

## 改良的血流向量成像技术评价房间隔缺损患者舒张期心室血流流场特征

吴文谦 刘金凤 刘曼薇 王 艺 张 丽 谢明星

**摘要** 目的 应用改良的血流向量成像(VFM)技术评价房间隔缺损(ASD)患者舒张期左、右心室腔内血流流场特征。方法 选取继发孔型 ASD 成人患者 26 例(ASD 组)和健康成人 31 例(对照组),获取两组常规超声参数,以及 VFM 参数,包括左、右心室各节段舒张期峰值流速(Vd)、瞬时正向流量(IQ+)、正向总流量(TQ+)及涡量绝对值,并对其进行比较分析;应用 Bland-Altman 法评估左室基底段 IQ+ 的观察者间及观察者内的差异。结果 两组左室射血分数比较差异无统计学意义;ASD 组左房收缩末期内径、右房收缩末期内径及右室舒张末期内径均大于对照组,左室舒张末期内径小于对照组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。ASD 组左室舒张期 IQ+(基底段及中间段)、TQ+(基底段)均小于对照组,右室舒张期 Vd、IQ+、TQ+(基底段、中间段及心尖段)均明显大于对照组,左室(中间段及心尖段)及右室(基底段、中间段及心尖段)涡量绝对值均大于对照组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。左室基底段 IQ+ 的观察者间及观察者内一致性良好。结论 改良的 VFM 技术是一种无创性评价心腔血流流场特征的有效手段,成人 ASD 患者心室流速、流量及涡量与健康成人存在显著性差异。

**关键词** 超声心动描记术;血流向量成像;房间隔缺损;血流流场

[中图法分类号] R541;R540.45

[文献标识码] A

## Assessment of ventricular diastolic blood flow structure in patients with atrial septal defect by enhanced vector flow mapping

WU Wenqian, LIU Jinfeng, LIU Manwei, WANG Yi, ZHANG Li, XIE Mingxing

Department of Ultrasound, Union Hospital of Tongji College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China

**ABSTRACT Objective** To assess the left and right ventricular diastolic blood flow structure in atrial septal defect(ASD) patients by enhanced vector flow mapping(VFM). **Methods** Twenty-six adult patients with ASD(ASD group) and 31 control subjects(control group) were enrolled in this study. The conventional ultrasonic parameters and VFM parameters, including the left and right ventricular diastolic peak velocity(Vd), diastolic flow(IQ+), diastolic total flow(TQ+) and absolute value of vorticity in apex-mid-basis segment. The inter-observer and intra-observer differences in assessment of IQ+ at basal segment were analyzed by Bland-Altman method. **Results** The left ventricular ejection fraction of ASD group showed no difference compared with that of control group. Left atrium end-systolic diameter, right atrium end-systolic diameter and right ventricular end-diastolic diameter of ASD group were higher than those of control group, while left ventricular end-diastolic diameter was lower than that of control group(all  $P < 0.05$ ). The left ventricular diastolic IQ+(basal and apical segment), TQ+(basal segment) of ASD group were lower than those of the control group(all  $P < 0.05$ ), while right ventricular diastolic Vd, IQ+ and TQ+(basal mid and apical segment) were higher compared with the control group(all  $P < 0.05$ ). The left ventricular vorticity(mid and apical segment) and right ventricular vorticity(basal mid and apical segment) of ASD group were higher than those in control group(all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The blood flow velocity and vorticity of the left and right ventricle are different between adult ASD patients and control subjects. Enhanced vector flow mapping is an ideal and noninvasive method to evaluate the hemodynamics of cardiac chambers.

**KEY WORDS** Echocardiography; Vector flow mapping; Atrial septal defect; Blood flow structure

基金项目:湖北省分子影像重点实验室开放基金资助(02.03.2014-30)

作者单位:430022 武汉市,华中科技大学同济医学院附属协和医院超声影像科

通信作者:谢明星, Email:xiemx64@126.com

房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)是临床常见的先天性心脏畸形,准确评价其血流动力学改变及心室功能对于临床选择治疗方案及预后评估具有重要意义。研究<sup>[1-2]</sup>表明,房水平分流会引起心腔内血流动力学的改变,但常规超声仅能测量与声束平行的血流速度,无法准确获得血流的真实速度和方向,难以完整显示心腔内复杂的湍流信息。近年来改良的血流向量成像(vector flow mapping, VFM)技术对原有 VFM 技术进行了一定完善,可更好地对心腔内血流信号进行编码,可视化直观显示心腔内血流流场变化特征。本研究旨在探讨运用改良的 VFM 技术定量评价 ASD 患者心室腔内血流流场变化的应用价值及其临床意义。

## 资料与方法

### 一、研究对象

随机选择 2015 年 1~12 月在我院临床确诊为继发性孔型 ASD 成人患者 26 例(ASD 组),男 12 例,女 14 例,年龄 19~61 岁,平均(37.73±12.20)岁。入选标准:年龄>14 岁且存在左向右分流的继发性孔型 ASD 患者,排除其他先天性心脏病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、瓣膜病、心功能不全及心律失常者。另选同期我院经体格检查、心电图、实验室检查及超声心动图检查均正常的健康志愿者 31 例(对照组),男 17 例,女 14 例,年龄 20~65 岁,平均(42.35±11.45)岁。

### 二、仪器与方法

1.仪器:使用 Aloka Prosound F 75 彩色多普勒超声诊断仪,UST-52105 探头,频率为 1~10 MHz;配备有 VFM 技术及 DAS-RS1 分析软件。

2.图像采集:受检者取左侧卧位,平静呼吸,同步记录心电图。于左室长轴切面测量左房收缩末期内径(LAESD)、左室舒张末期内径(LVEDD);心尖四腔切面获取右房收缩末期内径(RAESD)、右室舒张末期内径(RVEDD);剑突下切面测量 ASD 最大内径;应用 Simpson's 双平面法测量左室射血分数(LVEF)。心尖四腔观采集 3 个完整心动周期的彩色动态血流图像,彩色帧频 25 帧/s 左右,将彩色多普勒脉冲重复频

率调至无混叠,储存后待脱机分析。

3.图像分析:将原始数据导入 DAS-RS1 工作站,进入 VFM 成像模式,选定心电图 R-R 波顶点为一个完整的心动周期,逐帧仔细勾画左、右室心内膜边界,系统自动对心室腔内血流信号进行追踪。选取舒张期左室二尖瓣口至心尖、右室三尖瓣口至心尖血流充盈最饱满的时相进行分析。将心腔均分为 3 等份,置取样线与室壁垂直,获得 3 个心动周期各节段的速度曲线、血流量曲线及时间-流量曲线。记录各节段舒张期峰值流速(Vd)、瞬时正向流量(IQ+)及一个心动周期内舒张期总正向流量(TQ+);并获取左、右心室 3 个节段最密集处涡流的涡量,取其绝对值。

4.重复性检验:随机抽取 20 例 ASD 组和对照组患者,由两名同资历的检查者采用同样方法对这 20 例研究对象进行分析以比较观察者间的一致性;其中同一观察者 2 周后重复分析,比较观察者内的一致性。

### 三、统计学处理

应用 SPSS 17.0 统计软件,所有符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,两组比较行独立样本 *t* 检验;组内各节段参数比较采用单因素方差分析。一致性检验采用 Blant-Altman 分析法。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、两组临床资料及常规超声心动图参数比较

ASD 组与对照组间年龄、性别、体表面积、血压及 LVEF 比较差异无统计学意义;ASD 组缺损大小为(20.15±10.44)mm。ASD 组 LAESD、RAESD 及 RVEDD 均大于对照组,LVEDD 小于对照组,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。见表 1。

### 二、两组 VFM 基本流参数比较

1.组内比较:两组组内左、右心室 Vd、IQ+ 及 TQ+ 值自基底段、中间段、心尖段均呈递减的趋势,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。

2.组间比较:ASD 组左室 IQ+(基底段及中间段)、TQ+(基底段)均小于对照组,右室 Vd、IQ+、TQ+(基底

表 1 两组一般情况及常规超声心动图指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

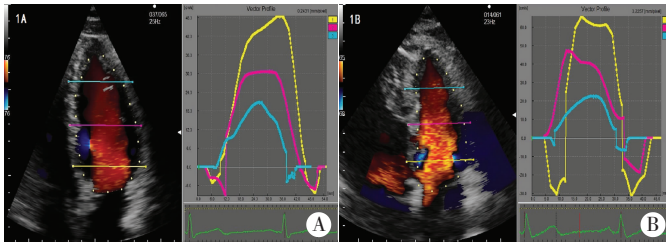
| 组别         | 年龄(岁)       | BSA(kg/m <sup>2</sup> ) | SBP(mm Hg)   | DBP(mm Hg) | LAESD(mm)  | LVEDD(mm)  | RAESD(mm)  | RVEDD(mm)  | LVEF(%)    |
|------------|-------------|-------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ASD 组      | 37.73±12.20 | 1.65±0.02               | 123.19±13.89 | 77.92±8.21 | 36.65±9.11 | 41.12±4.92 | 49.96±9.84 | 47.12±7.66 | 65.81±6.69 |
| 对照组        | 42.35±11.45 | 1.64±0.03               | 118.10±9.71  | 76.09±7.68 | 30.94±2.82 | 45.58±3.30 | 34.58±2.46 | 34.29±3.60 | 66.32±3.35 |
| <i>t</i> 值 | 1.474       | -0.470                  | 1.620        | 0.866      | 3.312      | -4.079     | 8.405      | 8.295      | -0.376     |
| <i>P</i> 值 | 0.146       | 0.640                   | 0.110        | 0.390      | 0.002      | 0.000      | 0.000      | 0.000      | 0.708      |

BSA:体表面积;SBP:收缩压;DBP:舒张压;LAESD:左房收缩末期内径;LVEDD:左室舒张末期内径;RAESD:右房收缩末期内径;RVEDD:右室舒张末期内径;LVEF:左室射血分数。1 mm Hg=0.133 kPa。

段、中间段及心尖段)均大于对照组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。见图 1~6 和表 2。

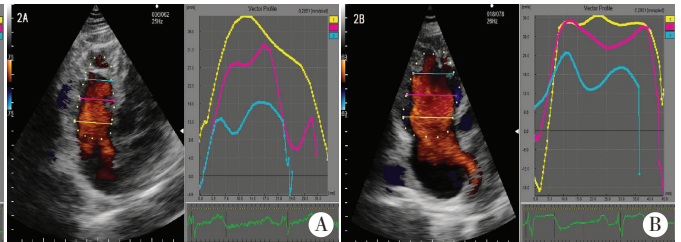
三、两组 VFM 测量参数比较

ASD 组左室(中间段及心尖段)涡量绝对值大于对照组,右室(基底段、中间段及心尖段)涡量绝对值均大于对照组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。见表 3。



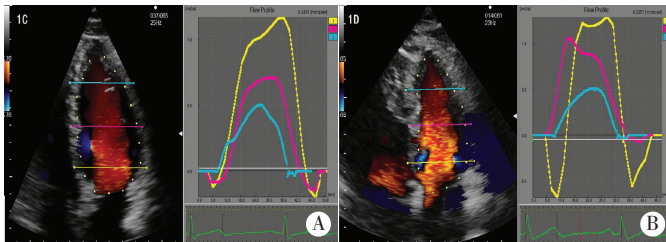
A:对照组;B:ASD 组。

图 1 两组左室血流速度曲线图



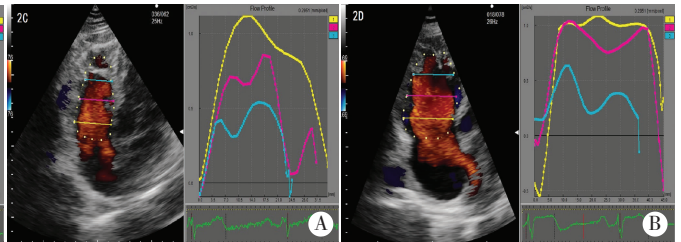
A:对照组;B:ASD 组。

图 2 两组右室血流速度曲线图



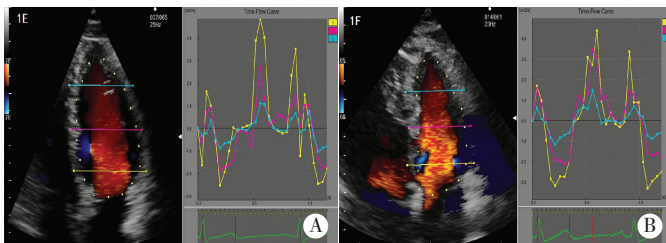
A:对照组;B:ASD 组。

图 3 两组左室血流量曲线图



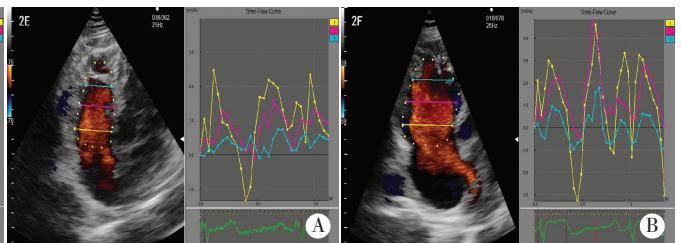
A:对照组;B:ASD 组。

图 4 两组右室血流量曲线图



A:对照组;B:ASD 组。

图 5 两组左室时间-流量曲线图



A:对照组;B:ASD 组。

图 6 两组右室时间-流量曲线图

表 2 两组左室及右室各节段 VFM 参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | 基底段         |             |                            |                            |                            |                            |
|-------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|       | 左室 Vd(cm/s) | 右室 Vd(cm/s) | 左室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 左室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) |
| ASD 组 | 59.00±14.44 | 52.52±19.94 | 110.84±29.07               | 129.68±54.99               | 18.41±7.53                 | 28.43±13.85                |
| 对照组   | 59.84±13.61 | 23.86±7.36  | 132.74±21.19               | 33.91±16.62                | 23.07±7.38                 | 6.17±4.67                  |
| t 值   | -0.225      | 6.376       | -3.285                     | 7.859                      | -2.306                     | 6.680                      |
| P 值   | 0.823       | 0.000       | 0.002                      | 0.000                      | 0.025                      | 0.000                      |
| 组别    | 中间段         |             |                            |                            |                            |                            |
|       | 左室 Vd(cm/s) | 右室 Vd(cm/s) | 左室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 左室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) |
| ASD 组 | 47.23±15.41 | 57.02±55.77 | 93.88±23.63                | 119.83±50.86               | 16.19±7.47                 | 28.13±17.02                |
| 对照组   | 50.98±9.55  | 19.70±6.40  | 113.71±23.79               | 27.07±11.27                | 18.77±6.66                 | 5.23±3.99                  |
| t 值   | -1.123      | 3.115       | -3.143                     | 8.370                      | -1.353                     | 5.875                      |
| P 值   | 0.266       | 0.003       | 0.003                      | 0.000                      | 0.182                      | 0.000                      |
| 组别    | 心尖段         |             |                            |                            |                            |                            |
|       | 左室 Vd(cm/s) | 右室 Vd(cm/s) | 左室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 IQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 左室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) | 右室 TQ+(cm <sup>2</sup> /s) |
| ASD 组 | 31.26±11.61 | 28.05±12.16 | 55.40±17.41                | 58.92±26.68                | 10.36±5.53                 | 13.38±9.78                 |
| 对照组   | 28.17±8.10  | 13.84±7.85  | 59.94±17.18                | 16.97±11.68                | 9.74±3.97                  | 2.44±2.08                  |
| t 值   | 1.178       | 4.712       | -0.987                     | 6.833                      | 0.486                      | 4.900                      |
| P 值   | 0.244       | 0.000       | 0.328                      | 0.000                      | 0.622                      | 0.000                      |

Vd:舒张期峰值流速;IQ+:瞬时正向流量;TQ+:一个心动周期内舒张期总正向流量。

表 3 两组左室及右室涡量参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

1/s

| 组别    | 左室            |               |              | 右室            |               |               |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|       | 基底段           | 中间段           | 心尖段          | 基底段           | 中间段           | 心尖段           |
| ASD 组 | 252.66±133.10 | 191.72±121.25 | 103.38±61.90 | 242.64±161.05 | 209.39±155.38 | 110.92±113.68 |
| 对照组   | 280.94±129.68 | 138.11±48.44  | 72.63±23.44  | 107.79±47.92  | 76.93±43.16   | 46.03±24.14   |
| t 值   | -0.810        | 2.260         | 2.560        | 3.783         | 3.868         | 2.624         |
| P 值   | 0.421         | 0.028         | 0.013        | 0.000         | 0.000         | 0.012         |

四、重复性检验

由 Bland-Altman 法分析发现,左室基底段 IQ+测量的观察者间及观察者内均有良好的一致性,见图 7。

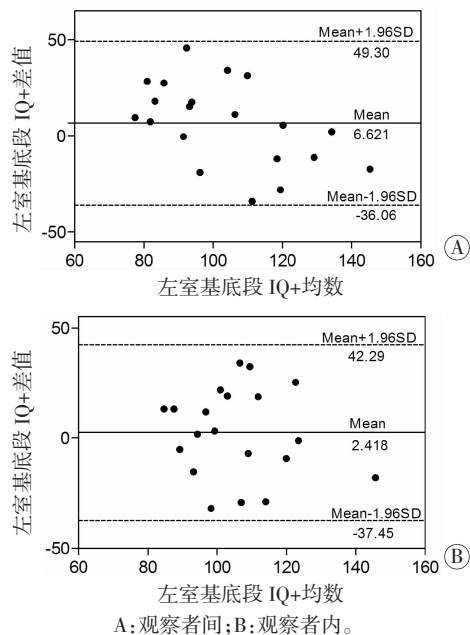


图 7 两组左室基底段 IQ+的一致性 Bland-Altman 分析图

讨 论

目前临床多通过射血分数、组织多普勒及斑点追踪等方式来评价心室整体功能,对心腔内血流流场特征研究较少。既往有研究<sup>[3]</sup>通过 MRI、粒子成像速度测量等技术探讨心腔内血流动力学模式,存在费用高、耗时及创伤大等缺点,限制了其临床应用。VFM 以彩色多普勒技术为基础,通过对心腔内血流的分析来观察心腔血液速度、流量及涡流的时间-空间分布情况,为研究心腔内血流动力学变化提供了一种新的思路,但原有的 VFM 技术基本原理存在以下局限性:①把血流分为基本流和涡流成分;②未考虑血流边界的心脏室壁运动的因素。针对以上问题,新近改良的 VFM 技术运用连续方程可计算垂直于声束方向的速度成分,不再对血流进行基本流和涡流的区分,并且通过组织斑点追踪技术获得心脏室壁运动信息,克服了以往技术的局限性,并得到粒子图像测量技术的验证,准确性较好<sup>[1]</sup>。

心腔内速度、流量及涡流的改变与心脏功能密切

相关<sup>[4]</sup>。研究<sup>[5]</sup>表明,由于 ASD 产生的左向右分流,右心容量负荷增加,肺血容量增加,肺动脉扩张,右心扩大,同时左心容量负荷降低,室间隔偏向左室侧,协助右室射血,而不能协同左室参与左室射血,导致了左、右心室几何构型的异常改变。本研究结果表明,ASD 组右室各节段 IQ+及 TQ+均较对照组增加(均  $P<0.05$ ),而左室中上段 IQ+及基底段 TQ+均较对照组减低(均  $P<0.05$ ),直接从血流动力学上证实了左室容量减小、右室容量负荷增大,与以往研究<sup>[5]</sup>结论相符。同时右室 Vd、IQ+及 TQ+在 3 个节段均有改变,左室则在 IQ+和 TQ+的部分节段表现出差异,提示 ASD 对左、右心系统血流动力学均有影响,且首先影响右心系统,导致右心流速增快,流量增加,腔室扩大,随着病程的进展,逐渐影响左心系统。

正常成人心室的涡流可以保存能量,避免血流减速和再加速造成的能耗。研究<sup>[6]</sup>表明,心腔内解剖结构与血流之间产生的剪切应力、局部负压及血流的黏滞性可促使涡流形成,舒张期涡流可暂时蓄积动能,支持射血前期血流改变方向进入流出道,同时生成关闭房室瓣的推力。然而病理状态下,涡流有时会造成能量消耗。因此涡流的改变可用于明确疾病状态及程度。改良的 VFM 技术引入的涡量定义为涡流速度场的旋度,是一个描写涡旋运动常用的物理量,涡旋通常用涡量来量度其大小和方向。本研究取涡量的绝对值研究其大小,旨在探讨涡旋的能量变化特征。ASD 组右室整体、左室中间段及心尖段的涡量增加,这可能与 ASD 的分流引起右心负荷增加、右室增大及左心受压等形态失常及室间隔运动不协调,从而导致血液淤滞、血液容量增多及血液质点增多有关<sup>[7]</sup>。涡流的改变提示在收缩功能正常的情况下,舒张期血流动力学已经发生改变。这与三维组织斑点追踪等其他技术早期研究<sup>[2,5]</sup>发现 ASD 患者舒张功能受损结论一致。

改良的 VFM 技术能够无创性显示血流流场的结构特征,较准确地提示心腔内复杂的血流动力学改变,且所得血流动力学指标经一致性检验,重复性较好,为探索心脏功能提供了一种全新的手段。但该技术仍然存在一定局限性,包括无法实时在线分析,不利于常规临床应用;有角度依赖性,针对二维平面的流体力学

分析, 与实际的三维立体流场有一定差别。目前尚无公认的金标准, 需加大样本量进一步研究。

综上所述, 改良的 VFM 技术可以显示 ASD 患者左、右心室舒张期血流流场变化, 为探索心室早期舒张功能变化提供一定的依据, 有望成为探索心腔内血流动力学的较为理想的手段。

参考文献

[1] 韦馨, 唐红, 陈柳, 等. 血流向量成像技术在房间隔缺损右房流场可视化及肺体循环血流量比定量中的价值[J]. 四川大学学报(医学版), 2012, 43(2): 275-279.

[2] 王泓, 曹铁生, 杨斌, 等. 速度向量成像技术评价房间隔缺损患者右心室节段收缩功能[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2009, 6(2): 34-37.

[3] Hong GR, Pedrizzetti G, Tonti G, et al. Characterization and quantification of vortex flow in the human left ventricle by contrast echocardiography using vector particle image velocimetry [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2008, 1(6): 705-717.

[4] Hong GR, Kim M, Pedrizzetti G, et al. Current clinical application of intracardiac flow analysis using echocardiography [J]. J Cardiovasc Ultrasound, 2013, 21(4): 155-162.

[5] 穆玉明, 曹春宁, 唐琪, 等. 房间隔缺损封堵术对左心室结构和功能影响的超声应变率研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2008, 17(8): 661-664.

[6] 陈倬, 李治安, 何怡华, 等. 应用血流速度向量和流线(VFM)技术评价左心室舒张功能的初探[J]. 中国超声医学杂志, 2010, 26(4): 315-317.

[7] 夏纪筑, 高玉丽, 王庆庆, 等. 超声向量血流图对原发性高血压患者左心室涡流的初步研究[J]. 实用医学杂志, 2012, 28(7): 1085-1087. (收稿日期: 2016-12-09)

· 病例报道 ·

Ultrasonic manifestaitons of spontaneous rupture and hemorrhage of liver cancer: a case report

肝癌自发破裂出血超声表现 1 例

向清玉 郑玉玲

[中图法分类号] R735.7;R445.1

[文献标识码] B

患者男, 52 岁, 因无明显诱因出现上腹部持续性锐痛 1 周, 放射至右侧后背及右肩部, 加重 1 d 就诊。无腹胀, 无明显恶心、呕吐, 无发热, 无尿频、尿急及尿痛等。既往无特殊病史。入院体格检查: 全腹腹肌紧张, 压痛及反跳痛, 以右上腹为重, 腹水征阳性; 体温 36.6℃, 脉搏 84 次/min, 呼吸 21 次/min, 血压 112/69 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa)。实验室检查: 白细胞 11.1×10<sup>9</sup>/L; 红细胞 3.63×10<sup>12</sup>/L; 血红蛋白 118 g/L。乙肝表面抗原、e 抗体、乙肝核心抗体均呈阳性。谷丙转氨酶 319 U/L; 谷草转氨酶 311 U/L。超声检查: 可见肝脏体积稍大, 边界毛糙, 肝实质回声略增粗增强, 分布欠均匀, 血管网走行欠清晰, 门静脉主干内径约 1.21 cm。于肝右叶内探及一 11.4 cm×8.6 cm 中高回声分叶状肿物, 边界尚清, 周围伴低回声晕, 内部回声不均匀, 内为中高回声及低回声, 深

吸气加压, 包块边界无变形, 内部回声及形态无明显变化, 局部近膈肌处肝包膜欠光整(图 1); CDFI: 肿物内部可探及点状彩流信号。脾肾间隙及下腹部均可探及无回声区, 其中下腹部无回声区深约 9.8 cm, 内可见密集点状略强回声及肠管回声。右侧膈下亦可见小片状无回声区, 另于肝右叶肿物处肝包膜外可见范围约 3.8 cm×5.6 cm 的团状中高回声, 边界欠清(图 2)。超声诊断: 肝内实性占位, 考虑肝癌; 腹腔积液(积血可能), 膈下积液(并积血块可能)。CT 检查: 肝内见片状稍低密度影, 断面大小约 9.1 cm×7.5 cm, 边界尚清, 其内可见斑片状略高密度影。肝右叶可见点状致密影, 肝周可见液性密度影(图 3)。CT 诊断: 肝内占位性病变, 考虑肝癌可能(瘤内及肝包膜下出血); 肝内点状钙化灶; 腹腔出血?

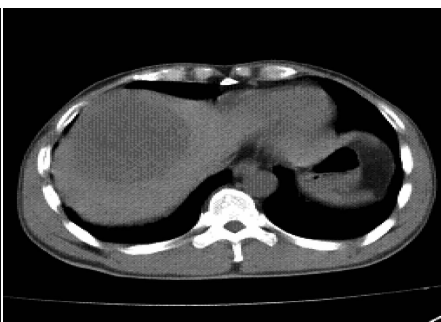
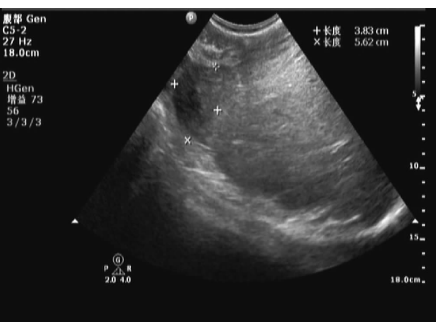
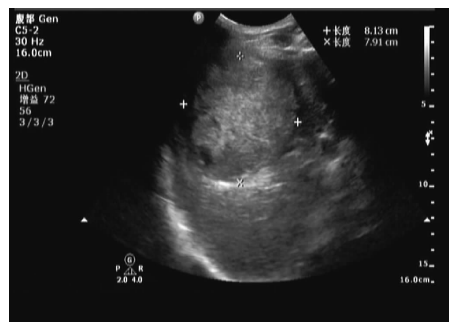


图 1 肝右叶巨大实质性占位声像图

图 2 膈下积液及自发破裂的肝癌组织声像图

图 3 CT 示肝内实质性占位及肝周液性密度影

(下转第 158 页)