

彩色多普勒超声联合B-Flow 在尿毒症血液透析患者自体动静脉内瘘功能评估中的应用价值

杨晨,王珊,林一钦

(惠州市中心人民医院超声医学科,广东 惠州 516001)

[摘要] 目的:探讨尿毒症血液透析患者采用彩色多普勒超声(CDUS)联合二维灰阶血流成像技术(B-Flow)对自体动静脉内瘘(AVF)功能进行评估的效果。方法:选取2018年10月—2023年1月在我院接受治疗的尿毒症患者240例,根据术后8周内瘘成熟情况分为成熟组(178例)和不成熟组(62例)。以数字减影血管造影为金标准,所有患者均给予CDUS联合B-Flow检查。分析术前、术后2、4、8周的血流动力学指标,AVF狭窄及狭窄部位,比较成熟组和不成熟组血流动力学指标。结果:术后8周,头静脉管径(CVD)、桡动脉管径(RAD)、肱动脉血流量(BAF)、桡动脉血流量(RAF)、舒张末期流速(EDV)、收缩期峰值流速(PSV)均高于术前、术后2、4周,术后4周高于术前、术后2周,术后2周高于术前;阻力指数(RI)均低于术后2、4周,术后4周低于术后2周;术后2、4、8周,肱动脉管径(BAD)高于术前($P<0.05$)。数字减影血管造影与CDUS联合B-Flow分别检出270及261处狭窄,均集中在头静脉远心段及吻合口。成熟组RAD、CVD、RAF、BAF、PSV、EDV均高于不成熟组;RI均低于不成熟组($P<0.05$)。结论:CDUS联合B-Flow可对尿毒症血液透析患者AVF狭窄进行有效监测,有效评估AVF功能是否成熟。

[关键词] 尿毒症;肾透析;动静脉瘘;超声检查,多普勒,彩色

[中图分类号] R692.5;R445.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)10-0721-04

DOI:10.12117/jccmi.2024.10.008

The application value of color Doppler ultrasound combined with B-Flow in the evaluation of autologous arteriovenous fistula function in patients with uremic hemodialysis

YANG Chen, WANG Shan, LIN Yi-qin

(Ultrasound Medicine Department of Huizhou Central People's Hospital, Huizhou Guangdong 516001, China)

Abstract: Objective: To explore the effectiveness of color Doppler ultrasound combined with two-dimensional grayscale blood flow(B-Flow) imaging in evaluating autologous arteriovenous fistula(AVF) function in uremic hemodialysis patients. **Methods:** The research subjects were selected from patients with uremic hemodialysis who received treatment in our hospital from October 2018 to January 2023. A total of 240 cases were included, they were divided into the mature group (178 cases) and the immature group(62 cases) based on the maturation of the fistula within 8 weeks after surgery. The gold standard was digital subtraction angiography, all patients underwent CDUS combined with B-Flow examination. The hemodynamic indicators before and after 2, 4, and 8 weeks, as well as the stenosis and location of AVF were analyzed, and the hemodynamic indicators of mature and immature groups were compared. **Results:** Eight weeks after surgery, the cephalic vein diameter (CVD), radial artery diameter(RAD), brachial artery blood flow(BAF), radial artery blood flow(RAF), end-diastolic flow velocity(EDV), peak systolic velocity (PSV) were all higher than before surgery and 2, 4 weeks after surgery. Four weeks after surgery were higher than before and 2 weeks after surgery, and at 2 weeks after surgery were higher than before surgery. Eight weeks after surgery, the resistance index (RI) were lower than 2 and 4 weeks after surgery. Four weeks after surgery were lower than 2 weeks after surgery; at 2, 4, and 8 weeks after surgery, the brachial artery diameter(BAD) was higher than before surgery($P<0.05$). Digital subtraction angiography and CDUS combined with B-Flow detected 270 and 261 stenosis sites respectively, all concentrated in the distal segment of the cephalic vein and the anastomotic site. The RAD, CVD, RAF, BAF, PSV and EDV of the mature group were higher than those of the immature group; RI were lower than those in the immature group($P<0.05$). **Conclusion:** CDUS combined with B-Flow can effectively monitor AVF stenosis in patients with uremic hemodialysis and evaluate the maturity of AVF function.

Key words: Uremia; Renal Dialysis; Arteriovenous Fistula; Ultrasonography, Doppler, Color

尿毒症是慢性肾衰竭的严重阶段,容易伴有多种并发症,对患者的日常生活及生命健康安全造成严重影响,主要治疗方案为肾移植及血液净化^[1]。血液净化包括血液透析及腹膜透析,其中血液透析较

[收稿日期] 2024-01-05

[作者简介] 杨晨(1987-),女,四川宜宾人,主治医师。E-mail:13790772929@163.com

[通信作者] 杨晨,惠州市中心人民医院超声医学科,516001。E-mail:13790772929@163.com

[基金项目] 惠州市科技计划项目(221014146940871)。

常用,临床将自体动静脉内瘘(AVF)作为透析通道的首选,其通畅情况与血液透析是否顺利及效果具有密切关系,故而 AVF 功能评估有助于提高治疗效果及改善患者预后^[2]。数字减影血管造影是目前用于 AVF 建立情况评估中的“金指标”,但其属于有创检查,且所需费用较高,导致在临床应用中存在一定限制^[3]。彩色多普勒超声(CDUS)具有无创、无痛等优点,且其操作过程简便,在血管领域中已被认可,可将血管管腔、管壁及血管周边的结构清晰显示出来^[4]。在实际的工作中,采用常规二维模式下进行检查时,有时难以获取到精确的流速或 AVF 血管管腔内径,二维灰阶血流成像技术(B-Flow)可直接形成血管内血细胞信息(采用数字编码技术),能够弥补常规多普勒超声的不足^[5]。但目前关于尿毒症患者 AVF 功能采用 CDUS 联合 B-Flow 的评估应用效果仍需进一步探讨。本文将研究对象选为 240 例尿毒症患者,旨在探讨对尿毒症患者 AVF 功能的评估方法进行评估。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 10 月—2023 年 1 月在我院接受治疗的尿毒症患者 240 例,根据术后 8 周内瘘成熟情况分为成熟组(178 例)和不成熟组(62 例)。

成熟组 178 例中男 113 例,女 65 例;年龄 20~86 岁,平均(54.87±10.87)岁;体质量指数 19~24 kg/m²,平均(22.87±1.98) kg/m²。原发疾病:病理结果不明 118 例,糖尿病肾病 16 例,慢性肾小球肾炎 16 例,梗阻性肾病 11 例,多囊肾 11 例,其他 6 例。内瘘口位置:左前臂 132 例,右前臂 46 例。

不成熟组 62 例中男 36 例,女 26 例;年龄 22~86 岁,平均(55.02±11.02)岁;体质量指数 20~24 kg/m²,平均(22.90±2.02) kg/m²。原发疾病:病理结果不明 41 例,糖尿病肾病 6 例,慢性肾小球肾炎 6 例,梗阻性肾病 4 例,多囊肾 3 例,其他 2 例。内瘘口位置:左前臂 46 例,右前臂 16 例。

对两组上述一般资料进行比较,结果显示无统计学差异($P>0.05$),两组后续的数据具有比较价值。参照《中国血液透析用血管通路专家共识(第 2 版)》^[6]中的相关内容对内瘘是否成熟进行评估:经过超声检查没有明显的并发症,且静脉管径变宽,自然血流量>500 mL/min,透析机泵控血流量达 200 mL/min 以上,即为内瘘成熟。

1.2 纳入、排除、脱落及剔除标准

①纳入标准:诊断符合《肾脏病学》^[7]中关于尿毒症的相关诊断标准者;行 AVF 术者;粗细均满意、

术前触诊均没有找到搏动的血管者;配合度高者;首次建立 AVF 者;对本研究知情同意者等。②排除标准:伴有其他肾脏疾病者;合并其他器官重要功能(心、肝等)障碍者;伴有血液系统疾病或恶性肿瘤疾病者;合并严重感染性或传染性疾病者等。③脱落标准:主动撤回知情同意书者。④剔除标准:同时参与其他试验研究者。

1.3 方法

采用 CDUS 联合 B-Flow 对所有患者进行检查,CDUS 诊断仪为美国 GE 公司,GE LOGIQ S8 型,具备有 B-Flow 功能,9L 探头、探头频率 4~9 MHz。B-Flow 参数设置:进行固定时间设置补偿增益,将动态范围设置为 60 dB,使用血管预设条件,单点聚焦,深度 2~3 cm,9 MHz,适当对增益进行调节,使组织对比度良好,明暗适中。患者检查时仰卧位,将上肢平放在检查床上,将 AVF 分为 6 个区域:肱动脉、吻合口、头静脉中段、桡动脉、头静脉远心段及头静脉近心段。检查时用耦合剂充分涂抹,按顺序检查动静脉的解剖结构,是否有变异,对患者管腔是否有静脉瘤样扩张、斑块、狭窄、闭塞、血栓、假性动脉瘤等情况进行观察,应用 B-Flow 模式下对内径及收缩期峰值流速(PSV)进行测量。最终结果取测量三次的平均值。

于术前、术后 2、4、8 周,根据检查结果获取桡动脉管径(RAD)、肱动脉血流量(BAF)、头静脉管径(CVD)、桡动脉血流量(RAF)、阻力指数(RI)、肱动脉管径(BAD)、PSV、舒张末期流速(EDV)。

以数字减影血管造影为金标准,统计两组 AVF 狭窄及狭窄部位,狭窄的标准:桡动脉内径、吻合口内径及头静脉内径分别小于 2 mm、2.5 mm、3 mm^[8]。

根据检查结果统计成熟组和不成熟组血流动力学指标,包括 RAD、CVD、BAD、RAF、BAF、PSV、EDV、RI。

1.4 统计学方法

数据分析软件为 SPSS 26.0。计数资料($n(\%)$) (AVF 狭窄及狭窄部位)及符合正态分布的计量资料($\bar{x}\pm s$) (血流动力学指标)分别采用 χ^2 检验及独立样本 t 检验对组间的数据进行比较,采用重复测量方差检验对计量资料不同时间点的数据进行比较。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同时间点血流动力学指标比较

术后 8 周,RAD、CVD、RAF、BAF、PSV、EDV 均高于术前、术后 2、4 周,术后 4 周高于术前、术后 2 周,术后 2 周高于术前;RI 均比术后 2、4 周低,术后

4 周比术后 2 周低；术后 2、4、8 周，BAD 比术前高 ($P<0.05$)。见表 1。

2.2 AVF 狭窄及狭窄部位

数字减影血管造影与 CDUS 联合 B-Flow 分别检出 270 及 261 处狭窄，均集中在头静脉远心段及吻合口(图 1~9)。其中数字减影血管造影检出狭窄部分分布情况：头静脉中段 51 处(18.89%)、桡动脉 1 处(0.37%)、头静脉远心段 107 处(39.63%)、吻

口 107 处(39.63%)、头静脉近心段 4 处(1.48%)；CDUS 联合 B-Flow 检出狭窄的部分分布情况：头静脉中段 47 处(18.01%)、头静脉远心段 103 处(39.46%)、吻合口 107 处(41.00%)、头静脉近心段 4 处(1.53%)。

2.3 成熟组和未成熟组血流动力学指标比较

成熟组 RAD 为(3.64±0.27) mm，高于未成熟组的(3.01±0.13) mm($t=17.656, P<0.05$)；成熟组 CVD

表 1 不同时间点血流动力学指标比较

	RAD(mm)	CVD(mm)	BAD(mm)	RAF(mL/min)	BAF(mL/min)	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI
术前	2.50±0.17	1.93±0.22	4.68±0.97	123.65±117.54	244.65±76.54	67.54±11.54	-13.76±6.76	-
术后 2 周	2.82±0.19 ¹	2.98±0.38 ¹	4.89±0.98	379.65±178.65 ¹	306.78±85.76 ¹	136.87±20.65 ¹	38.65±7.76 ¹	0.75±0.09
术后 4 周	3.21±0.21 ^{1,2}	4.89±0.76 ^{1,2}	4.90±0.99	407.65±198.65 ^{1,2}	508.76±107.76 ^{1,2}	156.76±22.65 ^{1,2}	59.54±8.32 ^{1,2}	0.67±0.07 ²
术后 8 周	3.45±0.24 ^{1,2,3}	6.08±0.76 ^{1,2,3}	5.03±1.02	521.76±213.76 ^{2,3}	734.65±209.76 ^{1,2,3}	174.76±23.65 ^{1,2,3}	80.76±8.76 ^{1,2,3}	0.54±0.04 ^{2,3}
F	1 015.285	2 478.386	5.132	207.009	684.184	1 295.061	6 261.406	553.973
P	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：1：与术前比较， $P<0.05$ ；2：与术后 2 周比较， $P<0.05$ ；3：与术后 4 周比较， $P<0.05$ 。

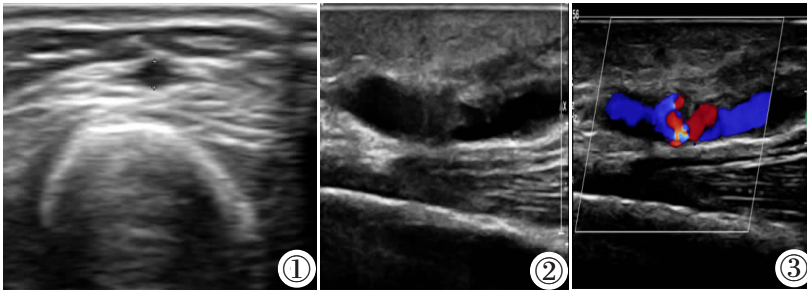


图 1~3 男,57 岁,慢性肾脏病(慢性肾炎)5 期。图 1:术前二维图像显示双上肢动静脉管径偏细;图 2,3:术后 5 月,头静脉多处血栓形成并狭窄(头静脉多处狭窄,最窄处位于距瘘口约 28 mm 处,内径约 1.2 mm,长度约 14 mm,二维及彩图)。

Figure 1~3. Male, 57 years old, stage 5 chronic kidney disease(chronic nephritis). Figure 1: Preoperative two-dimensional image shows that the diameter of the arterial and venous vessels in both upper limbs are relatively thin; Figure 2, 3: Five months after surgery, multiple thrombi formed and narrow in the cephalic vein (with the narrowest point located about 28 mm from the fistula opening, inner diameter of about 1.2 mm, and length of about 14 mm, two-dimensional and color images).

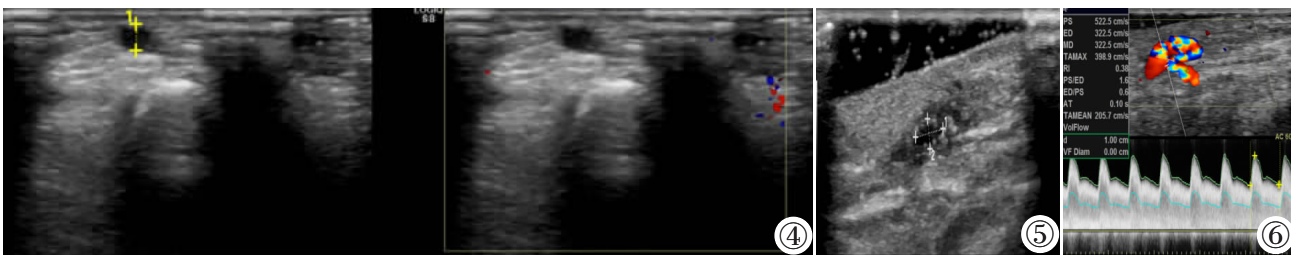


图 4~6 男,49 岁,慢性肾脏病(糖尿病肾病)5 期。图 4:术前二维及彩图超声显示双上肢动静脉未见明显异常;图 5:术后 4 月,二维可见瘘口内膜增生,管腔狭窄;图 6:彩色频谱显示内瘘口及头静脉狭窄,内瘘流量减少。

Figure 4~6. Male, 49 years old, chronic kidney disease(diabetes nephropathy) stage 5. Figure 4: Preoperative two-dimensional and color ultrasound showed no significant abnormalities in the arteries and veins of both upper limbs; Figure 5: Four months after surgery, two-dimensional ultrasound showed intimal hyperplasia and luminal changes at the fistula site; Figure 6: Color spectrum shows stenosis of the fistula opening and cephalic vein, with reduced fistula flow rate.

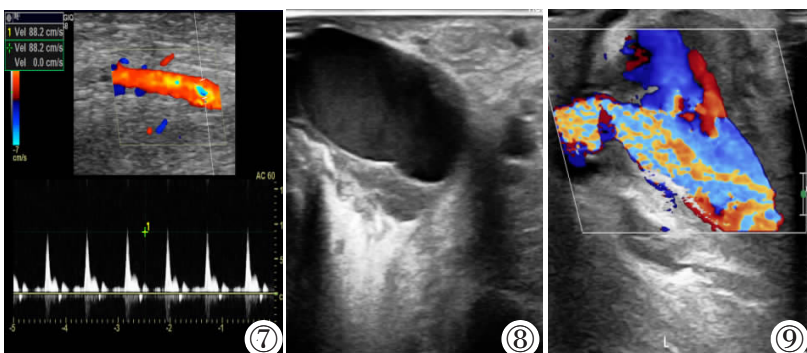


图 7~9 男,70 岁,慢性肾脏病 5 期。图 7:术前双上肢动脉频谱正常呈三向波;图 8,9:术后 1 年,头静脉距离瘘口 30 mm 处瘤样扩张并附壁血栓形成。

Figure 7~9. Male, 70 years old, with stage 5 chronic kidney disease. Figure 7: The preoperative frequency spectrum of both upper limb arteries was normal and presented as a three directional wave; Figure 8, 9: One year after surgery, tumor like dilation and mural thrombus formation occurred at a distance of 30 mm from the fistula opening in the cephalic vein.

为(6.06±0.54) mm,高于不成熟组的(4.08±0.43) mm ($t=26.119, P<0.05$);成熟组 BAD 为(5.11±0.19) mm,高于不成熟组的(4.72±0.16) mm($t=14.469, P<0.05$);成熟组 RAF 为(478.61±204.43) mL/min,高于不成熟组的(203.76±145.65) mL/min ($t=9.753, P<0.05$);成熟组 BAF 为(730.54±213.54) mL/min,高于不成熟组的(287.76±67.54) mL/min ($t=16.031, P<0.05$);成熟组 PSV 为(171.87±22.54) cm/s,高于不成熟组的(75.65±10.11) cm/s ($t=297.779, P<0.05$);成熟组 EDV 为(70.65±7.54) cm/s,高于不成熟组的(13.98±6.65) cm/s ($t=52.482, P<0.05$);成熟组 RI 为 0.58±0.05,低于不成熟组的 0.98±0.08($t=45.851, P<0.05$)。

3 讨论

临床最常用血液透析对尿毒症患者进行治疗,一条有效血管通路的构建可为治疗效果提供保证,而 AVF 是进行血液透析时最常用的通路,具有安全、便捷等特点^[9-10]。如果尿毒症血液透析患者 AVF 构建不良,可能导致患者透析时回心血量因吻合口太小而减少,使透析效果受到影响;且可能出现血管内径过窄,导致血流量降低而增加血栓形成的可能性;可见 AVF 功能对透析治疗的效果有直接影响^[11]。因此,随时监测 AVF 构建情况有助于早期发现及干预并发症,本研究分析尿毒症血液透析患者经过 CDUS 联合 B-Flow 评估 AVF 功能的效果,取得了一定研究结果。

尿毒症血液透析患者会由于血管通路发生狭窄而出现血流量不足或血栓形成的现象,进而缩短患者寿命^[12]。临床医生对血透通路 AVF 使用时间的延长、内瘘狭窄而丧失功能引起重视。数字减影血管造影对 AVF 狭窄的诊断价值较高,但其费用高,需使用碘剂,增加患者肾脏负担,副作用较大,临床应用价值不高^[13-14]。有研究^[15]指出,在术前评估中,CDUS 可提供患者目标血管的多项数据指标,进而促进造瘘成功率提高。而使用常规的二维超声技术进行检查时,虽可对患者血管内径进行监测,但由于存在超声噪声、伪影等,红细胞的回声会因此而容易受到影响,导致难以获得精确的监测结果^[16]。

本研究使用 CDUS 与 B-Flow 联合检查,结果显示,数字减影血管造影与 CDUS 联合 B-Flow 分别检出 270 及 261 处狭窄,均集中在头静脉远心段及吻合口,提示 CDUS 联合 B-Flow 检查与金标准检查结果基本相符。B-Flow 成像技术对声速或血管没有依赖,取样框不会限制其检查结果,可更真实地对深部血流信息进行反映,而 CDUS 可全方位评价 AVF 血透通路,且可克服单纯血流量监测的不足^[17]。此外,

本研究结果显示,患者术后 8 周的 RAD、CVD、RAF、BAF、PSV、EDV 均高于术前、术后 2、4 周,术后 4 周高于术前、术后 2 周,术后 2 周高于术前;术后 8 周,RI 均比术后 2、4 周低,术后 4 周比术后 2 周低,术后 2、4、8 周,BAD 高于术前,且成熟组 RAD、CVD、RAF、BAF、PSV、EDV 均高于不成熟组,RI 均低于不成熟组,进一步提示了 CDUS 联合 B-Flow 通过检测尿毒症血液透析患者血流动力学指标,在患者 AVF 构建情况及成熟度评估中具有较高的诊断价值。

CDUS 能够清晰显示多血管细节,尤其在术后吻合口狭窄进行检测时,在将二维图像(吻合口内膜、内径等)清晰显示的同时,还可根据不同节段的血流速度,为狭窄的诊断作为补充及依据^[18]。而与常规二维成像相比,B-Flow 成像技术没有组织覆盖遮挡、无角度依赖、空间分辨率高、背景图像清晰且不影响帧频,因此可获得患者术后血流动力学变化情况、血栓大小、管径狭窄、静脉瘤样扩张等更清晰、准确的监测结果^[19-20];故而血液透析患者 AVF 功能采用 CDUS 联合 B-Flow 成像技术进行评估可获得较为准确的诊断结果。

综上,CDUS 联合 B-Flow 可对尿毒症血液透析患者 AVF 狭窄进行有效监测,有效评估 AVF 功能是否成熟,值得临床进一步研究及推广。但本研究仍存在需要完善的地方,如仅为单中心研究、样本量较少等,因此,为获得更为准确及可靠的研究结果,有待临床进一步纳入更多样本量进行多中心研究。

【参考文献】

- [1]Jung SW, Kim DR, Cho KS, et al. Effects of dialysate acidification with citrate versus acetate on cell damage, uremic toxin levels, and inflammation in patients receiving maintenance hemodialysis[J]. *Am J Kidney Dis*, 2019, 73(3): 432-434.
- [2]Redant S, De Bels D, Honoré PM. Rationale of blood purification in the post-resuscitation syndrome following out-of-hospital cardiac arrest: a narrative review[J]. *Blood Purif*, 2021, 50(6): 750-757.
- [3]Sarioglu O, Capar AE, Belet U. Relationship of arteriovenous fistula stenosis and thrombosis with the platelet-lymphocyte ratio in hemodialysis patients[J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(5): 630-635.
- [4]Yao C, Tan Z, Miao P, et al. Surgical repair of a special category of arteriovenous fistula outflow stenosis caused by venous valve hyperplasia[J]. *Vascular*, 2022, 30(5): 914-919.
- [5]Turan OM, Babischkin JS, Aberdeen GW, et al. B-flow/spatiotemporal image correlation M-mode: novel ultrasound method that detects decrease in spiral artery luminal diameter in first trimester in primate model of impaired spiral artery remodeling[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 59(3): 358-364.

(下转 733 页)