

肾动脉超声造影检查方法及流程中国专家共识 (2021 版)

中国医师协会超声医师分会 国家老年医学中心

通信作者: 何文, Email: 168hewen@sina.com

基金项目: 北京医院临床研究 121 工程资助项目 (BJ-2018-198); 中国医学科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (2019PT320012)

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20210827-00605

Chinese expert consensus on methods and procedures of renal artery contrast-enhanced ultrasound (2021 Edition)

Ultrasound Branch of Chinese Medical Doctor Association National Center of Gerontology

Corresponding author: He Wen, Email: 168hewen@sina.com

Fund program: Beijing Hospital Clinical Research 121 Project (BJ-2018-198); Basic Research Project of the Central Academy of Medical Sciences of China (2019PT320012)

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20210827-00605

影像学检查是肾动脉解剖评估的主要手段, 目前肾动脉解剖评估的“金标准”是数字减影血管造影, 但因其有创性、辐射性及肾毒性, 不适合作为评估肾动脉的首选检查方法。计算机断层扫描血管造影 (computed tomography angiography, CTA) 和磁共振血管造影 (magnetic resonance angiography, MRA) 评估肾动脉解剖结构的准确性较高, 但由于造影剂潜在的肾毒性而致临床应用受限^[1]。常规超声是评估肾动脉病变的一线筛查方法, 其独特的优势是提供了血流动力学参数, 但这些参数的准确性会受全身因素和局部因素的影响^[2]。肾动脉超声造影可显著增强肾动脉血流信号, 提高肾动脉主干的显示率, 从而提供更多的形态学信息^[3-4]。

肾动脉狭窄是临床最常见的肾动脉病变, 病因包括动脉粥样硬化 (82.4%)、多发性大动脉炎 (11.9%)、纤维肌性发育不良 (4.3%) 及其他 (1.4%), 其中动脉粥样硬化性肾动脉狭窄发生率最高, 且患病人群多见于老年人^[5]。随着人口老龄化情况日益加重, 肾动脉狭窄患者增多, 严重威胁着人民群众健康和公共卫生安全, 早期准确诊断是合理治疗的前提和关键^[6-7]。肾动脉超声造影作为一种安全性更高的无创检查, 规范的检查方法及流程目前尚未达成统一。基于超声造影目前在肾动脉检查中的若干问题, 结合国内外相关文献报道及相关领域专家临床经验, 就以下内容进行了深入探讨, 最终形成了肾动脉超声造影检查方法及流程的中国专家共识。

一、肾动脉解剖

肾动脉多于第 1~2 腰椎水平 (肠系膜上动脉开口下方 1~2 cm 处) 发自腹主动脉侧壁, 直径 4~7 mm, 于肾静脉后上方横行向外, 沿腹膜后间隙走行。左侧肾动脉发出部位稍高于右肾动脉, 右肾动脉较左侧长。肾动脉主干通常在肾门附近分为前、后两支, 前支走行于肾盂前方, 发出上前段动脉、下前段动脉、上段动脉和下段动脉; 后支走行于肾盂后方, 入肾后延续为后段动脉, 肾段之间的动脉缺乏交通支。肾段动脉在肾乳头附近分支为叶间动脉, 走行于肾锥体两侧, 至皮、髓质交界处成为弓状动脉, 进入皮质后发出放射状小叶间动脉。

正常情况下, 每侧肾的供血动脉为发自腹主动脉的单一肾动脉, 但肾动脉存在变异, 变异的类型目前国内外观点尚不统一, 一般可分为两类: ①肾门前肾动脉分支, 为肾动脉主干在肾门前发出分支, 其中与肾动脉根部距离 < 15 mm 的称为过早分支; ②副肾动脉, 是除了肾动脉主干之外的其他肾供血动脉, 多起源于腹主动脉, 也可起源于肠系膜上动脉等其他血管^[8]。肾动脉变异的检出也有重要的临床价值, 但变异的肾动脉管径更细且走行不固定, 其检出更为困难^[9]。另外, 肾旋转不良等先天性变异也增加了肾动脉的超声检查难度^[10]。

二、开展肾动脉超声造影的必要性

以往认为 CTA 和 MRA 对肾动脉解剖评估的准确性及敏感性较高, 是诊断肾动脉病变的首选检查方法^[11], 但是 CTA 有角度依赖性和辐射性, 并且不建议用于碘对比剂过敏或肝肾功能不全的患者; MRA

对钙化灶不敏感,也禁用于部分携带金属植入物的患者。常规超声检查是肾动脉病变的一线筛查方法,但受肾动脉位置深在、肠腔气体反射、患者呼吸及对操作者技术和经验依赖性较强等因素的影响,使常规灰阶超声对血管壁结构和管腔难以清晰显示,所以常规超声主要通过血流动力学信息推测肾动脉病变(这里主要指肾动脉狭窄),但其准确性会受全身因素和局部因素影响,全身因素包括心脏功能、全身循环血量等,局部因素包括病变程度及累及范围等^[12]。肾动脉超声造影检查可提供更多形态学信息,更为客观地体现病变的位置、程度及范围,提高了超声检查的准确性^[13-17],尤其对于血流动力学改变不典型的情况(如多发狭窄、弥漫性狭窄、极重度狭窄等)。而且超声造影检查尤其适合肝肾功能不全或碘对比剂过敏者。

肾动脉的变异较为常见,其中最为常见的是副肾动脉,副肾动脉的狭窄或损伤亦可造成肾供血不足,副肾动脉在泌尿系手术、肾移植等外科手术中非常重要^[18],同时有研究发现副肾动脉也是引起肾血管性高血压的潜在病因^[19]。因此,提高副肾动脉的检出率很有必要,但常规超声检查检出率较低,而超声造影剂增强了血流信号,有利于副肾动脉变异等的显示^[20]。

肾动脉超声造影检查除了可以显示肾动脉主干病变,还可以定量分析肾血流灌注情况。由于肾 90% 以上的血供分布在肾皮质,所以现研究热点多集中在肾皮质血流灌注特点,主要是通过超声造影定量分析技术评估肾皮质微循环的变化,即通过绘制感兴趣区域的时间-强度曲线得到相关的定量参数,包括峰值强度(peak intensity, PI)、达峰时间(time to peak, TTP)、平均渡越时间(mean transit time, MTT)以及曲线下面积(area under the curve, AUC)等,这些参数的变化可以间接反映肾皮质功能变化情况,但其临床意义尚需更深入的研究^[21-26]。

三、肾动脉超声造影检查的适应证和禁忌证

1. 适应证:①高血压病因检查,疑诊肾动脉狭窄所致;②肾动脉病变药物、介入或外科手术治疗前诊断及治疗后随访;③移植肾术前肾动脉评估(主肾动脉是否狭窄,副肾动脉的有无、位置及支数)和移植肾术后肾动脉评估(血流是否通畅,有无狭窄、动脉瘤等)。

2. 禁忌证:①有超声造影剂过敏史;②伴有右向左分流性心脏病患者、重度肺高压患者(肺动脉压 >90 mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa);③未得到控制的重度原发性高血压患者和成人呼吸窘迫综合征患者;④超声造影剂禁止与多巴酚丁胺合并用于对多

巴酚丁胺使用有禁忌的心血管功能不稳定的患者;⑤孕妇及哺乳期女性;⑥儿童;⑦拒绝超声造影检查的患者。

四、肾动脉超声造影检查方法及流程

(一) 超声显示肾动脉主干推荐使用的两个切面

1. 平卧位腹正中横切面^[12,27]:先纵切面显示腹主动脉长轴及肠系膜上动脉起始,然后将探头旋转 90° 转为横切,缓慢向足侧移动探头,约在肠系膜上动脉起始处远心端 $1\sim 2$ cm 处显示双侧肾动脉开口。该切面可清晰显示双侧肾动脉近段,但易受患者体型及肠道气体干扰,难以显示肾动脉主干全程,频谱多普勒测量起始处流速时受角度影响偏倚较大。

2. 改良侧卧位冠状切面:右侧卧位,患者背侧与诊疗床夹角为 $60\sim 90^\circ$;左侧卧位,患者背侧与诊疗床夹角为 $45\sim 60^\circ$ 。检查时患者平稳自由呼吸,冠状切面显示腹主动脉长轴,深压探头向主肾动脉方向探测,重点需清晰显示肾动脉开口位置,然后微调探头尽量动态显示肾动脉全程^[28]。在寻找肾动脉主干时可以伴行肾静脉为标志,但是在观察肾动脉管腔结构以及进行肾动脉超声造影检查时应尽量避开伴行肾静脉,以免受其干扰。此切面的优势是可以显示肾动脉主干全程,有利于对病变部位进行准确判断,避免漏诊肾动脉中远段病变;同时可以显示腹主动脉长轴,便于观察有无副肾动脉、肾动脉过早分支等先天变异或者有无动脉瘤、动静脉瘘或侧支形成。采用该体位时,可使用肾动脉超声造影特制靠垫置于患者背侧与诊疗床之间,根据个体情况调节角度,使患者腹部肌肉放松,便于保持较长时间的固定体位,利于操作者在合适体位及声窗下获取清晰图像。

(二) 肾动脉超声造影检查流程及观察内容

1. 检查前准备:患者空腹 8 h,检查前 3 日内避免行肠镜、钡剂造影等检查,详细询问有无过敏史等禁忌证并签署知情同意书。

2. 检查流程:先行双肾及双侧肾动脉常规超声检查;再行肾动脉超声造影检查,并观察肾内血流灌注情况;最后根据常规超声及超声造影检查结果进行联合诊断。

(1) 双肾及双侧肾动脉常规超声检查:包括二维灰阶成像、彩色多普勒血流显像以及频谱多普勒检查等^[27]。

二维灰阶成像:测量双肾大小,观察肾内结构。尽量显示肾动脉主干全程,观察双侧肾动脉主干管壁及管腔情况并测量。

彩色多普勒血流显像:观察肾动脉主干管腔内血流充盈情况,对病变位置进行定位,提高肾动脉主干显示率及对管壁情况进行复判。

频谱多普勒：应测量肾内动脉、肾动脉主干以及腹主动脉血流频谱（检测时，血流方向与声束的夹角均应 $\leq 60^\circ$ ，尽量在较小角度下测量）^[12,29]。

根据灰阶超声和彩色多普勒血流显像等结果判断病变部位，选择最佳位置反复测量病变血流动力学相关指标。若病变位于肾动脉起始处，推荐在改良侧卧位冠状切面上测量流速，这样能够有效避免角度偏倚，获得肾动脉起始处真实流速。对于肾内动脉频谱的测量，需分别测量上、中、下极肾段动脉及叶间动脉流速、阻力指数及加速时间。对于腹主动脉频谱的测量，需在肾动脉开口水平（即肠系膜上动脉开口下方约 1~2 cm 处）获取。

（2）肾动脉超声造影检查：主要观察肾动脉主干，即肾动脉起始处至肾门处管腔，其次观察肾内血流灌注情况。

超声造影剂注射剂量：欧洲临床超声造影指南（2008）^[30-31] 推荐肾超声造影剂量为 1.0~1.5 ml（注射用六氟化硫微泡，SonoVue，Bracco 公司），低机械指数（MI 0.06~0.08）显像。根据临床工作经验推荐团注超声造影剂 0.8~1.5 ml，每侧肾分别团注两次超声造影剂，每次 5 ml 生理盐水冲洗，分别观察肾动脉主干（推荐 0.8~1.0 ml/次）和肾内血流灌注情况（推荐 1.0~1.5 ml/次）。

观察肾动脉主干时，推荐在改良侧卧位冠状切面清晰显示肾动脉主干全程的基础上进行肾动脉超声造影检查。肾动脉主干的观察时相主要为皮质增强期，即团注造影剂后 10~15 s^[32]，推荐存图时间 30 s。主要观察内容包括肾动脉造影剂的分布、宽度、形态以及血管数目。超声造影显示正常肾动脉主干走行自然，造影剂宽度基本一致，且显影强度均匀（图 1）。观察肾内血流灌注时，选取肾最大长轴切面，最大范围显示肾实质，推荐存图时间 180 s。需要注意的是在进行肾内血流灌注时，需与上次造影剂注入时间间隔 15 min 以上。

肾动脉狭窄的超声造影评价及注意事项：如果为局限性狭窄，应以直径狭窄率进行描述，需要测量狭窄处造影剂宽度与邻近正常段（避开狭窄后扩张段）造影剂宽度（图 2A），通过以下公式计算直径狭窄率，直径狭窄率 = $(1 - \text{狭窄处造影剂宽度} / \text{邻近正常段造影剂宽度}) \times 100\%$ ^[33]。如果为弥漫性狭窄，除了应描述狭窄段造影剂宽度范围，还需描述狭窄段位置及累及长度。如果在肾动脉近段未见造影剂通过，应考虑闭塞可能，此时应重点观察肾动脉主干走行区域是否有侧支血管（图 2B）。此外，如探测到腹主动脉起源的副肾动脉，不仅应测量副肾动脉造影剂宽度，还应重点描述副肾动脉的位置，应测量其位于主

肾动脉上方或下方的距离。如果副肾动脉发生狭窄，测量及评估方法同主肾动脉。由于副肾动脉管径较为纤细，需放大图像进行测量。在测量造影剂宽度时，应尽量选取没有静脉干扰且肾动脉显影清楚的时相进行测量，需多次测量取平均值，并且可以参考超声造影模式下的同时相二维超声图像。



图 1 超声造影显示正常肾动脉全程

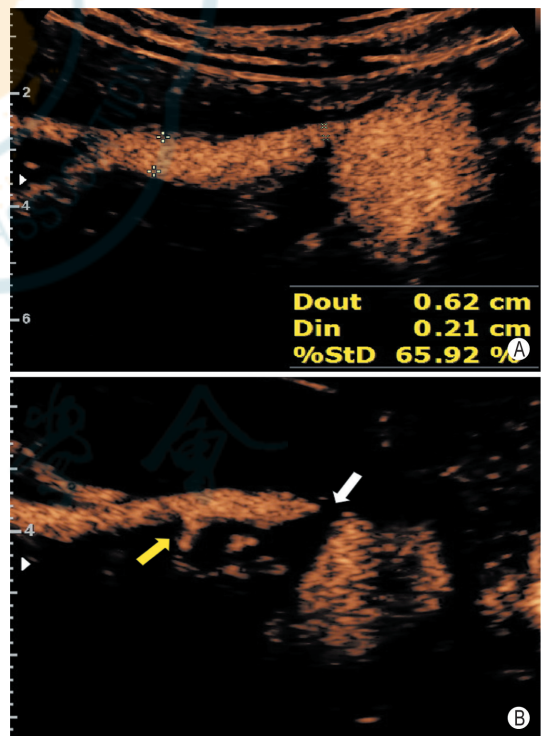


图 2 A：超声造影显示左肾动脉起始处狭窄率约 66%（大动脉炎性左肾动脉局限性中度狭窄）；B：超声造影显示右肾动脉起始段闭塞（白色箭头所示），周围可见侧支血管（黄色箭头所示）（右肾动脉大动脉炎性闭塞）

（3）联合诊断：诊断肾动脉狭窄等病变需要结合形态学和血流动力学两大类指标^[34]。虽然肾动脉超声造影提供了更多肾动脉形态学信息，提高了超声工作者诊断的信心，但是应该客观看待超声造影在诊断

肾动脉疾病中的作用,不应对其结果过度解读。肾动脉超声造影检查不能单独用于诊断肾动脉病变,需结合患者临床信息、常规超声测量的肾动脉血流动力学指标等进行综合判断,才能得出较为客观的结论。常规超声检查得到的肾动脉参数是最基础也是最重要的诊断依据^[35],超声造影是对其进一步印证和补充,不可将二者关系本末倒置。

五、肾动脉超声造影的局限性

1. 肾动脉超声造影检查以常规超声检查为基础,肾动脉主干超声造影的观察和测量需建立在清晰的灰阶图像基础之上,所以超声造影同样易受成像条件如肥胖、胃肠道气体等因素影响;肾动脉前壁有强回声斑块时,声影可能会影响后方的管腔内造影剂显影。

2. 肾动脉位置深在、较细且走行迂曲,超声造影时除重点观察肾动脉起始处外,需在较短的时间内,手法娴熟地动态扫查显示肾动脉主干全程,对操作者依赖性较强;另外,如超声医师对副肾动脉、肾动脉过早分支(图3)等变异关注度不足,也会导致病变检出率降低。

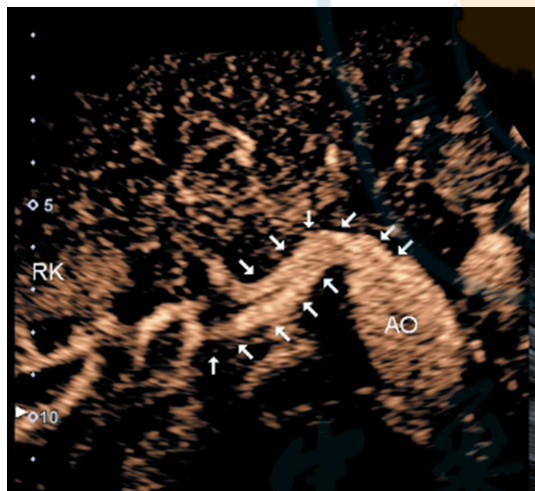


图3 超声造影显示右肾动脉过早分支(白色箭头所示)

3. 超声造影剂剂量或仪器参数调节不当,会影响肾动脉主干的显示及测量的准确性,应根据检查内容选择合适的剂量,并根据不同仪器的探头频率设定恰当的造影参数条件。

4. 肾动脉超声造影检查较常规超声检查能更清楚地显示肾动脉主干,但对段动脉及叶间动脉显示受限,诊断上述动脉病变主要依靠彩色多普勒血流显像和频谱多普勒进行综合判断。

5. 超声造影诊断肾动脉狭窄的假阴性和假阳性^[28]

(1) 常见的假阴性情况:狭窄范围较短时,未多角度探测容易漏诊;部分狭窄发生于肾动脉中段或远段,只关注近段易造成漏诊;当主肾动脉狭窄时,将

无狭窄的副肾动脉或其他腹腔动脉误认为主肾动脉也是漏诊的原因(图4)。

(2) 常见的假阳性情况:将腹主动脉其他较细分支或分支狭窄误认为肾动脉狭窄,如肠系膜上动脉、腰动脉等;副肾动脉或过早分支存在时,将其误认为肾动脉主干而诊断为狭窄;肾动脉走行迂曲导致流速增快,未实时跟踪全程及多切面显示肾动脉而误认为狭窄。

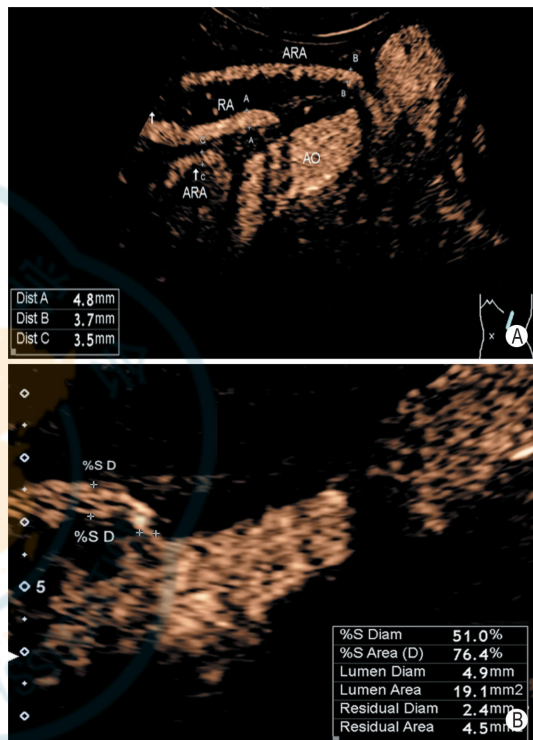


图4 A: 超声造影显示左侧三支肾动脉发自腹主动脉; B: 超声造影显示位于中间的主肾动脉起始处狭窄率约51%

6. 超声造影评价肾皮质微血管灌注受到诸多因素影响,对于临床评价的最佳参数和正常范围,目前缺乏大样本多中心研究,尚无皮质灌注参数临床应用标准^[36-37]。

六、总结与展望

本共识主要针对肾动脉超声造影检查方法及流程的规范化推荐意见,期望能够推进各级别医院、各学科对此项技术的认识,推广肾动脉超声造影检查的规范化应用,不断提高肾动脉疾病的诊断水平,为临床精准诊疗提供帮助。本共识为国内专家经过会议讨论及多次修改后达成的首次共识,后续我们将会收集各级医院反馈信息,征集更多专家建议,进一步完善和优化本共识。

本共识仅供本行业医疗人员参考,不作为法律依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

共识编写组名单

执笔专家: 任俊红 (北京医院, 国家老年医学中心)

专家组成员 (以姓氏拼音排序): 陈路增 (北京大学第一医院), 何文 (首都医科大学附属北京天坛医院), 何年安 (中国科学技术大学第一附属医院), 黄品同 (浙江大学医学院附属第二医院), 罗渝昆 (解放军总医院第一医学中心), 马娜 (北京医院, 国家老年医学中心), 宁彬 (首都医科大学附属北京天坛医院), 任俊红 (北京医院, 国家老年医学中心), 文晓蓉 (四川大学华西医院), 杨敬春 (首都医科大学宣武医院), 杨秀华 (哈尔滨医科大学附属第一医院), 勇强 (首都医科大学附属北京安贞医院), 张波 (中日友好医院), 郑艳玲 (中山大学附属第一医院)

学术秘书: 王洋 (北京医院, 国家老年医学中心), 张玥伟 (北京医院, 国家老年医学中心), 李艳 (北京医院, 国家老年医学中心)

参 考 文 献

- [1] Sarkodie JE, Walden SH, Low D. Imaging and management of atherosclerotic renal artery stenosis [J]. Clin Radiol, 2013, 68 (6):627-635. DOI:10.1016/j.crad.2012.11.007.
- [2] Spyridopoulos TN, Kaziani K, Balanika AP, et al. Ultrasound as a first line screening tool for the detection of renal artery stenosis: a comprehensive review [J]. Med Ultrason, 2010, 12 (3): 228-232.
- [3] Drelich-Zbroja A, Jargiello T, Drelich G, et al. Renal artery stenosis: value of contrast-enhanced ultrasonography [J]. Abdom Imaging, 2004, 29 (4): 518-524. DOI: 10.1007/s00261-003-0125-8.
- [4] Chu Y, Liu H, Xing P, et al. The morphology and haemodynamics of the rabbit renal artery: evaluation by conventional and contrast-enhanced ultrasonography [J]. Lab Anim, 2011, 45 (3): 204-208. DOI: 10.1258/la.2011.011022.
- [5] Xiong HL, Peng M, Jiang XJ, et al. Time trends regarding the etiology of renal artery stenosis: 18 years' experience from the China Center for Cardiovascular Disease [J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2018, 20 (9): 1302-1309. DOI: 10.1111/jch.13356.
- [6] Safian RD, Textor SC. Renal-artery stenosis [J]. N Engl J Med, 2001, 344 (6): 431-442. DOI: 10.1056/NEJM200102083440607.
- [7] 中国医疗保健国际交流促进会血管疾病高血压分会专家共识起草组. 肾动脉狭窄的诊断和处理中国专家共识 [J]. 中国循环杂志, 2017, 32 (9): 835-844. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.09.002.
- [8] 吴岩, 周文泉. 肾动脉变异的研究进展 [J]. 医学研究生学报, 2012, 25 (11): 1225-1228.
Wu Y, Zhou WQ. Progress in studies of renal artery variations and its clinical significance [J]. J Med Postgra, 2012, 25 (11): 1225-1228.
- [9] 陈韵竹, 杨萌, 王亚红, 等. 肾动脉分支异常伴或不伴肾动脉狭窄的超声漏误诊分析 [J/CD]. 中华医学超声杂志 (电子版), 2020, 17 (9): 891-896. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2020.09.013.
Chen YZ, Yang M, Wang YH, et al. Causes of missed diagnosis or misdiagnosis of abnormal renal artery branch with or without renal artery stenosis by ultrasonography [J/CD]. Chin J Med Ultrason (Electronic Edition), 2020, 17 (9): 891-896. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2020.09.013.
- [10] 马佳, 杨敬春, 吴静, 等. 超声诊断先天性肾旋转异常的方法探讨 [J]. 首都医科大学学报, 2020, 41 (4): 647-651. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2020.04.026.
- [11] Ma J, Yang JC, Wu J, et al. Ultrasound diagnosis of congenital renal malrotation [J]. Journal of Capital Medical University, 2020, 41 (4): 647-651. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2020.04.026.
- [12] Vasbinder GB, Nelemans PJ, Kessels AG, et al. Diagnostic tests for renal artery stenosis in patients suspected of having renovascular hypertension: a meta-analysis [J]. Ann Intern Med, 2001, 135 (6): 401-411. DOI: 10.7326/0003-4819-135-6-200109180-00009.
- [13] 中华医学会超声医学分会血管与浅表学组. 肾动脉狭窄的超声诊断专家共识 [J/CD]. 中华医学超声杂志 (电子版), 2021, 18 (6): 543-553. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2021.06.003.
- [14] Pan FS, Liu M, Luo J, et al. Transplant renal artery stenosis: evaluation with contrast-enhanced ultrasound [J]. Eur J Radiol, 2017, 90: 42-49. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.02.031.
- [15] Ciccone MM, Cortese F, Fiorella A, et al. The clinical role of contrast-enhanced ultrasound in the evaluation of renal artery stenosis and diagnostic superiority as compared to traditional echo-color-Doppler flow imaging [J]. Int Angiol, 2011, 30 (2): 135-139.
- [16] 冯一星, 勇强. 实时灰阶超声造影在诊断肾动脉狭窄中的初步临床应用 [J]. 心肺血管病杂志, 2014, 33 (4): 573-576. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2014.04.027.
- [17] Feng YX, Yong Q. The clinical value of contrast-enhanced sonographic imaging for the evaluation of renal artery stenosis [J]. Journal of Cardiovascular & Pulmonary Diseases, 2014, 33 (4): 573-576. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2014.04.027.
- [18] 尹彦玲, 刘伟, 刘悦, 等. 超声造影在肾动脉狭窄诊断中的应用价值 [J]. 中华超声影像学杂志, 2007, 16 (11): 1008-1009.
- [19] 施红, 蒋天安. 实用超声造影诊断学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2013: 379-382.
- [20] Chai JW, Lee W, Yin YH, et al. CT angiography for living kidney donors: accuracy, cause of misinterpretation and prevalence of variation [J]. Korean J Radiol, 2008, 9 (4): 333-339. DOI: 10.3348/kjr.2008.9.4.333.
- [21] VonAchen P, Hamann J, Houghland T, et al. Accessory renal arteries: prevalence in resistant hypertension and an important role in nonresponse to radiofrequency renal denervation [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2016, 17 (7): 470-473. DOI: 10.1016/j.carrev.2016.07.009.
- [22] 马娜, 王思宇, 孙由静, 等. 超声造影评价疑似肾动脉狭窄患者副肾动脉的价值 [J]. 中华医学杂志, 2019, 99 (11): 838-840. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.11.008.
- [23] Ma N, Wang SY, Sun YJ, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound for accessory renal artery among patients suspected of renal artery stenosis [J]. Natl Med J China, 2019, 99 (11): 838-840. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.11.008.
- [24] Ran X, Lin L, Yang M, et al. Contrast-enhanced ultrasound evaluation of renal blood perfusion changes after percutaneous transluminal renal angioplasty and stenting for severe atherosclerotic renal artery stenosis [J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46 (8): 1872-1879. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.04.

- 006.
- [22] 刘海芳,冯一星,勇强,等.超声造影定量评价肾动脉狭窄支架置入术前后实质血流灌注的研究[J].中国超声医学杂志,2014,30(10):908-910.
Liu HF, Feng YX, Yong Q, et al. The clinical value in contrast enhanced ultrasonography in evaluation of renal blood perfusion before and after percutaneous transluminal renal angiography with stent [J]. Chinese J Ultrasound Med, 2014, 30 (10): 908-910.
- [23] 周盛,齐青,何婉媛,等.超声造影定量分析在移植肾急性排斥中的应用研究[J].中华超声影像学杂志,2014,23(7):605-608. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2014.07.016.
Zhou S, Qi Q, He WY, et al. Quantitative analysis of contrast-enhanced ultrasound in acute rejection of kidney graft[J]. Chin J Ultrasonogr, 2014, 23 (7): 605-608. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1004-4477. 2014. 07. 016.
- [24] 付文学,何年安.超声造影在移植肾术后的应用价值研究[J].影像研究与医学应用,2020,4(8):10-12.
Fu WX, He NA. Study on the value of contrast-enhanced ultrasound after renal transplantation [J]. Journal of Imaging Research and Medical Application, 2020, 4(8): 10-12.
- [25] 刘宇双,何文,程令刚,等.超声造影评价脊髓损伤并发肾积水患者肾血流灌注的可行性[J/CD].中华医学超声杂志(电子版),2019,16(2):115-119. DOI: 10. 3877/cma. j. issn. 1672-6448. 2019. 02. 007.
Liu YS, He W, Cheng LG, et al. Feasibility of contrast-enhanced ultrasonography in evaluation of renal perfusion in spinal cord injured patients with hydronephrosis[J]. Chin J Med Ultrasound (Electronic Edition), 2019, 16(2): 115-119. DOI:10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2019.02.007.
- [26] 林林,王一茹,李楠,等.超声造影评估2型糖尿病肾病和膜性肾病血流灌注的临床价值[J].中国医学影像学杂志,2020,28(8):637-640. DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2020.08.020.
Lin L, Wang YR, Li N, et al. Contrast-enhanced ultrasound in evaluating blood perfusion of type 2 diabetic nephropathy and membranous nephropathy [J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2020, 28 (8): 637-640. DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-5185. 2020. 08. 020.
- [27] 中国医师协会超声医师分会.血管超声检查指南[J].中华超声影像学杂志,2009,18(10):911-920. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2009.10.037.
- [28] 任俊红.超声造影在肾动脉狭窄诊断中的检查思路和规范化应用[J].中华医学杂志,2020,100(17):1281-1283. DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20200302-00561.
- Ren JH. Standardized thought of examination and operation with contrast-enhanced ultrasound for diagnosis of renal artery stenosis[J]. Natl Med J China, 2020, 100(17): 1281-1283. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20200302-00561.
- [29] 中国超声医学工程学会颅脑及颈部血管超声专业委员会,国家卫健委脑卒中防治工程专家委员会血管超声专业委员会,中国超声医学工程学会浅表器官及外周血管超声专业委员会.腹部及四肢动脉超声若干常见临床问题专家共识[J].中国超声医学杂志,2020,36(12):1057-1066.
- [30] 郑元义,冉海涛,王志刚.欧洲临床超声造影指南(2008)[J].临床超声医学杂志,2008,10(7):498-504.
- [31] Claudon M, Cosgrove D, Albrecht T, et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS)-update 2008[J]. Ultraschall Med, 2008, 29 (1): 28-44. DOI:10.1055/s-2007-963785.
- [32] Lucidarme O, Franchi-Abella S, Correas JM, et al. Blood flow quantification with contrast-enhanced US: "entrance in the section" phenomenon—phantom and rabbit study[J]. Radiology, 2003, 228(2): 473-479. DOI: 10. 1148/radiol. 2282020699.
- [33] 覃菲,徐筱蕾,杨寻,等.超声造影诊断肾动脉狭窄临床应用研究[J].中国医药科学,2018,8(23):105-108,148.
Qin F, Xu XL, Yang X, et al. Study on clinical application of contrast-enhanced ultrasound in diagnosis of renal artery stenosis [J]. China Medicine and Pharmacy, 2018, 8(23): 105-108, 148.
- [34] 中国医师协会超声医师分会.中国医师协会超声医师分会指南丛书——中国超声造影临床应用指南[M].北京:人民卫生出版社,2017:149-154.
- [35] Abuagla EM, Pei TS. Utility of color Doppler ultrasound in the evaluation of renal artery stenosis in comparison with contrast-enhanced magnetic resonance angiography [J]. Saudi J Kidney Dis Transpl, 2014, 25 (2): 309-315. DOI: 10. 4103/1319-2442. 128518.
- [36] Wang L, Mohan C. Contrast-enhanced ultrasound: a promising method for renal microvascular perfusion evaluation[J]. J Transl Int Med, 2016, 4(3): 104-108. DOI:10.1515/jtim-2016-0033.
- [37] Ren JH, Ma N, Wang SY, et al. Rationale and study design for one-stop assessment of renal artery stenosis and renal microvascular perfusion with contrast-enhanced ultrasound for patients with suspected renovascular hypertension[J]. Chin Med J (Engl), 2019, 132 (1): 63-68. DOI: 10. 1097/CM9. 0000000000000002.

(收稿日期:2021-08-27)

