

超声与 CT 融合成像在定位强直性脊柱炎骶髂关节炎性血流信号中的价值

胡震隆 朱家安

摘要 目的 应用超声与 CT 融合成像对强直性脊柱炎(AS)患者骶髂关节区探及异常低阻血流信号的位置进行判断,探讨其临床应用价值。**方法** 对 84 例 AS 患者实施经骶髂关节 3 对骶骨后孔层面(level)的超声与 CT 图像融合,并对图像融合成功者行多普勒超声检查。对两具骨盆标本实施骶髂关节系统解剖及断层解剖,根据其解剖学特点,对 AS 患者 3 个 level 层面处探及的低阻血流信号的位置进行分类,以此判断其组织来源。**结果** 成功实施图像融合的 AS 患者中,level 1~3 层面探及低阻血流信号的关节数分别为 128 个、105 个和 61 个。3 个 level 层面间炎性血流信号位置按关节内及周围定位的分布情况比较,差异有统计学意义($\chi^2=9.101, P=0.011$)。结合融合图像及解剖学研究结果,level 1 和 level 2 层面探及低阻血流信号多定位于关节韧带部(128/128, 98/105);而 level 3 层面血流信号多定位于滑膜部(39/61);仅少数位于 level 2(2 个)及 level 3(10 个)层面处于滑膜部及韧带部交界处的血流信号在融合图像下无法精确定位。3 个 level 层面间炎性血流信号根据解剖学类型定位情况比较,差异有统计学意义($\chi^2=174.607, P<0.01$)。**结论** 大多骶髂关节后部超声测得的异常血流信号可通过超声与 CT 融合成像准确地定位于关节韧带部或滑膜部,提示为不同的炎症类型;该低阻血流信号可作为评价 AS 的可靠指标之一。

关键词 超声检查;CT;图像融合;强直性脊柱炎;骶髂关节
[中图法分类号]R445.1;R593.23 [文献标识码]A

Value of ultrasound and CT fusion imaging in locating inflammatory blood flow signals in sacroiliac joint of ankylosing spondylitis patients

HU Zhenlong, ZHU Jia'an

Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University, School of Medicine,
Shanghai 200080, China

ABSTRACT Objective To evaluate the effect of ultrasound and CT fusion imaging in locating inflammatory blood flow signals in sacroiliac joint (SIJ) of ankylosing spondylitis patients, and to explore its clinical application value. **Methods** US-CT image fusion of SIJs were performed on 84 patients at levels of 3 posterior sacral foramina, color Doppler ultrasound (CDUS) was performed on the successful image fusion. Two pelvic specimens were dissected with SIJ system and sectional anatomy. According to their anatomical characteristics, the positions of low-impedance blood flow signals detected at 3 levels of AS patients were classified to determine their tissue origin. **Results** Among the successfully performed image fusion of the AS patients, CDUS revealed abnormal low-impedance blood flow signals were 128 SIJs at level 1, 105 at level 2, and 61 at level 3, respectively. The position of inflammatory blood flow signals among the three levels was compared according to the distribution of localization in and around the joints, the differences were statistically significant ($\chi^2=9.101, P=0.011$). Combined with the fusion image and anatomical study of SIJ, the locations of abnormal low-impedance blood flow signals were initially confirmed: almost all the cases at level 1 and level 2 were located at joint ligament part (128/128, 98/105). However, the majority of signals at level 3 were located at synovial part (39/61). Only a few signals located at the junction of synovium and ligament at level 2 (2) and level 3 (10) were cannot be accurately located in the fusion image. The inflammatory blood flow signals between the 3 levels were

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81571684)

作者单位:200080 上海市,上海交通大学附属第一人民医院超声科(胡震隆);北京大学人民医院超声科(朱家安)

通讯作者:朱家安, Email: zhujiiaan@pkuph.edu.cn

compared according to the location of the anatomical type, and the differences were statistically significant ($\chi^2=174.607, P<0.01$).

Conclusion US-CT fusion imaging can be used to locate abnormal low-impedance blood flow signals in the SIJs accurately in the joint ligament or synovial region. The signals at different levels indicate the different types of inflammation. The low-impedance blood flow signal is a reliable index to evaluate AS.

KEY WORDS Ultrasonography; CT; Fusion imaging; Ankylosing spondylitis; Sacroiliac joint

本课题组前期系列研究及相关报道^[1-4]证实超声可以评价强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)患者骶髂关节病变,且潜力巨大。多普勒超声可发现活动期 AS 患者骶髂关节背侧区存在较丰富的低阻力指数炎性血流信号,诊断特异性及敏感性接近 MRI^[5]。但由于超声无法穿透骶髂关节凹凸不平的耳状面结构,对其内部结构显示较困难,致使该血流信号在超声影像下较难分辨其解剖学位置。因此,多普勒超声发现异常血流动力学表现是否可直接提示骶髂关节炎仍缺乏客观证据支持。CT、MRI 对 AS 骶髂关节炎早期诊断也因各自技术限制而效果欠佳^[6]。本课题组前期研究^[7]已建立骶髂关节图像融合方法学,证实了超声与 CT 图像融合(US-CT)具备可行性。本研究拟在前期研究基础上,在 AS 活动期患者中实施 US-CT 图像融合,通过观察其低阻炎性血流信号,并结合详尽的解剖学研究,联合多普勒超声对测得异常血流信号的组织定位进行判断,进而判断炎症发生的位置,以验证多普勒超声发现的骶髂关节区异常血流信号是否为评价 AS 活动性的可靠指标。

资料与方法

一、研究对象

选取 2016 年 1 月至 2018 年 3 月我院确诊的 AS 伴双侧骶髂关节病变患者 84 例,男 62 例,女 22 例,年龄 17~42 岁,平均(26.1±6.2)岁。AS 诊断标准依据 1984 年修订的纽约分类标准^[8]:①下腰背疼痛病程≥3 个月,疼痛随活动改善,但休息不缓解;②腰椎活动受限;③胸廓扩展范围小于同年龄和性别的正常值;④双侧骶髂关节炎≥Ⅱ级,或单侧骶髂关节炎≥Ⅲ级。符合④+①~③任一条可确诊。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均知情同意。

两具人体骨盆标本取自上海交通大学医学院,用于实施骶髂关节解剖实验。

二、仪器与方法

(一)骶髂关节系统解剖及断层解剖操作

1. 系统解剖:取其中一具骨盆标本在骶骨背侧正中线将皮肤切开,向上探及第五腰椎棘突,逐层分离

直至移除棘突与骶骨间软组织,然后逐步剥离骶骨及髂骨背侧的皮肤及整个臀后部肌层直至显示骶髂关节背侧,破坏表面附着韧带;前方打开腹腔,移除脏器,暴露骶骨前部,逐步清理骶髂关节前方表面韧带等软组织。显示前后关节边缘后,用骨膜剥离刀逐步钝性分离关节软骨面直至关节面完全打开,分离时注意避免软骨面破坏。打开后由头侧至尾侧观察关节内部结构。

2. 断层解剖:取另一具骨盆标本,体表定位第五腰椎棘突,沿后正中线将皮肤切开,向下逐层分离软组织至暴露骶骨后部,定位双侧第 1~3 骶骨后孔。使用骨锯沿经 3 个骶后孔横切面进行切割,观察 3 个层面下关节内组织构成。

(二)获取骶髂关节 CT 图像

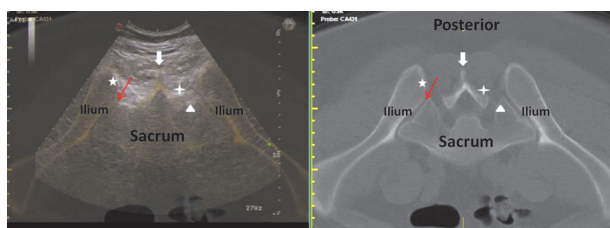
使用 GE Light Speed VCT 扫描仪,受检者取仰卧位,自第五腰椎向下连续扫描至股骨上段,骨窗观察骶髂关节间隙及骨表面情况,结果由一名主治医师和一名主任医师共同审阅。CT 结果以 DI-COM 格式存入光盘,并导入超声仪器图像融合软件系统中备用。

(三)骶髂关节 US-CT 图像融合操作

1. 超声仪器及融合成像操作前准备:使用百胜 MyLab 90 彩色多普勒超声诊断仪,CA431 探头,频率为 4~6 MHz,配备 Virtual Navigator 4.2 导航系统。将磁定位发射装置立于检查床旁,接收器反向固定于探头背侧以使超声图像匹配 CT 图像方位。发射器与接收器间的距离保持在 70 cm 以内。融合软件将根据导入的 CT 图像生成骶髂关节空间信息。CT 横断面图像显示于屏幕右侧,超声图像显示于左侧,方便进行实时图像比对及配准。通过增益调节按钮可在双侧图像中叠加另一图像背景以实现图像初步配准功能。

2. 图像融合操作方法:按照前期研究^[7]建立的骶髂关节超声与 CT 图像融合的方法学(骶髂关节横断面超声与 CT 单平面融合法),受检者取俯卧位,将探头置其腰骶部,以高尖的第五腰椎棘突作为标志点,显示其横切面后水平下移,直至出现中间骶骨及两侧髂嵴,当切面经过骶骨后孔水平时可显示骶部背侧图像:从正中至两侧依次为骶正中嵴、骶中间嵴、骶外侧

嵴及髂嵴。髋髌关节后部区域为两侧髋外侧嵴与两侧髌嵴之间的偏低回声间隙,见图1。分别以第1~3髋骨后孔层面(level 1~3)作为图像融合的标准切面。找到层面后,通过融合软件对导入的CT图像进行亮度等一系列图像优化并调整其层面使其与超声下确定的层面相对应,完成初步配准。然后,在fine tuning模式下于上述5种共7个可选配准点中选择超声和CT下均可清晰显示的3个配准点并实施单平面精确配准,点击融合按键完成最终图像融合。在3个level层面背侧表面结构基本相同,均可按照上述方法进行融合操作,软件将根据空间信息自动评估图像配准精度以判断图像融合是否成功。



图左为超声图像,图右为CT图像。超声与CT融合模式下可选配准点识别:白箭头示髋正中嵴,白四角星示髋中间嵴,白三角形示髋外侧嵴,白五角星示髌嵴,红箭头示髋髌关节,髋外侧嵴和髋中间嵴间的缺口为髋后孔开口处。Ilium:髌骨;Sacrum:髋骨

图1 超声与CT图像融合配准点示意图(关节背侧观)

(四)US-CT融合图像与多普勒超声联合判断异常血流位置

生成US-CT融合图像后,将探头于原处稍向下方倾斜,以显示更多关节后部间隙。然后调至多普勒模式,血流取样框调整至关节背侧区合适位置进行观察,当探及血流信号时,将彩色增益调至最大,再逐渐调低至血流信号亮度最强而伪彩刚好消失为宜。应用频谱多普勒观察血流信号性质,当显示为动脉血流时,测量阻力指数值并记录,共测量3次,取其平均值。血流信号阻力指数 >0 且 ≤ 0.70 提示为异常血流。最后,在融合图像下判断异常血流信号处的解剖结构并记录其组织定位,3个level层面炎性血流信号的定位按照前期研究^[4]中“关节内及周围分类法”。

三、统计学处理

应用SPSS 16.0统计软件,计数资料以构成比或率表示,行 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

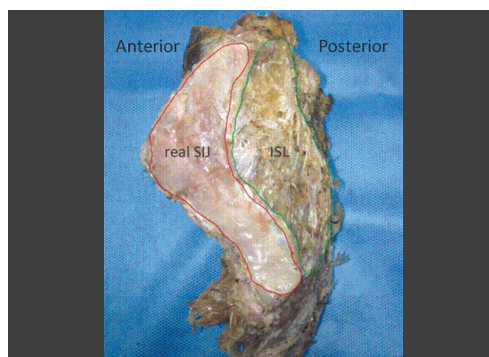
结 果

一、髋髌关节系统解剖及断层解剖特点

1.系统解剖特点:髋髌关节完全打开后可见被覆软骨的耳状面结构,即关节滑膜部,其位置靠前,从背侧观

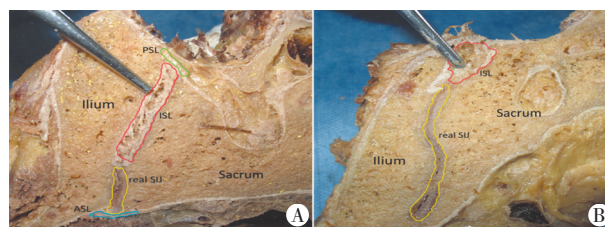
察其位置较深。滑膜部后方关节间隙内填充大量增加髋髌关节稳定性的骨间韧带,为关节韧带部。见图2。

2.断层解剖特点:横切面显示髋髌关节 level 1~3 层面从头侧至尾侧的形态变化,在 level 1 层面中,髋髌骨间韧带几乎充填整个关节后部间隙,而真正意义的滑膜关节位置靠前且所占比例较小(图3A)。Level 2 层面与 level 1 层面基本相同,滑膜关节仍靠前。而当切面逐渐下移至 level 3 层面时,滑膜关节位置移行至后部,并替代骨间韧带占据关节后间隙(图3B)。



被覆软骨的关节滑膜部位位于前侧(红色圈注区),后方关节间隙由骨间韧带填充(绿色圈注区)。SIJ:髋髌关节;ISL:髋髌骨间韧带

图2 打开的髋髌关节内部结构大体图



A: level 1 层面内部结构横切面显示骨间韧带占据关节后间隙(红色圈注区,韧带部),滑膜关节位于前方(黄色圈注区,滑膜部);B:下移至 level 3 层面,关节滑膜部逐渐占据关节后间隙大部分空间,韧带部分逐渐靠近关节间隙表面。Sacrum:髋骨;Ilium:髌骨;SIJ:髋髌关节;ISL:髋髌骨间韧带;ASL:髋髌前韧带;PSL:髋髌后韧带

图3 髋髌关节横切面 level 1 及 level 3 层面解剖结构

二、US-CT融合图像中炎性血流信号位置判断

1.84 例患者共 168 个髋髌关节,3 个层面图像融合成功数分别为:level 1 层面 163 个,level 2 层面 147 个,level 3 层面 134 个。

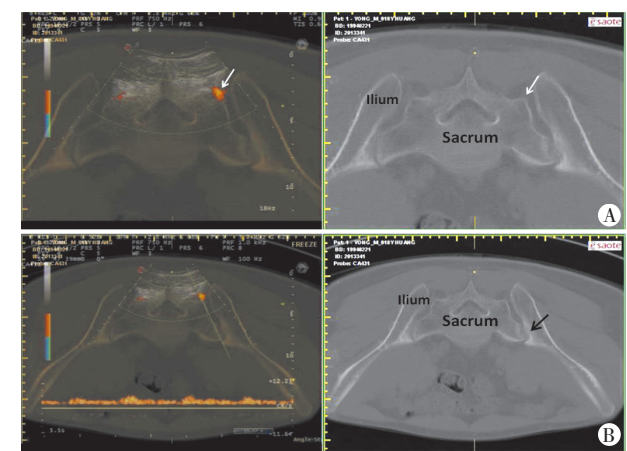
2.US-CT融合图像下异常血流信号位置分布于 Level 1 层面 128 个,level 2 层面 105 个,level 3 层面 61 个。3 个 level 层面间炎性血流信号位置按关节内及周围定位的分布情况比较,差异有统计学意义($\chi^2=9.101$, $P=0.011$),见表1。3 个 level 层面间炎性血流信号根据解剖学类型定位情况比较,差异有统计学意义($\chi^2=174.607$, $P < 0.01$),见表2。不同层面异常血流信号位置见图4,5。

表1 融合图像下3个层面炎性血流信号按关节内及周围定位的分布情况 个

层面	关节内	关节周围	合计
level 1	42	86	128
level 2	41	64	105
level 3	34	27	61

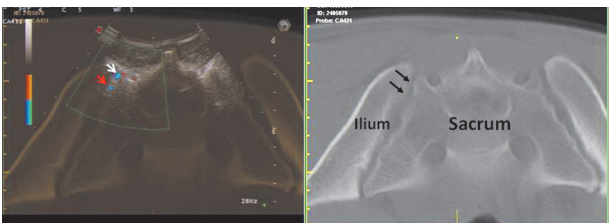
表2 融合图像下3个层面炎性血流信号按解剖学结构定位的分布情况 个

层面	关节韧带部	关节滑膜部	不可确定数	合计
level 1	128	0	0	128
level 2	98	5	2	105
level 3	12	39	10	61



A: 血流信号位于右侧骶髂关节韧带部(白色箭头示);B: 频谱多普勒显示为低阻血流, 黑色箭头示CT中骶髂关节前方局部骨白线模糊, 密度减低, 与异常血流信号处位置不同。A、B两图中左右侧为融合模式对比图, 图左为超声图像, 图右为CT图像, 均可叠加另一种图像的显示。Ilium: 髌骨; Sacrum: 骶骨

图4 Level 1层面中US-CT图像融合示低阻炎性血流信号定位



图左红色箭头示位于关节滑膜部异常血流信号, 白色箭头示血流信号靠近关节后部边缘, 但较难分清来源于滑膜还是韧带; 图右黑色箭头示两处血流信号探及处与CT所示病变位置相吻合。Ilium: 髌骨; Sacrum: 骶骨

图5 Level 3层面中US-CT图像融合示低阻炎性血流信号定位

讨论

超声发现的骶髂关节后部异常血流动力学改变对AS的诊断价值一直是本课题组长期的研究方向。根据前期系列研究, 本课题组认为超声因其对低阻炎性血流的高敏感性, 对处于未发生结构破坏的AS早期或极早期活动性炎症具备潜在评估能力, 而CT和MRI

目前难以做到。因此, 若能明确超声检出的异常血流发生位置并与CT及MRI结果比对, 将有助于判断超声与CT、MRI结果的相关性和时间窗, 这很可能将对AS的影像学诊断体系产生重大影响。

前期方法学研究^[7]证实采用经双侧level 1~3层面实施图像融合具备可行性, 且US-CT图像融合稳定性较高, 因此本研究应用骶髂关节US-CT融合图像结合详尽的解剖实验来定位多普勒探及的炎性血流信号。本课题系列研究初期在描述炎性血流信号位置时采用位于“骶髂关节内或周围”的定位方式, 但根据本研究的解剖学结果分析发现这一定位方法并不准确, 因为骶髂关节不同层面的滑膜部分与韧带部分的构成比发生了变化, 根据关节滑膜部及韧带部进行分类显然更符合解剖学特点。本研究采用该方法后发现, 在level 1~2层面的炎性血流信号几乎均位于关节后间隙中靠近骨面的韧带区域。由于关节滑膜部在level 1~2层面位置靠前, 超声波较难探及该部分, 因此可明确位于level 1及level 2层面的大多数异常血流信号其来源于骶髂骨间韧带, 从而提示为附着端炎表现。但随着关节层面下移, 位于前方的关节滑膜部逐渐后移并替代部分韧带组织而靠近关节后间隙外缘, 故可部分被超声探及。这解释了结果中level 3层面多数异常血流信号被定为滑膜部的原因。由此可以判断, 位于level 3层面的异常血流信号多来源于滑膜炎。本研究还发现少数位于level 2和level 3层面的血流信号位于滑膜部与韧带部的交界处, CT因对软组织辨别能力较差, 融合图像下并不能区别滑膜及韧带的差异, 因此这类特殊部位的血流无法准确定位。

通过US-CT融合图像, 还可对异常血流信号位置处与CT提示异常处进行比较。本研究发现CT提示的如骨白线模糊、骨密度减低等异常改变一般发生于滑膜部旁关节面。结合上述提及骶髂关节内组织构成比的变化特点, 可以认为在较高层面超声提示的异常血流信号基本位于韧带区, 而无法与深部CT提示的可能异常对应。同样, 滑膜部在较低层面位置表浅, 异常血流信号与CT提示的骨线模糊处完全吻合。此外, 本研究还发现部分异常血流信号位置处CT未见有骨面异常, 该现象表明此处附着端炎尚未侵及骨皮质而发生骨性结构改变, 因此该处超声探及异常的时间窗早于CT, 这可能是超声在AS活动期炎早期阳性检出率优于CT的有力证据之一。

本课题组前期研究发现骶髂关节后部除存在低阻的炎性血流信号外, 还存在较多的高阻血流信号,

部分可呈条状,当时考虑其为跨过骶髂关节的髂动脉分支小血管;而本研究解剖学实验证实,这些血管均位于骶髂关节前方,超声下不可能显示;后经 US-CT 融合图像发现上述高阻的血流信号位于骶后孔背侧开口内,且显示清晰。因此认为其并非髂血管分支,而是从骶后孔穿出的营养血管,由于其穿出后分布于靠近关节后部周围,易与异常血流信号混淆,仅能通过血流频谱加以区分。

综上所述,结合骶髂关节解剖学特点,本研究证实骶髂关节背侧异常血流信号可根据 US-CT 融合图像较为准确地定位于关节韧带部或滑膜部。骶髂关节背侧异常血流信号可作为评价 AS 的可靠指标之一。后期本课题组将进一步研究 MRI 与超声的图像融合,为进一步证实超声是诊断 AS 的有效手段提供理论依据。

参考文献

[1] Naredo E, Iagnocco A. One year in review: ultrasound in arthritis[J]. Clin Exp Rheumatol, 2016, 34(1): 1-10.

[2] Grassi W, Gutierrez M, Filippucci E. The sound of enthesitis[J]. J Rheumatol, 2010, 37(10): 1986-1988.

[3] Jiang Y, Chen L, Zhu J, et al. Power Doppler ultrasonography in the evaluation of infliximab treatment for sacroiliitis in patients with ankylosing spondylitis[J]. Rheumatol Int, 2013, 33(8): 2025-2029.

[4] Zhu J, Xing C, Jiang Y, et al. Evaluation of complex appearance in vascularity of sacroiliac joint in ankylosing spondylitis by color Doppler ultrasonography[J]. Rheumatol Int, 2012, 32(1): 69-72.

[5] Iwona K, Andrzej U, Wadim W. Radiologic approach to axial spondyloarthritis: where are we now and where are we heading?[J]. Rheumatol Int, 2018, 38(10): 1753-1762.

[6] Marzo-Ortega H, McGonagle D, Bennett AN. Magnetic resonance imaging in spondyloarthritis[J]. Curr Opin Rheumatol, 2010, 22(4): 381-387.

[7] 胡震隆, 杜联芳, 朱家安. 强直性脊柱炎骶髂关节超声与 CT、MRI 图像融合的方法及可行性研究[J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(7): 485-489.

[8] Rosenbaum JT. Evolving “diagnostic” criteria for axial spondyloarthritis in the context of anterior uveitis[J]. Ocul Immunol Inflamm, 2016, 24(4): 1-5.

(收稿日期: 2019-11-05)

(上接第 89 页)

子宫左侧相连,左侧卵巢固有韧带及输卵管位于其上,内见孕 13 周胎儿。

讨论: 残角子宫妊娠发生率为万分之 0.10~0.82^[1]。病例 1 为残角子宫内双胎妊娠,更为罕见。残角子宫分 3 型: I 型,残角子宫有内膜,与单角子宫宫腔相通; II 型,残角子宫有内膜,与单角子宫宫腔不通; III 型,残角子宫无宫腔^[2]。病例 1 前期误诊正常宫内妊娠,可能是由于增大的子宫遮挡,盆腔解剖结构及毗邻关系显示不清。病例 2 误诊腹腔妊娠,可能是未注意包块与宫颈关系及包块周边子宫肌层。为避免漏误诊,临床可采用经阴道联合腹部超声检查,明确包块与子宫的关系;二维超声观察横切面子宫底部内膜,当内膜短小、不对称,应警惕子宫畸形;应用三维超声成像技术可有效避免漏误诊。病例 1 采用多

平面成像,能显示子宫冠状切面,完整观察宫腔形态;病例 2 因患者子宫弧度较大,故采用自由解剖成像,可更清晰完整显示宫腔形态,说明自由解剖成像不受正交平面的限制,适用于弧度较大的子宫成像。总之,二维超声联合三维成像技术可提高子宫畸形合并妊娠的诊断率,降低误诊率,有助于对子宫畸形的分类,为临床提供准确信息。

参考文献

[1] 曹泽毅. 中华妇产科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 323-371.

[2] 郁卫群. 探讨残角子宫妊娠的超声表现[J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, 23(6): 432-433.

(收稿日期: 2019-04-01)

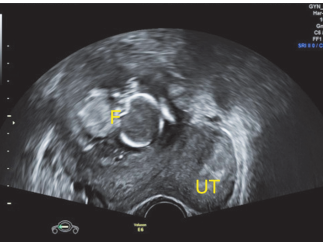


图 1 二维超声子宫横切面示右侧残角子宫妊娠(UT: 子宫; F: 胎儿)

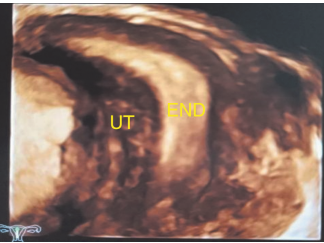


图 2 三维超声多平面成像示单角子宫宫腔呈柳叶状(UT: 子宫; END: 子宫内膜)

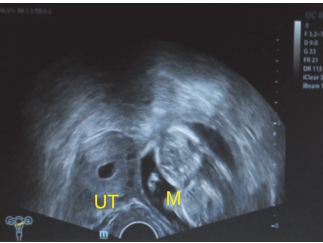


图 3 二维超声子宫横切面示左侧残角子宫妊娠(UT: 子宫; M: 包块)

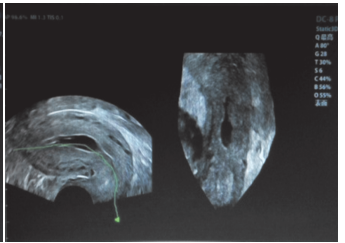


图 4 三维超声自由解剖成像示单角子宫宫腔呈管状伴宫腔积液