

Prenatal multi-sequence MRI diagnosis of fetal congenital talipes equinovarus

LI Hongen, LUO Hui, LIU Chunhua, ZHANG Yan, JIANG Kuiming, ZENG Yihui*

(Department of Radiology, Guangdong Province Hospital for Women and Children Healthcare, Guangzhou 511400, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of prenatal multi-sequence MRI in diagnosis of fetal congenital talipes equinovarus (CTEV) compared with ultrasound. **Methods** A total of 26 fetuses with CTEV confirmed by following-up after birth were enrolled, including 13 with gestational age (GA) ≤ 28 weeks (group A) and 13 GA > 28 weeks (group B). Within 3 days after prenatal ultrasound examination, MR scanning of fetal foot were performed using single-shot fast spin echo (SSFSE), fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA), diffusion weighted imaging (DWI) and fast inversion recovery motion insensitive (FIRM) sequence. MRI characteristics of fetal CTEV were analyzed, and the accuracies of MRI and ultrasound for diagnosing fetal CTEV were compared. **Results** The bone tissue of CTEV foot showed low signals, while the skin and muscles showed isointense signals on SSFSE, FIESTA and FIRM images. On DWI images, the long bone shaft, skin and muscles showed low signals, while the metaphysis showed high signals. Prenatal MRI misdiagnosed 1 fetus of CTEV as polydactylia, missed diagnosed 2 fetuses and one of bilateral CTEV of 1 fetus, the diagnostic accuracy of prenatal MRI for fetal CTEV was 88.46% (23/26). Prenatal ultrasound missed diagnosed CTEV in 5 fetuses, and the diagnostic accuracy was 80.77% (21/26). The accuracy of prenatal ultrasound was 100% (13/13), of prenatal MRI was 76.92% in group A ($P > 0.05$), while in group B, the accuracy of prenatal MRI was 100%, obviously higher than that of prenatal ultrasound (61.54%, $P < 0.05$). **Conclusion** Prenatal MRI could be used to diagnose fetal CTEV, especially for screening fetal limb malformations after 28 weeks of gestation. Rapid MR sequences and acquisition of coronal images repeatedly with the changes of fetal foot position might help to diagnosis of fetal CTEV.

[Keywords] fetus; clubfoot; magnetic resonance imaging

DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2021.07.025

产前多序列 MRI 诊断胎儿先天性马蹄内翻足

李鸿恩, 罗辉, 刘春花, 张嫣, 江魁明, 曾益辉*

(广东省妇幼保健院放射科, 广东 广州 511400)

[摘要] **目的** 观察产前多序列 MRI 诊断胎儿先天性马蹄内翻足(CTEV)的价值,并与超声诊断结果对比。**方法** 纳入 26 胎经出生后证实的 CTEV 胎儿。A 组孕周 ≤ 28 周, B 组孕周 > 28 周, 各 13 胎, 均于产前超声检查后 3 天内接受单次激发快速自旋回波(SSFSE)、稳态采集快速成像(FIESTA)、弥散加权成像(DWI)及快速反转恢复运动抑制(FIRM)序列胎儿足部 MR 扫描。观察 CTEV 胎儿足部信号特点, 比较 MRI 与超声诊断 CTEV 的准确率。**结果** MR SSFSE、FIESTA 及 FIRM 序列图像中, CTEV 胎儿足部骨组织均呈低信号、皮肤肌肉均呈等信号; DWI 图像中, 长骨骨干及皮肤肌肉均呈低信号, 骨骺端呈高信号。产前 MRI 共误诊 1 胎 CTEV 为多趾畸形, 漏诊 2 胎及 1 胎双侧病变中的 1 侧 CTEV, 诊断 CTEV 的准确率为 88.46% (23/26); 超声共漏诊 5 胎, 诊断准确率为 80.77% (21/26)。A 组产前超声诊断 CTEV 准

[第一作者] 李鸿恩(1988—), 男, 湖南娄底人, 本科, 主管技师。研究方向: 胎儿磁共振诊断及技术。E-mail: 137842241@qq.com

[通信作者] 曾益辉, 广东省妇幼保健院放射科, 511400。E-mail: 710171607@qq.com

[收稿日期] 2020-06-30 **[修回日期]** 2021-04-16

准确率(100.00%)高于 MRI(76.92%),但差异无统计学意义($P>0.05$);B 组产前 MRI 诊断 CTEV 准确率(100.00%)明显高于超声(61.54%),差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 多序列 MRI 可用于产前诊断胎儿 CTEV。采用快速扫描技术、反复采集胎儿足部位置变化后冠状位图像有利于明确诊断。

[关键词] 胎儿;畸形足;磁共振成像

[中图分类号] R714.53; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2021)07-1069-04

先天性马蹄内翻足(congenital talipes equinovarus, CTEV)是临床常见足部先天性畸形,主要表现为后足内翻、内旋,前足内收、内翻或高弓等;其发病率约为 1%~4%,男女比例为 2.5:1,双侧发病约占 45%^[1]。婴幼儿期 CTEV 仅软组织改变而骨关节正常,随着时间推移,肌肉发育及韧带挛缩可造成严重骨关节畸形。产前早期诊断胎儿 CTEV 具有重要临床意义^[2]。超声是诊断胎儿 CTEV 的常用影像学方法,但孕 28 周后胎儿在子宫内的活动空间变小,羊水较少,可能导致超声检查显示欠清^[3]。而 MRI 不受羊水影响,软组织分辨力高,并可全方位、多角度成像,常用于排查胎儿复杂畸形^[4]。本研究与超声诊断结果对比,评价多序列 MRI 诊断胎儿 CTEV 的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2013 年 9 月—2020 年 2 月 26 胎经出生后随访证实的 CTEV 胎儿,孕妇年龄 23~42 岁,平均(28.4±4.8)岁;均为单胎妊娠,孕周 22~37 周,平均(26.84±3.71)周。A 组孕周≤28 周,孕妇年龄 23~42 岁,平均(29.0±5.1)岁,孕周 22~28 周,平均(23.77±1.83)周;B 组孕周>28 周,孕妇年龄 23~42 岁,平均(27.9±4.6)岁,孕周 29~37 周,平均(29.92±2.18)周;每组各 13 胎。纳入标准:产前超声诊断明确胎儿 CTEV,且于其后 3 日内接受 MR 检查。排除存在 MR 检查禁忌证者。检查前孕妇均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Brivo 1.5T 超导 MR 扫描仪,配备 8 通道相控阵线圈。

嘱孕妇仰卧或侧卧,足先进,双手置于胸前,不交叉,平静呼吸,佩戴耳塞。采集胎儿足部冠状位、矢状位及轴位 MRI,扫描序列包括单次激发快速自旋回波(single-shot fast spin-echo, SSFSE)、稳态采集快速成像(fast imaging employing steady-state acquisition, FIESTA)、弥散加权成像(diffusion weighted

imaging, DWI)及快速反转恢复运动抑制(fast inversion recovery motion insensitive, FIRM)序列,参数见表 1。反复采集胎儿足部位置发生变化后的冠状位图像,由 2 名具有 5 年以上工作经验的放射科医师阅片,若足部位置发生变化时胫骨、腓骨长轴与足底长轴显示在同一层面、且足内翻>90°即诊断为 CTEV;若胎儿体位无变化,则于 30 min 后再次扫描。记录扫描的特异吸收率(specific absorption rate, SAR)。见图 1~3。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 23.0 统计分析软件。以频数和百分率表示计数资料,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法比较产前 MRI 与超声诊断 CTEV 的准确率;以 $\bar{x}\pm s$ 表示计量资料,采用 t 检验比较 A、B 组一般资料差异;以方差分析比较各序列 SAR 值的差异。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

26 胎 CTEV 中,16 胎双侧发病(16/26, 61.54%),10 胎单侧发病,包括 8 胎左侧、2 胎右侧受累。A、B 组孕妇年龄差异无统计学意义($t=0.605$, $P=0.551$);孕周差异具有统计学意义($t=-7.795$, $P<0.001$)。

2.1 胎儿 CTEV 的 MRI 表现 MR SSFSE、FIESTA 及 FIRM 序列图像中,CTEV 患足骨组织均呈低信号、皮肤及肌肉均呈等信号;DWI 图像中,长骨干及皮肤、肌肉均呈低信号,骨骺端呈高信号。

2.2 产前诊断准确率 A 组产前超声诊断 CTEV 的准

表 1 胎儿足部 MR 扫描序列及参数

参数	SSFSE	FIESTA	DWI	FIRM
TR(ms)	4 000	4.7	2 600	9
TE(ms)	82.9	1.8	84.2	4.2
矩阵	285×256	160×224	160×160	320×224
FOV(cm)	48×48	48×48	48×48	48×48
层厚(mm)	3	3	3	3
层间隔(mm)	0	0	0	0
激励次数	1	1	5	2
带宽(Hz/pixel)	20.83	100	—	31.25
扫描层数	20	20	20	20
单次扫描时间(s)	60	20	110	100
b 值(s/mm ²)	—	—	1 000	—

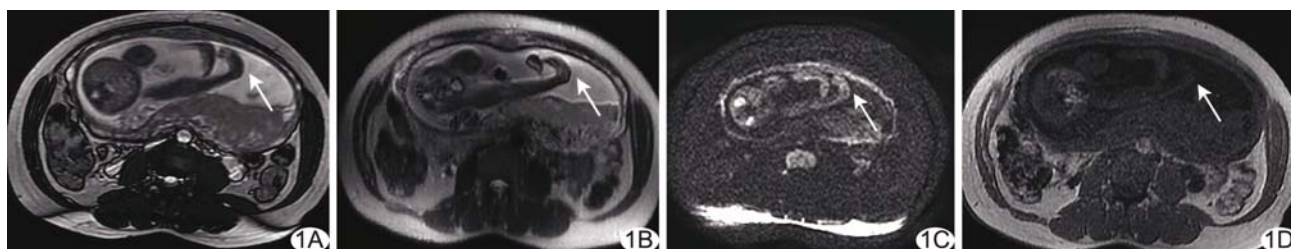


图 1 26 周胎儿, MRI 诊断双侧 CTEV A. 胎儿足部冠状位 MR FIESTA 序列图像; B. SSFSE 序列图像; C. DWI 图像; D. FIRM 序列图像 (箭头示胎儿足部)

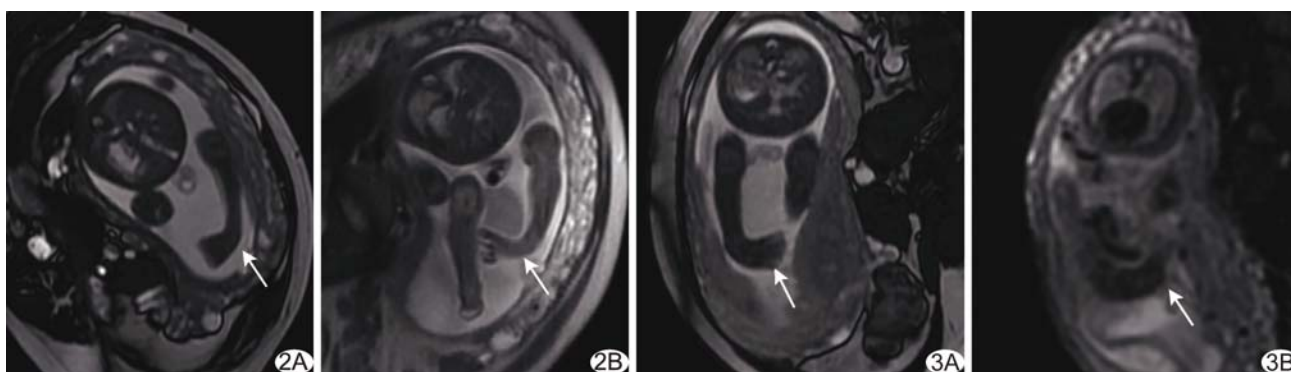


图 2 26 周胎儿, MRI 诊断右侧 CTEV A. 胎儿足部冠状位 MR FIESTA 序列图像; B. SSFSE 序列图像 (箭头示胎儿足部) 图 3 24 周胎儿, MRI 诊断双侧 CTEV A. 胎儿足部冠状位 MR FIESTA 序列图像; B. DWI 图像 (箭头示胎儿足部)

准确率(13/13, 100%)高于 MRI(10/13, 76.92%), 但差异无统计学意义($P=0.220$); B 组产前 MRI 诊断 CTEV 的准确率(13/13, 100%)明显高于超声(8/13, 61.54%), 差异有统计学意义($P=0.039$)。产前 MRI 因胎动伪影导致图像不清晰而误诊 1 胎为多趾畸形, 漏诊 2 胎及 1 胎双侧病变中的 1 侧, 产前 MRI 诊断 CTEV 的总准确率为 88.46%(23/26)。产前超声共漏诊 5 胎, 总诊断准确率为 80.77%(21/26)。产前 MRI 诊断 CTEV 的准确率略高于超声, 但差异无统计学意义($\chi^2=0.591$, $P=0.442$); 二者联合诊断准确率达 96.15%(25/26)。

2.3 SAR 值 26 胎胎儿足部 MR 检查中, SSFSE 序列 SAR 值为 (0.44 ± 0.01) W/kg, FIESTA 序列为 (1.11 ± 0.04) W/kg, DWI 序列为 (0.20 ± 0.01) W/kg, FIRM 序列为 (0.03 ± 0.01) W/kg。各序列间 SAR 值差异有统计学意义($F=10\ 228.599$, $P<0.001$), 两两比较差异均有统计学意义(P 均 <0.001)。产后均未见胎儿皮肤灼伤等不良反应。

3 讨论

CTEV 指足部于踝部开始偏移中线, 向内侧翻转, 呈固定位置的足畸形。目前对于 CTEV 病因及发病机制的认识尚未统一, 可能与遗传因素、血管发育异

常、骨骼发育异常及宫内因素等有关, 国内大多学者支持肌肉及神经病变学说^[5]。Ponseti 方法^[6]为治疗 CTEV 的最佳方式, 可避免外科手术治疗。本组对 13 胎于出生后即予以早期干预, 治疗效果佳, 患儿可正常行走。

产前二维或三维超声诊断胎儿 CTEV 的相关研究较多, 通常认为超声检查胎儿肢体畸形的最佳孕周为 18~28 周^[7-9]。本研究超声诊断孕周 ≤ 28 周胎儿 CTEV 的准确率为 100%(13/13), 与既往研究相符。在孕晚期(28 周后), 胎儿生长迅速, 羊水减少, 胎儿宫内活动范围缩小, 肢体易蜷缩在躯干部, 不利于超声检查。本研究产前 B 组 MRI 诊断胎儿 CTEV 的准确率为 100%(13/13), 明显高于超声, 且孕周越大, MRI 显示肢体轮廓越清晰, 并可分辨胫骨、腓骨与足骨之间的关系。本研究结果提示, 孕晚期 MRI 更易诊断胎儿肢体畸形; MRI 联合超声诊断胎儿 CTEV 的准确率可达 96.15%(25/26)。

MR 检查无电离辐射、软组织分辨率高、对比度佳、扫描视野大, 可显示胎儿足部与小腿全貌及各结构之间的关系, 且不受羊水或胎儿体位的影响。MR 排查胎儿 CTEV 时, 需通过多次扫描观察胎儿下肢体位变动时足部状态, 如首次扫描时胎儿下肢体位未发生

改变,应于 30 min 后再行扫描,以提高诊断准确率。本研究所用 4 种 MR 序列均为快速扫描序列。FIESTA 序列是一种完全平衡的稳定相干成像脉冲序列,其 TR 较短,图像信号强度及对比度主要取决于组织的 T1 及 T2;图像对比度好、时间分辨率高,几乎无运动伪影^[10],可较好地显示胎儿肢体。SSFSE 序列由一次 90°射频脉冲后的 180°射频脉冲形成多个回波链,以产生多个自旋回波信号,可较好地显示含水分组织^[11]。FIESTA 与 SSFSE 均为类 T2 序列,显示胎儿头部、脊柱、内脏等解剖结构具有明显优势,但显示骨骼结构及肌肉等欠佳。本研究采用以上序列筛查胎儿足部,主要观察胎儿足部位置及胫、腓骨长轴与足底长轴的关系,而非细微结构。胎儿足部 FIESTA 序列图像信噪比(signal noise ratio, SNR)高于 SSFSE 序列,运动伪影则低于 SSFSE 序列。FIRM 序列为 T1 序列,是由磁化准备脉冲及超快速小角度激发脉冲以采集梯度回波,显示胎儿足部组织出血、脂肪或高蛋白、钙化较好,但 TR 短、图像 SNR 低、单次扫描时间长,仅可行冠状位扫描。DWI 序列以编码磁场梯度中水分子自由移动信号为基础成像,本研究 DWI 序列图像中,胎儿足部长骨骨干多表现为低信号,骨骺端表现为明显高信号,骨骼肌为低信号,提示 DWI 序列显示胎儿足部骨质及骨骺具有优势^[12]。本研究观察胎儿足部时,以重复进行冠状位 FIESTA 及 DWI 序列扫描为主、SSFSE 及 FIRM 序列为辅,对产前诊断胎儿 CTEV 具有重要意义。

关于胎儿 MRI 的安全问题已有较多研究^[13-14],尚未有证据表明 MR 检查与胚胎发育异常存在关联,但行胎儿 MR 检查时仍需考虑 SAR 值。SAR 指扫描对象单位体质量吸收的射频能量,通常以之衡量终端辐射的热效应,由此判断检查的潜在危险或益处。美国食品和药品管理局及国际非电离辐射防护委员会标准规定胎儿 MR 检查的 SAR 值应 $<3.0\text{ W/kg}$ ^[15]。射频脉冲引起的热量在体表最大,而在体内中心区域接近 0。MR 检查时,胎儿均处于羊水保护中。本组所有 SAR 值均在安全值范围内,且胎儿出生后随访未发现相关不良反应。

综上所述,产前 MR 检查具有无创、无电离辐射、图像分辨率高、全方位、多参数成像等优势,可清晰显

示胎儿肢体形态,补充超声检查的不足,可用于诊断胎儿 CTEV,尤其适用于孕晚期排查胎儿肢体畸形。但 MRI 对钙化显示不佳,且噪声高,扫描时需尽量使用噪声小的脉冲序列及快速扫描技术,反复进行胎儿足部冠状位成像。

[参考文献]

- [1] OSHEA R M, SABATINI C S. What is new in idiopathic clubfoot? [J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2016, 9 (4): 470-477.
- [2] 梁漾心. 产前检查免疫检验项目对孕妇和胎儿的临床价值分析[J]. *中国医药指南*, 2019, 17(35): 104-105.
- [3] 方静, 陈亚青, 赵黎, 等. 超声检查先天性马蹄内翻足患儿跟腱[J]. *中国医学影像技术*, 2013, 29(11): 1860-1863.
- [4] 李军锋, 覃文华, 程广. 磁共振技术在胎儿临床检查中的应用价值[J]. *实用医技杂志*, 2017, 24(11): 1198-1200.
- [5] 郭文奇, 张朝. 先天性马蹄内翻足病因的研究[J]. *内蒙古医学杂志*, 2009, 41(8): 958-960.
- [6] SHABTAI L, SPECHT S C, HERZENBERG J E. Worldwide spread of the Ponseti method for clubfoot [J]. *World J Orthop*, 2014, 5(5): 585-590.
- [7] 黄惠. 二维与实时三维超声联合诊断胎儿先天性马蹄内翻足[J]. *临床超声医学杂志*, 2013, 15(4): 280-281.
- [8] 李胜利. 胎儿畸形产前超声诊断学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2004: 327-336.
- [9] 林小影, 朱才义. 三维超声成像诊断胎儿体表畸形的应用价值[J]. *中国医学影像技术*, 2004, 20(6): 821-823.
- [10] 曹伊. 磁共振不同成像序列在产前胎儿诊断成像质量的比较研究[J]. *西南国防医药*, 2017, 27(1): 62-66.
- [11] 宋承东, 陈爱民, 卢彦, 等. HASTE 序列在胎儿颅脑磁共振成像中的应用及临床价值探讨[J]. *中外医学研究*, 2019, 17(20): 46-48.
- [12] 李军锋, 覃文华, 程广. 磁共振技术在胎儿临床检查中的应用价值[J]. *实用医技杂志*, 2017, 24(11): 1198-1200.
- [13] LEVINE D, BARNES P D, MADSEN J R, et al. Fetal CNS anomalies revealed on ultrafast MR imaging [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1999, 172(3): 813-818.
- [14] 艾李萍. 胎儿颅脑磁共振安全性与检查优化的探讨[J]. *影像研究与医学应用*, 2018, 2(24): 238-239.
- [15] HAND J W, LI Y, THOMAS E L, et al. Prediction of specific absorption rate in mother and fetus associated with MRI examinations during pregnancy[J]. *Magn Reson Med*, 2006, 55 (4): 883-893.