

· 临床研究 ·

超声造影评估肾动脉狭窄支架植入术患者分肾皮质血流灌注的价值

丁云亚 梁 玲

摘 要 **目的** 探讨超声造影评估肾动脉狭窄支架植入术患者分肾皮质血流灌注的临床应用价值。**方法** 选取在我院行肾动脉狭窄支架植入术的 62 例患者(共 124 只肾脏),比较术前、术后肾小球滤过率(GFR)及分肾皮质血流灌注参数的差异,包括曲线下面积(AUC)、上升支斜率(A)、峰值强度(PI)、达峰时间(TTP)、平均渡越时间(MTT);根据患者术后肾功能情况分为肾功能正常组(52 只肾脏, $GFR \geq 35$ ml/min)和肾功能不全组(72 只肾脏, $GFR < 35$ ml/min),比较两组分肾皮质血流灌注参数的差异,采用分层回归分析分肾皮质血流灌注参数与分肾功能的关系。**结果** 肾动脉狭窄患者术前 GFR、AUC、A、PI 均低于术后, TTP、MTT 均高于术后, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。肾功能正常组 GFR、AUC、A、PI 均高于肾功能不全组, TTP、MTT 均低于肾功能不全组, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。分层回归分析显示, AUC 和 A 会对 GFR 产生显著正向影响(均 $P < 0.001$); TTP 和 MTT 会对 GFR 产生显著负向影响(均 $P < 0.001$); PI 不会对 GFR 产生影响。**结论** 超声造影在肾动脉狭窄支架植入术患者分肾皮质血流灌注评估中具有较好的应用价值。

关键词 超声检查;造影剂;肾动脉狭窄支架植入术;分肾皮质血流灌注;分肾功能
[中图分类号]R445.1 [文献标识码]A

Value of contrast-enhanced ultrasound in evaluating renal cortical perfusion in patients with renal artery stent implantation

DING Yunya, LIANG Ling

Department of Nephrology, the People's Hospital of Lujiang County, Hefei 231500, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical application value of contrast-enhanced ultrasound in evaluating renal cortical blood perfusion in patients with renal artery stenosis after stent implantation. **Methods** A total of 62 patients (124 kidneys) underwent renal artery stenosis stent implantation in our hospital were selected. The glomerular filtration rate (GFR), blood perfusion parameters of renal cortex were compared before and after operation, including area under curve (AUC), slope of ascending branch (A), peak intensity (PI), time to peak (TTP) and mean transit time (MTT). According to the postoperative renal function, the patients were divided into normal renal function group ($n=52$, $GFR \geq 35$ ml/min) and renal insufficiency group ($n=72$, $GFR < 35$ ml/min). The differences of renal cortical blood perfusion parameters between the two groups were compared. The relationship between renal cortical blood perfusion parameters and renal function was analyzed by hierarchical regression. **Results** Preoperative GFR, AUC, A and PI of patients with renal artery stenosis were lower than those after operation, while TTP and MTT were higher than those after operation, there were significant differences (all $P < 0.001$). The GFR, AUC, A and PI in the normal renal function group were higher than those in the renal insufficiency group, while TTP and MTT were lower than those in the renal insufficiency group, there were significant differences (all $P < 0.001$). Hierarchical regression analysis showed that AUC and A had significant positive effects on GFR (both $P < 0.001$), TTP and MTT had significant negative effects on GFR (both $P < 0.001$), and PI had no effect on GFR. **Conclusion** Contrast-enhanced ultrasound

基金项目:重庆市沙坪坝区科学技术局决策咨询与管理创新项目(Jcd202112)

作者单位:231500 合肥市,安徽省庐江县人民医院肾内科(丁云亚);重庆大学附属肿瘤医院 肿瘤转移与个体化诊治转化研究重庆市重点实验室(梁玲)

通讯作者:梁玲, Email:195348330@qq.com

has high application value in evaluating renal cortical blood perfusion in patients with renal artery stent implantation.

KEY WORDS Ultrasonography; Contrast agent; Renal artery stenosis stent implantation; Renal cortical blood perfusion; Renal function

肾动脉狭窄为临床常见疾病,多在动脉粥样硬化病变基础上发展而来;而动脉粥样硬化的发生又与血压水平直接相关,因此临床上肾动脉狭窄多见于高血压病人^[1]。目前临床主要采用肾动脉狭窄支架植入术治疗该病,通过血管重建达到改善肾动脉狭窄的目的。研究^[2]显示,肾动脉狭窄程度的改善并不能与肾功能改善程度匹配,而肾功能的受损又与肾皮质血流灌注下降具有直接相关,故观察肾动脉狭窄患者肾皮质血流灌注情况能为肾功能的评估提供重要信息。基于此,本研究旨在探讨超声造影评估肾动脉狭窄支架植入术患者分肾皮质血流灌注的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 5 月至 2021 年 5 月在我院行肾动脉狭窄支架植入术治疗的肾动脉狭窄患者 62 例(124 只肾脏),其中男 32 例,女 30 例,年龄 34~72 岁,平均(51.25±3.65)岁,体质指数(23.96±4.52)kg/m²;既往吸烟史 14 例,饮酒史 13 例。纳入标准:①均符合《美国成人肾动脉狭窄诊断和介入治疗指南》^[3]中的诊断标准;②经肾动脉造影确诊肾动脉粥样硬化性肾动脉主干或开口狭窄率≥60%;③术前患侧肾动脉病变长度≥8 cm,分肾肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)>15 ml/min;④肾动脉狭窄支架植入术治疗成功。排除标准:①合并肺动脉高压;②认知功能不全;③严重心功能不全;④原发性高血压未得到控制。根据术后肾功能情况将 124 只肾脏进一步分为肾功能正常组(52 只,分肾 GFR≥35 ml/min)和肾功能不全组(72 只,分肾 GFR<35 ml/min)。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声造影检查:于术前和术后 1 周使用 Logiq E 8 彩色多普勒超声诊断仪, C1 探头,频率 3.5~5.0 MHz;选择肾脏模式。患者取侧卧位,常规超声清晰显示一

侧肾脏长轴切面后使其垂直声束方向,启动超声造影模式,经肘静脉团注 1.2 ml 造影剂声诺维(意大利 Bracco 公司),尾随 5 ml 生理盐水冲管,固定切面观察肾皮质造影剂灌注情况,并储存图像 3 min,获得时间-强度曲线,将 5 mm×5 mm 的感兴趣区置于与声束垂直的肾脏皮质中央部位,测量分肾皮质血流灌注参数,包括曲线下面积(area under curve, AUC)、上升支斜率(slope of ascending branch, A)、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);另一侧肾脏使用上述相同方法测量,双侧肾脏造影间隔时间 15 min;并测量术前肾动脉狭窄处内径和术后肾动脉支架置入内径。以上操作均由同一经验丰富的超声医师完成,所有参数均测量 3 次取平均值。

2. 肾功能评估:使用 Corkcroft-Gault 公式计算 GFR, GFR≥35 ml/min 为肾功能正常, GFR<35 ml/min 为肾功能不全^[4]。分肾 GFR 采用 Gates 法^[5]测量。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验。分肾皮质血流灌注参数与分肾功能的关系采用分层回归分析。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、肾动脉狭窄患者术前、术后 GFR 和超声造影检查结果比较

肾动脉狭窄患者术前 GFR、肾动脉狭窄处内径、AUC、A、PI、均低于术后, TTP、MTT 均高于术后,差异均有统计学意义(均 *P*<0.001)。见表 1 和图 1。

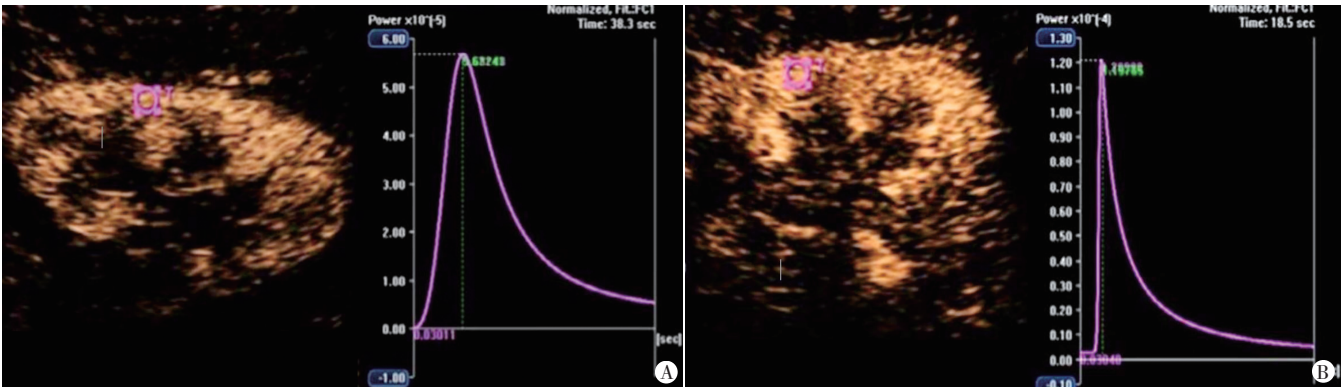
二、术后不同肾功能组 GFR 和超声造影检查结果比较

肾功能正常组 GFR、肾动脉支架置入内径、AUC、A、PI 均高于肾功能不全组, TTP、MTT 均低于肾功能不全组,差异均有统计学意义(均 *P*<0.001)。见表 2。

表 1 肾动脉狭窄患者术前、术后 GFR 和超声造影检查结果比较($\bar{x} \pm s$)

时间	GFR(ml/min)	超声造影检查结果					
		肾动脉狭窄处内径(cm)	AUC(dB·s)	A	PI(dB)	TTP(s)	MTT(s)
术前	19.55±3.65	0.20±0.08	1324.41±102.65	2.48±0.50	17.96±1.85	15.11±2.41	50.42±8.36
术后	33.12±5.65	0.41±0.14	1557.00±163.20	3.84±1.25	21.39±2.99	13.36±3.02	43.70±5.73
<i>t</i> 值	22.465	14.503	13.434	11.249	10.863	5.044	7.383
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

GFR:肾小球滤过率;AUC:曲线下面积;A:上升支斜率;PI:峰值强度;TTP:达峰时间;MTT:平均渡越时间



A: 术前时间-强度曲线形态异常, 表现为上升缓慢; B: 术后时间-强度曲线形态恢复正常, 表现为迅速上升, 达到最大值

图1 肾动脉狭窄患者术前、术后超声造影时间-强度曲线图

表2 术后不同肾功能组 GFR 和超声造影检查结果比较($\bar{x} \pm s$)

组别	GFR(ml/min)	超声造影检查结果					
		肾动脉支架置入内径(cm)	AUC(dB·s)	A	PI(dB)	TTP(s)	MTT(s)
肾功能正常组	38.56±2.99	0.49±0.15	1634.25±168.74	4.68±1.21	22.68±3.05	11.47±2.62	39.62±5.12
肾功能不全组	29.19±3.41	0.34±0.12	1501.21±134.77	3.25±0.88	20.45±2.51	14.78±2.48	46.65±4.12
t值	15.886	6.180	4.877	7.622	4.458	7.162	8.462
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

GFR: 肾小球滤过率; AUC: 曲线下面积; A: 上升支斜率; PI: 峰值强度; TTP: 达峰时间; MTT: 平均渡越时间

三、分层回归分析

模型1将GFR作为自变量, AUC作为因变量进行回归分析, 结果显示AUC会对GFR产生显著正向影响($P<0.001$); 模型2在模型1的基础上加入A, 结果显示A会对GFR产生显著正向影响($P<0.001$); 模型3在模型2的基础上加入PI, 结果显示PI不会对GFR产生影响; 模型4在模型3的基础上加入TTP, 结果显示TTP会对GFR产生显著负向影响($P<0.001$); 模型5在模型4的基础上加入MTT, 结果显示MTT会对GFR产生显著负向影响($P<0.001$)。见表3。

表3 术后分肾皮质血流灌注参数与分肾功能的分层回归分析

模型	R ² 值	调整R ² 值	F值(P值)	ΔR ² 值	ΔF值(P值)
模型1	0.123	0.116	17.185(<0.001)	0.123	17.185(<0.001)
模型2	0.284	0.272	23.953(<0.001)	0.160	27.051(0.035)
模型3	0.285	0.267	15.961(<0.001)	0.002	0.267(0.606)
模型4	0.521	0.505	32.336(<0.001)	0.236	58.513(<0.001)
模型5	0.558	0.540	29.840(<0.001)	0.038	10.034(0.002)

讨 论

肾动脉狭窄多见于高血压病患者, 在继发性高血压病患者中发生率达20%^[6]。肾动脉狭窄的发生与动脉粥样硬化直接相关, 即狭窄严重者可引起肾灌注

血流损害和GFR下降, 通过水钠潴留和细胞外液容量增加使血压水平上升, 进一步影响肾动脉, 引发肾功能衰竭^[7]。目前临床多采用血管重建的方法治疗该病, 如经皮肾动脉腔内成型术、肾动脉狭窄支架植入术等。文献^[8]报道, 肾动脉狭窄支架植入术的成功率较经皮肾动脉腔内成型术高。本研究62例肾动脉狭窄患者行肾动脉狭窄支架植入术治疗的手术成功率达100%, 提示该术式具有较高的成功率。但另有研究^[9]显示, 肾动脉主干直径狭窄率≥60%的患者(中重度狭窄)采用肾动脉狭窄支架植入术治疗预后并不理想, 仅25%的患者肾功能明显改善^[10], 表明肾动脉狭窄程度的改善并不意味着肾功能的改善。而肾功能受损与肾皮质血流灌注下降具有直接关系。因此, 全面评估肾动脉狭窄患者术前、术后肾脏血流灌注情况十分重要, 有助于为临床治疗提供指导。

超声造影是临床评估肾脏血流灌注的有效方法, 其通过反映分肾早期血流灌注情况为临床诊治提供依据, 具有无创、实时、可重复性佳等优势, 在肾脏微循环病变如再灌注损伤、慢性肾缺血损伤等疾病中已广泛应用^[11]。本研究结果显示肾动脉狭窄患者术前AUC、A、PI均较术后降低, TTP、MTT均延长, 差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。分析原因可能与患者肾脏血流量明显下降有关^[12]。肾脏血流量的下降不仅与

肾动脉狭窄程度有关,还与病变长度、病变血管供血范围、侧支循环,以及有无微小血管病变、间质纤维化等密切相关,因此肾动脉狭窄可引起肾实质血流灌注异常^[13]。肾动脉狭窄支架植入术有助于改善患者血流灌注情况,进一步改善肾脏缺血情况。但其缺血程度的改善是否能间接改善肾功能目前尚无确切文献证实。

本研究进一步根据肾动脉狭窄支架植入术患者术后肾功能分为肾功能正常组和肾功能不全组,结果显示肾功能正常组 AUC、A、PI 均高于肾功能不全组, TTP、MTT 均低于肾功能不全组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。提示超声造影参数会随着肾功能改变发生变化^[14]。但肾动脉狭窄支架植入术治疗并不能完全改善患者肾功能,这可能与术前肾动脉主干直径狭窄程度较重有关,导致肾皮质缺血更加严重,即使进行血管重建,也无法在短时间内得到明显改善,所以术后超声造影有助于更全面地评估肾脏结构和功能^[15]。本研究还发现分肾皮质血流灌注与分肾功能具有一定关系,分层回归模型显示, AUC 和 A 均会对 GFR 产生显著正向影响, TTP 和 MTT 均会对 GFR 产生显著负向影响(均 $P < 0.001$)。与马娜等^[16]研究发现分肾皮质血流灌注参数 AUC、A 与 GFR 呈显著正相关, TTP、MTT 与 GFR 呈显著负相关基本一致。

综上所述,超声造影在肾动脉狭窄支架植入术患者分肾皮质血流灌注评估中具有较高的应用价值,可为临床治疗提供指导,且分肾皮质血流灌注参数与分肾功能密切相关。但本研究样本量相对较少,可能存在一定偏差,今后需进一步行大样本、多中心研究。

参考文献

- [1] 崔艳华,张全斌,严继萍,等.超声造影在肾动脉狭窄程度分级评估中的诊断价值分析[J].中华全科医师杂志,2021,20(12):1288-1294.
- [2] 孙由静,王思宇,马娜,等.超声造影基线肾皮质血流灌注对重度肾动脉狭窄支架治疗短期预后的观察性研究[J].中华超声影像学杂志,2021,30(11):944-949.
- [3] 颜红兵,王嘉莉,焦媛.美国成人肾动脉狭窄诊断和介入治疗指南解读[J].中国介入心脏病学杂志,2003,11(6):326-327.
- [4] 马娜,孙由静,任俊红,等.老年肾动脉狭窄患者分肾皮质血流灌注的特点及其与分肾功能的关系[J].中华心血管病杂志,2019,47(8):628-633.
- [5] 汪长银,赵燕芬,沈美娟,等.Gates 法测量的分肾肾小球滤过率受对侧肾脏兴趣区设置影响的原因与改进算法[J].中国医学物理学杂志,2017,34(12):1280-1286.
- [6] 周游,寇镭,杨耀国,等.分肾功能测量评估单侧粥样硬化性肾动脉狭窄支架术对肾功能的影响[J].中华高血压杂志,2021,29(1):30-36.
- [7] 郭发金,马娜,张玥伟,等.重度肾动脉狭窄支架置入前、后的皮质血流灌注变化特点和短期预后的危险因素分析[J].中国心血管杂志,2021,26(2):159-164.
- [8] 贺梅婷,贾化平,刘冬婷,等.彩色多普勒超声与对比增强磁共振血管造影对肾动脉狭窄的诊断价值比较[J].中国医学影像学杂志,2021,29(6):582-584,590.
- [9] 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, 2019, 132(1): 63-68.
- [10] 刘宇双,廖利民,李雪梅,等.超声造影评估脊髓损伤并发肾积水患者肾功能的价值[J].中国康复理论与实践,2020,26(6):703-706.
- [11] 曾一梅,许建忠,陈歆,等.分侧肾小球滤过率评估动脉粥样硬化性单侧肾动脉狭窄经皮肾动脉支架植入术效果分析[J].介入放射学杂志,2021,30(10):1003-1005.
- [12] 郭志祥,刘宇双,李雪梅.感兴趣区设置对脊髓损伤并发肾积水患者肾超声造影定量分析的影响[J].中国医刊,2020,55(1):105-108.
- [13] 邹子然,杨萍,樊韵玲,等.彩色多普勒超声联合超声造影对移植肾动脉狭窄的诊断价值[J].中国临床医学,2021,28(4):629-634.
- [14] Watchorn J, Huang DY, Joslin J, et al. Critically ill COVID-19 patients with acute kidney injury have reduced renal blood flow and perfusion despite preserved cardiac function: a case-control study using contrast-enhanced ultrasound[J]. Shock, 2021, 55(4):479-487.
- [15] Dregoes MI, Bolboacă SD, Dorolţan PM, et al. Long-term mortality after renal artery stenting in patients with severe atherosclerotic renal artery stenosis and high-risk clinical manifestations[J]. Am J Hypertens, 2021, 34(8):880-887.
- [16] 马娜,孙由静,任俊红,等.老年中重度肾动脉狭窄患者的肾皮质血流灌注特点及其与肾功能的关系研究[J].中华老年医学杂志,2019,38(5):565-568.

(收稿日期:2022-04-06)