

DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.12.1495

超声射频技术评价移植肾患者颈动脉形态学变化及其相关因素

李朝军^{1△}, 罗向红^{2△}, 李 凡¹, 秦 燕¹, 蔡应娣¹, 高 峰¹, 杜联芳^{1*}

1. 上海交通大学附属上海市第一人民医院超声医学科, 上海 200080

2. 上海交通大学附属上海市第一人民医院心超室, 上海 200080

[摘要] **目的** 应用超声射频技术检测移植肾患者的颈动脉结构参数,初步探讨其形态学变化及相关影响因素。**方法** 选取2014年3月至2015年12月在我院就诊的移植肾患者31例(KTR组),与移植肾患者术前血液透析累积时间匹配的终末期肾病(ESRD)持续性血透患者31例(ESRD组),以及年龄、性别匹配的健康志愿者84例(对照组)。超声射频技术测量各组受试者的右颈总动脉内-中膜厚度(CIMT)和右颈总动脉管径(CCAD),采用多元线性回归法分析CIMT和CCAD的独立影响因素。**结果** ESRD组患者的CIMT较KTR组和对照组厚($P < 0.05$),而KTR组和对照组相比差异无统计学意义($P > 0.05$)。ESRD组患者的CCAD较对照组增宽($P < 0.01$),而KTR组与对照组和ESRD组相比差异均无统计学意义($P > 0.05$)。多元线性回归分析结果显示,年龄、体质量、收缩压及部分血流动力学参数与CIMT和CCAD呈正相关,是两者的独立影响因素。**结论** 持续性血透的ESRD患者肾移植后颈动脉形态学可部分恢复正常;年龄、体质量、收缩压和部分血流动力学参数是其变化的独立影响因素。

[关键词] 肾移植;终末期肾病;颈动脉;内-中膜厚度;形态学**[中图分类号]** R 699.2**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0258-879X(2016)12-1495-06

Ultrasonic radio-frequency in evaluating carotid morphology and related factors in kidney transplant recipients

LI Zhao-jun^{1△}, LUO Xiang-hong^{2△}, LI Fan¹, QIN Yan¹, CAI Ying-yu¹, GAO Feng¹, DU Lian-fang^{1*}

1. Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200080, China

2. Department of Echocardiography, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200080, China

[Abstract] **Objective** To use ultrasonic radio-frequency for analyzing the morphologic properties of carotid artery in kidney transplant recipients (KTR), and to evaluate the related factors. **Methods** A total of 31 KTR patients(KTR group), 31 patients with end-stage renal disease (ESRD) supported by hemodialysis (ESRD group), and 84 age- and sex-matched healthy volunteers (control group) were included in this study and received the ultrasound examination of carotid artery between Mar. 2014 and Dec. 2015. The right common carotid intima-media thickness (CIMT) and right common carotid arteries diameter (CCAD) were measured by ultrasonic radio-frequency in all participants. The independent influencing factors of the CIMT and CCAD were analyzed by multiple linear regression. **Results** Compared with the ESRD group, the CIMT of KTR group and control group were significantly lower($P < 0.05$), and there was no significant difference between the KTR and control groups. ESRD group had a significantly wider CCAD than the control group($P < 0.01$), and there was no significant difference among KTR, control and ESRD groups. The results of multiple linear regression showed the CIMT and CCAD were positively associated with age, body weight, systolic blood pressure (SBP) and some hemodynamic parameters, and they were the independent influencing factors of the CIMT and CCAD. **Conclusion** After successful kidney transplantation, the morphologic properties of carotid artery of recipients may recover partially. Age, body weight, SBP and some hemodynamic parameters are

[收稿日期] 2016-05-19 **[接受日期]** 2016-07-09**[基金项目]** 上海市科学技术委员会医学引导类科技项目(15411969100,16411969300),上海交通大学医工交叉研究基金(YG2015MS28),上海市卫生和计划生育委员会基金(201440290,201640043). Supported by Medical Guiding Project of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (15411969100,16411969300), Medicine-Engineering Interdisciplinary Research Fund of Shanghai Jiaotong University (YG2015MS28) and Project of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning (201440290, 201640043).**[作者简介]** 李朝军,主治医师. E-mail: lzj_1975@sina.com;罗向红,副主任医师. E-mail: lxx_20050703@sina.com

△共同第一作者(Co-first authors).

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-63240090, E-mail: DU_lf@163.com

the independent factors of the morphological changes of carotid artery.

[Key words] kidney transplantation; end-stage renal disease; carotid arteries; intima-media thickness; morphology
[Acad J Sec Mil Med Univ, 2016, 37(12): 1495-1500]

同种异体肾移植是终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)的最佳治疗方法。维持性血透的ESRD患者的急性冠脉综合征和心血管致死事件的发病率均很高^[1]。新近研究发现,同种异体肾移植可降低ESRD患者发生心血管事件的风险^[2]。但血液透析持续时间和移植时患者的年龄也是移植肾患者发生心血管事件的潜在危险因素^[3]。因此,肾同种异体移植后,观察患者的动脉形态学变化并评估其僵硬程度不仅直接影响移植肾的存活率,而且影响肾移植后患者心血管事件的发生率。本研究运用基于超声射频技术定量检测内中膜厚度(quality intima-media thickness, QIMT)软件测量移植肾患者的颈动脉结构参数并评估动脉形态学变化及其相关因素。

1 资料和方法

1.1 研究对象 本研究为横断面研究。2014年3月至2015年12月期间于上海交通大学附属第一人民医院泌尿外科选择行肾移植术并进行术后随访的成年患者55例,和每周2~3次维持透析的ESRD患者63例。排除标准:患糖尿病、腹膜透析、未治疗的心脏疾病或高脂血症、脑梗死、恶性肿瘤、慢性肝炎和活动性感染者等。最终入选移植肾组患者31例和血液透析组(ERSD组)患者31例。移植肾组男20例、女11例,年龄25~70岁,平均(47.9±14.3)岁;所有肾移植患者均接受常规免疫抑制治疗;术前血液透析累积时间3~65个月,术后随访1~22年(鉴于肾移植随访周期为1~3个月,随机选取受试者2014年3月至2015年12月期间随访中的一次)。ERSD组男22例、女9例,年龄27~68岁,平均(50.3±17.9)岁,两组患者术前累积血液透析持续时间匹配。按年龄、性别以1:2或1:3进行匹配,筛选84例健康志愿者为对照组,男55例、女29例,年龄22~74岁,平均(43.1±19.9)岁;尿常规、肾功能正常,无心脑血管事件,无肝病及结缔组织病活动期。所有研究对象检查当天停用降压药,24 h内禁止吸烟、饮酒或咖啡等。本研究经上海交通大学附属第一人民医院伦理委员会批准,所有

受试者均签署知情同意书。

收集3组受试者的一般资料及患病史。高血压的诊断标准依据《中国高血压基层管理指南(2014年修订版)》^[4];糖尿病诊断依据1999年世界卫生组织(WHO)诊断标准:任意血糖 ≥ 11.1 mmol/L或空腹血糖(FPG) ≥ 7.0 mmol/L。所有受试者均在清晨空腹采集静脉血,检测FPG、三酰甘油(triglycerides, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、血钙(calcium, Ca)、血磷(phosphorus, P);检测肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR),采用MDRD公式估算。平静状态下测量受试者左侧肱动脉收缩压(systolic blood pressures, SBP)、舒张压(diastolic blood pressures, DBP)各3次,取平均值。

1.2 仪器与方法 采用百胜Mylab Twice彩色多普勒超声诊断仪,探头LA523,频率4~13 MHz;内置超声射频技术QIMT分析软件。依据我们前期研究方法和结果^[5-6]行颈总动脉结构及血流动力学检查(图1):分别获取受试者的右颈总动脉内-中膜厚度(carotid intima-media thickness, CIMT)、右颈总动脉管径(common carotid arterial diameter, CCAD)、颈总动脉收缩峰值流速(peak systolic velocity, PSV)、舒张末期流速(end diastolic velocity, EDV)、平均血流速度(mean flow velocity, MFV)、搏动指数(pulsatility index, PI)和阻力指数(resistance index, RI)。

1.3 统计学处理 采用SPSS 13.0软件进行数据处理,计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。3组间计量资料比较采用单因素方差分析;组间两两比较采用LSD-*q*检验,率比较采用 χ^2 检验。相关性分析采用Pearson相关分析。采用多元线性回归分析,运用前进法($\alpha_{入} = 0.05$ 、 $\alpha_{出} = 0.10$)分析CIMT和CCAD的独立危险因素。检验水准(α)为0.05。

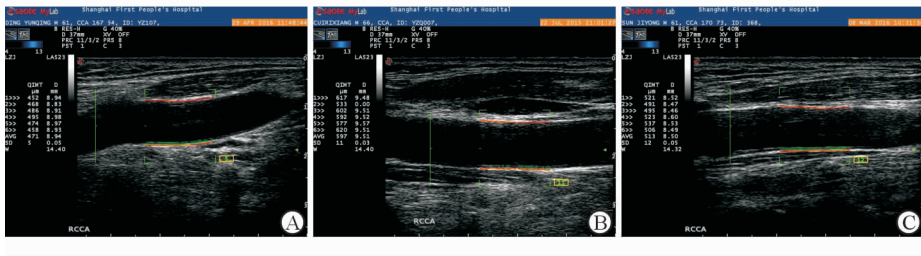


图 1 不同受试者颈总动脉超声射频技术分析图

Fig 1 The ultrasonic radio-frequency images of carotid arteries in different participants

A; Male, 61 years old, hemodialysis for 18 months, kidney transplant for 25 years. CIMT 471 μm , CCAD 8.9 mm; B; Male, 65 years old, end-stage renal disease, hemodialysis for 36 months. CIMT 597 μm , CCAD 9.5 mm; C; Male, 61 years old, healthy volunteer. CIMT 513 μm , CCAD 8.5 mm. CIMT: Carotid intima-media thickness; CCAD: Common carotid arterial diameter

2 结果

2.1 3组受试者的一般资料及生化指标比较 3组受试者的性别、高血压构成比、年龄和身高差异均无统计学意义($P>0.05$)。ESRD组和移植肾组患者的收缩压和舒张压均高于对照组($P<0.01$),其中舒张压在ESRD组和移植肾组间差异具有统计学意义($P<0.01$)。ESRD组和移植肾组患者的自体肾eGFR均低于对照组($P<0.01$)。3组受试者的TC、TG、HDL、LDL和FPG差异均无统计学意义($P>0.05$)。ESRD组患者血P水平高于移植肾组

和对照组($P<0.05, P<0.01$)。见表1。

2.2 3组受试者颈总动脉结构及血流动力学参数比较 ESRD组患者的CIMT厚于移植肾组和对照组($P<0.05$),而移植肾组与对照组相比差异无统计学意义($P>0.05$)。ESRD组患者的CCAD较对照组增宽($P<0.01$),而移植肾组与ESRD组、对照组相比差异均无统计学意义($P>0.05$)。与对照组比较,移植肾组患者的PSV和PI均降低($P<0.01$)。3组受试者的EDV、MFV和RI差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

表 1 3组受试者一般资料和生化指标比较

Tab 1 Comparison of clinical characteristics and biochemical results among three groups

Item	Control group N=84	ESRD group N=31	KTR group N=31	F value	P value
Gender (female/male) n/n	29/55	9/22	11/20	—	0.317
Age (year), $\bar{x}\pm s$	43.1 \pm 19.9	50.3 \pm 17.9	47.9 \pm 14.3	1.986	0.141
Height l/cm, $\bar{x}\pm s$	166.7 \pm 6.5	163.3 \pm 7.3	163.5 \pm 7.7	3.038	0.051
Body mass m/kg, $\bar{x}\pm s$	63.6 \pm 9.2	64.2 \pm 12.1	56.0 \pm 13.3** $\Delta\Delta$	6.018	0.003
SBP p/mmHg, $\bar{x}\pm s$	119.3 \pm 15.8	146.9 \pm 21.3**	145.8 \pm 13.5**	45.588	<0.001
DBP p/mmHg, $\bar{x}\pm s$	77.1 \pm 8.3	86.9 \pm 13.5**	94.3 \pm 8.6** $\Delta\Delta$	37.863	<0.001
Hypertension n	18	8	8	—	0.635
FPG $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	5.3 \pm 1.1	4.6 \pm 0.6	4.9 \pm 0.7	1.420	0.245
TC $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	6.0 \pm 1.2	4.9 \pm 1.2	4.5 \pm 0.8	1.142	0.322
TG $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	1.4 \pm 0.7	1.9 \pm 0.9	1.4 \pm 0.3	1.072	0.345
HDL-C $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	1.2 \pm 0.3	1.3 \pm 0.3	1.4 \pm 0.3	0.844	0.432
LDL-C $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	3.1 \pm 0.9	2.7 \pm 0.9	2.3 \pm 0.6	1.511	0.224
eGFR ($mL \cdot min^{-1} \cdot [1.73 m^2]^{-1}$), $\bar{x}\pm s$	69.3 \pm 20.5	8.3 \pm 24.0**	8.4 \pm 22.8**	46.388	<0.001
Ca $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	2.39 \pm 0.10	2.40 \pm 0.14	2.33 \pm 0.19	0.824	0.422
P $c_B/(mmol \cdot L^{-1})$, $\bar{x}\pm s$	1.33 \pm 0.12	1.79 \pm 0.24**	1.39 \pm 0.56 Δ	6.008	0.003

1 mmHg = 0.133 kPa. ESRD: End-stage renal disease; KTR: Kidney transplant recipients; SBP: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; FPG: Fasting plasma glucose; TC: Total cholesterol; TG: Triglycerides; HDL-C: High-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: Low-density lipoprotein cholesterol; eGFR: Estimated glomerular filtration rate; Ca: Calcium; P: Phosphorus. ** $P<0.01$ vs control group; $\Delta P<0.05$, $\Delta\Delta P<0.01$ vs ESRD group

表 2 3组受试者颈动脉结构及血流动力学参数比较

Tab 2 Comparison of carotid artery structures and hemodynamics among three groups

Item				$\bar{x} \pm s$	
	Control group n=84	ESRD group n=31	KTR group n=31	F value	P value
CIMT $l/\mu\text{m}$	529.7±131.8	561.9±147.7*	480.5±90.3 Δ	3.169	0.045
CCAD d/mm	7.5±1.0	8.6±0.8**	7.9±0.8	9.829	<0.001
PSV $v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	64.4±19.9	56.6±20.3	49.9±14.5**	6.492	0.002
EDV $v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	16.3±6.5	17.5±10.5	15.9±7.3	0.354	0.702
MFV $v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	26.9±7.4	27.5±10.1	24.8±7.7	0.953	0.388
PI	1.8±0.6	1.6±0.7*	1.4±0.4**	6.051	0.003
RI	0.7±0.2	0.7±0.2	0.7±0.2	1.643	0.197

ESRD: End-stage renal disease; KTR: Kidney transplant recipients; CIMT: Carotid intima-media thickness; CCAD: Common carotid artery diameter; PSV: Peak systolic velocity; EDV: End diastolic velocity; MFV: Mean flow velocity; PI: Pulsatility index; RI: Resistance index. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ vs control group; $\Delta P < 0.05$ vs ESRD group

2.3 CIMT 和 CCAD 的影响因素分析 Pearson 相关性分析和多元线性回归分析结果可见,年龄、体质量、RI 和 EDV 与 CIMT 呈正相关,是 CIMT 的独立危险因素 ($P < 0.01$); 而年龄、体质量、PI 和 SBP

与 CCAD 呈正相关,是 CCAD 的独立危险因素 ($P < 0.05$)。年龄对 CIMT 和 CCAD 的影响权重均较大(标准回归系数 $\beta = 0.641, 0.513$)。见表 3。

表 3 颈动脉参数与危险因素的多元线性回归分析

Tab 3 Multiple linear regression analysis of carotid parameters and influencing factors

Variable	Dependent variable CIMT				Dependent variable CCAD			
	Coefficients b	SE	Standardized coefficients (b')	P value	Coefficients b	SE	Standardized coefficients (b')	P value
Age	5.347	0.663	0.641	<0.001	0.028	0.004	0.513	<0.001
Body mass	3.387	1.044	0.239	0.002	0.014	0.006	0.150	0.023
PI	-56.357	63.411	-0.205	0.376	0.745	0.368	0.413	0.045
RI	650.349	184.155	0.685	0.001	-2.365	1.069	-0.380	0.029
EDV	11.253	3.536	0.506	0.002	-0.009	0.021	-0.059	0.678
MFV	-5.606	4.034	-0.294	0.167	0.047	0.023	0.372	0.048
SBP	0.627	0.925	0.084	0.499	0.014	0.005	0.277	0.013

CIMT: Carotid intima-media thickness; CCAD: Common carotid artery diameter; PI: Pulsatility index; RI: Resistance index; EDV: End diastolic velocity; MFV: Mean flow velocity; SBP: Systolic blood pressures

3 讨论

同种异体肾移植、血液透析和腹膜透析是治疗 ESRD 的有效方法。两种透析方式的心血管源性的病死率均较高,一方面是因为钙磷紊乱、营养不良、脂质代谢异常、炎性反应等;而另一方面是与 ESRD 患者动脉硬化有关^[7]。同种异体肾移植可有效改善患者的部分危险因素,降低患者的死亡率。但随着移植术后存活时间的延长,移植肾功能正常的受者死于心血管事件尤为突出,直接影响移植肾的长期存活率^[8]。因此研究血液透析和移植肾患者大动

脉的形态学变化及其相关因素,对移植肾功能正常受者发生心血管事件的探讨具有重要意义。

鉴于血液透析和腹膜透析对 ESRD 患者心血管系统的影响存在一定差异。本研究入选的移植肾患者前期均经过一段时期的维持性血液透析,且筛选的血液透析组患者的累积透析时间与肾移植组相匹配。CIMT 和 CCAD 是动脉结构重构和硬化程度的重要指标,是公认的预测心血管事件和死亡率的强的、独立的指标。Nafar 等^[9]连续随访 26 例移植肾患者 6 个月,发现移植肾患者的 CIMT 均增厚。Mitsnefes 等^[10]观察了 32 例移植肾儿童患者,随访

时间小于 1 年, 也发现患者的 CIMT 较移植前更厚, 且与 SBP 密切相关。但 De Lima 等^[11]随访 22 例成人移植肾患者 3 年, 发现移植肾患者的 CIMT 变薄; Suwelack 等^[12]的研究也支持该结果, 发现变薄的 CIMT 与降低的血压密切相关。因此, 移植肾患者的 CIMT 如何变化还存在一定的争议, 但 CIMT 的高精度测量方法将更有利于观察移植肾患者 CIMT 的变化。本研究采用了一种较新的方法来测量 CIMT, 即基于超声射频技术检测一段(1~1.5 cm)颈动脉上 30~50 个取样点的 CIMT 厚度, 随后取其平均值记为 1 次的 CIMT 厚度, 连续测量 6 次后再取平均值来作为最终的 CIMT 厚度。该方法不仅测量精度可达微米, 而且重复性也更高^[13]。本研究发现 ESRD 患者的 CIMT 增厚、CCAD 增宽。同种异体肾移植后, 患者的 CIMT 减低, CCAD 缩小, 提示移植肾患者的颈动脉形态学结构可部分恢复, 这与 De Lima 等^[11]和 Suwelack 等^[12]的研究结果一致。本研究进一步分析发现, 年龄、体质量、SBP 及部分血流动力学参数是 CIMT 和 CCAD 的独立危险因素, 提示肾移植较持续性血液透析更有利于降低 ESRD 患者的心血管危险因素, 减少心血管事件的发生。

研究发现, 维持性血液透析患者的 5 年死亡率较高, 其中 50% 死于心血管疾病^[14]。最新的流行病学显示, 维持血液透析患者存在一种“逆流行病学”(reverse epidemiology)现象, 主要表现为高血压、高胆固醇血症、高体质量指数等反而具有更高生存优势^[15]。造成该现象的原因一方面是与血液透析初期残肾功能下降过快、钙磷脂质代谢紊乱、慢性炎症反应等因素有关^[16]; 另一方面, 维持血液透析患者营养不良、贫血致心肌缺血、动脉硬化以及钙磷脂质代谢紊乱等进一步加速动脉硬化、加重心肌负荷, 最终导致心血管事件的发生^[17]。此外, 动静脉“透析瘘管”的存在改变了心血管系统的血流动力学, 加重了循环系统负荷, 导致动脉内径代偿性扩张, 降低了动脉的剪切应力, 诱发动脉粥样硬化。因此, 成功的同种异体肾移植不仅改善了血液透析患者的生活质量, 还通过抑制炎症、恢复钙磷代谢、改善营养、消除肾衰源性等多个途径降低了患者发生心血管事件的危险因素。而且, 肾移植后“透析瘘管”的关闭导致循环系统血流动力学恢复、动脉管径部分缩小和恢

复、动脉剪切应力增加, 进而抑制动脉硬化和促使部分血流功能改善, 恢复了患者的大动脉形态学结构, 降低心血管事件的发生^[18]。

本研究还存在一定的局限性, 如样本量较小。鉴于患者的 CIMT 和 CCAD 采用较新的超声射频技术进行检测, 回访时间跨度有限, 故实验设计未采取移植肾前后对照研究, 使本研究的论证强度受到一定的影响。此外, CIMT 和 CCAD 与年龄关系密切, 两者与年龄的关系在移植肾前、后的变化需进一步探讨; 自然人群中双侧颈动脉结构和功能存在差异, 且动脉功能学参数较形态学参数变化更早^[19]。这些关系在肾移植前、后是否存在或如何变化都有待于进一步研究。

综上所述, 维持血透的 ESRD 患者 CIMT 增厚、CCAD 增宽; 肾移植后受者的 CIMT 变薄, CCAD 缩窄。这些变化与患者年龄、体质量及部分血流动力学参数独立相关。成功的肾移植术后, 受者的颈动脉形态学可部分改善或恢复正常。

[参考文献]

- [1] RYU D R, PARK J T, CHUNG J H, SONG E M, ROH S H, LEE J M, et al. A more appropriate cardiac troponin T level that can predict outcomes in end-stage renal disease patients with acute coronary syndrome[J]. *Yonsei Med J*, 2011, 52: 595-602.
- [2] SUMIDA K, MOLNAR M Z, POTUKUCHI P K, THOMAS F, LU JL, JING J, et al. Association of slopes of estimated glomerular filtration rate with post-end-stage renal disease mortality in patients with advanced chronic kidney disease transitioning to dialysis [J]. *Mayo Clin Proc*, 2016, 91: 196-207.
- [3] LEBERKÜHNE L J, EBTEHAJ S, DIMOVA L G, DIKKERS A, DULLAART R P, BAKKER S J, et al. The predictive value of the antioxidative function of HDL for cardiovascular disease and graft failure in renal transplant recipients[J]. *Atherosclerosis*, 2016, 249: 181-185.
- [4] 《中国高血压基层管理指南》修订委员会. 中国高血压基层管理指南(2014 年修订版) [J]. *中华高血压杂志*, 2015, 23: 24-43.
- [5] LI Z, DU L, WANG F, LUO X. Assessment of the arterial stiffness in patients with acute ischemic stroke using longitudinal elasticity modulus measurements

- obtained with Shear Wave Elastography [J]. *Med Ultrason*, 2016, 18: 182-189.
- [6] LI Z J, LIU Y, DU L F, LUO X H. Evaluating arterial stiffness in type 2 diabetes patients using ultrasonic radiofrequency [J]. *J Huazhong Univ Sci Technol[Med Sci]*, 2016, 36: 442-448.
- [7] LAXTON M K. Peritoneal dialysis: an effective yet underused renal replacement therapy [J]. *JAAPA*, 2016, 29: 40-46.
- [8] ORIHUELA S, NIN M, SAN ROMÁN S, NOBOA O, CURI L, SILVARINO R, et al. Successful pregnancies in kidney transplant recipients: experience of the national kidney transplant program from uruguay [J]. *Transplant Proc*, 2016, 48: 643-645.
- [9] NAFAR M, KHATAMI F, KARDAVANI B, FARJAD R, POUR-REZA-GHOLI F, FIROOZAN A. Atherosclerosis after kidney transplantation: changes of intima-media thickness of carotids during early posttransplant period [J]. *Urol J*, 2007, 4: 105-110.
- [10] MITSNEFES M M, KIMBALL T R, WITT S A, GLASCOCK B J, KHOURY P R, DANIELS S R. Abnormal carotid artery structure and function in children and adolescents with successful renal transplantation [J]. *Circulation*, 2004, 110: 97-101.
- [11] DE LIMA J J, VIEIRA M L, VIVIANI L F, MEDEIROS C J, IANHEZ L E, KOPEL L, et al. Long-term impact of renal transplantation on carotid artery properties and on ventricular hypertrophy in end-stage renal failure patients [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2002, 17: 645-651.
- [12] SUWELACK B, GERHARDT U, WITTA J, RAHN K H, HOHAGE H. Effect of homocysteine on carotid intima-media thickness after renal transplantation [J]. *Clin Transplant*, 2000, 14: 555-560.
- [13] 李朝军, 罗向红, 杜联芳, 苏一巾, 邵春娟. 用超声射频技术评价 2 型糖尿病患者双侧颈动脉硬化程度差异及相关因素 [J]. *第二军医大学学报*, 2014, 35: 1333-1336.
- LI C J, LUO X H, DU L F, SU Y J, SHAO C J. Ultrasound radio-frequency in evaluating atherosclerosis degrees of bilateral common carotid arteries in patients with type 2 diabetes [J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2014, 35: 1333-1336.
- [14] LIN Y C, LIN Y C, HSU C Y, KAO C C, CHANG F C, CHEN T W, et al. Effect modifying role of serum calcium on mortality-predictability of PTH and alkaline phosphatase in hemodialysis patients: an investigation using data from the Taiwan renal registry data system from 2005 to 2012 [J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10: e0129737. doi: 10.1371/journal.pone.0129737. eCollection 2015.
- [15] BANSAL N, MCCULLOCH C E, RAHMAN M, KUSEK J W, ANDERSON A H, XIE D, et al. Blood pressure and risk of all-cause mortality in advanced chronic kidney disease and hemodialysis: the CRIC study [J]. *Hypertension*, 2015, 65: 93-100.
- [16] AFSHINNIA F, ZAKY Z S, METIREDDY M, SEGAL J H. Reverse epidemiology of blood pressure in peritoneal dialysis associated with dynamic deterioration of left ventricular function [J]. *Perit Dial Int*, 2016, 36: 154-162.
- [17] LI Z J, DU L F, LUO X H. Evaluation of ventricular-vascular coupling in patients with type 2 diabetes mellitus using 2-dimensional speckle tracking imaging [J]. *J Huazhong Univ Sci Technol[Med Sci]*, 2014, 34: 929-934.
- [18] SENEVIRATNE A N, COLE J E, GODDARD M E, PARK I, MOHRI Z, SANSOM S, et al. Low shear stress induces M1 macrophage polarization in murine thin-cap atherosclerotic plaques [J]. *J Mol Cell Cardiol*, 2015, 89: 168-172.
- [19] LUO X, YANG Y, CAO T, LI Z. Differences in left and right carotid intima-media thickness and the associated risk factors [J]. *Clin Radiol*, 2011, 66: 393-398.