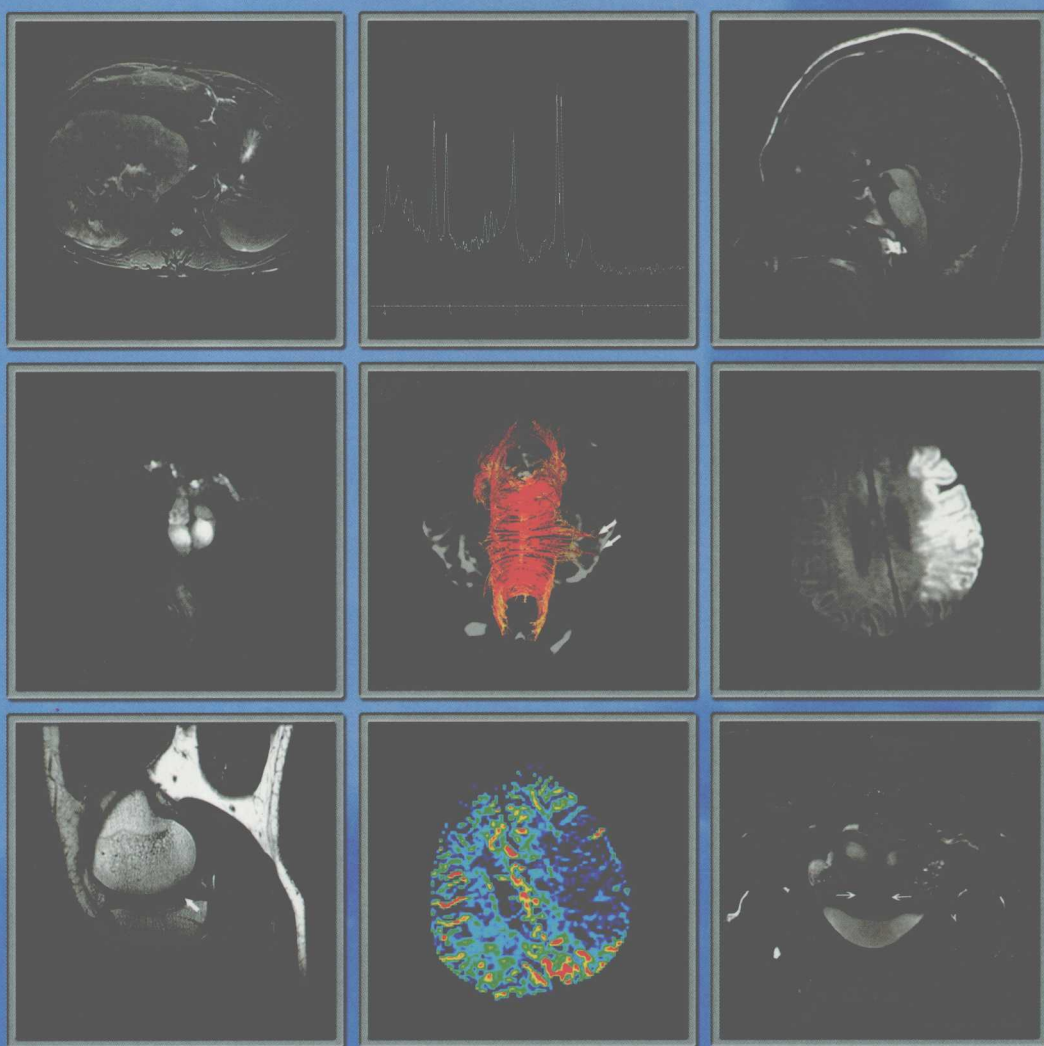


超高场MR 全身应用图谱

ATLAS OF ULTRA-HIGH MAGNETIC FIELD MR
IMAGING OF WHOLE BODY

金征宇 主编



中国协和医科大学出版社

超高场MR全身应用图谱

编 委 会

顾 问 刘玉清 严洪珍 赵玉祥

主 编 金征宇

副主编 冯 逢 有 慧 秦明伟

编 者 (按姓氏拼音顺序排序)

曹 光 付海鸿 胡 凌 李明利

李小圳 陆菁菁 孟春玲 任 莹

宋金松 宋 伟 孙 非 孙宏毅

薛华丹 张立仁 张竹花 郑福玲

中国协和医科大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

超高场 MR 全身应用图谱 / 金征宇主编. —北京: 中国协和医科大学出版社, 2007. 1
ISBN 7-81072-829-6

I. 超… II. 金… III. 磁共振成像-图谱 IV. R445.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 122918 号

会 委 员

韩正斌 包焰光 俞正斌 向 颀
李玲金 融 主
林阳秦 慧 育 多 函 融主编
(有书有歌音特为校对) 告 融

陈明李 姜 陆 陈高林 张 曹
董 升 钱春孟 曹善制 眼小季
魏宏保 非 傅 荆 宋 徐金宋
徐丽斌 苏件洪 二立洪 民半籍

超高场 MR 全身应用图谱

主 编: 金征宇
责任编辑: 吴桂梅 曹 煜

出版发行: 中国协和医科大学出版社
(北京东单三条九号 邮编 100730 电话 65260378)

网 址: www.pumcp.com
经 销: 新华书店总店北京发行所
印 刷: 北京丽源印刷厂

开 本: 889×1194 毫米 1/16 开
印 张: 42.5
字 数: 1150 千字
彩 图: 3 页
版 次: 2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷
印 数: 1—3000
定 价: 130.00 元

ISBN 7-81072-829-6 / R·822

(凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页及其他质量问题, 由本社发行部调换)

序 言

自 20 世纪 80 年代初以来,磁共振成像系统及临床应用进展迅速,现已成为与超声和 CT 并列的三大现代成像技术。超高场如 3.0T 磁共振成像已有效地应用于临床,进一步提高了图像的信噪比和对比噪声比,且具有扫描覆盖范围更大等优点。在临床应用上由解剖、形态学向各种功能成像方面发展,结合 MR 波谱(MRS)分析,已逐步进入代谢、分子成像水平。

北京协和医院自 2004 年 2 月开展 3.0T 磁共振扫描的临床应用研究以来,积累了丰富的诊治经验,收到良好的效果。作者从 8000 余病例中选择收集了全身各部位包括颅脑、头颈部、胸部、腹部和盆腔、骨关节和软组织等 2054 幅图像,既有正常解剖结构,又有典型和疑难病例图像,以中英文双语对照解说有关影像学表现及总结,有助于提高影像科、有关科室医师和医学生对超高场 MR 的认识,便于学术交流。

祝愿并相信本图谱的出版,可向广大读者包括医技专业人员提供有益的参考和帮助,并可帮助医学生学习 MR 及其临床应用的新知识。

刘玉清

2007 年 1 月 15 日

前 言

近年来,随着 MR 技术的飞速发展,超高场强(3.0T 及以上磁场强度)磁共振成像设备和技术逐渐成为研究及应用的热点。在追求更高的信噪比、更高的空间分辨率和更高的对比度的同时,MR 已由单纯的解剖成像发展成为包括解剖、生理、病理生理和功能成像及分子成像在内的综合性检查和研究手段,而 MR 为了解疾病的病理生理过程、诊断疾病、选择治疗方案、疗效随访和预后判断提供了非常有价值的信息。

本书主要以图谱的形式,病例是从北京协和医院 3.0T 磁共振扫描的 8000 余病例中选择出来的,为便于交流,本书全文为中英文双语对照,按不同部位分为 5 篇 29 章,共收集图像 2054 幅。每个病例均为临床或病理证实,附有影像学图片及典型影像学表现总结,以便于读者对照。在编写中,本书借鉴了一些国外论著中的精华,结合我院在高场强 MR 应用中的经验,力使本书达到较高编写水准,能够体现高场强 MR 的发展现状和发展方向。本书适用于放射科医师、临床医师,也可作为长学制临床医学、影像医学和医学工程学生的影像诊断学方面的补充教材。

本书承蒙美国 GE 公司大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,本书难免存在偏颇和疏漏之处,在此还恳请各位同道不吝赐教。

金征宇
2006 年 4 月

目 录

(Contents)

3. OT 磁共振成像设备的技术发展	(1)
--------------------------	-------

第一篇 中枢神经系统

Part 1 Central nervous system

第一章 颅脑解剖和正常变异

Chapter 1 Anatomy and normal variations of brain	(11)
第一节 颅脑解剖 (Anatomy of brain)	(11)
第二节 正常变异 (Normal variations of brain)	(16)

第二章 脑先天畸形

Chapter 2 Congenital malformations of brain	(27)
第一节 蛛网膜囊肿 (Arachnoid cysts)	(27)
第二节 Chiari 畸形 (Chiari malformations)	(31)
第三节 视隔发育不良 (Septo - optic dysplasia)	(34)
第四节 胼胝体发育不良 (Dysgenesis of the corpus callosum)	(36)
第五节 脑裂畸形 (Schizencephaly)	(45)
第六节 皮质发育异常 (Cortical dysplasia)	(48)
第七节 灰质异位 (Heterotopia)	(54)
第八节 Kallmann 综合征 (Kallmann syndrome)	(59)

第三章 缺血缺氧脑病和代谢性疾病

Chapter 3 Hypoxic - ischemic encephalopathy and metabolic disorders	(62)
第一节 脑室旁白质软化 (Periventricular leucomalacia)	(62)
第二节 瘢痕脑回 (Ulegyria)	(67)
第三节 分水岭区脑损伤 (Parasagittal cerebral injury)	(70)
第四节 多囊脑软化 (Multicystic encephalomalacia)	(74)
第五节 CO 中毒 (CO poisoning)	(78)
第六节 内侧颞叶硬化 (Mesial temporal sclerosis)	(80)
第七节 肝豆状核变性 (Wilson's disease)	(85)
第八节 线粒体脑病 (Mitochondrial encephalopathy)	(90)
第九节 肝性脑病 (Hepatic encephalopathy)	(102)

第四章 白质病变

Chapter 4 White matter diseases	(107)
---------------------------------------	---------

第一节 脱髓鞘疾病 (Demyelinating disease)	(107)
第二节 血管炎 (Vasculitis)	(122)
第三节 放射性脑病 (Radiation - induced encephalopathy)	(128)
第四节 Wallerian 变性 (Wallerian degeneration)	(134)
第五章 脑血管疾病	
Chapter 5 Vascular diseases of the brain	(139)
第一节 缺血性脑血管疾病 (Ischemic cerebrovascular disease)	(139)
第二节 静脉性梗死 (Venous infarction)	(161)
第三节 出血性卒中 (Hemorrhagic stroke)	(164)
第四节 动脉瘤 (Aneurysm)	(171)
第五节 血管畸形 (Vascular malformation)	(180)
第六章 创伤	
Chapter 6 Trauma	(199)
第一节 骨折 (Fracture)	(199)
第二节 出血 (Hemorrhage)	(201)
第三节 脑挫裂伤 (Hemorrhagic contusion)	(205)
第四节 弥漫轴索损伤 (Diffuse axonal injury)	(208)
第五节 创伤后中枢性尿崩症 (Posttraumatic central diabetes insipidus)	(211)
第七章 颅脑感染及非感性炎性疾病	
Chapter 7 Infectious and noninfectious inflammatory diseases of the brain	(214)
第一节 细菌感染 (Bacterial infection)	(214)
第二节 病毒感染 (Viral infection)	(239)
第三节 脑囊虫病 (Neurocysticercosis)	(251)
第四节 真菌感染 (Fungal infection)	(259)
第五节 Rasmussen 脑炎 (Rasmussen's encephalitis)	(264)
第八章 肿瘤及类肿瘤病变	
Chapter 8 Neoplasms and tumor - like conditions	(272)
第一节 脑内肿瘤 (Intraaxial tumors)	(272)
第二节 鞍区和鞍旁肿瘤 (Sellar and juxtaseilar neoplasms)	(311)
第三节 脑室内肿瘤 (Intraventricular lesions)	(311)
第四节 脑外肿瘤和肿瘤样病变 (Extraaxial tumors and tumor - like lesions)	(317)
第九章 鞍区和鞍旁病变	
Chapter 9 Sella and parasellar lesions	(345)
第一节 肿瘤 (Neoplasms)	(345)
第二节 肿瘤样病变 (Tumor - like conditions)	(364)
第三节 炎性疾病 (Inflammatory diseases)	(368)
第四节 血管性疾病 (Vascular lesions)	(373)
第五节 其他 (Miscellaneous)	(374)
第十章 脊髓疾病	
Chapter 10 Disorders of spinal cord	(377)
第一节 脊髓栓系 (Tethered cord)	(377)

第二节 囊性病变 (Cystic lesions)	(378)
第三节 肿瘤性疾病 (Neoplastic diseases)	(386)

第二篇 头颈部

Part 2 Head and Neck

第十一章 头颈部正常解剖

Chapter 11 Anatomy of head and neck	(401)
---	-------

第一节 头颈部正常断层图像 (Normal images of head and neck)	(401)
第二节 头颈部 MRA 正常图像 (Normal MRA images of head and neck)	(407)

第十二章 眼眶

Chapter 12 Orbit	(408)
------------------------	-------

第一节 眼球疾病 (Ocular lesions)	(408)
第二节 球后病变 (Retroocular diseases)	(414)

第十三章 颞骨

Chapter 13 Temporal bone	(426)
--------------------------------	-------

第一节 先天畸形 (Congenital anomalies)	(426)
第二节 炎性疾病 (Inflammatory diseases)	(428)
第三节 肿瘤 (Neoplasms)	(433)

第十四章 鼻腔及鼻窦

Chapter 14 Nasal cavity and sinuses	(445)
---	-------

第一节 Wegener 肉芽肿 (Wegener's granulomatosis)	(445)
第二节 良性肿瘤 (Benign neoplasms)	(446)
第三节 恶性肿瘤 (Malignant neoplasms)	(452)

第十五章 咽

Chapter 15 Pharynx	(457)
--------------------------	-------

第一节 良性病变 (Benign diseases)	(457)
第二节 恶性肿瘤 (Malignant neoplasms)	(462)

第十六章 颌面部及唾液腺

Chapter 16 Bucca and salivary gland	(470)
---	-------

第一节 腮腺腺瘤 (Parotid adenoma)	(470)
第二节 淋巴管瘤 (Lymphangioma)	(472)
第三节 Langerhans 组织细胞增多症 (Langerhans cell histocytosis)	(474)
第四节 血管瘤 (Hemangioma)	(476)
第五节 原始神经外胚层肿瘤 (Primary neuroectodermal tumor)	(478)

第十七章 颈部

Chapter 17 Neck	(481)
-----------------------	-------

第一节 淋巴管瘤 (Lymphangioma)	(481)
第二节 复发性多软骨炎 (Relapsing polychondritis)	(484)
第三节 良性肿瘤 (Benign neoplasms)	(487)

第四节 恶性肿瘤 (Malignant neoplasms)	(492)
--------------------------------	-------

第三篇 胸部疾病

Part 3 Thoracic diseases

第十八章 胸廓、胸腔、纵隔

Chapter 18 Diseases of thoracic cage, thoracic cavity and mediastinum	(503)
---	-------

第一节 肋骨骨肉瘤 (Costal osteosarcoma)	(503)
第二节 横膈纤维瘤 (Diaphragmatic fibroma)	(505)
第三节 胸膜转移瘤 (Pleural metastasis)	(507)
第四节 心包囊肿 (Pericardial cyst)	(509)
第五节 神经鞘瘤 (Schwannoma)	(510)

第十九章 心脏、大血管疾病

Chapter 19 Diseases of heart and large blood vessels	(512)
--	-------

第一节 心脏疾病 (Heart diseases)	(512)
第二节 大血管疾病 (Diseases of large blood vessels)	(517)

第四篇 腹部和盆腔疾病

Part 4 Diseases of abdomen and pelvis

第二十章 腹部盆腔正常解剖

Chapter 20 Normal anatomy of abdomen and pelvis	(523)
---	-------

第二十一章 肝脏

Chapter 21 Liver	(530)
------------------	-------

第一节 弥漫性肝病 (Diffuse Diseases of the Liver)	(530)
第二节 肝脏良性局灶性病变 (Benign focal liver lesions)	(534)
第三节 肝脏恶性局灶性病变 (Malignant focal liver lesions)	(543)

第二十二章 胆道系统

Chapter 22 Biliary system	(553)
---------------------------	-------

第一节 胆系结石 (Cholelithiasis)	(553)
第二节 胆囊炎 (Cholecystitis)	(556)
第三节 胆囊腺肌症 (Adenomyomatosis of gallbladder)	(560)
第四节 胆总管囊肿 (Choledochocyst)	(562)
第五节 胆管细胞癌 (Cholangiocarcinoma)	(564)

第二十三章 胰腺

Chapter 23 Pancreas	(570)
---------------------	-------

第一节 胰腺炎 (Pancreatitis)	(570)
第二节 胰岛细胞瘤 (Islet cell tumor)	(574)
第三节 胰腺癌 (Pancreatic carcinoma)	(576)

第二十四章 泌尿系统

Chapter 24	Urinary system	(580)
第一节	先天发育异常 (Congenital anomalies)	(580)
第二节	泌尿系结石 (Urinary stones)	(586)
第三节	肾囊肿 (Renal cyst)	(589)
第四节	泌尿系肿瘤 (Neoplasms of urinary system)	(591)

第二十五章 腹膜后病变

Chapter 25	Retroperitoneal diseases	(601)
第一节	肾上腺腺瘤 (Adrenal adenoma)	(601)
第二节	异位嗜铬细胞瘤 (Ectopic pheochromocytoma)	(603)
第三节	腹膜后纤维化 (Retroperitoneal fibrosis)	(605)

第二十六章 胃肠道

Chapter 26	Gastrointestinal tract	(608)
第一节	壶腹周围十二指肠癌 (Periampullary duodenal carcinoma)	(608)
第二节	结直肠癌 (Colorectal carcinoma)	(610)

第二十七章 女性盆腔

Chapter 27	Female pelvis	(615)
第一节	先天畸形 (Congenital malformations)	(615)
第二节	子宫疾病 (Diseases of uterus)	(621)
第三节	卵巢疾病 (Diseases of ovary)	(631)

第五篇 骨骼、关节和软组织

Part 5 Skeleton, Joint and Soft - tissue

第二十八章 脊柱

Chapter 28	Spine	(637)
第一节	骨折 (Fracture)	(637)
第二节	退行性疾病 (Degenerative diseases)	(638)
第三节	脊椎结核 (Spinal tuberculosis)	(649)
第四节	良性肿瘤 (Benign neoplasms)	(653)
第五节	恶性肿瘤 (Malignant neoplasms)	(656)

第二十九章 关节和软组织

Chapter 29	Joint and soft - tissue	(662)
第一节	股骨头缺血性坏死 (Avascular necrosis of femoral head)	(662)
第二节	膝关节 (Knee)	(664)
第三节	软组织 (Soft - tissue)	(669)

3.0T 磁共振成像设备的技术发展

磁共振成像技术自 20 世纪 80 年代初期进入临床,在短短的 20 多年间已由单纯的解剖成像发展成为包括解剖学、生理学、病理学理学和功能成像及分子成像在内的综合性检查和研究手段。因此,对磁共振成像设备性能的要求也越来越高。人们在追求更高的信噪比、更高的空间分辨率和更高的对比度的同时,也希望能够缩短扫描时间。因而,超高场强(3.0T 及以上磁场强度)磁共振成像设备和技术逐渐成为人们关注的焦点和热点。近些年来,国内外一些大型医院和科研机构对超高场强磁共振成像设备的需求和购买也呈逐年上升的趋势。到目前为止,3.0T 磁共振成像设备(以下简称 3T 磁共振或 3T)在全球装机用户已接近 500 家,并且这个数字呈现出快速上升的趋势。截至 2006 年年中,中国内地已有 30 多家医院(含科研机构)购买了 3T 磁共振。3T 磁共振已经成为我国医院影像科和科研机构最高级的医学影像学临床和科研平台。

一、相比于 1.5T 磁共振,3T 磁共振具有明显的优势

3T 的场强是 1.5T 的 2 倍,因此,从理论上讲 3T 的信噪比可以达到 1.5T 的 2 倍,在 3T 磁共振上对组织和病变的显示可以达到一个崭新的高度。

3T 可以“轻松”获得比 1.5T 更高的空间分辨率。在 3T 平台上可以获得高信噪比,因此采用 1024×512 。甚至 1024×1024 矩阵扫描时,可获得高质量的影像,对微细结构和微小病变的显示和检出率明显提高。

3T 的扫描速度更快,缩短患者检查时间(患者受益),又增加了患者流通量(医院受益)。

3T 增强扫描检查时对比剂用量可以减少到 1.5T 的一半,大大降低了对比剂的毒副作用并减轻了患者的经济负担。

3T 的频谱效应明显高于 1.5 磁共振,在 3T 磁共振上的频谱成像更具有科研意义和临床诊断价值,其结果更值得信赖,尤其是在多核频谱和人体中含量较少的元素的频谱研究和成像领域,3T 磁共振无疑是最佳的临床应用和研究平台。

3T 在脑皮层功能临床应用和研究领域的权威性是 1.5T 磁共振难以企及的。1.5T 磁共振仅可检测出 1%~3% 的 BOLD 信号差异,而 3T 磁共振能检测到 5% 的 BOLD 信号差异。

在 3T 磁共振平台上可以开展很多独有的研究。例如,结合先进的生物制剂,可以进行组织或病变的基因成像、分子成像等,能够提前预知病变的发生、发展和预后。

综上所述,3T 磁共振在临床应用、科学研究、患者效益、经济效益等诸方面均高于 1.5T 磁共振,因此,3T 磁共振引起了越来越多医院、高等院校以及研究机构的关注。

二、3T 磁共振经过十几年的发展,目前已经发展至第四代

虽然在理论上 3T 比 1.5T 有着明显的优势,但是,3T 的发展并不是一蹴而就、一帆风顺的。回顾 3T 十几年的发展史,我们可以更好的理解 3T 磁共振的独特优势和未来的发展方向。

GE 公司于 1993 年率先开发出第一代 3T,当时大多数人已经满足于 1.0T 和 1.5T 磁共振成像设备的临床应用,对 3T 的研究并没有倾注太多的关注和热情,但 GE 公司坚信超高场强磁共振成像设备的美好前景。因此,GE 公司在投入了大量的研发人员和资金后,终于解决了 3T 磁共振在硬件设计上始料未及的困难,研发出了第一代 3T。

第一代 3T 磁共振的磁体较长(超过 3m),梯度性能较差,有效视野(FOV)很小(仅 20 余 cm),在应用上只能开展动物的实验研究和人体颅脑神经系统、骨关节系统的成像研究,而且没有得到人体临

床应用的 FDA 认证。尽管第一代 3T 在硬件设计上还很不完善,对射频辐射和 SAR 值的控制还没有有效的解决办法,在人体临床应用上还没有得到 FDA 批准,但是第一代 3T 磁共振为医学影像学界开辟了一个更高级的成像平台,随后 SIEMENS、PHILIPS 等公司也开始研发并推出各自的 3T 磁共振。

经过随后 5 年的持续探索,GE 公司在 1998 年发布第二代 3T Signa VH/i,随着 Signa VH/i 获得了人体头部和体部全身应用的 FDA 认证批准,标志着 3T 真正进入了临床应用的崭新时代!两年后,SIEMENS 的 Magnetom Trio 3T 和 PHILIPS 的 Intera 3T 也先后获得头部和体部应用的 FDA 批准。

第二代 3T 磁共振在神经系统以及骨关节的研究和临床应用价值超越了 1.5T 磁共振,但是在腹部检查和心脏检查方面还不能达到 1.5T 的水平,尤其是心脏专用线圈以及检查序列的设计方面还不完善;在硬件方面,尽管第二代 3T 磁共振的梯度系统的工程值已有明显提高,但是单梯度线圈限制了 3T 高性能的发挥;第二代 3T 有效视野 (FOV) 较小 (一般在 30~35cm,不能开展全身应用需要的大范围扫描);第二代 3T 的噪音问题没有从硬件方面得到有效的解决,因此噪音常常影响到患者和医生完成磁共振检查;第二代 3T 虽然在设计上考虑到了控制射频能量对人体的辐射损伤 (“微波炉效应”),但还不够完善,以致于在一些机器上进行腹部、心脏扫描时经常出现扫描暂停,甚至终止;第二代 3T 还没有很好的解决好 3T 大量的数据信息的接收 (表面线圈数量有限,接收通道数较少)、传输 (射频传输通道较少,易形成瓶颈效应) 和后处理的问题。尽管第二代 3T 尚不够成熟,但全球众多的科研机构 and 医院纷纷选择购买 3T,在此平台上开展科研和临床应用。

第二代 3T 不断完善的过程中,GE 公司于 2003 年发布第二代 3T 的升级版 Signa VH/i with EXCITE,不久 PHILIPS 也发布了第二代 3T 升级版 Achieva 3T,2005 年 SIEMENS 发布其第二代 3T 的升级版产品 Magnetom Trio 3T with Tim。

在推出第二代 3T 5 年后,GE 公司在 2003 年又率先推出了第三代临床全身应用型 3T 磁共振 Signa EXCITE 3T,其标志为磁体的改变 (磁体长度从 2.5m 大幅度 “瘦身” 到 1.72m) 以及射频和梯度平台的升级 (由单梯度线圈升级到双梯度线圈系统)。第三代临床全身应用型 3T 磁共振标志着 3T 成熟应用时代的到来。

在第三代 3T 投入应用的短短两年后,GE 公司在 2005 年再次推出其第四代功能型 3T 磁共振 Signa Propeller HD 3T,突破磁共振在常规检查和先进功能与代谢检查领域的局限,并将功能与代谢成像临床化,指导临床诊断和治疗,将磁共振带入分子影像研究的新时代,开创超高频强磁共振的美好前景。

三、第三代 3T 磁共振的独特硬件——双梯度线圈系统

第三代 3T 解决了第二代 3T 面临的诸多挑战和局限,在硬件设计上不断成熟。

在梯度系统方面,第三代 3T 采用了独特的双梯度线圈设计,解决了 3T 安全性和全身应用的难题,使 3T 的性能达到更高的境界。

在磁体技术方面,第三代 3T 的磁体长度和常用的 1.5T 一样,在此基础上实现全身检查所必需的大有效扫描视野 (三轴 FOV 均可达到 48cm) 和大成像容积。

在射频系统和计算机方面,EXCITE 技术首次从根本上以整体的概念重新设计了磁共振的成像链,对磁共振信号的发射、采集、处理以及重建的每一个环节都进行了全面的优化和性能提升,使得扫描速度和图像质量达到了前所未有的完美统一,带领 3T 磁共振进入了高速扫描、优质成像的时代。

第三代 3T 磁共振之所以能突破第二代 3T 的局限,最重要的原因就是其独特的双梯度线圈设计。双梯度线圈技术是 GE 公司近 10 年来科学研究的结晶,是磁共振领域革命性技术突破之一,同时也是磁共振梯度系统未来发展的方向之一,目前在欧美甚至已经出现三梯度系统 (即在双梯度线圈系统的基础上又增加一套颅脑神经专用梯度线圈系统) 磁共振成像设备的工程原型机投入临床测试和科学研究。

3T 磁共振成像设备的性能由最大梯度场强度、梯度切换率、射频线圈及磁体孔径等多种因素决定。越是高级的临床应用,对梯度系统的性能要求也就越高。全身磁共振成像设备 (即全身机) 使用长梯度线圈,扫描范围大,但由于安全限制,其梯度性能相对较低;专用磁共振成像设备 (即专用机) 则使用短梯度线圈,梯度性能高且在安全使用范围内,在心脏、神经等高级临床检查领域有突破性进展,但其扫描范围较小,不适于常规的全脊柱、腹部等扫描检查。如果能将上述全身机和专用机的优点合二为一,

则既可以减少医院投资,又为患者提供了方便,机器的整体性能也将有新的提升。双梯度线圈 3T 磁共振就是在这种理念下应运而生。

双梯度线圈就是在一台 3T 磁共振内同时装备两套梯度线圈,亦即 X、Y、Z 轴均有可用的两套梯度系统,每套梯度系统各有一套独立的梯度放大器,其中一套为短梯度线圈,扫描视野小于 35cm,梯度场及切换率高,应用于心脏、神经和小 FOV 的高分辨率精细扫描等高级临床应用;另一套为长梯度线圈,FOV 大于 45cm,使用相对较低的梯度场强和梯度切换率,确保其安全性,在全脊柱、腹部等大范围扫描时可发挥积极作用。两套梯度线圈系统可分别独立工作,互不干扰,同时又能灵活自由地切换。

双梯度线圈通过降低占空比可以有效降低 SAR 值。射频能量的吸收公式:

$$SAR = \propto B_0^2 \alpha^2 D$$

B_0 = 场强, α = 翻转角, D = 占空比

由此可见,3T 与 1.5T 相比, SAR 值增加了 4 倍。占空比是指人体在线圈内的填充情况,填充得越满, SAR 值越高。SAR 值的沉积主要来自腹部等大 FOV 的扫描,当实施大 FOV 扫描时,应用双梯度线圈的大线圈扫描,可以有效降低占空比,从而有效减少并控制 SAR 值在安全范围内。小梯度线圈系统则进行精细扫描和高级功能应用。

3T 的快速扫描序列、高级临床和科研应用要求更高性能的梯度场强度和切换率,但是,在常规的梯度系统,梯度的线性体积是一个固定值,此时,梯度场强和梯度切换率两者的乘积不可以无限制的提高,若超过一定范围,患者就会出现周围神经刺激(PNS)症状。双梯度线圈中的小线圈设计缩小了线圈的线性体积,从而就可以同时提高梯度场强和切换率,从而达到更高的梯度性能。

梯度线圈长时间大电流工作,因此需要长时间冷水循环散热、冷却,双梯度线圈切换自如,自由交替使用,使用寿命明显更长;双梯度线圈是在小线圈上施加较高电流,大线圈施加较低电流,其安全、稳定性比单梯度线圈系统高。

与 1.5T 相比,3T 扫描检查时所产生的噪声水平增高 4 倍。在解决 3T 的噪音方面,GE 的 3T 双梯度线圈磁共振成像设备采用硬件真空腔降噪设计技术,使噪音失去传播介质,因此可以有效地使得该噪音降至人们熟知的 1.5T 磁共振成像设备的噪音水平以下。

由此可见,双梯度线圈系统可以充分发挥 3T 的固有特性及优势:

1. 高信噪比、高分辨率——中枢神经系统常规成像的优势。
2. 高磁敏感效应——灌注优势。
3. 高 BOLD 效应——脑功能优势。
4. 提高频谱效应。

四、第四代 3T 的核心技术突破——Propeller HD

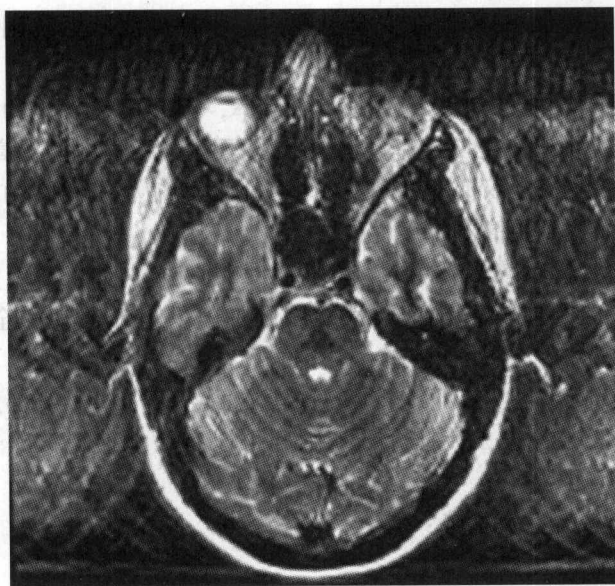
尽管第三代 3T 磁共振在全身临床各领域的应用已经日臻成熟,但是双梯度线圈技术和 EXCITE 技术并不能解决多年来一直困扰磁共振检查的固有伪影顽疾。放射科医师每天都会面对 5% ~ 10% 如下患者:癫痫发作、帕金森综合征、重症神志不清、有金属义齿儿童固有的不合作等患者。面对他们的渴望和需求,要么需要反复地重复检查,要么只能选择放弃,即使勉强得到影像,也没有诊断的信心。如何解决这些问题一直是磁共振成像的梦想,GE 公司于 2005 年推出建立在全新 Propeller HD 技术平台基础上的第四代功能型 3T 磁共振: Propeller HD 3.0T,突破常规的临床局限,彻底解决传统 MR 检查所不可避免的检查难题,同时将功能与代谢成像临床化,把磁共振从传统的解剖形态成像带入了功能代谢成像和分子影像的新领域,适应个性化医疗时代的到来,引领磁共振的未来发展方向。

和传统 MR 扫描相比, Propeller 技术的图像采集方式是一种独特的 K-空间填充方式,这种填充方式以辐射状的“叶片”用旋转的方式采集数据, K-空间中心的数据被重复采集,直到整个图像采集完成。经过数据采集、相位纠正、旋转纠正、平移纠正、权重计算和异常点剔除等多个步骤,然后通过傅立叶变换进行图像重建。在合成图像时,剔除运动幅度大且只具有较低权重的失真数据,从而消除了运动伪影和磁敏感伪影。其处理步骤是常规扫描的 5 倍,处理的数据量更是常规扫描的 10 倍,而扫描的成像时

间和常规扫描相比，并没有明显的区别。Propeller 技术可以有效减少运动所致伪影，为儿童，心律不齐、呼吸窘迫、帕金森综合征、癫痫等患者的临床诊治提供有力的帮助。Propeller 技术不仅有效克服金属伪影、磁敏感伪影、血管搏动伪影等，对病灶发现也更敏感。

第四代 Propeller HD 全身功能型 3T 磁共振的核心技术就是 Propeller 技术平台，它是近 10 年来磁共振领域的技术突破之一。GE 全新设计的 Propeller 高均匀度磁体系统，Propeller 高保真梯度系统，Propeller 靶线圈射频系统，Propeller “One Click” 一键式 Linux 智能计算机系统完美结合，为临床应用的突破打下了坚实的基础。

第四代 Propeller HD 3T 磁共振通过把先进的技术 (technology) 和领先的应用 (applied) 完美结合，解决了之前磁共振一直面临的固有顽疾 (如运动伪影顽疾、生理性搏动伪影顽疾、金属伪影顽疾以及磁敏感伪影顽疾等) 图 1，不但提高了 20% 的磁共振检查适应证和检查流量，还将常规图像 (如 T_2WI ， T_2FLAIR 等) 和功能影像 (如 DWI) 的病变检出率提高了 25%。

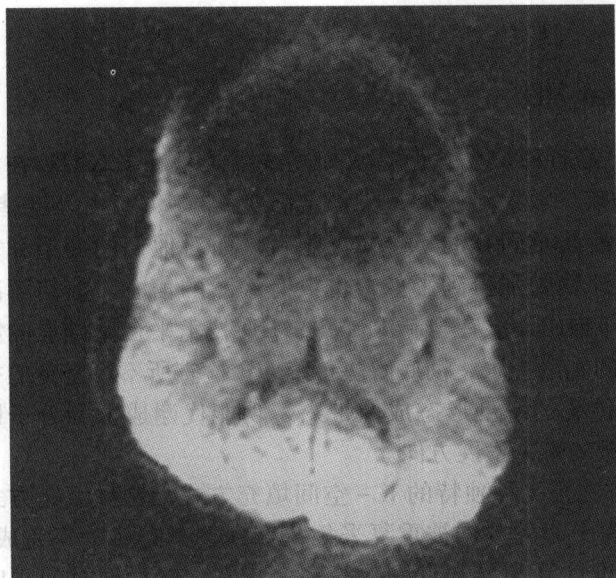


非 Propeller

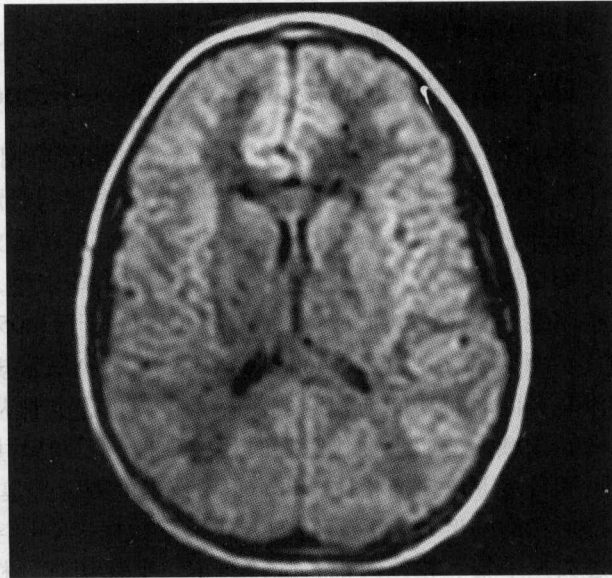


Propeller

小儿无需镇静，Propeller 解决磁共振固有运动伪影顽疾



非 Propeller



Propeller

Propeller 解决磁共振固有金属伪影顽疾

图 1 Propeller 技术解决磁共振一直面临的固有伪影顽疾

Propeller 3T 磁共振在肿瘤病变的早期检出方面也同样取得了重大突破, 相比其他的磁共振技术提高了 25% 的肿瘤病变检出率。先进的 Propeller LAVA 技术是在 Propeller 硬件平台基础上实现的多期动态容积增强技术。该技术采用亚毫米高分辨率扫描, 在无需任何小剂量造影剂测试 (test) 的情况下, 敏感抓住肝动脉早期时相 (仅 6s), 而且一次屏气可以获取从动脉早期到门脉早期的 3~5 个时相的全肝高分辨率影像, 这对早期敏感发现肝脏恶性肿瘤 (如肝癌) 意义重大, 因为恶性肿瘤早期都是由肝动脉供血营养的 (不同于正常肝组织的门脉营养血供)。相比于其他肝脏增强扫描技术, 无论是在空间分辨率, 还是在时间分辨率, 乃至在扫描范围上, Propeller LAVA 都提高了至少 25% (图 2)。

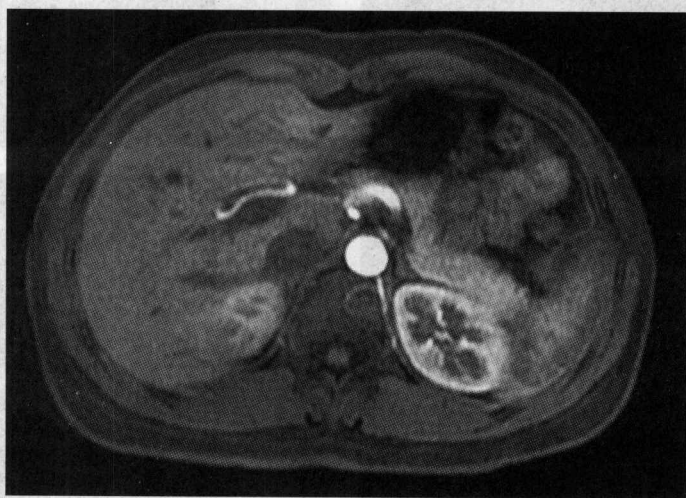


图 2 Propeller LAVA 技术

Propeller HD 3T 磁共振在大血管和微血管领域也实现革命性突破, 领先的 Propeller TRICKS 是 MR 的 DSA (数字减影血管造影) 技术, 不但在时间分辨率上远远高于其他任何 MRA 技术 (可以连续采集多达 50 个时相的影像), 而且空间分辨率可以达到 0.25mm 以内, 因此越来越成为全身血管应用的重要检查手段。Propeller TRICKS 不仅对大动脉 (如胸主动脉、腹主动脉、颈动脉) 疾病有极高的诊断价值, 而且对末梢微小血管病变有独特的应用优势 (如糖尿病患者的下肢微小血管病变等)。

Propeller HD 3T 磁共振之所以称为全身功能型 3T 磁共振, 其很重要的特点之一就是把之前停留在科研阶段和亚临床阶段的代谢功能研究转化为临床诊断和指导治疗的重要手段, 将磁共振成像由解剖结构诊断带入了功能代谢诊断的时代。在 Propeller HD 3T 磁共振平台上, 多达 55 个方向的 DTI (弥散张量成像)、短线矢量图、高分辨率白质纤维束追踪 (fiber track) 和功能成像以及高分辨率解剖结构的融合, 不但可以准确定位颅内肿瘤, 更重要的是还可以指导外科手术并制定治疗方案, 避免了损伤重要的功能区域和白质纤维传导束。多达 8 种的不同波谱成像和多种高级波谱后处理技术, 可以敏感定量检出微量特异性代谢物, 从而指导临床诊断。第四代全身功能型 3T 磁共振不仅在头部, 而且在肝脏的弥散功能成像、肝脏波谱代谢成像、肾脏灌注功能成像、前列腺弥散及灌注功能成像等方面也指导着临床诊断和治疗 (图 3)。

第四代 Propeller HD 3T 磁共振开辟分子影像研究的新时代。Propeller 平台的高均匀度磁体、高保真梯度、多通道靶线圈和射频系统以及智能计算机为分子影像的信号探测、信号扩增和处理打下了坚实的基础。GE 并购 Amersham Biosciences 后, 在分子探针领域有着独厚的优势。因此, Propeller HD 3T 把磁共振带入分子影像的新时代, 并将引领 21 世纪个性化诊断、个性化治疗的磁共振分子影像学 (图 4)。

对于 3T 磁共振而言, 其显著的临床优势与安全性和稳定性的潜在危险是一对共轭矛盾, 第四代 Propeller HD 3T 磁共振在继承了第三代 3T 磁共振硬件设计特点 (短磁体和双梯度线圈) 的基础上, 采用了高保真梯度技术, 研发出了 Propeller 高保真双梯度线圈技术, 这一硬件设计是解决这一矛盾的金钥匙,

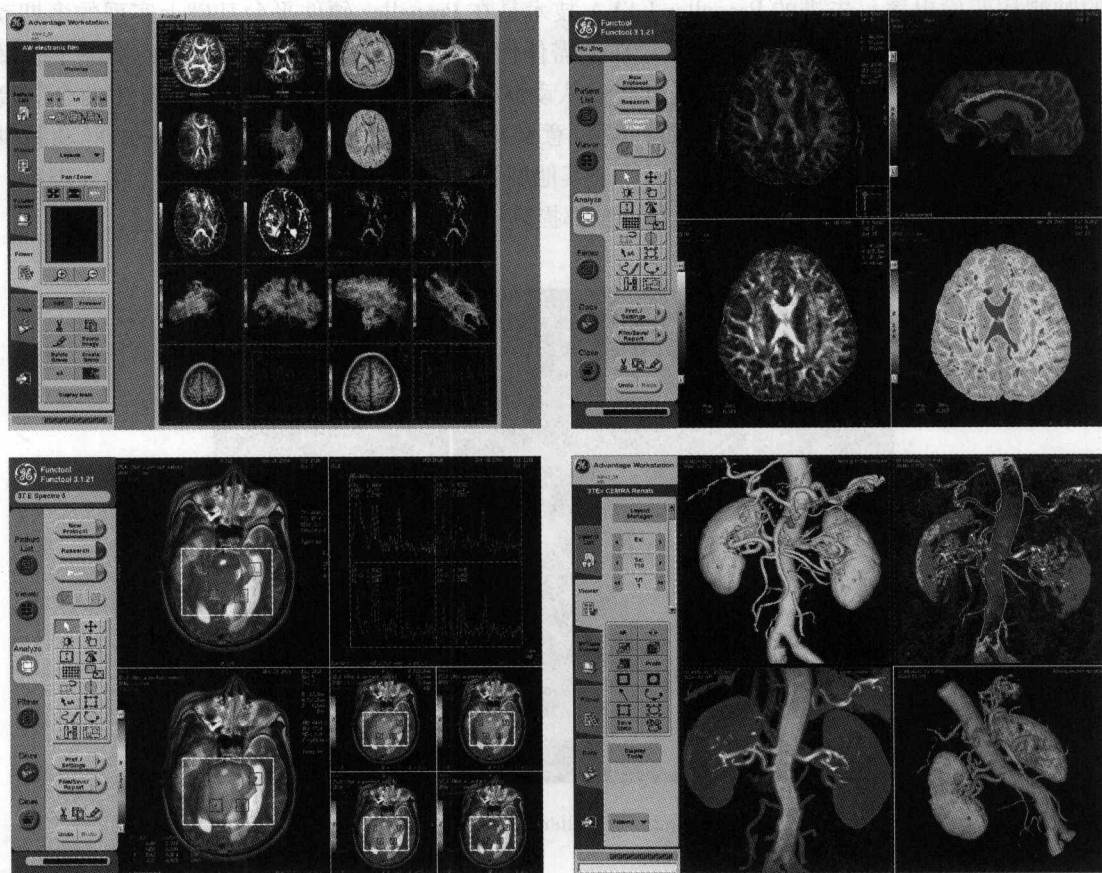


图3 第四代3T磁共振实现功能代谢影像临床化，指导诊断和治疗

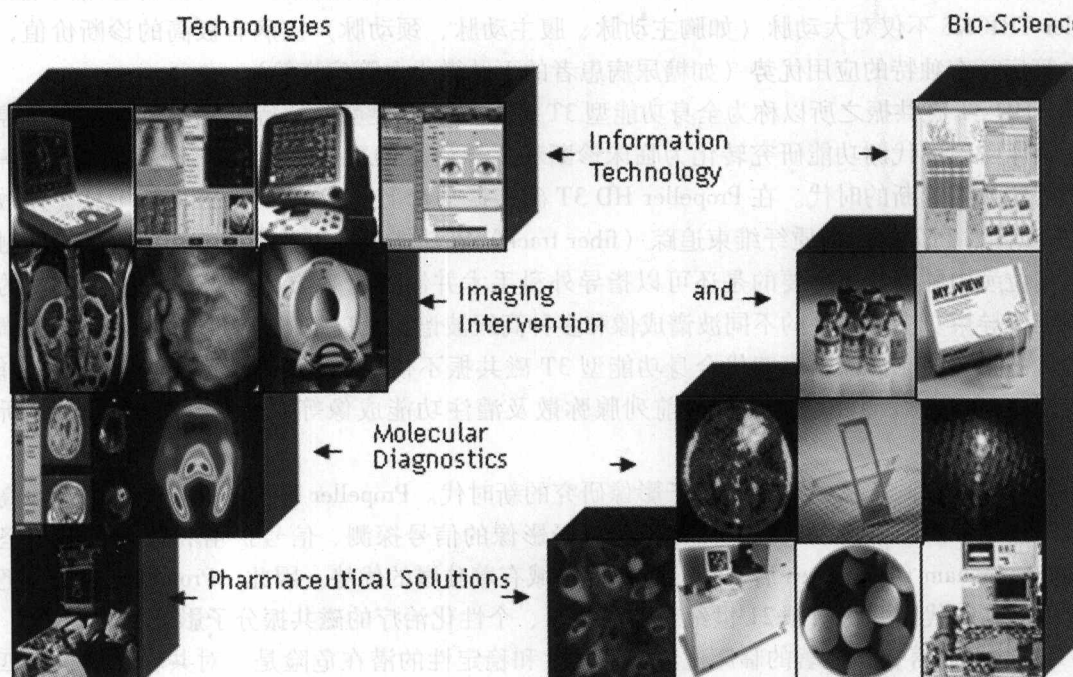


图4 GE - Amersham 将影像成像设备和药物完美结合，在开展跨学科分子影像学应用和研究领域具有独特的优势

并把 3T 磁共振带入了一个新高度。在短磁体、高保真双梯度线圈和 Propeller 平台的基础上, GE 独有的 PERFORM 技术全面解决了 3T 超高场磁共振的 SAR (特异吸收率) 射频辐射累积危害, 不仅兑现了 GE 对安全、健康、环保的承诺 (ecomagination), 而且对临床应用的各个领域和各个高级序列, 都没有任何限制。

第四代 Propeller HD 3T 磁共振的出现, 使磁共振影像学 and 医学影像学进入了一个崭新的时代, 那就是分子影像的时代和功能影像的时代! 相信在不久的将来, 3T 磁共振将能够成为最常用的、常规的磁共振影像检查平台!