

斑点追踪成像评慢性肾衰竭患者肾移植前后右心功能变化的研究

赵思佳, 宋晓霞, 周 青, 田 雨, 姜志荣*

青岛大学附属医院心脏超声科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年4月23日; 录用日期: 2025年5月16日; 发布日期: 2025年5月26日

摘 要

目的: 应用三维超声心动图(3DE)及斑点追踪成像(STI)评价慢性肾衰竭患者右心室功能及其肾移植前后的改变。方法: 将46例慢性肾衰竭患者, 分为未透析组(23例)及透析组(23例), 20例慢性肾衰竭患者行肾移植手术。对照组为23例健康志愿者。进行3DE和STI检查, 获得右心室三维参数: 右心室舒张末期容积(RVEDV)、右心室收缩末期容积(RVESV)、右心室射血分数(RVEF)及右心室游离壁纵向应变(RVFWLS)、右心室整体纵向应变(RVGLS), 分析上述参数在不同分组的变化。结果: 未透析组RVFWL、SRVGLS的绝对值较透析组增大, RVEDV、RVESV、RVESVi较透析组减小($P < 0.05$)。肾移植术后RVFWL、SRVGLS的绝对值较术前增大, RVEDV、RVESV、RVEDVi、RVESVi较术前减小($P < 0.05$)。结论: 3DE及STI能对肾移植术后患者右心室功能进行定量评估, 协助临床改善患者远期预后。

关键词

斑点追踪成像, 三维超声心动图, 肾移植, 慢性肾衰竭, 右心室功能, 透析

Assessment of Right Heart Function Changes after Kidney Transplantation by Speckle Tracking Imaging in Patients with Chronic Renal Failure

Sijia Zhao, Xiaoxia Song, Qing Zhou, Yu Tian, Zhirong Jiang*

Department of Cardiac Ultrasound, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 23rd, 2025; accepted: May 16th, 2025; published: May 26th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 赵思佳, 宋晓霞, 周青, 田雨, 姜志荣. 斑点追踪成像评慢性肾衰竭患者肾移植前后右心功能变化的研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 1680-1687. DOI: 10.12677/acm.2025.1551543

Abstract

Objective: To assess right ventricular function and its changes after kidney transplantation in chronic renal failure patients subjected using three-dimensional echocardiography (3DE) and speckle tracking imaging (STI). **Method:** A total of 46 patients with chronic renal failure were divided into non dialysis group (23 cases) and dialysis group (23 cases), with 20 patients undergoing kidney transplantation surgery. There were 23 healthy volunteers in the control group. Perform 3DE and STI examinations to obtain three-dimensional parameters of the right ventricle: right ventricular end diastolic volume (RVEDV), right ventricular end systolic volume (RVESV), right ventricular ejection fraction (RVEF), right ventricular free wall longitudinal strain (RVFWLS), and right ventricular global longitudinal strain (RVGLS). The differences of the parameters among these groups were compared and analyzed. **Result:** The absolute values of RVFWL and SRVGLS in the non-dialysis group increased compared to the dialysis group, while RVEDV, RVESV, and RVESVi decreased compared to the dialysis group ($P < 0.05$). After kidney transplantation, the absolute values of RVFWL and SRVGLS increased compared to preoperative levels, while RVEDV, RVESV, and RVESVi decreased compared to preoperative levels ($P < 0.05$). **Conclusion:** 3DE and STI provide quantitative evaluation of right ventricular function post-kidney transplantation and contribute to improving the long-term clinical prognosis of patients.

Keywords

Speckle Tracking Imaging, Three-Dimensional Echocardiography, Kidney Transplantation, Chronic Renal Failure, Right Ventricular Function, Dialysis

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肾衰竭(renal failure, RF)是一种严重的肾脏疾病, 对患者的生活质量和寿命产生严重影响, 而肾移植是肾衰竭患者的主要治疗方法之一[1]。研究显示, 有严重肾脏疾病的患者的心功能会受到影响[2] [3]。因此, 评估相关心功能指标或许为肾移植术后及长期临床预后状况提供指导和帮助。本研究运用三维超声心动图(three-dimensional echocardiography, 3DE)及斑点追踪成像(speckle tracking imaging, STI)对是否经历透析的肾衰竭患者右心功能以及肾移植前后的右心功能进行评价, 以期早期评估心功能变化及心脏疾病严重程度, 预防心血管疾病的恶化并提供及时的干预措施。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取 2024 年 4 月~2025 年 1 月于青岛大学附属医院(以下简称“我院”)临床确诊为慢性肾衰竭患者 46 例, 纳入标准: ① 原发病为肾脏; ② 符合肾脏病生存质量指导慢性肾脏病中慢性肾衰竭诊断标准[4]。排除标准: ① 合并心脏瓣膜病、冠心病、先天性心脏病等心血管疾病; ② 既往肾移植史; ③ 超声图像不清晰者。对 46 例患者分为未透析组(23 例)及透析组(23 例)。其中 20 例行肾移植患者的术前图像与数据定为术前组, 术后图像与数据定为术后组。本研究由青岛大学附属医院伦理委员批准(审批号: QYFY

WZLL 29877), 并且所有受试者签署知情同意书。

2.2. 仪器与方法

研究应用 Philips EPIQ 7C 超声诊断仪, 配备 S5-1 探头和 X5-1 全容积探头及 TOMTEC 定量分析软件。通过常规超声心动图测量右心房短径(RAD-1)、长径(RAD-2)、右心室前后径(RVD-1)、基底径(RVD-2)、上下径(RVD-3), 计算右心室舒张和收缩末期面积差值及右心室面积变化分数(RVFAC)。用组织多普勒超声测量三尖瓣环收缩期峰值速度(S'), M 型超声测量三尖瓣环收缩期位移(TAPSE), Simpson 双平面法获取左心室射血分数(LVEF)。用 X5-1 实时全容积探头采集右心室心尖四腔心切面 4 个心动周期的动态图像, 并导入 TOMTEC 工作站, 自动结合手动描记右心室心内膜, 获得右心室整体纵向应变(RVGLS)、游离壁纵向应变(RVFWLS)、时间 - 容积曲线、收缩末期容积(RVESV)、舒张末期容积(RVEDV)、射血分数(RVEF)、收缩末期容积指数(RVESVi)及舒张末期容积指数(RVEDVi), 所有应变均用绝对值表示。

2.3. 统计学方法

借助 SPSS27.0 软件进行统计分析, 对于正态分布的计量资料, 用平均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示; 非正态分布的计量资料, 用中位数(P25, P75)表示。计数资料用频数和构成比表示, 组间比较采用卡方检验。正态分布的两组间计量资料使用配对样本 t 检验, 多组间数据比较采用单因素方差分析, 组间两两比较使用 LSD-t 检验; 非正态分布的两组间计量资料采用 Wilcoxon 秩和检验, 多组间数据比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。P < 0.05 表示差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般资料

三组间年龄、性别和身高差异无统计学意义(均 P > 0.05); 与对照组相比, 未透析组与透析组体重、体表面积、舒张压和收缩压增大, 差异有统计学意义(P < 0.05)。见表 1。

Table 1. Comparison of general clinical data among three groups

表 1. 三组间一般临床资料对比

参数	对照组	未透析组	透析组	P 值
例数(例)	23	23	23	-
年龄(岁)	52 (46.5, 56.5)	50 (46.5, 53)	52 (48.5, 56)	0.253
性别(男, %)	11 (15.9%)	12 (17.4%)	14 (20.3%)	0.665
身高(cm)	166.52 $\pm$ 5.40	167.65 $\pm$ 5.02	167.48 $\pm$ 6.28	0.764
体重(kg)	58.217 $\pm$ 4.48	67.43 $\pm$ 6.55 ^a	67.22 $\pm$ 7.04 ^a	<0.001
体表面积(m ² , $\bar{x} \pm s$)	1.63 (1.58, 1.71)	1.77 (1.65, 1.86) ^a	1.78 (1.66, 1.87) ^a	<0.001
舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	81 (76, 83.5)	93 (91, 94.5) ^a	95 (93, 96) ^a	<0.001
收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	113.43 $\pm$ 4.76	139.39 $\pm$ 4.11 ^a	141.78 $\pm$ 3.94 ^a	<0.001

注: 与对照组比较, ^aP < 0.05; 与未透析组比较, ^bP < 0.05。

3.2. 慢性肾衰竭患者右心室常规超声及三维参数

RAD-2、S'、RVFAC 在三组间有统计学差异($P < 0.05$)；在组间两两比较中，RAD-2、S'、RVFAC 在对照组与透析组间差异有统计学意义，RVFAC 在非透析组与透析组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。而三维参数表现出透析组患者 RVGLS、RVFWLS 较对照组和未透析组均增大，RVEDV、RVESV、RVESVi 较对照组和未透析组均减小($P < 0.05$)；非透析组患者 RVGLS、RVFWLS 与对照组比增大，RVEDV、RVEDVi、RVESV、RVESVi 与对照组比减小($P < 0.05$)。见表 2。

Table 2. Comparison of routine ultrasound and three-dimensional parameters among three groups
表 2. 三组间常规超声及三维参数比较

参数	对照组	未透析组	透析组	P 值
RAD-1/cm	3.62 (3.48, 3.6)	3.59 (3.53, 3.63)	3.63 (3.56, 3.68)	0.196
RAD-2/cm	4.27 ± 0.10	4.43 ± 0.15	4.52 ± 0.21	<0.001
RVD-1/cm	2.64 ± 0.10	2.66 ± 0.14	2.70 ± 0.13	0.224
RVD-2/cm	3.38 ± 0.31	3.46 ± 0.24 ^a	3.49 ± 0.26 ^a	0.376
RVD-3/cm	5.73 ± 0.34	5.78 ± 0.34	5.80 ± 0.32	0.714
S'/(cm/s)	15.56 ± 1.14	14.85 ± 1.08 ^a	14.52 ± 1.06 ^a	0.007
TAPSE/cm	2.33 ± 0.18	2.30 ± 0.15	2.27 ± 0.18	0.601
RVFAC/%	46.93 ± 8.11	46.54 ± 7.76	35.54 ± 6.25 ^{ab}	<0.001
PASP/mmHg	25.34 (24.06, 27.67)	26.89 (25.17, 29.56)	27.67 (24.45, 31)	0.158
LVEF/%	63.94 ± 1.00	64.07 ± 1.08	64.3 ± 1.07	0.516
RVGLS/%	23.11 (21.69, 24.96)	19.72 (17.21, 21.07) ^a	16.34 (14.98, 19.71) ^{ab}	<0.001
RVFWLS/%	26.08 ± 2.03	21.25 ± 1.99 ^a	19.9 ± 1.75 ^{ab}	<0.001
RVEDV/mL	80.28 (76.64, 85.14)	98.71 (93.71, 102.95) ^a	104.11 (100.12, 107.88) ^{ab}	<0.001
RVESV/mL	36.66 (34.71, 37.95)	53.11 (46.8, 55.13) ^a	56.51 (52.93, 61.15) ^{ab}	<0.001
RVEDVi/(mL/m ²)	49.43 ± 4.13	55.78 ± 4.92 ^a	58.65 ± 5.19 ^a	<0.001
RVESVi/(mL/m ²)	22.23 ± 2.05	28.53 ± 3.75 ^a	32.13 ± 4.11 ^{ab}	<0.001
RVEF/%	54.96 ± 3.05	48.86 ± 5.03 ^a	45.32 ± 3.69 ^{ab}	<0.001

注：与对照组比较，^a $P < 0.05$ ；与未透析组比较，^b $P < 0.05$ 。

3.3. 肾移植患者手术前、后右心室常规超声及三维参数

与术前相比，肾移植术后常规超声参数差异无统计学意义($P > 0.05$)；肾移植术后患者 RVGLS、RVFWLS 较术前增大，RVEDV、RVESV、RVESVi 较术前减小($P < 0.05$)。见图 1、图 2、表 3。

4. 讨论

终末期肾病常常引起心脏功能紊乱，具体表现为舒张功能障碍、左心室肥大和纤维化[5]。大多数患者最终需要接受肾脏替代治疗，包括血液透析、腹膜透析和肾移植[6]。其中，肾移植被广泛采用。为了

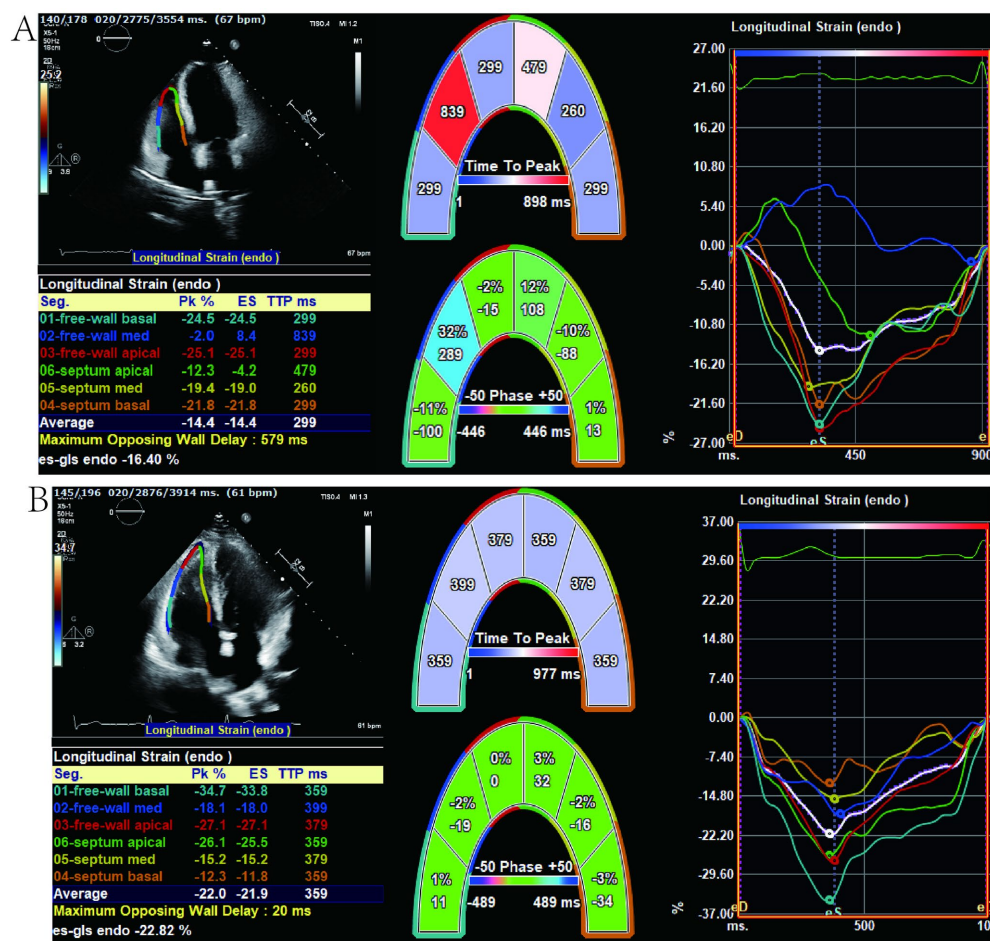


Figure 1. RVGLS parameters and curves before and after kidney transplantation via STI. A. RVGLS in patients before kidney transplantation; B. Recovery of RVGLS in patients after kidney transplantation

图 1. STI 获得肾移植术前、后右心室整体纵向应变参数及曲线。A. 术前组患者右心室整体纵向应变；B. 术后组患者右心室整体纵向应变较前恢复

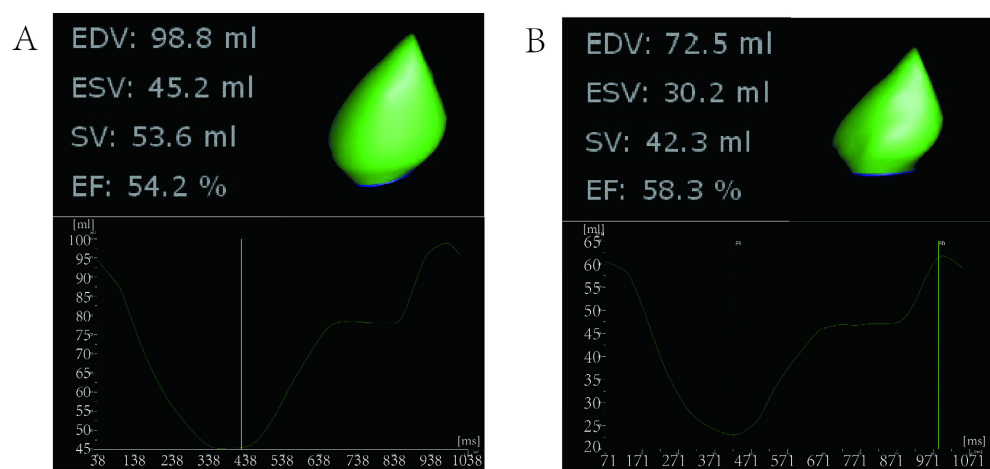


Figure 2. The three-dimensional volume and time volume curves of the right ventricle before and after kidney transplantation via 3DE. A. The RVV of patients before kidney transplantation; B. Decreased RVV in patients after kidney transplantation

图 2. 3DE 获得肾移植术前、后右心室三维容积及时间-容积曲线。A. 术前组患者右心室容积；B. 术后组患者右心室容积较前减小

Table 3. Comparison of routine ultrasound and three-dimensional parameters before and after kidney transplantation
表 3. 肾移植术前、后右心室常规超声及三维参数比较

参数	术前组	术后组	P 值
RAD-1/cm	3.64 ± 0.13	3.60 ± 0.11	0.277
RAD-2/cm	4.44 ± 0.21	4.41 ± 0.27	0.742
RVD-1/cm	2.69 ± 0.10	2.7 ± 0.12	0.76
RVD-2/cm	3.43 ± 0.26	3.5 ± 0.20	0.377
RVD-3/cm	5.83 ± 0.3	5.77 ± 0.36	0.578
S'/(cm/s)	14.70 ± 1.05	14.85 ± 1.02	0.634
TAPSE/cm	2.20 (2.13, 2.29)	2.28 (2.20, 2.39)	0.056
RVFAC/%	41.35 ± 9.45	46.21 ± 6.94	0.071
PASP/mmHg	28.74 ± 3.38	28.29 ± 3.03	0.664
LVEF/%	63.34 (62.91, 64.72)	64.105 (63.28, 64.85)	0.245
RVGLS/%	18.50 ± 2.71	20.52 ± 1.75*	0.009
RVFWLS/%	20.16 ± 1.87	21.75 ± 1.45*	0.005
RVEDV/mL	101.08 ± 6.35	95.56 ± 2.71*	0.001
RVESV/mL	53.68 ± 5.76	47.62 ± 4.05*	< 0.001
RVEDVi/(mL/m ²)	57.57 ± 4.38	55.14 ± 3.15	0.051
RVESVi/(mL/m ²)	30.61 ± 3.79	27.49 ± 2.86*	0.006
RVEF/%	46.89 ± 4.58	50.19 ± 3.61*	0.016

注：与术前组前比较，*P < 0.05。

提高慢性肾病患者术后的生存率并减少心血管疾病造成的死亡风险，必须深入理解心脏功能的变化。目前，二维斑点追踪超声心动图被广泛应用于临床，其特点是与角度无关，可以从多个方向评估心肌应变；然而，它仅局限于二维平面。由于右心室的结构复杂，二维超声难以准确量化其整体功能和形态。三维超声和斑点追踪成像(3D-STI)技术可以评估心肌变形和心脏力学，能够跟踪心肌斑点的回波信号，检测心脏功能的微小变化[7]，克服了二维斑点追踪技术的局限性。本研究利用 3D-STI 技术测量肾移植前后右心室心肌应变，以评估其在右心功能评估中的实用性。

心血管并发症严重影响透析患者的存活率和生活质量。目前的研究主要集中于透析患者的左心结构和功能[8][9]，而关于右心的研究较少。右心作为心脏容量负荷的重要组成部分，对于维持正常的心脏功能至关重要。理论上，透析可以保留残余肾功能，减少液体和钠潴留，从而改善心脏功能。然而，本研究发现，与非透析组相比，透析组的各项参数并未显著改善，甚至有些参数有所恶化。具体来说，非透析组的 RVFWL 和 SRVGLS 绝对值高于透析组，而 RVEDV、RVESV、RVEDVi 和 RVESVi 绝对值较低。这可能是因为透析组的病程更长，心脏功能障碍的可能性更高。特别是在长期透析过程中，常见的低蛋白血症和体液潴留会增加右心室的容量负荷。动静脉瘘的存在也会增加静脉回流量，进一步增加右心室的容量负荷，最终影响左心功能[10]。

肾移植术后，患者的 RVGLS 和 RVFWLS 相较于术前显著提高，而 RVEDV、RVESV、RVEDVi 和 RVESVi 则有所下降。这表明肾功能衰竭所致的心肌细胞变化及心室功能障碍可能因肾移植而得到逆转。

这一结论与以往研究相符,均指出肾移植能够恢复心脏结构和功能的正常状态[11][12]。肾移植之所以能改善心脏功能,是因为心脏与肾脏在血流动力学上有显著的相互作用,两者之间高度依存[13]。具体来说,尿毒症环境的改善、容量负荷的减轻、透析过程中液体转移的减少、炎症控制以及全身动脉高压的缓解,均可能导致肾移植后心脏形态和功能的改善[14]。尽管肾移植患者可能经历逆向心脏重塑,但由于免疫抑制疗法、移植物功能或未能完全缓解的既存并发症,偶尔仍可能出现新发心力衰竭[15]。因此,利用 3D-STI 技术早期评估肾移植后的心脏功能,对于预防新的心脏重塑和心力衰竭至关重要。通过简单的非侵入性影像技术尽早诊断和干预潜在心脏病风险,可有效预防或减轻患者的痛苦。

本研究的限制在于:仅进行了横断面研究,未对不同透析方式患者的透析前后右心参数进行比较,需进一步研究。此外,对肾移植患者的远期变化仍有待评估,未来需要持续随访观察。

5. 结论

综上,肾衰竭患者右心病变情况和肾移植术后患者右心功能的恢复可以通过三维超声及斑点追踪成像敏感地捕获并进行定量评估,对临床早期预防心血管事件的发生发展及早期干预具有指导意义。

参考文献

- [1] 汤晓霞,唐自安,杨旺. 流式细胞仪在肾移植术后慢性肾衰竭患者免疫功能监测中的应用价值分析[J]. 大医生, 2024, 9(20): 93-95.
- [2] 祁英香,陈晓菲,姜志荣. 三维斑点追踪技术评价不同左室构型尿毒症患者左室收缩功能的应用价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(6): 411-416.
- [3] 杨攀玉,宋晓霞,孙品,等. 实时三维斑点追踪成像技术在维持性血液透析病人左心功能评价中的应用[J]. 青岛大学学报(医学版), 2024, 60(2): 233-238.
- [4] Shlipak, M.G., Tummalaipalli, S.L., Boulware, L.E., Grams, M.E., Ix, J.H., Jha, V., *et al.* (2021) The Case for Early Identification and Intervention of Chronic Kidney Disease: Conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference. *Kidney International*, **99**, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.10.012>
- [5] Wang, X., Liu, J., Drummond, C.A. and Shapiro, J.I. (2017) Sodium Potassium Adenosine Triphosphatase (Na/k-Atpase) as a Therapeutic Target for Uremic Cardiomyopathy. *Expert Opinion on Therapeutic Targets*, **21**, 531-541. <https://doi.org/10.1080/14728222.2017.1311864>
- [6] Hiraiwa, H., Kasugai, D., Okumura, T. and Murohara, T. (2023) Implications of Uremic Cardiomyopathy for the Practicing Clinician: An Educational Review. *Heart Failure Reviews*, **28**, 1129-1139. <https://doi.org/10.1007/s10741-023-10318-1>
- [7] 宫坤,赵亮,李俊芳,等. 三维斑点追踪成像早期检测慢性肾脏病患者心肌功能的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2021, 19(2): 135-139.
- [8] 陈晓菲,姜志荣,杨攀玉,等. 实时三维斑点追踪成像技术评价不同透析方式终末期肾患者的左心房容积及功能[J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29(4): 308-313.
- [9] 冯闯丽,陈金玲,宋宏宁,等. 舒张期应变率参数评价尿毒症患者左心室舒张功能[J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(12): 1018-1023.
- [10] Paneni, F., Gregori, M., Ciavarella, G.M., Sciarretta, S., Palano, F., Pignatelli, G., *et al.* (2013) Relation between Right and Left Ventricular Function in Patients Undergoing Chronic Dialysis. *Journal of Cardiovascular Medicine*, **14**, 289-295. <https://doi.org/10.2459/jcm.0b013e32834eacff0>
- [11] Salas-Pacheco, J.L., Arreola-Guerra, J.M., Marquez-Velasco, R., Perez-Torres, I., Casarez-Alvarado, S., Fuentesvilla-Alvarez, G., *et al.* (2025) Role of Kidney Transplantation in Long-Term Cardiac Reverse Remodeling and Interconnecting Mechanisms in Type 4 Cardiorenal Syndrome. *Frontiers in Nephrology*, **4**, Article ID: 1455036. <https://doi.org/10.3389/fneph.2024.1455036>
- [12] de Verteuil, I., Fitzpatrick, J., Alvarez Elias, A.C., Banh, T., Vasilevska-Ristovska, J., Browne, J., *et al.* (2022) Longitudinal Changes in Cardiac Structure and Function in Pediatric Kidney Transplant Recipients. *Hypertension*, **79**, 1680-1689. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.121.17483>
- [13] Basic-Jukic, N., Juric, I. and Furic-Cunko, V. (2020) Cardiorenal Syndrome in Renal Transplant Recipients: Prevalence,

-
- Clinical Presentation, Treatment, and Outcome. *Cardiorenal Medicine*, **10**, 333-339. <https://doi.org/10.1159/000507728>
- [14] Floria, M., Floria, D. and Tănase, D.M. (2024) Insights into Uremic Cardiomyopathy and Cardiac Remodeling Following Kidney Transplantation: A Call for Further Research. *International Journal of Cardiology*, **404**, Article ID: 131960. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2024.131960>
- [15] Panisset, V., Girerd, N., Bozec, E., Lamiral, Z., d'Hervé, Q., Frimat, L., *et al.* (2024) Long-Term Changes in Cardiac Remodelling in Prevalent Kidney Graft Recipients. *International Journal of Cardiology*, **403**, Article ID: 131852. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2024.131852>