

DOI: 10.3868/j.issn.2095-1558.2023.03.002

· 指南解读 ·

国际妇产科超声学会关于胎儿磁共振成像应用指南解读

鲍妍婧 李海燕 欧阳振波 高天旸

【关键词】磁共振成像；胎儿；超声检查；妊娠；指南

【中图分类号】R715.5 【文献标识码】A

随着3.0T磁共振成像系统信噪比的改善、图像质量的提高以及运动伪影矫正技术的应用，磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)的诊断能力已得到了极大的提升^[1-2]。MRI在妇产科中的应用已越来越广泛，特别是在评估女性盆腔肿物以及确认胎儿和胎盘异常方面^[3]。作为超声检查的重要补充，胎儿MRI通常在妊娠22周后进行，是一种对胎儿安全无创的检查。现有的文献中有许多关于成人和儿童MRI的研究^[4]，但目前关于胎儿MRI的研究和指南有限。为更好地促进胎儿MRI的应用及规范操作，ISUOG于2023年2月发布了《ISUOG实践指南(更新):胎儿磁共振成像的应用》^[5]。指南主要探讨了胎儿MRI的六大基本问题(why、whether、which、when、who、where)，并从九个方面对其操作规范进行了详细的阐述。为更好地促进胎儿MRI的应用，现就该指南解读如下。

一、胎儿MRI的基本介绍

(一) Why: 胎儿MRI的目的是什么?

胎儿MRI的目的是对超声检查结果进行确认和补充。一般情况下，胎儿MRI并非产前检查的主要筛查工具，但可以对胎儿解剖结构进行标准化和完整的评估。对于超声不能发现异常的高风险病例(如因受一级亲属影响而有脑部异常风险的胎儿)，胎儿MRI也可作为主要的辅助筛查工具^[6]。

(二) Whether: 胎儿MRI安全吗?

在不使用对比剂的情况下，妊娠期的MRI检查

不会对胎儿造成不良影响。MRI主要有1.5T或3.0T两种磁场强度。当使用3.0T时，可以通过机器特定的参数调节能量沉积水平，使其保持在安全范围。应用射频磁场可能会导致胎儿发热，因此国际电工委员会将全身射频磁场传输限制为不超过2W/kg特定吸收率的工作模式^[7]。产后的研究也未发现产前使用3.0T的MRI对胎儿听力或生长有任何影响。

(三) Which: 哪些情况应进行胎儿MRI?

专业超声检查后，如果对诊断仍不确定，或者怀疑存在无法仅通过超声确认的异常，则需要进行胎儿MRI检查。MRI在某些特殊临床问题上能比超声提供更多的信息，给患者的管理提供更有价值的参考意见。影响胎儿MRI的决定性因素包括但不限于：使用超声的经验/设备、MRI的设备及实施的可行性、肥胖、腹部瘢痕和羊水过少等母体状况、胎龄、安全问题、法律对终止妊娠的规定(terminal of pregnancy, TOP)和父母的意愿等。具体包括：①胎儿MRI可协助TOP及相关法律法规的实施^[8]。一些国家和地区要求孕妇必须在妊娠24周之前做出是否终止妊娠的决定，MRI可以帮助其做出决定。②胎儿MRI可进一步确认超声诊断的脑部孤立性疾病，如孤立性脑室肥大、胼胝体发育不全、透明隔缺失和小脑/蚓部畸形等。③胎儿MRI可提供医源性或自然死亡后的单绒毛膜双羊膜囊双胎妊娠的临床信息，并评估幸存胎儿的病理变化和脑损伤等风险^[9]。④胎儿MRI可用于面部、颈部、胸部及腹部

作者单位：510317 广州，广东省第二人民医院妇科(鲍妍婧、欧阳振波)，生殖医学中心(李海燕、高天旸)
通讯作者：欧阳振波，E-mail: ouyangzhenbo@163.com

异常的诊断,并可检测出15%的重度胎儿结构异常^[10]。⑤MRI有助于胎盘粘附性疾病的诊断,通常这类疾病很难在超声检查中被检测或排除。此外,尽管肥胖、腹部瘢痕和羊水过少等孕产妇疾病会降低胎儿MRI的图像质量,但在大多数情况下仍可通过MRI获取诊断图像。

(四) When: 胎儿MRI检查应在何时进行?

妊娠18周前进行的胎儿MRI并不能提供优于超声检查的临床信息,通常在妊娠22周后进行MRI才有检查意义,妊娠晚期的临床检测意义最大。在某些情况下,胎儿MRI也可以在妊娠22周之前获得一些有用的信息,例如可能导致气道损失的皮质发育和颈部肿块^[11]。尽管每次妊娠和每个胎儿都会有所不同,但是一般在妊娠26~32周之间可以清楚地看到胎儿器官,此时与异常发育相关的病理变化也会更加明显。此外,随着妊娠周数的增加,女性在MRI扫描仪中就越难以保持舒适,建议检查时考虑左侧卧位^[12]。

(五) Who: 胎儿MRI检查应该由谁进行?

操作胎儿MRI仅限于受过特定培训和具备专业知识的人员。操作过程应遵循伦理标准,胎儿MRI应至少由一名专业人员在临床上进行评估、操作和分析检查结果。当正确地操作和分析后,MRI不仅有助于诊断,而且是患者选择治疗方案、分娩计划和咨询的重要辅助工具。首先,MRI扫描仪的设置、现场患者沟通以及适当协议和技术的选择需要大量培训,应由在胎儿MRI方面具有广泛实践临床经验的中心提供。其次,对于某些特殊疾病的报告分析,中心需要提供多学科联合协作诊疗,包括产前诊断、围产医学、新生儿学、小儿神经病学和神经放射学、遗传学等其他相关专业领域的专家。多学科联合协作诊疗可将临床、家族史与超声和MRI结果相结合,以优化患者的管理^[13]。

(六) Where: 胎儿MRI培训应该在哪里进行?

虽然并不清楚是否存在公认的胎儿MRI资格认证,但操作胎儿MRI的人员需接受过教学中心的专业培训。教学中心是能够为医学生、医生和放射科技术人员锻炼如何熟练地操作胎儿MRI的机构,并能提供足够数量的案例进行操作^[8]。

二、胎儿MRI的操作

一般情况下,胎儿MRI属于针对性产前影像诊断,主要目的是辅助超声解决诊断问题。其操作过

程主要包括磁场强度及扫描序列的选择、不同结构检查的要求、具体的检查过程、特殊结构的测定及检查报告的解读等。

(一) 磁场强度的选择

目前应用于临床的MRI磁场强度以1.5T和3.0T最常见。1.5T是目前最常用的磁场强度,即使对妊娠18周前的孕妇也能提供可靠的分辨率。此外,1.5T场强对流动伪影不太敏感,对于羊水过多等情况的成像也较3.0T清晰。但3.0T的电场强度可以依靠相似的组织能量沉积速率获得更高分辨率的图像和更好的信噪比^[4]。可根据孕妇不同检查要求选择不同场强的MRI。

(二) 磁共振序列的选择

磁共振序列是指一定带宽、一定幅度的射频脉冲与梯度脉冲的有机组合。胎儿MRI的可选序列包括:弥散加权成像、弥散张量成像、稳态自由进动序列和单次高分辨率(single-shot high-resolution, SSH)磁共振胆胰造影序列等。不同的序列可获得特点各异的图像^[10]:①T2加权成像是胎儿MRI的主要序列。它通常利用T2加权快速(涡轮)自旋回波或稳态自由进动序列来实现^[14-15]。回波时间长的快速(涡轮)自旋回波序列用于胎儿大脑成像;而较短的回波时间(echo time, TE)多用于胎儿体内不同组织的对比。②T1加权成像由1.5T的二维梯度回波序列获得。孕妇屏气期间,大约有15秒的平均持续时间使其发挥性能,使得获取图像的同时不产生运动伪影。此外,T1加权成像还可识别亚急性出血、钙化、腺体和胎粪中的高铁血红蛋白等。③SSH梯度回波类型的平面回波序列(gradient-recalled echo-echo-planar imaging, GRE-EPI)常用于骨结构、血液钙化及分解产物的检查。

在任何情况下,视角应根据检查的器官进行调整,层厚为2~5mm,层间距为10%~15%为最佳。任意检查均应包括胎儿大脑和身体3个剖面的T2成像及1~2个剖面(最好是冠状面和矢状面)的T1成像和GRE-EPI序列。这项检查应该在30分钟内完成,过程允许胎儿运动和使用重复序列。

(三) 胎儿MRI不同检查结构的要求

1. 中枢神经系统畸形是最常见的先天性畸形之一,有脑部疾病家族风险的胎儿可行MRI筛查。根据胎儿MRI的检查要求,不同脑部结构应选用适合的剖面视图:①矢状面,包括正中矢状面,可显

示胼胝体、中脑导水管和垂体。②与脑干平行的冠状面，可显示对称的内耳结构。③横断面（垂直于矢状切面），平行于胼胝体或颅底，可根据冠状面调整横向对称面^[10]。

2. 胎儿躯干通常处于非严格垂直的状态，因此胎儿躯干检查的标准化平面比胎儿脑部检查的标准化平面更难实现：①矢状面可以通过将中间切面穿过胸椎和脐带来实现。②冠状面必须调整到脊柱平面（与胸椎及腹部水平的冠状面平行）。③横断面应垂直于感兴趣区域的脊柱长轴。例如，要进行肺容积测量，横断面应垂直于胸椎^[10]。

3. 胎盘的评估需遵循：①最低标准应包括整个子宫的SSFP序列，确保必要时进行胎盘体积测定；②需要排除前置胎盘；③胎盘的检查时间应多于胎儿的检查时间^[2]。

（四）胎儿MRI的检查过程

MRI因其高磁场及成像方式的特殊性，检查时间长且存在特殊性，需要受检者充分配合。整个检查操作过程需要遵循以下原则：

（1）检查前准备：①排除MRI的绝对禁忌证，

被检查者知情同意并充分理解MRI检查的益处和局限性。②核实胎龄，最好先在孕早期进行超声评估。③在特殊情况下，如当患者患有焦虑或幽闭恐惧症时，可考虑使用镇静剂来减少胎动或伪影。④根据医疗机构的安全管理规定，可安排一名陪同人员。⑤保证被检查者以舒适的姿势躺在扫描仪台上。

（2）扫描技术规范：①获取定位序列。②确保线圈的正确放置，主要检查器官应位于线圈的中心，并选择合适的磁共振序列。③评估主要检查的器官。④如有指征，继续对整个胎儿和胎儿外结构（包括脐带、胎盘和母体子宫颈等）进行全面检查。

（3）在妊娠32周后出现需要紧急干预的情况，如疑似胎盘早剥或缺氧缺血性胎儿脑损伤，请迅速通知转诊医生。需要强调的是，胎儿MRI主要是对妊娠中晚期超声检查的补充，因此检查和结果报告的重点应放在难以用超声评估的结构上（见表1）。

（五）特殊结构的测定

利用超分辨率图像技术和机器学习的自动测量方法，MRI已经测定了一些大脑特殊结构的正常值^[7]。对于某些特殊的结构，MRI检查比超声更有

表1 胎儿MRI的执行步骤

步骤	执行的具体内容
指征	取决于患者既往超声检查结果、临床问题和胎龄
孕妇准备	告知检查的适应证、操作过程、预期结果和后果以及禁忌证，并确认是否有陪同人员。与幽闭恐惧症患者谈话时，可注射镇静剂
MRI的前提条件	书面转诊时，尽可能明确说明临床问题、超声报告及图像情况，并根据孕早期超声确定胎龄
MRI的操作	再次告知患者MRI的禁忌证，使患者处于舒适的体位（仰卧位或侧卧位），正确地定位线圈。以上所有操作时均要求有医生在场
检查后	通知患者何时取报告。如出现并发症应立即通知转诊医生
图像存储、报告	图像的电子存储和读取最好由专门的医生进行，最好能详细地分析报告（见表2）

表2 详细胎儿MRI检查报告结构及建议内容

报告标题	报告需包含的具体内容
方法	成像条件（胎动减少、母亲肥胖、过早终止检查）和技术指标（场强、线圈、序列、平面）
头部	是否具有完整的硬腭和软腭轮廓
脑部	与年龄相关的脑沟、脑回，脑部中线结构和充满脑脊液的间隙宽度是否正常，脑实质各层的是否具有规律（孕30周后：髓鞘形成和髓鞘形成前的规律性）
胸部	胸廓形态与肺是否具有与年龄匹配的正常信号，心脏的检查是否符合规律
腹部	胃、胆囊、肾和膀胱是否充盈，肠道的胎粪信号是否正常；女性/男性外生殖器是否正常
胎外结构	三条脐带血管、羊水量是否正常，胎盘结构的位置是否符合规律，根据年龄判断宫颈长度是否缩短
骨骼（可选，如果要求检查）	脊柱的走行、骨骼（包括手指和脚趾）的形状、长度和位置是否正常（在孕32~35周羊水过少的情况下，手指可能无法充分地评估）

效。例如测量结构含流体时, MRI测量值通常比相应的超声测量值高10%左右^[16-17], 有利于预测相关疾病的预后。

(六) MRI图像的存储

全部检查内容应在本地存储。数字存储可以对图像进行二次意见评估, 将来出现新问题时可方便对图像进行复审。

(七) 胎儿MRI报告的解读

一份标准的胎儿MRI报告包括两种类型的检查, 要求操作者在报告中明确指出。一种是对针对性的检查, 只对特定的器官进行评估, 其目的是解决胎儿器官的畸形问题。另一种是详细的检查, 包括对整个胎儿解剖结构的标准化评估(见表2), 非例行检查的特殊结构也需要在报告中明确指出。详细的检查还包括不适合MRI检查的结构, 例如心脏、脐带、胎盘、宫颈、羊水(数量和信号强度)等胎儿外结构。此外, 由于MRI是在孕中期超声检查后的补充检查, 因此检查和报告的重点应放在超声难以评估的结构上。

综上所述, 该指南是专门针对胎儿MRI详细介绍和规范操作的国际指南。基于对文献的系统回顾, 该指南主要给予了以下五个建议: ①在胎儿MRI可能比先前的超声检查提供更多临床信息的情况下, 都应考虑进行胎儿MRI。②操作胎儿MRI的工作人员应在教学中心接受过专门培训, 并能够掌握最先进的胎儿MRI技术。③根据表1的标准进行胎儿MRI, 并完善胎儿畸形和获得性疾病等妊娠并发症的管理。④整个检查应在本地存储。此外, 数字存储可以对图像进行二次意见评估, 并在将来出现新问题时方便对图像进行复审。⑤应制作一份包含关键信息的标准胎儿MRI报告。

参 考 文 献

- [1] Colleran GC, Kyncl M, Garel C, et al. Fetal magnetic resonance imaging at 3 Tesla-the European experience[J]. *Pediatr Radiol*, 2022, 52(5): 959-970.
- [2] Nagaraj UD, Calvo-Garcia MA, Merrow AC, et al. Utilization of 3-T fetal magnetic resonance imaging in clinical practice: a single-institution experience[J]. *Pediatr Radiol*, 2021, 51(10): 1798-1808.
- [3] Arthuis C, Millischer AE, Bussièrès L, et al. MRI based morphological examination of the placenta [J]. *Placenta*, 2021, 115: 20-26.
- [4] 中华医学会放射学分会儿科学组, 中华医学会儿科学分会放射学组, 北京放射学会儿科学组. 儿童头颅及脊柱MR检查中国专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56(7): 727-733.
- [5] Prayer D, Malinger G, De Catte L, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): performance of fetal magnetic resonance imaging [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2023, 61(2): 278-287.
- [6] Millischer AE, Sonigo P, Ville Y, et al. Standardized fetal anatomical examination using magnetic resonance imaging: a feasibility study [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2013, 42(5): 553-559.
- [7] The American College of Radiology. ACR-SPR Practice parameter for the safe and optimal performance of fetal magnetic resonance imaging (MRI) [EB/OL] [2023-03-11]. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/mr-fetal.pdf>.
- [8] Sussman BL, Chopra P, Poder L, et al. ACR Appropriateness Criteria® Second and Third Trimester Screening for Fetal Anomaly [J]. *J Am Coll Radiol*, 2021, 18(5S): S189-S198.
- [9] Cruciat G, Nemeti GI, Popa-Stanila R, et al. Imaging diagnosis and legal implications of brain injury in survivors following single intrauterine fetal demise from monochorionic twins - a review of the literature [J]. *J Perinat Med*, 2021, 49(7): 837-846.
- [10] Herrera CL, Byrne JJ, Clark HR, et al. Use of Fetal Magnetic Resonance Imaging After Sonographic Identification of Major Structural Anomalies [J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(10): 2053-2058.
- [11] Ng TW, Xi Y, Schindel D, et al. Fetal Head and Neck Masses: MRI Prediction of Significant Morbidity [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 212(1): 215-221.
- [12] Hughes EJ, Price AN, McCabe L, et al. The effect of maternal position on venous return for pregnant women during MRI [J]. *NMR Biomed*, 2021, 34(4): e4475.
- [13] Cassart M, Garel C. European overview of current practice of fetal imaging by pediatric radiologists: a new task force is launched [J]. *Pediatr Radiol*, 2020, 50(12): 1794-1798.
- [14] Colleran GC, Kyncl M, Garel C, et al. Fetal magnetic resonance imaging at 3 Tesla - the European experience [J]. *Pediatr Radiol*, 2022, 52(5): 959-970.

- [15] Liao Y, Li X, Jia F, et al. Optimization of the image contrast for the developing fetal brain using 3D radial VIBE sequence in 3T magnetic resonance imaging [J]. BMC Med Imaging, 2022, 22(1): 11.
- [16] Di Mascio D, Khalil A, Rizzo G, et al. Reference ranges for fetal brain structures using magnetic resonance imaging: systematic review [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2022, 59(3): 296-303.
- [17] Avisdris N, Yehuda B, Ben-Zvi O, et al. Automatic linear measurements of the fetal brain on MRI with deep neural networks [J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2021, 16(9): 1481-1492.

(收稿日期: 2023-05-24)

(本文编辑: 付群连)

声 明

为推进我国科技信息交流的网络化进程,扩大本刊的知识信息交流渠道,本刊已被“中国核心期刊(遴选)数据库”“万方数据——数字化期刊群”“中国学术期刊网络出版总库”及CNKI系列数据库、“中文科技期刊数据库”“超星期刊”收录。所有向本刊投稿并录用的文章,将由编辑部统一纳入上述期刊数据库中,读者可上网查询浏览。凡有不同意见文章被收录者,请在来稿时向本刊声明。