

❖ 生殖泌尿影像学

Correlation between renal blood flow resistance index and acute kidney injury after cardiopulmonary bypass

LIU Hui¹, FU Yong², LI Ming-xing^{1*}, CHEN Xiao-mei¹, YU Feng-xu², DENG Ming-bin²

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Cardiothoracic Surgery, the Affiliated Hospital of Luzhou Medical College, Luzhou 646000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the relationship between renal blood flow resistance index (RI) and acute kidney injury (AKI) caused by cardiopulmonary bypass (CPB). **Methods** Totally 14 patients with heart disease who accepted CPB were included. RI of the main renal artery and segmental renal artery of all cases were monitored with CDFI preoperatively and 1, 2, 4, 8, 16, 24 h after operation. Blood urea nitrogen (Urea), uric acid (UA) and creatinine (Crea) were measured at the same time for evaluation of renal function. All data were statistically analyzed. **Results** RI of the main renal artery and of segmental renal artery were both obviously higher than those preoperatively 1, 2, 8, 16 h after operation (all $P < 0.05$). Preoperative and postoperative RI of main renal artery positively correlated with Urea, UA and Crea ($r = 0.390, 0.355, 0.426$, respectively, all $P < 0.05$), while RI of segmental renal artery positively correlated with Crea ($r = 0.316, P < 0.05$). **Conclusion** RI of main renal artery and segmental renal artery may be used as reliable indexes for evaluation of AKI after CPB.

[Key words] Ultrasonography, Doppler, pulsed; Renal function; Acute kidney injury; Cardiopulmonary bypass; Resistance index

肾血流阻力指数与体外循环手术急性肾损害的相关性

刘 慧¹, 付 勇², 李明星^{1*}, 陈晓梅¹, 于风旭², 邓明彬²

(1. 泸州医学院附属医院超声诊断科, 2. 胸心外科, 四川 泸州 646000)

[摘要] **目的** 探讨肾血流阻力指数(RI)与体外循环手术(CPB)后急性肾功能损害(AKI)的相关性。**方法** 对因心脏疾病接受CPB的14例患者,应用CDFI检测术前、术后1、2、4、8、16、24 h时主肾动脉、肾段动脉阻力指数(RI);同时检测尿素氮(Urea)、尿酸(UA)、肌酐(Crea),评价肾功能;对所有数据进行统计学分析。**结果** 与术前相比,术后1、2、8、16 h主肾动脉RI、肾段动脉RI均明显增高(P 均 < 0.05)。术前及术后各时间点主肾动脉RI与Urea、UA、Crea均呈正相关($r = 0.390, 0.355, 0.426, P$ 均 < 0.05);肾段动脉RI与Crea呈正相关($r = 0.316, P < 0.05$)。**结论** 主肾动脉、肾段动脉RI可作为评估CPB术后发生AKI的指标。

[关键词] 超声检查,多普勒,脉冲;肾功能;急性肾损伤;体外循环;阻力指数

[中图分类号] R445.1; R682 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2014)01-0095-04

血清肌酐和尿素氮是目前临床检测急性肾损害

(acute kidney injury, AKI)的常用指标,对评估肾损害具有重要价值;但在肾损害早期,血尿素氮、肌酐值通常无明显增高,故不能反映早期肾功能损害^[1],且检测需时较长,不能实时提供。CDFI检测肾血流具有无创、实时等优点。本研究采用CDFI测量主肾动脉、肾段动脉的阻力指数(resistance index, RI),探讨其与体外循环手术(cardiopulmonary bypass, CPB)后发生AKI的相关性。

[基金项目] 四川省卫生厅基金资助项目(110347)、四川省医学会基金资助项目(SHD11-18)、泸州医学院基金资助项目([2010]108)。

[作者简介] 刘慧(1983—),女,四川仁寿人,硕士,医师。研究方向:腹部及周围血管超声诊断。E-mail: liuhui1983107@163.com

[通讯作者] 李明星,泸州医学院附属医院超声诊断科,646000。

E-mail: lmx526@sina.com

[收稿日期] 2013-07-17 **[修回日期]** 2013-10-11

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2011 年 10 月—2012 年 11 月因心脏疾病接受 CPB 的 31 例患者,术前尿素氮(Urea)、尿酸(UA)、肌酐(Crea)检测无异常,术前 CDFI 检测无肾及输尿管结石,无肾积水、肾囊肿、肾动脉狭窄及肾脏占位性病变。根据急性肾损伤网络(acute kidney injury network, AKIN)对于 AKI 的诊断及分级^[2],最终 14 例术后肾功能满足 AKI 标准者纳入本研究,男 6 例,女 8 例,年龄 6~67 岁,平均(44.9±18.9)岁;其中先天性心脏病矫治术 2 例,瓣膜置换术 11 例,冠状动脉搭桥术 1 例;体质量(50.21±17.65)kg;主动脉阻断时间(1.35±0.54)h,体外循环时间(1.76±0.61)h,手术时间(4.23±0.55)h。本研究通过泸州医学院附属医院伦理委员会批准。

1.2 实验仪器 生化试剂(西门子试剂),真空采血管(山东金典生化器材有限公司),塑料离心管(江苏盛邦实验器材有限公司),Eppendorf 微量可调移液器;Stockert SIII 型体外循环机(Sorin Group,德国),白洋 X5 型台式离心机(北京白洋医疗器械有限公司),α7 型彩色多普勒超声仪(ALOKA,日本),全自动生化分析仪(西门子 ADVIA2400,德国),微量注射泵(泰尔茂,日本),心电监护仪(深圳迈瑞医疗电子有限公司),冷冻冰箱(青岛海尔公司),麻醉呼吸机(德尔格,德国)。

1.3 CPB 术后处置 患者于 ICU 接受治疗,以呼吸机辅助呼吸,有创动脉及心电监护,视患者循环及心功能状况给予多巴胺 3~8 μg/(kg·min)、多巴酚丁胺 3~8 μg/(kg·min)、肾上腺素 0.05~0.2 μg/(kg·min)、硝普钠 0.3~1.0 μg/(kg·min),并予强心、改

善微循环治疗。

1.4 血液标本采集及检测 于术前及术后 1、2、4、8、16、24 h 行血液标本采集并离心分离血浆冻存备用。应用全自动生化分析仪检测血浆标本 Urea、UA、Crea 指标。

1.5 CDFI 检测 应用 ALOKA Prosound α7 彩色多普勒超声诊断仪,探头频率 3 Hz,调整仪器设置,总增益 100,根据患者情况调整至最合适深度,保持术前及术后深度一致,声束与血流方向夹角<30°^[3-4];于肾门部测量主肾动脉,肾窦部测量肾段动脉,均测量 3 次,取平均值。数据采集时尽量保持术前、术后每个时间点所测量的位置一致,应用脉冲多普勒测量左、右主肾动脉、肾段动脉 RI。将所有超声图像存盘,应用超声仪器软件系统分析图像数据。所有操作均由同一名医师完成。术前主肾动脉、肾段动脉血流检测见图 1、2。

1.6 统计学分析 应用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行统计,取左、右肾动脉血流参数均值代表每例患者的血流参数。计量数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用独立样本 *t* 检验进行两组间比较;以直线相关与直线回归分析观察变量间的相互关系,计算相关系数 *r* 值及回归方程。*P*<0.05 认为有统计学意义。

2 结果

2.1 肾功能参数 14 例满足 AKI 标准的患者术前、术后各时间点肾脏 Urea、UA 及 Crea 见表 1。

2.2 肾血流 RI AKI 患者术前、术后各时间点主肾动脉及肾段动脉 RI 见表 2 及图 3、4。术后 1、2、8、16 h 的主肾动脉 RI 均较术前增高(*P*均<0.05);术后 1、2、4、8、16 h 肾段动脉 RI 较术前增高(*P*均<0.05)。

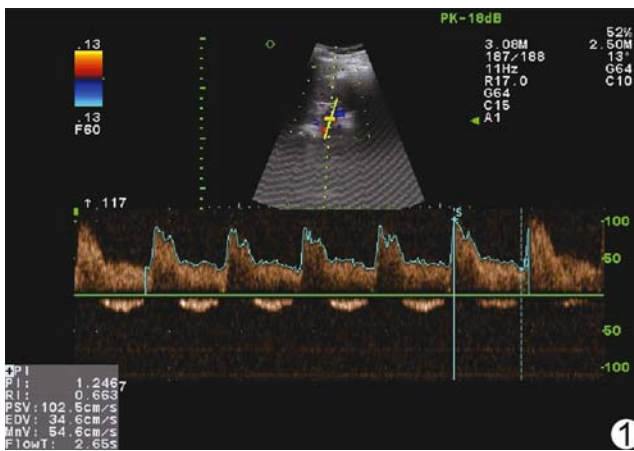


图 1 术前主肾动脉血流频谱,RI=0.66

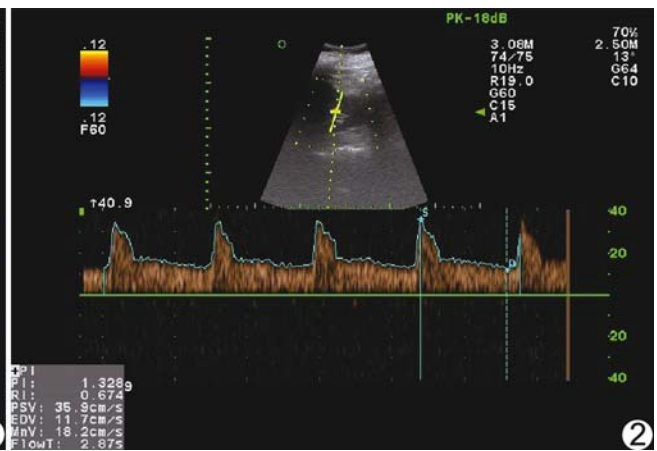


图 2 术前肾段动脉血流频谱,RI=0.77

表 1 肾功能参数比较($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x} \pm s$, $n=14$)

肾功能参数	术前	术后					
		1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
Urea	5.16±1.54	7.39±2.66	7.32±1.02	7.56±2.68	10.81±4.42 [#]	10.08±5.31 [#]	13.58±8.90 [#]
UA	358.43±147.37	348.70±92.49	362.70±57.30	388.45±99.15	445.44±155.58	458.26±216.63	496.54±306.73
Crea	53.76±27.55	77.13±48.82	80.38±23.90	76.83±20.46	103.85±61.51	122.30±77.57 [#]	155.74±116.27 [#]

注: #:与术前比较, $P<0.05$

表 2 主肾动脉及肾段动脉 RI 比较($\bar{x} \pm s$, $n=14$)

测量部位	术前	术后					
		1 h	2 h	4 h	8 h	16 h	24 h
主肾动脉	0.72±0.07	0.79±0.03 [#]	0.78±0.07 [#]	0.77±0.10	0.78±0.08 [#]	0.79±0.06 [#]	0.76±0.08
肾段动脉	0.69±0.06	0.78±0.07 [#]	0.77±0.08 [#]	0.76±0.09 [#]	0.76±0.11 [#]	0.75±0.05 [#]	0.73±0.08

注: #:与术前比较, $P<0.05$

2.3 肾功能与肾血流的相关性分析 直线相关性分析:术前及术后各时间点主肾动脉 RI 与 Urea 呈正相关($r=0.390, P<0.05$),与 UA 呈正相关($r=0.355, P<0.05$),与 Crea 呈正相关($r=0.426, P<0.05$);肾段动脉 RI 与 Crea 呈正相关($r=0.316, P<0.05$)。直线回归分析结果显示,以主肾动脉 RI 为自变量 X,将 Urea 指标作为应变量 Y,进行直线回归分析,直线回归方程为 $Y=22.579X-8.520$;将 UA 指标作为应变量 Y,直线回归方程分别为 $Y=704.758X-134.310$;将 Crea 指标作为应变量 Y,直线回归方程分别为 $Y=322.972X-155.476$ 。以肾段动脉 RI 作为自变量 X,将 Crea 指标作为应变量 Y,进行直线回归分析,直线回归方程分别为 $Y=265.117X-111.089$ 。

3 讨论

CDFI 通过检测肾内动脉的血流波形,测出收缩期峰值流速(peak systolic velocity, PSV)和舒张末期

血流速度(end-diastolic velocity, EDV),由公式 $RI=(PSV-EDV)/PSV$ 计算得出 $RI^{[5]}$ 。RI 可反映动脉某一横断面的顺应性和血流弹性阻力,与肾间质改变有关,且不受扫查角度的影响,能较好地反映小血管的流量和肾血管床的阻力状态。CDFI 可观察肾各级动脉血流情况,对肾实质损害程度进行客观、定量评价。

近年研究^[6-7]表明,RI 作为超声诊断中比较重要的指标之一,对于早期肾功能损伤的诊断具有非常重要的意义。刘淑霞等^[8]以高血压患者尿微球蛋白和尿白蛋白排泄率作为早期肾损害的指标,应用 CDFI 检测肾血流,发现高血压患者肾内动脉 $RI>0.7$ 时尿微量蛋白明显增高;肾损害越重,RI 值越高。Bossard 等^[9]对观察体外循环下接受心脏直视手术患者,测定术后血清肌酐(serum creatinine, sCr)及肾血流 RI,发现 sCr 较术前水平上升 30% 时肾血流 RI 即已发生明显改变,可以之作为判断肾损害的指标; $RI>0.74$

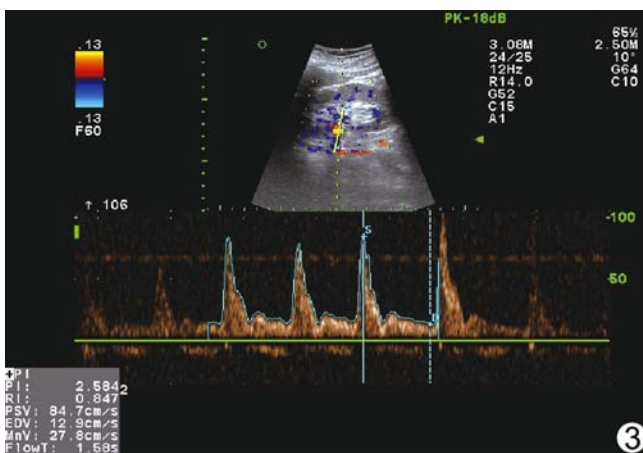


图 3 术后 1 h 主肾动脉血流频谱, $RI=0.85$

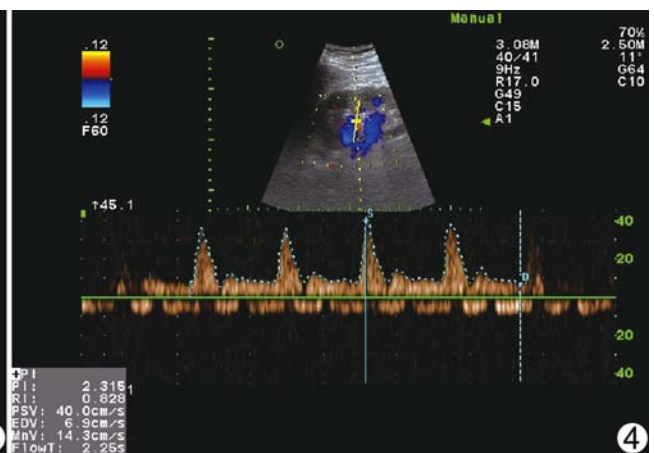


图 4 术后 2 h 肾段动脉血流频谱, $RI=0.83$

时, CBP 术后即存在 AKI, RI > 0.85 时, AKI 更为明确, 且 RI 值越高, 肾损害越明显。

本研究通过 CDFI 检测肾动脉 RI 的变化反应 CPB 术后肾血流动力学的改变, 发现与术前相比, AKI 患者术后各时间点的主肾动脉、肾段动脉 RI 值均明显增高, 即 RI 值增高在术后 1 h 就已发生, 术后 16 h 内均持续在较高水平, 可能与肾缺血/低灌注时交感神经兴奋, 肾素-血管紧张素系统、内皮细胞、白细胞和血小板激活产生的儿茶酚胺、血管紧张素、内皮素、白三烯、血栓素 A2 等物质释放, 导致肾血管强烈收缩、肾血管内皮细胞依赖性血管舒张减弱有关。由于再灌注损伤导致氧自由基增多, 细胞内钙超载, 微血管损伤等, 在各种炎症介质的作用下损伤的血管内皮细胞肿胀, 血管管腔变窄, 而扩血管物质合成与释放减少, 更加重微血管损伤, 明显增加末梢血管阻力, 导致 RI 增大。

本组患者术后主肾动脉、段动脉 RI 值均 > 0.74, 与既往研究^[9-11]报道的 RI > 0.74 能够预测 AKI 的发生相符。通过肾功能参数与 RI 的直线回归分析, 发现主肾动脉 RI 与术前、术后肾脏 Urea、UA、Crea 水平呈正相关, 表明 RI 评估体外循环时的浅低温低灌注下造成的肾脏损伤较为敏感。本组肾脏 Urea、Crea 的改变分别发生在术后 8 h 和 16 h, 而肾血流 RI 值在术后 1 h 即发生明显改变, 表明发生 AKI 时, RI 较肾功能指标更早出现变化; RI 可作为评估 AKI 的可靠指标^[11-12]。

[参考文献]

[1] Fischer UM, Weissenberger WK, Warters RD, et al. Impact of

cardiopulmonary bypass management on postcardiac surgery renal function. *Perfusion*, 2002, 17(6):401-406.

[2] Warnock DG. Towards a definition and classification of acute kidney injury. *J Am Soc Nephrol*, 2005, 16(11):3149-3150.

[3] 杨平亮, 戴双波, 宋海波, 等. 经食管超声监测心血管术中肾血流的应用研究. *四川大学学报: 医学版*, 2009, 40(1):166-169.

[4] Zhu D, Yu H, Zhou Y, et al. Feasibility of measuring renal blood flow using transesophageal echocardiography in pediatric patients undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg*, 2012, 26(1):39-45.

[5] Adibi A, Ramezani M, Mortazavi M, et al. Color doppler indexes in early phase after kidney transplantation and their association with kidney function on six month follow up. *Advanced biomedical research*, 2012, 1:62.

[6] Capotondo L, Nicolai GA, Garosi G. The role of color Doppler in acute kidney injury. *Arch Ital Urol Androl*, 2010, 82(4):275-279.

[7] 汪自荣, 孟庆欣, 李运从, 等. 彩超监测慢性肾病患者肾血流阻力指数的初步研究. *上海医学影像*, 2011, 20(1):43-46.

[8] 刘淑霞, 张玲莉. 肾动脉血流参数测定在高血压肾脏损害中的应用. *中国老年学杂志*, 2008, 28(3):276-277.

[9] Bossard G, Bourgoin P, Corbeau JJ, et al. Early detection of postoperative acute kidney injury by Doppler renal resistive index in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth*, 2011, 107(6):891-898.

[10] Radermacher J, Mengel M, Ellis S, et al. The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med*, 2003, 349(2):115-124.

[11] Lerolle N, Guérot E, Faisy C, et al. Renal failure in septic shock: Predictive value of Doppler-based renal arterial resistive index. *Intensive Care Med*, 2006, 32(10):1553-1559.

[12] Schnell D, Deruddre S, Harrois A, et al. Renal resistive index better predicts the occurrence of acute kidney injury than cystatin C. *Shock*, 2012, 38(6):592-597.