



**CHINESE TRANSLATION**

## **EFSUMB 教科书，第二版**

**编辑： Christoph F. Dietrich**

### **肾移植超声**

**Francesco M Drudi<sup>1</sup>, Flavia Angelini<sup>1</sup>, Sarah Campagnano<sup>1</sup>**

**中文翻译与校对： 蒋珺<sup>2</sup>, 董怡<sup>2</sup>, 梁萍<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>University "la Sapienza", Rome, Italy; <sup>2</sup>上海交通大学医学院附属新华医院超声科, 上海, 中国; <sup>3</sup>中国人民解放军总医院介入超声科, 北京, 中国

**通讯作者：**

Francesco M Drudi

University "la Sapienza", Rome, Italy

Tel: +390649978439

传真: +390649978438

电子邮件: francescom.drudi@uniroma1.it

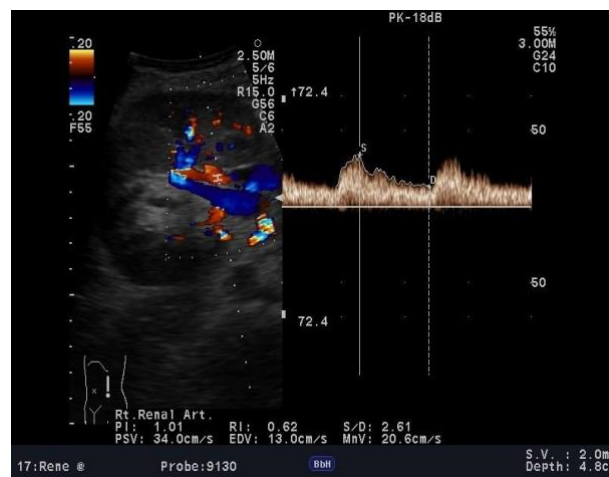
## 前言

肾移植是终末期肾病患者的一种经济有效的治疗方法<sup>[1]</sup>。然而，在肾移植第一年之后，移植肾存活曲线显示功能正常的移植肾数量呈指数级下降。许多导致肾移植功能不全的原因是可治疗的，因此必须及时发现和诊断并发症。急性肾小管坏死（acute tubular necrosis, ATN）<sup>[2]</sup>可能会立即引起患者少尿，并在移植肾功能恢复初期和急性排斥反应之后出现。此外，还可能存在环孢素或他克莫司中毒<sup>[3]</sup>。

## 灰阶超声和彩色多普勒超声评估移植肾

采用灰阶超声和彩色多普勒超声可测量移植肾的长度和宽度、观察解剖特征（皮髓质分界、是否存在影响移植肾的肾积水、肾周积液或肿块）（视频 1）以及确定血流量<sup>[4]</sup>（视频 2，图 1）。

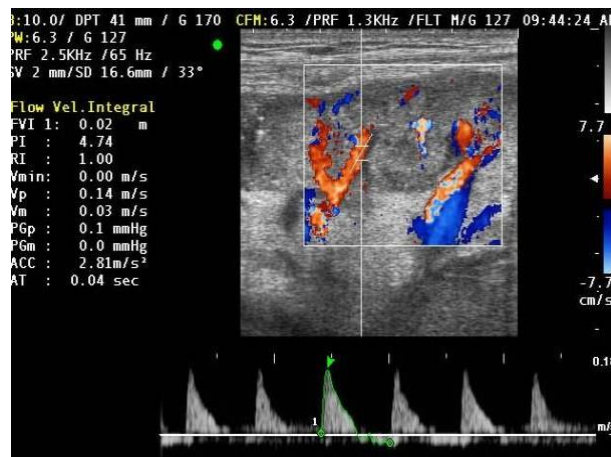
图 1 正常移植肾的彩色多普勒超声显示肾内血流和血管形态（肾动脉和肾静脉均可见）。



肾移植术后 24 小时内，必须根据手术方案或临床指征首先采用灰阶超声和彩色多普勒超声对移植肾进行评估。移植肾无血流灌注是肾动脉闭塞的征象。舒张期血流逆行导致肾动脉舒张期出现反向血流（图 2）是移植肾完全性静脉血栓形成或急性排斥反

应的征象。不完全性静脉血栓形成则较难识别。当彩色多普勒超声不能完全排除动脉闭塞、狭窄或静脉血栓形成时，需进一步行 CT 甚至动脉造影检查<sup>[5]</sup>。

图 2 急性排异反应的典型彩色多普勒图。基线下的血流表示舒张期反向动脉血流。



彩色多普勒超声或能量多普勒检查可通过显示肾实质梗死区域缺乏血流信号来诊断肾梗死。超声造影是诊断肾梗死最好的检查手段。超声检查无法区分 ATN 和急性排异反应，因此需要在超声引导下进行移植肾活检来明确诊断。

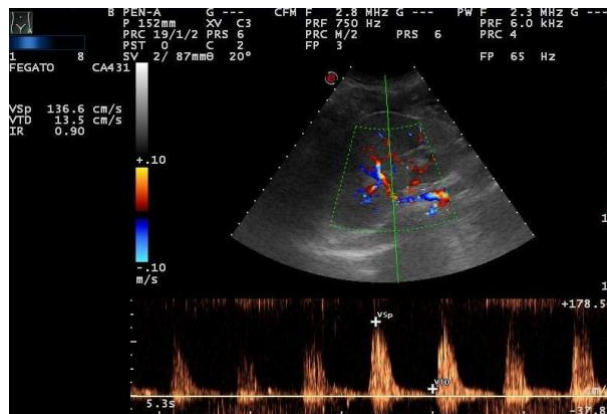
肾动脉狭窄通常发生在手术吻合部位，发生率为 1%~10%。肾动脉狭窄的超声诊断方法是通过在适当的超声角度下显示以收缩期峰值速度（peak systolic velocity, PSV）升高（正常值为 250 cm/s）并伴有湍流的局灶性和节段性血流异常区域。由于移植肾动脉的 PSV 可能会有变化，可采用肾动脉 PSV 与髂动脉 PSV 的比值来帮助诊断。此外，还可在肾实质中观察到异常 tardus parvus 波形。经超声诊断可能存在肾动脉狭窄后，可在行经皮腔内血管成形术前进一步行 MRI 或 CT 血管造影来明确诊断。

## 阻力指数的应用

阻力指数（resistance index, RI）的测定是在移植肾临床监测中的一种标准做法。RI 值与移植肾血管有关，但受体血管及其弹性可能对 RI 值影响更大。单独的 RI 值升高不具有特异性，诊断价值有限。术后数天内的 RI 值升高（0.9）（图 3）可出现在几种

类型的移植肾功能异常中，如急性排异反应、钙调磷酸酶抑制剂毒性、严重 ATN（图 4）、肾静脉梗阻、输尿管梗阻和肾盂肾炎<sup>[6]</sup>。定期测量 RI 值有助于监测伴有这些并发症患者的移植肾功能<sup>[7]</sup>（图 5）。

**图 3 RI 为 0.90；这一数值提示可能存在急性病理变化**



**图 4 RI 的取样容积位于叶间动脉水平。**

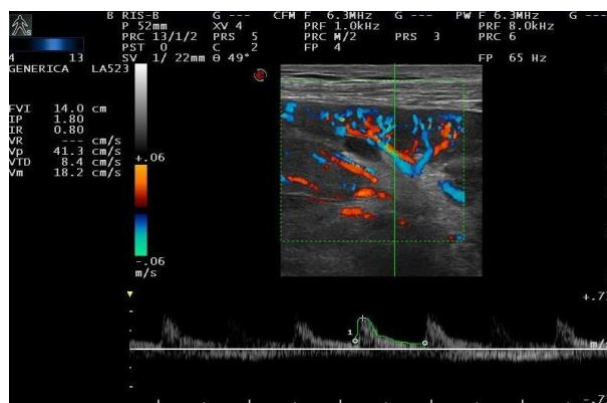
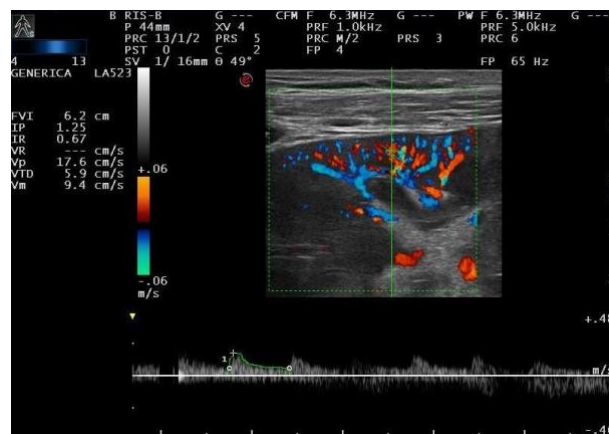


图 5 RI 的取样容积位于弓状动脉水平。



RI 在评估慢性移植肾功能异常方面的价值有限，因为它不是能敏感反映移植肾慢性病理改变的标志物，不能用于临床决策。然而，有研究表明，术后 3 个月测得的 RI 值升高（0.8）是之后移植肾功能不良和/或失活的预测因子<sup>[8]</sup>。

## 经皮移植肾活检并发动静脉瘘

动静脉瘘是经皮移植肾活检术后可能出现的并发症。多普勒超声表现为由瘘口周围混叠伪像引起的局部彩色紊乱区，并溢出正常血管外<sup>[9]</sup>。频谱多普勒显示供血动脉内血流呈高速低阻，而引流静脉内血流呈高搏动性（动脉化）。

## 超声造影剂

近年来，第二代造影剂的出现为肾血流和肾组织灌注的超声成像和量化提供了新的视角和可能性（视频 3）。超声造影（contrast-enhanced ultrasound, CEUS）克服了彩色多普勒超声的局限性，可通过注射超声造影剂来反映肾实质的血流灌注。

CEUS 是肾灌注缺损的最佳可视化工具，它有助于不确定性肾脏病变和不典型囊性病变的鉴别诊断以及急性肾盂肾炎的识别<sup>[10]</sup>（视频 4，图 6a、b）。

一些学者认为，采用超声造影相位反转成像技术可显示肾脏正常和异常组织的灌注模式。

CEUS 可实现对皮质、髓质血管的评估以及肾灌注功能的评估。测量造影剂通过时间有助于肾动脉狭窄的诊断和移植肾 ATN 与急性排异反应的鉴别诊断<sup>[11]</sup>。

## 磁共振成像

磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）已成为肾移植评估的一种可选成像方式（图 6c）。MRI 由于具有多平面成像功能、无电离辐射、无创伤和无造影剂肾毒性而有广阔的应用前景。最近的研究表明，MRI 可以用于评估移植肾和肾周区域，但其作用尚未明确<sup>[12]</sup>。在 MRI 上，T1 加权图像上皮髓质分界的缺失是提示排异反应的最有价值的发现<sup>[13]</sup>。

**图 6** （a）CEUS 清楚地显示了灌注缺损的肾实质区域（图像上半部分）和移植肾中央部分梗塞；（b）CEUS 显示肾实质灌注缺损；（c）增强 MRI 证实存在血供低灌注区域。

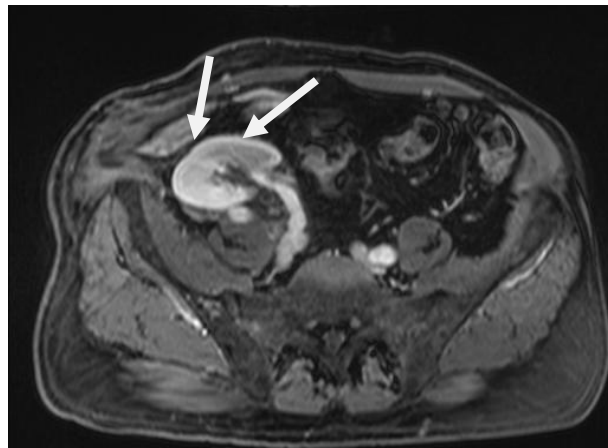
a



b



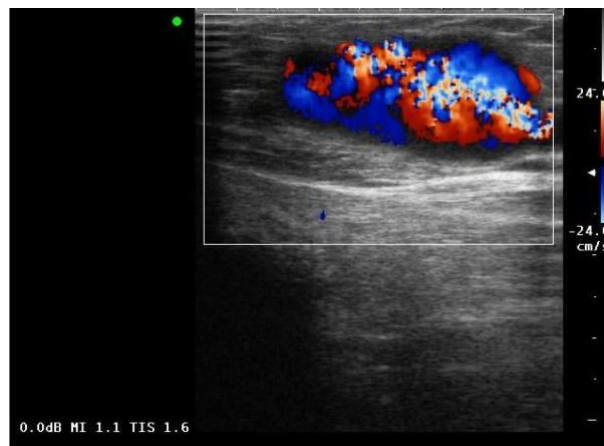
c



## 超声评估血液透析通路的动静脉瘘管

彩色多普勒超声已被证明可有效评估血液透析通路的动静脉瘘，不仅可在术前评估血管解剖特征，而且可在术后检出动静脉瘘并发症（图7）。

图 7 彩色多普勒超声评估血液透析通路的动静脉瘘。



彩色多普勒超声可以识别临床上并不明显的静脉。仅凭临床检查无法预测静脉流出量是否足够，这就造成了使用次优静脉和动脉的情况，从而导致动静脉瘘的失败率升高和动静脉移植物的使用增加<sup>[14]</sup>。

动静脉移植物植入的选择标准应为<sup>[9,11]</sup>：

1. 头静脉或贵要静脉直径至少为 2 mm，且与深静脉相连；
2. 合适的动脉，直径至少为 2 mm、PSV  $\geq$  50 cm/s；
3. 同侧锁骨下静脉通畅。

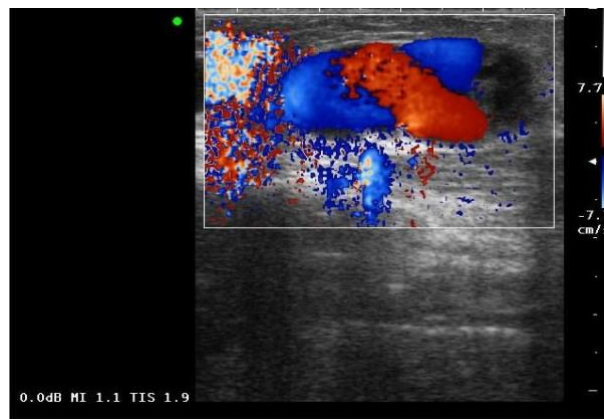
动静脉瘘最常见的并发症是与血栓形成有关的狭窄和动脉瘤<sup>[15-17]</sup>。

以下血流动力学数据具有较高的诊断意义：平均血流量为 1204 ml/min；吻合口处平均最大流速为 2.7 m/s；肱动脉平均最大流速为 1.35 m/s<sup>[16]</sup>。

湍流性血流会引起血管壁和血管周围组织的广泛振动。这种局部组织振动会造成血管周围软组织出现伪彩，导致无法充分观察静脉吻合口<sup>[15]</sup>（图 8）。



图 8 湍流性血流造成的组织振动会使血管周围的软组织出现伪彩。



彩色多普勒超声显示血管狭窄的诊断标准是：管腔明显变窄，血流速度比相邻正常节段增加 100%以上<sup>[18]</sup>。

动静脉瘘波形为动脉波形，收缩期流速为 100~400 cm/s<sup>[19]</sup>。但由于引流静脉的低阻力径流，舒张末期血流量较高<sup>[20]</sup>。

吻合口处平均最大流速升高（4.35m/s）表明随着血管狭窄程度的增加，血管内径逐渐变窄，血管内流速随之升高<sup>[20, 21]</sup>。相比之下，在伴有静脉狭窄的瘘管中，肱动脉的平均血流量和平均最大流速都较低<sup>[15]</sup>。

超过 3% 的血透患者存在假性动脉瘤。50%以上的患者存在动脉瘤（静脉直径 > 6 mm）。这些病变几乎 100% 都位于穿刺部位<sup>[15]</sup>。

现有数据表明，伴有动脉瘤的瘘管的平均血流量明显更高。动脉瘤与钙化及瘘管使用寿命之间存在很强的相关性<sup>[15]</sup>。

流速增加超过 1500 ml/min 与盗血综合征或静脉高压有关。

多普勒超声发现盗血综合征患者的远端动脉血流明显减少，而动静脉瘘远端静脉血流速因为静脉高压而显著升高，可达 600 ml/min<sup>[14]</sup>。

## 参考文献

1. Granata A, Di Nicolo P, Scarfia VR, Insalaco M, Lentini P, Veroux M, Fatuzzo P, et al. Renal transplantation parenchymal complications: what Doppler ultrasound can and cannot do. J Ultrasound 2015;18:109-116.

2. Rodriguez SA, Palacios VH, Mayayo ES, DosSantos VG, Nicolas VD. The Usefulness of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Assessment of Early Kidney Transplant Function and Complications. *Diagnostics* 2017;53.
3. Egeland EJ, Reisaeter AV, Robertsen I, Midtvedt K, Strom EH, Holdaas H, Hartmann A, et al. High tacrolimus clearance - a risk factor for development of interstitial fibrosis and tubular atrophy in the transplanted kidney: a retrospective single-center cohort study. *Transpl Int* 2018.
4. Galgano SJ, Lockhart ME, Fananapazir G, Sanyal R. Optimizing renal transplant Doppler ultrasound. *Abdom Radiol (NY)* 2018;43:2564-2573.
5. Sun IO, Hong YA, Kim HG, Park HS, Choi SR, Chung BH, Chun HJ, et al. Clinical usefulness of 3-dimensional computerized tomographic renal angiography to detect transplant renal artery stenosis. *Transplant Proc* 2012;44:691-693.
6. Drudi FM, Pretagostini R, Padula S, Donnetti M, Giovagnorio F, Mendicino P, Marchetti F, et al. Color Doppler ultrasound in renal transplant: role of resistive index versus renal cortical ratio in the evaluation of renal transplant diseases. *Nephron Clin Pract* 2004;98:c67-72.
7. Schwenger V, Korosoglou G, Hinkel UP, Morath C, Hansen A, Sommerer C, Dikow R, et al. Real-time contrast-enhanced sonography of renal transplant recipients predicts chronic allograft nephropathy. *Am J Transplant* 2006;6:609-615.
8. Correias JM, Claudon M, Tranquart F, Helenon AO. The kidney: imaging with microbubble contrast agents. *Ultrasound Q* 2006;22:53-66.
9. Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Vassalotti JA, Uribarri J. Hemodialysis access placement with preoperative noninvasive vascular mapping: comparison between patients with and without diabetes. *Am J Kidney Dis* 2001;38:560-564.
10. Mueller-Peltzer K, Rubenthaler J, Fischereeder M, Habicht A, Reiser M, Clevert DA. The diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) as a new technique for imaging of vascular complications in renal transplants compared to standard imaging modalities. *Clin Hemorheol Microcirc* 2017;67:407-413.
11. Vassalotti JA, Falk A, Cohl ED, Uribarri J, Teodorescu V. Obese and non-obese hemodialysis patients have a similar prevalence of functioning arteriovenous fistula using pre-operative vein mapping. *Clin Nephrol* 2002;58:211-214.

12. Radermacher J, Mengel M, Ellis S, Stuht S, Hiss M, Schwarz A, Eisenberger U, et al. The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med* 2003;349:115-124.
13. Marticorena Garcia SR, Guo J, Durr M, Denecke T, Hamm B, Sack I, Fischer T. Comparison of ultrasound shear wave elastography with magnetic resonance elastography and renal microvascular flow in the assessment of chronic renal allograft dysfunction. *Acta Radiol* 2018;59:1139-1145.
14. Silva MB, Jr., Hobson RW, 2nd, Pappas PJ, Jamil Z, Araki CT, Goldberg MC, Gwertzman G, et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. *J Vasc Surg* 1998;27:302-307; discussion 307-308.
15. Moghazy KM. Value of color Doppler sonography in the assessment of hemodialysis access dysfunction. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2009;20:35-43.
16. Pietura R, Janczarek M, Zaluska W, Szymanska A, Janicka L, Skublewska-Bednarek A, Szczerbo-Trojanowska M. Colour Doppler ultrasound assessment of well-functioning mature arteriovenous fistulas for haemodialysis access. *Eur J Radiol* 2005;55:113-119.
17. Campos RP, Do Nascimento MM, Chula DC, Do Nascimento DE, Riella MC. Stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula: evaluation and treatment. *Hemodial Int* 2006;10:152-161.
18. Dousset V, Grenier N, Douws C, Senuita P, Sassouste G, Ada L, Potaux L. Hemodialysis grafts: color Doppler flow imaging correlated with digital subtraction angiography and functional status. *Radiology* 1991;181:89-94.
19. Finlay DE, Longley DG, Foshager MC, Letourneau JG. Duplex and color Doppler sonography of hemodialysis arteriovenous fistulas and grafts. *Radiographics* 1993;13:983-989.
20. Elcheroth J, de Pauw L, Kinnaert P. Elbow arteriovenous fistulas for chronic haemodialysis. *Br J Surg* 1994;81:982-984.
21. Polak JF. Peripheral arterial disease. Evaluation with color flow and duplex sonography. *Radiol Clin North Am* 1995;33:71-90.