

## Impact of portal vein perfusion decrease on MR ADC value of the liver

SHI Yu, GUO Qi-yong\*, BAI Ruo-bing, MA Yue, QI Wen-xu

(Department of Radiology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, China)

**[Abstract]** **Objective** To assess whether hepatic ADC value are influenced by hepatic perfusion decrease under different b values. **Methods** Totally 25 healthy volunteers underwent DWI before and after a standard exercise (an effective method to decrease portal vein flow). Phase contrast technique was used to detect the perfusion of portal vein, and breath-hold technique was taken for DWI at b-values of 0, 250, 500 and 750 and 1000 s/mm<sup>2</sup>. Then hepatic ADC values of posterior and anterior right lobe were measured and compared at different states. **Results** After exercise, portal blood flow decreased significantly in all volunteers, with the mean rate of 43.31%. The ADC values of posterior and anterior right lobes in b=500, 750, 1000 s/mm<sup>2</sup> before and after exercise had no statistical significance, while statistical significance was found when b=250 s/mm<sup>2</sup>. The decrease of portal vein flow had no relationship with ADC values of posterior and anterior right lobes when b=250 s/mm<sup>2</sup> (r=0.16, P=0.45; r=0.16, P=0.46). **Conclusion** With regard to the measurements of ADC, the effect of perfusion can be minimized with higher b values (b≥500 s/mm<sup>2</sup>) in order to obtain stable and optimized ADC value.

**[Key words]** Liver; Diffusion magnetic resonance imaging; Perfusion imaging

## 降低门静脉灌注量对肝脏 MR ADC 值的影响

石 喻, 郭启勇\*, 白若冰, 马 跃, 启文旭

(中国医科大学附属盛京医院放射科, 辽宁 沈阳 110004)

**[摘要]** **目的** 探讨不同 b 值下门静脉灌注量降低对肝脏 ADC 值的影响。**方法** 对 25 名健康志愿者分别在静息状态 and 标准运动后(有效减少门静脉灌注量)采用相位对比法定量测量门静脉灌注量, 比较 b 值不断递增时(b 为 0、250、500、750、1000 s/mm<sup>2</sup>)门静脉灌注量降低对肝右前叶、右后叶 ADC 值的影响。**结果** 门静脉灌注量在运动后均显著下降, 平均下降比例为 43.31%。b=500、750、1000 s/mm<sup>2</sup> 时, 肝右后、右前叶运动前、后 ADC 值的改变均无统计学意义; b=250 s/mm<sup>2</sup> 时, 肝右后、右前叶 ADC 值的改变均有统计学意义, 此时门静脉灌注量的改变量与肝右后、右前叶 ADC 值的变化量无确切相关性(r=0.16, P=0.45; r=0.16, P=0.46)。**结论** 选择较大 b 值(b≥500 s/mm<sup>2</sup>)可有效减小门静脉灌注量对肝脏 ADC 值的影响, 以获得稳定、优化的 ADC 值。

**[关键词]** 肝脏; 扩散磁共振成像; 灌注成像

**[中图分类号]** R445.2; R575 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2012)04-0722-05

DWI 是目前活体定量研究微血管灌注和扩散效应的最佳方法, 已越来越多地应用于诊断肝脏病

变<sup>[1-4]</sup>, 尤其是对肝纤维化、肝硬化的定量分级研究, 但扩散敏感系数 b 值取 0~1000 s/mm<sup>2</sup> 不等, 其反映的 ADC 值中血流灌注的权重和水分子的真实扩散权重不统一, 这可能是目前国内外文献<sup>[1,3,5]</sup> 争议较大、甚至相互矛盾的重要因素。

正常状态下肝脏门静脉灌注量平均约 800~1200 ml/min<sup>[4,6]</sup>; 运动后门静脉血流灌注量明显减小<sup>[7]</sup>。本研究组既往进行了增加肝脏血流量对 ADC

**[基金项目]** 国家自然科学基金面上项目(81071123)。  
**[作者简介]** 石喻(1983—), 女, 湖北黄冈人, 在读博士, 主治医师。研究方向: 腹部影像学。E-mail: shiy@sj-hospital.org  
**[通讯作者]** 郭启勇, 中国医科大学附属盛京医院放射科, 110004。E-mail: guoqy@sj-hospital.org  
**[收稿日期]** 2011-08-12 **[修回日期]** 2011-12-20

值影响的研究(对比进食前后)<sup>[8-9]</sup>,此次以标准运动作为减少门脉灌注的条件,观察 b 值不断递增时肝脏 ADC 值是否随之而改变,并探讨这种变化量与门静脉灌注量变化的潜在相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2011 年 3—8 月收集健康志愿者 25 名,男 17 名,女 8 名,年龄 21~37 岁,平均(29.2±3.7)岁;均无肝脏疾病及其他消化道疾病史,肝功能检查正常,并经超声检查排除占位性病变及弥漫性肝病(包括肝右叶直径大于 1.5 cm 的囊肿、血管瘤等占位性病灶及肝硬化、脂肪肝等弥漫性肝脏病变)。

1.2 仪器与方法 采用 Philips Gyroscan Intera 1.5T 超导型磁共振成像系统。检查前受检者禁食、禁水 8 h 以上,保持静息状态

至少 30 min。采用 MR 电影相位对比(phase-contrast MR, PC MR)技术定量测量门静脉血流量,以冠状位 T2WI 定位,垂直于门静脉主干中点进行扫描。参数:TR 7.4 ms, TE 4.0 ms, NSA 2, 矩阵 256×256, 翻转角 20°, 每次心动周期获得 20 帧图像,流速编码 60 cm/s,屏气扫描,时间约 25 s。

DWI 采用单次激发平面回波成像(single shot echo planar imaging, SSE-EPI)序列,梯度场采用前后方向,扫描参数为 TE 46 ms; TR 1077 ms, 层厚 8.0 mm, 间隔 2.0 mm, FOV 375 mm×375 mm, 矩阵 128×256;屏气扫描,时间约为 25 s。b 值分别为 0、250、500、750 和 1000 s/mm<sup>2</sup>。随后嘱志愿者匀速慢跑 5000 米,中间休息 3 次,每次 1 min,待其心率基本平稳后重复上述扫描过程。

1.3 图像后处理及 ADC 值测量 PC MR 扫描获得 20 帧图像,沿采集的单层门静脉血管壁画弧线,将其确定为 ROI(图 1),并由 Q-flow 分析软件给出门静脉血流速度和流量,得到 20 次测量的平均值。肝脏 ADC 图由 MR 仪自带软件产生,所得 ADC 值为 ROI 内平均 ADC 值,于每个肝叶选择至少 3 个 ROI 并取平均

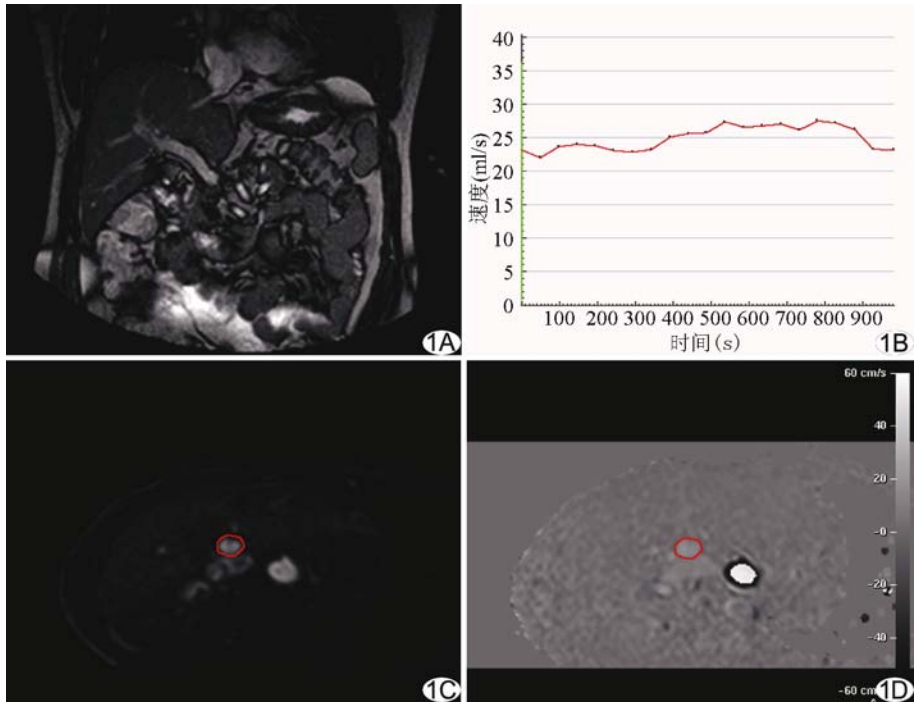


图 1 志愿者男,27 岁,静息状态 A. 以冠状面 T2WI 定位,垂直于门静脉主干中点进行扫描; B. 计算机自动给出每个心动周期的门静脉流速曲线; C. 模数图用以勾画 ROI 轮廓; D. 相位图用于测定门静脉流速和流量

值。ADC 图的 ROI 选择面积尽可能大,一般为圆形或椭圆形,选择无肉眼可见血管、胆管的肝实质区域,采用复制、粘贴的方法保证肝右后叶、右前叶 4 个 b 值下的 ROI 完全匹配。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件包,采用单因素 Kolmogorov-Smirnov 检验,得到运动前、后的肝右前叶、右后叶 ADC 值均近似符合正态分布故 ADC 值以  $\bar{x} \pm s$  表示。用配对 t 检验对不同 b 值下

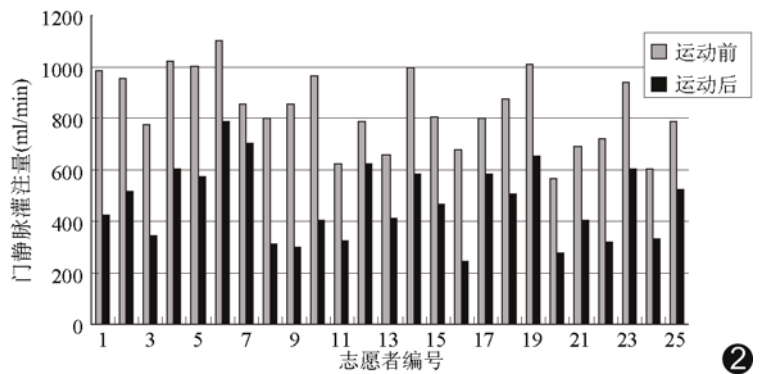


图 2 静息状态及运动后的门静脉灌注量变化 静息状态下志愿者平均门静脉灌注量为(834±150)ml/min,运动后的门静脉灌注量为(473±147)ml/min,门静脉灌注量平均下降 43.31%(18.22%~64.93%)

运动前、后的 ADC 值进行比较, 采用 Pearson 相关分析观察门静脉灌注量的变化与 ADC 值的变化相关性,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。变异系数 (coefficient of variation, CV) 值为标准差与均数的比值。

## 2 结果

志愿者静息状态下平均门静脉灌注量为  $(834 \pm 150)$  ml/min, 运动后门静脉灌注量为  $(473 \pm 147)$  ml/min, 运动后门静脉灌注量平均下降 43.31% (18.22% ~ 64.93%), 见图 2。常规 MR 检查发现 1 名志愿者存在小的肝囊肿 (直径 1.2 cm), 1 名存在无症状胆囊结石, 均不影响 ROI 的选取和测量。

对比不同 b 值的扩散图像发现, 随 b 值上升, 图像信号强度及 SNR 逐渐减低,  $b = 1000$  s/mm<sup>2</sup> 时图像的 SNR 下降明显 (图 3)。表 1 列出了不同 b 值下运动前、后肝右后叶、右前叶 ADC 值的测量结果。当  $b = 500, 750, 1000$  s/mm<sup>2</sup> 时, 肝右后、右前叶静息状态与运动后 ADC 值的差异均无统计学意义; 当  $b = 250$  s/mm<sup>2</sup> 时, 肝右后、右前叶静息状态与运动后的 ADC 值差异均有统计学意义, 此时 ADC 值的降低与门静脉灌注量的降低相关性不大 ( $r = 0.16, P = 0.45$ ;  $r = 0.16, P = 0.46$ )。

## 3 讨论

3.1 肝脏门静脉灌注量的变化及其与 ADC 值变化的相关性 PC MR 技术是一种简单、无创的定量测定血流动力学的方法, 测定门静脉灌注量的技术较为成熟<sup>[9-10]</sup>。肝脏的血流极为丰富, 静息状态下门静脉进

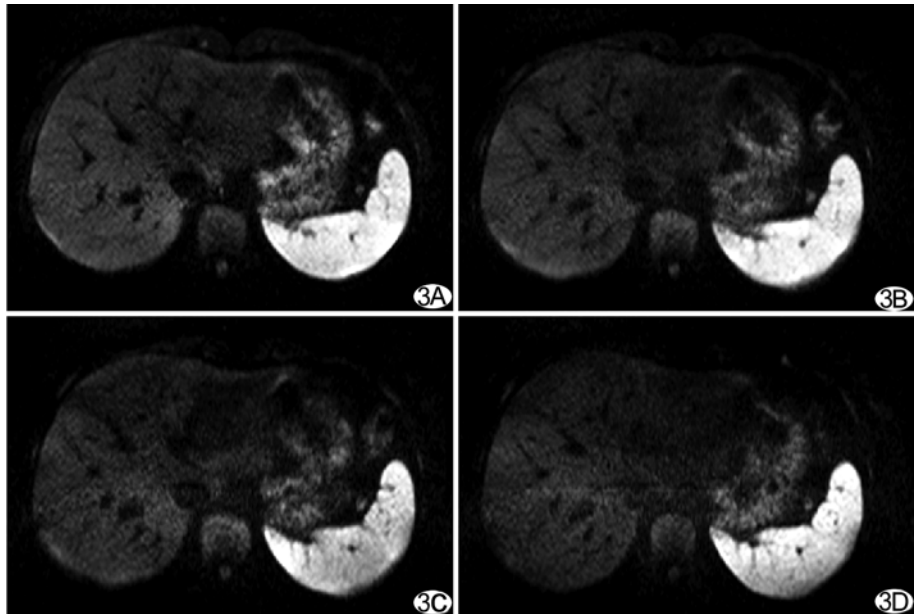


图 3 女, 28 岁 A~D 分别为  $b = 250, 500, 750$  和  $1000$  s/mm<sup>2</sup> 的弥散图像, 随着 b 值升高, 图像的 SNR 逐渐降低, 当  $b = 1000$  s/mm<sup>2</sup> 时图像 SNR 下降最明显

入肝脏的血流量约为 800 ~ 1200 ml/min, 运动后, 交感神经兴奋, 门静脉血流灌注量及肝血窦灌注量均显著下降<sup>[7]</sup>, 以保证肌肉的血运、提高运动能力。本研究中运动后门静脉灌注量较静息状态下降显著 (43.31%), 与文献报道基本相符。在既往研究<sup>[8-9]</sup>中, 以增加门静脉血流量 (标准进食后 1 h) 为条件, 观察到不同 b 值下 ADC 值的变化不统一。本研究采用降低门静脉血流量的方法, 更加贴近 ADC 值所涉及的肝纤维化、肝硬化时肝脏血流灌注减低的模型, 并在运动前统一禁食, 以确保门静脉灌注量处于低水平、相对平稳的状态。

运动后, 当  $b = 500, 750, 1000$  s/mm<sup>2</sup> 时, ADC 值在肝右前叶、右后叶均未观察到明显变化, 因此无需进一步讨论 ADC 值的变化与门静脉灌注量的相关性;  $b = 250$  s/mm<sup>2</sup> 时 ADC 值明显下降, 此时肝右前叶、右

表 1 不同 b 值下静息状态、运动后的肝右后叶、右前叶的 ADC 值

b 值 (s/mm <sup>2</sup> )	肝右叶	平均 ADC 值 ( $\times 10^{-3}$ mm <sup>2</sup> /s)		CV (%)		静息状态与运动后平均 ADC 值比较的 t 值、P 值
		静息状态	运动后	静息状态	运动后	
1000	后叶	1.21 ± 0.13	1.19 ± 0.09	10.74	7.56	$t = 0.38, P = 0.71$
	前叶	1.24 ± 0.12	1.26 ± 0.11	9.68	8.73	$t = 1.45, P = 0.16$
750	后叶	1.44 ± 0.11	1.40 ± 0.10	7.64	7.14	$t = 1.69, P = 0.11$
	前叶	1.51 ± 0.14	1.47 ± 0.12	9.27	8.16	$t = 1.12, P = 0.27$
500	后叶	1.64 ± 0.19	1.57 ± 0.13	11.59	8.28	$t = 1.78, P = 0.09$
	前叶	1.69 ± 0.26	1.62 ± 0.19	15.38	11.73	$t = 1.94, P = 0.07$
250	后叶	2.32 ± 0.33	2.14 ± 0.32	14.22	14.95	$t = 2.70, P = 0.01$
	前叶	2.70 ± 0.52	2.13 ± 0.37	19.26	17.37	$t = 10.22, P < 0.01$

后叶 ADC 值的降低与门静脉灌注量的降低无相关性。这一方面可能与运动时肝内血流变化的复杂性有关:运动后除门静脉血流量下降外,肝动脉、下腔静脉分支、胆道系统对 ADC 值的影响不容忽视<sup>[4]</sup>,仅用门静脉灌注量的变化评价整个肝实质的灌注状态存在偏差;另一方面,ADC 值的下降幅度受 b 值的大小、测量位置不同等因素影响,其与门静脉灌注量下降的线性关系是否存在值得商榷。

3.2 b 值的大小与 ADC 值、CV 值变化的关系 在肝脏疾病的研究中,目前 b 值多选择 100~1000 s/mm<sup>2</sup>,低 b 值比较适合肝脏的回波时间(echo time, TE),具有良好的 SNR,但其在很大程度上反映组织或病变的血液灌注状态<sup>[11-13]</sup>,当 b = 250 s/mm<sup>2</sup> 时,无论增加<sup>[8-9]</sup>或降低门静脉灌注量都会对 ADC 值产生较大影响。随着 b 值逐渐升高,真实的水分子扩散运动对 DWI 信号影响逐渐加重,ADC 值所反映的主要是组织内水分子的布朗运动,接近真实的扩散值,即由水分子布朗运动产生的弥散系数<sup>[14]</sup>。b ≥ 500 s/mm<sup>2</sup> 时可有效控制门静脉血流灌注对肝脏 ADC 值的影响,然而 b 值过大(b = 1000 s/mm<sup>2</sup>)导致 SNR 降低,图像质量明显下降。因此,笔者认为 b 值取 500~1000 s/mm<sup>2</sup> 较合适,其中 b = 750 s/mm<sup>2</sup> 时运动前、后的 ADC 值差异性最小,且不牺牲图像的 SNR。笔者既往曾采用进食作为增加门静脉灌注量的条件,发现 b = 500 s/mm<sup>2</sup> 时肝右前叶 ADC 值的变化受门静脉灌注量增加的影响<sup>[8]</sup>;此次降低门静脉灌注量未发现肝右前叶 ADC 值发生显著变化,这与本研究中志愿者运动前均处于禁食状态,门静脉灌注量处于平稳、偏低水平有关。

CV 值反映组内数据的离散程度。由表 1 可见,b = 250 s/mm<sup>2</sup> 时,如不考虑肝叶或运动状态的因素,其 CV 值明显高于其他 b 值的 CV 值,说明低 b 值时任何微小的随机误差都会对 ADC 值的测量造成影响,组内 ADC 值有很大的波动。随着 b 值增加,CV 值先逐渐减小,当 b = 750 s/mm<sup>2</sup> 时 CV 值最小,b 值增加到 1000 s/mm<sup>2</sup> 时 CV 值反而略有增加,这可能与图像 SNR 下降带来的测量误差有关。因此,b = 750 s/mm<sup>2</sup> 时组内 ADC 值离散程度最小,数据最稳定。此外,在不考虑 b 值大小的前提下,CV 值在总体上还满足肝右前叶略大于右后叶的规律,这说明在肝右后叶测量 ADC 值可能较前叶略有优势,但这种优势无统计学差异。

3.3 本研究的局限性 本研究样本量较小,未能揭示

门静脉血流的改变量与低 b 值下肝脏 ADC 值变化的相关性,同时对许多影响门静脉灌注量的因素如年龄、体质量等未加考虑。目前认为肝脏 b 值的选择在 750 s/mm<sup>2</sup> (500~1000 s/mm<sup>2</sup> 之间)较为合适,但本研究中 b 值选择跳跃性较大,尚需进一步讨论 b 值在 0~1000 s/mm<sup>2</sup> 之间连续变化时 ADC 值的改变情况。

### [参考文献]

- [1] Taouli B, Tolia AJ, Losada M, et al. Diffusion-weighted MRI for quantification of liver fibrosis: Preliminary experience. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189(4):799-806.
- [2] Do RK, Chandarana H, Felker E, et al. Diagnosis of liver fibrosis and cirrhosis with diffusion-weighted imaging: Value of normalized apparent diffusion coefficient using the spleen as reference organ. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 195(3):671-676.
- [3] Watanabe H, Kanematsu M, Goshima S, et al. Staging hepatic fibrosis: comparison of gadoxetate disodium-enhanced and diffusion-weighted MR imaging—preliminary observations. *Radiology*, 2011, 259(1):142-150.
- [4] Hollingsworth KG, Lomas DJ. Influence of perfusion on hepatic MR diffusion measurement. *NMR Biomed*, 2006, 19(2): 231-235.
- [5] Fujimoto K, Tonan T, Azuma S, et al. Evaluation of the mean and entropy of apparent diffusion coefficient values in chronic hepatitis C: Correlation with pathologic fibrosis stage and inflammatory activity grade. *Radiology*, 2011, 258(3):739-748.
- [6] Yzet T, Bouzerar R, Allart JD, et al. Hepatic vascular flow measurements by phase contrast MRI and Doppler echography: A comparative and reproducibility study. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 31(3):579-588.
- [7] 李伟,张群.对长跑运动员运动后肝脏血流动力学研究.哈尔滨师范大学自然科学学报,1999,15(4):109-112.
- [8] 石喻,郭启勇,王晓明.肝脏血流灌注对 MR 表观扩散系数影响的初步研究.中国临床医学影像杂志,2007,18(8):540-543.
- [9] 白若冰,郭启勇,杨京川,等.儿童肝脏门静脉血流灌注对 MR 表观扩散系数的影响.中国医学影像技术,2010,26(5):889-892.
- [10] Yzet T, Bouzerar R, Allart JD, et al. Hepatic vascular flow measurements by phase contrast MRI and Doppler echography: A comparative and reproducibility study. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 31(3):579-588.
- [11] Boulanger Y, Amara M, Lepanto L, et al. Diffusion weighted MR imaging of the liver of hepatitis C patients. *NMR Biomed*, 2003, 16(3):132-136.
- [12] Koinuma M, Ohashi I, Hanafusa K, et al. Apparent diffusion coefficient measurements with diffusion-weighted magnetic resonance imaging for evaluation of hepatic fibrosis. *J Magn Reson Imaging*, 2005, 22(1):80-85.
- [13] Girometti R, Furlan A, Esposito G, et al. Relevance of b-values

in evaluating liver fibrosis: A study in healthy and cirrhotic subjects using two single-shot spin-echo echo-planar diffusion-weighted sequences. J Magn Reson Imaging, 2008, 28(2):411-419.

[14] Taouli B, Chouli M, Martin AJ, et al. Chronic hepatitis: Role of diffusion-weighted imaging and diffusion tensor imaging for the diagnosis of liver fibrosis and inflammation. J Magn Reson Imaging, 2008, 28(1):89-95.

## Transvaginal color Doppler ultrasonic diagnosis of cesarean scar pregnancy: Case report 经阴道彩色多普勒超声诊断剖宫产 瘢痕妊娠 1 例

赵新美, 吴春燕

(南京医科大学附属无锡市人民医院超声医学科, 江苏 无锡 214023)

[Key words] Pregnancy, ectopic; Ultrasonography, Doppler, color

[关键词] 妊娠, 异位; 超声检查, 多普勒, 彩色

[中图分类号] R714.22; R445.1 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2012)04-0726-01

患者女, 32 岁, 孕 3 产 2。主因“停经 49 天、阴道流血 4 天”就诊。既往有 2 次剖宫产史。血  $\beta$ -HCG 为 776.32 mIU/ml。妇科检查: 宫体正常大小, 无压痛, 宫颈无异常, 双侧附件无压痛及包块。阴道超声: 子宫体 51 mm  $\times$  44 mm  $\times$  49 mm, 内膜厚 5 mm, 子宫前壁峡部见 5 mm  $\times$  4 mm  $\times$  3 mm 妊娠囊样暗区(图 1A), 内未见卵黄囊。暗区外缘距子宫浆膜面 3 mm, 周边见较丰富血流信号, 可测及动脉频谱(图 1B), 动脉峰值流速 7.3 cm/s, 阻力指数 0.52。宫颈内外口紧闭。超声提示: 剖宫产瘢痕妊娠。予药物保守治疗, 隔日肌注氨甲蝶呤 50 mg, 共 3 次。6 天后复查血  $\beta$ -HCG 为 1199.00 mIU/ml。阴道超声见峡部妊娠囊样暗区增大至 7 mm  $\times$  6 mm  $\times$  4 mm, 内仍未见卵黄囊及胚芽。次日口服米索前列醇后刮宫, 吸刮出少量内膜, 有直径 4 mm 的囊样结构。术后病理: 子宫内膜分泌期样改变, 偶见绒毛组织。复查阴道超声, 妊娠囊样暗区消失。血  $\beta$ -HCG 降至 40.87 mIU/ml。

**讨论** 剖宫产瘢痕妊娠是罕见的异位妊娠, 也是剖宫产术后并发症之一。病因主要与术后子宫内膜损伤, 子宫切口瘢痕裂开及孕卵运行过快有关。若诊断延误或处理不当, 可致子宫

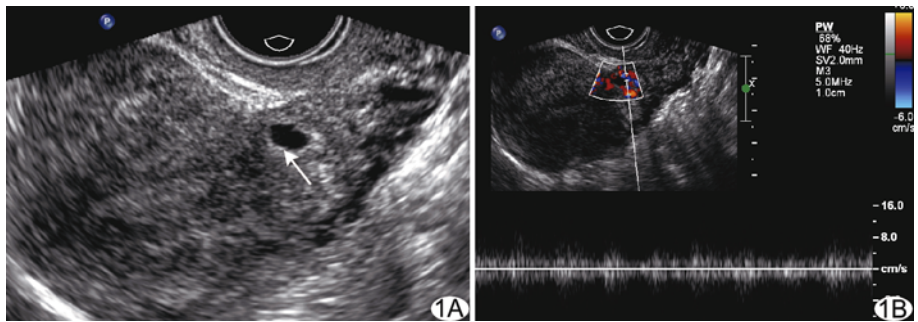


图 1 阴道超声声像图 子宫前壁峡部妊娠囊样暗区(箭), 其外缘距子宫浆膜面 3 mm(A); 妊娠囊样暗区周边见较丰富的血流信号, 可测及动脉频谱(B)

穿孔和腹腔大出血。剖宫产瘢痕早期妊娠的诊断标准如下: 宫腔及宫颈管内无妊娠囊; 妊娠囊生长在子宫峡部前壁, 膀胱与妊娠囊之间肌壁薄弱。

本病需与以下疾病相鉴别: ①难免流产: 妊娠囊位置低下、变形, 囊壁回声不均, 无彩色血流信号; ②不全流产: 残留物形态不规则, 回声较高且不均, 附着于肌层处可见血流信号, 并可测得低阻动脉血流频谱; ③子宫颈妊娠: 子宫颈膨大, 明显大于宫体, 内口关闭, 胎物不超过内口; 颈管内见变形的妊娠囊, 宫颈肌层内见丰富血流; ④绒毛膜癌: 子宫肌壁增厚, 见局灶性或弥漫性点状强回声或斑片状回声与大小不等无回声区间杂的蜂窝样病灶, CDFI 见极丰富的血流信号, 有时难以区分, 应结合临床表现及 HCG 综合判断。对停经后阴道不规则流血、超声发现孕囊在子宫下段, 且有剖宫产史者, 需高度怀疑瘢痕妊娠。

[作者简介] 赵新美(1972—), 女, 江苏无锡人, 学士, 副主任医师。

E-mail: xmz206@sina.com

[收稿日期] 2011-12-13 [修回日期] 2011-12-29