MR 扩散加权成像在上腹部的应用

杨波 综述 全显跃 审校

【中图分类号】R445.2; R816.5 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2004)06-0453-03

扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI) 是在活体 上进行水分子扩散测量与成像的唯一方法, 对中枢神经系统特 别是脑缺血的临床价值已被广泛肯定^[1,2]。随着磁共振技术的 发展, DWI 也从神经系统向其它系统推广^[3-5]。本文着重阐述 DWI 在上腹部的应用。

DWI 的基本原理

扩散指任何物质都存在的布朗运动,可用扩散系数 D 来表 达, D 是以一个水分子在单位时间内自由扩散运动的平均范围 来度量的(mm²/s)。扩散分自由扩散和限制性扩散,由于细胞 膜和分子周边的限制,不存在完全的自由扩散。限制性扩散又 分各向异性和各向同性扩散,后者在任何方向上的 D 值相等。 DWI 是通过分析病理状态下细胞外间隙和细胞内外水分子的 扩散变化来诊断疾病^[3,4]。

扩散系数受多种因素(如体液流动、细胞膜通透性、毛细血 管灌注、呼吸及搏动等)影响,实际工作中常用表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 来代替 D, 前者常明显大于 后者。ADC 值与组织细胞构成有关,可用公式来计算:

ADC= $\frac{\ln(S_{\text{K}}/S_{\text{B}})}{b_{\text{B}}-b_{\text{K}}}$

 $S_{\text{低}}$ 和 $S_{\text{高}}$ 分别代表低 b 值与高 b 值扩散成像信 号强 度。b 值为扩散敏感系 数(gradient factor)

b = $\chi^2 G^2 \delta^2 (\Delta - \delta/3)$

Y为磁旋比,G和δ分别为扩散脉冲的强度、持续时间,△ 为两个脉冲的时间间隔。

由于血液灌注、限制性扩散、各向异性及细胞膜等多种因 素影响, MR 信号和 b 值间的关系较复杂。b 值的大小和数量 影响扩散的测量,一个脉冲序列采取 2 种不同 b 值即可获得 ADC 值或拟合出 ADC 图,而 b 值越多、b 值差越大, ADC 值越 精确, 拟合的 ADC 图越真实。组织扩散快,信号衰减大, ADC 值高, DWI 上呈低信号, ADC 图上呈高信号;组织扩散慢,则相 反^[5]。DWI 受到 T₂ 值和扩散双重影响。ADC 图不受 T₂ 影 响,较 DWI 能更真实反映扩散变化,但受到扩散敏感梯度方向 的影响^[+3]。

上腹部 MR DWI 的相关技术

平面回波成像(echo planar imaging, EPI), 能快速成像及切换梯度磁场, 运动伪影少, 还可与自旋回波、梯度回波序列匹

配,已成为 DWI 的主要技术^[1,6]。但 EPI 存在严重磁敏感性伪 影,并由于采集时间相对较长及流体速率不同,会出现对涡流 的敏感和化学位移伪影^[7]。

其它已用于 DWI 的序列: ①稳态自由进动(steady state free procession, SSFP),最常用的是对比增强序列(contrast enhanced FAST, CE-FAST),扩散效应较自旋回波强得多,但它对运动非 常敏感,信噪比较差^[8]; ②快速梯度回波序列(snapshot fast lowangle shot, Turbo-FLASH),采集时间很短,对运动伪影敏感性大 大降低,可作为快速扩散成像的很好选择^[9]。

DWI在上腹部应用所面临的问题

1. 鬼影

EPI 序列要考虑鬼影(周期运动如心脏搏动导的运动伪影) 在 ADC 图上的存在,表现为类似低扩散区域的明显低信号,需 通过空间预饱和技术或流动抑制技术来克服^[10,11]。

2. TE 值

体部器官 T₂ 值相当短,应该采用比应用于神经系统更短的 T E 值,这需要先进的硬件系统来提高梯度场强以减少肝脏 信号在 DWI 的衰减。

3. 其它伪影

磁敏感性伪影、化学位移伪影及涡流所致的伪影,容易出现在采用多个b值或需要结合多个方向的DWI序列。EPI序列尤其对残余涡流效应敏感,易出现在相位编码方向,而单次激发 FSE 序列的扩散成像对涡流效应不敏感^[7]。

4. b 值的选择

ADC 值不仅受水分子扩散影响, 还与微循环灌注有关, 因 此要注意 b 值的选择。低 b 值, ADC 值受灌注效应影响较大导 致测量结果偏大; 高 b 值, 能更精确反映扩散状况及测量 ADC 值^[4,9,12]。腹部脏器 T₂ 时间短, 大 b 值会使图像质量下降, 却 提供了更高的病灶与正常组织信号比^[9,12]。研究局灶性肝脏 病变时, ADC 值随 b 值增高而降低, 多 个 b 值时, 病灶 ADC 值 曲线变化为诊断提供了更多信息, 有利于精确测量^[12]。

如何尽量克服伪影以提高图像的质量

采用宽带宽、屏气技术和相控阵线圈来减少运动的影响以 提高成像质量。舒张期心电触发、脉搏触发技术也能使运动相 关伪影明显减少^[4,13]。

选择合适的序列:自旋回波平面回波成像(spin echo EPI, SE EPI)无明显运动伪影,磁敏感性伪影较梯度回波平面回波 成像(gradient echo EPI, GRE-EPI)轻,应用较多。虽然无法避 免化学位移伪影,但通过脂肪抑制技术可以明显减轻伪影^[14]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. 性编码(sensitivity encoding,

• 综述•

作者单位:510280 广州,第一军医大学附属珠江医院放射科 作者简介:杨波(1976-),男,浙江玉环人,硕士研究生,主要从事腹 部疾病的影像诊断工作。

SENSE)技术的单次激发平面回波成像(sigle-shot EPI, ssEPI)及 隔行扫描平面回波成像(interleaved eche-planar imaging, IEPI) 等技术与常规 SE EPI 相比,均能显著提高空间分辨率,降低各 种伪影^[6, 15, 16]。而导航技术的应用,能显著校正运动伪影,进 一步提高成像质量^[17]。

DWI 在上腹部的临床应用

1. 正常和病理状况时的扩散变化

上腹部脏器 ADC 值相差很大,其中胆囊由于自由扩散效 应, ADC 值最大,其次为肾,而脾和肝的 ADC 值大小却有着不 同的 报道。Laghi 等^[15] 认为 脾的 ADC 值大于肝, Ichikawa 等^[18]报道各脏器 ADC 值的顺序是:肾、肝、胰腺和脾,并认为肾 脏高 ADC 值并非依赖扩散效应,而由于高灌注所致。

病理状况时,上腹部脏器 ADC 值可产生不同变化。肝硬 化时由于纤维化改变,导致血窦变窄、血流减少使水分减少、灌 注下降和 T₂ 时间缩短等, ADC 值明显低于正常肝脏,同理可解 释慢性胰腺炎时胰腺实质 ADC 值低于正常胰腺实质。肝硬化 与其它慢性肝病的肝实质 ADC 值无显著性差异,但肝硬化时 肝实质 ADC 值低于正常肝实质^[4,9,19]。门脉高压时,增大的脾 脏由于血 供增加和 T₂ 时间延长, ADC 值明显高于正常脾 脏^[18]。

2. 肝脏的 DWI

DWI 在肝脏的应用主要有: ①变换不同 b 值可对局灶性肝脏病变进行定性; ②提高病灶-肝脏信号对比, 突出病变, 增加检出率^[14]。

不同于常规 M RI, DWI 反映的是组织中水分子扩散状况, 肝脏扩散是各向同性的^[19]。肝囊肿和海绵状血管瘤,主要由液 体成份构成,水分子运动相对自由, A DC 值明显高于实性肿瘤; 血管瘤内常有纤维间隔、瘢痕及出血,且血窦中血液的粘滞度 高于囊肿的囊液, A DC 值低于囊肿; 实质性病变,水分子扩散 明显受限, ADC 值更低^[14,20]。肝脏局灶性病变,不同 b 值条件 下,信号及 ADC 值曲线变化规律也不同。常见良性病变,如血 管瘤和囊肿,低 b 值时(T₂ 效应影响大), DWI 上表现为高信 号,而随着 b 值提高,信号逐渐下降; 与良性病灶相反, 肝脏恶 性肿瘤由于结构较致密,含水分较少,对 DWI 梯度变化不敏 感,即使在重 DWI高 b 值成像时也表现为高信号,而且 ADC 值 略高于或等于正常肝实质^[18,19]。

肝囊肿 A DC 值高于其它病变(血管瘤、肝癌、转移瘤),血管 瘤 A DC 值又高于 肝癌和转移瘤,但肝癌和转移瘤 A DC 值差异 无显著性意义^[4,9,14,12,20]。有学者提出鉴别良恶性病变 A DC 值的阈值为 1.6×10⁻³mm²/s,并应用对比噪声比(∞ ntrast to noise, CN R)进行比较

CNR= <u>病灶信号强度-</u> 肝脏信号强度 背景噪声信号差

发现血管瘤在不同 b 值的 DWI 上 CNR 与 FSE-T₂WI(fast spin echoT₂WI) 差异无显著性意义, 肝癌和转移瘤 DWI 的 CNR 则高于 FSE T₂WI, 说明 DWI 能提高肝癌和转移瘤的检出率^[12]。 也有人主张 ADC 值> 2.0×10^{-3} mm²/s 的为良性病变(包括局灶 性增生和腺瘤样增生)。< $1,0 \times 10^{-3}$ mm²/s 的是恶性病灶, (.1,0) ~ 2.0) × 10⁻³ mm²/s 内良恶性病灶存在重叠现象^[19]。

DWI 能反应细胞组成和组织代谢, 有利于鉴别脑脓肿和坏 死或囊性肿瘤, 同样 DWI 也有利于 肝脓肿(阿米巴肝脓肿和细 菌性肝脓肿)和坏死或囊性肿瘤的鉴别。坏死性肿瘤主要指坏 死性肝癌和转移瘤, 囊性肿瘤为肝囊肿。常规增强扫描, 除肝 囊肿, 肝脓肿和坏死或囊性肿瘤均可表现为边缘均一或不均一 强化, T₂ WI 均为高信号, 所以常规 MRI, 较难鉴别肝脓肿和坏 死或囊性肿瘤。而在 DWI, 肝脓肿 ADC 值明显低于坏死或囊 性肿瘤及肝囊肿, 其中肝囊肿 ADC 值最高, 脓肿与肿瘤组间的 ADC 值无重叠。导致这种差异的主要原因是病变坏死区内成 分的不同: 囊肿和肿瘤坏死区水分子含量多, 粘滞度低, 自由扩 散大, ADC 值高; 脓肿内充满炎性细胞、细菌、坏死组织、粘蛋白 等复杂成分, ADC 值低^[20]。

3. 肾脏的 DWI

肾脏血流丰富,83%的成分为水,DWI对肾脏功能的评价 有一定的应用价值。由于肾皮、髓质中肾单位的减少是肾功能 衰竭的主要原因,所以急、慢性肾功能衰竭患者肾脏皮髓质的 ADC 值均显著低于正常肾脏。其中对于慢性肾功能衰竭者,肾 皮、髓质的 ADC 值小于急性肾功能衰竭,且较正常肾脏下降 50%以上,尤其是皮质的 ADC 值与血肌酐水平间存在线性相 关,ADC 值的下降程度同时也能反映病理进展^[14,21]。

DWI 有利于鉴别肾积水和肾积脓:积水的肾盂、肾盏系统 在 DWI 表现为低信号,积脓为高信号。积脓的肾盂、肾盏系统 内含大量炎性成分,粘滞度高,扩散受限,ADC 值相对较低^[22]。 Laissy 等^[23] 通过对大白鼠静脉注射高粘稠度的碘对比剂的试 验发现,注入对比剂后 12 min 后肾实质扩散显著下降并且持续 至少 24 min,这一现象首先出现在肾皮质,但皮质持续时间少 于髓质,作者认为通过肾皮质的动态 DWI 可以无创地研究肾 血流动力学变化。

4. 胰腺的 DWI

慢性胰腺炎时由于纤维化改变, ADC 值明显低于正常胰腺, 急性胰腺炎由于炎症充血水肿, ADC 值明显升高。胰腺癌 虽然较正常胰腺实质血供少, 但T₂ 时间延长, ADC 值也高于正 常胰腺组织^[4]。粘液性囊肿好发于胰腺和卵巢, 其 ADC 值高 于浆液性囊肿。导管内粘蛋白瘤在胰腺腺管内分泌和潴留粘 蛋白, 并导致胰腺导管的扩张, 虽然 MR CP 是首选和最佳方法, 然而其定性仍然较难, DWI 为导管内粘蛋白的诊断提供了新的 方法, 但通过 DWI 鉴别胰腺导管内粘蛋白瘤与其它囊性病变 仍存在争议, 还需进一步证实^[24]。

参考文献:

- Cercignani M, Horsfield MA. The physical basis of diffusion-weighted MRI[J]. J Neurol Sci, 2001, 186(1): 11–14.
- [2] Mukherji SK, Chenevert TL, Castillo M, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging[J]. J Neuroophthalmol, 2002, 22(2): 118-122.
- [3] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging[J]. Eur J Radiol, 2003, 45(3): 169-184.
- [4] Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al. Diffusion-weighted single shot echoplanar MR imaging for liver disease[J]. AJR, 1999, 173(2):

生増生和腺瘤样増生). < 1.0×10⁻³mm²/s 的是恶性病灶, 61.0. して1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

- [5] Kuker W, Weise L, Krapf H, et al. MRI characteristives of acute and subacute brainstem thalamic infarctions: value of T2 and diffusionweighted sequences[J]. J Neurol, 2002, 249(1): 33-42.
- [6] Bammer R, Keellng SL, Augustin M, et al. Improved diffusion weighted single shot echo-planar imaging (EPI) in stroke using sensitivity en coding (SENSE) [J]. Magn Reson Med, 2001, 46(3): 548-554.
- [7] Koch M, Norris DG. An assessment of eddy current sensitivity and correction in single shot diffusion weighted imaging [J]. Phys Med Biol, 2000, 45(12): 3821-3832.
- [8] Baur A, Huber A, Wagner BE, et al. Diagnostic value of increased diffusion weighting of a steady-state free precession sequence for differentiating acute benign osteoporotic fractures from pathologic vertebral compression fractures [J]. Am J Neuroradiol, 2001, 22(2): 366-372.
- [9] Moteki T, Horikoshi H, Oya N, et al. Evaluation of hepatic lesions and hepatic parenchyma using diffusion-weighted reordered turbo FLASH magnetic resonance images[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(5): 564-572.
- [10] Ichikawa T, Araki T. Fast magnetic resonance imaging of liver[J]. Eur J Radiol, 1999, 29(3): 186 210.
- [11] Porter DA, Calamante F, Gadian DG, et al. The effect of residual Nyquist ghost in quantitative eche-planar diffusion imaging[J]. Magn Reson Med, 1999, 42(2): 385-392.
- [12] Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, et al. Diffusion-weighted M R imaging with a single shot echo-plannar sequence: detection and characterization of local hepatic lesions[J]. AJR, 1998, 170(2): 397-402.
- [13] Murtz P, Flacke S, Triber F, et al. Diffusion-weighted MR imaging with pulse triggered single shot sequences [J]. Radiology, 2002, 224 (1): 258-264.
- [14] Yamashita Y, Tang Y, Takahashi M. Ultrafast MR imaging of the abdomen: echo planar imaging and diffusion-weighted imaging[J]. J Magn Reson Imaging, 1998, 8(2): 367-374.
- [15] LaghiA, Catalano C, Assael FC, et al. Diffusion-weighted echo-planar sequences for the evaluation of the upper abdomen: technique optimizatiom[J]. Radiol Med, 2001, 101(4): 213-18.

- [16] Bammer R, Augustin M, Prokesch RW, et al. Diffusion-weighted imaging of the spinal cord: interleaved echo-planar imaging is superior to fast spin-echo[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(4): 364-373.
- [17] Norris DG. Implications of bulk motion for diffusion-weighted imaging experiments: effects, mechanisms, and solutions[J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 13(4): 486-495.
- [18] Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, et al. Diffusion weighted MR imaging with single-shot echo-planar imaging in the upper abdomen: preliminary clinical experience in 61 patients[J]. Abdom Imaging, 1999, 24(5): 456-461.
- [19] Taouli B, Vilgrain V, Dumont E, et al. Evaluation of liver diffusion isotropy and characterization of focal hepatic lesions with two single shot eche-planar MR imaging sequences: prospective study in 66 patients[J]. Radiology, 2003, 226(1):71-78.
- [20] Chan JH, Tsui EY, Luk SH, et al. Diffusion-weighted MR imaging of the liver: distinguishing hepatic abscess from cystic or necrotic tumor [J]. Abdom Imaging, 2001, 26(2): 161-165.
- [21] Namimoto T, Yamashita Y, Mitsuzaki K, et al. Measurement of the apparent diffusion coefficient in diffuse renal disease by diffusionweighted echo-planar MR imaging [J]. J Magn Reson Imaging, 1999, (6): 832-837.
- [22] Chan JH, Tsui EY, Luk SH, et al. MR diffusion weighted imaging of kidney: differentiation between hydrone-phrosis and pyonephrosis [J]. Clin Imaging, 2001, 25(2): 110-113.
- [23] Laissy JP, Menegazzo D, Dumont E, et al. Hemodynamic effect of iodineated high-viscosity medium in the rat kedney: a diffusionweighted MRI feasibility study [J]. Invest Radiol, 2000, 35(11): 647-652.
- [24] Irie H, Honda H, Kuroiw a T, et al. Measurement of the apparent diffusion coefficient in intraductal mucin-producing tumor of the pancreas by diffusion-weighted echo-planar MR imaging [J]. Abdom Imaging, 2002, 27(1): 82-87.

(收稿日期:2003-09-24)

中华医学会江苏省影像技术第六次学术年会召开

中华医学会江苏省影像技术第六次学术年会于 2004 年3 月 18日至 3 月 22日在镇江市召开,来自 全省的 140 名同仁 听取了干银激光胶片热鼓显像的应用研究、CT 图像处理、肺部孤立性结节定量研究、医学影像技术人员继续教育与发展、 医学数字化图像的质量评价方法和标准、医学影像技术在影像科工作中的地位与作用、数字化(DR)摄影的应用与探讨、 磁共振成像技术的应用及进展、磁共振成像常见伪影及其处理、医学影像三维图像处理在脊柱方面的应用、数字化常规 X 线设备选购应注意的问题、数字减影血管造影(DSA)成像技术与应用进展、宽带虚拟专用网 络(VPN)技术在远程医学影 像诊断技术中的应用等 13 项继续教育专题报告,与会者有 40 余人进行了大会交流,论文汇编收录了论文 260 余 篇,涉及 到医学影像技术学的各 个方面,代表了江苏省医学影像技术的最高水平。会议在镇江医学会及其影像技术学会的大力协 办下内容交流充分、时间安排紧凑,受到中华医学会江苏省分会曹家和秘书长及与会者的好评。

(王骏)