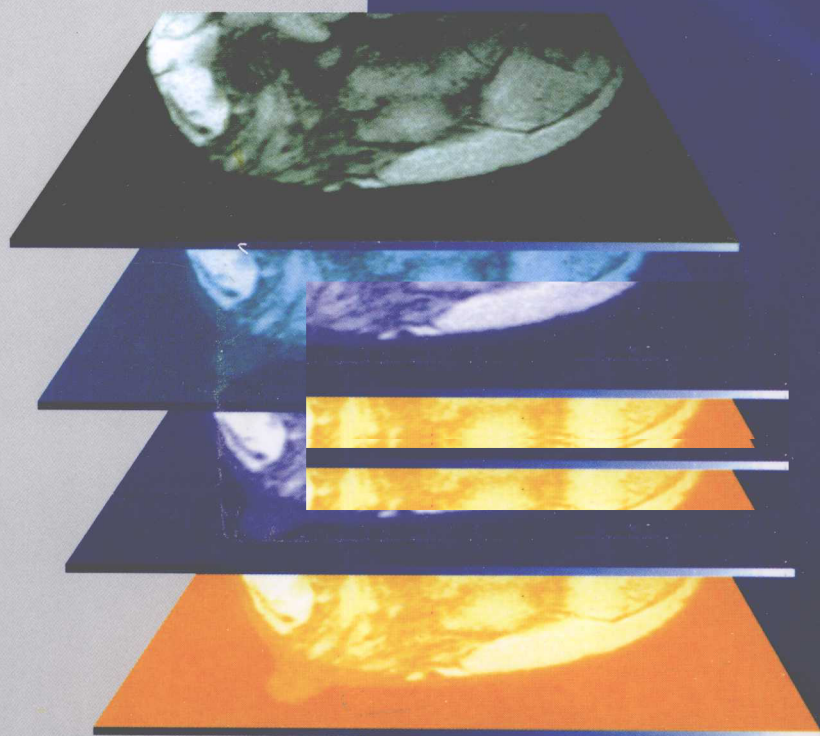


# 实用磁共振乳腺成像

## Practical MR Mammography

Uwe Fischer, M.D 著

陈军 俞杨 主译  
俞仑燕 柏玉涵



中国医药科技出版社

# 实用磁共振乳腺成像

## Practical MR Mammography

Springer, Philadelphia, PA, 2007

2007年11月第1版  
320页 16.00元



© 2008 北京爱文启行

# 实用磁共振乳腺成像

Uwe Fischer, M.D 著

德国哥廷根妇女保健中心

合作者 Ulrich Brinck, M.D

陈 军 俞 杨 主译  
俞仑燕 柏玉涵

398 幅插图

25 幅图表

 中国医药科技出版社

## 图书在版 (CIP) 编目

实用磁共振乳腺成像 / (德) 费希尔 (Fischer, U.) 著; 陈军等译. —北京: 中国医药科技出版社, 2010.5

书名原文: Practical MR Mammography  
ISBN 978-7-5067-4440-9

I. ①实… II. ①费… ②陈… III. ①乳房疾病—磁共振成像—诊断 IV. ①R655.804

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 205758 号

Copyright © of the original English language edition 2004 by Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, Germany  
Original title: "Practical MR Mammography"

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 A4  
印张 14  
字数 408 千字  
版次 2010 年 5 月第 1 版  
印次 2010 年 5 月第 1 次印刷  
印刷 北京中科印刷有限公司  
经销 全国各地新华书店  
书号 ISBN 978-7-5067-4440-9  
定价 88.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

**重要提示:** 医学是一门持续发展中的不断变化着的科学。医学研究和临床经验不断扩展着我们的知识, 尤其是在恰当的处置和药物治疗方面的知识。对于本书提到的任何剂量或应用而言, 读者可以相信本书的作者、编辑和出版商已经竭尽全力以确保本书的参考书目与此书出版时的知识水准是相一致的。

尽管如此, 本书并不包含、暗示或表明本书的出版者与本书中所陈述的任何用量指导及应用形式承担任何担保或责任。每一位使用者都应该仔细审查每种药品里随附的生产厂家的宣传单, 还必须对药品宣传单中提到的剂量计划或厂家宣传的与现行书中的禁忌症是否相矛盾进行检查, 如果觉得有必要的话, 还应该与内科医生或专家进行讨论。这种检查对于极少用到的或刚刚投放市场的药物尤为重要。每一份剂量计划表, 或每种应用形式, 都完全由使用者承担风险和责任。作者和出版商要求每位使用者向出版商报告他们所注意到的与本书所述不同和本书所述不准确之处。

本书中所提及的有些产品名称、专利及注册商标实际上是注册商标或所有权名称, 即使这一事实并没有每次都在文中提及。因此, 没有明示为所有权的名称的出现, 并不能解释为出版商主张其为公众领域的名称。

本书, 包括其中所有部分, 都受版权保护。任何版权法限制以外的使用、开发或商业化, 如果没有得到出版商的同意, 都属于非法并会受到起诉。尤其是直接复印照片以仿造、拷贝、印刷、微型胶卷和电子数据的加工存储。

## 绪言

乳腺摄影术在哥廷根拥有渊源流长的历史，Anton Gregl 在 20 世纪 70 年代就在哥廷根大学临床学院创建和开展了普通乳腺放射诊断学工作。他的研究是以科隆大学的 Hoeffken、Lanyi 的工作，以及他在“施特拉斯堡乳腺研究学校”（“Strassburg school of senology”）的工作及海德堡大学的 Becker 的经验为基础。由于他对乳腺摄影术工作的巨大贡献，使得他获得了独立授予的乳腺摄影与淋巴管成像科，他一直担任该科室的主任，直到他在 1989 年退休时为止。

Uwe Fischer 正是在这个乳腺摄影与淋巴管成像科里开始了他的放射学学习。在 Gregl 教授退休和将这个专业科室重组进放射诊断科后，为检测乳腺癌而增加了现代断面成像方法的运用就成为合理的事了。除了使用超声波检查乳腺外，在 Heywang 和 Kaiser 自 1986 年起就开始开展基础性研究工作后，Uwe Fischer 对磁共振乳腺成像表现出了特别的兴趣。

1990 年，在我们临床学院的首台 MR 扫描仪

投入使用后，Uwe Fischer 利用自己从 Gregl 时代起的传统乳腺摄影术经验，并借此机会在大量患者中证明了磁共振乳腺成像的临床价值。本书是他在此领域里 9 年经验和努力的结晶，除了相关的介入诊断和治疗的可能性之外，本书涵盖了被普遍接受的适合磁共振乳腺成像的适应证，推荐的成像技术和方法以及目前的形态学和血液动力学表现的知识。Uwe Fischer 多年的临床和科学研究为我们临床学院在这方面的研究做了大量的知识积累并强化了学院的学术地位，与此同时，也使得他声名鹊起。正因如此，Uwe Fischer 最有资格来编写磁共振乳腺成像的最新的关键性的提纲。我很欣喜地看到此书付梓出版，我希望本书对有兴趣从事乳腺成像研究的同仁们有很大的帮助，并希望本书能成为同仁们在图书馆之外的最爱。

哥廷根

Echhardt Grabbe 博士（教授）

## 前言

近年来,动态磁共振乳腺成像更加确立了其作为女性乳腺诊断检查成像方法中的地位。作为补充诊断方法,它填补了乳腺X射线摄影术和超声波检查领域中尽管已经经历大量技术改进和发展后仍留下的重要空白。通过该方法,特别是对增强磁共振乳腺成像,可以看到病理组织的血管过度生成,这样可以很灵敏地检测到浸润性乳腺癌。

尽管在对乳腺进行MR检查的初期,在围绕MR检查的方法上存在激烈的争论,但近年来在欧洲共同体范围内已经在标准化检查策略上达成共识。当前的检查的指导方针是Deutsche Röntgenesellschaft (DRG) —德国放射学会以推荐方法的形式发表的,代表着许多研究小组的一致意见。事实上,个别研究者的测量协议仍然在某些参数上显示出某些不同,与该指导方针并不矛盾。相反,我们应当把这点认为是磁共振成像(MRI)应该提供多方面可能性的一种表现。

乳腺MRI是放射学家可运用的额外补充诊断手段,如果选择运用的话,它可以改进乳腺癌的诊断成像。如果注意遵守确定了磁共振乳腺成像适应证的话,一些学者对乳腺MRI检查花费昂贵的担心是可以避免。相反,也可以认为磁共振乳腺成像的选择性使用能够更早地发现肿瘤和肿瘤的复发,也可以更好地针对肿瘤的分期来安排后续治疗计划和治疗方案的实施。

本书的目的在于对磁共振乳腺成像进行介绍并给以简要说明,并使之有助于磁共振乳腺成像常规工作的开展。本书以短小、简练的形式叙述了磁共振乳腺成像的重要技术及其方法等各方面,有一章专门讨论了评估的标准,通过对乳腺生理变化的描述、潜在伪影和缺陷的讨论而完善了对乳腺疾病的治疗。

本书的重点在于对乳腺的变化以及乳腺相关疾病的诊断进行系统阐述。作为介绍,其最重要的信息除了其他的乳腺成像方法外,还包括关于乳腺疾病的历史、流行病学、预后及临床意义。在本书对乳腺简短的概括中,没有对特殊表现进行详细论述,但可以当作是对乳腺的简短综述。

如想获得更详细的信息,尚需要查阅相关文献。下面的章节主要是对行增强磁共振乳腺成像广泛接受的适应证进行详细的说明,并且在插图中列出了使人印象深刻的图像作为举例进行说明。

本书单独用了一章的篇幅将乳腺MRI表现与其他乳腺成像方式的表现放在一起进行详细分析。本书中提出有关磁共振乳腺成像的诊断和治疗策略的建议,目的在于为日常常规工作提供实用性指导,并不是让人必须严格遵循的条条框框。对于具有较多经验的读者而言,由于本书的介绍过于简短,可能会对本书不满意,或对这一章节的某些部分感到不满。然而,正是本章采用的注重实效的方法,对于获得正确的诊断起着有价值的帮助作用,本章未将最少遇见的鉴别诊断考虑在内。

本书中将对乳腺带有植入物的患者进行磁共振乳腺成像的基本原理及其典型并发症的影像归于一章中阐述。本书除了对磁共振乳腺成像的美好未来和对磁共振乳腺成像内容进行结论性讨论外,对于偶尔需要迅速明确影像诊断的MR引导下介入技术的现行标准,以及磁共振乳腺成像质量保证的评价等方面都进行了阐述。

本书反映了我在哥廷根乔治—奥古斯特(Georg-August)大学放射诊断科获得的有关磁共振乳腺成像12年的经验。如果没有许多同事的帮助,这本书的撰写是不可想象的。有鉴于此,在此我想对Margitta Pieper女士表示感谢,感谢她为高品质图像的翻拍制作所付出的不知疲倦的耐心工作。我还要感谢科里所有的医学技师,特别要提到Jutta Rüschoff女士和Thomas Weidlich先生,他们带着极大的专注和热情在患者们进行磁共振乳腺成像过程中关心照料她们。我更要感谢Corinna Schorn博士,他在工作中的带着创新性思维和一丝不苟地负责磁共振乳腺成像的专业方面,我还要感谢Dorit von Heyden博士和Susanne Luftner-Nagel博士,磁共振乳腺成像前的绝大部分工作,如临床、乳腺摄影、超声波检查等,都是由他们负责的。我特别感谢哥廷根Georg-August大学病理教研室的Alfred

Schauer 博士（教授），他总是参加我们的建设性讨论，以及来自同一病理教研室的 Ulrich Brinck 博士，他负责书写组织病理学和免疫组织化学部分，并分别提供了组织学幻灯片。因为很好的合作计划并为此建立了 MRI 兼容设备，我真心感谢医学物理教研室的 Werner Döler 博士。最后，我还要特别感谢两个人：首先是我的老师和良师益友 Anton Gregl 博士（教授），他 19 年前用他

能感染人的热情与激情将我引入到乳腺诊断的研究中来；其次是 Eckhardt Grabbe 博士（教授），他让我有可能专注于乳腺 MRI 的临床和科学研究上来，并且总是对于我的努力给予建设性的支持。

**哥廷根**

**Uwe Fischer**



# 目录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1 磁共振乳腺成像的历史              | 1  |
| 2 患者的准备与告知                | 2  |
| 3 技术与方法                   | 3  |
| 磁共振成像的基本原理                | 3  |
| 诊断设备                      | 4  |
| 磁共振乳腺成像的诊断系统              | 4  |
| 成像序列同义词                   | 4  |
| 表面线圈                      | 5  |
| 检查时间                      | 5  |
| 患者体位                      | 6  |
| 乳腺加压                      | 6  |
| 场强                        | 8  |
| 2D 与 3D 技术                | 9  |
| 定义                        | 9  |
| 2D 与 3D 技术的比较             | 10 |
| 供学习的扫描协议                  | 11 |
| 最高扫描协议 (IIBM 提出的供学习的扫描协议) | 12 |
| 超快技术                      | 13 |
| 高分辨率 (HR) 技术              | 14 |
| 脂肪饱和技术                    | 15 |
| T2 加权序列                   | 16 |
| 时间分辨率                     | 16 |
| 空间分辨率                     | 17 |
| 层面方向                      | 18 |
| 顺磁性对比剂                    | 18 |
| 图像后处理                     | 20 |
| 自动图像后处理与分析                | 21 |
| 4 肿瘤血管生成                  | 22 |
| 基本原理                      | 22 |
| 肿瘤血管生成与磁共振乳腺成像            | 23 |
| 5 诊断标准                    | 24 |
| 平扫检查                      | 24 |
| 对比剂增强后 T1 加权检查            | 25 |
| 形态学                       | 25 |
| 形状                        | 25 |
| 边缘                        | 26 |
| 表现形式                      | 26 |
| 动力学                       | 27 |
| 动力学                       | 28 |
| 初始期的信号升高                  | 28 |
| 初始期后的信号变化                 | 29 |
| 恶性标准                      | 30 |
| 评估分数                      | 30 |
| 6 伪影与错误根源                 | 32 |
| 体位错误                      | 32 |
| 对比剂注射方式不恰当                | 33 |
| 运动伪影                      | 34 |
| 去相位成像                     | 35 |
| 发射与接收装置的失调                | 36 |
| 磁敏感伪影                     | 37 |
| 心脏血流流动伪影                  | 38 |
| 线圈伪影                      | 38 |
| 兴趣区 (ROI) 选取不正确           | 39 |
| 诊断性操作后的信号变化               | 40 |



|                      |     |                         |     |
|----------------------|-----|-------------------------|-----|
| 7 磁共振乳腺成像的正常表现       | 41  |                         |     |
| 形态学                  | 41  | 个体间的变异                  | 46  |
| 血供                   | 41  | 个体内的波动                  | 47  |
| 实质与年龄                | 43  | 激素替代治疗                  | 48  |
| 实质的不对称性, 附属腺体组织      | 44  | 妊娠与哺乳期乳腺                | 49  |
| 乳头与乳头后区域             | 45  |                         |     |
| 8 良性变化               | 50  |                         |     |
| 乳头状瘤                 | 50  | 错构瘤                     | 86  |
| 腺瘤                   | 54  | (形象性的称呼: “乳腺中的乳腺”;      |     |
| 纤维腺瘤                 | 56  | Kronsbein Bässler 1982) |     |
| 纤维腺瘤的亚型              | 65  | 急性乳腺炎                   | 88  |
| 良性叶状肿瘤               | 66  | 慢性非产褥期乳腺炎               | 90  |
| (又称为叶状纤维腺瘤)          |     | 乳腺内的淋巴结                 | 92  |
| 脂肪瘤                  | 68  | 脂肪坏死                    | 94  |
| 纤维囊性乳腺病变             | 70  | (又称为脂性坏死伴微囊性钙化)         |     |
| 腺病(又称为腺病乳腺)          | 74  | 术后改变                    | 98  |
| 单纯性囊肿                | 77  | 血清肿                     | 98  |
| 复杂性囊肿                | 80  | 血肿                      | 99  |
| 放射状瘢痕                | 83  | 脓肿                      | 100 |
| (又称为硬化性乳头状增生、硬化性乳腺病、 |     | 瘢痕组织                    | 101 |
| 放射状硬化性病变)            |     | 放疗后改变                   | 102 |
| 9 恶性变化               | 104 |                         |     |
| 导管内肿瘤的分类             | 104 | 黏液癌                     | 122 |
| 导管原位癌(DCIS)          | 104 | 浸润性乳头状癌                 | 124 |
| 文献调查结果               | 107 | 小管癌                     | 126 |
| 小叶原位癌(LCIS)          | 108 | 其他类型的肿瘤                 | 128 |
| 浸润性肿瘤分类              | 110 | 炎性癌                     | 128 |
| 浸润性导管癌               | 110 | 乳头Paget病                | 130 |
| 文献调查结果               | 116 | 恶性叶状肿瘤                  | 132 |
| 浸润性小叶癌               | 117 | 肉瘤                      | 134 |
| 文献调查结果               | 119 | 乳腺转移瘤                   | 136 |
| 髓样癌                  | 120 |                         |     |
| 10 男性磁共振乳腺成像         | 138 |                         |     |
| 男性乳腺发育               | 138 | 男性乳腺癌                   | 139 |
| 11 磁共振乳腺成像的指征        | 140 |                         |     |
| 没有明确表现患者的磁共振乳腺成像     | 140 | 术前分期                    | 144 |

|                                     |            |                                |     |
|-------------------------------------|------------|--------------------------------|-----|
| 肿瘤大小 . . . . .                      | 144        | 新辅助化疗 . . . . .                | 150 |
| 大量导管内成分 (EIC) . . . . .             | 144        | 原发灶不明的癌瘤 (CUP 综合征) . . . . .   | 152 |
| 多病灶 . . . . .                       | 144        | 瘢痕与癌的区别 . . . . .              | 154 |
| 多中心性 . . . . .                      | 144        | 局部病灶切除术后的随访 . . . . .          | 156 |
| 同时发生的双侧乳腺癌 . . . . .                | 148        | 乳腺植入物重建后的随访 . . . . .          | 160 |
| 淋巴结分期 . . . . .                     | 148        | 增加的乳腺癌风险 . . . . .             | 161 |
| 磁共振乳腺成像对治疗策略的重要性 . . . . .          | 148        |                                |     |
| <b>12 鉴别诊断与策略性思考 . . . . .</b>      | <b>162</b> |                                |     |
| 局灶性增强 . . . . .                     | 162        | 线性对比增强 . . . . .               | 165 |
| 圆形或卵圆形的边界清晰的均匀 . . . . .            | 162        | 树枝状对比增强 . . . . .              | 166 |
| 强化病灶                                |            | 毛刺状对比增强病变 . . . . .            | 167 |
| 多发性的圆形或卵圆形的边界清晰 . . . . .           | 163        | 环形病灶即周围增强病变 . . . . .          | 168 |
| 的均匀强化病灶                             |            | 弥漫性增强 . . . . .                | 169 |
| 圆形或卵圆形的边界不清晰的均匀 . . . . .           | 164        | 单侧性弥漫性对比增强 . . . . .           | 169 |
| 强化病灶                                |            | 双侧弥漫性对比增强 . . . . .            | 170 |
| <b>13 假体诊断学 . . . . .</b>           | <b>171</b> |                                |     |
| 检查技术 . . . . .                      | 171        | 硅胶流出 (硅胶浸出) . . . . .          | 175 |
| 测量协议 . . . . .                      | 171        | 囊内破裂 . . . . .                 | 176 |
| 正常表现 . . . . .                      | 172        | 囊外破裂 . . . . .                 | 178 |
| 并发症 . . . . .                       | 174        | 硅胶肉芽肿 (“硅胶瘤”) . . . . .        | 179 |
| 囊状挛缩变形 . . . . .                    | 174        | 自体乳腺成形术 . . . . .              | 180 |
| <b>14 MR 引导下的介入放射学 . . . . .</b>    | <b>181</b> |                                |     |
| MR 引导下的介入放射学指征 . . . . .            | 181        | 活检装置 (蒂宾根, Tübingen) . . . . . | 185 |
| 立体定向装置 . . . . .                    | 182        | MR 乳腺活检系统 . . . . .            | 185 |
| 哥廷根 (Göttingen) 介入放射学装置 . . . . .   | 182        | MRI 兼容性活检器械 . . . . .          | 186 |
| 活检装置 (哈莱, Halle) . . . . .          | 182        | MRI 兼容性定位器械 . . . . .          | 188 |
| 活检装置 (波恩, Bonn) . . . . .           | 182        | 病变完全切除的确认 . . . . .            | 190 |
| 活检装置 (莱比锡, Leipzig) . . . . .       | 182        | 结果 . . . . .                   | 191 |
| <b>15 质量评估 . . . . .</b>            | <b>192</b> |                                |     |
| 磁共振乳腺成像的检查清单 . . . . .              | 192        | MR 乳腺模型 . . . . .              | 194 |
| 磁共振乳腺成像报告 . . . . .                 | 193        |                                |     |
| <b>16 磁共振乳腺成像目前的地位和展望 . . . . .</b> | <b>196</b> |                                |     |
| 目前的地位 . . . . .                     | 196        | 展望 . . . . .                   | 197 |

|                   |     |              |     |
|-------------------|-----|--------------|-----|
| 参考文献              | 198 | 恶性变化         | 201 |
| 磁共振乳腺成像的历史, 患者的准备 |     | 男性乳腺         | 202 |
| 与信息、技术与方法         | 198 | 指征           | 202 |
| 肿瘤血管生成            | 199 | 乳腺植入物与整形外科   | 203 |
| 诊断标准              | 199 | MR 引导下的介入放射学 | 204 |
| 错误根源              | 200 | 质量保证 / 展望    | 204 |
| 正常表现              | 200 |              |     |
| 良性变化              | 200 |              |     |

## 缩略语

|         |                  |            |                   |
|---------|------------------|------------|-------------------|
| ACR     | 美国放射学院           | LN         | 淋巴结               |
| bFGF    | 碱性纤维母细胞生长因子      | ml         | 内 - 外位            |
| BW      | 体重               | ms         | 毫秒                |
| cc      | 头 - 足位           | MIP        | 最大密度投影            |
| CD      | 簇丛测定             | MPR        | 多回波重建             |
| CE      | 对比增强             | MR         | 磁共振               |
| CM      | 对比剂              | MRI        | 磁共振成像             |
| 2D      | 单层数据采集           | MMR        | 核磁共振              |
| 3D      | 容积块数据采集          | NOS        | 不另行说明             |
| DCIS    | 导管原位癌            | NU         | 标准化单位             |
| DD      | 鉴别诊断             | OP         | 手术                |
| DRG     | 德国放射学会           | PEG        | 相位编码梯度            |
| DTPA    | 二乙烯三胺五乙酸; 喷替酸    | Post-CM    | 注射对比剂后            |
| EIC     | 浸润性导管内成分         | Pre-CM     | 注射对比剂前            |
| FA      | 翻转角              | RODEO      | 激发去共振的旋转传递技术      |
| FLASH   | 快速小角度激发          | ROI        | 兴趣区               |
| FOV     | 视野               | SE         | 切除标本              |
| G       | 测量               | SE         | 自旋回波              |
| G1,2,3  | 1,2,3 级          | T          | 特斯拉 (磁场强度单位)      |
| Gd      | 钆                | T1-WI      | T1 加权             |
| Gd-DTPA | 钆 - 喷替酸          | T2-WI      | T2 加权             |
| GE      | 梯度回波             | TE         | 回波时间              |
| Gy      | 戈瑞 (吸收剂量单位、放射能量) | TNM        | 肿瘤 - 淋巴结 - 转移分期系统 |
| HPF     | 高倍视野             | TR         | 恢复时间              |
| HR      | 高分辨率             | TSE        | 快速自旋回波            |
| IIBM    | 国际性磁共振乳腺成像调查     | TurboFLASH | 快速梯度回波序列          |
| IR      | 反转恢复             | VEGF       | 血管内皮生长因子          |
| LCIS    | 小叶原位癌            |            |                   |
| LE      | 局部病灶切除术          |            |                   |

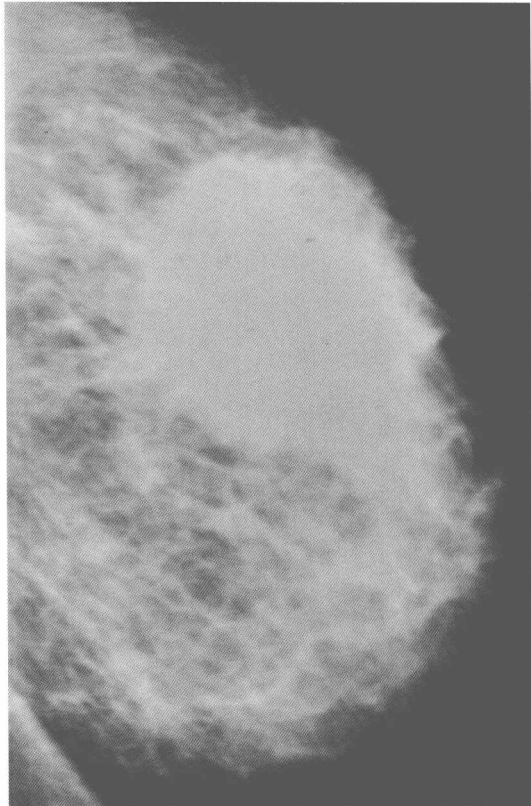
## 1 磁共振乳腺成像的历史

在 20 世纪 70 年代，由于化学家 Paul Lauterbur 的工作，磁共振成像开始得到发展。在 Bloch 和 Purcell 研究工作的基础上，Lauterbur 运用磁场强度随着空间的改变而呈线性变化这一原理，从而使静态磁场里的空间编码成为可能 (Lauterbur, 1973)。

MRI 在医学成像里的一般优点，特别是高对比度范围的无重叠多平面采集的图像已经得到广泛的认可，鲜为人知的是，乳腺是 MRI 研究中最先的研究对象之一。Raymond Damadian 在 1971 年提出对不同的乳腺肿瘤进行区分是有可能的 (Damadian 1971)。Peter Mansfield 在 1979 年发表了第一幅乳腺肿瘤的 MRI 图像 (Mansfield 等, 1979)，然而，不管是随后的离体试管研究还是后来的活体组织 T1 和 T2 弛豫时间的测量，都不能很好地将乳腺的良性病变和恶性病变进行区分 (Ross 等, 1982; El Yousef 等, 1983; Heywang 等, 1985; Kaiser 和 Zeitler 1985) (图 1.1)。有鉴于此，乳腺的磁共振成像并不是一开始就被人们所广为接受。

在 20 世纪 80 年代中期，随着由哥廷根大学 Max Planck 生物物理化学学院的 Jens Frahm 和 Axel Haase (Frahm 等 1986; Haase 等 1986) 提出的小翻转角快速梯度回波成像序列的发展，这种序列被称为快速小角度激发成像序列 (FLASH)，现代磁共振乳腺成像在技术上取得了突破性进展。其运用 FLASH 成像方法实现了快速动态成像，并使顺磁性对比剂 (CM) 如钆螯合物得到运用而获得大量信息。专业化表面线圈的使用，更进一步地促进了乳腺动态对比增强检查的开展，从而使获得足够高空间分辨率的图像成为可能。

在随后的几年里，乳腺 MRI 检查主要受 Sylvia Heywang 和 Werner Kaiser 研究的影响，产生了两个学派和许多辩论。Heywang 推崇较高的空间分辨率而采用三维 (3D) FLASH 序列，然而，Kaiser 推崇高时间分辨率，从而运用二维 (2D) FLASH 序列。今天，关于哪种技术的诊断效果好的争论仅仅只是历史学家的兴趣了。现在，通过运用现代 3D 序列的磁共振乳腺检查以及梯度场和功率得到改进了的现代扫描仪，我们已经可以得到时间分辨率和空间分辨率均很高的图像了。



a



b

图 1.1 a, b 炎性乳腺癌

a 乳腺 X 线平片。

b 与乳腺 X 线平片相比，MRI 未提供额外的诊断信息 (T1 加权平扫像，1985 年)。

## 2 患者的准备与告知

在开始检查前，患者必须去掉铁磁性的物品（珠宝，手表，钱夹等）。所有的上衣均要脱掉，并换上从前面解开的睡衣。

### • 乳腺 MRI 检查的一般禁忌证

由于需要磁共振乳腺成像解决的诊断性问题不是危及生命的紧急问题，因此，有必要避免在进行磁共振乳腺成像这项检查时对患者造成的任何可能的伤害。下面是被广泛认可的 MR 成像的禁忌证：

- 心脏起搏器。
- MR 不兼容材料制作的心脏瓣膜及外科手术夹（心脏或脑内的）。
- 乳腺 MR 检查前两周有心脏或脑外科手术史。
- 在以前的使用了对比剂的 MR 检查中有对钆产生不良反应史的（不适用于未使用对比剂的假体的 MR 检查中）。

### • 需要强制性告知患者的信息

- 注射对比剂的必要性。
- 可能发生的对对比剂不能耐受。  
(危险性轻微的不良反应发生率约 1:5000)  
(危险性较重的不良反应发生率约 1:500 000)。
- 患者签署的同意接受磁共振乳腺检查的声明  
(被通知同意的形式)。

### • 可选性告知患者信息

- 磁共振乳腺检查目的信息。
- 磁共振检查时间的信息 (10~15min)。
- 对可期望的背景噪声的适应证。
- 给患者强调在检查时保持不动的必要性，以避免产生运动伪影。
- 预先通知患者注射对比剂，并告知注射对比剂后有关的感觉（臂膀有一时性的凉爽感觉）。

### • 患者的准备

- 在前臂静脉或头静脉开放静脉通路 (18~20 G)。
- 避免使用前臂静脉注射对比剂（那样会导致较长的注入时间）。
- 连接延长管 (长 1.5m，容量 4ml)。
- 在 MR 检查床上定位前，让患者有一短暂的休息时间。
- 将患者摆放在舒适的俯卧位。
- 听力保护装置的运用（头戴送受话器）。
- 给患者一盏应急灯，使患者在幽闭恐怖症，恶心发作时等情况下发出警报。

### • 检查开始时

- 通知患者检查将要开始。

### 3 技术与方法

#### 磁共振成像的基本原理

自从 Paul Lauterbur 在 30 年前发表了他的第一篇关于磁共振成像 (MRI) 的报告后, 现在, MRI 已经发展成为成熟的具有多种成像方式的技术 (Lauterbur 1973)。磁共振成像的方法运用的是核磁共振 (NMR) 的物理学原理, 该成像原理已经由包括诺贝尔奖获得者 Isidor Rabi、Edgar Purcell、Felix Bloch 和 Richard Ernst 在内的许多化学家和物理学家描述过了。按照电磁学定律, 荷电微粒的旋转运动可以在微粒周围产生一局部的磁场。某些核—质子 (氢核) 和那些具有奇数质子和中子的核具有其固有的角动量, 或自旋。

对磁共振成像而言, 氢核, 或称质子, 由于其在生物组织 (水, 脂肪) 中的高浓度而受到偏爱。此外, 由于其丰度高, 在自然界的所有同位素中, 氢核的磁矩最高。在没有外部磁场时, 磁自旋的方向是任意分布的, 因此, 它们的磁偶极子没有净外作用力。当氢核被放置于一强大的外在磁场中时, 这些原子核按照静磁场  $B_0$  的两个方向中的一个排列 (排列方向依不同方向磁力线的数量而决定): 平行于磁场, 即“向上自旋” (低能量状态); 或与磁场反方向平行, 即“向下自旋” (高能量状态)。由于这两种状态的能量差别小, 两种方向排列的可能性基本相同。对于在所用的 1.5T (tesla) 的磁场中的质子而言, 每 100000 质子中仅仅只有一个质子是处于较低能量状态的。此外, 由于每个质子的自旋是环绕其自身的轴, 并且暴露在磁场中时会经历了一扭力矩, 自旋矢量被迫成环状, 或者说进动方向与按地球的重力场方向自旋顶部的方向相同。质子磁力矩的进动频率  $\omega$  也称为 Larmor 频率, 与磁场强度  $B_0$  呈线性相关:

$$\omega = \gamma \times B_0$$

正比常数  $\gamma$  对不同类别的核来说是特异性的, 也称为磁旋比。在磁场中的自旋矢量的协同作用, 产生了肉眼可见的磁力矩或称为磁化强度

$M$ , 这是在接收线圈中产生 MR 信号起作用的净磁力矩。

在恰当的物质依赖性 (material-dependent) 共振频率 (1T 的质子是 42MHz) 激发下的短时间射频脉冲 (RF) 的爆发导致磁场纵轴排列方向以外的质子磁矢量的重新定向, 即宏观的磁化, 在 RF 脉冲场的扭力矩作用下而被迫作环磁场纵轴的旋转。位移角即翻转角  $\alpha$ , 依赖于激发脉冲的幅度和持续时间, 并以角度的形式表示。在 RF 脉冲关掉后, 质子恢复到原来与静止磁场纵向排列方向一致的位置, 即弛豫。在弛豫过程中, 氢核吸收的能量以 RF 脉冲的形式重新释放出来或通过分子间的如电磁偶极—偶极间的相互作用和热耗散方式消散。释放的电磁信号 (MR 信号) 能被特殊的接收线圈检测到而作为感应电压, 并转换成图像。

磁矢量恢复到原来方向的过程是一指数的过程, 可描述为纵向平面 (自旋—晶格作用或 T1 弛豫时间) 的增加, 同时横向磁化衰减 (自旋—自旋作用或 T2 弛豫时间)。横向磁化作用的衰减是由导致进动自旋矢量去相位的分子偶极场的波动引起的。场的不均匀性引起成直线排列的自旋质子产生额外的去相位, 以在 T2 弛豫时间加一个星 (T2\*) 来表示。弛豫时间指的是 RF 信号以指数方式上升 (T1) 或衰减 (T2) 至其最大值一半的时间。值得庆幸的是, 对于 MR 图像的对比度而言, 各种组织的 T1 弛豫时间和 T2 弛豫时间具有惟一性的特征。

对产生图像而言, 释放的信号或 RF 回波必须在三维矩阵中进行特异性定位。空间定位是通过在 x、y、z 空间方向上运用线性磁场梯度而获得的。然而, 空间编码中的 2D 和 3D 技术在运用中是不同的。在 2D 技术中, 层面选择只是同时转换层面选择梯度和 RF 激发, 然后在该平面内进行相位和频率编码即可。在 3D 技术中, 容积是由 RF 激发, 并且第二次相位编码与第一次相位编码是成直角的。

MR 图像的对比度受两类因素的影响：物质特异性因素和外在因素。主要的物质特异性因素包括质子密度及 T1 弛豫时间和 T2 弛豫时间。外在因素包括硬件与软件参数（如：层厚，翻转角，采集次数），采用的脉冲序列类型（如：自旋回波，梯度回波，脂肪饱和），场强，以及是否注射了对比剂。

很多不同的脉冲序列都可以用于获取 MR 图像，后面的内容中会讲解一些自旋回波（SE）和梯度回波（GE）的基本知识。GE 序列对于动态磁共振乳腺成像尤其重要。

在传统 SE 序列中，层面选择性  $90^\circ$  RF 脉冲产生激发，取消了纵向磁化作用并将其翻转成横向磁化作用的过程，在回波时间（TE）过了一半后，施加一个  $180^\circ$  RF 脉冲，以重新复相位或再聚焦自旋进动，以补偿磁场不均匀性所导致的信号损失。因此，最大的信号发射，即自旋回波，产生于 TE 回波时间里。在经过一个重复时间 TR 后，完整的脉冲周期就这样重复进行着。依据所选择的回波时间和重复时间，产生的图像可以是 T1 加权图像，T2 加权图像或质子加权图像。

## 诊断设备

### 磁共振乳腺成像的诊断系统（表 3.1）

表 3.1 用于磁共振乳腺成像的诊断设备

| General Electric Medical Systems (GE) Co. |      |
|---|------|
| • Signa Horizon LX                        | 1.0T |
| • Signa Horizon LX                        | 1.5T |
| • Signa MR/i                              | 1.0T |
| • Signa MR/i                              | 1.5T |
| Philips Co.                               |      |
| • Gyrocan T5-NT                           | 0.5T |
| • Gyrocan T10-NT                          | 1.0T |
| • Gyrocan ACT-NT                          | 1.5T |
| Siemens Co.                               |      |
| • Magnetom Symphony                       | 1.5T |
| • Magnetom Harmony                        | 1.0T |
| • Magnetom Vision and Vision plus         | 1.5T |
| • Magnetom Impact Expert and Expert plus  | 1.0T |
| • Magnetom Impact                         | 1.0T |
| • Magnetom 63 SP and SP 4000              | 1.5T |
| • Magnetom 42 SP and 42 SP 4000           | 1.0T |

GE 序列中的回波不是用  $180^\circ$  脉冲产生的，而是通过开通梯度反转，产生一再聚焦的 RF 回波，即梯度回波。此外，开始的  $90^\circ$  RF 脉冲还可以用一翻转角度  $\alpha < 90^\circ$  的较小的脉冲来代替，该脉冲没有运用完整的纵向磁化，与 SE 相比较而言，虽然这样会导致信号强度降低，但生成和采集图像的时间会快得多。与 SE 序列相比，GE 序列更容易产生伪影，这些伪影是由于 GE 序列对诸如组织（骨，空气）内的磁敏感性不同或金属夹等原因引起的磁场不均匀性具有较高的敏感性而产生的，而且，回波时间长度也是主要的影响因素。GE 序列对顺磁性对比剂更敏感。

MRI 信号的产生可因注射对比剂而发生改变，顺磁性物质主要用于这一目的，但是也有注射超顺磁性物质的，两类物质都有改变所成像解剖结构的弛豫时间的特性。顺磁性对比剂的主要作用是缩短组织的 T1 时间，导致信号升高。动态磁共振乳腺成像得益于这一作用，通过在（新生的）血管形成区增加对比剂的摄取，从而提高了该区 T1 加权序列的信号强度，超顺磁性物质具有强烈的缩短 T2 时间的作用，故而没有用于磁共振乳腺成像。

### 成像序列同义词（表 3.2）

表 3.2 磁共振乳腺成像中不同厂商使用的磁共振乳腺成像检查序列的同义词

|            | GE    | Philips | Siemens    |
|------------|-------|---------|------------|
| 自旋回波       | SE    | SE      | SE         |
| 快速自旋回波     | FSE   | TSE     | TSE        |
| 反转恢复       | IR    | IR      | IR         |
| 反转恢复       | STIR  | STIR    | STIR       |
| 脂肪饱和       |       |         |            |
| 梯度回波，T1 加权 | SPGR  | T1-FFE  | FLASH      |
| 梯度回波，T2 加权 | SSFP  | T2-FFE  | PSIF       |
| 快速梯度回波     | FSPGR | T1-TFE  | TurboFLASH |



## 表面线圈

为了在磁共振乳腺成像中获得足够的空间分辨率，必须使用与乳腺形态很相符的专用表面线圈。可以对双侧乳腺同时进行检查的商用乳腺线圈是设计成为使患者取俯卧位，两个乳腺自由地悬垂在乳腺线圈的腔内。虽然单侧乳腺线圈具有磁场更均匀的优势，但这种线圈的不足之处在于需要患者改天再来作第二次检查。因此，应当使用双侧乳腺线圈，这样可以在同一次 M R 检查中，仅注射一次 C M 就可完成双侧乳腺的检查（图 3.1-3.3）。

## 检查时间

女性乳腺的血液循环是随着激素的变化而进行的，其结果造成在乳腺中，对比剂的吸收随月经周期中的不同阶段而变化。一项对年轻女性受试者进行的个体内对比性研究表明，紊乱信号强化的程度表现为在月经的第 2 周最低，在月经的第 1 周和第 4 周最高（Kuhl 等，1995）。这些研究结果在更年期和绝经后的妇女的研究中得到了证实（Müller-Schimpfle 等，1997）。虽然恶性肿瘤的典型对比强化方式极少是呈周期性变化的，但对月经期妇女的乳腺检查的预约应当根据下表中所指示的来安排（图 3.4）。

在对乳腺病灶的细针活检和粗针穿刺活检都进行了后没有显著血肿时，可以进行磁共振乳腺成像而不受乳腺穿刺活检的限制。这两种操作都不会导致对比强化增加，因此，这两种操作不会干扰对图像的解释（Fischer 等，1996）。

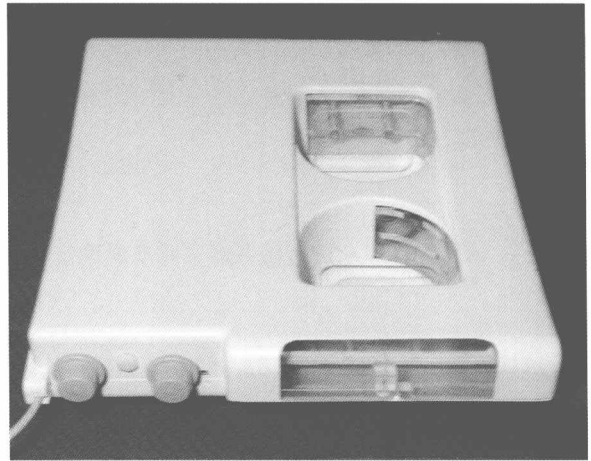


图 3.1



图 3.2

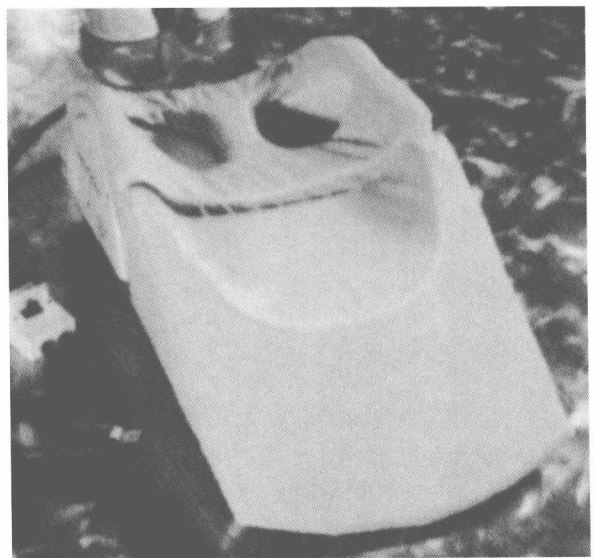


图 3.3

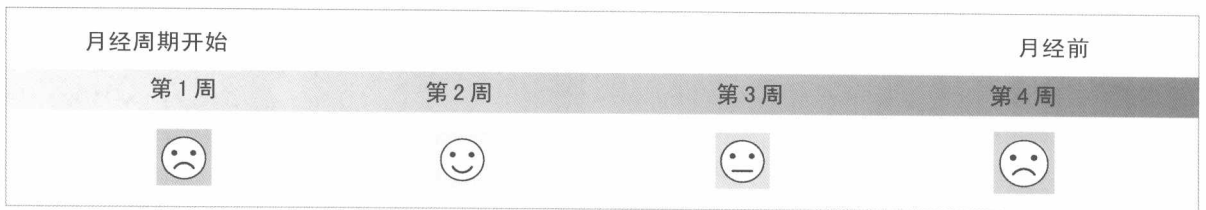


图 3.4 依据月经周期进行磁共振乳腺成像理想的预约周安排

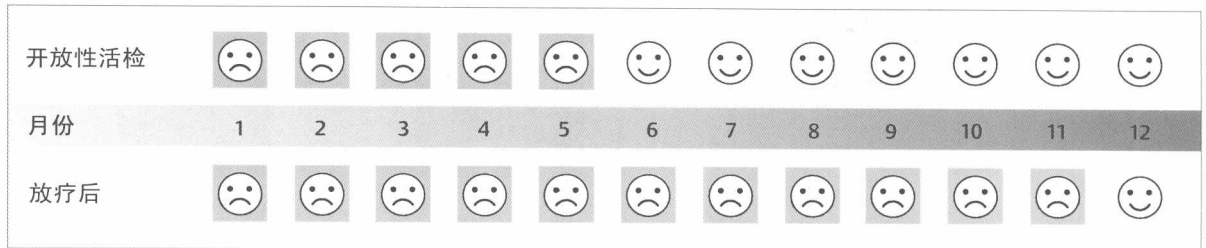


图 3.5 先行开放性活检或放疗与磁共振乳腺成像之间的时间间隔

在开放性活检后 6 个月内不宜作磁共振乳腺成像，以防止对伤口愈合所导致的增强强化区难以作出分析判断的问题。乳腺切除术后进行放疗的患者，其检查的间隔期应该延长至放疗 12 个月后再进行磁共振乳腺成像（图 3.5）。

如果医学水平和医疗机构诸因素容许，在已经

准备作磁共振乳腺成像检查之前不应作乳腺导管造影检查；磁共振乳腺成像中的强化区域需要作乳腺组织块活检检查。如果已行乳腺导管造影检查，必须将反应性对比强化区作为鉴别诊断（参见图 6.13）。

## 患者体位

在大多数全身 MR 扫描仪中，受检患者都是取俯卧位的，双臂平放在身体两旁（图 3.6 和图 3.7），另一体位是双臂交叉放于头上，然而，这

种体位不可能将乳腺完全放入乳腺线圈里，从而使检查受到限制。将病人平放进磁孔里后，确保患者的脚不接触到延长管很重要。

## 乳腺加压

在乳腺 MR 检查中，对乳腺适当地加压对于减少运动伪影来说很有必要，这一点对于在欧洲普遍应用的减影技术而言尤其如此，这些伪影在最初的脂肪抑制技术中引起的麻烦还不大。

为使线圈内的乳腺取得较好加压效果，已经采取了许多方法；检查时受检者穿 T 恤衫和在线圈外侧加填塞物的效果并不好。用特别设计的不同

尺寸的填塞物充填在线圈内乳腺的腹侧的方法效果更好些（图 3.8）。使用加压装置，使乳腺在头—足位（CC）方向展平已经取得了很好的经验（图 3.9），这种加压装置不仅能减少运动伪影，而且还可以减少乳腺在 cc 方向的厚度，因此能明显减少 MR 轴位图像的厚度（Schorn 等，1998）。目前已有带有压迫装置的可以在内—外位方向给