

## • 临床研究 •

## T1 SPACE 技术诊断 Cockett 综合征的临床应用价值

福建医科大学省立临床医学院 福建省立医院放射科 (福州 350001) 林圣美 程章波<sup>1</sup> 张 玮 殷 磊  
苏家威 马明平<sup>2</sup>

**【摘 要】 目的** 探讨 T1 SPACE 技术诊断 Cockett 综合征的临床应用价值。**方法** 收集我院患有慢性下肢静脉疾病且临床考虑 Cockett 综合征的患者 96 例, 在行数字减影血管造影检查前 2 d 内行非增强磁共振血管检查。在 T1 SPACE 序列上测量患侧髂总静脉受压狭窄处前后径和健侧髂总静脉远端分叉处前后径, 并计算出狭窄率, 观察盆腔内侧支血管显影情况。以数字减影血管造影检查结果为金标准, 计算最大约登指数下对应的狭窄率, 采用 ROC 曲线评估最大约登指数下单独运用髂总静脉狭窄率及狭窄率联合侧支血管对 Cockett 综合征的诊断效能。**结果** 在 T1 SPACE 图像上髂总静脉平均狭窄率为  $(47.77 \pm 21.16)\%$ 。以狭窄率作为诊断 Cockett 综合征的标准, ROC 曲线下面积为 0.738, 取最大约登指数对应狭窄率 43.85% 作为诊断截点, 敏感性为 63.90%, 特异性为 83.30%, 诊断符合率为 68.75%; 以髂静脉狭窄率  $\geq 43.85\%$  联合侧支血管显像作为诊断标准, ROC 曲线下面积为 0.867, 敏感性为 90.10%, 特异性为 83.30%, 诊断符合率 87.50%, 两者差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论** 在 T1 SPACE 技术检查中, 髂静脉受压狭窄率对 Cockett 综合征有较好的诊断效能, 狭窄率联合侧支血管能进一步提高磁共振对 Cockett 综合征的诊断效能, T1 SPACE 技术具有较好的临床应用价值。

**【关键词】** Cockett 综合征; 非增强; 磁共振成像; 数字减影血管造影

**【中图分类号】** R14 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1002-2600(2022)04-0001-05

**Clinical value of T1 SPACE technique in the diagnosis of Cockett syndrome** LIN Shengmei, CHENG Zhangbo, ZHANG wei, YIN lei, SU Jiawei, MA Mingping. Department of Radiology, Fujian Provincial Hospital, Provincial Clinical Medical College of Fujian Medical University, Fuzhou, Fujian 350001, China

**【Abstract】 Objective** To explore the clinical value of T1 SPACE technique in the diagnosis of Cockett syndrome. **Methods** Clinical data of 96 patients with chronic lower extremity venous disease and clinically suspected Cockett syndrome in our hospital who underwent non-contrast magnetic resonance angiography within 2 days before digital subtraction angiography were collected. The anteroposterior diameter of the compressed stenosis of the ipsilateral common iliac vein and the anteroposterior diameter of the distal bifurcation of the unaffected common iliac vein were measured on T1 SPACE sequence. The stenosis rate was calculated, and the situation of pelvic medial branch vessels was observed. The corresponding stenosis rate under the maximum Youden index was calculated by using the results of digital subtraction angiography as the gold standard. The ROC curve was used to evaluate the diagnostic efficacy of the common iliac vein stenosis rate and stenosis rate combined with collateral vessels on Cockett syndrome. **Results** The average stenosis rate of the common iliac vein on T1 SPACE images was  $(47.77 \pm 21.16)\%$ . Taking the stenosis rate as the criterion for the diagnosis of Cockett syndrome, the area under the ROC curve was 0.738. The stenosis rate was 43.85% corresponding to the maximum Youden index and it was taken as the diagnostic cut-off point. The sensitivity was 63.90%, the specificity was 83.30%, and the diagnostic coincidence rate was 68.75%. Taking the iliac vein stenosis rate  $\geq 43.85\%$  combined with collateral vessel imaging as the diagnostic criteria, the area under the ROC curve was 0.867, the sensitivity was 90.10%, the specificity was 83.30%, and the diagnostic coincidence rate was 87.50%. The difference between the two methods was statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The iliac vein compression stenosis rate has a good efficiency in the diagnosis of Cockett syndrome, and the stenosis rate combined with collateral vessels can further improve the diagnostic efficiency with T1 SPACE technique, T1 SPACE technique has good clinical value.

**【Key words】** Cockett syndrome; non-contrast; magnetic resonance imaging; digital subtraction angiography

Cockett 综合征, 又称髂静脉压迫综合征, 主要是指左髂总静脉受髂总动脉和后方腰椎双重压

迫, 导致下肢静脉回流障碍性疾病, 临床上右侧髂总静脉受压及双侧髂总静脉受压也有报道<sup>[1-2]</sup>。

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (2021J01396)

1 心血管外科; 2 通信作者

Cockett 综合征是临床导致下肢深静脉血栓 (deep venous thrombosis, DVT) 形成重要病因之一, 早期诊断、早期处理可预防肺动脉栓塞、脑梗死等严重并发症发生。数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 是诊断的金标准, 但属于有创检查, 且因使用 X 线有电离辐射风险。随着磁共振成像技术的进步, 非对比增强磁共振血管成像 (magnetic resonance venography, MRV) 越来越多应用于临床诊断, 其不仅可清晰显示髂静脉受压位置, 还可以显示其他外来原因压迫。运动敏感驱动黑血序列结合高分辨率可变翻转角快速自旋回波序列 (sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip angle evolutions, SPACE) 即 T1 SPACE 属于黑血血管壁成像技术, 现广泛地运用于头颈动脉疾病及颅脑静脉窦血栓的诊断中<sup>[3-4]</sup>, 临床上应用于腹盆腔血管的报道较少。运用 T1 SPACE 技术诊断 Cockett 综合征的标准尚未明确, 本文拟对疑似 Cockett 综合征的患者行髂静脉 MRV 成像, 与 DSA 检查结果进行对照分析, 探讨采用 T1 SPACE 技术髂静脉受压狭窄率诊断的最佳截点及狭窄率联合侧支血管显影对 Cockett 综合征的应用价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料:** 收集 2019 年 4 月至 2020 年 10 月在我院心血管外科慢性下肢静脉疾病 (chronic venous diseases, CVD) 的住院患者 96 例, 其中男 32 例, 女 64 例, 年龄 ( $61.47 \pm 8.83$ ) 岁。病史: 均有下肢浅表静脉曲张病史, 病程为 2~30 年, 其中合并有下肢肿胀 6 例, 下肢静脉溃疡形成 9 例, 浅表静脉曲张术后复发 3 例。入组患者均为左侧髂静脉受压, 无右侧髂静脉受压及双侧髂静脉受压患者。入选标准: 具有 CVD 病史且临床上高度怀疑 Cockett 综合征并最终经 DSA 检查明确诊断的患者。排除标准: 存在 DSA 检查禁忌证 (甲状腺功能亢进、肾功能不全、碘对比剂过敏、孕妇等); 存在磁共振扫描禁忌证 (幽闭恐惧症、心脏起搏器或者体内有金属植入物、病情较严重者); 排除盆腔占位或异常淋巴结增大等引起的继发性髂静脉受压。在行 DSA 前 2 d 内行非增强 MRV 显像。本文经我院伦理委员会审查通过, 由患者或家属签署知情同意书。

## 1.2 方法:

**1.2.1 MRV 检查:** 采用 Magnetom Prisma 3.0T 超导型 MR 扫描仪 (Siemens, Germany), 患者仰

卧位足先进, 嘱患者平静呼吸以减少腹壁运动伪影。运用 18 通道体部相控阵线圈联合 32 通道脊柱线圈覆盖盆腔及双侧膝关节以上位置进行检查, 适度绑紧覆盖盆腔位置线圈以限制腹壁运动。扫描的序列包括有 T1 SPACE 序列、True-fisp 序列、SPACE FLOW 序列, T1 SPACE 及 SPACE FLOW 均采用冠状位采集图像。T1 SPACE 扫描参数如下, TR: 800 ms, TE: 12 ms; 翻转角:  $120^\circ$  (可变翻转角); 层厚: 0.6 mm; 压脂方式: 水激发; 相位编码方向: 右侧到左侧; 激励次数: 1.4; 矩阵:  $320 \times 320$ ; 视野大小:  $380 \text{ mm} \times 380 \text{ mm}$ 。在该序列第 1 个  $180^\circ$  重聚焦脉冲前后 3 个正交方向上添加 2 个大小相等、方向相同的弥散梯度, 在读出方向上的梯度距为  $300 \text{ ms}^2 \text{ mT/m}$ , b 值为  $0.81 \text{ s/mm}^2$ , 在相位编码方向上的梯度距为  $150 \text{ ms}^2 \text{ mT/m}$ , b 值为  $0.20 \text{ s/mm}^2$ , 在层数编码方向上未添加弥散梯度。将 MRV 数据传输到工作站, 在工作站完成多平面重组 (multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重组 (curved planar reformation, CPR) 等后处理工作。T1 SPACE 采用大范围各向同性扫描, 以层厚 1 mm 间隔 1 mm 重组出横轴位图像进一步观察髂静脉受压及盆腔内侧支血管显影情况。

**1.2.2 DSA 检查:** 采用 FD20 平板数字血管造影机 (Philips, Netherlands)。患者平卧位, 局部麻醉后由股静脉穿刺插管, 采用 Seldinger 技术正侧位及斜位摄片, 每次注入碘佛醇约 10 mL ( $320 \text{ mg I/mL}$ , 江苏恒瑞医药公司), 明确髂静脉受压程度及侧支血管情况。DSA 上出现的影像征象<sup>[5]</sup>: 1) 直接征象为受压段髂静脉前后径变窄、横径增宽、局限性对比剂密度降低、充盈缺损; 2) 间接征象为周围侧支循环代偿显影, 对比剂排空延迟。以上为诊断标准, 必要时进一步腔内治疗。

**1.2.3 对比分析:** 以 DSA 结果为金标准将患者划分为 Cockett 组及非 Cockett 组, 在 T1 SPACE 序列横轴位图像上测量患侧髂总静脉受压处前后径及健侧髂总静脉远端髂静脉分叉前前后径, 根据 Narayan 等<sup>[6]</sup>学者的方法计算狭窄率:  $(1 - \text{髂总静脉最大受压处前后径} / \text{对侧髂总静脉远端前后径}) \times 100\%$ 。T1 SPACE 序列结合其他序列图像观察起源于双侧髂总静脉、髂外静脉的异常血管, 提示有侧支血管形成。对比单独运用狭窄率与狭窄率联合侧支血管诊断 Cockett 综合征的价值, 评价两种方法诊断的灵敏度、特异度、符合率。

**1.3 统计学分析：**采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析。计量资料以均数±标准差表示，计数资料用频数表示；利用受试者操作特征曲线（receiver operating characteristic curve, ROC）判断单独运用狭窄率与狭窄率联合侧支血管对 Cockett 综合征的诊断效能，计算曲线下面积（area under curve, AUC），组间符合率比较采用卡方检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 DSA 检查结果：**确诊 Cockett 综合征 72 例，其中出现明显侧支血管形成 19 例，髂内静脉显影 2 例，髂内静脉和侧支血管同时显影 42 例；行血管内支架植入术 61 例，行球囊扩张成型术 11 例。24 例患者未检出 Cockett 综合征，髂内静脉显影 4 例，未发现盆腔内侧支血管形成，未行腔内介入治疗。

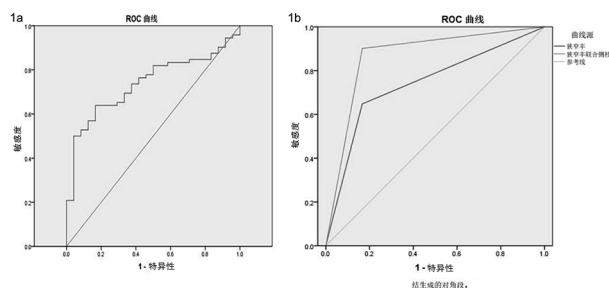
**2.2 T1 SPACE 检查结果：**所有患者髂静脉受压平均狭窄率为  $(47.77 \pm 21.16)\%$ 。以髂静脉狭窄率作为非增强 MRV 诊断 Cockett 综合征的标准，ROC 曲线下面积为 0.738（图 1a）。取最大约登指数对应的狭窄率 43.85% 作为诊断截点，诊断的敏感性为 63.90%，特异性为 83.30%，符合率为 68.75%（图 1a）。经 T1 SPACE 狭窄率诊断为 Cockett 组中，存在侧支血管形成 24 例，无侧支血管形成 30 例。在非 Cockett 组中，存在侧支血管显影 14 例，无侧支血管显影 28 例。以髂静脉狭窄率联合侧支显影作为诊断标准，ROC 曲线下面积为 0.867，诊断的敏感性为 90.10%，特异性为 83.30%，符合率 87.50%（图 1b）。两者比较，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ，表 1）。

表 1 T1 SPACE 髂总静脉狭窄率及狭窄率联合侧支血管诊断 Cockett 综合征

DSA	髂总静脉受压狭窄率		狭窄率联合侧支血管	
	阳性	阴性	阳性	阴性
阳性	50	22	64	8
阴性	4	20	4	20

注：在最大约登指数下狭窄率为 43.85% 作为诊断截点，单独运用狭窄率诊断符合率为 68.75%，狭窄率联合侧支血管形成诊断符合率为 87.50%。

**2.3 典型病例：**1) 病例 1：患者女，63 岁，发现左下肢皮下蚓状突起 5 年，加重 2 年。在 T1 SPACE 图像上（图 2a）左髂静脉明显受压变窄（箭所示），盆腔内（图 2b）可见骶前侧支血管形成（箭所示）。DSA 图像（图 2c）可见球囊扩张前髂



注：1a，T1 SPACE 技术测量狭窄率诊断 Cockett 综合征的 ROC 曲线；1b，对比狭窄率联合侧支血管与单独狭窄率在 Cockett 综合征中的诊断效能。

图 1 Cockett 综合征的 ROC 曲线图

总静脉受压切迹（箭所示）。2) 病例 2：患者男，70 岁，发现左下肢皮下蚓状突起 10 年。在 T1 SPACE 图像上（图 2d）左髂静脉受压程度较轻（箭所示），但行 CPR 重组（图 2e）可见明显侧支血管形成（箭所示）。DSA 图像（图 2f）亦可可见明显侧支血管（箭所示）。

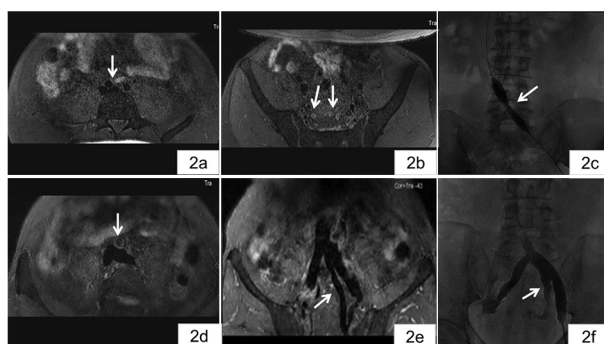


图 2 典型病例 T1 SPACE 图像及 DSA 图像

## 3 讨论

Cockett 综合征的早期阶段，患者对疾病的重视程度不足导致诊断及治疗率低下，只有当临床症状严重时才采取进一步诊治，然而有报道髂静脉受压是 DVT 的独立危险因素<sup>[7]</sup>，早期诊治可以预防 DVT 及严重并发症发生。由于高费用及有创性，DSA 一般不适合作为筛查手段，只有预计行介入腔内治疗或者其他检查无法明确时才使用。随着磁共振软硬件设备的发展，非增强磁共振血管成像也越来越多应用于临床，既往研究均有报道磁共振成像诊断 Cockett 综合征的可行性<sup>[8-9]</sup>。黑血血管壁成像是近年来新出现的磁共振成像技术，有学者应用 T1 SPACE 在颈动脉壁成像血流信号抑制中取得了良好的成像效果，该序列较高的时间效率和空间分辨率在血管壁形态测量、斑块定性具有很好的应用



前景<sup>[10]</sup>。SPACE 技术利用自旋回波序列固有的流空效应抑制血流信号,采用可变小角度射频脉冲获得较长回波链,能够在保持足够高的信号强度和较低的 SAR 值实现大范围快速成像,提高采集效率,并且添加弥散梯度增加流动质子的散相,进一步降低流动质子的信号,灵活的弥散模式可以抑制不同方向和速度的血流,清晰显示血管壁结构,可较敏感地发现管腔内是否有血栓形成,在其他检查无法明确时可以行该序列检查辅助鉴别。本研究运用该技术在髂静脉的显示中,获得较好的成像效果。

髂静脉受压狭窄率是 Cockett 综合征的独立危险因素<sup>[11]</sup>,在既往的研究中均加入该指标。本文中运用狭窄率诊断该病具有较好的敏感性及特异性,既往报道中提示磁共振血管成像准确性较高,但特异性较低<sup>[8,12]</sup>,考虑为既往研究主要以时间飞跃法(time of flight, TOF)成像,髂静脉受压发生时,受压处血液湍流形成导致磁共振信号减弱或消失,从而高估髂静脉受压程度。TOF 法主要以管腔内血流显像为主,未能显示管壁结构,而 T1 SPACE 直接抑制血流信号,直观显示血管壁情况,因此显示受压情况更为准确。在本文中得到狭窄率 43.85% 为最佳诊断节点,与文献<sup>[13]</sup>相比较低,考虑主要原因是:1) 文献报道以下肢增强 CT 静脉成像作为诊断方式,将来需进一步对比两种不同诊断方法评估狭窄率的差异性;2) 部分患者以静脉“棘”状粘连结构增生为主,物理压迫并不明显,但目前 MRV 分辨率有限,暂时未能清晰显示,有待技术进一步提升验证。

运用 ROC 曲线分析发现应用狭窄率联合侧支血管形成诊断 Cockett 综合征较单独应用狭窄率诊断进一步提高诊断的准确性、特异性和符合率。有文献研究提出影像学上测量所得髂静脉狭窄程度不作为诊断的唯一参数,应结合其有无血流动力学改变特征,如从超声上观察到血液反流信号或者在 CT、磁共振图像上看到侧支血管形成<sup>[14]</sup>,与本研究结果相一致。侧支血管形成是 Cockett 综合征诊断的一个重要特征,是反映局部血流动力学改变的指标,在下肢血液回流中起重要代偿作用。Cockett 综合征发病是由外压压迫和腔内粘连结构共同作用的结果,部分患者虽受压程度较轻,但已出现明显侧支血管,与髂静脉腔内粘连结构形成有关。因此狭窄率联合侧支血管诊断可为临床提供更加可靠的参考。

非增强 MRV 成像在诊断 Cockett 综合征的优

势包括:无创、无电离辐射、无需使用对比剂。多参数、多对比度成像可以排除盆腔肿块和髂腔静脉 DVT,同时明确显示髂内外静脉和动脉的解剖关系,为介入治疗方案提供参考。通过技术进步,磁共振成像有望为盆腔静脉病变患者进行功能成像,更全面的非侵入性评估进而用于诊断和术前计划。

总之,非增强 MRV 成像具有无创、无电离辐射、无需对比剂的技术特点,在临床应用中受患者自身条件限制少。在 T1 SPACE 技术检查中髂总静脉受压狭窄率对 Cockett 综合征有较好的诊断效能,狭窄率联合侧支血管能进一步提高 T1 SPACE 的诊断效能,非增强 T1 SPACE 技术具有较好的临床应用价值。

#### 参考文献

- [1] Zucker E J, Ganguli S, Ghoshhajra B B, et al. Imaging of venous compression syndromes [J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2016, 6 (6): 519-532.
- [2] Rohr A, Maxwell K, Best S, et al. Rare presentation and endovascular treatment of multifocal iliac venous stenoses due to right sided May-Thurner syndrome [J]. *Radiol Case Rep*, 2020, 15 (3): 201-203.
- [3] Wu F, Song H, Ma Q, et al. Hyperintense plaque on intracranial vessel wall magnetic resonance imaging as a predictor of artery-to-artery embolic infarction [J]. *Stroke*, 2018, 49 (4): 905-911.
- [4] Yang Q, Duan J, Fan Z, et al. Early detection and quantification of cerebral venous thrombosis by magnetic resonance black-blood thrombus imaging [J]. *Stroke*, 2016, 47 (2): 404-409.
- [5] Raju S, Neglen P. High prevalence of nonthrombotic iliac vein lesions in chronic venous disease: a permissive role in pathogenicity [J]. *J Vasc Surg*, 2006, 44 (1): 136-144.
- [6] Narayan A, Eng J, Carmi L, et al. Iliac vein compression as risk factor for left- versus right-sided deep venous thrombosis: case-control study [J]. *Radiology*, 2012, 265 (3): 949-957.
- [7] Carr S, Chan K, Rosenberg J, et al. Correlation of the diameter of the left common iliac vein with the risk of lower-extremity deep venous thrombosis [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2012, 23 (11): 1467-1472.
- [8] 薛海林, 王利伟, 王绍娟, 等. 磁共振静脉造影诊断 Cockett 综合征的价值 [J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26 (9): 783-786.
- [9] Radaideh Q, Patel N M, Shammam N W. Iliac vein compression: epidemiology, diagnosis and treatment [J]. *Vascular health and risk management*, 2019, 12 (15): 115-122.
- [10] Fan Z, Zhang Z, Chung Y C, et al. Carotid arterial wall MRI at 3T using 3D variable-flip-angle turbo spin-echo (TSE) with flow-sensitive dephasing (FSD) [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 31 (3): 645-654.
- [11] Cheng L, Zhao H, Zhang F X. Iliac vein compression syndrome in an asymptomatic patient population: a prospective study [J].

Chin Med J (Engl), 2017, 130 (11): 1269-1275.

[12] Massenburg B B, Himel H N, Blue R C, et al. Magnetic resonance imaging in proximal venous outflow obstruction [J]. Ann Vasc Surg, 2015, 29 (8): 1619-1624.

[13] Ou-Yang L, Lu G M. Underlying anatomy and typing diagnosis of May-Thurner syndrome and clinical significance; an observa-

tion based on CT [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41 (21): 1284-1291.

[14] Harbin M M, Lutsey P L. May-Thurner syndrome: history of understanding and need for defining population prevalence [J]. J Thromb Haemost, 2020, 18 (3): 534-542.

## • 临床研究 •

# 染色体微阵列分析技术在超声异常胎儿产前遗传学诊断中的应用价值

福建医科大学附属南平第一医院妇产科 (南平 353000) 黄洁 王翠兰

**【摘要】 目的** 探究染色体微阵列分析 (CMA) 技术在超声异常胎儿产前遗传学诊断中的应用价值。**方法** 选取 2017 年 3 月至 2019 年 12 月就诊于我院的 145 例超声检测发现胎儿异常的孕妇, 均进行常规染色体核型分析和 CMA 检测, 分析单核苷酸多态性微阵列 (SNP array) 检测结果, 并对致病 CMA 结果进行分析。**结果** 145 例超声异常的胎儿中, 检出非整倍体 8 例, 检出率 5.52%;  $\geq 10$  Mb 染色体重复/缺失 5 例, 检出率 3.45%;  $< 10$  Mb 染色体微重复/缺失 11 例, 检出率 7.59%。121 例核型正常的胎儿中, 致病性基因拷贝数变异 (CNV)、临床意义不明确 CNV (VOUS)、良性 CNV 分别占 7.44%、88.43%、4.13%。9 例致病 CNV 经 CMA 检测出心脏畸形伴变异型 Dandy-Walker 畸形 1 例、心脏畸形伴 DiGeorge 综合征 2 例、心脏畸形 1 例、肺发育畸形 1 例、双侧侧脑室扩张伴小脑横径小于正常预测值  $M-2.8$  SD 1 例、双侧侧脑室增宽伴小脑横径小于正常预测值  $M-3$  SD 1 例、胎儿生长受限伴鼻骨缺失 1 例, 胎儿生长受限 1 例。**结论** CMA 技术可有效发现超声异常胎儿的染色体微重复/微缺失, 对产前遗传学诊断具有重要价值。

**【关键词】** 异常胎儿; 染色体微阵列分析; 超声; 产前诊断; 遗传学技术

**【中图分类号】** R714.55 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1002-2600(2022)04-0005-04

**Application value of chromosome microarray analysis in prenatal genetic diagnosis of abnormal fetus detected by ultrasound** HUANG Jie, WANG Cuilan. Department of Obstetrics and Gynecology, Nanping First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Nanping, Fujian 350000, China

**【Abstract】 Objective** To explore the application value of chromosome microarray analysis (CMA) in prenatal genetic diagnosis of abnormal fetus detected by ultrasound. **Methods** A total of 145 cases of pregnant women with fetal abnormalities detected by ultrasound in our hospital from March 2017 to December 2019 were selected and all underwent routine chromosome karyotype analysis and CMA detection. The results of single nucleotide polymorphism microarray (SNP array) and the results of pathogenic CMA were analyzed. **Results** Among the 145 abnormal fetuses detected by ultrasound, 8 cases of aneuploidy were detected, with a detection rate of 5.52%; 5 cases of chromosome duplication/deletion  $\geq 10$  Mb were detected, with a detection rate of 3.45%. There were 11 cases of  $< 10$  Mb chromosome microduplication/deletion, and the detection rate was 7.59%. Among the 121 fetuses with normal karyotype, pathogenic gene copy number variation (CNV), clinically ambiguous CNV (vous) and benign CNV accounted for 7.44%, 88.43% and 4.13% respectively. Nine cases of pathogenic CNV were detected by CMA, including one case of cardiac malformation with variant Dandy Walker malformation, two cases of cardiac malformation with DiGeorge syndrome, one case of cardiac malformation, one case of pulmonary developmental malformation, one case of bilateral lateral ventricular dilatation with cerebellar transverse diameter less than the normal prediction value  $M-2.8$  SD, one case of bilateral lateral ventricular widening with cerebellar measurement value less than the normal prediction value  $M-3$  SD, and one case of fetal growth restriction with nasal bone loss, and one case of fetal growth restriction. **Conclusion** The CMA technology can effectively detect chromosome microduplication/microdeletion of abnormal fetus detected by ultrasound, and it is of great value for prenatal genetic diagnosis.

**【Key words】** abnormal fetus; chromosome microarray analysis; ultrasound; prenatal diagnosis; genetic technology