 10^{-6} 。但是，必须记住，因为所有置于外磁场内的质子中，绝大多数因处于不同能级而沿与外磁场平行方向或反平行方向排列，其磁力互相抵消，仅处于两种能级质子数目的微弱差别部份的质子，即处于低能级的数目略多于处于高能级的那一小部份质子，才能被用于 MR 成像（图 1-1）。

现在，我们把一个病人放入 MRI 设备的磁体内。即把处于无序排列的质子群置于外磁场内，则经规范排列后，方向相反的质子其磁力互相抵消，仅少数处于低能级的、与外磁场平行排列的质子保持其磁力。因这些质子的排列方向相同，所具有的磁力则可叠加，形成一个相应的磁化矢量（矢量的概念下面不久将再强调）。该磁化矢量与外磁场方向（即外磁场纵轴—Z 轴）相同，称为“纵向磁化”（longitudinal magnetization）。纵向磁化是 MR 成像中有用的磁化矢量，但因为它与外磁场方向平行，实际上也叠加于外磁场，与外磁场的磁力相比极其微弱，故无法单独检测出来，不能直接用于成像。

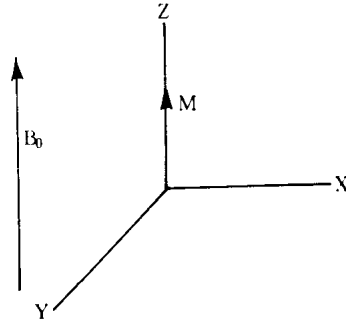


图 1-1 组织在静磁场 (B_0) 中磁化，净磁化矢量沿 B_0 方向

这样，从实施磁共振成像的角度上，我们还必须考虑质子的其他物理学特性。处于外磁场中的质子，其自旋方式被赋予了特定的特征。其自旋轴沿外磁场轴向，即磁力线方向，呈一种陀螺样旋转运动，其运动轨迹沿旋转轴的顶点呈一圆锥形。质子的这种运动方式称为“进动”（precession）。质子进动的频率非常快，每秒钟进动的次数称“进动频率”（precession frequency）。进动频率不是一个常数，而是与所在外磁场的场强相关，即外磁场越强，进动频率越快，可用 Larmor 方程来表示：

$$\omega_0 = \gamma B_0 \quad (1.1)$$

式中 ω_0 代表进动频率； γ 为旋磁比； B_0 为外磁场场强。每种原子核的旋磁比 (γ) (gyromagnetic-ratio) 是一常数，如氢质子的 γ 值为 42.5MHz/T 。从 Larmor 方程即可看出，质子的进动频率与外磁场的场强成正比（图 1-2）。

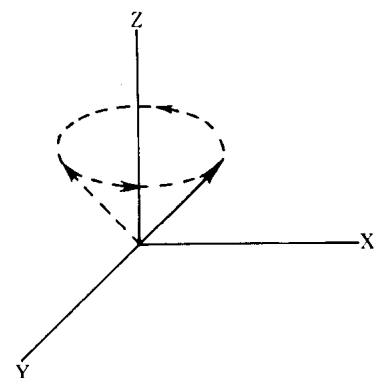


图 1-2 在静磁场 B_0 中，静磁化矢量沿 Z 轴并围绕 Z 轴进动

现在讨论一下前面提到的“矢量”（vector）的概

念。矢量的定义为某一方向上的一定量的力。若以箭头表示，则箭头的指向代表力的方向，箭杆的长度表示力的大小。如前所述，置于外磁场中的人体，可看作为一个巨大的质子群，其低能级与高能级质子的排列方向相反，磁力互相抵消，剩余的一小部分未被抵消的低能级质子的磁力叠加，形成一个与外磁场方向相同的磁化矢量，即纵向磁化矢量。以箭头表示，方向与外磁场方向一致（位于 Z 轴上），长度则代表叠加的纵向磁化量。当设法改变外磁场的状况时（如施加射频脉冲或增加梯度磁场—将在下文叙述及），该磁化矢量的方向和大小（长度）可发生改变，但仍然代表高、低两种能级质子的数量之差的那部份质子的磁化矢量，因此又称之为宏观磁化矢量或净磁化矢量。由于质子进行着进动运动，其磁力叠加的净磁化矢量也表现进动方式的变化。不言而喻，宏观磁化矢量或净磁化矢量既可表述纵向磁化矢量，也可表述其他方向的磁化矢量。

前面已讨论到，置于外磁场中的质子群将在外磁场作用下产生一个纵向磁化矢量，但该矢量叠加于外磁场，故无法单独检测。为了设法检测到特定质子群的净磁化矢量用于成像，则需使净磁化矢量偏离外磁场方向。为了达到这个目的，需经某种方式向处于低能级的质子传递能量，使之跃迁到高能级。磁共振成像中，传递能量的方式是向质子群施加射频脉冲（RF 脉冲）。射频脉冲是一种电磁波，MRI 中仅作短促的发射。并非各种频率的电磁波都可把能量传递给低能级的质子，仅当其频率与质子的进动频率一致时才可能发生能量交换。这就象排列起一组音叉，当令该组以外的一个音叉振动发音时，组内与之音调相同的音叉也会吸收能量，振动发音。因此，在 MRI 中 RF 脉冲把能量传递给低能级质子的过程称“共振”。

当已知外磁场强度及氢质子的旋磁比(γ)值时，即可根据 Larmor 方程计算出使外磁场中的氢质子产生共振所需要的 RF 脉冲频率。

向外磁场内的氢质子施加 RF 脉冲后产生两个同时发生的作用：一是低能级的质子吸收了 RF 脉冲的能量后跃迁到高能级，使之在外磁场中排列方向由平行变为反平行方向。进而又抵消了相同数目低能级质子的磁力；二是使进动的质子变为同步、同速运动，即处于“同相”（inphase）。这样，新的净磁化矢量偏离了 Z 轴，在 X-Y 平面上叠加起来，形成了一个新的宏观磁化量，即横向磁化（transverse magnetization）矢量（图 1-3）。

现在，新获得的横向磁化矢量已不再与主磁场叠加，当具有一接收装置时，则可接收到随质子进动方式而变化的横向磁化所产生的感应电流信号，

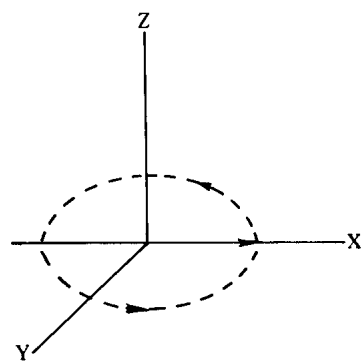


图 1-3 接受射频脉冲后，在 XY 平面产生横向磁化矢量并围绕 Z 轴进动

无疑该信号同样具有进动频率，这就是磁共振信号。如前所述，质子的进动频率与场强成正比。若令病人体内各点的场强不同，不同部位的质子将以不同的频率进动，则产生的 MR 信号频率也不同，藉之又能确定 MR 信号产生的部位。

至此，我们已经从置于外磁场内的病人身上得到了 MR 信号。

二、弛豫

根据上节的原理，当向置于外磁场中的人体发射 RF 脉冲后，即可激励质子群，改变质子群的进动状态，从而产生 MR 信号。但实际成像过程中，该过程是瞬间即逝的。因为一旦 RF 脉冲停止，质子即迅速恢复原来的状态，这意味着同步地发生两个过程：新建立的横向磁化矢量逐步消失和原来的纵向磁化矢量逐步恢复。该过程称为“弛豫”（relaxation）。

纵向磁化恢复到原来大小的过程称纵向弛豫（longitudinal relaxation），该过程需要的时间称纵向弛豫时间。纵向弛豫过程中，吸收了 RF 脉冲能量、跃迁到高能级的质子要把能量传递给周围的晶格，重新成为低能级的质子，因此又称为自旋-晶格弛豫（spin-lattice relaxation）。纵向弛豫或自旋-晶格弛豫的时间称为“ T_1 ”。

横向磁化逐步消失的过程称横向弛豫（transverse relaxation），该过程需要的时间称横向弛豫时间。和纵向弛豫不同，横向弛豫过程没有能量交换，而是不同质子的进动失去同步、同速，即失去同相性，称失相位或“失相”（out-of-phase）。横向弛豫又称自旋-自旋弛豫（spin-spin relaxation）。横向弛豫的时间称为“ T_2 ”。

事实上， T_1 和 T_2 并非精确的时间值，而只是一常数。为此，并不规定 T_1 和 T_2 代表纵向和横向弛豫的全过程，而是规定为：

T_1 = 纵向磁化恢复到原来磁化量 63% 的时间

T_2 = 横向磁化减少到初始的 37% 的时间（图 1-4）

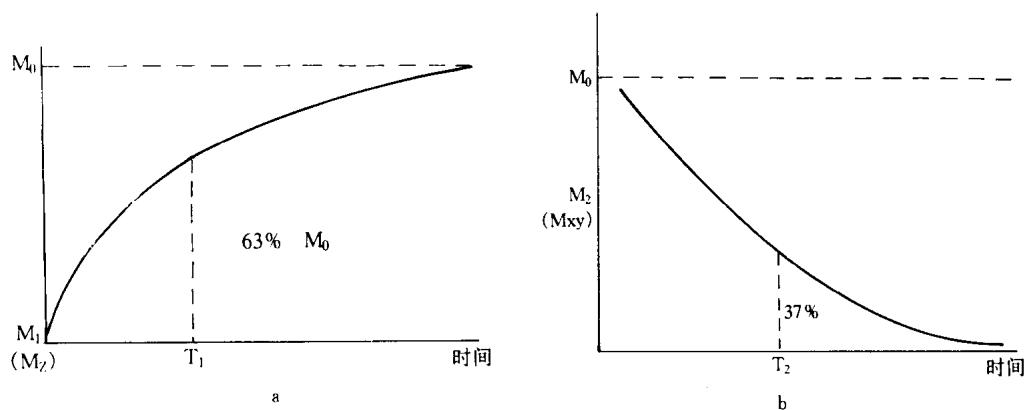


图 1-4 a: T_1 弛豫曲线, b: T_2 弛豫曲线

不同成份和结构的组织，其 T_1 和 T_2 值不同。

当质子的周围环境—晶格为纯水时，水分子运动太快，跃迁到高能级的质子较难把能量传递给晶格，因此恢复原来的纵向磁化的时间就较长（长 T_1 ）；当晶格由中等大小的分子组成时，其进动的频率接近质子的 Larmor 频率，能量就较易传递，因此恢复原来的纵向磁化的时间就较短（短 T_1 ）；脂肪的成份—脂肪酸末端碳键的进动频率接近 Larmor 频率，故同样具有短 T_1 ；因在较强磁场中质子的进动频率较快，把能量传递给进动较慢的晶格较困难，故在强磁场中 T_1 值相对长。

当质子群所处的外磁场强度不均匀时，各质子很快即失去进动的相位一致性（失相），则横向弛豫消失较快（短 T_2 ）；纯水的分子运动很快，局部磁场波动也很快，内部各局部的磁场差别不大，则质子维持处于同相状态的时间可较长，故水的 T_2 值较长；含有大分子的液体，分子运动较慢，质子间的进动频率差别较大，则质子同相状态维持时间较短， T_2 值即较短。

（祁 吉 倪红艳）