

# 高场强磁共振在肝癌诊断与治疗中的应用进展

李艳辉, 梁斌, 肖恩华

**背景资料**  
磁共振作为一种现代影像设备不仅可用于疾病诊断, 而且能参与疾病治疗。随着外加静磁场的增加, 高场强MR成像系统的优势日渐发挥, 应用范围也不断扩大。

李艳辉, 梁斌, 肖恩华, 中南大学湘雅二医院放射科 湖南省长沙市 410011  
肖恩华, 博士后, 教授, 主要从事肝脏疾病影像诊断与介入治疗研究。

国家十一五科技攻关课题资助项目, No. 2007BAI05B06  
国家自然科学基金资助项目, No. 30070235, No. 30470508  
湖南省自然科学基金资助项目, No. 06JJ20081  
湖南省科技厅基金资助项目, No. 04-SK-306-2  
湖南省中医药管理局基金资助项目, No. 202064, No.204057  
作者贡献分布: 肖恩华与李艳辉对此文所作贡献均等; 此课题由肖恩华设计; 研究过程由李艳辉及梁斌操作完成; 研究所用分析工具由李艳辉提供; 数据分析由肖恩华、李艳辉及梁斌完成; 本论文写作由肖恩华、李艳辉及梁斌完成。

通讯作者: 肖恩华, 410011, 湖南省长沙市人民中路139号, 中南大学湘雅二医院放射科. cjr.xiaoenhua@vip.163.com  
电话: 0731-5292116

收稿日期: 2007-10-16 修回日期: 2008-01-23

## Progress in application of high-field-strength MR to diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma

Yan-Hui Li, Bin Liang, En-Hua Xiao

Yan-Hui Li, Bin Liang, En-Hua Xiao, Department of Radiology, the Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, Hunan Province, China

Supported by: the National Key Technologies Research and Development Program of China during the 11th Five-Year Plan Period, No. 2007BAI05B06; National Natural Science Foundation of China, No. 30070235 and No. 30470508; the Natural Science Foundation of Hunan Province, No. 06JJ20081; the Foundation of Science and Technology Department of Hunan Province, No. 04-SK-306-2; the Foundation of Administration of Traditional Chinese Medicine of Hunan Province, No. 202064 and No. 204057

Correspondence to: Dr. En-Hua Xiao, Department of Radiology, the Second Xiangya Hospital, Central South University, 139 Renmin Middle Road, Changsha 410011, Hunan Province, China. cjr.xiaoenhua@vip.163.com

Received: 2007-10-16 Revised: 2008-01-23

### Abstract

Magnetic resonance imaging (MRI), a modern imaging modality, cannot only diagnose diseases, but also participate in their treatment. With the increase in static magnetic field strength, the features of high-field-strength MRI become increasingly predominant, thus MRI has been widely used in the diagnosis and treatment of diseases. MRI at high field strength can provide information on abnormal function and metabolism, monitor therapeutic procedures and

reactions, and present excellent morphologic images for hepatocellular carcinoma.

**Key Words:** Magnetic resonance imaging; Hepatocellular carcinoma; Diagnosis; Therapeutics

Li YH, Liang B, Xiao EH. Progress in application of high-field-strength MR to diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2008; 16(7): 688-694

### 摘要

磁共振作为一种现代影像设备不仅可用于疾病诊断, 而且能参与疾病治疗。随着外加静磁场的增加, 高场强MR成像系统的优势日渐发挥, 应用范围也不断扩大。对于肝癌的诊断与治疗, 高场强MR仪既能提供优质的形态图像, 又能提供病变功能及代谢方面的信息, 还可用于治疗过程及反应的监测。

**关键词:** 磁共振成像; 肝细胞癌; 诊断; 治疗

李艳辉, 梁斌, 肖恩华. 高场强磁共振在肝癌诊断与治疗中的应用进展. *世界华人消化杂志* 2008; 16(7): 688-694  
<http://www.wjgnet.com/1009-3079/16/688.asp>

### 0 引言

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)以其独特的成像原理和图像特点于1980年开始应用于临床。近年来, MRI设备和技术发展十分迅速, 并且臻完善, 检查范围基本覆盖全身各系统。MR成像系统按照磁体场强大小, 分为低场、中场和高场几种。一般来说, 场强 $<0.5$  T为低场,  $0.5$  T $\leq$ 场强 $<1.0$  T为中场, 场强 $\geq 1.0$  T为高场<sup>[1]</sup>。另外, 随着3 T、4 T、7 T、8 T、9.4 T甚至更高场强MR成像系统的相继问世<sup>[2-3]</sup>, 学术界习惯上把场强 $\geq 3$  T的称为超高场MR。目前3.0 T的MR仪已投入临床应用。

场强的增加能够提高信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)、改变组织弛豫时间和对比剂效应、增强磁敏感性和化学位移效应等<sup>[3-4]</sup>, 这使得高场强MR成像系统既可以提供更优良的常规加权像、MR血管造影(MR angiography,

同行评议者  
孙诚谊, 教授, 贵阳医学院附属医院院长办

MRA)及MR胆胰管造影(MR cholangiopancreatography, MRCP)图像, 更有利于磁共振波谱(MR spectroscopy, MRS)、弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)、灌注加权成像(perfusion-weighted imaging, PWI)、血氧水平依赖成像(blood oxygenation level dependent, BOLD)等功能性MRI的应用. 对于肝癌, 高场强MR经过实验、临床试验等阶段研究, 已经在其诊断、治疗导向、疗效监测等方面取得了初步成果, 具有良好的应用前景.

## 1 高场强磁共振的物理性质与优势

1.1 SNR 物理学上, 质子进入外磁场后产生的纵向磁化矢量与外加静磁场强度呈线性相关. 例如对于相同温度下同等数量的质子群, 进入3.0 T磁场中所产生的纵向磁化矢量将是1.5 T磁场中的2倍. 这种上升的磁化强度能成倍增加射频激发后的信号强度, 而噪声几乎不受场强变化的影响, 所以SNR增加. 理论上, 场强从1.5 T上升至3.0 T, SNR应成倍增加. 而实际应用中, SNR却因组织的不同各异, 特别是对于实质性组织, 其SNR增加只有30%-60%, 原因可能是场强增加的同时导致质子弛豫时间发生变化, 从而引起信号强度下降<sup>[5]</sup>. 尽管如此, SNR的提高足以使高场强MR在相同的成像时间内更加清晰地显示正常解剖结构和病变, 或者在保持相同图像质量的情况下缩短成像时间.

1.2 化学位移效应 化学位移现象是由于原子核受周围电子云影响使部分外磁场受到屏蔽而引起的. 该屏蔽作用与外加静磁场强度呈正比, 这意味着处于不同化学结构分子中的同一种磁性原子核, 他们之间Larmor频率的差异将随着场强的增加而加大. 例如, 水信号与亚甲基信号之间化学位移的差异在1.5 T场强中为220 Hz, 而在3.0 T中增加至440 Hz. 高场强MR正是通过增大各种代谢产物之间的Larmor频率差异, 同时提供更高的SNR及磁场均匀度, 达到更好地区分各种代谢产物的效果, 从而有利于MRS研究.

1.3 弛豫时间 随着MR场强的增加, 大多数组织的T1显著增加, 但不同组织间变化有差异. 例如3.0 T场强与1.5 T相比, 骨肌系统的T1增加约5%, 肝、肾皮质及脾的T1增加约21%<sup>[6]</sup>, 而大脑白质增加近40%<sup>[7]</sup>. T2对场强的依赖性较小, 随场强增加轻度缩短, 大多数器官的T2变化范围在5%-10%之间<sup>[6]</sup>. 而T2随场强的增大显著下降, 这是因为组织磁敏感性在较高的磁场中得到提高(即对微观磁场的均匀性更加敏感), 该现象

有别于弛豫效应, 被称之为“磁化率效应”. 这些变化可使MR图像的对比度增加, 尤其在对比增强MRA图像中见长.

1.4 磁化率效应 如同植入的金属物质一样, 机体所有的顺磁性和抗磁性组织间隔都会导致局部及周围磁场的均匀, 并且只要没有另外的强磁性物质引入, 该种原因的磁场不均匀性与所处的外部静磁场强度呈正比. 微观磁场的均匀会加速质子的失相位, 场强越高, 质子的失相位越明显. 因此, 该特点对显示组织结构不均一的机体固有组织类型非常重要, 如肺和松质骨髓. 此外, 由于血液中的去氧血红蛋白(与BOLD信号效应有关)、肝脏内的含铁血黄素以及引入的顺磁性对比剂等物质都会造成局部磁场不均匀导致周围质子失相位, 所以随着场强的增高, 质子失相位加重, 产生的信号改变也越明显. 磁化率效应主要表现在梯度回波序列和平面回波序列即T2加权成像. 值得一提的是, 微观磁场的均匀也可能导致自旋回波成像中信号下降, 特别是回波时间较长的序列, 因为自旋质子的弥散运动可能干扰由磁化率效应诱导的相位改变的充分回聚<sup>[3-4]</sup>.

## 2 高场强磁共振成像技术在肝癌诊断中的应用

2.1 常规平扫及动态增强MRI 肝癌的常规MRI扫描包括T1WI、T2WI及动态增强扫描, 常用的序列如下: SE T1WI; FSE T2WI, 同时采用脂肪抑制技术; 动态增强扫描常用梯度回波序列(GRE), 增强前先行该序列平扫, 后行动态扫描, 分别于动脉期(20-25 s)、静脉期(60-70 s)、延时期(5-6 min)采集图像, 常用对比剂为钆剂. 最新研究表明, T1WI呈稍低信号或低信号而T2WI呈稍高信号为肝癌的典型信号特点, 门静脉瘤栓、肿瘤脂肪变性、假包膜形成及瘤周水肿为肝癌的特征性MRI表现, 转移癌等其他肿瘤很少有脂肪变性和门脉瘤栓<sup>[8]</sup>.

2.2 PWI MR灌注成像是将组织毛细血管水平的血流灌注情况, 通过磁共振成像的方式显示出来, 从磁共振影像角度评估局部的组织活力及功能, 他可以快速、准确、几乎无创地评价微血管内的血液动力学变化. 灌注成像对硬件要求较高, 目前常用于肝灌注成像的主磁体场强多为1.5-3.0 T, 脉冲线圈多为体部相控阵线圈, 主要常用序列有: (1)快速梯度回波序列. 不同厂家采用的具体名称不同, 如扰相快速小角度激发成像(FLASH, Siemens公司); 扰相梯度恢复(SFGR, GE公司); 扰相快速获得稳态(扰相FAST,

研发前沿  
高场强磁共振在肝癌的诊断与治疗中的作用是当前研究的热点问题.

**相关报道**  
尚全良 *et al* 报道利用DWI对肿瘤组织不同时点平均ADC值的测量、对比可以量化动态评价肝癌组织TACE术后的坏死、复发情况。

Picker公司)等。(2)回波平面成像(EPI)序列,为目前临床上成像最快的序列,已广泛应用在MR的功能性成像中,主要有3种方法:对比剂团注示踪法,是目前最常用的灌注成像方法;动脉血质子自旋标记法(ASL);BOLD对比增强技术。后两种方法在肝脏灌注成像中运用较少<sup>[9-10]</sup>。评价肝脏灌注成像的主要参数包括肝动脉灌注指数、肝动脉灌注量、门静脉灌注量、门静脉灌注指数、对比剂的平均通过时间以及对比剂峰值时间等参数,可以计算出如肝血流灌注图、时间-信号强度曲线(以注射对比剂后连续动态扫描获得的病变区信号强度为纵坐标,以相应的扫描时间为横坐标各点连接而成的曲线图)、病灶增强百分率、局部组织血容量以及局部肝组织血流量等参数值。

在肝细胞癌中,灌注量的变化与微血管密度及分布密切相关。肿瘤恶性程度越高,肿瘤内微血管密度也越高。多数报道肝动脉灌注指数明显升高,门静脉灌注量及其灌注指数明显减少,血流灌注图上显示为高灌注,时间-信号强度曲线在T1WI上表现为速升速降,在T2WI上为速降速升,增强后20-30 s达到峰值或低谷;在动态Gd-DTPA增强时动脉期有明显强化,其时间-信号曲线表现为灌注阶段信号幅度快速大幅下降,而后恢复也很快<sup>[9,11]</sup>。Yoshioka *et al*<sup>[12]</sup>报道,在检测肝细胞癌时高分辨力灌注成像的敏感度达91.7%,甚至对于1 cm或更小肝细胞癌也可达78.6%,而在对照组仅为76.3%和27.3%,提示高分辨力灌注成像能提高小细胞肝癌的检出率。因此,对于微小肝细胞癌,动态MR灌注成像根据绘制的时间-强度曲线仍能作出诊断,在小肝癌定性诊断方面具有独特优势。也有学者研究MR动态增强模式与组织学上HCC微血管生成之间的关系,以VEGF表达升高及MVD密度增加为表现的微血管生成对HCC的动态强化模式产生影响,反映出肿瘤的新生动脉血供<sup>[13]</sup>。

**2.3 DWI** 磁共振DWI技术是目前唯一能检测活体组织内水分子扩散运动即布朗运动的影像技术,该技术通过检测活体组织内水分子的微观扩散运动状态来反映机体组织结构的生理、病理特点,他不同于常规的MRI技术,是新型的磁共振功能成像技术中的一种,为疾病的诊断提供了一条无创安全的新途径,目前最常用的DWI的扫描序列为EPI技术。在活体组织中,扩散系数受到许多微循环因素影响,如体液的流动、细胞的渗透性、温度、毛细血管灌注和细

胞膜通透性的方向等,同时受宏观因素的影响,如呼吸、血管搏动、肠道蠕动等生理活动方面的影响。因此,在实际工作中常用表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)来代替真正的扩散系数。

肝脏内占位性病变中肝癌、血管瘤和肝囊肿三者的平均ADC值之间存在显著差异,肝癌ADC值最低,血管瘤次之,肝囊肿最高,转移瘤与原发肝癌之间ADC值无显著差异<sup>[14]</sup>。对于肝脏内良恶性病变的ADC值是否存在绝对的分界点,目前尚缺乏大规模的研究报道。Kim *et al*<sup>[15]</sup>研究认为ADC值为 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,作为鉴别肝脏良恶性肿瘤的分界点敏感性达98%,特异性为80%。良性病变的ADC值多 $>1.6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,恶性病变的ADC值多 $<1.6 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,但病例太少,难以有绝对的说服力,尚需进一步研究探讨。

**2.4 MRS** 是无损伤性研究活体器官组织代谢、生化变化及化合物定量分析的惟一方法。肝脏MRS的临床研究尚处于初步阶段,主要是<sup>31</sup>P谱和<sup>1</sup>H谱。肝脏<sup>31</sup>P谱通常可以检出6条不同的共振峰,从左向右依次为磷酸单酯(PEM)、无机磷(Pi)、磷酸二酯(PDE)和三磷酸腺苷( $\gamma$ ATP、 $\alpha$ ATP及 $\beta$ ATP)。活体内<sup>31</sup>P-MRS研究显示肝脏恶性肿瘤的磷酸单酯/磷酸盐(PME/Pi)、磷酸单酯/ $\beta$ -三磷酸腺苷(PME/ $\beta$ -ATP)比值升高,可能与合成磷脂膜的中间产物PC和PE增高有关,恶性肿瘤的pH值比正常肝实质高<sup>[16]</sup>;较多研究<sup>[17-18]</sup>表明肝脏肿瘤的<sup>31</sup>P-MRS主要表现为肿瘤组织内出现以PME增高为特征的高水平磷酸代谢和细胞内pH值呈碱性。与其他肝良性病变或正常肝相比,其他共振峰显示降低。因此,肝脏<sup>31</sup>P-MRS有助于鉴别肝脏的良恶性病变。但也有研究者认为,<sup>31</sup>P-MRS对肝脏良恶性病变的鉴别诊断价值有限,虽然多项研究显示肝脏肿瘤性病变出现PME/ATP升高等改变,但并无特异性,无法鉴别良恶性,也无法鉴别不同的肿瘤类型,这可能与活体<sup>31</sup>P-MRS对肝脏代谢标记物的检测能力有限等因素有关<sup>[19]</sup>。Kuo *et al*<sup>[20]</sup>用3 T MRA机研究了<sup>1</sup>H-MRS在较大肝脏肿瘤(3 cm以上)鉴别诊断中的作用,发现良恶性肿瘤的胆碱/脂质(Cho/Lip)差异有统计学意义,恶性肿瘤Cho/Lip升高。然而,由于<sup>1</sup>H-谱的化学位移范围较窄,为8-10 ppm( $\times 10^{-6}$ ),许多化合物的峰相互重叠,有时难以区分,并且谱线SNR较低,使其代谢产物分析结果的可信度降低,有待进一步研究。

**2.5 MRA** 三维造影剂增强磁共振血管成像

(three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography, 3D CE MRA)是最近发展起来的无创性技术, 操作简便, 适用于门静脉检查<sup>[21-23]</sup>. 使用该技术, 只需从外周静脉注射少量钆剂(gadolinium, Gd), 一次屏气即能完成门脉成像. 钆剂比CT及X线血管造影所用的含碘造影剂安全性高, 能缩短血流T1值, 3D CE MRA克服了用时间飞越法(time of flight, TOF)和相位对比法(phase contrast, PC)的流动伪影和饱和作用, 而且无辐射之忧. 林江 *et al*研究表明3D CE MRA能准确地判断肝癌患者门脉受累的情况, 其总体敏感性为99%. 特异性为96%, 阳性预测值为91%, 阴性预测值为99%. 该法显示门脉主干的准确性达100%<sup>[24]</sup>. 3D CE MRA能较清楚地显示门脉癌栓、门静脉海绵样变、肝动静脉瘘等肝癌血管性并发症, 可用于评价肝癌的分期及治疗方案的选择<sup>[25]</sup>.

### 3 高场强磁共振成像技术在肝癌治疗中的应用

**3.1 MRI对肝癌TACE疗效的随访** 由于肝癌TACE术难以达到肿瘤完全坏死, 且肝癌易复发, 因此肝癌TACE术后患者须定期随访, 早期发现存活瘤组织及复发灶, 以决定下一步治疗. 随着磁共振硬件及软件技术的发展和完善, 尤其是具有高场强磁共振机的研制成功以及快速扫描技术的出现, 为受呼吸、心跳等因素影响较为明显的肝脏进行各种磁共振功能成像提供了可能, 使得MRI对评价肝癌的TACE术疗效有了较高的价值, 因此在随访过程中应合理应用MRI各种检查技术, 以更好地指导临床治疗.

MRI常规平扫和动态增强扫描对肝癌TACE疗效的随访价值较大, 特别是SE序列的T2WI, 术前病灶为高信号, 术后信号下降呈低信号或等信号, 活检证实为病灶坏死, 故TACE术后T2WI上呈低信号或原来的信号由高转低者, 都代表凝固性坏死<sup>[26]</sup>. 肿瘤残存在T2WI上为轻-中等度高信号, 动态增强早期可见强化; 肿瘤自然坏死、出血在T2WI上可为高信号, 但在动态增强中无强化可与肿瘤残存鉴别, 凝固性坏死、纤维化在T2WI上为等、低信号, 动态增强无强化<sup>[27]</sup>. 增强扫描早期对肿瘤存活的判断更为可靠, 而增强晚期有强化者, 可以是肿瘤组织, 也可以是炎性细胞的浸润, 二者的鉴别有一定的困难. 虽然MRI对判断肝癌TACE治疗后肿瘤坏死和残存有较高的准确性, 但对于纤维间隔包裹或增强早期无强化的包膜下少量肿瘤残存难以识别<sup>[28]</sup>.

MRI灌注图在检测TACE术后残存肿瘤组织的灌注方面很有价值<sup>[29]</sup>, TACE的疗效可以通过比较术前术后相对肝血容量图(rHBV图)的灌注差异而评估<sup>[30]</sup>. Tsui *et al*<sup>[30]</sup>报道, TACE术前, 除了坏死区域肿瘤在rHBV图上都表现为高灌注(由于瘤内微血管形成), 相应动脉造影示富血供; 术后大多数肿瘤都为明显的低灌注, 在信号强度-时间曲线上肿瘤显示暂时信号回落, 一旦对比剂重分布至胞外间隙, 信号回落消失. Chan *et al*<sup>[29]</sup>报道10例原发性肝癌和2例转移性肝癌, 同样发现所有肿瘤的时间-信号强度曲线都有暂时信号回落, 重建肝血容量图可见大多数肿瘤(80%)术前为高灌注, 术后为低灌注, 肿瘤内残存的高灌注区血管造影显示为富血供区, 提示通过MRI检测残余瘤组织的灌注来评估TACE对HCC的疗效是很有价值的. 对直径>1 cm的单发病灶检出最佳, 这项技术为非侵入性, 可作为常规的随访方法<sup>[30]</sup>.

利用DWI技术能定量和定性地评价TACE的疗效. ADC图能够定量分析扩散过程, 存活瘤和坏死瘤的ADC值有明显差异. Geschwind *et al*<sup>[31]</sup>对VX2肿瘤兔模型进行VX2瘤TACE术, 术后2 d左右对肿瘤进行DWI, 发现DWI上坏死的肿瘤组织呈低信号, 存活的肿瘤组织呈高信号, 坏死肿瘤内的ADC值明显高于存活的肿瘤组织, 这是由于坏死区细胞溶解致胞外大量水分子自由扩散致. Kamel *et al*<sup>[32]</sup>报道了8例HCC患者的9个病灶, 行TACE术后DWI示6个病灶高信号(可能由于栓塞后凝固性坏死), 2个低信号, 1个为等信号, 不强化区(坏死的肿瘤)的ADC值明显高于强化区(存活的肿瘤), 通过与病理对照, 认为DWI测定TACE术后肿瘤坏死程度优于常规T1WI、T2WI及Gd-DTPA增强MRI, DWI能用于评估大肝癌TACE术后肿瘤坏死程度并且能指导患者的下一步处理. 尚全良 *et al*<sup>[33]</sup>则将原发性肝癌患者23例按TACE术时点不同分为4组观察, 分别行DWI, 发现术后各时点肝癌组织的平均ADC值较术前明显升高, 差异有显著性; 此外, 术后30-38 d大部分病灶的平均ADC值都较术后7-10 d的平均ADC值有不同程度下降, 表明这些病例都有不同程度复发, 其中平均ADC值下降明显的2例复发也最为明显, 因此, 利用DWI对肿瘤组织不同时点平均ADC值的测量、对比可以量化动态评价肝癌组织TACE术后的坏死、复发情况.

MRS对肝癌TACE的随访价值还在不断

**应用要点**  
对肝癌的诊断与治疗, 高场强MRI既能提供优质的形态图像, 又能提供病变功能及代谢方面的信息, 还可用于治疗过程及反应的监测.

**名词解释**

磁化率效应: 组织磁敏感性在较高的磁场中得到提高的现象, 表现为T2随场强的增大会显著下降。

探索当中. 有学者对肝癌化疗或化学栓塞后<sup>31</sup>P-MRS变化进行了研究, 发现局部化疗或栓塞早期: Pi显著升高,  $\alpha$ 、 $\beta$ -磷酸核苷酸(NTP)下降; 治疗后期: PME增高, PDE下降<sup>[34]</sup>. 这些初步研究表明<sup>31</sup>P-MRS波谱分析可以用来检测肝癌化疗栓塞后的代谢反应, 有效地监测疾病进程和治疗效果. 此外, 有研究报道<sup>1</sup>H-MRS对检测肝癌在TACE术后的早期代谢改变很有价值<sup>[20,34]</sup>. <sup>1</sup>H-MRS研究中, 肝脏肿瘤与正常肝实质或肝硬化相比, 其Cho峰升高, Lip峰下降; 肝癌在TACE术后的Cho峰值显著降低; Cho/Lip比值也较术前明显下降, 因而测定Cho对于监测TACE对肝癌的疗效很有意义.

**3.2 MRI对肝癌三维适形放疗(3-DCRT)后肝损伤的评价** 近年来随着3-DCRT技术在临床的应用, 肝癌放疗的局部疗效明显提高, 随之放射性肝损伤的发生率也增加, 及时准确的判断并评价肝脏放射性损伤的有无及其程度, 对临床药物治疗、肿瘤放疗方案的制定与修正显得尤为重要. 放射性肝损伤MRI表现有一定的特征性, MRI平扫与动态增强扫描有较高的诊断价值. 急性放射性肝损伤表现为与受照射区形态相似大片状肝水肿, T1WI上为低信号, T2WI为高信号, Gd-DTPA增强后动脉期无强化; 慢性放射性肝损伤平扫T1WI为不规则片状稍低信号, T2WI为稍高信号, Gd-DTPA增强后动脉期强化不明显, 静脉期及延迟期强化明显<sup>[35]</sup>. 随着MRI许多新技术的出现, 将为肝损伤提供更方便、准确的新方法, 如磁化传递成像能更早期显示肝纤维, DWI与PWI不但能显示早期肝损伤的变化, 还可显示肝肿瘤放疗后微血管血流灌注的变化, 有助于评价放疗结果, 而MRS的应用, 将能鉴别肿瘤残灶、肿瘤复发与慢性放射性肝损伤. 总之, MRI将在肝脏3-DCRT中发挥更大的作用<sup>[36]</sup>.

**3.3 MRI对肝癌消融治疗的评价** 影像引导下经皮消融治疗因具有微创、易于实施、疗效确切、可反复进行等优点, 已越来越多地用于治疗肝癌. 用影像学方法观察肿瘤灭活是否彻底、有无肿瘤复发, 对提高治愈率、生存率具有重要的意义<sup>[37-38]</sup>.

肝癌的热消融包括经皮射频消融术, 经皮微波消融术、经皮激光消融术等, 这些方法都是对病灶的局部进行加温, 使肿瘤细胞因高温而坏死. 那么温度应加到什么程度, 如何在尽量地杀死肿瘤细胞的同时保护正常组织等一些问题是国内外广大学者一直研究的课题, 这些问

题的中心点就是如何准确地测温<sup>[39]</sup>. 过去人们曾应用在病灶内插入热敏电耦的方法来测温, 但这是一种有损伤的测温方法, 另外插入的探针不可能太多, 所以对加温过程中病灶温度变化的监测有局限性. MRI是唯一能将直观选择层面的实时成像与温度图相结合的成像方式<sup>[40]</sup>. 这种无损伤的测温技术, 主要有3个参数与温度相关: 自旋晶格弛豫时间(T1), 分子弥散系数(D)和质子频移(proton resonance frequency shift, PRFS), 基于PRFS理论的温度测量方法被认为是最有前途的测温方法<sup>[41]</sup>. MR对热消融治疗肝癌的优势在于, 不仅可以实时进行温度检测, 还可以用以确定靶区, 提供早期的治疗效果评价.

有文献报道磁共振DWI对肝脏消融治疗后存活肿瘤检出能力高于常规MRI<sup>[42]</sup>, 能对肝癌消融治疗后各组织成分定性, 有望提高消融后局部疗效的准确性<sup>[43]</sup>. 亦有文献报道MRI常规平扫和动态增强扫描评价氩氦刀冷冻消融治疗肝癌的疗效可靠、准确, 术后定期MRI随访对疗效评价具有重要意义<sup>[44]</sup>.

**4 结论**

目前高场强MR成像系统存在的问题主要是体内射频场不均匀(外磁场增高, 质子进动频率增加, 所需激发射频的频率增加, 射频波长变短, 造成射频场不均匀)导致的MR图像信号丢失, 射频能量沉积造成的组织产热增加<sup>[45]</sup>, 以及在机体大分子结构、神经传导或血流等生理方面潜在的危险<sup>[4]</sup>. 附加绝缘垫的应用、高性能射频线圈的研制可在一定程度上弥补以上问题带来的影响<sup>[46]</sup>, 但有关高场强MR物理性质与相应机体生理机制的相互作用更深层的问题有待进一步探讨. 从1.5 T MR仪近20年的临床普及应用, 以及3.0 T MR仪成像新技术在肝癌诊断治疗中初步表现出的优势中, 我们应该承认高场强MR的时代已经来临, 随着高场强MR仪软硬件的进一步开发, 相信他将对肝癌的诊断与治疗发挥更大的作用.

**5 参考文献**

- 1 Brown MA, Semelka RC. MRI: basic principles and applications. 3rd ed. John Wiley&Sons, Inc., 2003; 197-212
- 2 Helpert JA. The promise of high-field-strength MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24: 1738-1739
- 3 Schick F. Whole-body MRI at high field: technical limits and clinical potential. *Eur Radiol* 2005; 15: 946-959
- 4 Takahashi M, Uematsu H, Hatabu H. MR imaging

- at high magnetic fields. *Eur J Radiol* 2003; 46: 45-52
- 5 Tanenbaum LN. 3-T MR imaging: ready for clinical practice. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25: 1626-1627; author reply 1629
- 6 de Bazelaire CM, Duhamel GD, Rofsky NM, Alsop DC. MR imaging relaxation times of abdominal and pelvic tissues measured in vivo at 3.0 T: preliminary results. *Radiology* 2004; 230: 652-659
- 7 Ethofer T, Mader I, Seeger U, Helms G, Erb M, Grodd W, Ludolph A, Klose U. Comparison of longitudinal metabolite relaxation times in different regions of the human brain at 1.5 and 3 Tesla. *Magn Reson Med* 2003; 50: 1296-1301
- 8 蒙秋华, 龙莉玲, 黄仲奎, 李文美. 原发性肝癌的MRI诊断价值. *实用放射学杂志* 2006; 22: 45-49
- 9 Taouli B, Losada M, Holland A, Krinsky G. Magnetic resonance imaging of hepatocellular carcinoma. *Gastroenterology* 2004; 127: S144-S152
- 10 Wang J, Zhang Y, Wolf RL, Roc AC, Alsop DC, Detre JA. Amplitude-modulated continuous arterial spin-labeling 3.0-T perfusion MR imaging with a single coil: feasibility study. *Radiology* 2005; 235: 218-228
- 11 Shimizu A, Ito K, Koike S, Fujita T, Shimizu K, Matsunaga N. Cirrhosis or chronic hepatitis: evaluation of small (<or=2-cm) early-enhancing hepatic lesions with serial contrast-enhanced dynamic MR imaging. *Radiology* 2003; 226: 550-555
- 12 Yoshioka H, Takahashi N, Yamaguchi M, Lou D, Saida Y, Itai Y. Double arterial phase dynamic MRI with sensitivity encoding (SENSE) for hypervascular hepatocellular carcinomas. *J Magn Reson Imaging* 2002; 16: 259-266
- 13 Wang B, Gao ZQ, Yan X. Correlative study of angiogenesis and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging features of hepatocellular carcinoma. *Acta Radiol* 2005; 46: 353-358
- 14 李晓娟, 刘志兰, 何冰峰. 磁共振扩散加权成像在肝脏占位性病变诊断中的应用. *实用放射学杂志* 2006; 22: 814-816
- 15 Kim T, Murakami T, Takahashi S, Hori M, Tsuda K, Nakamura H. Diffusion-weighted single-shot echoplanar MR imaging for liver disease. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 393-398
- 16 Francis IR, Chenevert TL, Gubin B, Collomb L, Ensminger W, Walker-Andrews S, Glazer GM. Malignant hepatic tumors: P-31 MR spectroscopy with one-dimensional chemical shift imaging. *Radiology* 1991; 180: 341-344
- 17 刘强, 王滨, 武乐斌. <sup>31</sup>P MR波谱分析在肝细胞癌、肝硬化及正常肝组织中的临床应用价值. *实用放射学杂志* 2005; 21: 493-496
- 18 刘于宝, 梁长虹, 张忠林, 余元新, 谢淑飞, 林韩斌, 王秋实, 郑君惠. <sup>31</sup>P MR波谱成像在肝脏的初步临床应用研究. *实用放射学杂志* 2006; 22: 417-420
- 19 Bell JD, Bhakoo KK. Metabolic changes underlying 31P MR spectral alterations in human hepatic tumours. *NMR Biomed* 1998; 11: 354-359
- 20 Kuo YT, Li CW, Chen CY, Jao J, Wu DK, Liu GC. In vivo proton magnetic resonance spectroscopy of large focal hepatic lesions and metabolite change of hepatocellular carcinoma before and after transcatheter arterial chemoembolization using 3.0-T MR scanner. *J Magn Reson Imaging* 2004; 19: 598-604
- 21 Laissy JP, Trillaud H, Douek P. MR angiography: noninvasive vascular imaging of the abdomen. *Abdom Imaging* 2002; 27: 488-506
- 22 Saddik D, Frazer C, Robins P, Reed W, Davis S. Gadolinium-enhanced three-dimensional MR portal venography. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 172: 413-417
- 23 Okumura A, Watanabe Y, Dohke M, Ishimori T, Amoh Y, Oda K, Dodo Y. Contrast-enhanced three-dimensional MR portography. *Radiographics* 1999; 19: 973-987
- 24 林江, 周康荣, 王建华, 颜志平. 肝癌侵犯门脉的三维造影剂增强磁共振血管成像诊断. *中华医学杂志* 2005; 85: 308-312
- 25 陈立波, 杨炼, 王国斌. 三维动态增强磁共振血管造影诊断门静脉癌栓等肝癌血管并发症的价值. *中华肝胆外科杂志* 2003; 5: 10-13
- 26 Yan FH, Zhou KR, Cheng JM, Wang JH, Yan ZP, Da RR, Fan J, Ji Y. Role and limitation of FMPSRGR dynamic contrast scanning in the follow-up of patients with hepatocellular carcinoma treated by TACE. *World J Gastroenterol* 2002; 8: 658-662
- 27 刘嵘, 王建华, 周康荣, 严福华, 颜志平. 原发性肝癌TACE后CT和MRI随访的对照研究. *实用放射学杂志* 2003; 19: 902-905
- 28 刘嵘, 王建华, 周康荣, 严福华, 颜志平. 原发性肝癌碘油栓塞治疗后磁共振成像(MRI)随访研究. *中国临床医学* 2006; 13: 663-665
- 29 Chan JH, Tsui EY, Luk SH, Yuen MK, Cheung YK, Wong KP. Detection of hepatic tumor perfusion following transcatheter arterial chemoembolization with dynamic susceptibility contrast-enhanced echoplanar imaging. *Clin Imaging* 1999; 23: 190-194
- 30 Tsui EY, Chan JH, Cheung YK, Cheung CC, Tsui WC, Szeto ML, Lau KW, Yuen MK, Luk SH. Evaluation of therapeutic effectiveness of transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: correlation of dynamic susceptibility contrast-enhanced echoplanar imaging and hepatic angiography. *Clin Imaging* 2000; 24: 210-216
- 31 Geschwind JF, Artemov D, Abraham S, Omdal D, Huncharek MS, McGee C, Arepally A, Lambert D, Venbrux AC, Lund GB. Chemoembolization of liver tumor in a rabbit model: assessment of tumor cell death with diffusion-weighted MR imaging and histologic analysis. *J Vasc Interv Radiol* 2000; 11: 1245-1255
- 32 Kamel IR, Bluemke DA, Ramsey D, Abusedera M, Torbenson M, Eng J, Szarf G, Geschwind JF. Role of diffusion-weighted imaging in estimating tumor necrosis after chemoembolization of hepatocellular carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181: 708-710
- 33 尚全良, 肖恩华, 贺忠, 谭利华, 司徒卫军, 白未了, 袁术文, 杜万平. 肝癌经导管动脉灌注化疗栓塞术疗效的MR扩散加权成像动态研究. *中华放射学志* 2006; 40: 235-240
- 34 Soper R, Himmelreich U, Painter D, Somorjai RL, Lean CL, Dolenko B, Mountford CE, Russell P. Pathology of hepatocellular carcinoma and its precursors using proton magnetic resonance spectroscopy and a statistical classification strategy. *Pathology* 2002; 34: 417-422
- 35 陈大朝, 陈龙华, 金吴东, 许乙凯, 许鹏君. 三维适形放疗后放射性肝损伤的MRI表现. *南方医科大学学报* 2007; 27: 181-187
- 36 Onaya H, Itai Y, Ahmadi T, Yoshioka H, Okumura T, Akine Y, Tsuji H, Tsujii H. Recurrent hepatocellular carcinoma versus radiation-induced hepatic injury: differential diagnosis with MR imaging. *Magn Reson Imaging* 2001; 19: 41-46
- 37 Dromain C, de Baere T, Elias D, Kuoch V, Ducreux M, Boige V, Petrow P, Roche A, Sigal R. Hepatic tumors treated with percutaneous radio-frequency

同行评价  
本文综述全面, 层次分明, 文笔流畅, 有一定的临床参考价值.

- ablation: CT and MR imaging follow-up. *Radiology* 2002; 223: 255-262
- 38 郭志, 邢文阁, 刘方, 于海鹏, 李保国, 郭秀英, 张晟, 付丽, 邢纪中, 张俊义, 王友聚, 龚彬. 氩氦冷冻在原发巨块型肝癌介入治疗中的临床应用. *中华放射学杂志* 2005; 39: 198-203
- 39 Moriarty JA, Chen JC, Purcell CM, Ang LC, Hinks RS, Peters RD, Henkelman RM, Plewes DB, Bronskill MJ, Kucharczyk W. MRI monitoring of interstitial microwave-induced heating and thermal lesions in rabbit brain in vivo. *J Magn Reson Imaging* 1998; 8: 128-135
- 40 Germain D, Chevallier P, Laurent A, Savart M, Wassef M, Saint-Jalmes H. MR monitoring of laser-induced lesions of the liver in vivo in a low-field open magnet: temperature mapping and lesion size prediction. *J Magn Reson Imaging* 2001; 13: 42-49
- 41 De Poorter J. Noninvasive MRI thermometry with the proton resonance frequency method: study of susceptibility effects. *Magn Reson Med* 1995; 34: 359-367
- 42 郑晓林, 徐辉雄, 吕明德, 谢晓燕, 徐作峰, 赖英荣. 肝脏扩散加权MRI在检测消融后肿瘤存活中的应用. *临床放射学杂志* 2006; 25: 153-157
- 43 郑晓林, 徐辉雄, 吕明德, 徐作峰, 谢晓燕, 赖英荣. MR扩散加权成像对经皮肝脏消融灶组织成分定性研究的初探. *中华放射学杂志* 2006; 40: 417-422
- 44 朱海云, 王莉, 钱国军, 田建明. 肝癌氩氦刀冷冻治疗后MRI表现. *临床放射学杂志* 2004; 23: 686-689
- 45 Hoult DI, Phil D. Sensitivity and power deposition in a high-field imaging experiment. *J Magn Reson Imaging* 2000; 12: 46-67
- 46 Vaughan JT, Adriany G, Snyder CJ, Tian J, Thiel T, Bolinger L, Liu H, DelaBarre L, Ugurbil K. Efficient high-frequency body coil for high-field MRI. *Magn Reson Med* 2004; 52: 851-859

编辑 李军亮 电编 吴鹏朕

ISSN 1009-3079 CN 14-1260/R 2008年版权归世界华人消化杂志

## • 消息 •

### 世界华人消化杂志性质、刊登内容及目标

**本刊讯** 《世界华人消化杂志(国际标准刊号ISSN 1009-3079, 国内统一刊号CN 14-1260/R, *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi/World Chinese Journal of Digestology*)》, 是一本由来自国内23个省、市、自治区、特别行政区的496位胃肠病学和肝病专家支持的开放存取的同行评议的旬刊杂志, 旨在推广国内各地的胃肠病学和肝病领域临床实践和基础研究相结合的最具有临床意义的原创性及各类评论性的文章, 使其成为一种公众资源, 同时科学家、医生、患者和学生可以通过这样一个不受限制的平台来免费获取全文, 了解其领域的所有的关键的进展, 更重要的是这些进展会为本领域的医务工作者和研究者服务, 为他们的患者及基础研究提供进一步的帮助。

除了公开存取之外, 《世界华人消化杂志》的另一大特色是对普通读者的充分照顾, 即每篇论文都会附带有一组供非专业人士阅读的通俗易懂的介绍大纲, 包括背景资料、研发前沿、相关报道、创新盘点、应用要点、名词解释、同行评价。

《世界华人消化杂志》报道的内容包括食管、胃、肠、肝、胰肿瘤, 食管疾病、胃肠及十二指肠疾病、肝胆疾病、肝脏疾病、胰腺疾病、感染、内镜检查法、流行病学、遗传学、免疫学、微生物学, 以及胃肠道运动对神经的影响、传送、生长因素和受体、营养肥胖、成像及高科技技术。

《世界华人消化杂志》的目标是出版高质量的胃肠病学和肝病学的专家评论及临床实践和基础研究相结合具有实践意义的文章, 为内科学、外科学、感染病学、中医药学、肿瘤学、中西医结合学、影像学、内镜学、介入治疗学、病理学、基础研究等医生和研究者提供转换平台, 更新知识, 为患者康复服务。(常务副总编辑: 张海宁 2008-03-08)