

磁共振诊断学图谱

A Text—Atlas of
MR Diagnosis

主 编

詹永森

陈文忠

陈雁来

中国科学技术出版社



A1C00403280

磁共振诊断学图谱

A Text—Atlas of MR Diagnosis

主 编

隋邦森 栾文忠 陈雁冰

中国科学技术出版社

内 容 提 要

本书是我国第一本图文对照的磁共振(MR)诊断学图谱。第一章介绍 MR 成像原理、常规序列、增强扫描与血管造影(MRA)。第二至第七章分别介绍脑部、脊髓、五官、颈部、胸肺、心脏、腹腔、盆腔、骨骼与关节肌肉疾病,共涉及 500 余种疾病,选图 1800 余幅,文字 35 万,图文并茂,简明实用,采用(1)图例;(2)临床资料;(3)MR 特征;(4)MR 诊断及总结分析。图片取自高场强(1.0T)超导型 MR 扫描机,可使内、外、妇、儿、影像、神经科医师及医学院学生尽快掌握 90 年代最先进的诊断技术。

磁共振诊断学图谱

隋邦森 栾文忠 陈雁冰 主编

责任编辑:战立克

封面设计:石茂生

摄影:于文江 赵奎仁

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路 32 号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

通县财联印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:33.25 插页: 字数:827 千字

1991 年 9 月第一版 1991 年 9 月第一次印刷

印数:1—3 000 册 定价:75.00 元

ISBN 7-5046-0313-9/R·76

磁共振诊断学图谱

主 编

隋邦森 栾文忠 陈雁冰

编 者

隋邦森	栾文忠	陈雁冰	徐建民
刘建斌	孙 进	李进德	陈小烟
刘更新	温民生	石茂生	蒋贵钧

摄 影

于文江 赵奎仁

前 言

磁共振成像(MRI)是 80 年代应用于临床的最新的医学影像学检查方法,由于其空间分辨力高,无骨质伪影,可多层面多方位扫描,可三维成像,能做无创性血管造影,能增强扫描,解剖结构清晰,对全身各系统疾病均具有很高的诊断价值,对中枢神经系统病变尤为突出,已成为各科临床诊断中不可缺少的辅助检查手段。鉴于 MR 在国内尚未普及,广大医务人员亟待简明实用、图文并茂的参考资料,我们在出版了《神经系统磁共振诊断学》之后,又编写了这本《磁共振诊断学图谱》。本书首先介绍磁共振成像原理、成像序列、重要参数及分析方法,然后分章介绍各系统的具体疾病。从神经系统、心肺、腹部、盆腔至关节肌肉系统均结合临床病例,以图像为主,以文字说明为辅,按以下顺序编排:(1)图例;(2)临床资料;(3)MR 特征;(4)MR 诊断;(5)讨论。各系统首先介绍常见病,然后介绍罕见病,重点介绍只有经 MR 才能确诊的疾病。全部图像均出自超导型高场强磁共振扫描仪,平扫与增强互为补充,常规序列与快速扫描交相辉映,辅以 MR 血管造影图像,必要时配以 CT 图像,尽可能使读者掌握 90 年代最先进的影像学诊断技术。图例均为临床与手术确诊者,个别罕见病借鉴国外文献。从每一具体图例分析入手,经过讨论总结该病全面的 MR 诊断特征及鉴别诊断,希望达到举一反三,触类旁通,见微而知著,一叶落而知秋的目的。全书 7 章,选图 1800 余幅,文字约 35 万字。

磁共振学的发展日新月异,具体疾病的影像特征及机制有待于各方面专家共同探讨与揭示,新的课题与领域不断开拓,我们的经验与教训均有限,加以才疏学浅,书中难免出现不妥或挂一漏万之处,敬请各科前辈与专家们批评斧正。

隋邦森

于中国北京

一九九一年早春

目 录

第一章 磁共振诊断学基础.....	1
第一节 磁共振成像原理.....	2
图 1-1 静磁场与射频磁场	2
图 1-2 氢原子核自旋并产生磁场	2
图 1-3 氢质子进入外磁场前后	2
图 1-4 氢质子进动并磁化	4
图 1-5 氢质子在静磁场中的能级状态	4
图 1-6 射频脉冲后氢质子的磁矩变化	6
图 1-7 射频脉冲中止后的弛豫过程	6
图 1-8 纵向弛豫(T_1)与横向弛豫(T_2)	8
图 1-9 (A) T_1 与(B) T_2 弛豫的指数曲线	8
图 1-10 自旋回波形成的原理	10
第二节 脉冲序列与参数	12
图 1-11 自旋回波脉冲序列(SE)	12
图 1-12 SE 序列的图像与参数	12
图 1-13 反转回波脉冲序列(IR)	14
图 1-14 IR 序列的图像与参数	14
图 1-15 梯度回波脉冲序列(GRE)	16
图 1-16 GRE 序列的图像与参数	16
第三节 影响 MR 信号强度的组织学因素	18
图 1-17 氢质子密度	18
图 1-18 (C、D)流速效应.....	18
图 1-19 T_1 弛豫 A、B、E	18
图 1-20 T_2 弛豫 F	18
第四节 MRI 中的伪迹	20
图 1-21(A) 运动伪迹.....	20
图 1-22(B) 包绕伪迹	20
图 1-23(C、E) 金属伪迹.....	20
图 1-24 化学移位伪迹与血流伪迹	20
第五节 顺磁性增强剂的临床应用	22
图 1-25 鉴别肿瘤组织与水肿带	22
图 1-26 鉴别胶质瘤的良恶性程度	22
图 1-27 鉴别脑瘤与脑梗塞	24

图 1-28 显示转移瘤与子灶	24
图 1-29 脑脓肿环状强化	26
图 1-30 亚急性脑梗塞脑回状强化	26
图 1-31 鉴别多发性硬化斑活动期与非活动期以及鉴别肿瘤复发	26
第六节 磁共振血管造影(MRA)	28
图 1-32 增强飞速时间效应	28
图 1-33 减少相位逸散效应	28
图 1-34 血管图像重建	28
图 1-35 MRA 显示的血管病变	30
第二章 颅脑 MR 诊断学	32
第一节 颅脑 MR 解剖	32
图 2-1 颅脑 MR 轴面解剖	32
图 2-2 颅脑 MR 冠状解剖	34
图 2-3 颅脑 MR 矢状解剖	36
第二节 脑部先天性与发育性病变	38
图 2-4 胼胝体发育不良	38
图 2-5 胼胝体脂肪瘤	38
图 2-6 导水管狭窄	40
图 2-7 Dandy-Walker 综合征	40
图 2-8 脑膨出	40
图 2-9 脊膜脊髓膨出	40
图 2-10 Chiari I 型畸形	42
图 2-11 Chiari II 型畸形	42
图 2-12 无脑叶全前脑病	44
图 2-13 半脑叶全前脑病	44
图 2-14 视上隔发育不良	44
图 2-15 脑灰质异位症	46
图 2-16 (A、B)无脑回畸形	48
图 2-17 脑回增厚及多发小脑回	48
图 2-18 脑皮层发育不良	48
图 2-19 小脑发育不良	50
图 2-20 天幕切迹蛛网膜囊肿	50
图 2-21 蛛网膜囊肿	52
图 2-22 神经纤维瘤病	54
图 2-23 结节性硬化	56
图 2-24 脂肪瘤	56
第三节 颅脑肿瘤	58
图 2-25 脑瘤 MRI 的一般表现	58
图 2-26 低度星形细胞瘤(I-II 级)	60
图 2-27 III 级星形细胞瘤	62

图 2-28	多形性成胶质细胞瘤(Ⅳ级)	64
图 2-29	纤维细胞性星形细胞瘤	66
图 2-30	脑干星形细胞瘤	66
图 2-31	少枝胶质细胞瘤	68
图 2-32	胶质瘤病	70
图 2-33	髓母细胞瘤	72
图 2-34	血管网织细胞瘤	72
图 2-35	淋巴瘤	74
图 2-36	转移瘤	76
图 2-37	松果体细胞瘤	78
图 2-38	松果体生殖细胞瘤	78
图 2-39	上皮样囊肿(胆脂瘤)	80
图 2-40	皮样囊肿	82
图 2-41	畸胎瘤	82
图 2-42	胶样囊肿	84
图 2-43	脑膜瘤	86
图 2-44	脑膜肉瘤	88
图 2-45	垂体腺瘤	90
图 2-46	垂体微腺瘤	92
图 2-47	颅咽管瘤	94
图 2-48	丘脑下部错构瘤	96
图 2-49	听神经瘤	98
图 2-50	微听神经瘤	100
图 2-51	三叉神经瘤	102
图 2-52	三叉神经节纤维瘤	102
图 2-53	视神经胶质瘤	104
图 2-54	颈静脉血管球瘤	104
图 2-55	脊索瘤	106
图 2-56	骨髓瘤	108
图 2-57	脑瘤出血	110
第四节	脑血管疾病	112
图 2-58	动脉粥样硬化性脑梗塞	112
图 2-59	脑栓塞	116
图 2-60	出血性脑梗塞	118
图 2-61	分水岭脑梗塞	120
图 2-62	腔隙性脑梗塞及 Virchow-Robin 氏腔	122
图 2-63	脑干梗塞	124
图 2-64	多发梗塞性痴呆	126
图 2-65	Binswanger 氏脑病	128
图 2-66	高血压性脑出血(超急性期)	130

图 2-67	出血性腔隙综合征	138
图 2-68	双重性中风	140
图 2-69	反复性脑出血	142
图 2-70	脑叶出血	144
图 2-71	脑血管淀粉样变性	146
图 2-72	蛛网膜下腔出血	148
图 2-73	颅内动脉瘤	150
图 2-74	梭形动脉瘤	152
图 2-75	动静脉畸形	154
图 2-76	海绵状血管瘤	156
图 2-77	隐性脑血管畸形	158
图 2-78	静脉血管瘤	160
图 2-79	Galen 氏静脉性动脉瘤	160
图 2-80	Sturge-Weber 综合征	162
图 2-81	烟雾病	164
图 2-82	非特异性动脉内膜炎	166
图 2-83	脑静脉窦血栓形成	168
第五节	颅脑外伤	170
图 2-84	脑挫裂伤	170
图 2-85	脑枪弹伤	170
图 2-86	外伤性脑内血肿	172
图 2-87	硬膜外血肿	174
图 2-88	硬膜下血肿	176
图 2-89	硬膜下积液	176
图 2-90	外伤性脑软化	178
图 2-91	外伤后脑萎缩	178
第六节	颅内感染与炎症	180
图 2-92	化脓性脑膜炎及脑室炎	180
图 2-93	细菌性脑脓肿及硬膜下积液	182
图 2-94	结核性脑膜炎	184
图 2-95	结核性肉芽肿	186
图 2-96	结核瘤	186
图 2-97	结节病	188
图 2-98	单纯疱疹病毒性脑炎	190
图 2-99	巨细胞病毒性脑炎	190
图 2-100	散发性脑炎	192
图 2-101	进行性多灶性白质脑病	192
图 2-102	脑囊虫病(活动期)	194
图 2-103	脑囊虫病(退变死亡期)	196
图 2-104	脑囊虫病(非活动期)	198

图 2-105	弓形体脑炎	200
图 2-106	霉菌感染	200
图 2-107	艾滋病脑脓肿	200
图 2-108	艾滋病脑内病变	200
第七节 脑部退行性病变		202
图 2-109	老年性脑萎缩	202
图 2-110	缺氧性脑萎缩	202
图 2-111	酒精中毒性脑萎缩	204
图 2-112	青霉素过敏性脑萎缩	204
图 2-113	CO 中毒	206
图 2-114	霉变甘蔗中毒	206
图 2-115	甲状旁腺机能低下	208
图 2-116	Fahr 氏病	208
图 2-117	Alzheimer 氏病	210
图 2-118	Pick 氏病	210
图 2-119	海绵状脑病(Creutzfeldt-Jacob 氏病)	212
图 2-120	原发性小脑变性	212
图 2-121	橄榄桥脑小脑萎缩(OPCA)	214
图 2-122	肝豆状核变性(Wilson 氏病)	216
图 2-123	大舞蹈病(Huntington 氏病)	220
图 2-124	巴金森氏病(Parkinson 氏病)	222
图 2-125	巴金森氏综合征	224
图 2-126	多系统萎缩(Shy-drager 综合征)	224
图 2-127	苍白球黑质色素变性(Hallervorden-Spatz 氏病)	226
图 2-128	亚急性坏死性脑脊髓病(Leigh 氏病)	226
图 2-129	多发性硬化(MS)	228
图 2-130	视神经脊髓炎(Devic 氏病)	230
图 2-131	弥漫性硬化(Schilder 氏病)	230
图 2-132	急性播散性脑脊髓炎	232
图 2-133	同心圆性硬化(Balo 氏病)	234
图 2-134	肾上腺脑白质营养不良(ALD)	236
图 2-135	异染性脑白质营养不良(MLD)	238
图 2-136	桥脑中部髓鞘溶解症(CPM)	240
图 2-137	儿童脑白质症	242
第八节 脑室与蛛网膜下腔病变		244
图 2-138	透明隔腔(第五脑室)与透明隔囊肿	244
图 2-139	第六脑室与中间帆腔	244
图 2-140	侧脑室粘连缩窄	246
图 2-141	大枕大池	246
图 2-142	室管膜囊肿	248

图 2-143	囊括性脑室	248
图 2-144	梗阻性脑积水	250
图 2-145	交通性脑积水	250
图 2-146	正常压力性脑积水	250
图 2-147	室管膜瘤	252
图 2-148	脉络丛乳头状瘤	254
第三章	脊椎与脊髓病变	256
图 3-1	脊椎与脊髓 MR 解剖	256
图 3-2	环枕畸形	258
图 3-3	环枢椎畸形	258
图 3-4	交通性脊髓空洞症	260
图 3-5	特发性脊髓空洞症	262
图 3-6	外伤性脊髓空洞症	264
图 3-7	肿瘤性脊髓空洞症	266
图 3-8	脊髓室管膜瘤	268
图 3-9	脊髓星形细胞瘤	270
图 3-10	脊髓血管网织细胞瘤	272
图 3-11	脊膜瘤	274
图 3-12	神经鞘瘤	276
图 3-13	神经纤维瘤	278
图 3-14	脂肪瘤与胆脂瘤	280
图 3-15	转移瘤	282
图 3-16	髓母细胞瘤	284
图 3-17	脊索瘤	286
图 3-18	骨巨细胞瘤	286
图 3-19	椎骨动脉瘤样骨囊肿	288
图 3-20	脊髓纵裂合并脂肪瘤	290
图 3-21	脊髓动静脉畸形	292
图 3-22	脊髓海绵状血管瘤	294
图 3-23	脊髓内肿瘤出血	294
图 3-24	脊髓内出血	296
图 3-25	脊髓硬膜外血肿	296
图 3-26	脊椎脊髓损伤	298
图 3-27	外伤性脊髓软化与囊变	300
图 3-28	外伤性脊髓萎缩	300
图 3-29	椎骨骨折与韧带损伤	302
图 3-30	椎骨骨髓炎	304
图 3-31	硬膜外与硬膜下脓肿	304
图 3-32	脊椎类风湿性关节炎	306
图 3-33	脊髓炎、蛛网膜炎与蛛网膜囊肿	306

图 3-34	脊椎结核	308
图 3-35	颈椎骨质增生、间盘退变	310
图 3-36	颈椎间盘突出	312
图 3-37	颈椎间盘脱出	314
图 3-38	后纵韧带骨化	316
图 3-39	颈椎病	318
图 3-40	椎管狭窄症	318
图 3-41	腰椎间盘突出	320
图 3-42	腰椎间盘突出	320
图 3-43	脊椎滑脱	322
第四章	五官与颈部疾病	324
第一节	眶部疾病	324
图 4-1	视网膜成胶质细胞瘤	324
图 4-2	眼球内黑色素瘤	324
图 4-3	视神经胶质瘤	326
图 4-4	眶内脑膜瘤	326
图 4-5	海绵状血管瘤	328
图 4-6	炎性假瘤	328
图 4-7	皮样囊肿	330
图 4-8	眶内转移瘤	330
图 4-9	甲状腺眼病	330
图 4-10	眶内蜂窝织炎	332
图 4-11	泪腺结节病	332
图 4-12	眼静脉血栓形成	334
图 4-13	额窦粘液囊肿	334
第二节	鼻咽部病变	336
图 4-14	鼻咽癌	336
图 4-15	鼻咽鳞状上皮癌	338
图 4-16	声门上癌	340
图 4-17	声门下癌	342
图 4-18	声门旁癌	342
图 4-19	梨状窝癌	344
图 4-20	舌癌	346
图 4-21	舌根部肿瘤	348
图 4-22	Thornwald 囊肿	350
图 4-23	口咽部鳞癌	350
图 4-24	副鼻窦炎	352
第三节	颈部病变	354
图 4-25	甲状腺癌	354
图 4-26	甲状腺腺瘤	354

图 4-27 结节性甲状腺肿瘤	356
图 4-28 甲状旁腺腺瘤	356
第五章 胸部与心脏疾病	258
第一节 肺部与胸壁病变	358
图 5-1 中心型肺癌	358
图 5-2 周围型肺癌	360
图 5-3 肺癌致肺不张	362
图 5-4 肺癌淋巴结转移	364
图 5-5 肺内转移癌	366
图 5-6 肺上沟癌	366
图 5-7 支气管扩张伴肺大泡	368
图 5-8 节段性肺炎	370
图 5-9 间质性肺炎	370
图 5-10 肺结核	370
图 5-11 胸膜间皮瘤	372
图 5-12 胸膜炎胸腔积液	372
第二节 纵膈病变	374
图 5-13 纵隔甲状腺肿	374
图 5-14 胸腺瘤	376
图 5-15 纵膈畸胎瘤	378
图 5-16 纵膈淋巴瘤	378
图 5-17 纵膈转移瘤	380
图 5-18 异位甲状旁腺瘤	382
图 5-19 神经纤维瘤	382
图 5-20 神经节细胞瘤	384
图 5-21 食道癌	384
图 5-22 食道裂孔疝	386
第三节 正常心脏 MR 解剖	388
图 5-23 正常心脏 MR 解剖	388
图 5-24 急性心肌梗塞	390
图 5-25 慢性心肌梗塞	390
图 5-26 室壁瘤	392
图 5-27 肥厚性心肌病	392
图 5-28 充血性心肌病	394
图 5-29 缩窄性心包炎	394
图 5-30 心包积液	396
图 5-31 心房粘液瘤	396
图 5-32 心包血肿	398
图 5-33 心室横纹肌瘤	398
图 5-34 心室神经纤维瘤病	400

图 5-35	心房脂肪瘤	400
图 5-36	风湿性瓣膜病	402
图 5-37	细菌性心内膜炎	402
图 5-38	主动脉夹层动脉瘤	404
图 5-39	主动脉动脉瘤	406
图 5-40	主动脉缩窄	408
图 5-41	肺动脉高压	408
图 5-42	房间隔缺损	410
图 5-43	室间隔缺损	410
图 5-44	复合性先天性心脏病	412
第六章 腹部与盆腔病变		414
第一节 肝胆病变		414
图 6-1	正常肝胆系统 MR 解剖	414
图 6-2	肝癌	416
图 6-3	肝转移瘤	418
图 6-4	肝淋巴瘤	420
图 6-5	肝海绵状血管瘤	422
图 6-6	肝囊肿	424
图 6-7	肝脓肿	424
图 6-8	肝包虫病	426
图 6-9	局灶性肝内结节增生	428
图 6-10	肝腺瘤	428
图 6-11	脂肪肝	430
图 6-12	肝脂肪瘤	430
图 6-13	肝硬化	432
图 6-14	肝胆管扩张症	434
图 6-15	胆石症	436
图 6-16	胆囊炎	436
图 6-17	胆囊癌	436
第二节 胰腺与消化道		438
图 6-18	正常胰腺 MR 解剖	438
图 6-19	胰腺癌	440
图 6-20	胰岛细胞癌	442
图 6-21	胰腺炎	442
图 6-22	胰腺假囊肿	444
图 6-23	壶腹癌	444
图 6-24	脾脏转移瘤	446
图 6-25	脾脏淋巴瘤	446
图 6-26	脾脏铁质沉积	448
图 6-27	直肠癌	448

第二节 腹膜后病变.....	450
图 6-28 腹膜后淋巴结肿大	450
图 6-29 腹膜后纤维化	450
图 6-30 腹膜后转移瘤	452
图 6-31 原发性腹膜后肿瘤	452
图 6-32 腰大肌脓肿	454
图 6-33 腰大肌肿瘤	454
第四节 肾与肾上腺.....	456
图 6-34 正常肾与肾上腺 MR 解剖	456
图 6-35 肾细胞癌	458
图 6-36 肾错构瘤(肾血管肌肉脂肪瘤)	460
图 6-37 肾细胞瘤(Wilms 氏瘤)	460
图 6-38 肾囊肿	462
图 6-39 多囊肾	464
图 6-40 肾积水	466
图 6-41 肾包膜下血肿	466
图 6-42 肾盂肾炎与肾小球肾炎	468
图 6-43 肾结核	468
图 6-44 肾上腺腺瘤	470
图 6-45 肾上腺癌	472
图 6-46 肾上腺嗜铬细胞瘤	474
图 6-47 肾上腺转移瘤	476
图 6-48 肾上腺皮质增生症	476
第五节 盆腔病变.....	478
图 6-49 正常男性盆腔解剖	478
图 6-50 正常女性盆腔解剖	480
图 6-51 宫颈癌	482
图 6-52 子宫内膜癌	484
图 6-53 子宫肌瘤	486
图 6-54 卵巢癌	486
图 6-55 卵巢畸胎瘤	488
图 6-56 卵巢错构瘤与皮样囊肿	488
图 6-57 卵巢囊肿	490
图 6-58 前列腺癌	492
图 6-59 前列腺增生	494
图 6-60 前列腺炎	494
图 6-61 膀胱癌	496
第七章 骨骼与肌肉病.....	498
图 7-1 正常髋关节 MR 解剖	498
图 7-2 正常膝关节 MR 解剖	500

图 7-3	股骨头无菌性坏死	502
图 7-4	膝关节半月板撕裂	504
图 7-5	膝关节骨性关节炎	506
图 7-6	膝关节滑膜炎、关节积液	506
图 7-7	膝关节韧带撕裂	508
图 7-8	成骨肉瘤	510
图 7-9	软骨肉瘤	512
图 7-10	滑膜肉瘤	512
图 7-11	脂肪肉瘤	514
图 7-12	软组织尤文氏肿瘤	514

第一章 磁共振诊断学基础

磁共振(MR)原称为核磁共振(NMR)。根据 Gauss 学说,电与磁是同一物理现象的两个方面,电荷沿一导线运动或质子沿轴自旋即产生磁场,而导线切割磁力线又可产生电流。人体组织允许磁共振产生的长波成分,如无线电波穿过,这是 MR 能用于临床的基本条件。

氢原子是体内数量最多的元素,它只含一个质子而不含中子。氢质子带 1 个正电荷,又能自旋,周围形成一个小磁场,整个氢原子核实际上是一个自旋的小磁体(图 1-2)。“核”的意思是指核磁共振成像(MRI)主要涉及原子核,尤其是氢原子核。“磁”有两个含义:(1)磁共振过程发生在巨大外磁体的孔腔内,后者能产生一个恒定的强大的静磁场(B_0),如图 1-1 所示;(2)在静磁场上按时叠加另外一个小的射频磁场(B_1)以进行核激励,并诱发磁共振;还要叠加一个小的梯度磁场以进行空间扫描并控制成像。“共振”是借助宏观世界的自然现象来解释微观世界的物理学原理。核子(氢质子)间能量的吸收与释放亦可引起共振,处于低能级的氢质子从射频磁场吸收的能量恰好等于能级差,即可跃迁到高能级水平;氢质子弛豫时释放的能量恰好等于能级差时又可跌落回低能级水平;氢质子按 Larmor 频率在外加静磁场中升降波动,即称为“核磁共振”。

从人体进入强大的静磁场 B_0 ,到获得清晰的 MR 图像,人体组织与受检部位内的每一个氢质子都经历了一系列复杂变化。(1)氢质子群体的平时状态:在无外磁场作用的条件下氢质子杂乱无章地排列着,磁矩方向不一,相互抵消(图 1-3,A);(2)在外加磁场中的氢质子状态:人体进入强大均匀的外加磁场中,体内所有混乱的氢质子按量子力学规律重新排列,其中多数与 B_0 磁力线同向(处于低能级),少数与 B_0 磁力线逆向(处于高能级),最后达到动态平衡(图 1-3,B;图 1-4);(3)通过表面线圈在 B_0 磁力线垂直方向上施加射频磁场(RF 脉冲),受检部位的氢质子从中吸收能量,并向 XY 平面上偏转(图 1-6);(4)射频脉冲终止后,氢质子开始弛豫(图 1-7),放出它们吸收的能量,并回到 Z 轴的自旋方向上;(5)释出的电磁能转化为 MR 信号;(6)在梯度磁场(由梯度线圈发出)辅助下,MR 信号重建成 MR 图像。