

Ultrasonic measurement and clinical value of kinetic parameters of normal fetal renal artery blood flow

LI Tao^{1*}, FENG Ze-ping¹, TIAN Ai-jun², YUAN Hong-xia³, ZHOU Yong¹

(1. Department of Ultrasound, the Third Hospital of Changsha, Changsha 410015, China;
2. Department of Ultrasound, the Maternity and Child Healthcare Hospital of Hunan Province, Changsha 410008, China; 3. Department of Ultrasound, Changsha Hospital for Maternity and Child Healthcare, Changsha 410007, China)

[Abstract] **Objective** To observe the normal scope of reference values of peak blood flow velocity (V_{\max}) of fetal renal artery (RA) in different gestational ages, end-diastolic blood flow velocity (V_{\min}) and pulsatility index (PI) and resistance index (RI) with color Doppler ultrasound, and to analyze its correlativity with gestational age. **Methods** Totally 2627 eligible pregnant women of 18—40 gestational weeks who received regular prenatal ultrasonic examination were enrolled. Parameters of fetal RA blood flow were measured, including V_{\max} , V_{\min} and PI as well as RI, and their relationship with gestational age was statistically analyzed. **Results** V_{\max} ($r=0.75, 0.75$) and V_{\min} ($r=0.62, 0.60$) of fetal renal artery flow had positive relation (all $P<0.05$) with gestational age. RI and PI showed a slow downward trend, only had a slight rising during the late period of pregnancy. There was no obvious statistical difference among measured values of all blood flow parameters in both left and right kidneys of fetus ($P>0.05$). **Conclusion** Fetal RA blood flow velocity is positively correlated with gestational age. There is very small variation of kidney artery RI and PI along with gestational age. Detection of fetal renal artery flow can be regarded as indexes for predicting and assessing the existence of intrauterine fetus hypoxia.

[Key words] Fetus; Renal artery; Hemodynamics; Ultrasonography, Doppler, color

超声观察正常胎儿肾动脉的血流动力学参数及其临床价值

李 涛^{1*}, 冯泽平¹, 田艾军², 袁红霞³, 周 永¹

(1. 长沙市第三医院超声科, 湖南 长沙 410015; 2. 湖南省妇幼保健院超声科, 湖南 长沙 410008;
3. 长沙市妇幼保健院超声科, 湖南 长沙 410007)

[摘要] **目的** 以彩色多普勒超声观察不同孕周胎儿肾动脉(RA)收缩期峰值血流速度(V_{\max})、舒张期最低血流速度(V_{\min})及搏动指数(PI)、阻力指数(RI), 确定其正常参考值, 分析其与孕龄的相关性。 **方法** 从接受常规产前超声检查的 18~40 周孕妇中选取符合条件的 2627 名进入样本库, 测量胎儿肾动脉 V_{\max} 、 V_{\min} 和 PI、RI, 最后按孕龄分组, 并进行统计学处理。 **结果** 胎儿左、右侧肾动脉血流 V_{\max} ($r=0.75, 0.75$)、 V_{\min} ($r=0.62, 0.60$) 与孕龄呈正相关 (P 均 <0.05), RI、PI 随孕龄增长而呈缓慢下降趋势, 仅在妊娠末期略有回升; 胎儿左、右肾各血流参数测值间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。 **结论** 胎儿肾动脉血流速度与孕龄呈正相关, 而肾动脉 RI、PI 随孕龄变化幅度很小。胎儿肾动脉血流监测可作为预测和评估胎儿有无宫内缺氧的方法之一。

[关键词] 胎儿; 肾动脉; 血流动力学; 超声检查, 多普勒, 彩色

[基金项目] 长沙市民生科技支撑资金(K1101028-31)。

[作者简介] 李涛(1976—), 男, 湖南湘阴人, 学士, 主治医师。研究方向: 妇产超声及超声心动图。

[通讯作者] 李涛, 长沙市第三医院超声科, 410015。E-mail: litaomail@188.com

[收稿日期] 2011-11-02 **[修回日期]** 2011-11-25

[中图分类号] R543.5; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2012)05-0974-04

目前产前超声已成为最重要的胎儿宫内监测手段。研究^[1-5]证实,胎儿肾动脉血流动力学指标[收缩期峰值血流速度(V_{max})、舒张期最低血流速度(V_{min})、搏动指数(pulsatility index, PI)、阻力指数(resistance index, RI)等]有重要临床应用价值,尤其在预测、评估胎儿有无缺氧方面的作用日益显现;但国内外均缺乏针对以上指标的大样本流行病学研究以及业内公认的正常参考值标准。采用多中心、大样本量方式进行研究,可为确立正常胎儿肾动脉血流动力学指标提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 以 2010 年 7 月—2011 年 9 月在湖南

省妇幼保健院、长沙市妇幼保健院及长沙市第三医院接受常规产前超声检查的孕妇及其胎儿为研究对象。为除外异常胎儿并保证胎龄的相对准确性,设立以下纳入标准:①孕妇月经周期较规则,末次月经时间较明确;②孕龄 18~40 周;③孕妇无严重妊娠合并症。超声筛查:①除外多胎;②除外已知胎儿畸形;③除外的可致胎儿宫内缺氧的情况。符合条件的胎儿进入样本库,共纳入 2627 名孕妇,按孕龄分为 23 组。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器 采用 GE Voluson 730 及 Philips iU22 超声诊断仪。随机选择 78 名孕妇,分别在 2 台仪器上测量胎儿肾动脉 V_{max} 、 V_{min} 及 PI、RI,并保证测量

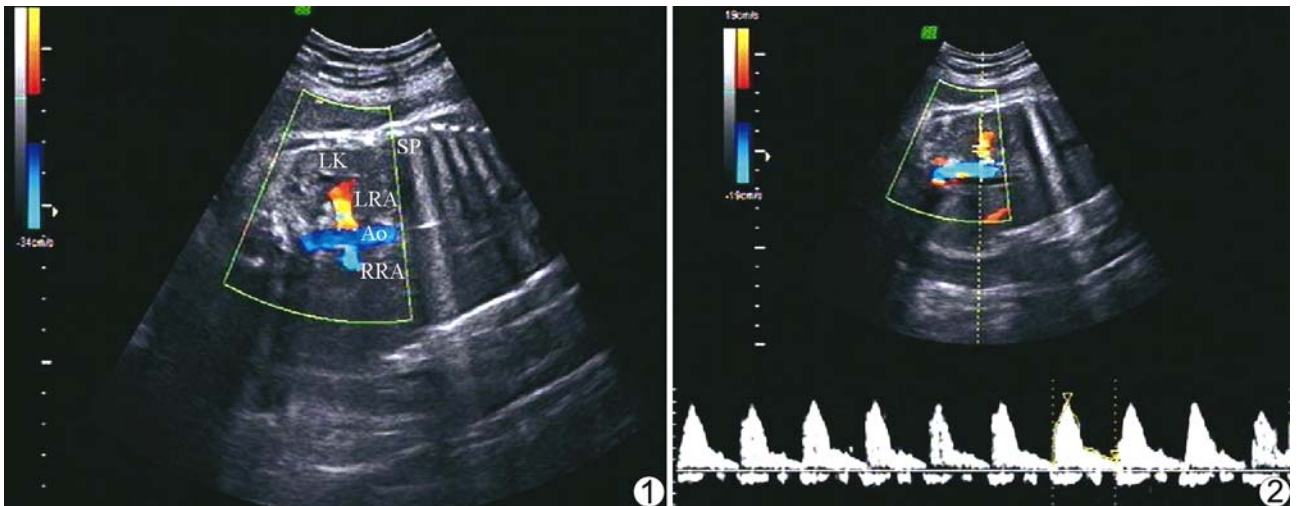


图 1 胎儿肾动脉 CDFI (LK:左肾;LRA:左肾动脉;RRA:右肾动脉;SP:脾脏;Ao:主动脉) 图 2 轨迹法测量胎儿肾动脉血流参数

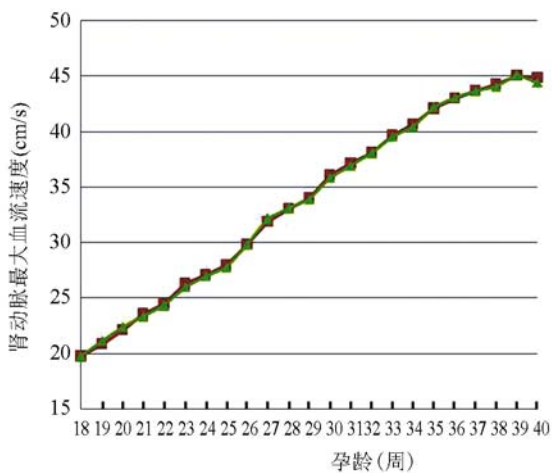


图 3 胎儿肾动脉最大血流速度与孕龄的关系



图 4 胎儿肾动脉阻力指数与孕龄的关系

表 1 孕 18~40 周胎儿肾动脉各血流参数 ($\bar{x} \pm s$)

孕周	孕妇数(名)	测量成功率(%)	V_{max} (cm/s)		V_{min} (cm/s)		PI		RI	
			右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧
18	232	43.97(102/232)	19.74±6.64	19.72±6.43	3.53±2.29	3.40±2.05	1.94±0.56	2.01±0.58	0.83±0.09	0.83±0.08
19	171	59.06(101/171)	20.85±6.62	21.16±6.97	3.55±1.98	3.53±2.05	1.96±0.57	2.10±0.62	0.83±0.09	0.83±0.08
20	127	80.31(102/127)	22.12±6.28	22.38±6.08	3.65±2.20	3.83±2.06	1.98±0.54	2.01±0.55	0.83±0.09	0.82±0.09
21	116	87.07(101/116)	23.51±6.22	23.33±6.18	4.35±2.36	4.21±2.33	1.90±0.52	2.03±0.47	0.81±0.08	0.82±0.08
22	114	90.35(103/114)	24.44±6.13	24.31±6.12	4.35±2.43	4.37±2.42	1.98±0.47	1.99±0.54	0.82±0.09	0.83±0.09
23	106	94.34(100/106)	26.26±5.96	26.02±5.30	4.59±2.41	4.59±2.23	2.03±0.41	2.03±0.45	0.82±0.09	0.82±0.08
24	104	96.15(100/104)	27.10±7.54	27.02±6.19	4.87±2.45	4.78±2.27	1.90±0.45	1.86±0.47	0.81±0.07	0.82±0.07
25	105	98.10(103/105)	27.93±7.15	27.78±7.14	5.08±2.71	5.02±2.42	1.94±0.44	1.95±0.49	0.82±0.08	0.82±0.07
26	103	99.03(102/103)	29.81±5.98	29.84±5.93	5.40±2.68	5.09±2.14	1.97±0.44	2.01±0.44	0.82±0.08	0.83±0.07
27	105	98.10(103/105)	31.88±7.18	32.12±7.11	5.90±2.38	5.66±2.60	1.91±0.42	1.95±0.40	0.81±0.07	0.82±0.07
28	106	99.06(105/106)	33.03±7.18	33.09±6.69	5.71±2.29	5.91±2.28	2.04±0.40	1.99±0.44	0.82±0.07	0.82±0.07
29	105	98.10(103/105)	34.01±7.07	33.93±6.64	6.12±2.40	5.95±2.24	1.89±0.37	1.86±0.39	0.82±0.06	0.82±0.06
30	102	100.00(102/102)	36.08±7.14	35.91±6.70	6.44±2.49	6.65±2.38	1.98±0.39	1.95±0.39	0.82±0.06	0.82±0.05
31	103	99.03(102/103)	37.13±6.83	36.94±7.04	7.00±2.60	6.91±3.03	1.87±0.38	1.83±0.41	0.81±0.07	0.81±0.07
32	104	97.12(101/104)	38.12±5.78	38.08±6.67	7.48±2.70	7.27±2.52	1.83±0.41	1.88±0.34	0.80±0.06	0.81±0.06
33	104	98.08(102/104)	39.66±6.98	39.57±7.10	7.97±2.78	7.70±2.54	1.83±0.34	1.87±0.39	0.80±0.06	0.81±0.06
34	101	99.01(100/101)	40.70±7.81	40.47±8.05	7.96±3.23	8.01±2.94	1.90±0.43	1.87±0.41	0.81±0.06	0.80±0.06
35	101	99.01(100/101)	42.09±7.14	42.21±8.58	8.19±2.51	8.29±2.84	1.94±0.34	1.93±0.33	0.80±0.05	0.80±0.05
36	103	98.06(101/103)	43.01±8.55	43.10±8.10	8.82±2.62	8.88±2.62	1.86±0.30	1.81±0.31	0.79±0.05	0.79±0.05
37	102	99.02(101/102)	43.71±9.61	43.72±9.05	9.66±2.79	9.19±2.45	1.75±0.31	1.77±0.27	0.78±0.04	0.79±0.04
38	105	98.10(103/105)	44.25±8.97	44.06±8.63	9.46±2.57	9.25±2.36	1.67±0.44	1.66±0.40	0.79±0.04	0.79±0.04
39	102	98.04(100/102)	45.04±8.90	45.10±8.75	8.85±2.26	9.10±2.45	1.75±0.36	1.72±0.35	0.80±0.04	0.80±0.04
40	106	97.17(103/106)	44.89±8.94	44.48±9.17	8.67±2.62	8.81±2.80	1.89±0.41	1.84±0.41	0.81±0.05	0.80±0.05
合计	2627	89.07(2340/2627)	33.70±11.00	33.66±10.90	6.41±3.19	6.36±3.12	1.90±0.44	1.91±0.45	0.81±0.07	0.81±0.07

表 2 孕 18~40 周胎儿肾动脉各血流参数的正常参考值 ($\bar{x} \pm s$)

孕周	测量成功孕妇数(名)	V_{max} (cm/s)		V_{min} (cm/s)		PI		RI	
		右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧
18	102	19.74±13.01	19.72±12.60	3.53±4.49	3.40±4.02	1.94±1.10	2.01±1.14	0.83±0.18	0.83±0.16
19	101	20.85±12.98	21.16±13.66	3.55±3.88	3.53±4.02	1.96±1.12	2.10±1.22	0.83±0.18	0.83±0.16
20	102	22.12±12.31	22.37±11.92	3.65±4.31	3.83±4.04	1.98±1.06	2.01±1.08	0.83±0.17	0.82±0.17
21	101	23.51±12.19	23.33±12.11	4.35±4.63	4.21±4.57	1.90±1.02	2.03±0.92	0.81±0.16	0.82±0.16
22	103	24.44±12.01	24.31±12.00	4.35±4.76	4.37±4.74	1.98±0.92	1.99±1.06	0.82±0.17	0.83±0.17
23	100	26.26±11.68	26.02±10.39	4.59±4.72	4.59±4.37	2.03±0.80	2.03±0.88	0.82±0.17	0.82±0.15
24	100	27.10±14.78	27.02±12.13	4.87±4.80	4.78±4.45	1.90±0.88	1.86±0.92	0.81±0.15	0.82±0.15
25	103	27.93±14.01	27.78±13.99	5.08±5.31	5.02±4.74	1.94±0.86	1.95±0.96	0.82±0.15	0.82±0.15
26	102	29.81±11.72	29.84±11.62	5.40±5.25	5.09±4.19	1.97±0.86	2.01±0.86	0.82±0.15	0.83±0.14
27	103	31.88±14.07	32.12±13.94	5.90±4.66	5.66±5.10	1.91±0.82	1.95±0.78	0.81±0.13	0.82±0.14
28	105	33.03±14.07	33.09±13.11	5.71±4.49	5.91±4.47	2.04±0.78	1.99±0.86	0.82±0.13	0.82±0.13
29	103	34.01±13.86	33.93±13.01	6.12±4.70	5.95±4.39	1.89±0.73	1.86±0.76	0.82±0.12	0.82±0.12
30	102	36.08±13.99	35.91±13.13	6.44±4.88	6.65±4.66	1.98±0.76	1.95±0.76	0.82±0.11	0.82±0.10
31	102	37.13±13.39	36.94±13.80	7.00±5.10	6.91±5.94	1.87±0.74	1.83±0.80	0.81±0.13	0.81±0.14
32	101	38.12±11.33	38.08±13.07	7.48±5.29	7.27±4.94	1.83±0.80	1.88±0.67	0.80±0.11	0.81±0.12
33	102	39.66±13.68	39.57±13.92	7.97±5.45	7.70±4.98	1.83±0.67	1.87±0.76	0.80±0.12	0.81±0.11
34	100	40.70±15.31	40.47±15.78	7.96±6.33	8.01±5.76	1.90±0.84	1.87±0.80	0.81±0.13	0.80±0.12
35	100	42.09±13.99	42.21±16.82	8.19±4.92	8.29±5.57	1.94±0.67	1.93±0.65	0.80±0.10	0.80±0.09
36	101	43.01±16.76	43.10±15.88	8.82±5.14	8.88±5.14	1.86±0.59	1.81±0.61	0.79±0.10	0.79±0.09
37	101	43.71±18.84	43.72±17.74	9.66±5.47	9.19±4.80	1.75±0.61	1.77±0.53	0.78±0.08	0.79±0.08
38	103	44.25±17.58	44.06±16.91	9.46±5.04	9.25±4.63	1.67±0.86	1.66±0.78	0.79±0.07	0.79±0.07
39	100	45.04±17.44	45.10±17.15	8.84±4.43	9.10±4.80	1.75±0.71	1.72±0.69	0.80±0.08	0.80±0.07
40	103	44.89±17.52	44.48±17.97	8.67±5.14	8.81±5.49	1.89±0.80	1.84±0.80	0.81±0.09	0.80±0.09

条件相同;经统计学检验,仪器造成的系统误差差异无统计学意义。

1.2.2 方法 ①仪器设置:设置仪器条件为产科模式,探头频率 2~5 MHz;②扫查方法:孕妇仰卧位。当探头声束通过胎儿背部脊柱旁(脊柱位于前方)或侧腹壁(脊柱位于后方)时,沿胎儿长轴扫查,调整探头直至清晰显示肾脏冠状切面;增加 CDFI 显示,在腹主动脉与肾脏之间可见一红或蓝色的搏动性血流束,即为肾动脉(图 1);③Doppler 取样位置:取样容积置于肾动脉主干肾门侧;④频谱测量:当屏幕上能够清晰显示 3 个以上血流频谱时冻结图像,以自动法或轨迹法测量血流参数(图 2)。以上参数均测量 3 次,取平均值。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计学软件。计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 表示;以 Kolmogorov-Smirnov 法结合 QQ 图对各参数测量值进行正态性检验。对符合正态分布的数据,以正态分布法计算其 95% 参考值;对呈偏态分布的数据,则以百分位法计算其正常参考值。对 V_{\max} 、 V_{\min} 与孕龄的相关性进行双变量相关分析;对左、右肾的同一血流参数进行配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

左、右肾同一参数的测量值略有差异,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。另外,在经临床与超声两级筛选后进入样本库的 2627 名孕妇中,有 287 名测量失败,其中 257 名出现于孕 18~23 周,30 名为孕 24~40 周,测量成功率 89.07%(2340/2627)。

孕 18~40 周胎儿肾动脉血流各参数测值见表 1。经正态性检验各参数测量值符合正态分布或近似符合正态分布,以正态分布法计算各参数在不同孕周的正常参考值见表 2。

左、右侧肾动脉 V_{\max} 与孕龄的相关系数均为 0.75, V_{\min} 与孕龄的相关系数分别为 0.62、0.60 (P 均 < 0.01 , 图 3)。血流动力学指标 RI、PI 在 18~37 周孕龄段内均呈缓慢下降趋势,而在孕 38~40 周略有回升,且其测值离散度随孕龄增加逐渐减小(图 4)。

3 讨论

作为一种新的宫内缺氧评估方法,监测胎儿肾动脉血流具有简便、直接及干扰因素少等优点,其临床价值已为国内外学者的大量研究^[6-10]所证实。本研究获结果可为这一评估方法的临床应用提供更多依据。

研究表明,在孕 18 周以后,胎儿肾动脉 V_{\max} 测值随孕龄增加呈线性增长,而 V_{\min} 与孕龄的线性相关程度略低,且测值离散程度更大,可能与肾动脉频谱上

舒张末期血流速度更加难以准确辨识,导致测量误差增大有关。PI、RI 在孕 18 周以后均呈缓慢下降趋势,仅在妊娠末期(孕 38~40 周)略有回升,可能与胎盘换气功能下降有关。本研究中,在妊娠较早期(孕 18~23 周),因胎肾较小,肾内血流量少,导致大量测量失败;而在孕 24 周以后,绝大部分样本可获得较满意的测量值,特别是在缺氧较易发生的妊娠末期(孕 38~40 周),测量成功率较高。

本研究中,尤其是妊娠早期,笔者发现 V_{\min} 的测量值较不稳定,此时测量的准确性对整体评估肾动脉血流情况至关重要;如遇舒张末期血流频谱显示不清,建议调节仪器,选择适当的脉冲重复频率,并将滤波调至最低。

总之,本研究结果提示:①胎儿肾动脉 V_{\max} 、 V_{\min} 与孕龄呈正相关;②PI、RI 随孕龄增长呈缓慢下降趋势,仅在妊娠末期略有回升;③在妊娠 24 周以后测量胎儿肾动脉相关血流参数(V_{\max} 、 V_{\min} 、PI、RI)更有价值;④妊娠末期胎儿肾动脉血流监测操作简便、测值可靠,可作为预测和评估胎儿有无缺氧的方法之一。

[参考文献]

- [1] Gallarreta FM, Martins Wde P, de Moraes EN, et al. Evaluation of blood flow in the fetal renal artery between the 22nd and 38th week in normal pregnancies. Rev Bras Ginecol Obstet, 2008, 30(10):494-498.
- [2] Iura T, Makinoda S, Tomizawa H, et al. Analysis of renal artery hemodynamics in normal fetuses using the color Doppler method. Fetal Diagn Ther, 2005, 20(2):86-90.
- [3] 王玲,张焱敏,李嘉,等.超声观察中晚期正常胎儿脐动脉和脑、肾动脉血流动力学.中国医学影像技术,2010,26(11):137-140.
- [4] 孙霞,刘书海,牟荣骥,等.妊娠高血压病胎儿肾动脉和大脑中动脉阻力指标比值预测胎儿缺氧.中国超声医学杂志,2007,23(2):147-149.
- [5] 杨玉英,江森,郝素媛,等.彩色多普勒检测胎儿肾动脉血流预测围产儿结局.中国优生优育,1998,9(1):15-17.
- [6] 郑宝群,许映斌,王楚彬.监测胎儿脑肾动脉血流阻力指数预测胎儿宫内缺氧.实用医技杂志,2007,14(26):31-33.
- [7] Sieroszewski P, Sabatowska M, Karowicz-Bilińska A, et al. Prognostic Doppler ultrasound examination of fetal arteries blood flow. Ginekol Pol, 2002, 73(8):677-684.
- [8] 董晓秋,金花玉,徐丽伟.妊娠高血压综合征患者及其胎儿肾动脉血流的彩色多普勒超声检查.中国超声医学杂志,2007,23(6):460-462.
- [9] 史成兴,谢晴,雷小莹.晚期妊娠合并羊水过少胎儿肾动脉血流的观察.中国医学影像技术,2002,18(7):685-686.
- [10] Konje JC, Abrams KR, Taylor DJ. Normative values of Doppler velocimetry of five major fetal arteries as determined by color power angiography. Acta Obstet Gynecol Scand, 2005, 84(3):230-237.