

Correlations of liver region distribution of umbilical blood flow at the middle and third trimester with gestational age and growth indicators

WANG Ruijie¹, DONG Xiujuan^{1*}, XIE Yanhua¹, HUANG Hui²,

LI Kun¹, XU Yaoxuan¹, ZUO Yunpeng¹

(1. Department of Ultrasound, 2. Statistical Office, Xuzhou Maternal and Child Health Hospital,

Affiliated to Xuzhou Medical University, Xuzhou 221009, China)

[Abstract] **Objective** To explore the correlations of distribution status of umbilical blood flow in liver region at the middle and third trimester with gestational age (GA) and growth indicators. **Methods** Ultrasonography was performed on 714 fetuses with GA with GA of 17—40⁺ weeks. Fetal growth indicators, including biparietal diameter (BPD), head circumference (HC), abdominal circumference (AC), femur length (FL) and body weight were recorded. Internal diameter (D_{UV} , D_{PS} , D_{DV}) of abdominal segment of umbilical vein (UV), portal sinus (PS) and the beginning segment of ductus venosus (DV), also the corresponding maximum blood flow velocity (V_{UV} , V_{PS} , V_{DV}) were measured, and the volume of blood flow within UV, DV, left portal vein (LPV) and right portal vein (RPV), *i. e.* Q_{UV} , Q_{DV} , Q_{LPV} and Q_{RPV} were calculated. The correlations of fetal umbilical blood flow related parameters with GA and growth indicators were analyzed. **Results** Fetal D_{UV} , D_{PS} , D_{DV} , V_{UV} and V_{PS} were positively correlated with GA ($r=0.907$, 0.901 , 0.874 , 0.393 and 0.301 , all $P<0.001$), while no significant correlation of V_{DV} with GA was found ($P=0.817$). Fetal Q_{UV} , Q_{DV} , Q_{LPV} and Q_{RPV} were positively correlated with GA ($r_s=0.904$, 0.895 , 0.797 and 0.761 , all $P<0.05$). DV shunt rate were negatively correlated with GA and growth indicators BPD, HC, AC, FL and body weight ($r_s=-0.302$, -0.306 , -0.311 , -0.332 , -0.304 , -0.321 , all $P<0.001$), while LPV shunt rate was positively correlated with the above parameters ($r_s=0.245$, 0.221 , 0.228 , 0.236 , 0.230 , 0.230 , all $P<0.001$), but RPV shunt rate was not correlated with the above parameters (all $P>0.05$). **Conclusion** Fetal umbilical blood flow distribution in the liver region at the middle and third trimester had certain correlations with GA and growth indicators.

[Keywords] fetus; umbilical vein; portal vein; hemodynamics; ultrasonography; prenatal

DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2022.11.008

中晚期胎儿肝区脐血流分布状态与胎龄及生长指标的相关性

王睿婕¹, 董秀娟^{1*}, 解艳华¹, 黄 辉², 李 坤¹, 许瑶璇¹, 左云鹏¹

(1. 徐州医科大学附属徐州妇幼保健院超声科, 2. 统计室, 江苏 徐州 221009)

[摘 要] **目的** 分析妊娠中晚期胎儿肝区脐血流分布状态与胎龄及生长指标的相关性。 **方法** 对 714 胎龄 17~40⁺ 周发育正常胎儿行超声检查, 记录胎儿生长指标, 包括双顶径、头围、腹围、股骨长及体质量; 测量胎儿脐静脉(UV)腹内段(D_{UV})、门静脉窦(PS)起始段(D_{PS})、静脉导管(DV)起始段(D_{DV})内径及其相应最大血流速度 V_{UV} 、 V_{PS} 和 V_{DV} , 计算

[基金项目] 徐州市卫生健康委科技计划项目(XWKYHT20200032)。

[第一作者] 王睿婕(1983—), 女, 江苏徐州人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 妇产科超声诊断。E-mail: wangruijie091118@163.com

[通信作者] 董秀娟, 徐州医科大学附属徐州妇幼保健院超声科, 221009。E-mail: 64922607@qq.com

[收稿日期] 2022-07-12 **[修回日期]** 2022-08-13

UV、DV、左门静脉(LPV)及右门静脉(RPV)血流量,即 Q_{UV} 、 Q_{DV} 、 Q_{LPV} 、 Q_{RPV} ;分析脐血流相关参数与胎龄及生长指标的相关性。**结果** 胎儿 D_{UV} 、 D_{PS} 、 D_{DV} 及 V_{UV} 、 V_{PS} 均与胎龄呈正相关($r=0.907, 0.901, 0.874, 0.393, 0.301$, P 均 <0.001), V_{DV} 与胎龄无明显相关性($P=0.817$);胎儿 Q_{UV} 、 Q_{DV} 、 Q_{LPV} 及 Q_{RPV} 与胎龄呈正相关($r_s=0.904, 0.895, 0.797, 0.761$, P 均 <0.05)。DV 分流率与胎龄及双顶径、头围、腹围、股骨长及体质量均呈负相关($r_s=-0.302, -0.306, -0.311, -0.332, -0.304, -0.321$, P 均 <0.001), LPV 分流率与上述参数均呈正相关($r_s=0.245, 0.221, 0.228, 0.236, 0.230, 0.230$, P 均 <0.001), RPV 分流率与上述参数均无明显相关性(P 均 >0.05)。**结论** 妊娠中晚期胎儿肝区脐血流分布状态与胎龄及生长指标具有一定相关性。

[关键词] 胎儿;脐静脉;门静脉;血流动力学;超声检查;产前

[中图分类号] R714.5; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8475(2022)11-0705-05

脐静脉(umbilical vein, UV)是胎儿自母体获取营养的唯一渠道,其在肝区的分布状态直接影响胎儿生长发育。既往研究^[1-4]多集中于定性评价脐-门静脉系统,如血管分布、连接等有无异常。本研究应用脉冲多普勒联合高分辨率血流成像(high definition flow, HD-Flow)观察妊娠中晚期胎儿肝区 UV 血流分布状态与胎龄及生长指标的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2020 年 12 月—2022 年 3 月 714 名于徐州妇幼保健院规律产检的孕妇,年龄 18~45 岁,平均(29.3 ± 4.2)岁;孕龄 17~40⁺周,101 名孕 17~20⁺周、111 名 21~24⁺周、130 名 25~28⁺周、128 名 29~32⁺周、129 名 33~36⁺周、115 名 37~40⁺周;出生胎龄 37~40⁺周,482 胎顺产、232 胎经剖宫产。纳入标准:①单胎妊娠,孕前月经规律,孕龄与孕早期超声评估结果相差小于 1 周;既往体健,无不良嗜好,无妊娠高血压及糖尿病等影响胎儿生长发育疾病;②常规超声检查胎儿各项生长指标与孕周相符,系统筛查未见明显畸形;③新生儿出生后 1~5 min Apgar 评分 8~10 分,出生后 72 h 未见明显异常表现。本研究经院伦理委员会批准[批准号:(2020)伦审第(12)号],所有孕妇均知情

并签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Voluson E8、GE Voluson E10 彩色多普勒超声诊断仪,腹部探头、频率 2~9 MHz,以二维超声测量胎儿生长发育指标,包括双顶径、头围、腹围及股骨长,计算体质量,均测量 3 次取均值;以“三平面”法^[5]扫查胎儿脐-门静脉系统;在胎儿安静状态下于其上腹部横切面测量 UV 腹内段内径(记为 D_{UV})、门静脉窦(portal sinus, PS)内径(记为 D_{PS}),以及其最大血流速度 V_{UV} 、 V_{PS} (图 1);于上腹部旁矢状切面或略后上方斜横切面测量静脉导管(ductus venosus, DV)起始段内径(D_{DV} ,图 1A)及其最大血流速度(V_{DV} ,图 2B、2C),测量 3 次取平均值。以脉冲多普勒联合 HD-Flow 测量血流速度,使声束方向尽可能与血流平行,校正角度 $<30^\circ$,脉冲多普勒取样容积宽度为 1~3 mm,至少连续观察 5 个心动周期后冻结图像进行分析。根据血流动力学公式计算 UV (Q_{UV})、PS (Q_{PS}) 及 DV (Q_{DV}) 血流量, $Q_{UV} = 0.5 \times V_{UV} \times \pi \times (D_{UV}/2)^2$, $Q_{PS} = 0.5 \times V_{PS} \times \pi \times (D_{PS}/2)^2$;采用校正血流量公式^[6]计算 Q_{DV} : $Q_{DV} = 0.7 \times V_{DV} \times \pi \times (D_{DV}/2)^2$;并计算以下相关参数:左门静脉(left portal vein, LPV)血流量(Q_{LPV})= $Q_{UV} - Q_{PS}$,右门静

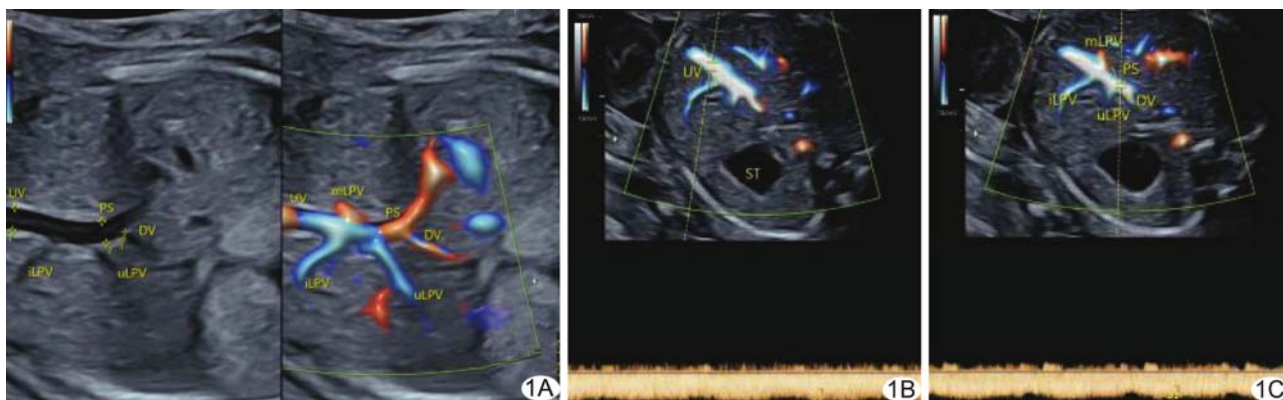


图 1 测量胎儿 D_{UV} 、 D_{PS} 、 D_{DV} 及 V_{UV} 、 V_{PS} 示意图 A. 于胎儿上腹部横切面测量 D_{UV} 、 D_{PS} 、 D_{DV} ; B、C. 于上腹部横切面测量 V_{UV} (B) 及 V_{PS} (C) (iLPV 为肝左外叶下段支; mLPV 为肝左内叶支; uLPV 为肝左外叶上段支; ST 为胃泡)

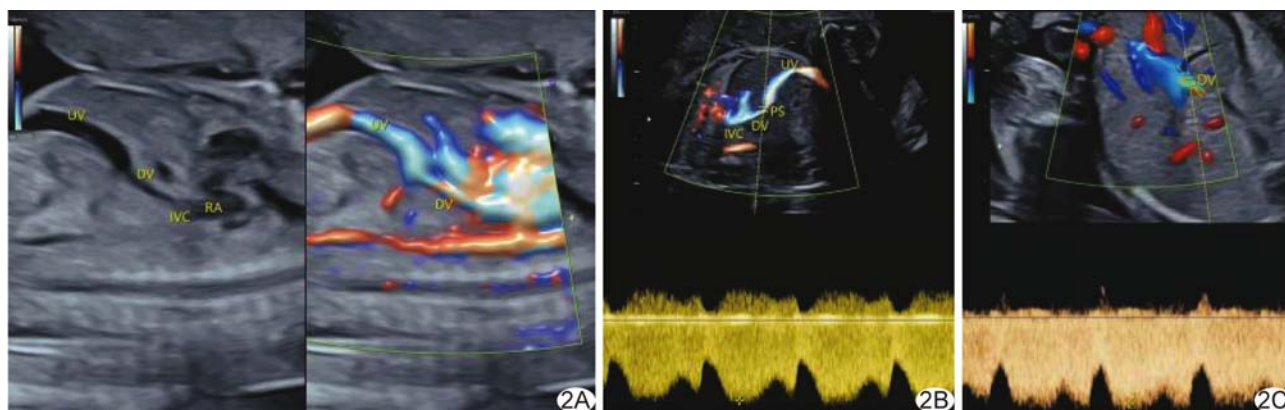


图2 胎儿DV声像图及测量VDV示意图 A. 胎儿上腹部旁矢状切面声像图示DV; B. 于上腹部旁矢状切面(B)或斜横切面(C)测量VDV (IVC为下腔静脉;RA为右心房)

脉(right portal vein, RPV)血流量(Q_{RPV})= $Q_{PS}-Q_{DV}$, DV分流率= $Q_{DV}/Q_{UV} \times 100\%$, LPV分流率= $Q_{LPV}/Q_{UV} \times 100\%$, RPV分流率= $Q_{RPV}/Q_{UV} \times 100\%$ 。

1.3 统计学分析 采用SPSS 26.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料,以单因素方差分析行多组间比较,以LSD-*t*法行两两比较;以中位数(上下四分位数)表示不符合正态分布者,采用Kruskal-Wallis *H* 检验行多组间比较,以Bonferroni法行组间两两比较。采用Pearson 或Spearman 相关分析评估相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 UV、PS 及 DV 内径和流速与胎龄的相关性 714 胎胎儿 D_{UV} 、 D_{PS} 及 D_{DV} 均随胎龄增加而加大,不同胎龄胎儿 V_{UV} 、 V_{PS} 及 V_{DV} 总体差异均有统计学意义(P 均 < 0.001 , 表 1), 且均与胎龄呈正相关($r = 0.907$ 、 0.901 、 0.874 , P 均 < 0.001); V_{UV} 、 V_{PS} 与胎龄呈正相关($r = 0.393$ 、 0.301 , P 均 < 0.001), V_{DV} 与胎龄无明显相关性($P = 0.817$)。

2.2 Q_{UV} 、 Q_{DV} 、 Q_{LPV} 及 Q_{RPV} 与胎龄的相关性 714 胎胎儿 Q_{UV} 、 Q_{DV} 、 Q_{LPV} 及 Q_{RPV} 均随胎龄增加而加大(表

2), 且均与胎龄呈正相关($r_s = 0.904$ 、 0.895 、 0.797 、 0.761 , P 均 < 0.05 , 图 3)。

2.3 DV、LPV 及 RPV 分流率与胎龄及生长指标的相关性 不同胎龄胎儿 DV 及 LPV 分流率总体差异均有统计学意义(P 均 < 0.01), RPV 分流率总体差异无统计学意义($P = 0.16$), 见表 2。DV 分流率与胎龄呈负相关($r_s = -0.302$, $P < 0.001$), LPV 分流率与胎龄呈正相关($r_s = 0.245$, $P < 0.001$), RPV 分流率与胎龄无明显相关性($r_s = -0.035$, $P = 0.355$)。

双顶径、头围、腹围、股骨长及体质量均与胎龄呈正相关($r = 0.976$ 、 0.974 、 0.983 、 0.984 、 0.965 , P 均 < 0.001), 与 LPV 分流率均呈正相关($r_s = 0.221$ 、 0.228 、 0.236 、 0.230 、 0.230 , P 均 < 0.001), 与 DV 分流率均呈负相关($r_s = -0.306$ 、 -0.311 、 -0.332 、 -0.304 、 -0.321 , P 均 < 0.001), 与 RPV 分流率无明显相关性(P 均 > 0.05)。

3 讨论

脐-门静脉系统由胚胎期卵黄静脉和 UV 经过复杂吻合、退化演变而来, 主要包括 UV、门静脉和 DV^[7], 虽其胚胎起源不同, 但可视为一个功能整体。

表1 714 胎不同胎龄胎儿 UV、PS 及 DV 内径与血流速度比较

胎龄(周)	D_{UV} (cm)	D_{PS} (cm)	D_{DV} (cm)	V_{UV} (cm/s)	V_{PS} (cm/s)	V_{DV} (cm/s)
17~20 ⁺ 6 ($n=101$)	0.27±0.04	0.23±0.04	0.07±0.01	19.88±3.11	17.13±2.64	55.28±7.26
21~24 ⁺ 6 ($n=111$)	0.36±0.04 ^a	0.31±0.04 ^a	0.09±0.01 ^a	22.27±3.69 ^a	19.28±3.09 ^a	62.51±10.07 ^a
25~28 ⁺ 6 ($n=130$)	0.44±0.05 ^{ab}	0.37±0.04 ^{ab}	0.11±0.01 ^{ab}	25.40±4.02 ^{ab}	21.29±3.45 ^{ab}	67.20±8.13 ^{ab}
29~32 ⁺ 6 ($n=128$)	0.51±0.05 ^{abc}	0.42±0.05 ^{abc}	0.12±0.01 ^{abc}	24.57±4.34 ^{ab}	20.58±4.17 ^{ab}	63.53±6.18 ^{ac}
33~36 ⁺ 6 ($n=129$)	0.59±0.07 ^{abcd}	0.49±0.06 ^{abcd}	0.15±0.02 ^{abcd}	25.46±6.02 ^{ab}	21.17±4.30 ^{ab}	58.98±11.65 ^{abcd}
37~40 ⁺ 6 ($n=115$)	0.64±0.08 ^{abcde}	0.54±0.07 ^{abcde}	0.16±0.02 ^{abcde}	27.09±6.53 ^{abcde}	21.61±5.05 ^{abcd}	59.36±9.44 ^{abcd}
F 值	705.36	576.37	465.09	31.60	20.59	24.95
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

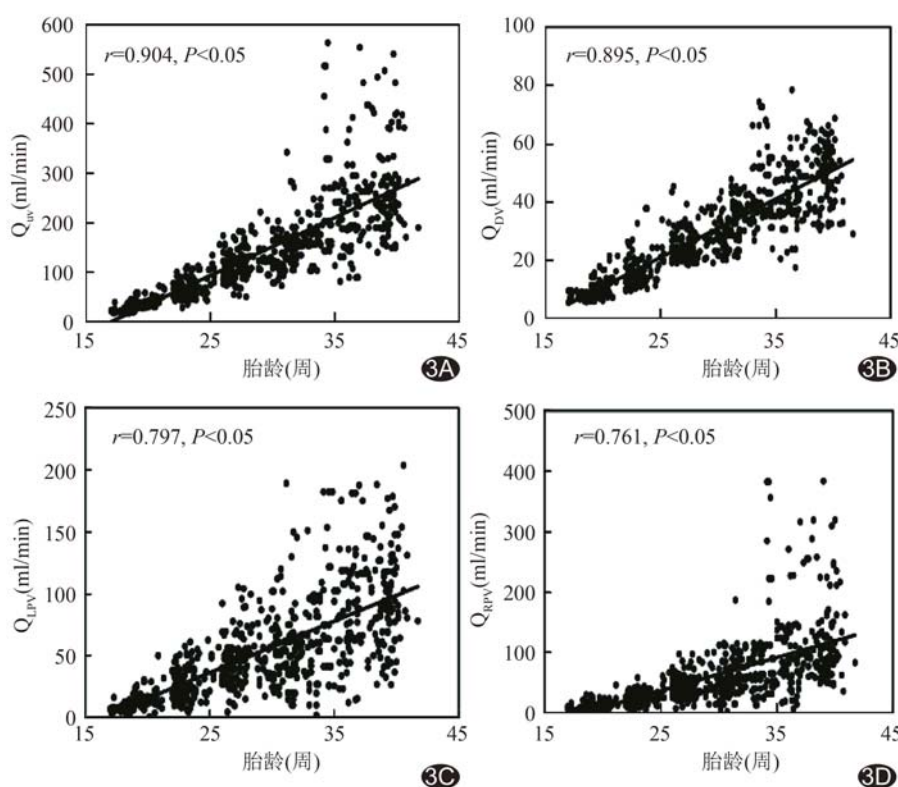
注: a: 与 17~20⁺6 周比较, $P < 0.05$; b: 与 21~24⁺6 周比较, $P < 0.05$; c: 与 25~28⁺6 周比较, $P < 0.05$; d: 与 29~32⁺6 周比较, $P < 0.05$; e: 与 33~36⁺6 周比较, $P < 0.05$

表 2 714 胎不同胎龄胎儿 UV、DV、LPV 及 RPV 血流量及分流率比较[中位数(上下四分位数)]

胎龄(周)	Q _{UV} (ml/min)	Q _{DV} (ml/min)	Q _{LPV} (ml/min)	Q _{RPV} (ml/min)
17~20 ⁺ 6 (n=101)	32.11(25.48,39.22)	8.89(6.75,11.44)	10.57(7.23,14.77)	11.18(8.09,14.81)
21~24 ⁺ 6 (n=111)	64.60(52.78,78.08) ^a	15.06(12.62,18.20) ^a	21.59(16.50,27.81) ^a	25.13(16.78,37.54) ^a
25~28 ⁺ 6 (n=130)	112.53(95.15,130.83) ^{ab}	22.93(21.03,27.39) ^{ab}	41.09(30.74,55.83) ^{ab}	45.12(33.86,54.52) ^{ab}
29~32 ⁺ 6 (n=128)	152.71(121.79,165.02) ^{abc}	31.05(27.14,36.63) ^{abc}	57.12(40.84,84.94) ^{abc}	53.33(35.36,66.83) ^{ab}
33~36 ⁺ 6 (n=129)	191.76(155.76,249.82) ^{abcd}	40.24(35.91,50.79) ^{abcd}	84.15(45.74,115.44) ^{abc}	74.74(44.96,100.68) ^{abcd}
37~40 ⁺ 6 (n=115)	241.54(205.53,291.87) ^{abcd}	49.05(40.29,57.20) ^{abcd}	96.33(76.84,135.24) ^{abcde}	91.29(67.39,119.54) ^{abcde}
H 值	582.33	579.00	462.26	414.99
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

胎龄(周)	DV 分流率(%)	LPV 分流率(%)	RPV 分流率(%)
17~20 ⁺ 6 (n=101)	30.44(21.83,37.35)	34.78(27.74,39.66)	37.43(27.85,42.61)
21~24 ⁺ 6 (n=111)	22.86(18.59,30.17) ^a	34.48(26.23,39.52)	41.56(31.64,50.04)
25~28 ⁺ 6 (n=130)	21.52(17.60,25.37) ^a	37.24(30.08,44.96)	40.79(33.31,45.62)
29~32 ⁺ 6 (n=128)	21.50(18.10,25.79) ^a	39.92(31.13,50.98) ^{ab}	38.01(25.60,46.00)
33~36 ⁺ 6 (n=129)	21.675(15.92,26.55) ^a	40.88(26.51,55.39) ^{ab}	36.84(23.19,52.20)
37~40 ⁺ 6 (n=115)	19.04(14.22,24.29) ^{ab}	42.11(34.40,51.51) ^{abc}	37.64(31.85,45.37)
H 值	71.91	48.19	11.78
P 值	<0.01	<0.01	0.16

注:a;与 17~20⁺6 周比较, $P<0.05$;b;与 21~24⁺6 周比较, $P<0.05$;c;与 25~28⁺6 周比较, $P<0.05$;d;与 29~32⁺6 周比较, $P<0.05$;e;与 33~36⁺6 周比较, $P<0.05$

图 3 714 胎 17~40⁺6 周胎儿 Q_{UV}(A)、Q_{DV}(B)、Q_{LPV}(C)及 Q_{RPV}(D)与胎龄相关性的散点图

UV 将新鲜血液经脐轮带入胎儿体内,入肝与门静脉左支囊部相汇,首先灌注肝左叶,该处为 UV 和门静脉的解剖分界点;之后沿门静脉矢状部向后上走行,分别供应肝左内叶支、肝左外叶下段支后到达供应门静脉肝左外上支和 DV 的门静脉左支角部,再向右转入

门静脉左支横部,此段呈“L”形,又称 PS^[8],是胎儿静脉循环的分水岭;门静脉左支横部与门静脉主干汇合后进入门静脉右支,供应肝右叶。

文献^[9-11]报道,在宫内生长受限及母体妊娠高血压等情况下,DV 对 UV 的分流程度增加,且肝脏分流程度减少;但肝脏左、右叶分流程度是否同比例减少尚待观察。本研究发现,妊娠中晚期胎儿 D_{UV}、D_{PS} 及 D_{DV} 均随胎龄增加而增大,DV 分流率则由 17~20⁺6 周的 30.44% 降至 37~40⁺6 周的 19.04%,即 UV 流向肝脏比率由 69.56% 增至 80.96%,与 BASCHAT 等^[9]的结果基本一致;LPV 分流率随胎龄增加而呈增长趋势,RPV 分流率则无明显变化,提示肝脏脐血流量增加以肝左叶血流量增加为主。

DV 起自 PS 后方并直接汇入下腔静脉,是胎儿血液循环的重要调节器,可优先将高氧饱和度血液输送至心、脑等重要器官。本研究采用脉冲多普勒联合 HD-Flow 技术清晰显示了胎龄 17 周左右胎儿腹部 DV 形态。DV 起始处管壁具有括约肌功

能,受肌源性、神经性和体液性因素调节^[12],可根据胎儿生理状态自主调节内径及血流速度,进而调整 DV 对 UV 的分流率。本组 714 胎正常胎儿的 V_{UV} 及 V_{PS} 与胎龄呈正相关,而 V_{DV} 与孕周无明显相关性,可能与 DV 自身动态调控有关。既往研究^[6,13-14]显示,随胎龄增大,正常胎儿 DV 分流率减低。本研究结果与上述研究略有差异,可能与胎儿种族、样本量、检查仪器及技术等不同有关。

胎儿肝内血液循环系统复杂,其供血系统由 UV、门静脉主干和肝动脉三部分构成,UV 血供占主导地位。KISERUD 等^[15]指出,正常胎儿肝区血供 80% 来自 UV,胎儿期肝动脉纤细,供血量极少且含氧量较低,生理状态下可忽略肝动脉血供;门静脉主干由含氧量低的脾静脉和肠系膜上静脉汇合而成,约占血量的 20%,脐-体静脉压力差的存在使门静脉主干血液极少进入门静脉左支及 DV 而主要供应肝右叶。本研究发现妊娠中晚期胎儿胎龄及生长指标与 RPV 分流率无明显相关,而与 DV 分流率均呈负相关、与 LPV 分流率均呈正相关,但相关系数不高,可能与肝脏多重血液供应方式有关。

综上,妊娠中晚期胎儿肝区脐血流分布状态与胎龄及生长指标具有一定相关性。

[参考文献]

- [1] 吴海芳,陶国伟. 胎儿脐静脉-门静脉系统发育异常产前超声诊断的研究进展[J]. 现代妇产科进展, 2018, 27(1): 60-63.
- [2] 王雁,张晓红,闫亚妮,等. 23 例脐静脉-门静脉-体静脉分流胎儿的产前诊断和产后随访分析[J]. 中国妇产科临床杂志, 2021, 22(6): 619-622.
- [3] 张烨,谷孝艳,孙琳,等. 静脉导管缺如并脐静脉异常连接产前超声心动图表现[J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(7): 1066-1070.
- [4] 韩建成,何怡华,张烨,等. 中晚期胎儿静脉导管 A 波倒置与胎儿心脏畸形[J]. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11(2): 100-102.
- [5] YAGEL S, COHEN S M, VALSKY D V, et al. Systematic examination of the fetal abdominal precordial veins: A cohort study[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2015, 45(5): 578-583.
- [6] KISERUD T, RASMUSSEN S, SKULSTAD S. Blood flow and the degree of shunting through the ductus venosus in the human fetus[J]. Am J Obstet Gynecol, 2000, 182(1 Pt 1): 147-153.
- [7] 秦越,文华轩,廖伊梅,等. 先天性脐静脉-门静脉系统发育异常新分类[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2020, 17(11): 1031-1050.
- [8] CHAOUI R, HELING K S, KARL K. Ultrasound of the fetal veins part1: The intrahepatic venous system[J]. Ultraschall in Med, 2014, 35(3): 208-228.
- [9] BASCHAT A A. Ductus venosus Doppler for fetal surveillance in high-risk pregnancies[J]. Clin Obstet Gynecol, 2010, 53(4): 858-868.
- [10] 黄欢,黎新艳,庞彩英,等. 正常胎儿脐静脉血流率与脐动脉搏动指数比值的研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31(5): 394-399.
- [11] 施如勇,陈建康,郭红,等. 超声血流参数变化对孕晚期胎儿生长受限的诊断价值分析[J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38(1): 61-65.
- [12] OPHEIM G L, MOE HOLME A, BLOMHOFF HOLM M, et al. The impact of umbilical vein blood flow and glucose concentration on blood flow distribution to the fetal liver and systemic organs in healthy pregnancies[J]. FASEB J, 2020, 34(9): 12481-12491.
- [13] BELLOTTI M, PENNATI G, de GASPERI C, et al. Role of ductus venosus in distribution of umbilical blood flow in human fetuses during second half of pregnancy[J]. AM J Physiol Heart Circ Physiol, 2000, 279(3): H1256-H1263.
- [14] 艾红,鱼博浪,尹益民,等. 中晚期胎儿静脉导管和脐静脉血流量参考范围[J]. 中华超声影像学杂志, 2006, 15(11): 842-845.
- [15] KISERUD T, KILAVUZ O, HELLEVIK L R. Venous pulsation in the fetal left portal branch: The effect of pulse and flow direction[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2003, 21(4): 359-364.