

◆ 妇产科影像学

Fast MR imaging in measurement of normal fetal kidneys

LIU Haidong, YU Hong, XU Xiangfeng*, WANG Nanfei, WANG Wei, HE Xiaoyan
(Department of Radiology, Tianjin Central Hospital of Gynecology and Obstetrics, Tianjin 300100, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the feasibility of fast MR imaging in evaluation on fetal kidney development. **Methods** Totally 135 normal kidney fetuses performed fetal MR were enrolled. The renal length (RL), width (RW), thickness (RT), renal parenchyma thickness (RPT), renal pelvis width (RPW) and renal volume (RV) were measured. The reproducibility and correlation of renal parameters with gestational age (GA) were analyzed. **Results** Renal parameters had good reproducibility between inter-observers, intra-observers and both methods of MR and ultrasound, but there were no statistical differences between bilateral kidneys ($P > 0.05$). RL, RW, RT, RPT, RPW and RV had positive correlation with GA ($r = 0.95, 0.87, 0.86, 0.77, 0.44, 0.90$, all $P < 0.001$). The determination coefficient of RL was best in the regression equations ($R^2 = 0.90$). **Conclusion** Fast MR imaging was feasible in fetal normal kidney, and it could make up for the limitations of fetal ultrasound and provide more valuable radiological information for the clinical decisions.

[Key words] Fetus; Kidney; Magnetic resonance imaging; Growth and development

DOI:10.13929/j.1003-3289.201607048

MR 超快速成像序列测量正常胎儿肾脏

刘海东, 于红, 许相丰*, 王南飞, 王玮, 何晓燕

(天津市中心妇产科医院放射科, 天津 300100)

[摘要] **目的** 探讨 MR 超快速成像序列评估正常胎儿肾脏的可行性。**方法** 收集 135 胎肾脏发育正常胎儿的 MR 资料, 测量肾脏长度(RL)、宽度(RW)、厚度(RT)、肾实质厚度(RPT)、肾盂宽度(RPW)和体积(RV), 分析上述参数测量的重复性及其与胎龄(GA)的关系。**结果** RL、RW、RT、RPT、RPW 在 2 名观察者间、同一观察者 2 次测量间、MR 与超声两种测量方法间均具有较好的一致性, 各参数测量值在双侧肾脏间差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。RL、RW、RT、RPT、RPW、RV 与 GA 均呈正相关(r 分别为 0.95、0.87、0.86、0.77、0.44、0.90, P 均 < 0.001)。在各参数与 GA 的回归方程中, RL 的确定系数最大($R^2 = 0.90$)。**结论** MR 超快速成像序列用于正常胎儿肾脏检查中具有可行性, 可弥补超声检查的不足, 为临床决策提供更多有价值的影像学信息。

[关键词] 胎儿; 肾; 磁共振成像; 生长发育

[中图分类号] R714.51; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)01-0079-05

肾脏的胚胎发育复杂, 胎儿肾脏位置、大小随胎龄(gestational age, GA)的变化而变化, 产前评估主要依靠超声检查。近年, 随着成像设备和技术的发展, MR 可能成为胎儿产前检查的重要辅助手段。与超声比较, MR 成像具有更高的软组织分辨力和空间分辨

力, 显示解剖细节更清晰, 且成像过程不受 GA、羊水量、母体体型、胎儿体位、肠管气体和骨骼限制, 能够弥补超声检查的不足^[1-2]。目前, 关于胎儿肾脏的 MR 研究尚处于初始阶段。既往研究^[3-6]虽然已涉及 MR 诊断肾脏先天发育畸形价值、MR 评估肺发育不良及羊水量等研究, 但有关 MR 测量正常胎儿肾脏大小的研究鲜见, 且尚未建立自身的诊断标准。因此, 本研究旨在探讨 MR 超快速成像序列评估正常胎儿肾脏的可行性, 为建立正常胎儿肾脏的 MR 诊断标准提供定量依据。

[第一作者] 刘海东(1979—), 男, 河北唐山人, 博士, 主治医师。研究方向: 腹部影像诊断。E-mail: tjld813@163.com

[通信作者] 许相丰, 天津市中心妇产科医院放射科, 300100。

E-mail: tjxxf813@163.com

[收稿日期] 2016-07-11 **[修回日期]** 2016-11-18

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 12 月—2015 年 12 月因临床需要在我院接受胎儿 MR 检查的健康孕妇 383 名,其中双胎孕妇 7 名,单胎孕妇 376 名,共 390 个胎儿。入组标准:①产前超声怀疑胎儿非泌尿系统发育异常,或因胎盘因素或母体因素需要 MR 进一步评估;②单活胎;③孕中、晚期(GA 18~40 周);④通过末次月经时间或早孕超声明确孕周;⑤无 MR 检查禁忌证且能够耐受检查;⑥胎儿出生后经随访及超声或血液生化检查证实肾脏发育正常。排除标准:①未接受产前超声检查;②羊水过少或无羊水;③胎儿宫内发育迟缓;④孕妇患高血压、糖尿病及相关疾病。根据上述标准共纳入孕妇 135 名(135 胎胎儿),孕妇年龄 20~43 岁,平均(29.6±4.9)岁;GA 18.0~39.3 周,平均(29.7±4.6)周,其中 GA 18~<21 周 4 胎、21~<25 周 16 胎、25~<29 周 36 胎、29~<33 周 45 胎、33~<37 周 26 胎、37~<40 周 8 胎。135 胎肾脏正常胎儿中伴单纯颅脑发育异常 59 胎、前置胎盘和/或胎盘植入 32 胎、其他非泌尿系统先天畸形 20 胎(包括颈部淋巴管囊肿 1 胎、肺囊腺瘤样畸形 4 胎、肺隔离症 1 胎、腹部或盆腔囊肿 5 胎、肝肿瘤 1 胎、胆总管囊肿 1 胎、肾上腺肿物 3 胎、骶尾部畸胎瘤 3 胎、手畸形 1 胎),余 24 胎未见其他异常。本研究已通过本院伦理委员会批准,所有受检者及家属均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 超声采用 GE Voluson 730 Expert 四维超声诊断仪,经腹凸阵三维容积探头,频率 2.0~5.0 MHz。MR 检查采用 Philips Achieva 1.5T 超导型 MR 成像系统和 16 通道体部表面相控阵线圈。孕妇在自由呼吸状态下进行检查,常规采用仰卧位,仰卧困难者采用左侧卧位,不使用任何镇静剂。扫描序列包括单次激发快速自旋回波(single shot turbo spin echo, SSh TSE)序列、平衡式快速场回波(Balance fast field echo, Balance FFE)序列和梯度回波 T1WI。SSh TSE 参数:FOV 380 mm×300 mm,矩阵 252×200,层厚 5 mm,间隔 1 mm,TR shortest,TE 70 ms,激励次数 4,翻转角 90°。Balance FFE 参数:FOV 450 mm×400 mm,矩阵 350×300,层厚 5 mm,间隔 1 mm,TR 3.4 ms,TE 1.71 ms,激励次数 1 或 2,翻转角 55°。T1WI 参数:FOV 380 mm×300 mm,矩阵 240×180,层厚 5 mm,间隔 1 mm,TR 15 ms,TE 4.6 ms,激励次数 3,翻转角 15°。检查时以胎儿肾脏为中心进行轴位、冠状位及矢状位扫描,总检查时间

15~30 min。MR 检查均在超声检查后 48 h 内完成。

所有胎儿肾脏超声数据测量由同 1 名有经验超声医师完成;MR 数据测量由 2 名放射科医师各自独立测量,每个指标测量 3 次取平均值,双侧肾脏分别测量并记录。为了评估试验数据在同一测量者(观察者 1)2 次测量结果一致性,其中 1 名放射科医师间隔 1 个月对测量指标重复测量 1 次。测量指标包括:肾脏长度(renal length, RL),即肾脏冠状位或矢状位最大截面图像上肾脏上下两极间的最大距离;肾脏宽度(renal width, RW),即轴位肾门层面图像上肾脏内外两侧缘间的最大距离;肾脏厚度(renal thickness, RT),即轴位肾门层面图像上肾脏前后两侧缘间的最大距离;肾实质厚度(renal parenchyma thickness, RPT),即轴位肾门层面图像上,与肾门相对侧肾实质内外缘间的最大距离;肾盂宽度(renal pelvis width, RPW),即轴位肾门层面图像上肾盂的最大前后径(图 1)。肾脏体积(renal volume, RV)计算方法为:RV (mm³)=RL×RW×RT×π/6^[7]。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 18.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)分析肾脏各 MR 测量指标在 2 名测量者间、同一测量者 2 次测量间及 MR 测量与超声测量结果间的一致性。ICC<0.4 为一致性差;0.4~<0.75 为一致性一般;ICC≥0.75 为一致性好。采用配对 *t* 检验比较两侧肾脏间同一 MR 测量指标的差异;采用 Pearson 相关分析及一元线性回归分析评估肾脏各 MR 测量指标与 GA 的关系,并计算回归方程。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

正常胎儿肾脏位于脊柱两侧,呈卵圆形,边缘分叶。T2WI 上,肾实质呈中等信号,信号强度高于肝脏及脾脏,低于肾周脂肪及肾盂,但皮髓质无法区分。肾盂、肾盏呈长 T1 长 T2 信号,与肾实质分界清楚,双侧输尿管正常情况下均不能显示(图 2)。

2.1 双侧肾脏各测量指标的对比 2 名观察者各 MR 测量指标在左、右两侧肾脏间的差异均无统计学意义(表 1)。因此,合并两侧肾脏测量结果,取平均值用于 MR 测量结果的一致性分析。

2.2 胎儿肾脏 MR 测量结果一致性分析 胎儿双肾 MR 测量指标在同一观察者 2 次测量间及 2 名观察者间均具有较好的一致性(表 2、3)。MR 与超声测量结果也具有较好的一致性(表 4)。

表 1 2 名观察者测量胎儿双侧肾脏指标对比(mm, $n=135$)

观察者	RL	RW	RT	RPT	RPW
观察者 1					
左肾	30.87±5.61	18.68±4.00	16.94±3.79	7.24±1.64	3.36±0.85
右肾	30.81±5.39	18.53±3.77	17.18±3.56	7.31±1.63	3.27±0.77
<i>t</i> 值	0.34	0.89	-1.46	-0.93	1.60
<i>P</i> 值	0.74	0.37	0.15	0.35	0.11
观察者 2					
左肾	30.98±5.29	19.75±3.60	16.96±3.81	6.74±1.51	3.47±0.91
右肾	30.93±5.15	19.79±3.67	16.96±3.60	6.59±1.36	3.46±1.13
<i>t</i> 值	0.32	-0.29	0.004	1.60	0.07
<i>P</i> 值	0.75	0.77	1.00	0.11	0.95

表 2 同一观察者 2 次测量胎儿肾脏各指标的一致性分析(mm, $n=135$)

项目	RL	RW	RT	RPT	RPW
首次测量值	30.86±5.41	18.63±3.76	17.08±3.56	7.30±1.57	3.33±0.73
再次测量值	31.03±5.17	19.58±3.48	17.00±3.40	6.86±1.33	3.46±0.80
ICC	0.94	0.91	0.90	0.87	0.74
95%CI	0.92, 0.96	0.87, 0.93	0.87, 0.93	0.82, 0.90	0.65, 0.80
<i>F</i> 值	33.40	20.44	19.51	14.09	6.57
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 2 名观察者测量胎儿肾脏各指标的一致性分析(mm, $n=135$)

观察者	RL	RW	RT	RPT	RPW
观察者 1	30.86±5.41	18.63±3.76	17.08±3.56	7.30±1.57	3.33±0.73
观察者 2	30.98±5.15	19.80±3.53	16.98±3.56	6.69±1.33	3.49±0.90
ICC	0.94	0.88	0.89	0.77	0.59
95%CI	0.92, 0.96	0.84, 0.92	0.85, 0.92	0.68, 0.83	0.47, 0.69
<i>F</i> 值	32.83	16.10	16.84	7.50	3.90
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 4 MR 与超声测量胎儿肾脏各指标的一致性分析(mm, $n=135$)

方法	RL	RW	RT	RPT	RPW
MR 测量值	30.91±5.20	19.20±3.54	17.01±3.46	6.98±1.37	3.40±0.73
超声测量值	31.12±5.46	18.89±3.75	17.17±4.04	7.17±1.67	3.40±0.82
ICC	0.88	0.87	0.85	0.79	0.69
95%CI	0.84, 0.91	0.82, 0.91	0.80, 0.89	0.72, 0.85	0.59, 0.77
<i>F</i> 值	15.84	14.41	12.57	8.73	5.42
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

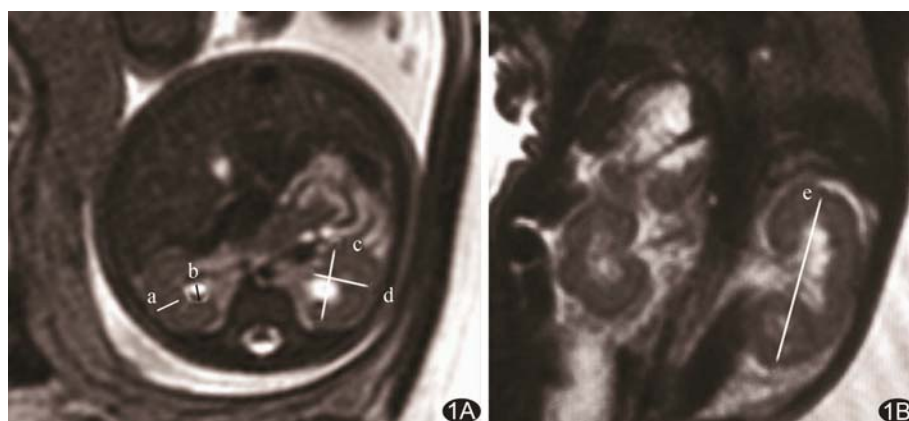


图 1 MR 测量正常胎儿肾脏各指标 A. 肾脏轴位图像; B. 肾脏冠状位图像 (a: RPT; b: RPW; c: RT; d: RW; e: RL)

2.3 胎儿肾脏各指标与 GA 的相关性 正常胎儿肾脏的 RL、RW、RT、RPT、RPW 和 RV 的统计描述见表 5。RL($r=0.95$)、RW($r=0.87$)、RT($r=0.86$)、RPT($r=0.77$)、RPW($r=0.44$)和 RV($r=0.90$)与 GA 均呈正相关(P 均 <0.001 ,图 3~8),其中,RL 与 GA 的相关性最高,RPW 最低。上述测量值与 GA 的回归分析结果见表 6,各指标均为 GA 依赖性参数,随胎儿生长发育而不断变化。在全部回归方程中,RL 回归方程的确定系数最大($R^2=0.90$),临床应用价值最高。

3 讨论

妊娠过程中,随着胎儿的不断发育,胎儿肾脏逐渐增长,因此肾脏大小是反映胎儿宫内生长发育情况的重要指标之一^[7]。胎儿宫内生长受限或肾脏先天发育畸形可导致肾脏生长与胎儿发育不匹配,通过直接或间接方法测量肾脏大小,是评估胎儿预后风险的重要依据^[8]。目前,超声是评估产前肾脏大小的主要方法,可通过二维超声间接估计 RV,或通过三维超声直接测量 RV,前者准确性不高,后者操作复杂,临床应用有一定局限性^[9-10]。近年,MR 成像设备和技术均取得较大的发展,快速扫描序列的时间分辨率和空间分辨率均明显提高,最短的单层图像采集时间可达亚秒水平,整个序列检查可在十几秒到几十秒内完成,能够达到“冻结”运动伪影的效果,完全可以满足胎儿检查技术的要求,有望成为产前超声检查的重要辅助手段。本研究优化了图像扫描参数,采用较大的激励次数(如 SSh TSE 序列为 4)可同时获得较

表 5 正常胎儿肾脏各 MR 测量指标的统计描述(mm, n=135)

指标	平均值	标准差	最小值	最大值
RL	30.91	5.20	15.60	41.90
RW	19.20	3.54	10.20	26.90
RT	17.02	3.46	6.90	25.30
RPT	6.98	1.37	2.70	10.50
RPW	3.40	0.73	1.60	5.70
RV	5 763	2 808	679	13 816

注:RV 的单位为 mm³

表 6 正常胎儿肾脏 MR 测量值与 GA 的回归分析结果(mm, n=135)

指标	回归方程	R ²	R ² _{adj}	F 值	P 值
RL	RL=1.08GA-1.25	0.90	0.90	1 140.33	<0.001
RW	RW=0.67GA-0.81	0.75	0.75	397.37	<0.001
RT	RT=0.66GA-2.52	0.75	0.74	389.44	<0.001
RPT	RPT=0.23GA+0.10	0.59	0.59	194.31	<0.001
RPW	RPW=0.07GA+1.28	0.20	0.19	32.58	<0.001
RV	RV=555GA-10 735	0.81	0.81	561.35	<0.001

注:RV 的单位为 mm³,GA 单位为周;R²_{adj}为调整后 R²

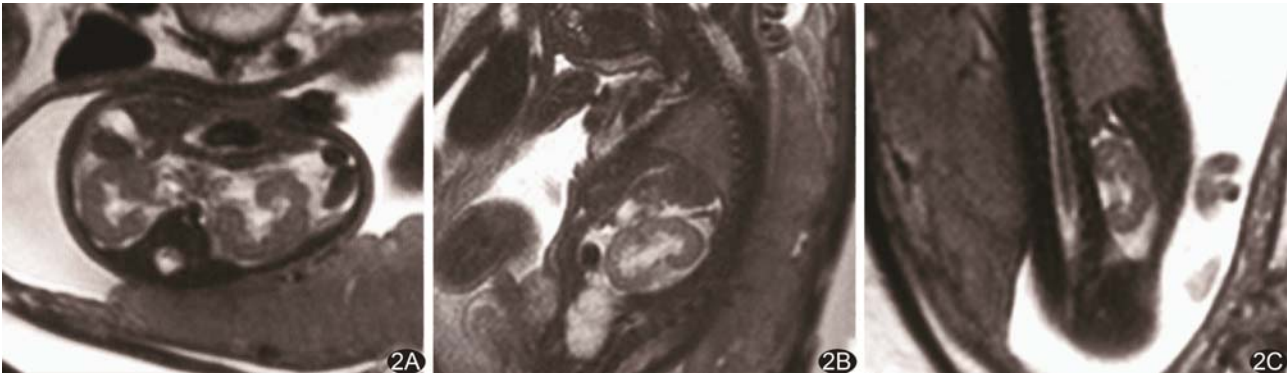


图 2 正常胎儿肾脏 SS_H TSE 图像,胎龄 31⁺周,肾脏表现为脊柱两侧的卵圆形结构,边缘呈分叶状轮廓,肾实质呈中等信号,肾盂、肾盏高信号,与肾实质分界清楚 A~C. 分别为轴位、矢状位和冠状位图像

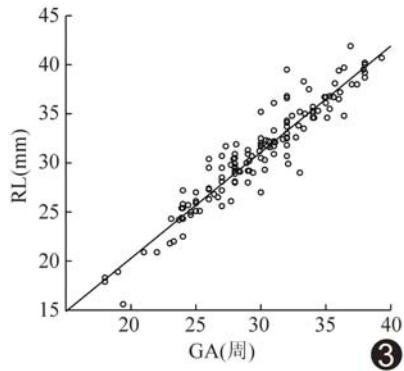


图 3 Pearson 相关分析示 RL 与 GA 呈正相关

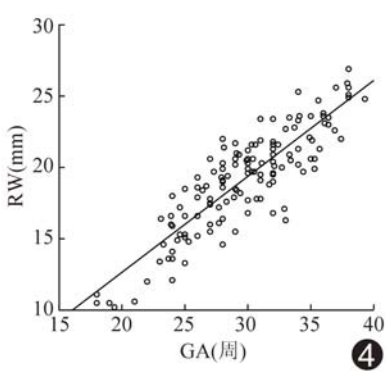


图 4 Pearson 相关分析示 RW 与 GA 呈正相关

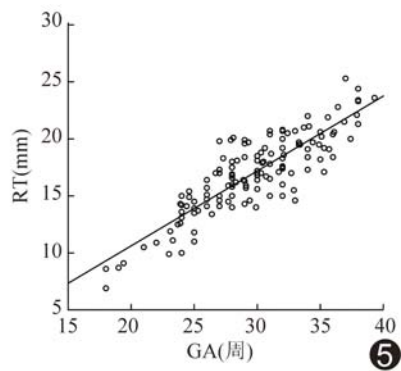


图 5 Pearson 相关分析示 RT 与 GA 呈正相关

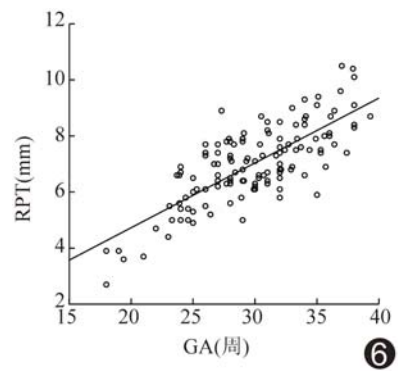


图 6 Pearson 相关分析示 RPT 与 GA 呈正相关

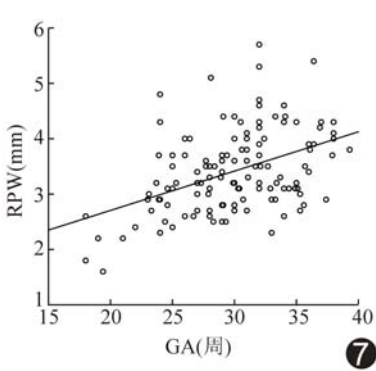


图 7 Pearson 相关分析示 RPW 与 GA 呈正相关

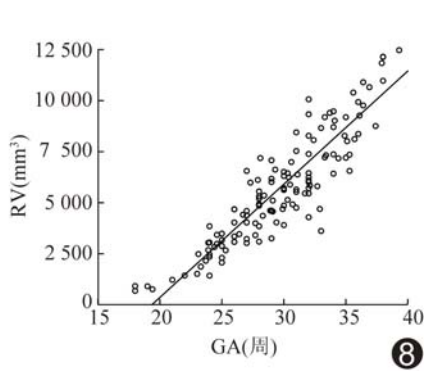


图 8 Pearson 相关分析示 RV 与 GA 呈正相关

短扫描时间和较高信噪比。

研究^[11-13]显示,MR 可准确测量胎儿体积和胎儿肺体积。熊春梅等^[14]对胎儿肾脏标本的研究显示,MR 能准确测量肾脏标本的体积。本研究中显示,MR 可测量正常胎儿肾脏的 RL、RW、RT、RPT、RPW 和 RV,测量结果不但在同一观察者不同次测量间、2 名观察者间具有良好的重复性,而且与超声测量数据也具有良好的一致性,提示 MR 在评估胎儿肾脏大小方面具有很高的可靠性,能够通过测量肾脏的径线或体积评估胎儿肾脏生长发育情况。

本研究显示,正常胎儿肾脏的 RL、RW、RT、RPT、RPW、RV 与 GA 呈正相关,随着 GA 的增加,肾脏各指标均逐渐增大,但肾脏各测量指标在两侧肾脏间无统计学差异,与先前报道一致^[7-8,10]。这也符合正常胎儿肾脏的生长发育规律。因此,肾脏大小与双顶径、头围、股骨长度等胎儿宫内生长参数一样,是一种产前评估胎儿生长发育的重要参考依据^[7]。本研究还显示,RL 与肾脏生长发育关系最密切,是评估胎儿肾脏大小的最佳指标^[15],且操作简单,比 RV 更易于在临床实践中应用。

MR 测量肾脏的大小,不但有利于评估胎儿生长发育,而且有助于诊断胎儿肾脏畸形。胎儿肾脏畸形常伴肾脏大小的改变:多囊性肾发育不良的肾体积可以增大;一侧肾缺如,对侧肾脏体积代偿性增大;肾积水时肾脏体积常常增大;肾脏发育不全或宫内生长受限时,双侧肾脏体积小于正常胎儿肾脏。

本研究的局限性:①研究对象包括非泌尿系统畸形的胎儿,虽然随访证实肾脏发育正常,但仍不能完全排除存在轻度肾脏异常的可能,测量结果可能有潜在误差;②通过径线测量和体积计算公式算出的 RV 数据不够准确,与真实值间可能存在较大误差。应用快速三维 MR 成像测量 RV,有望提高测量的准确性,但本研究受条件限制,未能获得相关数据;③本研究中部分胎龄阶段(≤ 22 周)的样本数小,需要扩大样本量来进一步完善和证实。

总之,MR 超快速成像序列在胎儿肾脏检查中切实可行。各测量指标具有较高的可靠性,有利于胎儿肾脏发育和肾脏畸形的评估,可弥补超声检查的不足,为临床决策提供更多有价值的信息。

[参考文献]

- [1] Frick N, Fazelnia C, Kanzian K, et al. The reliability of fetal MRI in the assessment of brain malformations. *Fetal Diagn Ther*, 2015, 37(2):93-101.
- [2] Whitby E, Wright P. Non-central nervous system fetal magnetic resonance imaging. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2015, 20(3):130-137.
- [3] Abdelazim IA, Belal MM. The role of magnetic resonance imaging in refining the diagnosis of suspected fetal renal anomalies. *J Turk Ger Gynecol Assoc*, 2013, 14(1):6-10.
- [4] 张军, 吴伟军, 孙明华. MRI 快速扫描序列在胎儿肾脏异常诊断中的应用. *临床放射学杂志*, 2014, 33(12):1914-1917.
- [5] Chauvin NA, Epelman M, Victoria T, et al. Complex genitourinary abnormalities on fetal MRI: Imaging findings and approach to diagnosis. *AJR Am J Roentgenol*, 2012, 199(2):W222-W231.
- [6] Gupta P, Kumar S, Sharma R, et al. The role of magnetic resonance imaging in fetal renal anomalies. *Int J Gynaecol Obstet*, 2010, 111(3):209-212.
- [7] 胡淑君. 胎儿肾脏体积与孕龄的相关性及超声诊断胎儿肾脏发育异常的临床价值. *中华妇产科杂志*, 2003, 38(5):50-51.
- [8] Michielsen K, Meersschaert J, De Keyser F, et al. MR volumetry of the normal fetal kidney: Reference values. *Prenat Diagn*, 2010, 30(11):1044-1048.
- [9] 苏瑞娟, 吕国荣, 何韶铮, 等. 三维超声测量胎儿肾脏及其血容积与孕龄的相关性研究. *中国医学影像技术*, 2006, 22(3):449-451.
- [10] 张永霞, 史浩, 丁红宇, 等. 胎儿肾脏体积的 MRI 测量及相关因素分析. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2010, 4(8):1261-1265.
- [11] Kubik-Huch RA, Wildermuth S, Cettuzzi L, et al. Fetus and uteroplacental unit: Fast MR imaging with three-dimensional reconstruction and volumetry-feasibility study. *Radiology*, 2001, 219(2):567-573.
- [12] Büsing KA, Kilian AK, Schaible T, et al. Reliability and validity of MR image lung volume measurement in fetuses with congenital diaphragmatic hernia and in vitro lung models. *Radiology*, 2008, 246(2):553-561.
- [13] Zamora IJ, Sheikh F, Cassady CI, et al. Fetal MRI lung volumes are predictive of perinatal outcomes in fetuses with congenital lung masses. *J Pediatr Surg*, 2014, 49(6):853-858.
- [14] 熊春梅, 林祥涛, 韩梅, 等. 正常胎儿标本肾脏体积与胎龄相关性的磁共振研究. *医学影像学杂志*, 2014, 24(9):1618-1622.
- [15] Witzani L, Brugger PC, Hörmann M, et al. Normal renal development investigated with fetal MRI. *Eur J Radiol*, 2006, 57(2):294-302.