

Application of ADC value of renal cortex and medulla in staging chronic kidney disease

LI Qiong¹, ZHANG Quan², SUN Hao-ran², BAI Ren-ju^{2*}

(1. Department of Radiology, Tianjin Nankai Hospital, Tianjin 300100, China; 2. Department of Radiology, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China)

[Abstract] **Objective** To explore the differential diagnostic value of ADC of renal cortex and medulla in staging chronic kidney disease (CKD) with DWI. **Methods** Fifty-two patients with CKD (including 23 with minor CKD and 29 with moderate/severe CKD) as well as 27 healthy volunteers (normal control group) were included. All subjects received conventional MR and DWI examinations with multiple b values including 50, 100, 500 and 1000 s/mm². The ADC values of cortex and medulla in kidney with each b value were measured respectively and analyzed. The ADC values of cortex and medulla were compared among control group, minor CKD group and moderate/severe CKD group. ROC analysis was performed to evaluate the value of ADC on differential diagnosis of CKD. **Results** ADC values of cortex and medulla went down in turn among normal control group, minor CKD group and moderate/severe CKD group ($P < 0.05$) with all b values. The most significant differences of ADC₁₀₀₀ values of cortex and medulla were found between normal control group and minor CKD group, as well as minor CKD group and severe CKD group (both $P < 0.001$). The cutoff value, sensitivity and specificity of medullary ADC₁₀₀₀ values for differentiating control group and minor CKD group were 1.82×10^{-3} mm²/s, 69.60% and 100%, respectively, while those of cortical ADC values for differentiating minor CKD group and moderate/severe CKD group were 1.82×10^{-3} mm²/s, 65.50% and 82.60%, respectively. **Conclusion** Water diffusion changes of kidney in patients with CKD could be reflected by DWI. The cortical and medullary ADC values are helpful for staging CKD.

[Key words] Kidney diseases; Diffusion magnetic resonance imaging

肾脏皮、髓质 ADC 在慢性肾脏病分期中的应用

李 琼¹, 张 泉², 孙浩然², 白人驹^{2*}

(1. 天津市南开医院放射科, 天津 300100; 2. 天津医科大学总医院放射科, 天津 300052)

[摘要] **目的** 应用 DWI 技术探讨 ADC 对不同分期慢性肾脏病(CKD)的鉴别诊断价值。**方法** 临床确诊的 52 例 CKD 患者[包括轻度损害组(23 例)和中、重度损害组(29 例)]及 27 名健康志愿者(正常对照组),均接受 MR 常规检查和 DWI, b 值分别取 50、100、500、1000 s/mm², 定量测量各组肾脏皮、髓质的 ADC 值并进行统计学分析, 观察各组肾脏 ADC 值的差异, 以 ROC 曲线评价 ADC 值的鉴别诊断价值。**结果** 各 b 值下正常对照组、轻度损害组和中、重度损害组肾脏皮、髓质 ADC 值均依次降低($P < 0.05$), 以皮、髓质 ADC₁₀₀₀ 值在正常对照组与轻度损害组之间、轻度损害组与中、重度损害组之间的差异最显著(P 均 < 0.001)。b 值为 1000 s/mm² 时, 以肾脏髓质 ADC 值区分正常对照组与轻度损害组的最佳诊断阈值为 1.82×10^{-3} mm²/s, 敏感度和特异度分别为 69.60%、100%; 以肾脏皮质 ADC 值区分轻度损害组与中、重度损害组的最佳诊断阈值为 1.82×10^{-3} mm²/s, 敏感度和特异度分别为 65.50%、82.60%。**结论** DWI 可以反映 CKD 患

[基金项目] 天津市自然科学基金面上项目(08JCYBJC07900)。

[作者简介] 李琼(1984—), 女, 山西晋城人, 博士, 医师。研究方向: 腹部影像诊断。E-mail: liqiong.tj@gmail.com

[通讯作者] 白人驹, 天津医科大学总医院放射科, 300052。E-mail: cjr.bairenju@vip.163.com

[收稿日期] 2011-08-08 **[修回日期]** 2011-11-05

者肾脏皮、髓质水分子扩散运动的变化,测量肾脏皮、髓质 ADC 值有助于对 CKD 患者进行分期。

[关键词] 肾脏病;扩散磁共振成像

[中图分类号] R692; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2012)04-0751-05

慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)已成为全球性公共卫生问题,早期诊断和及时治疗能够有效降低终末期肾病的发生率,改善患者预后^[1-2]。DWI 是一种无创性检查,可从分子水平反映人体组织的空间结构信息,敏感地探测生理及病理状态下组织中水分子的扩散程度及其变化^[3]。本研究应用 DWI 技术探讨 ADC 值对不同分期 CKD 的鉴别诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2010 年 3 月—2011 年 1 月在本院肾内科就诊的 CKD 患者 52 例,其中男 36 例,女 16 例,年龄 20~76 岁,平均(44.1±16.2)岁;根据美国肾脏病基金会颁布的肾脏病患者生存质量指导(kidney disease outcomes quality initiative, K-DOQI)中关于慢性肾脏病的定义及分期标准^[4],将 52 例患者分为 CKD 1、2 期(轻度损害组,23 例)和 CKD 3~5 期(中、重度损害组,29 例)。同期选取 27 名健康志愿者为正常对照组,其中男 15 名,女 12 名,年龄 22~67 岁,平均(39.3±12.3)岁;纳入标准包括无肾病、高血压和糖尿病病史、近 1 年血清肌酐水平及尿常规检查正常。所有受试者均签署知情同意书,于检查前 1 h 内禁食,饮水不超过 300 ml,检查前 2 h 内停止服用药物。

1.2 MR 检查 采用 GE HD-X 3.0T 超导型磁共振仪,HD Cardiac 线圈。对所有受试者行常规 MR 平扫及 DWI 检查。DWI 检查采用单次激发平面回波序列,并行空间采集技术,冠状位扫描,b 值分别取 50、100、500、1000 s/mm²,同时在 x、y、z 轴 3 个方向上施加扩散敏感梯度脉冲,TR 1000 ms,TE 39.3~68.1 ms,NEX 5,矩阵 96×128,带宽±250 kHz,FOV

28~32 cm,层厚 6.0 mm,间隔 1.0 mm,加速因子 2,在双肾范围施加 shim FOV 24 cm,单次屏气 21 s 扫描,获得以肾门水平为中心的 5~12 层图像,扫描范围覆盖双肾及肾上腺。

1.3 图像分析 采用 AW 4.3 工作站 Functool 4.5.5 软件对 DWI 图像进行后处理,由工作站自动生成 ADC 图,观察各 b 值下正常对照组及 CKD 患者肾脏 DWI 及 ADC 图信号表现,测量双侧肾脏皮质及髓质的 ADC 值。在各 b 值相应的 DWI 图像上设置 ROI;以 b=0 时的 DWI 图像为参照,避开肾脏边缘及皮、髓质分界以自由曲线法勾画皮质 ROI,大小约为 87~267 mm²,避开肾柱及肾血管设置 3 个椭圆形髓质 ROI,大小约为 10~13 mm²,选取肾门水平的 2~3 个层面进行测量,求得平均值作为每侧肾脏皮质及髓质的 ADC 值(图 1)。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 11.5 统计软件包,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。应用配对 t 检验分析正常对照组左、右肾之间,皮、髓质之间 ADC 值的差异,应用单因素方差分析比较三组之间皮质及髓质 ADC 值的差异,两两比较采用 LSD 法,应用 ROC 曲线分析皮质及髓质 ADC 值的鉴别诊断效能。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正常对照组双肾皮、髓质 ADC 值 在各 b 值下,正常对照组左右侧肾皮质之间、髓质之间 ADC 值差异均无统计学意义(P 均>0.05),故将左、右肾数据合并,取其平均值作为正常对照组各 b 值下皮质及髓质的 ADC 值。

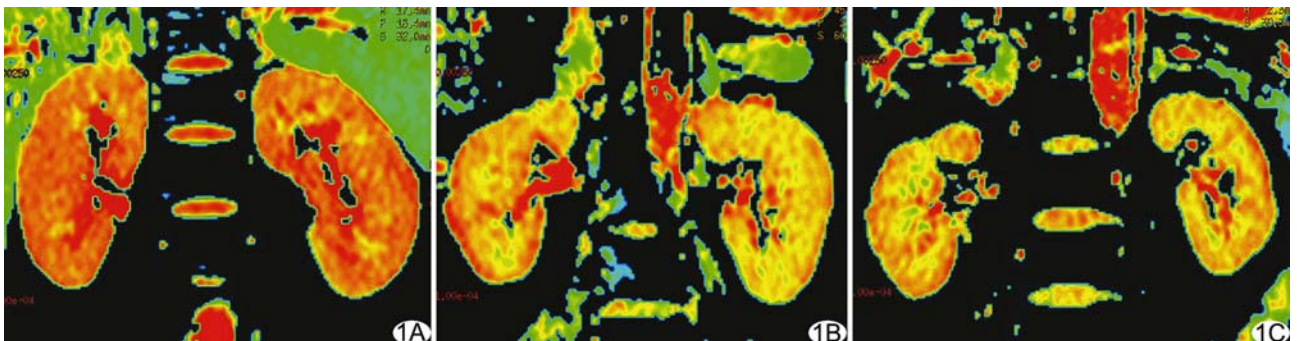


图 1 ADC₁₀₀₀图 A. 正常对照组,皮质主要呈以红色为主的红黄色区域,髓质主要呈以黄色为主的黄红色区域; B. 轻度损害组,皮质主要以黄红色区域为主,髓质主要以黄色区域为主; C. 中、重度损害组,皮质主要以黄红色区域为主,髓质主要以黄绿色区域为主

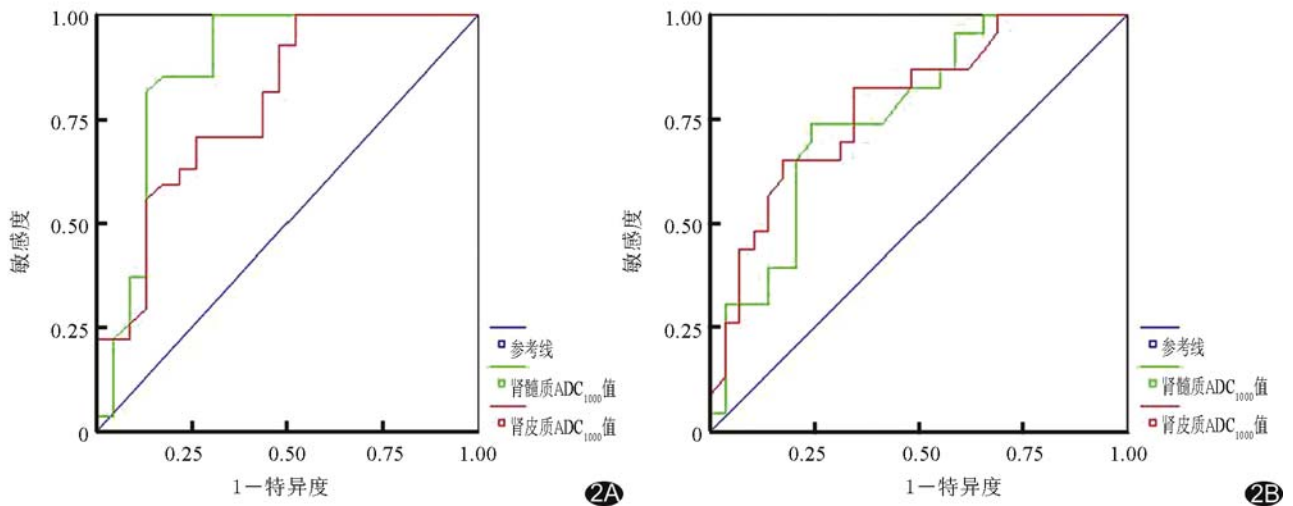


图 2 皮质、髓质 ADC₁₀₀₀ 值 ROC 曲线 A. 正常对照组与轻度损害组; B. 轻度损害组与中、重度损害组

b 值为 50 s/mm² 时,皮质与髓质之间的 ADC 值无统计学差异,而 b 值为 100、500、1000 s/mm² 时,皮质 ADC 值均大于髓质(P 均<0.001,表 1)。

2.2 各组间肾脏皮、髓质 ADC 值比较 轻度损害组、中、重度损害组患者肾脏皮、髓质 ADC 值以其左、右肾 ADC 值的平均值来代表。b 值不同时,正常对照组、轻度损害组和中、重度损害组 3 组间皮、髓质 ADC 值均存在显著差异(P 均<0.001,表 2)。b 值为 50、100、500、1000 s/mm² 时,正常对照组、轻度损害组和中、重度损害组的皮质及髓质 ADC 值依次降低(P 均<0.05),其中以皮、髓质 ADC₁₀₀₀ 值在两两间比较差异最显著(P 均<0.001)。

2.3 肾脏皮、髓质 ADC 值的鉴别诊断效能 鉴别正常对照组与轻度损害组时,髓质 ADC₁₀₀₀ 值的 ROC 曲线下面积(A_z)大于皮质,其诊断效能较高;鉴别轻度损害组与中、重度损害组时,皮质 ADC₁₀₀₀ 值的 ROC A_z 大于髓质,其诊断效能较高,通过计算 Youden 指数确定最佳诊断阈值(表 3,图 2)。

3 讨论

3.1 肾脏 DWI 基础 DWI 通过检测梯度磁场内水分

表 1 各 b 值下正常对照组皮、髓质之间 ADC 值比较

b 值(s/mm ²)	ADC 值(10 ⁻³ mm ² /s, $\bar{x} \pm s$)		t 值	P 值
	皮质	髓质		
50	4.01±0.11	3.98±0.17	1.56	0.13
100	3.72±0.28	3.52±0.41	6.10	<0.001
500	2.60±0.26	2.39±0.26	11.80	<0.001
1000	2.10±0.12	1.97±0.09	11.06	<0.001

表 3 皮、髓质 ADC₁₀₀₀ 值的 ROC 曲线分析

参数	皮质 ADC ₁₀₀₀		髓质 ADC ₁₀₀₀	
	正常对照组 与轻度 损害组	轻度损害组 与中、重度 损害组	正常对照组 与轻度 损害组	轻度损害组 与中、重度 损害组
	A _z	0.786	0.786	0.871
P 值	0.001	<0.001	<0.001	0.001
阈值	2.04	1.82	1.82	1.71
敏感度(%)	73.90	65.50	69.60	75.90
特异度(%)	70.40	82.60	100	73.90

子扩散运动的方向和程度,间接反映组织微观结构的改变,能够在疾病早期先于形态学改变检测出组织水分子扩散运动变化^[3]。肾脏功能与水分子的转运

表 2 b 取值不同时,各组皮质及髓质 ADC 值比较(10⁻³ mm²/s, $\bar{x} \pm s$)

组别	ADC ₅₀		ADC ₁₀₀		ADC ₅₀₀		ADC ₁₀₀₀	
	皮质	髓质	皮质	髓质	皮质	髓质	皮质	髓质
正常对照组	4.01±0.11	3.98±0.17	3.72±0.28	3.52±0.41	2.60±0.26	2.39±0.26	2.10±0.12	1.97±0.09
轻度损害组	3.77±0.23	3.52±0.46	3.22±0.29	2.77±0.35	2.37±0.20	2.12±0.19	1.94±0.15	1.78±0.14
中、重度损害组	3.62±0.36	3.23±0.53	2.93±0.43	2.51±0.45	2.13±0.24	1.93±0.23	1.76±0.17	1.63±0.16

注:ADC₅₀、ADC₁₀₀、ADC₅₀₀、ADC₁₀₀₀分别为 b=50、100、500、1000 s/mm² 时测得的 ADC 值

密切相关,因此,应用 DWI 测量肾脏水分子的扩散特性有助于获得与肾功能相关的有价值信息,从而有利于检测各种疾病引起的肾脏功能损害。

肾脏皮质和髓质之间的血流量、解剖结构和生理功能存在明显差异,可能导致其 ADC 值有所差异^[5]。因此,早期肾脏 DWI 研究中选取全肾 ROI 测量 ADC 值的方法可能是不恰当的,应该分别测量皮质和髓质的 ADC 值。大多数研究^[6-8]表明,正常肾皮质 ADC 值显著大于髓质,原因可能在于皮质的血流灌注更为丰富。本研究发现,b 值为 50 s/mm² 时,正常肾脏皮、髓质 ADC 值之间差异无统计学意义,可能是由于此时微循环灌注在 ADC 值中所占比例较大,而皮质内的血流灌注及髓质内的小管液流动形成的微循环灌注相近;b 值为 100、500、1000 s/mm² 时,正常肾皮质 ADC 值均大于髓质,与既往研究^[6]结果近似,考虑可能与皮质血流量丰富,且髓质内放射状排列的小管结构限制了水分子扩散有关。

3.2 肾脏皮、髓质 ADC 值在 CKD 分期中的应用价值

病理学上,CKD 受损肾脏均出现不同程度的肾小球损伤及小管间质损害,包括肾小球硬化、肾间质纤维化、肾小管萎缩等,导致肾小球滤过率降低,球后毛细血管灌注及肾小管内液体流量减少、间质纤维化、肾小管萎缩联合作用,可影响肾脏内水分子扩散及微循环灌注^[9]。一些国内外学者对 CKD 患者进行 DWI 研究,结果均表明 CKD 患者肾脏 ADC 值较正常肾脏降低,但大多数研究^[9-11]因图像分辨率较低而仅进行了全肾 ADC 值测量,未能进一步区分 CKD 肾脏皮质及髓质各自的改变。

本研究选取 50、100、500、1000 s/mm² 共 4 组 b 值,分别测量肾脏皮、髓质 ADC 值,发现正常对照组左、右肾之间皮、髓质 ADC 值差异无统计学意义,表明正常情况下双肾之间水分子扩散特性不存在明显差别,故取左、右肾 ADC 的均值为正常肾脏皮、髓质的 ADC 值。b 值不同时,CKD 患者的肾脏皮、髓质 ADC 值均低于正常对照组,且中、重度损害组的皮、髓质 ADC 值低于轻度损害组,提示 CKD 肾脏病理损害导致的微结构改变影响了肾脏水分子扩散的程度,使肾脏皮、髓质 ADC 值降低,且肾脏损害程度越重,ADC 值越小。国内外研究^[9,11-12]发现,CKD 患者肾脏的 ADC 值与 CKD 分期、血清肌酐水平、肾小球滤过率、间质纤维化程度显著相关,即 ADC 值变化能够间接反映 CKD 肾脏结构和功能改变。本研究中,b 值不同时,3 组间两两比较,以皮、髓质 ADC₁₀₀₀ 的差异最为显

著,推测其原因,可能是随着 b 值增大,探测水分子扩散运动更为敏感,所测量的 ADC 值更接近水分子的真实扩散系数,而受微循环灌注的影响较小,使测量数据趋于稳定,这与既往研究^[13]结论一致。本研究结果显示,皮质及髓质 ADC₁₀₀₀ 值对诊断 CKD、不同分期 CKD 的鉴别均具有一定诊断效能,在鉴别正常对照组和轻度损害组时,髓质 ADC₁₀₀₀ 值的 Az 越大,诊断效能越高,其最佳阈值为 1.82×10^{-3} mm²/s,敏感度和特异度分别为 69.60% 和 100%;而在鉴别轻度损害组与中、重度损害组时,皮质 ADC₁₀₀₀ 值的 Az 越大,诊断效能越高,其最佳阈值为 1.82×10^{-3} mm²/s,敏感度和特异度分别为 65.50% 和 82.60%。

总之,肾脏 ADC 值能够较准确地反映 CKD 患者肾脏水分子扩散运动的受限程度,是区分健康人和 CKD 患者、轻度和中、重度 CKD 患者的有效指标,有助于 CKD 患者的早期诊断和分期。

[参考文献]

- [1] 王海燕.慢性肾脏病(CKD)现状、争议与研究前景.中华保健医学杂志,2010,12(2):81-82.
- [2] Perico N, Codreanu I, Schieppati A, et al. Prevention of progression and remission/regression strategies for chronic renal diseases: Can we do better now than five years ago? *Kidney Int Suppl*, 2005(98):S21-S24.
- [3] Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: Applications and challenges in oncology. *AJR Am J Roentgenol*, 2007,188(6):1622-1635.
- [4] National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: Evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis*, 2002,39(2 Suppl 1):S1-S266.
- [5] 黎磊石,刘志红.中国肾脏病学(下册).北京:人民军医出版社,2008:1077-1094.
- [6] Thoeny HC, De Keyzer F, Oyen RH, et al. Diffusion-weighted MR imaging of kidneys in healthy volunteers and patients with parenchymal diseases: Initial experience. *Radiology*, 2005,235(3):911-917.
- [7] Yang D, Ye Q, Williams DS, et al. Normal and transplanted rat kidneys: Diffusion MR imaging at 7 T. *Radiology*, 2004,231(3):702-709.
- [8] Liu AS, Xie JX. Functional evaluation of normothermic ischemia and reperfusion injury in dog kidney by combining MR diffusion-weighted imaging and Gd-DTPA enhanced first-pass perfusion. *J Magn Reson Imaging*, 2003,17(6):683-693.
- [9] Xu X, Fang W, Ling H, et al. Diffusion-weighted MR imaging of kidneys in patients with chronic kidney disease: Initial study. *Eur Radiol*, 2010,20(4):978-983.

- [10] 许玉峰, 王霄英, 蒋学祥. 磁共振扩散加权成像对肾脏应用价值的初步研究. 中国医学影像技术, 2005, 21(12):1848-1851.
- [11] Xu Y, Wang X, Jiang X. Relationship between the renal apparent diffusion coefficient and glomerular filtration rate: Preliminary experience. J Magn Reson Imaging, 2007, 26(3):678-681.
- [12] 朱捷, 周翔平, 刘荣波, 等. 磁共振扩散加权成像检测值与肾间质纤维化程度相关关系的研究. 四川大学学报: 医学版, 2008, 39(6):992-995.
- [13] 辛仲宏, 郭顺林, 周怀琪, 等. MR 表观扩散系数评价原发性肾小球肾炎患者肾脏功能. 实用放射学杂志, 2008, 24(11):1512-1515.

Echocardiographic diagnosis of acute myocardial infarction complicated with ventricular septal perforation: Case report

超声心动图诊断急性心肌梗死并室间隔穿孔 1 例

丁 慧, 刘 平

(中国人民解放军第 22 医院门诊部超声室, 青海 格尔木 816000)

[Key words] Myocardial infarction; Perforation; Ultrasonography

[关键词] 心肌梗死; 穿孔; 超声检查

[中图分类号] R542.2; R540.45 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2012)04-0755-01

患者男, 47 岁, 因“胸前区疼痛 2 h”就诊。查体: 血压 130/100 mmHg, 心浊音界正常, 各瓣膜区未闻及杂音。行溶栓治疗后, 症状无明显缓解。心电图示广泛前壁、下壁急性心肌梗死, 遂予以维持血压治疗。住院第 7 日患者症状明显加重, 第 9 日超声心动图检查示全心增大, 以左心房、左心室增大明显, 心尖四腔切面显示左心室中部横径 5.3 cm, 心尖段横径 6.0 cm; 多切面扫查示左心室前间隔心尖段及前壁中间段、心尖段室壁明显变薄并呈瘤样向外膨出, 瘤基底部宽 5.4 cm, 膨出深度 3.8 cm, 瘤体与左心室腔内见往返血流信号, 前间隔心尖段心肌局部回声中断, 中断范围约 2.0 cm(图 1)。CDFI 于心肌中断处记录到高速左向右为主双向分流(图 2), 分流束宽约 2.3 cm, 分流速度 353 cm/s, 压差 50 mmHg。胸骨旁左心室长轴 M 型超声示左心室射血分数 56%, 缩短分数 29%。考虑: 全心增大; 左心室前间隔及前壁心尖段室壁瘤形成并破裂入右心室。

讨论 室间隔穿孔的发生率为 1%~2%, 为急性心肌梗死

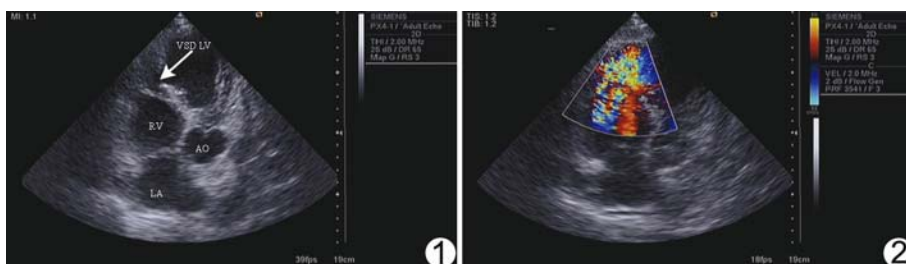


图 1 二维超声显示室间隔连续性中断(箭) (VSD: 房间隔缺损, LA: 左心房, LV: 左心室, RV: 右心室, AO: 主动脉) 图 2 CDFI 见室间隔中断处左向右为主的双向分流

致室间隔缺血坏死、破裂所致, 是急性心肌梗死的严重并发症之一。室间隔穿孔临床表现为患者症状突然加重, 出现严重充血性心力衰竭, 病死率高。其超声表现为肌部室间隔回声中断或呈隧道样缺损, 缺损口边缘不整齐, 大小随心动周期变化, 收缩期增大, 可达舒张期的 2~3 倍; 穿孔附近周围室壁运动异常; 左、右心室扩大; CDFI 可见穿孔处左向右异常分流。室间隔穿孔常发生在急性心肌梗死后 1 周内, 患者多为老年人。但本例患者为中年男性, 年龄相对年轻, 病情加重亦发生于发病后 1 周, 较罕见。超声能及时显示室壁节段性运动异常及外膨、室间隔的回声中断及异常分流束, 且敏感性及特异性均高, 不仅能较准确地评估梗死心肌的范围, 还能较早发现室间隔穿孔的部位及大小、分流速度及方向等, 判断血流动力学改变及其严重程度, 对评定心功能有重要意义, 是诊断心肌梗死并发室间隔穿孔的有效方法。

[作者简介] 丁慧(1979—), 女, 江苏东台人, 本科, 主治医师。

E-mail: 51448316@qq.com

[收稿日期] 2011-10-14 [修回日期] 2011-11-19