

三维能量多普勒超声预测子宫腺肌病患者体外受精-胚胎移植后妊娠结局的临床价值

王付敏 申向辉 安利香 张 欢 尹素芳

摘 要 **目的** 探讨经阴道三维能量多普勒超声(3D-PDUS)预测子宫腺肌病患者体外受精-胚胎移植(IVF-ET)后妊娠结局的临床价值。**方法** 选取在我院接受 IVF-ET 的子宫腺肌病不孕患者 100 例(研究组),以及同期单纯不孕患者 40 例(对照组),均于 IVF-ET 前行经阴道 3D-PDUS 观察子宫内膜与肌层交界区(EMI)的形态,获取 EMI 平均厚度、容积及血管化指数(VI)、血流指数(FI)、血管化血流指数(VFI),比较两组上述参数的差异。记录研究组患者妊娠结局,比较妊娠患者与未妊娠患者 EMI 形态、平均厚度、容积及 VI、FI、VFI 的差异。采用二元 Logistic 回归分析筛选子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析经阴道 3D-PDUS 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的诊断效能。**结果** 研究组 EMI 形态正常占比、FI 均低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);两组 EMI 平均厚度、容积及 VI、VFI 比较差异均无统计学意义。研究组患者接受 IVF-ET 后成功妊娠 60 例,未妊娠 40 例;妊娠患者 EMI 形态正常占比、平均厚度、容积及 VI、FI、VFI 均高于未妊娠患者,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。二元 Logistic 回归分析显示,EMI 容积和 VFI 均为子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的独立影响因素($OR = 4.725, 2.160$, 均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示,EMI 容积和 VFI 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的曲线下面积分别为 0.795 和 0.672,对应的截断值分别为 3.085 cm^3 和 0.597。**结论** 经阴道 3D-PDUS 能较好地预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局,具有一定的临床价值。

关键词 超声检查,三维,经阴道;能量多普勒;子宫腺肌病;体外受精-胚胎移植;妊娠结局

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Clinical value of three-dimensional power Doppler ultrasound in predicting pregnancy outcomes in adenomyosis patients after in vitro fertilization-embryo transfer

WANG Fumin, SHEN Xianghui, AN Lixiang, ZHANG Huan, YIN Sufang

Department of Ultrasound Medicine, Handan Central Hospital, Hebei 056008, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical application value of transvaginal three-dimensional power Doppler ultrasound (3D-PDUS) in predicting pregnancy outcomes in adenomyosis patients after in vitro fertilization-embryo transfer (IVF-ET). **Methods** A total of 100 adenomyosis patients with infertility (study group) and 40 patients with single infertility (control group) who underwent IVF-ET in our hospital were enrolled. All patients underwent transvaginal 3D-PDUS examination before IVF-ET to observe the morphology of the endometrial-myometrial interface (EMI), and the average thickness, volume, vascularization index (VI), flow index (FI) and vascularization flow index (VFI) of the EMI were obtained. The differences of the above parameters between the two groups were compared. The pregnancy outcomes in study group were recorded. The differences in the morphology of the EMI, the average thickness, volume, VI, FI, VFI of the EMI between pregnancy and non-pregnancy patients were compared. The independent influencing factors of pregnancy outcomes in adenomyosis patients were screened by binary Logistic regression analysis. The diagnostic efficiency of transvaginal 3D-PDUS for predicting pregnancy outcomes after

基金项目:河北省 2021 年度医学科学研究课题计划(20211501)

作者单位:056008 河北省邯郸市中心医院超声医学科

通讯作者:尹素芳, Email: YSFWFM123456@163.com

IVF-ET was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** The proportion of normal EMI morphology and FI in study group were lower than those in control group (both $P<0.05$). There were no significant difference in average thickness, volume, VI and VFI of EMI between the two groups. In the study group, there were 60 cases with successful pregnancy and 40 cases without pregnancy. Proportion of normal EMI morphology, average thickness, volume, VI, FI and VFI of EMI in pregnancy patients were higher than those in non-pregnancy patients (all $P<0.05$). Binary Logistic regression analysis showed that the volume and VFI of EMI were independent influencing factors of pregnancy outcomes in adenomyosis patients after IVF-ET ($OR=4.725, 2.160$, both $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) and cut-off value of the volume and VFI of EMI for predicting pregnancy outcomes were 0.795, 0.672 and 3.085 cm^3 , 0.597, respectively. **Conclusion** Transvaginal 3D-PDUS can better predict pregnancy outcomes in adenomyosis patients after IVF-ET, which has certain clinical value.

KEY WORDS Ultrasonography, three-dimensional, transvaginal; Power Doppler; Adenomyosis; In vitro fertilization-embryo transfer; Pregnancy outcome

子宫腺肌病是一种以子宫平滑肌和内膜腺体异位增生为特征的疾病,已被临床公认为不孕症的重要病因之一^[1-2]。随着辅助生殖技术,特别是体外受精-胚胎移植(IVF-ET)技术的快速发展,为子宫腺肌病不孕患者提供了妊娠的可能性^[3]。近年来,三维能量多普勒超声(three-dimensional power Doppler ultrasound, 3D-PDUS)在妇科领域的应用日益增多,为临床诊断和治疗提供了新的手段^[4],特别是在评估宫内环境和血流动力学方面具有独特优势^[5]。经阴道 3D-PDUS 可以准确评估子宫腺肌病患者子宫血供情况,进而预测 IVF-ET 后妊娠结局,为子宫腺肌病不孕患者的治疗提供更为科学的指导。基于此,本研究旨在探讨经阴道 3D-PDUS 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2022 年 1~12 月于我院就诊的子宫腺肌病患者 100 例(研究组),年龄 35~42 岁,平均(38.50±1.31)岁,体质质量指数(BMI)20~25 kg/m^2 ,平均(22.77±1.25) kg/m^2 ;其中 35 例有孕产史。纳入标准:①符合子宫腺肌病相关诊断标准^[6]和《不孕症诊断指南》^[7]相关标准;②既往无不孕症相关治疗史;③接受 IVF-ET 治疗且无相关禁忌证;④临床资料完整。排除标准:①宫腔粘连、输卵管积水、子宫畸形者;②复发性流产者;③因男方因素导致不孕者。另选同期单纯不孕(无子宫腺肌病或其他可能影响生育的疾病)患者 40 例(对照组),年龄 35~42 岁,平均(38.74±1.26)岁, BMI 20~25 kg/m^2 ,平均(22.51±1.15) kg/m^2 ;其中 14 例有孕产史。两组年龄、BMI、孕产史等一般资料比较差异均无统计学意义。本研究为回顾性研究,已豁免知情同意及伦理审批。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 GE Voluson E10 彩色多普勒超声诊断仪, RIC 5-9-D 探头,频率 4~9 MHz;能量增益设置为 1.0,脉冲频率为 0.6 kHz。

2. 超声检查:患者排空膀胱取截石位,将探头缓慢送入阴道内,并尽量靠近子宫体,以清晰显示子宫内膜和子宫肌层的形态;调整探头角度,二维超声观察子宫内膜形态、厚度及其周围血流情况;操作过程中应确保观察范围包括子宫内膜与肌层交界区(EMI)。然后切换至三维超声模式,启用容积对比成像模式,确保容积数据的采集覆盖整个子宫内膜及其周围区域,采用 3D-PDUS 观察 EMI 形态(将不规则、中断、不可见或不可评估判为形态异常^[8]),手动标记子宫内膜外 EMI,获取 EMI 平均厚度和容积,软件自动计算血管化指数(VI)、血流指数(FI)及血管化血流指数(VFI)。上述操作均由 2 名副主任超声医师独立完成,所有参数均重复测量 3 次取平均值,取 2 名医师检查结果的平均值为最终结果。

3. 随访:研究组所有患者均随访至分娩或 2023 年 12 月,根据指南^[9]中妊娠诊断标准分为妊娠患者 60 例和未妊娠患者 40 例,比较两者经阴道 3D-PDUS 检查结果。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用 t 检验;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用二元 Logistic 回归分析筛选子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析经阴道 3D-PDUS 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的诊断效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、研究组与对照组经阴道 3D-PDUS 检查结果比较
研究组 EMI 形态正常占比和 FI 均低于对照组,差

异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组EMI平均厚度、容积及VI、VFI比较差异均无统计学意义。见表1。

二、研究组中妊娠患者与未妊娠患者经阴道3D-PDUS检查结果比较

研究组中妊娠患者EMI形态正常占比、平均厚度、容积及VI、FI、VFI均高于未妊娠患者,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。见表2和图1,2。

三、二元Logistic回归分析

表1 研究组与对照组经阴道3D-PDUS检查结果比较

组别	EMI形态(例)		EMI平均厚度(mm)	EMI容积(cm^3)	VI	FI	VFI
	正常	异常					
研究组(100)	56	44	1.56±0.35	2.85±0.89	2.64±0.51	22.42±1.84	0.67±0.12
对照组(40)	32	8	1.49±0.36	2.77±0.76	2.55±0.55	29.55±1.82	0.63±0.11
χ^2/t 值	7.049		1.060	0.500	0.838	16.392	1.688
P值	0.008		0.291	0.618	0.404	<0.001	0.095

EMI:子宫内膜与肌层交界区;VI:血管化指数;FI:血流指数;VFI:血管化血流指数

表2 研究组中妊娠患者与未妊娠患者经阴道3D-PDUS检查结果比较

妊娠结局	EMI形态(例)		EMI平均厚度(mm)	EMI容积(cm^3)	VI	FI	VFI
	正常	异常					
妊娠(60)	42	18	1.71±0.38	3.33±1.14	4.06±0.42	25.22±2.18	1.06±0.12
未妊娠(40)	14	26	1.34±0.32	2.14±0.89	0.51±0.14	18.23±1.91	0.09±0.02
χ^2/t 值	11.932		5.073	5.564	51.509	16.489	50.575
P值	0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

EMI:子宫内膜与肌层交界区;VI:血管化指数;FI:血流指数;VFI:血管化血流指数

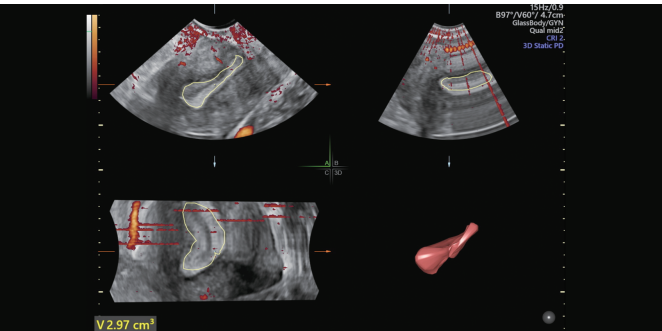


图1 妊娠患者(年龄32岁)经阴道3D-PDUS图,VI为4.02,FI为25.22,VFI为1.06

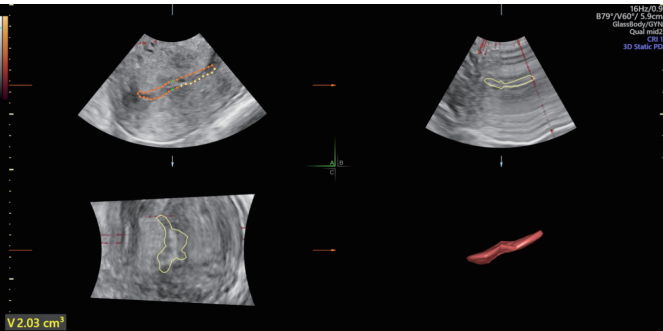


图2 未妊娠患者(年龄32岁)经阴道3D-PDUS图,VI为0.51,FI为18.23,VFI为0.09

以表2中差异有统计学意义的经阴道3D-PDUS检查结果为自变量,妊娠结局为因变量(妊娠=1,未妊娠=0),二元Logistic回归分析结果显示,EMI容积和VFI均为子宫腺肌病患者IVF-ET后妊娠结局的独立影响因素($OR=4.725$ 、 2.160 ,均 $P<0.05$)。见表3。

四、ROC曲线分析

表3 二元Logistic回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	OR值及其95%可信区间	P值
EMI形态	0.968	0.551	3.086	2.633(0.894~7.752)	0.080
EMI平均厚度	1.265	0.694	3.322	3.543(0.909~13.808)	0.069
EMI容积	1.553	0.372	17.445	4.725(2.280~9.791)	<0.001
VI	1.155	0.632	3.340	3.174(0.920~10.954)	0.068
FI	0.948	0.561	2.856	2.581(0.859~7.749)	0.092
VFI	0.770	0.379	4.128	2.160(1.028~4.540)	0.043

ROC曲线分析显示,EMI容积和VFI预测子宫腺肌病患者IVF-ET后妊娠结局的曲线下面积分别为0.795和0.672,对应的截断值分别为3.085 cm^3 和0.597。见图3和表4。

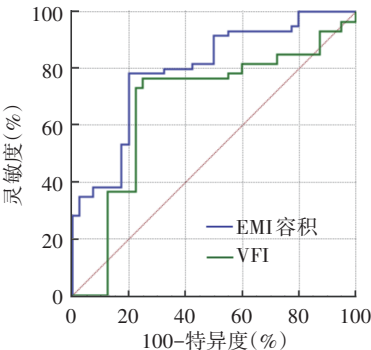


图3 EMI容积和VFI预测子宫腺肌病患者IVF-ET后妊娠结局的ROC曲线图

表 4 EMI 容积和 VFI 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的 ROC 曲线分析

参数	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	曲线下面积及其 95% 可信区间	P 值
EMI 容积	3.085 cm ³	78.33	80.00	0.795(0.703~0.869)	<0.001
VFI	0.597	76.67	75.00	0.672(0.571~0.763)	0.004

讨 论

子宫腺肌病是一种常见的妇科疾病,其发病机制为子宫内膜组织异常生长至子宫肌层内,是导致患者出现腹部疼痛、月经不规律及不孕的因素之一^[10]。在不孕患者中,子宫腺肌病占比较高,是影响女性生育的重要因素^[11]。随着生殖医学技术的进步,IVF-ET 已成为治疗不孕症的重要手段^[12],可以通过体外受精获得优质胚胎并移植到子宫内,从而提高妊娠成功率。但对于子宫腺肌病患者而言,子宫内膜组织异常生长使子宫肌层结构发生改变,进而导致子宫内膜血供异常和内膜受容性下降,这种环境不利于胚胎的植入和生长,即使通过 IVF-ET 获得优质胚胎,也可能因宫内环境不佳而导致妊娠失败^[13]。经阴道 3D-PDUS 能够提供关于子宫和卵巢血供情况的详细信息^[14],有助于临床医师制定个性化治疗方案,评估患者治疗效果,预测 IVF-ET 后妊娠结局^[15]。本研究应用经阴道 3D-PDUS 评估子宫腺肌病患者子宫血供情况,旨在探讨其预测 IVF-ET 后妊娠结局的临床价值。

本研究结果显示,研究组 EMI 形态正常占比和 FI 均低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。原因主要源于子宫腺肌病的病理特征,异位的子宫内膜组织生长至肌层内,导致子宫结构被破坏,血流分布不均匀,进一步引发血管扭曲和阻塞,降低局部血流灌注,从而表现为 FI 降低。同时,子宫腺肌病患者多伴有慢性炎症和纤维化,影响血管生成,导致子宫内膜血供不足。此外,子宫腺肌病引起的内膜异位和肌层增生导致内膜形态复杂化和不均匀性,从而使 EMI 形态异常的占比增加。

本研究进一步分析研究组中妊娠患者与未妊娠患者经阴道 3D-PDUS 检查结果的差异,结果显示妊娠患者 EMI 形态正常占比、平均厚度、容积及 VI、FI、VFI 均高于未妊娠患者,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$),表明子宫内良好的血供条件和健康的环境是胚胎顺利着床和生长的关键,与卢佳^[16]研究结论一致。二元 Logistic 回归分析显示,EMI 容积和 VFI 均为子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的独立影响因素(均 $P<0.05$)。EMI 容积是指子宫内膜与肌层间界面的体积,反映子

宫内膜的厚度和质量,对于胚胎能否顺利着床至关重要,健康、血供丰富的内膜更有可能支持胚胎成功植入和早期生长^[17-18]。子宫腺肌病可能导致子宫内膜异位,影响内膜的正常发育和功能,从而干扰胚胎着床^[19-20]。EMI 容积较高表明虽然存在子宫腺肌病,但患者子宫内膜环境仍较好,子宫内膜质量和反应性足以支持妊娠。VFI 是评估组织血管化和血流动力学的参数,其结合了血流量和血管密度的信息,为评估子宫内膜的血供情况提供了一个量化参数^[21]。良好的血供是胚胎着床和维持妊娠的基础,子宫腺肌病患者的子宫内膜可能因异位组织的影响导致血供不足,从而降低胚胎成功植入的概率。VFI 较高表明即使在子宫腺肌病的不利条件下,子宫内膜的血供仍可支持妊娠。本研究 ROC 曲线分析显示,EMI 容积和 VFI 预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局的曲线下面积分别为 0.795 和 0.672,表明监测上述参数可为预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局提供参考,有助于临床制定个性化的治疗方案。

综上所述,经阴道 3D-PDUS 能较好地预测子宫腺肌病患者 IVF-ET 后妊娠结局,具有一定的临床价值。但本研究纳入样本量较小,且为单中心研究,可能限制了研究结果的普适性,今后需扩大样本量进一步深入探讨。

参考文献

[1] Chapron C, Vannuccini S, Santulli P, et al. Diagnosing adenomyosis: an integrated clinical and imaging approach[J]. Hum Reprod Update, 2020, 26(3): 392-411.

[2] Juárez-Barber E, Segura-Benítez M, Carbajo-García MC, et al. Extracellular vesicles secreted by adenomyosis endometrial organoids contain miRNAs involved in embryo implantation and pregnancy[J]. Reprod Biomed Online, 2023, 46(3): 470-481.

[3] 王晓飞, 张美微, 邵小光, 等. 子宫内膜增生症病史对不孕症患者 IVF/ICSI-ET 助孕结局的影响[J]. 中国医科大学学报, 2023, 52(10): 879-884.

[4] 夏恩兰. 中国宫腔镜 30 年[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23(10): 721-725.

[5] 张丽, 孙萍, 韩国伟, 等. 经阴道彩色多普勒超声成像对卵巢早衰的诊断及血流动力学特征分析[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(2): 198-200.

[6] Van den Bosch T, De Bruin AM, De Leeuw RA, et al. Sonographic classification and reporting system for diagnosing adenomyosis[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2019, 53(5): 576-582.

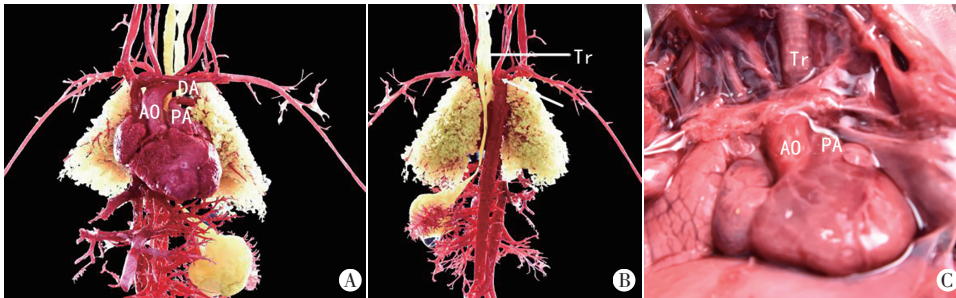
[7] 陈子江, 刘嘉茵, 黄荷凤, 等. 不孕症诊断指南[J]. 中华妇产科杂志, 2019, 54(8): 505-511.

[8] Van den Bosch T, Dueholm M, Leone FP, et al. Terms, definitions and measurements to describe sonographic features of myometrium and uterine masses: a consensus opinion from the Morphological Uterus Sonographic Assessment (MUSA) group[J]. Ultrasound Obstet

- Gynecol, 2015, 46(3):284-298.
- [9] 吴红花. 2011 年美国甲状腺学会“妊娠和产后甲状腺疾病诊断与治疗指南”摘编[J]. 中华围产医学杂志, 2013, 16(2):107-110.
- [10] Harmsen MJ, Van den Bosch T, de Leeuw RA, et al. Consensus on revised definitions of Morphological Uterus Sonographic Assessment (MUSA) features of adenomyosis: results of modified Delphi procedure[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2022, 60(1):118-131.
- [11] Moawad G, Kheil MH, Ayoubi JM, et al. Adenomyosis and infertility [J]. J Assist Reprod Genet, 2022, 39(5):1027-1031.
- [12] Huang FP, Zhang HL, Xie X, et al. A model for pregnancy rates after IVF-ET in patients with infertility and endometriosis [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2022, 26(19):7188-7194.
- [13] 易晓芳, 黄季华. 子宫腺肌病的患者教育及全程管理[J]. 山东大学学报(医学版), 2022, 60(7):32-35, 42.
- [14] 张萍, 应涛. 腔内超声在评价卵巢储备功能中的应用[J]. 上海医学, 2017, 40(12):775-778.
- [15] 乔宠, 刘彩霞, 赵扬玉. 高龄妇女瘢痕子宫再妊娠管理专家共识(2021 年版)[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2021, 37(5):558-563.
- [16] 卢佳. 三维超声联合 3D-PDUS 评估子宫内-肌层交界区功能以诊断子宫腺肌病并预测妊娠的研究[D]. 宜昌: 三峡大学, 2023.
- [17] Burgova EN, Tkachev NA, Adamyan LV, et al. Dinitrosyl iron complexes with glutathione suppress experimental endometriosis in rats[J]. Eur J Pharmacol, 2014, 15(3):140-147.
- [18] Omran E, El-Sharkawy M, El-Mazny A, et al. Effect of clomiphene citrate on uterine hemodynamics in women with unexplained infertility[J]. Int J Womens Health, 2018, 10(4):147-152.
- [19] 卢佳, 胡兵, 谢敏敏, 等. 子宫内-肌层交界区超声多参数对子宫腺肌病的诊断价值[J]. 放射学实践, 2023, 38(10):1307-1311.
- [20] Montanino Oliva M, Gambioli R, Forte G, et al. Unopposed estrogens: current and future perspectives [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2022, 26(8):2975-2989.
- [21] Kudla MJ, Alcázar JL. Spatiotemporal image correlation with spherical sampling and high-definition flow: new 4-dimensional method for assessment of tissue vascularization changes during the cardiac cycle: reproducibility analysis [J]. J Ultrasound Med, 2012, 31(1):73-80.

(收稿日期:2024-03-11)

(上接第 729 页)



A、B: 血管铸型图示肺动脉起始段与主动脉起始段平行, 动脉导管迂曲连接于左肺动脉与左头臂干之间, 主动脉弓位于气管右侧; C: 大体图示肺动脉起始段与主动脉起始段平行。AO: 主动脉; DA: 动脉导管; PA: 肺动脉; Tr: 气管

图 2 本例胎儿引产后血管铸型及大体图

像右位主动脉弓是由于胚胎期右主动脉弓及右背主动脉持续发育, 而左锁骨下动脉与降主动脉之间的左背主动脉退化而形成。动脉导管来源于胚胎期第 6 对弓动脉, 正常情况下左动脉导管持续发育, 右动脉导管退化消失。本例胎儿动脉导管未与降主动脉相连, 而是连接左肺动脉和左头臂干, 未形成血管环。2000 年国际胸外科医师协会和欧洲胸心外科协会提出了右室双出口的新分型^[2], 包括室间隔缺损型、法洛四联症型、大动脉转位型和室间隔缺损远端型。本例属于大动脉转位型。

临床上右室双出口需与法洛四联症、大动脉转位、永存动脉干鉴别诊断^[3]。法洛四联症的主动脉主要起自左室, 部分骑跨于室间隔之上, 室间隔缺损位于主动脉瓣下, 无动脉圆锥, 肺动脉起自右室, 并伴有肺动脉狭窄; 大动脉转位为大血管与心室的连接关系异常, 主动脉起自解剖学上的右室, 肺动脉起自解剖学上的左室, 两者起始段平行行走, 可能伴或不伴室间隔缺损; 永存动脉干为单一动脉干同时从左、右心室发出, 骑跨于

室间隔缺损之上, 且仅有一组半月瓣, 体循环、肺循环及冠循环的血供均直接来自动脉干。

总之, 血管铸型能立体显示右室双出口并右位主动脉弓胎儿的心脏形态和大血管位置关系^[4-5], 产前超声心动图联合血管铸型在诊断胎儿先天性心脏病方面具有重要的临床应用价值。

参考文献

- [1] Xu Z, Semple T, Gu H, et al. Double outlet ventricles: review of anatomic and imaging characteristics [J]. Heart, 2022, 109(12):905-912.
- [2] 张本青, 马凯, 李守军. 先天性心脏病外科治疗中国专家共识(七): 右心室双出口[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(8):851-856.
- [3] 梁新, 陈书文, 王晶, 等. 产前超声心动图在胎儿右室双出口诊断与鉴别诊断中的应用价值[J]. 临床超声医学杂志, 2012, 14(7):476-478.
- [4] Cao HY, Wang Y, Hong L, et al. Morphological features of complex congenital cardiovascular anomalies in fetuses: as evaluated by cast models [J]. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci, 2017, 37(4):596-604.
- [5] Wang Y, Zhang J, Zeng H, et al. Utility of modified vascular corrosion casting technique in the diagnosis of fetal ductus arteriosus abnormalities [J]. Sci Rep, 2020, 10(1):13158.

(收稿日期:2023-04-19)