

胎儿侧脑室扩张的 MR 影像价值的相关性研究

逢利博¹ 华荣¹ 安田田¹ 翟敬芳² 刘敏³

1. 江苏省徐州市中心医院 MR、CT 室,江苏 徐州 221009;2. 江苏省徐州市中心医院
产前诊断中心,江苏 徐州 221009;3. 江苏省徐州市中心医院 超声科,江苏 徐州 221009

【摘要】 目的 因为超声经常存在对胎儿侧脑室扩张和其他脑异常判断的不确定性,可能影响对胎儿侧脑室扩张程度及其他脑异常分类的问题。本研究通过评估磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)两种测量方法与超声轴面测量的相关性及其 95%一致性,对 MRI 的测量方法及诊断价值进行客观探讨。**方法** 回顾性分析 2000 年 3 月至 2023 年 9 月近 3 年江苏省徐州市中心医院进行胎儿头部 MRI 检查的孕产妇,对胎儿侧脑室轴面测量宽度 $\geq 10\text{mm}$ 的 177 例,同时获取 MRI 冠状面测量值及超声轴面测量值, MRI 和超声诊断的其他脑异常。每种测量方法均依据国际妇产科超声学会指南建议。**结果** 通过对 MRI 轴面、冠状面与超声轴面三种测量均值的 Spearman 相关性和两两之间差值均值的 95%一致性界限进行检验,三者之间的测量数值相关性均较佳,其中 MRI 轴面、冠状面之间的相关性最强,测量差值均值及 95%一致性界限范围最小,一致性最佳。而 MRI 轴面与超声轴面测量差值均值最大,95%一致性界限的上限最大。当侧脑室扩张大于 15mm 时,合并其他严重脑异常明显增多,MR 诊断 29 例,胼胝体缺如 6 例,胼胝体发育不全 3 例,大脑皮层发育不良 2 例,脑叶发育异常 2 例,空洞脑 1 例,全前脑畸形 2 例,室管膜下囊肿 2 例,Dandy-walker 畸形 4 例,不典型 Dandy-walker 畸形 7 例。**结论** 胎儿侧脑室的 MRI 轴面、冠状面与超声轴面三种测量方法间均有较好的相关性,以 MRI 轴面与冠状面之间最强,并且 95%一致性最佳。同时 MRI 能补充诊断超声遗漏和误诊的其他脑异常。

【关键词】 胎儿侧脑室扩张;胎儿 MRI;MRI 测量;MRI 诊断;超声测量

【中图分类号】 R714.53 **【文献标识码】** A

Correlation Study of MR Imaging Value in Fetal Ventriculomegaly

Pang Libo¹, Hua Rong¹, An Tiantian¹, Zhai Jingfang², Liu Min³

(1. MR, CT room, Xuzhou Central Hospital, Jiangsu 221009, China; 2. Prenatal Diagnosis Center, Xuzhou Central Hospital, Jiangsu 221009, China; 3. Department of Ultrasound, Xuzhou Central Hospital, Jiangsu 221009, China)

【Abstract】 Objective Due to the diagnostic uncertainty of ultrasound in fetal Ventriculomegaly and other brain abnormalities, there were issues with the degree of fetal Ventriculomegaly and classification of other brain abnormalities. This study objectively explored the measurement methods and diagnostic value of MRI by evaluating the correlation and 95% consistency between two measurement methods of MRI and ultrasound axial measurement. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 177 pregnant women who underwent fetal head MRI examinations from March 2000 to september 2023 in the past 3 years. The axial width of the fetal lateral ventricle was measured to be greater than 10mm, and MRI coronal and ultrasound axial measurements were obtained, as well as other brain abnormalities diagnosed by MRI and ultrasound. Each measurement method was based on the recommendations of the International Society of Obstetrics and Gynecology Ultrasound guidelines. **Results** By testing the Spearman correlation and 95%

DOI: 10.13470/j.cnki.cjpd.2025.01.006

* 通信作者:逢利博, E-mail: plbbx@163.com

consistency limit of the mean values of MRI axial, coronal and ultrasound axial plane measurement, it was found that the correlation between the measurement value of this three planes was good. Among them, the correlation between MRI axial and coronal plane was strongest, the range of mean value of measurement difference and 95% consistency limit was smallest, and the consistency was best. The mean difference between MRI axial and ultrasound axial plane measurements was largest, and the upper limit of the 95% consistency limit was largest. When the expansion of lateral ventricle exceeded 15mm, there was a significant increase in other severe brain abnormalities. 29 cases were diagnosed by MRI, including 6 cases of absence of the corpus callosum, 3 cases of underdeveloped corpus callosum, 2 cases of cerebral cortex dysplasia, 2 cases of abnormal development of cerebral lobes, 1 case of cerebral cavity, 2 cases of whole forebrain malformation, 2 cases of subarachnoid cysts, 4 cases of Dandy Walker malformation, and 7 cases of atypical Dandy Walker malformation. **Conclusion** There was a good correlation between the three measurement methods of MRI axial, coronal and ultrasound axial plane of fetal lateral ventricle, with strongest correlation between MRI axial and coronal plane, and best 95% consistency limit. Meanwhile, MRI can supplement the diagnosis of other brain abnormalities missed or misdiagnosed by ultrasound.

【Key words】 Fetal ventriculomegaly; Fetal MRI; MRI measurement; MRI diagnosis; Ultrasonic measurement

胎儿侧脑室扩张是产前超声筛查中最常见的一种脑异常,同时可能伴发其他脑发育异常。超声对侧脑室扩张的检出率较高,但常因某些原因使其声像图侧脑室壁边界清晰度不佳,而容易夸大或减小侧脑室扩张的程度^[1],同时对其他伴发的脑结构异常容易遗漏和误判^[2-4]。因此,当超声检查发现胎儿侧脑室扩张,及不能明确其他脑发育异常时,行胎儿头部磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查并进行侧脑室的测量,准确判断胎儿侧脑室扩张的程度,及明确诊断超声遗漏和误判的其他脑异常,对孕妇产前临床评估及随访策略具有重要意义。超声和MRI测量胎儿侧脑室存在差异,我们通过对MRI轴面、冠状面二种测量方法,以及与超声轴面测量进行相关性、95%一致性界限的研究,对MRI的测量方法及诊断价值进行探讨。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性分析江苏省徐州市中心医院2000年3月至2023年9月近3年来进行产前MRI检查的孕产妇,177例胎儿侧脑室MRI轴面测量宽度 $\geq 10\text{mm}$,MRI检查均于超声检查后1周内进行(平均3.5d),其中95例产前超声在我院进行,82例产前超声发生在淮海经济区其他三级医院。

超声诊断侧脑室扩张91例,发现脑部其他异常或可疑异常41例。孕产妇年龄22~41岁,平均年龄27.6岁,孕周22~39周,平均孕周29.1周。177例胎儿中,头位138例(78%),臀位33例(18.6%),横位6例(3.4%)。

1.2 研究方法 采用磁共振机型为超导PHILIPS 1.5T,采用平衡稳态快速场回波成像序列(2D Balance FFE),FOV30-35,层厚4.0mm,层间隔0mm,翻转角 60° ,TR/TE3.7/1.84ms,矩阵 208×238 ,NSA 2-3,扫描时间33~42s。DWI TR/TE1967/64ms,翻转角 90° ,矩阵 192×192 。对胎儿头部二次定位后行横断面、冠状面、矢状面扫描。

对于每个胎儿,超声和磁共振均测量两个侧脑室,每种方法使用相同的断面,取较大侧的侧脑室测量数值。超声轴面测量根据国际妇产科超声学会胎儿中枢神经系统超声检查指南建议^[5,6],MRI轴面测量参照超声测量标准,轴面平行于侧脑室后角长轴,取临近房部及后角交界区内外侧壁内缘(图1A,1B,1C)。MRI冠状面测量取两侧脑室脉络丛清晰且两侧脑室距离中线对称的层面,光标点置于侧脑室内外侧壁的内缘,垂直于侧脑室长轴进行测量(图1d)。MRI测量由二位磁共振诊断医师进行,测量值取2次测量的平均值。双侧脑室均扩张时,以较

大侧数值纳入研究中。胎儿侧脑室扩张临床标准为侧脑室房部直径 $\geq 10\text{mm}$,即较平均值(5.4~7.6mm)高出2.5~4个标准差值,根据扩张程度分

为:轻度(10~11.9 mm),中度(12~14.9 mm),重度($\geq 15\text{ mm}$)^[5-7]。侧脑室扩张伴发的其他脑异常参照 Barzilay 等研究分类^[7],分为轻微异常和严重异常。

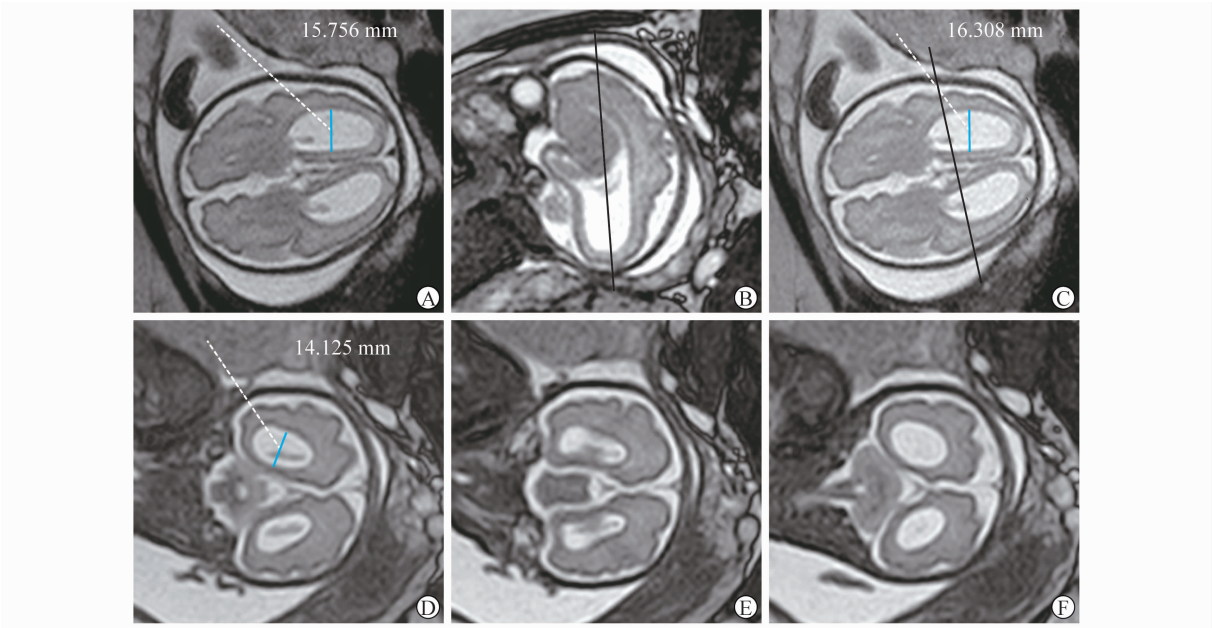


图1 妊娠32周胎儿,双侧脑室重度扩张合并胼胝体缺如,T2WI: A: MRI轴面测量的标准剖面,侧脑室测量值15.756mm; B:显示平行于侧脑室后角长轴的轴面定位线; C:显示位于侧脑室房部前缘的标准冠面定位线,重复的侧脑室测量值16.308mm; D: MRI冠面测量的标准剖面; E:位于(D)的前部; F:位于(D)的后部。

1.3 统计方法 采用 SPSS23.0 版本统计软件进行统计学分析,以 Spearman 相关系数对 MR 和超声之间三种测量方法测量结果进行相关性分析,用 r 相关系数分析 MRI 和超声诊断侧脑室扩张的相关性, $r \leq 0.2$ 为相关性较差, $r \leq 0.2 \sim 0.4$ 为相关性程度一般, $r \leq 0.4 \sim 0.6$ 为相关性程度中等, $r \leq 0.6 \sim 0.8$ 为相关性程度较强, $r \leq 0.8 \sim 1.0$ 为相关性程度很强, $P < 0.05$ 为显著性差异, $P < 0.01$ 为非常显著性差异。

采用 GraphPad Prism8.3.0 版本统计软件进行统计学分析,用侧脑室测量数值的差值法进行 95% 一致性界限($d \pm 1.96sd$)分析及产生 Bland-Altman 散点图,如果差值的分布服从正态分布,则 95% 的差值应该位于 $d - 1.96sd$ 和 $d + 1.96sd$ 之间,说明两种方法具有较好的一致性。本研究获得医院伦理委员会审核通过(2023Y1-1)。

2 结果

超声诊断其他脑部异常或可疑异常 41 例,MRI 明确诊断其他脑部异常 94 例,其中轻微异常 42 例,

严重异常 52 例。图 2 描绘了侧脑室不同程度扩张与轻微异常和严重异常发生例数的对应关系,在侧脑室房部宽度于 10~12mm 及 13~14mm 之间,中枢神经系统出现的轻微异常及严重异常与侧脑室宽度变化关系不密切,但在 15mm 及 16mm 以上时,中枢神经系统严重异常明显增多,MR 诊断 29 例,胼胝体缺如 6 例,胼胝体发育不全 3 例,大脑皮层发育不良 2 例,脑叶发育异常 2 例,空洞脑 1 例,全前

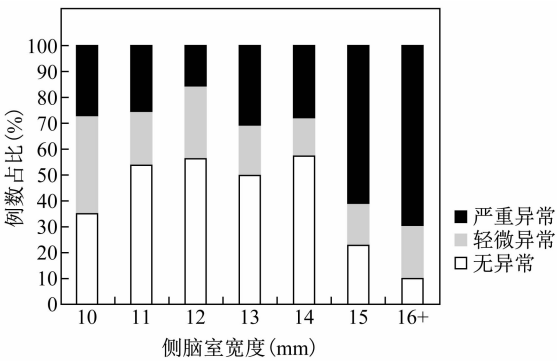


图2 不同程度侧脑室扩张与其他脑部异常(严重异常,轻微异常)的频率分布

脑畸形 2 例,室管膜下囊肿 2 例,Dandy-walker 畸形 4 例,不典型 Dandy-walker 畸形 7 例。

MRI 轴面、MRI 冠面、超声轴面三种方法测量侧脑室房部宽度均值不同(表 1),箱式图显示测量值范围及均值幅度(图 3),冠状面 15 例在 10mm 以下,超声轴面 86 例在 10mm 以下,但三种测量方法之间整体上仍然具有相关性,MRI 两种测量方法之间的 Spearman 相关系数 r 最大, r 值范围反映整体相关性程度很强;MR 冠状面与超声轴面的 r 值最小,MR 轴面与超声轴面的 r 值居中, r 值范围均反映整体相关性程度较强(表 1)。

表 1 三种测量方法平均值及其相关系数

变量	平均值(mm)	r^*	P
MRI 轴面	12.85 ± 2.54	0.970^a	<0.001
MRI 冠面	12.23 ± 2.52	0.686^b	<0.001
US 轴面	10.58 ± 3.08	0.706^c	<0.001

注:*,Spearman's correlation;a: MRI 冠面 vs. MRI 轴面;b: MRI 冠面 vs. US 轴面;c: MRI 轴面 vs. US 轴面。

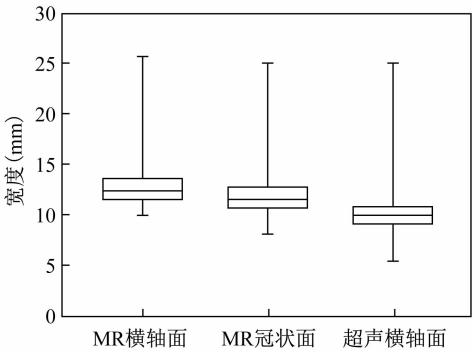


图 3 三种测量方法均值的箱线图

三种测量方法之间的 95%一致性界限显示(表 2),MRI 轴面与超声轴面测量的差值均值最大,95%一致性界限的上限($d + 1.96sd$)最大;MRI 两种方法测量的差值均值最小,95%一致性界限的范围最小;MR 冠状面与超声轴面的测量差值均值居中,但 95%一致性界限的下限($d - 1.96sd$)最小。三组测量方法的 Bland-Altman 散点图(图 4、5、6)均显示大部分点位于 95%一致性界限内,MRI 两种

表 2 三种测量方法差值的平均值和 95%一致性界限值

测量差值	平均值(mm)	95%一致性界限值
MRI 轴面-MRI 冠面	0.68	-0.15~1.39
MRI 轴面-US 轴面	2.27	-0.73~5.26
MRI 冠面-US 轴面	1.64	-1.40~4.69

测量、MRI 冠面与超声轴面、MRI 轴面与超声轴面测量的差值点位于 95%一致性界限外的分别为 5.1%(9/177)、5.1%(9/177)、4.5%(8/177)。

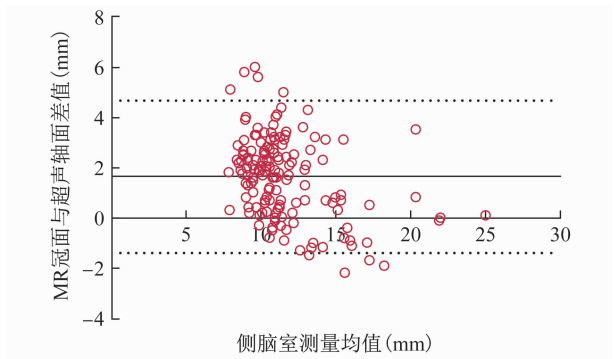


图 4 MRI 冠面和超声轴面差值的 95%一致性界限

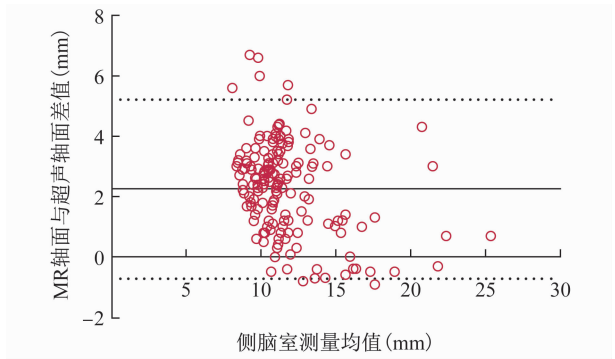


图 5 MRI 轴面和超声轴面差值的 95%一致性界限

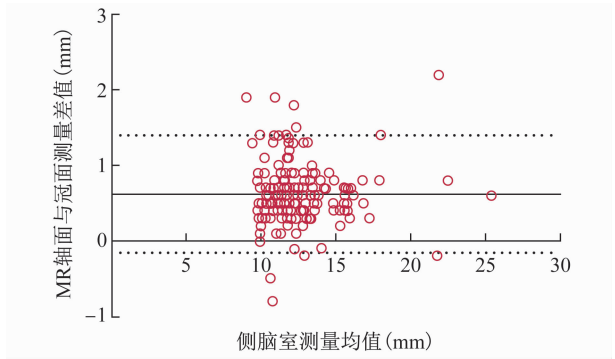


图 6 MRI 轴面和冠面差值的 95%一致性界限

3 讨论

胎儿侧脑室在妊娠 10~13 周呈水泡样结构,随着周围大脑结构的发育和进化,16 周时基本成型^[8-12]。在 14~40 周时侧脑室房部直径相对稳定,平均直径在 5.4~7.6mm。从以往的系列研究中发现,侧脑室扩张时房部是最先扩大的区域^[8-12],故

将侧脑室房部直径较平均值高出 2.5~4 个标准差值的 10mm 做为侧脑室扩张界限^[5,6,7,13]。目前侧脑室扩张程度依据标准依然是:轻度(10~11.9 mm)、中度(12~14.9 mm)、重度(≥ 15 mm)^[6,7,14,15]。

胎儿侧脑室扩张通常是在妊娠 18~20 周以后出现,多在 23~24 周产前超声三级筛查排除畸形中发现,是产前超声检查中最常见的中枢神经系统异常的表现,其发生率约 1%^[7,16]。其中单侧侧脑室扩张约占 50%~60%,双侧侧脑室扩张约占 40%~50%^[17,18],并且具有异质性,具有多种病因和中枢神经系统发育结果^[5,6]。胎儿侧脑室扩张的自然史是 29%消退,57%稳定和 14%进展^[19]。故正确测量侧脑室宽度非常重要,特别是在侧脑室房部直径约 10mm 时,因为技术上的微小差异会导致假阳性或假阴性结果,还会导致观察者之间在产前评估的解释上出现差异,可能会影响到对孕产妇的选择帮助。本组 177 例超声中显示胎儿侧脑室扩张为 91 例,而 86 例测量值未超过 10mm,通过随后 MRI 检查进行冠状面及轴面的测量,冠状面 15 例未超过 10mm,轴面测量值均大于或等于 10mm,从而改变了这些孕产妇的产前判断。同时 MRI 确定胎儿额外的中枢神经系统异常 94 例,除证实了超声发现的脑异常外,还发现了更多的脑异常。根据 Barzilay 等^[7]对胎儿侧脑室扩张伴发的中枢神经系统异常情况的研究分类,本组病例中侧脑室扩张在 15mm 以上时伴有其他脑严重异常显著增多,说明胎儿侧脑室重度扩张与其他中枢神经系统严重异常有高度的相关性,提示侧脑室重度扩张的胎儿其中枢神经系统发育预后严重不良。

国际妇产科超声学会目前以超声轴位测量胎儿侧脑室房部宽度为标准,尚没有把 MRI 测量纳入标准。perlam 等研究^[20]提示 MRI 冠状面测量与超声轴面测量侧脑室宽度的结果有较好的一致性,而应用 MRI 轴面进行测量的研究比较少见。本文研究采用 MRI 轴面、冠状面测量,并与超声轴面测量比较。MRI 轴面与侧脑室后角长轴平行,能最大限度的显示侧脑室后角与房部交界区内外侧壁的情况,MRI 轴面测量时能对侧脑室房部与后角之间关系的选择更准确。根据国际妇产科超声学会对超声轴

位测量侧脑室的指南显示,测量选择点位于侧脑室房部与后角交界区的侧脑室壁,这与本研究的 MRI 轴面测量选择点一致。因侧脑室房部为三角形,如选择最大径线会增大测量数值,如选择侧脑室后角内部则会减小测量数值,尤其是在 10mm 临界值附近时出现的漂移较大。本文研究显示三种测量方法之间具有不同的相关性,而 MRI 两种测量方法间的相关系数最大,差值均值及 95%一致性界限值范围最小,故二者的可替代性最强。Bland-Altman 散点图显示三种方法之间代表测量差值的点分布在 95%一致性界限以外的点均在 5%左右,说明整体上均具有较好的一致性。MRI 两种测量之间差值的两个极端值为轴面大于冠状面 2.2mm(图 1C, 1D),是侧脑室重度扩张时的测量,冠状面大于轴面 0.7mm 为侧脑室轻度扩张时的测量,我们观察到侧脑室重度扩张时侧脑室房部的三角形态消失,房部过渡到后角区位置成为最宽处,冠状面标准面测量显示位置偏向房部中间或偏前部(图 1C),故而冠状面测量值较轴面偏小,而侧脑室轻度扩张时,房部三角形态仍明显,冠状面标准面测量可能会出现数值偏大的情况。

当胎儿侧脑室后角扩张程度不大,尚未达到内外侧壁平行或趋于平行时,选择测量点比较关键,通常后角呈长锥状,若选择房部的最大宽度容易增大侧脑室扩张的程度,而选择后角内部容易减小侧脑室扩张程度,影响临床分类的判断,我们认为这也是超声测量值波动过大的主要原因之一。准确判断房部与后角交界区进行测量具有明显的意义,MRI 冠状面此时相对于 MRI 轴面选择位置上不具有优势,在我们这组研究中得到证实,就是侧脑室冠状面显示标准层面对应的往往是侧脑室房部的中间或偏前部,这与轴面测量标准部位有差异,尤其是在侧脑室重度扩大或轻微扩大时。虽然本组病例中 MRI 轴位与超声轴位测量差值均值最大,但二者 Spearman 相关系数及 95%一致性界限仍然反映了较好相关性和一致性,我们认为 MRI 轴面测量较超声对临床的判断更具有帮助,并且 MRI 轴面较 MRI 冠状面具有更多的观察优势,本文研究病例选择在 B 超检查后一周内进行 MR 检查,最大限度减少侧脑室可

能的变化而引起的测量差异^[19],更具有可靠性和临床实践的可行性。

本组研究病例来源于淮海经济区多家三级医院,虽然均具有超声检查资质,但神经超声并非普及,而超声受自身分辨率及远声场、穿过物体的厚度及介质影响较大,故超声测量操作的稳定性和准确性存在异质性。而MRI测量图像清晰度和分辨率高、图形恒定、可重复观察性强,由此我们推论MRI测量更具有可靠性及准确性。MRI测量胎儿侧脑室宽度同样也面临光标定位的精确性问题,实际操作中光标点在侧脑室房部内外侧内壁缘定位时,不同频次的操作中会存在0~1mm之间的较小变化(图1A,1C),但MRI对侧脑室房部与后角过渡区内外侧壁显示的清晰度和分辨率优于超声。超声对近场侧脑室壁噪声大,侧脑室壁边缘界定困难,或受羊水量、子宫壁、骨盆回声的影响,导致侧脑室壁的清晰度下降,影响光标的精确定位,从而测量值出现较客观值较大的波动,尤其当侧脑室较窄时超声评价往往高估侧脑室宽度^[1]。本组病例中超声测量值有48.6%(86/177)的数量小于10mm,处于正常值高限范围内,而经MRI冠状面测量仅15例小于10mm,轴面测量均在10mm及以上。有研究统计轻-中度侧脑室增宽的胎儿合并中枢神经系统或者非中枢神经系统结构畸形的发生率为10%~76%,多数报道<50%^[14,15,21],本组病例中显示在轻-中度侧脑室扩张时中枢神经系统轻微异常和严重异常同样有相当的发生率,所以我们认为当超声测量值接近10mm或侧脑室壁清晰度差时,进行产前MRI检查是非常必要的。因此,对于在不同医院进行的超声排畸筛查及后期超声检查的孕产妇,是否在妊娠中晚期将胎儿头部MRI检查作为必备的补充检查,值得深入思考。

有研究认为孤立性侧脑室扩张时,侧脑室房部对胎儿灰质体积增加的敏感性较低,因而通过测量侧脑室体积可以反映这种变化,这种容积测量与二维房部宽度测量相比,在侧脑室扩张的预后分类方面是否最终表现更好,还需更多的临床研究^[22]。按美国母胎医学会指南建议^[6],当发现侧脑室扩张时,应行诊断性羊水穿刺检查同时行染色体微阵列分

析;不管是否有已知的暴露情况或症状,建议检测CMV和弓形虫。当检查发现胎儿轻-中度侧脑室扩张时,需要进一步的评估及分析病因,评估的重点是明确是否合并其他中枢神经系统和非中枢神经系统结构异常、染色体异常或先天性感染。这也说明胎儿侧脑室测量准确性的重要性和胎儿头部MRI检查的必要性^[23]。

通过研究发现,胎儿侧脑室的MRI轴面、冠状面与超声轴面三者测量间均有较好的整体相关性和一致性,以MRI轴面与冠状面之间最佳,MRI轴面测量更具有优势,同时MRI较超声能发现和明确更多的其他中枢神经系统异常情况^[24]。是否在妊娠中晚期将胎儿头部MRI检查作为常规产前检查项目^[25,26],值得进行更广泛的研究和探讨。

本文研究的局限性是一部分产前超声检查来源于多家三级医院,超声测量稳定性和准确性存在异质性。另外,完成MRI检查的间隔天数与B超测量之间相关性的情况,需要将来进行具体的进一步纵向研究。

参 考 文 献

- [1] GAREL C, ALBERTI C. Coronal measurement of the fetal lateral ventricles: comparison between ultrasonography and magnetic resonance imaging[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006,27:23-27.
- [2] WHITBY EH, PALEY MN, SPRIGG A, et al. Comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging in 100 singleton pregnancies with suspected brain abnormalities[J]. *BJOG*, 2004,111:784-792.
- [3] PARAZZINI C, RIGHINI A, DONEDA C, et al. Is fetal magnetic resonance imaging indicated when ultrasound isolated mild ventriculomegaly is present in pregnancies with no risk factors[J]? *Prenat Diagn*, 2012,32:752-757.
- [4] SALOMON LJ, OUAHBA J, DELEZOIDE AL, et al. Third-trimester fetal MRI in isolated 10-to 12-mm ventriculomegaly: is it worth it[J]? *BJOG*, 2006,113:942-947.
- [5] INTERNATIONAL SOCIETY OF ULTRASOUND IN OBSTETRICS & GYNECOLOGY EDUCATION COMMITTEE. Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'[J]. *Ultrasound*

- Obstet Gynecol, 2007, 29:109-116.
- [6] SOCIETY FOR MATERNAL-FETAL MEDICINE, FOX NS, MONTEAGUDO A, et al. Mild fetal ventriculomegaly: diagnosis, evaluation, and management [J]. Am J Obstet Gynecol, 2018, 219: B2-B9.
- [7] BARZILAY E, BAR-YOSEF O, DOREMBUS S, et al. Fetal Brain Anomalies Associated with Ventriculomegaly or Asymmetry: An MRI-Based Study [J]. Am J Neuroradiol, 2017, 38: 371-375.
- [8] DUBOIS J, BENDERS M, CACHIA A, et al. Mapping the early cortical folding process in the preterm newborn brain [J]. Cereb Cortex, 2008, 18: 1444-1454.
- [9] HUANG H, XUE R, ZHANG J, et al. Anatomical characterization of human fetal brain development with diffusion tensor magnetic resonance imaging [J]. J Neurosci, 2009, 29: 4263-4273.
- [10] KYRIAKOPOULOU V, VATANSEVER D, ELKOMMOS S, et al. Cortical over growth in fetuses with isolated ventriculomegaly [J]. Cereb Cortex, 2014, 24: 2141-2150.
- [11] LI Z, XU F, ZHANG Z, et al. Morphologic evolution and coordinated development of the fetal lateral ventricles in the second and third trimesters [J]. Am J Neuroradiol, 2019, 40: 718-725.
- [12] TAKETANI K, YAMADA S, UWABE C, et al. Morphological features and length measurements of fetal lateral ventricles at 16-25 weeks of gestation by magnetic resonance imaging [J]. Congenit Anom, 2015, 55: 99-102.
- [13] SALOMON LJ, BERNARD JP, VILLE Y. Reference ranges for fetal ventricular width: a non-normal Approach [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2007, 30: 61-66.
- [14] GAGLIOTI P, OBERTO M, TODROS T. The significance of fetal ventriculomegaly: etiology, short and long-term outcomes [J]. Prenat Diagn, 2009, 29: 381-388.
- [15] GRIFFITHS PD, REEVES MJ, MORRIS JE, et al. A prospective study of fetuses with isolated Ventriculomegaly investigated by antenatal sonography and in utero MR imaging [J]. Am J Neuroradiol, 2010, 31: 106-111.
- [16] D'ADDARIOV, ROSSI AC. Neuroimaging of ventriculomegaly in the fetal period [J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2012, 17: 310-318.
- [17] FALIP C, BLANC N, MAES E, et al. Postnatal clinical and imaging follow-up of infants with prenatal isolated mild ventriculomegaly: A series of 101 cases [J]. Pediatr Radiol, 2007, 37: 981-989.
- [18] GRIFFITHS PD, BRACKLEY K, BRADBURN M, et al. Anatomical subgroup analysis of the MERIDIAN cohort: Ventriculomegaly [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2017, 50: 736-744.
- [19] MCKECHNIE L, VASUDEVAN C, LEVENE M, et al. Neonatal outcome of congenital ventriculomegaly [J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2012, 17: 301-307.
- [20] PERLMAN S, SHASHAR D, HOFFMANN C, et al. Prenatal Diagnosis of Fetal Ventriculomegaly: Agreement between Fetal Brain Ultrasonography and MR Imaging [J]. Am J Neuroradiol, 2014, 35: 1214-1218.
- [21] SETHNA F, TENNANT PW, RANKIN J, et al. Prevalence, natural history [J]. Obstet Gynecol, 2011, 117: 867-876.
- [22] SI-XIU ZHAO, YUN-HUA XIAO, FU-RONG LV, et al. Lateral Ventricular Volume Measurement by 3D MR Hydrography in Fetal Ventriculomegaly and Normal Lateral Ventricles [J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 48: 266-273.
- [23] D DI MASCIIO, F G SILEO, A KHALIL. Role of magnetic resonance imaging in fetuses with mild or moderate ventriculomegaly in the era of fetal neurosonography: systematic review and meta-analysis [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2019, 54: 164-171.
- [24] VINCENZO D' ADDARIO. Diagnostic approach to fetal ventriculomegaly [J]. J Perinat Med, 2022, 26: 111-116.
- [25] DI MASCIIO D, KHALIL A, PILU G, et al. Role of prenatal magnetic resonance imaging in fetuses with isolated severe ventriculomegaly at neurosonography: A multicenter study [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2021, 267: 105-110.
- [26] Yael GANOR PAZ, DENIS LEVINSKY, HADAR ROSEN, et al. Feasibility of Fetal Proximal Lateral Cerebral Ventricle Measurement [J]. J Ultrasound Med, 2022, 41: 2933-2938.

(收稿日期: 2024-11-03)

编辑: 姚红霞