

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2021.18.006
文章编号: 1005-8982 (2021) 18-0028-06

超声专题·论著

超声多参数评估妊娠期高血压疾病对胎儿心脏功能的影响*

王硕¹, 王兴滨¹, 侯志彦²

(本溪市中心医院 1.超声医学科, 2.产科, 辽宁 本溪 117000)

摘要: **目的** 探讨超声多参数评估妊娠期高血压疾病(HDP)对胎儿心脏功能的影响。**方法** 选取2019年2月—2021年1月本溪市中心医院收治的131例HDP患者, 其中75例为妊娠期高血压(妊娠期高血压组), 56例为子痫前期(子痫前期组)。另选取同期该院行超声检查的72例正常单胎妊娠孕妇作为对照组。对所有受试者进行胎儿超声心动图检查, 获取血流动力学和心功能参数。**结果** 各组受试者年龄、受检时孕周比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。妊娠期高血压组和子痫前期组收缩压、舒张压、24 h尿蛋白定量高于对照组($P < 0.05$), 子痫前期组高于妊娠期高血压组($P < 0.05$)。妊娠期高血压组和子痫前期组UA、DV、PV的PI和RI指数均高于对照组($P < 0.05$), AoI的PI和RI指数低于对照组($P < 0.05$); 子痫前期组UA、DV、PV的PI和RI指数高于妊娠期高血压组($P < 0.05$), AoI的PI和RI指数低于妊娠期高血压组($P < 0.05$)。妊娠期高血压组和子痫前期组左心室和右心室IVCT、IVRT长于对照组($P < 0.05$), MPI高于对照组($P < 0.05$), 二尖瓣和三尖瓣E、E/A低于对照组($P < 0.05$), 子痫前期组左心室和右心室IVCT、IVRT长于妊娠期高血压组($P < 0.05$), MPI高于妊娠期高血压组($P < 0.05$), 二尖瓣和三尖瓣E、E/A低于妊娠期高血压组($P < 0.05$)。HDP患者UA、DV、PV的PI和RI与收缩压呈正相关($r = 0.762、0.801、0.792、0.740、0.759$ 和 0.763 , 均 $P < 0.05$), 左心室IVCT、右心室IVCT、左心室IVRT、右心室IVRT、左心室MPI、右心室MPI与收缩压呈正相关($r = 0.749、0.748、0.752、0.749、0.839$ 和 0.802 , 均 $P < 0.05$)。AoI的PI和RI指数与收缩压呈负相关($r = -0.841$ 和 -0.802 , 均 $P < 0.05$), 二尖瓣E、二尖瓣E/A、三尖瓣E、三尖瓣E/A与收缩压呈负相关($r = -0.785、-0.802、-0.773$ 和 -0.815 , 均 $P < 0.05$), 其他指标与收缩压、舒张压和24 h尿蛋白定量无相关($P > 0.05$)。**结论** HDP可影响胎儿心功能, 且随着病情进展, 对心功能损害越大。超声多参数可准确检测胎儿心功能且改变血流动力学, 为临床评估HDP胎儿心功能提供重要信息。

关键词: 妊娠期高血压疾病; 孕妇; 超声检查; 心脏功能

中图分类号: R714.246

文献标识码: A

Multiparameter ultrasonic evaluation of the effects of hypertensive disorders of pregnancy on fetal cardiac function*

Shuo Wang¹, Xing-bin Wang¹, Zhi-yan Hou²

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Obstetrics, Benxi Central Hospital, Benxi, Liaoning 117000, China)

Abstract: Objective To evaluate the effects of hypertensive disorders of pregnancy (HDP) on fetal cardiac function using multiple parameters measured via ultrasound. **Methods** A total of 131 patients with HDP admitted to our hospital from February 2019 to January 2021 were selected, including 75 patients with gestational hypertension (gestational hypertension group), 56 patients with preeclampsia (preeclampsia group), and 72 healthy women with

收稿日期: 2021-05-10

*基金项目: 辽宁省科学技术研究发展计划项目(No.:2017L043)

[通信作者] 王兴滨, E-mail: Fwangshuo@163.com

singleton pregnancy as control group. Fetal echocardiography was performed on all subjects to obtain hemodynamic and cardiac function parameters. **Results** The age and gestational age when undergoing examinations of the pregnant women were not different among the groups ($P > 0.05$). The systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and the level of 24-hour urine protein were higher in the gestational hypertension group and preeclampsia group than in the control group, and were even greater in the preeclampsia group compared with the gestational hypertension group ($P < 0.05$). The resistance index (RI) and pulse index (PI) of fetal umbilical artery (UA), pulmonary vein (PV) and ductus venosus (DV) were higher, while those of aortic isthmus (AOI) were lower in the gestational hypertension group and preeclampsia group compared with the control group ($P < 0.05$). In comparison to the gestational hypertension group, RI and PI of UA, PV and DV were higher yet those of AOI were lower in the preeclampsia group ($P < 0.05$). Across the groups, the isovolumic contraction time (IVCT) and isovolumic relaxation time (IVRT) were shortest in the control group and longest in the preeclampsia group ($P < 0.05$), while myocardial performance index (MPI) was lowest in the control group and highest in the preeclampsia group ($P < 0.05$). Besides, the E-wave and the ratio between E-wave and A-wave (E/A ratio) of the mitral and tricuspid valves were lowest in the preeclampsia group and highest in the control group ($P < 0.05$). Correlation analysis showed that PI and RI of UA, DV and PV ($r = 0.762, 0.801, 0.792, 0.740, 0.759$ and 0.763 , all $P < 0.05$), as well as IVCT, IVRT and MPI of left and right ventricles ($r = 0.749, 0.748, 0.752, 0.749, 0.839$ and 0.802 , all $P < 0.05$) were all positively correlated with systolic blood pressure. On the contrary, the PI and RI of AOI ($r = -0.841$ and -0.802 , both $P < 0.05$), as well as E-wave and E/A ratio of mitral and tricuspid valves ($r = -0.785, -0.802, -0.773$ and -0.815 , all $P < 0.05$) were negatively correlated with systolic blood pressure. Other parameters were not correlated with systolic blood pressure, diastolic blood pressure or the level of 24-hour urine protein ($P > 0.05$). **Conclusions** HDP can affect fetal cardiac function, and the damage to cardiac function becomes severer with the progression of the disease. Multiple parameters measured via ultrasound can accurately detect fetal cardiac function and hemodynamic changes, and therefore provide important information for clinical evaluation of fetal cardiac function in pregnant women with HDP.

Keywords: ultrasound; hypertensive disorders of pregnancy; cardiac function; perinatal medicine; cardiac-function

妊娠期高血压疾病 (hypertensive disorders of pregnancy, HDP) 是以高血压、蛋白尿、水肿为主要临床表现的妊娠期间常见合并症, 2018 年国际妊娠期高血压研究学会颁布的 HDP 分类、诊断和管理指南将其分为妊娠期高血压和先兆子痫^[1], 流行病学研究显示 HDP、妊娠期高血压和先兆子痫发病率分别为 5.2% ~ 8.2%、1.8% ~ 4.4% 和 0.2% ~ 9.2%^[2]。HDP 不仅导致母体心脏受损, 还加重胎儿宫内缺氧, 影响胎儿的心脏发育^[3], 导致胎儿心脏功能异常^[4]。超声是产科常用的检查手段, 可发现胎儿心脏结构和功能异常, 有助于评估 HDP 对胎儿心脏功能的影响^[5]。鉴于此, 本研究尝试将超声多参数用于评估 HDP 对胎儿心脏功能的影响。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2019 年 2 月—2021 年 1 月本溪市中心医院收治的 131 例 HDP 患者, 其中 75 例妊娠期高血压患者作为妊娠期高血压组, 56 例子痫前期患者作

为子痫前期组。纳入标准: ①符合 2018 年国际妊娠期高血压研究学会拟定的 HDP 诊断标准, 经临床诊断为 HDP^[1]; ②经 B 超证实单活胎妊娠; ③于本院产科门诊行胎儿超声检查, 资料完整。排除标准: ①妊娠期同时合并糖尿病、肾炎、肝内胆汁淤积等妊娠期合并症; ②双胎或多胎妊娠, 胎盘前置、早剥, 产前诊断胎儿染色体异常; ③死胎或严重脐绕颈。另选取同期于本院行超声检查的 72 例正常单活胎妊娠孕妇作为对照组, 排除妊娠糖尿病、HDP、心脏病等合并症。

1.2 方法

Voluson E10 彩色多普勒超声诊断仪 (美国 GE 公司), 3D 容积探头频率 4 ~ 8 MHz。孕妇平躺暴露腹部, 平静呼吸, 超声探头涂抹耦合剂后置于孕妇下腹部。先行二维灰阶超声探查, 测量胎儿头围、双顶径、股骨长、腹围, 计算胎龄。启动组织多谱勒成像模式, 分别于胎盘脐带连接口至胎儿腹部脐带入口定位脐动脉 (umbilical artery, UA), 胎儿心脏三血管气管切面主动脉弓处 (血管

与多普勒超声束呈 $0 \sim 30^\circ$ 夹角)定位主动脉峡部 (aortic isthmus, AoI), 胎儿胸部横切四腔心切面 (血管与多普勒超声束角度 $< 20^\circ$) 定位胎儿肺静脉 (pulmonary vein, PV), 胎儿腹部横切面 (血管与多普勒超声束角度 $< 30^\circ$) 定位胎儿静脉导管 (ductus venosus, DV), 将取样容积调到适宜宽度, 分别测量 UA、AoI、DV、PV 的阻力指数 (resistance index, RI) 和搏动指数 (pulsatility index, PI)。于二尖瓣后叶与二尖瓣环连接处以及三尖瓣前叶与三尖瓣环连接处 (房室瓣环运动方向与多普勒超声束角度 $< 20^\circ$) 获得 3 个瓣环运动频谱, 测量胎儿左心室和右心室的等容收缩时间 (isovolumic contraction time, IVCT)、等容舒张时间 (isovolumic relaxation time, IVRT)、射血时间 (ejection time, ET), 胎儿二尖瓣和三尖瓣舒张早期充盈峰最大充盈速度 (E 波) 和舒张晚期充盈峰最大峰值速度 (A 波), 计算右心室做功指数 (myocardial performance index, MPI), $MPI = (IVCT + IVRT) / ET$, 计算 E/A 值。见图 1、2。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 25.00 统计软件。计量资料

以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 或中位数和四分位数 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示, 比较用方差分析或 H 检验, 进一步的两两比较用 LSD- t 检验, 相关性分析用 Pearson 法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组受试者基线资料比较

各组受试者年龄、受检时孕周比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。各组收缩压、舒张压、24 h 尿蛋白定量比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 妊娠期高血压组和子痫前期组高于对照组, 子痫前期组高于妊娠期高血压组。见表 1。

2.2 各组受试者超声血流动力学参数比较

各组受试者 UA、DV、PV、AoI 的 PI 和 RI 指数比较, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 妊娠期高血压组和子痫前期组 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 指数高于对照组, AoI 的 PI 和 RI 指数低于对照组; 子痫前期组 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 指数高于妊娠期高血压组, AoI 的 PI 和 RI 指数低于妊娠期高血压组。见表 2。

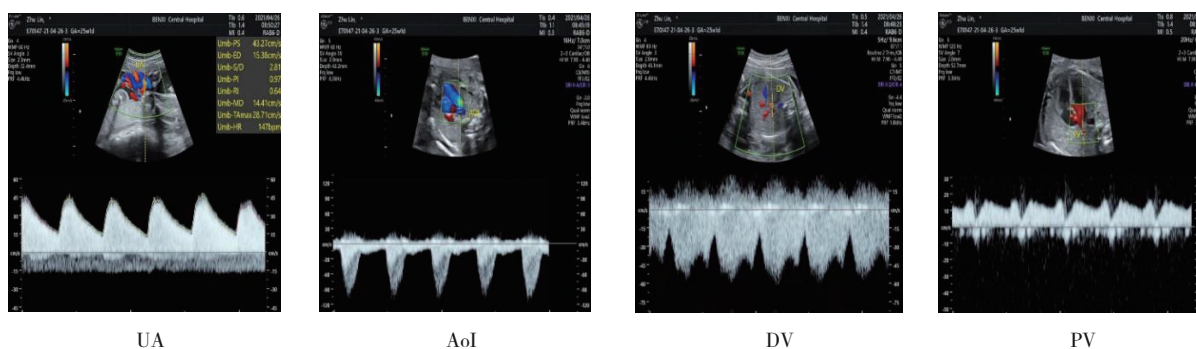


图 1 血流频谱图



图 2 运动频谱图

表 1 各组受试者基线资料比较

组别	n	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	受检时孕周/M(P_{25}, P_{75})	收缩压/(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	舒张压/(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	24 h 尿蛋白定量/(g/24 h, $\bar{x} \pm s$)
妊娠期高血压组	75	28.13 ± 4.15 ^①	28.02(26, 30) ^①	149.12 ± 8.16 ^①	97.12 ± 6.43 ^①	2.65 ± 0.49 ^①
子痫前期组	56	29.02 ± 4.08 ^{①②}	28.11(26, 30) ^{①②}	168.35 ± 5.11 ^{①②}	106.52 ± 3.42 ^{①②}	4.53 ± 0.91 ^{①②}
对照组	72	28.77 ± 4.03	28.35(26, 30)	108.32 ± 6.11	62.35 ± 4.58	0.08 ± 0.02
F/H 值		0.853	0.359	1370.156	1400.926	1013.779
P 值		0.428	0.699	0.000	0.000	0.000

注: ①与对照组比较, $P < 0.05$; ②与妊娠期高血压组比较, $P < 0.05$ 。

表 2 各组受试者超声血流动力学参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	UA		AoI		DV		PV	
		RI	PI	RI	PI	RI	PI	RI	PI
妊娠期高血压组	75	0.86 ± 0.16 ^①	1.18 ± 0.21 ^①	0.75 ± 0.12 ^①	2.02 ± 0.31 ^①	0.58 ± 0.16 ^①	0.79 ± 0.18 ^①	0.60 ± 0.09 ^①	0.95 ± 0.16 ^①
子痫前期组	56	0.95 ± 0.21 ^{①②}	1.27 ± 0.25 ^{①②}	0.69 ± 0.09 ^{①②}	1.87 ± 0.23 ^{①②}	0.69 ± 0.18 ^{①②}	0.92 ± 0.19 ^{①②}	0.77 ± 0.12 ^{①②}	1.12 ± 0.19 ^{①②}
对照组	72	0.66 ± 0.12	1.08 ± 0.14	0.87 ± 0.16	2.32 ± 0.37	0.48 ± 0.11	0.64 ± 0.12	0.52 ± 0.09	0.82 ± 0.13
F/H 值		54.322	14.218	33.078	34.86	30.697	46.348	102.19	55.811
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注: ①与对照组比较, $P < 0.05$; ②与妊娠期高血压组比较, $P < 0.05$ 。

2.3 各组胎儿心功能参数比较

各组胎儿左心室 IVCT、左心室 IVRT、左心室 MPI、右心室 IVCT、右心室 IVRT、右心室 MPI、二尖瓣 E、二尖瓣 E/A、三尖瓣 E、三尖瓣 E/A 比较, 经单因素方差分析, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。进一步两两比较, 妊娠期高血压组和子痫前期组左心室和右心室 IVCT、IVRT 长于对照组 ($P < 0.05$), MPI 高于对照组 ($P < 0.05$), 二尖瓣和三尖瓣 E、E/A 低于对照组 ($P < 0.05$), 子痫前期组左心室和右心室 IVCT、IVRT 长于妊娠期高血压组 ($P < 0.05$), MPI 高于妊娠期高血压组 ($P < 0.05$), 二尖瓣和三尖瓣 E、E/A 低于妊娠期高血压组 ($P < 0.05$)。

各组胎儿其他指标比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 3。

2.4 各超声参数与 HDP 患者血压、24 h 尿蛋白定量的相关性

HDP 患者 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 与收缩压呈正相关 ($P < 0.05$), 左心室 IVCT、右心室 IVCT、左心室 IVRT、右心室 IVRT、左心室 MPI、右心室 MPI 与收缩压呈正相关 ($P < 0.05$)。AoI 的 PI 和 RI 指数与收缩压呈负相关 ($P < 0.05$), 二尖瓣 E、二尖瓣 E/A、三尖瓣 E、三尖瓣 E/A 与收缩压呈负相关 ($P < 0.05$), 其他指标与收缩压、舒张压和 24 h 尿蛋白定量无相关 ($P > 0.05$)。见表 4。

表 3 各组胎儿心功能参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	左心室 IVCT/ms	左心室 IVRT/ms	左心室 ET/ms	左心室 MPI	右心室 IVCT/ms	右心室 IVRT/ms
妊娠期高血压组	75	46.21 ± 6.52 ^①	45.12 ± 5.98 ^①	178.15 ± 15.21	0.51 ± 0.10 ^①	50.32 ± 11.35 ^①	47.85 ± 10.54 ^①
子痫前期组	56	51.32 ± 8.19 ^{①②}	52.34 ± 8.99 ^{①②}	178.12 ± 14.65	0.56 ± 0.11 ^{①②}	55.12 ± 13.65 ^{①②}	52.31 ± 12.80 ^{①②}
对照组	72	38.65 ± 5.19	40.91 ± 6.79	179.19 ± 16.35	0.42 ± 0.08	42.61 ± 9.51	40.32 ± 8.12
F 值		60.007	39.99	0.154	35.297	19.718	21.791
P 值		0.000	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000

续表 3

组别	右心室ET/ ms	右心室MPI	二尖瓣E/ (m/s)	二尖瓣A/ (m/s)	二尖瓣E/A	三尖瓣E/ (m/s)	三尖瓣A/ (m/s)	三尖瓣E/A
妊娠期高血压组	177.15 ± 15.32	0.53 ± 0.10 ^①	0.30 ± 0.06 ^①	0.57 ± 0.05	0.52 ± 0.16 ^①	0.34 ± 0.06 ^①	0.63 ± 0.15	0.53 ± 0.06 ^①
子痫前期组	178.02 ± 15.64	0.61 ± 0.13 ^{①②}	0.27 ± 0.05 ^{①②}	0.57 ± 0.06	0.46 ± 0.12 ^{①②}	0.30 ± 0.03 ^{①②}	0.62 ± 0.13	0.50 ± 0.03 ^{①②}
对照组	178.23 ± 15.87	0.47 ± 0.09	0.34 ± 0.09	0.58 ± 0.13	0.58 ± 0.10	0.41 ± 0.12	0.64 ± 0.16	0.62 ± 0.15
F 值	0.098	27.509	16.191	0.294	11.419	30.171	0.287	27.182
P 值	0.907	0.000	0.000	0.746	0.000	0.000	0.751	0.000

注：①与对照组比较, $P < 0.05$; ②与妊娠期高血压组比较, $P < 0.05$ 。

表 4 各超声参数与HDP患者血压、24h尿蛋白定量的相关性

超声参数	收缩压		舒张压		24 h尿蛋白定量	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
UA RI	0.740	0.000	0.205	0.716	0.219	0.682
UA PI	0.762	0.000	0.223	0.659	0.227	0.665
AoI RI	-0.802	0.000	-0.218	0.685	-0.208	0.691
AoI PI	-0.841	0.000	-0.209	0.687	-0.226	0.667
DV RI	0.759	0.000	0.251	0.583	0.232	0.630
DV PI	0.801	0.000	0.263	0.542	0.217	0.689
PV RI	0.763	0.000	0.241	0.603	0.235	0.623
PV PI	0.792	0.000	0.195	0.769	0.165	0.842
左心室IVCT	0.749	0.000	0.178	0.805	0.149	0.861
左心室IVRT	0.752	0.000	0.203	0.719	0.197	0.753
左心室ET	0.232	0.619	0.141	0.872	0.135	0.887
左心室MPI	0.839	0.000	0.238	0.619	0.206	0.715
右心室IVCT	0.748	0.000	0.198	0.751	0.167	0.839
右心室IVRT	0.749	0.000	0.242	0.601	0.225	0.669
右心室ET	0.257	0.573	0.107	0.928	0.096	0.952
右心室MPI	0.802	0.000	0.219	0.684	0.182	0.792
二尖瓣E	-0.785	0.000	-0.210	0.700	-0.185	0.780
二尖瓣A	0.209	0.785	0.113	0.913	0.106	0.936
二尖瓣E/A	-0.802	0.000	-0.245	0.596	-0.215	0.716
三尖瓣E	-0.773	0.000	-0.208	0.689	-0.186	0.776
三尖瓣A	0.241	0.603	0.136	0.891	0.105	0.939
三尖瓣E/A	-0.815	0.000	-0.221	0.638	-0.203	0.729

3 讨论

HDP 是妊娠期最为严重的并发症之一，HDP 孕妇全身小血管痉挛可引起外周循环阻力增加，

增加左心室后负荷，逐渐引起不可逆的左心室肥厚，导致心脏收缩功能下降，舒张功能受损^[6]。HDP 不仅可引起早产、低出生体重、婴儿早期生长发育缓慢、神经发育不良^[7]，还可对胎儿产生深远的影响，全身小血管痉挛导致脐动脉血管阻力增加，胎盘血供减少，引起宫内血液、氧气供应不足，为保护胎儿重要器官供血，代偿性扩张血管，增加静脉血液回流，继而导致心脏负荷增加，收缩、舒张功能降低^[8-9]。

AoI 是胎儿时期连接和分流左右心动脉的唯一通道，其血流状态取决于收缩期左右心室输出量以及舒张期大脑动脉与胎盘血流阻力之间的平衡^[10]。可见检测 UA、AoI、DV、PV 的 PI 以及 RI 有助于间接了解胎儿心功能。贺英^[11]的报道也显示 HDP 孕妇胎儿 DV 的 PI 和 RI 指数增加。分析其原因为 HDP 导致胎儿血供不足，代偿性增加静脉血液回流，导致 PI 和 RI 指数增加。本研究妊娠期高血压组和子痫前期组 AoI 的 PI 和 RI 指数降低，其原因为 AoI 连接左右两套循环系统，是胎儿血液循环关键位置，AoI 血流受心脏收缩和外周循环阻力的双重影响，由于 HDP 可导致滋养细胞侵袭不足，胎盘血管密度降低，发育受限，母胎血液交流障碍^[12]，为保护大脑、心脏重要器官，胎儿通过神经体液调节机制扩张脑、心脏血管保证血氧供给^[13]，因此 HDP 发生时胎儿的 AoI 血管床阻力降低。

本研究妊娠期高血压组和子痫前期组二尖瓣和三尖瓣的 E、E/A 较对照组明显降低，E/A 反映心脏舒张功能，心脏顺应性和前负荷状态^[14]，正常妊娠 E/A 随孕周的增大，胎儿舒张功能的成熟而逐渐增大，但 HDP 的发生可引起胎儿宫内缺血缺氧，为保护胎儿重要器官供血，代偿性扩张血管增加静脉

血液回流, 增加胎儿心脏后负荷, 心室顺应性降低和充盈减少, 表现为 A 波增高, E/A 降低^[15]。MPI 即 Tei 指数, 是一种简单, 可靠且可重复的测量的心肌功能指数, 可敏感反映心脏收缩和舒张功能, 且不受心率影响。刘艳华等^[4]也指出 HDP 晚期胎儿 Tei 指数明显高于正常妊娠孕妇。

本研究发子痫前期组 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 指数以及 IVCT、IVRT、MPI 较妊娠期高血压组高, AoI 的 PI 和 RI 指数以及二尖瓣和三尖瓣 E、E/A 较妊娠期高血压组低, 说明子痫前期组胎儿心功能损害更为严重。相关性分析结果显示 HDP 患者 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 与收缩压呈正相关, 左心室 IVCT、右心室 IVCT、左心室 IVRT、右心室 IVRT、左心室 MPI、右心室 MPI 与收缩压呈正相关。AoI 的 PI 和 RI 指数与收缩压呈负相关, 二尖瓣 E、二尖瓣 E/A、三尖瓣 E、三尖瓣 E/A 与收缩压呈负相关。说明随着收缩压的增高, HDP 对胎儿心功能的影响进一步加大, 心功能损害更为明显, 这也解释了子痫前期组胎儿心功能损害更重的原因。

综上所述, 与正常孕妇比较, HDP 孕妇胎儿 UA、DV、PV 的 PI 和 RI 指数以及左心室和右心室 MPI 明显升高, IVCT、IVRT 明显增长, AoI 的 PI 和 RI 指数以及二尖瓣和三尖瓣 E、E/A 明显降低, HDP 可导致胎儿心功能受损, 且随着病情进展心功能损害更严重。超声多普勒参数可准确测量胎儿心功能和血流动力学改变, 有助于心功能的评估。

参 考 文 献 :

- [1] BROWN M A, MAGEE L A, KENNY L C, et al. The hypertensive disorders of pregnancy: ISSHP classification, diagnosis & management recommendations for international practice[J]. *Pregnancy Hypertens*, 2018, 13: 291-310.
- [2] UMESAWA M, KOBASHI G. Epidemiology of hypertensive disorders in pregnancy: prevalence, risk factors, predictors and prognosis[J]. *Hypertens Res*, 2017, 40(3): 213-220.
- [3] THORNBURG K L, DRAKE R, VALENT A M. Maternal hypertension affects heart growth in offspring[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(9): e016538.
- [4] 刘艳华, 王凤兰, 杜明祯, 等. 妊娠期高血压疾病对晚期胎儿

心脏 Tei 指数的影响[J]. *中国误诊学杂志*, 2011, 11(18): 4326.

- [5] 刘莉, 王战云, 曲延俊, 等. 多普勒超声评价妊娠期高血压疾病胎儿心功能的研究[J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2019, 53(5): 510-512.
- [6] HIEDA M, YOO J K, SUN D D, et al. Time course of changes in maternal left ventricular function during subsequent pregnancy in women with a history of gestational hypertensive disorders[J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2018, 315(4): R587-R594.
- [7] ZWERTBROEK E F, FRANSSEN M T M, BROEKHUIJSEN K, et al. Neonatal developmental and behavioral outcomes of immediate delivery versus expectant monitoring in mild hypertensive disorders of pregnancy: 2-year outcomes of the HYPITAT-II trial[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2019, 221(2): 154.
- [8] SIEGMUND A S, KAMPMAN M A M, BILARDO C M, et al. Pregnancy in women with corrected aortic coarctation: uteroplacental doppler flow and pregnancy outcome[J]. *Int J Cardiol*, 2017, 249: 145-150.
- [9] DUCSAY C A, GOYAL R, PEARCE W J, et al. Gestational hypoxia and developmental plasticity[J]. *Physiol Rev*, 2018, 98(3): 1241-1334.
- [10] 陈桂红, 张燕宏, 李伟娟. 超声测量正常胎儿主动脉峡部内径的应用价值[J]. *河北医药*, 2013, 35(19): 2950-2951.
- [11] 贺英. 彩色多普勒超声评价妊娠期高血压疾病对胎儿心功能的影响[J]. *临床超声医学杂志*, 2015, 17(08): 552-554.
- [12] 彭梅, 喻玲, 丁依玲, 等. 子痫前期胎盘床滋养细胞浸润程度及其螺旋动脉和微血管的变化[J]. *南大学学报(医学版)*, 2008, 33(2): 121-129.
- [13] 宋桃桃, 解丽梅. 产前超声评价子痫前期患者胎儿主动脉峡部收缩指数的临床价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(11): 1018-1021.
- [14] 夏殉, 李胜利, 余艳红, 等. 超声速度向量成像技术评价胎儿左心发育不良综合征右心室功能[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(11): 3321-3322.
- [15] 冯艳红, 张华荣, 吴世慧, 等. 脉冲组织多普勒超声评价妊娠期高血压综合征胎儿心脏功能[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(7): 88-90.

(李科 编辑)

本文引用格式: 王硕, 王兴滨, 侯志彦. 超声多参数评估妊娠期高血压疾病对胎儿心脏功能的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(18): 28-33.

Cite this article as: WANG S, WANG X B, HOU Z Y. Multiparameter ultrasonic evaluation of the effects of hypertensive disorders of pregnancy on fetal cardiac function[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2021, 31(18): 28-33.