

Interventional
Magnetic
Resonance
Imaging

主编 J.F. Debatin
G. Adam

主译 贺能树
张云亭
白人驹

介入性磁共振成像

人民卫生出版社

介入性磁共振成像

主编 J. F. Debatin
G. Adam

主译 贺能树
张云亭
白人驹

译者 (按姓氏笔画为序)

于铁链	王松
白人驹	刘松龄
刘富强	吉训明
孙浩然	吴奇
张云亭	张敬
李威	陈光利
贺涓	贺能树
曹阳	

人民卫生出版社

敬告: 本书所用的普通描述性名称、注册名、商标等并不意味着(即使缺乏特殊声明)它们不受相关法律和规章的保护而自由使用。

出版商不能确保本书中所有药物剂量和用法的相关信息准确。对每一个体, 使用者必须通过查阅相关文献来核对这些信息。出版者拒绝对因参照本书任何内容而直接或间接导致的事故与损失负责。

Interventional Magnetic Resonance Imaging

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustration, recitation, broadcasting, reproduction on microfilm or in any other way, and storage in data banks. Duplication of this publication or parts thereof is permitted only under the provisions of the German Copyright Law of September 9, 1965, in its current version, and permission for use must always be obtained from Springer-Verlag. Violations are liable for prosecution under the German Copyright Law.

介入性磁共振成像

中文版权归人民卫生出版社所有。未经许可, 本书的任何部分不得以任何方式复制或传播, 包括电子、机械方式或信息存储和检索系统。

图字: 01-1999-2099

介入性磁共振成像

主 编: J.F.Debatin, G.Adam

主 译: 贺能树 张云亭 白人驹

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>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京金盾印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/16 印张: 20.25

字 数: 517 千字

版 次: 2001年2月第1版 2001年2月第1版第1次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04057-2/R · 4058

定 价: 207.00 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)

译者前言

介入放射学的兴起与发展,改观了医学影像学的格局。磁共振成像技术的出现,使医学影像学显示的内容发生了质的变化,目前正向着细胞分子水平以及显示组织器官功能的方向发展。

如今,磁共振成像与介入放射学的结合,所形成的“介入性磁共振成像”是一项全新的技术,综合了两者的优势,成为当前最具活力、最有前景的诊疗手段之一。

介入性磁共振成像尚处于发展初期,成为临床常规技术还需一段时间。但是本书的两位主编以及本书的诸多作者已作了大量开拓性工作,积累了许多资料和经验。他们在书中对正在发展中的令人神往的介入性磁共振成像技术作了较为全面的回顾,较为详细地介绍了开展这项工作所需的硬、软件的基本原理、磁共振相容性设备、安全性以及经皮MRI引导介入操作、MRI引导间质治疗等技术,并对介入性磁共振成像的临床应用现状作出了客观的评价。

有鉴于我国正处于开展介入性磁共振成像的始动阶段,我们组织有关人员翻译了本书,希望通过本书的出版能促进这一技术在国内的发展。

由于我们缺乏实际经验,加之语言上的问题,翻译错误在所难免,恳请读者批评指正。

译 者

2000年7月

序言 (一)

现代放射学最令人瞩目的进展之一是介入性放射学，其为在影像引导下进行的微创性治疗。介入性放射学近年来发展迅速，应用范围不断扩大，目前已用于人体的许多器官，尤其在心血管系统应用更为普遍。

X线引导的介入操作具有明显的缺点和不足，这已为人们所熟知。超声引导的介入操作尽管对病人和操作者均无电离辐射损害，但因不能提供精确的解剖信息而难以满足许多复杂手术的安全实施。虽然X线可为医生进行人体内精确操作提供优良的解剖细节，但由于手术越来越复杂，操作时间越来越长，不能不考虑给病人以及操作者带来的放射性损害。

磁共振成像作为一种崭新的成像方式，具有物理特性优势，且无电离辐射，因此，探索它在介入放射学中的用途应成为必然。很明显，介入性磁共振的发展为研制和开发新的硬件和软件以及适合磁环境下使用的导管和其它材料，都带来了巨大的挑战。

近几年来，世界上一些研究者已开始热衷于探索介入性磁共振这一未知领域。从目前汇集的大量信息看，尽管这项技术尚处于发展初期，但已有一些经验和方法是值得肯定的。

Dr. Debatin 和 Dr. Adam 是两位积极从事介入性磁共振研究的欧洲年轻放射学家，他们承担了主编此书的艰巨任务。他们不仅通过此书将许多国际知名的介入性磁共振学者和专家的经验与成果呈现给读者，而且能在这么短的时间内完成此书的出版，应当受到称赞。本书从最初策划到正式出版仅用了不到一年时间，即便在当今出版和印刷技术都十分发达的情况下，也是一件十分了不起的事情。

ALBERT L. BAERT

序言 (二)

科学的发展和进步常常形成新的知识,导致在诊断和治疗上新方法的产生。目前,MR的发展已使其处于介入性放射学领域的的前沿。自X线应用于临床一个世纪以来,与相继出现的其它成像方式相比,MR显示更能使医学影像学发生彻底改观。它所展示出如此之多令人感兴趣的方面,都远远超出了传统X线放射学的能力范畴。其中最突出的方面之一,就是可用来进行微创性经皮介入,包括导向、监测和随访。

随着相关影像技术的快速发展,可以认为介入性MR将是最有前途的手段之一。可以假设,目前由X线或超声导向的任何类型介入操作,在将来均可在MR导向下完成。MR优于X线技术的最突出优点是没有辐射。随着医生们对MR的功能成像、热敏性和其它特征的掌握和熟练应用,甚至可以预期MR将在治疗领域开拓出更为广阔的应用前景。

介入性MR的发展尚面临着许多困难和挑战。现在世界上有几个研究小组正致力于创造出一种“面向未来”的临床手段。从某种意义上说,这个目标正在开始实现。本书的两位主编在欧洲的两所大学工作——德国的Aachen大学和瑞士的Zürich大学,介入性MR在那里受到重视。作者将他们自己的成果与欧、美学者在这一领域中的最新成果一起载入本书。我们相信,介入性MR目前正处于一个快速发展时期,它的发展将深刻地影响介入性放射学的未来。

ROLF W. GÜNTHER

序言 (三)

介入性MRI或术中MRI是指将MRI用于引导治疗而非诊断的一项新技术。本世纪80年代中期第一台MR扫描机问世时,未曾有人想到它可用于引导介入治疗。这主要有两方面原因:医生无法接触磁体内的病人;成像时间长,不可能进行实时引导。由于MRI具有极好的软组织分辨力,80年代后期一些医生开始应用MRI进行导向活检并取得成功,然而并没有引起广泛的注意,人们对介入性MRI的兴趣依然甚少。

1991年我们所在的苏黎世大学决定安装一台具有回波平面成像功能的MR设备。由于它具有实时成像的优点,能满足介入导向的基本条件,使我们对介入性MRI产生兴趣。同时我们也相信,厂家能进一步解决技术上的难题,制造出适用于MR的操作器械。我们订购了能在MR导向过程中显示的介入器械,如导管、导丝等。当应用超速MRI进行介入操作的最初结果发表后,许多人对此表示怀疑,因为许多工作可由传统X线导向技术完成。然而短短几年之后,怀疑者减少了,而越来越多的人对介入性MRI产生了兴趣。介入性MRI变得非常重要有几个方面原因。首先,MRI具有极佳的组织对比分辨力和三维成像能力,与X线技术相比,能获得更多介入操作所需要的信息,因此具有许多新的应用潜力,而没有电离辐射损害则是它独特优点,特别是对于操作医师这一点更为重要。其次,MRI能进行主动的显示,例如计算机系统能告之器械尖端在什么位置,因此使介入性MRI成为遥控手术(robot surgery)或“虚拟实际”手术的一种重要环境。最后,MRI不仅能提供形态学方面的信息,而且还能提供诸如血流、组织灌注等功能方面的信息,这些对MRI监控的血管介入具有十分重要的意义。

在许多研究小组的研究成果和厂家新的强烈兴趣的推动下,1997年的介入性MRI前景将会更光明,并且有可能创造出90年代MRI临床应用方面最重要的新进展。欲使MRI导向介入的潜在优势成为现实,这在技术上并不存在严重障碍。厂家所面临的实际挑战是开发出更便于在病人身边进行操作的MR系统,并将一系列新型设备迅速推向市场。目前市售设备已不能满足临床某些方面的需要,有些工作的开展甚至在等待着设备的更新,例如在血管介入方面正期待更理想的磁体系统问世。因此,目前还不能奢望介入性MRI能在本世纪末成为一种临床常规技术。本书的编者做了大量有益的工作,总结了目前介入性MRI的方法,既描述了目前在实际中可能会遇到的技术问题,也介绍了此项技术在今后临床应用上的前景,尽管其中有些将在今后几年内才能实现。

序言 (四)

在技术进步迅猛发展的潮流推动下,放射学在过去几十年发生了巨大的变化。虽然在此过程中放射学的各个方面都受到深刻影响,然而在最近几年里进步最大的应属磁共振成像(MRI)和介入性放射学。医学向减少创伤的这一普遍趋势促进了这些领域的发展。

MRI具有一些引人注目的特点:高对比分辨力和空间分辨力;多平面成像能力;对流动的敏感性以及对温度的敏感性。这些特点结合起来大大改善了对全身肿块性病变的发现和诊断,使病人常常不需再做进一步检查。在血管成像方面,已获得了巨大发展。通过超速、三维数据采集,可无创性地对血管进行成像,其诊断质量相当于、甚至在某些方面优于传统血管造影。

无创性是MRI一问世就具有吸引力的原因之一,并很快证明MRI还有可能用于设计、引导和监控微创性诊疗手术。目前一些先进的X线成像技术如数字减影血管造影和CT已用于上述目的。在过去几年中已有数不清的可以替代外科手术的方法发展起来并应用于临床实践。例如,在许多解剖部位如纵隔、肺、上腹部、腹膜后以及中轴和周围骨骼系统,CT导向经皮活检和引流术几乎已完全取代了开放性手术。泌尿介入性放射学、胆道系统的经皮介入治疗、血管内栓塞技术、经皮经腔血管成形术和腔内血管支架的发展只是过去二十年里的一些重要里程碑。现在,介入性放射学医生还必须熟悉更复杂并更富挑战性的技术,如经颈静脉门腔静脉分流术(transjugular portosystemic shunts)和经皮主动脉内支架放置术(percutaneous placement of aortic endoprostheses)。

在介入性MRI领域,MRI和介入性放射学的结合已达到了顶点。随着开放式MRI装置和高端(high-end)、超速MRI技术的出现,由MRI导向、调节和控制的微创性介入技术已经由设想变为现实。

本书力图对这些正在发展中的令人神往的技术提供一个全面的回顾。在开始章节,使读者熟悉现在可提供的硬件和软件的基本原理、MRI相容性设备的现状以及介入性MRI的安全性问题。在以后的章节,介绍经皮MRI引导介入操作、MRI引导间质治疗和使用这些技术的初步临床经验。最后,本书尝试对介入性MRI的未来进行展望,讨论MRI在手术室里和血管内介入治疗中作为引导工具的应用潜力。我们力图对介入性MRI临床应用的现状进行客观评论。将介入性MRI技术与现有的介入性放射学进行合理的对比,将有助于使读者认识到介入性MRI技术目前仍处于发展初期,其临床实用性和价值仍需探讨。

我们获得了世界各地许多专家的支持,在本书中报告了他们在各自领域所取得的第一手资料和经验。由于介入性MRI技术的飞速发展,使我们集中精力力图使本

书及时出版。我们对各位作者的辛勤工作和他们能在严格的限定日期内高质量地完成撰稿任务表示感谢。我们对 Zürich 的 Antoinette Schumacher 在本书编辑过程中给予的支持表示感谢。我们感谢 Dr. David Hunter 花费了大量时间校对手稿。最后, 我们对 Ursula Davis 和 Springer-Verlag 的编辑们以及 K. Teichmann 公司为本书的出版所做的贡献表示衷心感谢。

JÖRG F. DEBATIN

GERHARD ADAM

目 录

磁共振成像系统的结构	1
1 开放式低场系统介入性磁共振成像	3
2 开放式中场系统介入性磁共振成像	9
3 混合式高场系统介入性磁共振成像	17
磁共振环境中设备的可视性	31
4 被动显示的原理	33
5 穿刺针的被动显示	43
6 基于磁敏感性的导管显示	47
7 基于磁场不均匀性的导管显示	53
8 主动显示 --MR 示踪	61
9 主动显示 --MR 轮廓成像	71
10 外部参照系统	77
有关介入性 MRI 的安全和成像问题	85
11 MR 设施的安全问题	87
12 MR 环境中的病人监护	97
13 用于 MR 导向活检的快速成像技术	105
经皮 MR 导向介入	113
14 MR 导向腹部活检	115
15 MR 导向骨活检	123
16 MR 导向乳腺病变定位和活检	129
17 MR 导向猪胆囊造口术	139
18 实时 MR 导向神经外科介入治疗	143
19 脑病变神经导航	147
20 MR 导向头颈部活检	153

MR 导向间质治疗的原理	159
21 温度敏感 MR 序列	161
22 MR 导向激光治疗	167
23 MR 导向的聚焦超声外科	177
24 MR 导向冷冻治疗	185
25 MR 导向射频治疗	191
MR 导向间质治疗的临床应用	199
26 脑部病变的间质激光治疗	201
27 头颈部病变的间质激光治疗	207
28 肝脏病变的间质激光治疗	213
29 前列腺病变的间质激光治疗	219
30 间质激光治疗乳腺疾病	227
术中磁共振成像	235
31 影像引导下术中 MRI 在神经外科中的应用	237
介入性磁共振血管造影	245
32 场不均匀性导管的血管内应用：体内结果	247
33 主动 MR 跟踪血管内介入	253
34 血管内 MRI	267
不足与展望	279
35 介入性放射学与介入 MRI	281
设备厂商	287
36 MR 相容器械	289
索引	295
作者名录	307

磁共振成像系统的结构

1 开放式低场系统介入性磁共振成像

G.LENZ M.DROBNITZKY

目录

- 1.1 引言 3
- 1.2 开放式低场系统介入性磁共振成像的必要技术条件 3
- 1.3 开放式低场系统中磁共振成像的必要技术条件 6
- 1.4 小结 7
- 参考文献 7

1.1 引言

过去的十年,在健康保健方面,从检查费用到保健行业的管理都发生了惊人的变化,因而接受微创性介入治疗的门诊病人数量不断增加。过去所关注的是保存组织以及降低并发症的发生率,而今天则表现在通过缩短住院治疗时间和加快病人的康复,来提高医疗服务的疗效/费用比。

许多介入手术需借助影像以行器械操纵或监控治疗。传统X线透视、计算机体层成像(CT)和超声已广泛地用于介入诊断和治疗。开放式磁体技术的出现和快速成像技术的进步,使磁共振(MR)引导下的介入性治疗得以发展(JOLESZ和KIKINIS 1995; LUFKIN 1995; SCHENK 等, 1995)。磁共振成像(MRI)除具有无辐射优点外,还具有许多特有的优势,如极佳的软组织对比,可在任意层面方向获得图像等,而最重要的是能显示组织对热治疗的反应(DEPOORTER 等, 1995; LEBIHAN 等, 1989; MATSUMOTO 等, 1994; SINHA 等, 1995)。

目前MR导向手术还仅限于在超声或X线透视导向不能完成的病例中进行。而另一方面,除非有足够的手术病源,否则不可能对该项昂贵的

技术予以投资。鉴于目前MR导向手术的收入不足,仅少数研究中心具有专用介入MRI系统,并只对少量病人进行研究。开放式MR扫描机则可同时完成诊断和介入成像,这似乎更为理想,因为减少了投资的风险,尽管存在一些不足,但这种类型的设备可使介入MRI广泛开展。

1.2 开放式低场系统介入性磁共振成像的必要技术条件

开展介入性MRI最重要的条件是磁体系统能够允许医生接触病人并进行介入操作(LENZ和DEWEY 1995)。西门子Magnetom Open C形磁体的设计是将一个0.2T的垂直方向磁场置于水平方向的两极之间(图1.1)。这种设计允许从一侧接近病人,并在近280°的范围内开展介入和手术操作(图1.2),特别对于有幽蔽恐怖症或肥胖的病人以及儿童或急症病人的成像检查更为适宜。该系统是按全功能设计的,可提供的最大视野(FOV)为36cm,可满足体部介入的需要。用阻抗型磁体代替永磁型磁体,使磁场在紧急情况或停止使用时可于1秒内切断。0.2T设备的边缘场(fringe field)仅要求30m²的空间,便于安装在现有X线或手术室内。更重要的是MR导向手术需要医生和病人在磁场中暴露相当长的时间,根据美国工业卫生管理标准(ACGIH),低场系统允许每天在磁场中暴露的时间达7小时,即如果需要,一个人一天内可多次操作,从而为病人和操作人员提供了一个安全的环境。

在垂直式磁场中需使用专为介入操作研制的高效环形线圈作为接收线圈。这些柔性线圈放置在病人身体周围并用无菌单覆盖。医生可在符合无菌标准的状态下从线圈任何一侧开展介入手术,

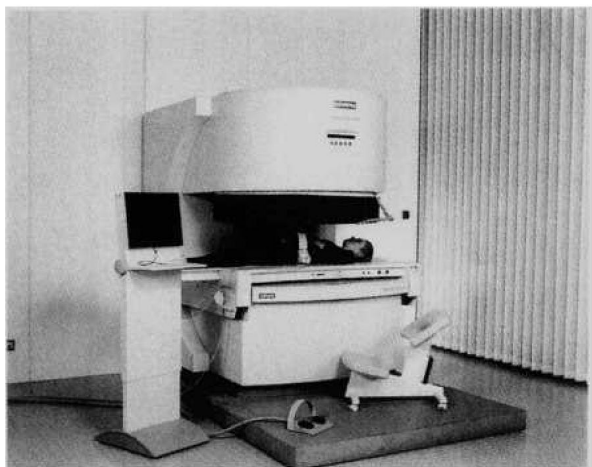


图 1.1 Magnetom Open 系统和室内 MR 控制台(左)及 MR 导向操作组件, 如孔内灯、脚闸、开放体线圈、无菌罩以及手术专用椅



图 1.2 在 MR 导向手术中接近病人的示意图, 背景中是室内 MR 控制台

而不受妨碍。这些线圈可以反复使用, 经济实用。应用这种相对于病人长轴方向的轻度倾斜环形线圈, 可使兴趣区 (region of interest, ROI) 置于线圈的中心, 从而能获得最佳信噪比(SNR)并可从边侧最近的途径接近病人。

介入手术过程中的 MRI, 首先是使用能提供良好的对比-噪声比 (contrast-to-noise ratio)

而磁敏感性伪影 (susceptibility artifact) 少的序列, 以控制器械的实际位置, 然后使用实时测量程序对器械进行导向。具有高占空比 (high duty cycle) 的大功率梯度系统是快速成像的必要条件。Magnetom Open 型 MR 系统具有低平、15mT/m 的主动屏蔽梯度系统和 900 μ s 的超短上升时间的特点。由于采用水冷, 最大占空比可达 100%。通用的最快 MRI 技术为平面回波成像 (EPI)。遗憾的是 EPI 对介入器械引起的局部磁场失真非常敏感, 至今仍未见到成功地用于介入 MRI 的先例。在低场强设备中, 稳态梯度回波 (steady-state gradient-echo) 序列每单位时间可提供最大的信噪比。联用矩形视野(FOV)可改善图像显示, 在这种情况下每幅图像成像时间小于 1 秒, 可以满足器械的实时导向需要。

被动介入器械 (passive interventional tools) 不能直接显影, 而是通过它们产生的局部磁敏感伪影显示在 MR 图像上。伪影的大小和器械被放大的宽度取决于序列参数、磁场强度以及器械材质 (LUEDECKE 等, 1985; SHELLOCK 等, 1993)。目前常用的器械材质如不锈钢或钛合金在低场系统中伪影小, 可接受, 但在较高场强时伪影则明显增大, 易影响定位的准确性 (LEWIN 等, 1996)。

为符合介入手术的安全要求并使图像快速反馈, 在磁体孔附近需安放一个局部监视器, 其用途类似于 X 线透视。由于磁场的干扰, 仅可使用液晶显示技术。使用移动式 and 可调式 MR 室内控制台 (in-room MR console) 进行操作。监视器液晶显示屏装有屏蔽, 因此不会因射频干扰而使图像失真。在液晶显示屏上除菜单栏和控制、操作窗口外, 系统所提供的分辨力可满足同时显示 4 幅图像。MR 室内控制台应用一种屏蔽鼠标, 因而可在病人身边进行 MR 扫描机的操作。

除 MR 室内控制台、透视程序、可拆装式接收线圈外, 还包括其它一些组件一起构成了一套商业出售的 MR 导向设施。这些组件有: 磁体无菌布罩, 医生专用手术座椅, 为介入工作区提供照明的可伸式冷光源, 以及保证所有测量和重建图像能立即显示的自动显示软件。使用与 X 线透视检查中相似的脚步进行操作, Magnetom Open 系统能连续显示图像, 类似于 X 线透视所见。介

入医师在关注手术进展情况的同时, 仍可进行系统操作。

进针点的定位是MR导向介入手术中经常遇到的问题。最简单的途径是用医生的手指与图像平面中病人的位置相对应。同样, 也可用灌满对比剂的小管, 或者用一种MR可见的格栅放置在病人身旁以获得定位图像。比较复杂的方法是利用三维示踪系统交互式地控制扫描平面(SILVERMAN 等, 1995)。目前最精确、多用途的方法是使用一种需要任意照准线(free line of sight)的有源光系统(active optical systems), 借助数字器探头, 易于制定手术计划并能快速确定最佳进针点和角度。由于手术中的介入器械并非总是呈直线运行, 因此必须经常交互地改变成像平面的位置和方向, 以保证所用器械始终能被观察到。一种MR专用的POLARIS光学示踪系统(Northern Digital, Waterloo Ont., Canada)可以完成这一工作。它以数字化探头作为器械的手柄, 可将器械实际位置的信息传送至Magnetom Open开放式MR测量控制系统, 并用于下一步测量(图1.3)。安装在MR扫描机上的光学标记与磁体中心距离固定, 在各次手术期间照相机系统易于再定位而无须重新校准图像机和示踪系统的坐标。当直接在病人身体上或在病人床上放置附加标记时, 即使病人床已脱离磁体, 仍可使用光学示踪系统。

由于介入MRI是一个相当新的领域, 首先应搞清楚一些基本问题, 如:

1. 利用MRI的优势, 哪些当前由其它成像方法监控的介入手术可由MR导向介入方法所代替? 除无辐射和具有更好的软组织对比外, 可任意选择层面方向和三维成像以及使用对比剂的安全性同样是应考虑的优点。

2. 哪些介入手术由于MR导向, 才可安全实施?

3. 哪些新的微创性介入技术能得到发展并具有最终能改善医疗服务效果的潜力?

目前一些研究中心和西门子公司合作, 正在进行多项研究来证明介入MRI的优势, 以及由此而使医疗费节省的可能性。介入MRI的临床应用可包括:

1. 头颈部、肝和盆腔下部的淋巴结和转移瘤的诊断性活检(DUCKWILER 等, 1989, FRAHM 等, 1996; SILVERMAN 等, 1995)
2. 囊肿、脓肿和血肿的引流(GEHL 等, 1996)
3. 疼痛综合征的变性治疗和神经根治疗以及MR导向交感神经切除术(GROENEMEYER 等, 1995)(图1.4)
4. 间质激光治疗(interstitial laser therapy)(KAHN 等, 1994; PUSHEK 等, 1995; VOGL 等, 1995)
5. 局部肿瘤的射频消融(RF ablation)治

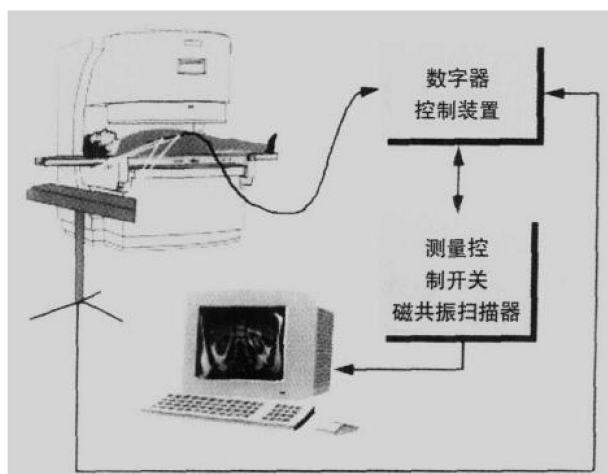


图1.3 与Magnetom Open系统一体化的MR相容性光学示踪系统Polaris的工作原理



图1.4 腰部交感神经节的MR导向射频消融术。女性病人33岁, 下肢多汗。病人俯卧, 射频探头经后外侧入路, 其尖端达椎体前外侧缘(Courtesy of Dr.R.Lufkin University of California Los Angeles)

疗(ANZAI 等, 1995; FARAHANI 等, 1995)

6. MR 导向聚焦超声(CLINE 等, 1995
HYNENEN 等, 1996)

7. MR 导向冷冻外科(PEASE 等, 1995)

8. 局部药物治疗和化学消融术(chemoablation)
(BARTOLOZZI 等, 1994; SIRONI 等, 1994),

9. 血管介入(WILDERMUTH 等, 1997)。

1.3 开放式低场系统中磁共振成像的必要技术条件

除微创治疗技术外, 磁共振成像特别引起神经外科的关注(HUANG 等, 1995; JOLESZ 和SHTERN 1992)。其原因之一是常规手术前的MR检查可描绘出脑和脊髓病变的明确边界。此外, 目前已应用三维成像数据制定的复杂手术计划和进行术中神经导航(intraoperative neuronavigation), 特别是在神经外科领域。使用同一台MR扫描机可完成手术计划的制定、手术期间的治疗和监控、术后控制以及对特殊病例进行术前诊断, 从而使成像系统有较高的利用率。

在神经外科手术中使用导航系统的主要目的是为了提高显微外科的精确度及最大程度减少肿瘤组织的残余。即使应用显微外科手术, 也常不能清楚地区分某些侵袭性肿瘤的边界。利用神经导航技术, 可将手术区内的某些定位点投影到术前MR数据中, 从而使外科医生能够确定手术区内较深病变的位置。这类系统, 无论是机械的、光学的、声学的或电磁式设计的, 其主要不足是均单纯依据术前图像数据。当打开颅骨和硬膜, 脑脊液引流后, 以及切除肿瘤应用脑压板时, 脑的形态将发生变化。如术中使用MRI则可检测到这些脑结构的改变, 从而提高神经导航的空间准确性, 减少并发症, 使手术的精确性进一步得以改善。

德国海德堡大学和埃朗根大学神经外科将Magnetom Open型MR机安装于手术室内, 在一个观测屏引导下开展手术(图1.5)。麻醉机和生命支持系统均经严格挑选, 与MR相容(MR-compatibility), 并对MR的射频(RF)系统无干扰。作为手术期间MRI的必要条件, 病人床上



图1.5 在海德堡大学安装的Magnetom Open系统上进行介入手术, 显示相邻的手术室背景。在MR扫描机病人床上开展神经外科手术, 手术中随时可获取术中监控图像

安装有MR相容头架。头架完全是非金属性的, 由陶瓷材料制成并用塑料螺丝和陶瓷针固定(Brandis, Weinheim, Germany, in conjunction with the German Cancer Research Institute, Heidelberg)以免产生任何磁敏感性伪影。头架上安装有特殊设计的头部接收线圈, 不影响接触病人。开颅手术后, 线圈上部可取下再消毒以备再用。用这种方式, 可在MR导向下, 于扫描机内开展神经外科手术, 如手法脑活检(free-hand brain biopsy)(图1.6)、囊肿和脓肿的引流或内照射性置管。

使用放置于床远端的MR相容手术显微镜, 可使某些操作能在磁体旁进行。如经蝶的垂体瘤切除术通过MRI对照图像可立即获知肿瘤是否有残余, 若有必要可继续进行手术, 直至肿瘤完全切除。随着与MR相容的内镜技术的广泛应用, 术中操作范围有可能进一步扩大。