

急性白血病骨髓的 MRI 定性和定量研究

宋英儒

【中图分类号】R445.2, R557 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2001)02-0130-04

长期以来,骨髓的检查方法一直是穿刺涂片或活检,然后进行形态学或病理检查,这些都是常用的、有效的、可靠的诊断方法,但是为有创伤性的检查方法。二十世纪末,由于 MRI 的出现并应用于临床,其技术在飞速发展,其功能不断完善,由于其对骨髓检查的无创性和敏感性,故在骨髓异常的检查 and 评价中日益处于显著的地位。1984 年, Mervyn D. Cohen 等^[1], 首先报道 MRI 在小儿白血病骨髓的定性研究。1986 年, Sheila G. Moore 等^[2], 首先报道 MRI 在小儿急性淋巴细胞性白血病骨髓的定量研究。此研究受到全世界众多学者的关注, 从此以后, 国外学者陆续有关于白血病的 MRI 研究的报告。国内直到 1997 年才开始出现有关白血病的 MRI 研究的报告^[3], 报告例数较少、缺乏系统、深入的研究, 有待进一步的研究。

急性白血病骨髓的 MRI 检查方法

MR 成像可反映骨髓的化学结构成分和密度, 但由于 MR 成像技术多种多样, 而且新的成像技术不断涌现, 不同的成像技术所得的图象也不同, 所侧重反映的化学成分也不同, 所以有必要探索检查急性白血病骨髓的最佳方法。目前, 文献报道的检查方法主要有以下几种。

自旋回波 (spine-echo, SE) 脉冲序列 常规 SE 序列成像, 尤其是 T₁WI 是目前公认的骨髓成像的最基本的方法, 它能够区分红髓和黄髓, 还可观察因弛豫时间或脂/水比例变化引起的骨髓信号改变。T₂WI 对区分红髓和黄髓以及观察脂/水比例变化引起的骨髓信号改变均不佳, 故仅作辅助方法。N(H)WI、对比逆转、多回波序列等少有助于骨髓检查。但常规 SE 序列的缺点是无法确定是其中一种或两种成分弛豫时间的不同造成的信号改变, 所反映的仅仅是总体的改变情况^[4~5]。

短时间反转恢复序列 (short-time inversion recovery, STIR)

STIR 是一种脂肪抑制技术, 对水质子很敏感, 因此它对红髓内病变的分辨率高于常规 SE 序列 T₁WI, 而后者对显示黄髓内病变更佳。其缺点是一些与脂肪质子具有相似 T₁ 值的非脂类组织也会同时受到抑制, 此外 STIR 成像时间长, 层数少, 易出现运动伪影。故须与 SE 技术联合应用, 才能较客观地反映骨髓的情况^[6~9]。

脂肪饱和法 (fat saturation method) 该技术也可抑制脂肪信号, 并且对与脂肪质子 T₁ 值相近的组织无直接影响。但该技术对磁场均一性要求高, 许多内在和外在的因素均可引起不完

全的脂肪抑制或非本意的水抑制。另外还有成像层数少, 信噪比低, 大视野成像效果差的缺点。常与 SE 技术联合应用, 互补其优缺点^[6, 8, 10]。

化学位移成像 (chemical shift imaging) 该技术利用组织中和脂质共振频率上的差异可分别形成纯水和纯脂质的质子图象。有 Dixon 法和 CHESS 法, 文献报告多用 Dixon 法^[7, 11~12]。另外, 定量化学位移成像技术可分别测定脂肪和水的弛豫时间, 准确地估计骨髓中水和脂肪的含量, 有利于对骨髓的成分进行深入的研究^[14~15, 24~28]。缺点是多数中低场强的磁共振成像仪无此功能。

局部 1H 磁共振波谱分析 (local 1H magnetic resonance spectroscopy) 目前常用的方法有 PRESS (point resolved spectroscopy) 法和 STEAM (stimulated echo acquisition mode) 法^[5, 16]。该法目前是检测体内化学元素的唯一、无创的手段, 它能精确地确定一个很小体积单元内水和脂质的含量, 并分别测定其 T₁ 和 T₂ 弛豫时间。此方法对很低含量的水或脂质的敏感性优于化学位移成像。其缺点也是对磁共振成像仪的要求很高, 1.0 T 以下的机器不能实现此功能^[25]。

急性白血病的 MR 检查基础及部位选择

正常骨髓富含脂肪和水, 质子含量极为丰富, 且两种质子由于化学结构不同, MR 信号正好相反, 而髓腔外皮质骨的质子密度极低, 使骨髓 MR 成像有丰富的信息源泉和鲜明的对比度。急性白血病使骨髓中脂肪和水的含量及比例发生了明显的改变, 癌细胞的大量出现也使骨髓的细胞成分发生了很大的变化。MRI 通过检查急性白血病患者一定部位的、具有代表性的骨髓, 通过观察相应部位骨髓的异常信号改变, 观察红黄骨髓的分布并测定含量等, 就可以了解白血病骨髓受损的范围和程度等, 从而作出白血病的影像诊断^[14~15]。

脊椎主要为松质骨, 内含大量造血性的红骨髓, 历来为多数学者作为骨髓病变的 MRI 检查部位^[2, 16~19, 24]。由于直到 25 岁以后的成人, 其脊椎中还存在着 55% 左右的造血性红骨髓, T₁WI 正常椎体呈等或稍低信号 (与脊髓信号相比) (图 1), 与异常增生的骨髓的低信号 (图 2) 表现容易区别。而成人股骨的骨髓, 正常人几乎已转变为黄骨髓 (图 3), 当白血病发生时, 正常黄骨髓逆转为异常增生的骨髓 (图 4)。股骨这一 MRI 信号改变为高低信号的转变, 比脊椎的等或稍低信号变为低信号更明显, 故最近有人主张采用双侧股骨近段骨髓来观察白血病骨髓的变化^[19]。但由于脊椎骨髓含量及面积均很大, 由腰椎表面线圈所得的图象良好, 故检查的重复性佳, 选择兴趣区作相关

* 本课题为广西教委自然科学基金资助课题

作者单位: 530027 广西医科大学附属第一医院放射科

作者简介: 宋英儒 (1966~), 男, 广西人, 主治医师, 硕士, 主要从事骨髓的 MRI 研究。

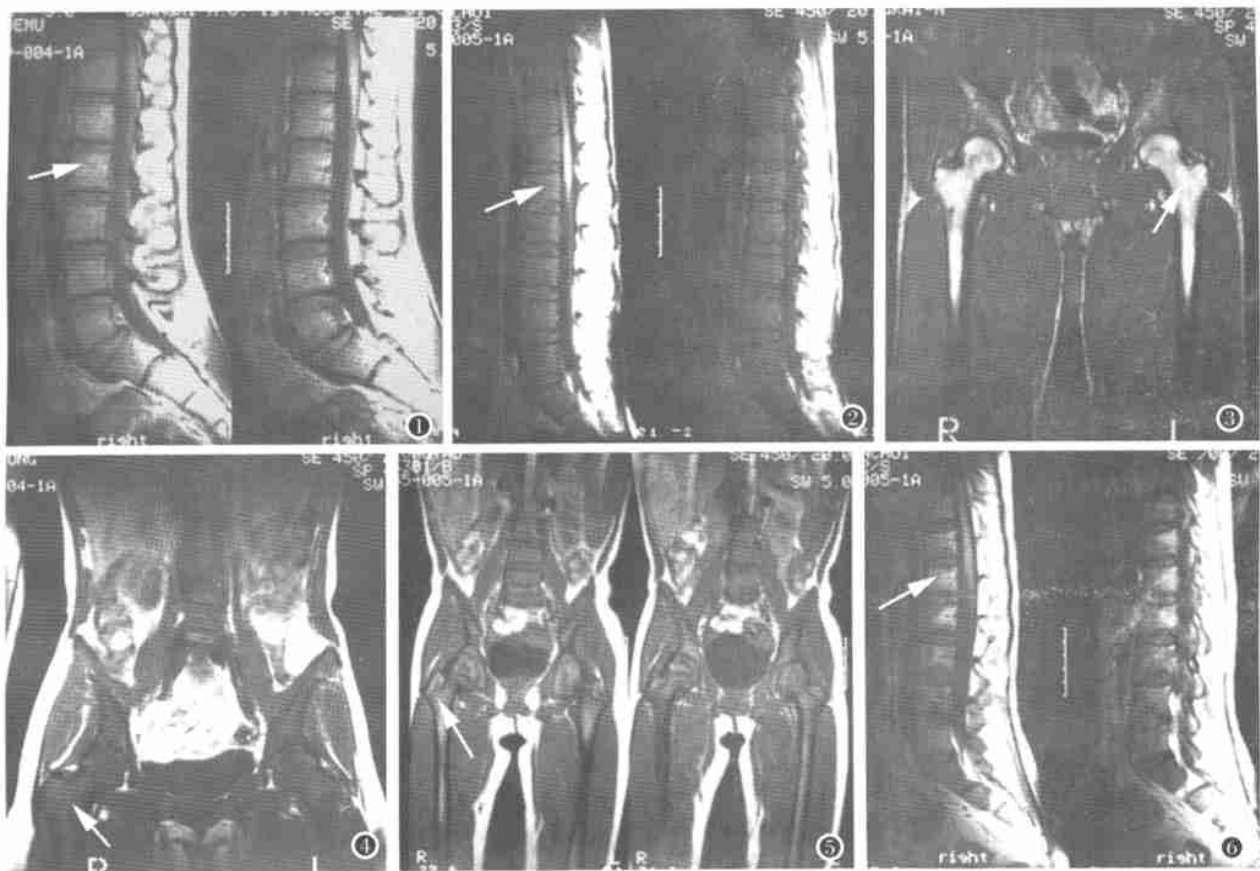


图 1 T₁WI 正常椎体骨髓呈不均匀或稍低信号(37 岁)。图 2 T₁WI 急性白血病椎体骨髓呈均匀低信号(14 岁)。
图 3 T₁WI 正常成人股骨上段骨髓为高信号(52 岁)。图 4 T₁WI 急性白血病股骨上段骨髓为均匀低信号(35 岁)。
图 5 T₁WI 正常儿童股骨上段骨髓为较低信号(5 岁)。图 6 T₁WI 图 2 病例(14 岁), 化疗后椎体骨髓信号呈不均匀升高。

测量时部分容积效应较小。股骨近段骨髓虽然观察成人骨髓转变较佳,但对儿童及青少年的观察仍有困难(因为其股骨近段骨髓仍为红骨髓,MR 信号为较低信号(图 5)),且选择兴趣区作相关测量时部分容积效应较大,检查的重复性不好。故脊椎(腰椎)矢状位仍然是观察白血病骨髓的主要部位,目前多数学者常联合双股骨近段冠状位(包括髌骨)一起观察,互补其优缺点,乃是一种趋势。其他部位的骨髓少有人研究。

急性白血病骨髓的研究

骨髓被白血病细胞浸润以后,白血病细胞取代了正常的骨髓,使骨髓的成分、结构、脂/水比例等发生了巨大的变化,尤以急性白血病为甚。由于 MR 成像可反映骨髓的组织结构和化学成分,表现为骨髓的 MR 信号强度及弛豫时间等发生了明显的改变,其改变国内外学者(尤国外学者)作了不少的研究,研究方法可归纳为定性研究(肉眼图像分析)和定量研究(MR 的信号强度、弛豫时间及骨髓检查的量化指标等的测定与对比分析)。

1. 定性研究 腰椎: ①儿童及青少年表现为各椎体信号 T₁WI 呈明显均匀降低(图 2),降低的程度与白血病细胞浸润的

程度成正比,经化疗后,信号逐渐升高(图 6),达缓解时接近或达到同龄儿童椎体的信号。T₂WI 椎体信号改变不大,为稍低或正常。②成人各椎体信号 T₁WI 亦呈明显均匀降低,正常椎体内不均匀灶性分布呈高信号的脂肪完全消失,信号降低的程度与白血病细胞浸润的程度成正比,经化疗后,信号逐渐升高,达缓解时接近正常。T₂WI 椎体信号改变不大,为稍低或正常^[1-3,20-23]。Bruce R. Rosen 等^[24-27]用化学位移成像来检查急性白血病,结果示此法对单独显示水和脂肪的含量及分布最佳。其余方法少见报道。

髌骨及双股骨近段: ①儿童及青少年表现为髌骨 T₁WI 呈明显均匀的信号降低,双股骨近段 T₁WI 呈明显均匀的或不均匀大片状的信号降低。T₂WI 信号改变不大,为稍低或正常。②成人髌骨 T₁WI 呈明显均匀的信号降低,双股骨近段 T₁WI 呈明显均匀的或不均匀大片状的信号降低,有时可见溶雪状的高信号灶存在,这与白血病细胞不均匀浸润已脂肪变的骨髓及黄骨髓向病理性红骨髓转变有关。T₂WI 信号改变不大,为稍低或正常^[28]。

MRI 示白血病细胞浸润脊椎、髌骨及双股骨近段骨髓的时间和程度基本相同^[14]。且众多学者的研究报告结果大致相

同,已没有太多的争议。

2. 定量研究 1971 年, Damadian^[29] 首次报道癌症可使自旋-晶格弛豫时间延长以后, 有关企图用基于组织质子弛豫时间: 自旋-晶格弛豫时间(T_1) 和自旋-自旋弛豫时间(T_2) 来研究组织特征的报告陆续出现^[30~31]。由于 T_1 、 T_2 值为组织固有的特征性参数, 与形态学观察相似, 对骨髓组织进行定量测定所得的参数也是骨髓组织的特征之一。然而, 直到现在, 对骨髓进行定量测定的结果的解释(骨髓病理基础)及临床应用的重要性尚未确定。有待于进一步的探讨。

1986 年, Sheila G. Moore 等^[2] 用 0.35T 的 MR 仪首先对 17 例急淋和 11 例年龄相当的正常儿童进行腰椎 T_1 和 T_2 值的测量和研究, 结果骨髓 T_1 值(均值 + 标准差): 急淋新近诊断组 $968\text{ms} \pm 68$, 缓解组 $404\text{ms} \pm 135$, 复发组 $765\text{ms} \pm 19$; 正常儿童组 $441\text{ms} \pm 82$ 。统计学分析结果: 儿童急淋新近诊断组与缓解组, 新近诊断组与正常对照组间的 T_1 值的差异有显著性, 正常对照组与化疗后缓解组间的 T_1 值的差异没有显著性。骨髓 T_2 值(均值 $\pm$ 标准差): 急淋新近诊断组 $80\text{ms} \pm 30$, 缓解组 $68\text{ms} \pm 60$, 复发组 $76\text{ms} \pm 40$; 正常儿童组 $58\text{ms} \pm 40$ 。各组 T_2 值的差异统计学上均没有显著性。

1989 年, Stephen R. Smith 等^[32] 用 1.5T 的 MR 仪对 30 例骨髓异常患者(再障 3, 慢性骨髓增生异常 8, 何杰金氏病 3, 急淋 4, 急粒 5, 慢性淋巴增生异常 6) 和 15 例正常对照组进行了定量研究: 4 例急淋 T_1 值(均值 1619ms , 范围 $618 \sim 2619\text{ms}$), T_2 值(均值 53.7ms , 范围 $41.6 \sim 65.7\text{ms}$) 5 例急粒 T_1 值明显延长(均值 1091ms , 范围 $788 \sim 1393\text{ms}$), T_2 值(均值 46.3ms , 范围 $40.5 \sim 52\text{ms}$), 正常组 T_1 值范围(均值 771ms , 范围 $680 \sim 861\text{ms}$), T_2 值(均值 43.4ms , 范围 $39.7 \sim 47\text{ms}$)。病例组与对照组 T_1 值和 T_2 值的差异统计学分析结果与 Moore 相同。还对 4 例急淋和 4 例急粒进行标准化信号强度的测定, 结果 $T_1\text{WI}$ 均为 0.14, $T_2\text{WI}$ 分别为 0.30 和 0.17。相关分析结果, 骨髓细胞构成百分比与 T_1 值呈直线正相关, 骨髓细胞构成百分比与 $T_1\text{WI}$ 标准化信号强度呈直线负相关, 其余相关性不大。

1990 年, K. E. Jensen 等^[33] 用 1.5T 的 MR 仪对 23 例急粒和 4 例急淋患者(年龄 15~71 岁) 以及 24 例年龄匹配正常人进行腰椎 T_1 和 T_2 值的系列测量和研究, 结果与 Moore 大致(T_1 值数值不同) 相同: 27 例诊断组的病例 T_1 值均明显延长(均值 1189ms , 范围 $672 \sim 2992\text{ms}$) 10 例获得缓解的病例 T_1 值均接近或达到正常组范围(均值 443ms , 范围 $320 \sim 602\text{ms}$) 这三组 T_1 值的差异有统计学意义, 其中 4 例复发患者 T_1 值又有明显升高。相关分析结果: 骨髓增生度(5 级分法) 与 T_1 值的相关性无统计学意义, 但幼稚细胞含量与 T_1 值及骨髓增生度 $\times$ 幼稚细胞百分比与 T_1 值的相关性(直线正相关) 有统计学意义。另外, 通过实验和比较说明不同品牌, 不同场强, 不同的测量方法所测得的质子弛豫时间的绝对数字相差很大^[32, 34~36], 说明不同作者所测得的质子弛豫时间的绝对值还不能作简单的对比, 也说明了急性白血病细胞构成比的变化还不是影响其骨髓 T_1 值绝对数字的唯一重要因素。但同一机器、同一方法所测的 T_1 值可比性较大, 其对骨髓 T_1 值绝对数字的影响愈显重要。

对于幼稚细胞与 T_1 值延长的关系, Shah S. 等^[37~38] 用 MR 波谱分析对一定数量的幼稚细胞进行测定, 结果显示其 T_1 值明显延长, 而其中水的含量与正常细胞相同, 说明幼稚细胞固有使 T_1 值明显延长的特性。

对白血病^[39]、多发性骨髓瘤^[40] 和贫血^[41] 骨髓进行波谱分析的初步结果显示无论是治疗前或后均存在脂/水比例的明显改变, 而且脂肪的变化尤显重要, 而急性白血病骨髓 T_2 值没有明显改变。

骨髓信号强度和对比度噪声比的测量及其与骨髓细胞成分的关系的研究, 至今尚未见文献报告, 有待于进一步研究。

总之, 目前急性白血病的磁共振诊断尚缺乏特异性, 能否寻找出诊断白血病的特异性磁共振特征, 尚需磁共振仪的改进和提高(包括软件的开发)、检查技术的改进和进一步深入的研究, 我们相信, 尤其是定量研究将会提供可靠的线索。

小 结

MR 已被公认为骨髓无创性检查的最佳、最敏感的方法, 其应用于急性白血病的研究只有 15 年的历史。检查方法的选择仍以自旋回波序列中的 $T_1\text{WI}$ 为基础, 辅以 $T_2\text{WI}$ 、STIR 或脂肪抑制中的任何一种的组合是一种很好的、经典的选择, 随着磁共振仪及检查技术的飞速发展, 化学位移成像可以分别测定脂肪和水的弛豫时间及准确定量估计脂肪分量, 局部 ^1H 磁共振波谱分析可检测体内的化学成分, 为深入地研究急性白血病骨髓的结构和成分及其变化过程以及找出各成分的磁共振特征成为可能, 有关的研究已有初步的结果, 但仍有待进一步的研究。关于部位的选择, 定量研究以腰椎矢状位辅以髂骨及股骨近段冠状位为宜, 定量研究考虑到测定的准确性和重复性, 以腰骶椎矢状位为宜。急性白血病的定性研究的结果, 由于众多学者的报告大致相同, 故已无意见分歧; 定量研究的结果, T_1 、 T_2 值的绝对值不尽相同, 但统计学分析结果基本相同。对标准化信号强度的测定和研究较少。对 T_1 、 T_2 值和标准化信号强度等数据与骨髓增生度、幼稚细胞百分比、细胞构成比及其他成分的相关统计, 尚有意分歧, 有待进一步深入研究。对白血病骨髓与周围组织的对比度噪声比的研究, 未见文献报道。目前, 急性白血病的磁共振诊断尚缺乏特异性, 能否寻找出诊断白血病的特异性磁共振特征, 尚需磁共振仪的改进和提高(包括软件的开发)、检查技术的改进和进一步深入的研究, 我们相信, 尤其是定量研究将会提供可靠的线索。

参考文献

- 1 Cohen M.D., Klatte E.C., Baehner R. et al. Magnetic resonance imaging of bone marrow disease in children. *Radiology*, 1984, 151: 715.
- 2 Moore S.G., Gooding C.A., Brasch R.C. et al. Bone marrow in children with acute lymphocytic leukemia: MR relaxation times [J]. *Radiology*, 1986, 160: 237.
- 3 贺涓, 廉宗澄, 韩明哲, 等. 急性白血病骨髓的 MRI 的研究 [J]. 天津医药, 1997, 25(9): 543-546.
- 4 Duda S.H., Michael Laniado, Fritz Schick, et al. Normal Bone Marrow in the Sacrum of Young Adults: Differences Between the Sexes Seen on Chemical-Shift MR imaging [J]. *AJR*, 1995, 164(5): 935-940.

- 5 Schick F, Einsele H, Bongers H, et al. Leukemic red bone marrow changes assessed by magnetic resonance imaging and localized ^1H spectroscopy[J]. Ann Hematol, 1993, 66(1): 3-13.
- 6 Scott A. Mirowitz. Fast Scanning and Fat-Suppression MR imaging of Musculoskeletal Disorders[J]. AJR, 1993, 161(6): 1147-1157.
- 7 Scott A. Mirowitz, Peter Apicella, William R. Reinus, et al. MR imaging of bone marrow lesions: relative conspicuousness on T_1 -weighted, Fat-suppressed T_2 -weighted, and STIR images[J]. AJR, 1994, 162: 215-221.
- 8 Jones K. M., Unger E. C., Granstrom P., et al. Bone marrow imaging using STIR at 0.5 and 1.5T. Magn Reson Imaging, 1992, 10(2): 169-176.
- 9 Oxtoby J. W., Davies A. M. MRI Characteristics of Chondroblastoma[J]. Clin Radiol, 1996, 51(1): 22-26.
- 10 Schick Fritz. Pulsed Magnetization Transfer Contrast MRI by a Sequence with Water Selective Excitation[J]. JCAT, 1996, 20(1): 73-79.
- 11 Baker LL, Goodman S. B., Perkash, et al. Benign versus pathologic compression fracture of vertebral bodies: assessment with conventional spin-echo, chemical shift and STIR MR imaging[J]. Radiology, 1990, 174: 495-502.
- 12 Simon J. H., Szumowski J. Proton (fat/water) chemical shift imaging in medical magnetic resonance imaging: current status[J]. Invest Radiol, 1992, 27: 865-874.
- 13 Schick F., Einsele H., Weiss B., et al. Characterization of bone marrow after transplantation by means of magnetic resonance[J]. Ann Hematol, 1995, 70(1): 3-13.
- 14 施庭芳. 磁共振骨髓成像的临床应用[J]. 中华放射学杂志, 1993, 27(10-12).
- 15 吴振华, 杨本强, 潘诗农, 等. 正常腰椎骨髓的 MRI 分型及定量研究初探[J]. 中华放射学杂志, 1995, 29(6): 385-389.
- 16 McKinstry C. S., Steiner R. E., Yong A. T., et al. Bone marrow in leukemia and aplastic anemia: MR imaging before, during, and after treatment. Radiology, 1987, 162: 701-707.
- 17 Kaplan P. A., Asleson R. J., Klassen L. W., et al. Bone marrow patterns in aplastic anemia; observations with 1.5 T MR imaging[J]. Radiology, 1987, 164: 441-444.
- 18 Linder A., Zankovich R., Theissen P., et al. Malignant lymphoma: bone marrow imaging versus biopsy[J]. Radiology, 1989, 173: 335-339.
- 19 Mouloupoulos L. A., Vama D. G. K., Dimopoulos M. A., et al. Multiple myeloma: spinal MR imaging in patients with untreated newly diagnosed disease[J]. Radiology, 1992, 185: 833-840.
- 20 Vande Berg BC, Malghem J, Lecouvet FE, et al. Magnetic resonance imaging of normal bone marrow[J]. Eur-Radiol, 1998, 8(8): 1327-34.
- 21 Ojala AE, Paakko E, Lanning FP, et al. Osteonecrosis during the treatment of childhood acute lymphoblastic leukemia: a prospective MRI study[J]. Med-Pediatr-Oncol, 1999, 32(1): 11-7.
- 22 Duzova O. Osteonecrosis in children treated for acute lymphoblastic leukemia: a magnetic resonance imaging study after treatment[J]. Med-Pediatr-Oncol, 1999, 32(2): 154-5.
- 23 Cetingu N, Aydinok Y, Kantar M, et al. Neuropsychologic sequelae in the long-term survivors of childhood acute lymphoblastic leukemia[J]. Pediatr-Hematol-Oncol, 1999, 16(3): 213-20.
- 24 Pykett I. L., Rosen B. R. Nuclear magnetic resonance: in vivo proton chemical shift imaging[J]. Radiology, 1983, 149: 197-203.
- 25 Dixon W. T. Simple proton spectroscopy imaging[J]. Radiology, 1984, 153: 189-194.
- 26 Rosen B. R., Carter E. A., Pykett I. L., et al. Proton chemical shift imaging: evaluation of its clinical potential using an vivo fatty liver model[J]. Radiology, 1985, 154: 469-472.
- 27 Wisner G. L., Rosen B. R., Buxton R. B., et al. Chemical shift imaging of the bone marrow: preliminary experience[J]. AJR, 1985, 145: 1031-1037.
- 28 Rosen B. R., Fleming D. M., Kushner D. C., et al. Hematologic bone marrow disorder: quantitative chemical shift MR imaging.
- 29 Damadian R. Tumour detection by nuclear magnetic resonance[J]. Science, 1971, 171: 1151-1153.
- 30 Bottomley P. A., Foster T. H., Argersinger R. E., et al. A review of normal tissue hydrogen NMR relaxation times and relaxation mechanisms from 1-100 MHz: dependence on tissue type, NMR frequency, temperature, species, excision and age[J]. Med Phys, 1984, 11: 425-448.
- 31 Bottomley P. A., Hardy C. J., Argersinger R. E., et al. A review of ^1H nuclear magnetic resonance relaxation in pathology: are T_1 and T_2 diagnostic? [J]. Med Phys, 1987, 14: 1-37.
- 32 Smith S. R., Williams C. E., Davies J. M., et al. Bone marrow disorders: characterization with quantitative MR imaging[J]. Radiology, 1989, 172: 805.
- 33 K. E. Jensen, P. Grundtvig Sorensen, C. Thomsen, et al. Magnetic resonance imaging of the bone marrow in patients with acute leukemia during and after chemotherapy: changes in T_1 relaxation[J]. Acta Radiol, 1990, 31: 361-369.
- 34 Henkelman R. M., Messner H., Poon P. Y., et al. Magnetic resonance imaging for monitoring relapse of acute myeloid leukemia[J]. Leukemia Res, 1988, 128: 11.
- 35 Nyman R., Rehn S., Glimelius B, et al. Magnetic resonance imaging in diffuse malignant bone marrow diseases[J]. Acta Radiol, 1987, 28: 199.
- 36 Malik S., Jewell S. E., Amess A. I., et al. Low field strength magnetic resonance imaging of bone marrow in acute leukemia[J]. Hematol oncol, 1988, 6: 285.
- 37 Shah S., Advani S. H., Kasturi S. R. Pulsed nuclear magnetic resonance studied of human bone marrow[J]. Physiol chem Phys, 1977, 9: 297.
- 38 Shah S., Ranade S. S., Kasturi S. R., et al. Distinction between normal and leukemia bone marrow by water protons nuclear magnetic resonance relaxation times[J]. Magn. Reson. Imag, 1982, 1: 23.
- 39 Irving M. G., Brooks W. M., Brereton L. M., et al. Use of high resolution in vivo volume selected ^1H -magnetic resonance spectroscopy to investigate leukemia in humans[J]. Cancer Res, 1987, 47: 3901.
- 40 Lecouvet F. Morphologic and quantitative MRI assessment of bone marrow in multiple myeloma and chronic lymphocytic leukemia: clinical and prognostic value[J]. J Belge-Radiol, 1998 Dec, 81(6): 301.
- 41 Stenver D., Jensen M., et al. Effects of recombinant human erythropoietic bone marrow monitored by magnetic resonance spectroscopy in patients with end-stage renal disease[J]. Magn. Reson. Imag, 1990, 8: in press.

(2000-08-14 收稿)