

· 临床研究 ·

# 三维斑点追踪技术评价青年尿毒症患者肾移植术后早期左室整体应变的价值

廖梅梅 张 龙 陈忠宝 王天宇 郭瑞强

**摘 要** **目的** 探讨三维斑点追踪(3D-STI)技术评价青年尿毒症患者肾移植术后早期左室整体应变的临床价值。**方法** 选取于我院成功行肾移植术的青年尿毒症患者 31 例(肾移植组)和与其年龄、性别相匹配的健康志愿者 31 例(正常对照组),正常对照组和肾移植组(术前、术后 1 个月、术后 3 个月)均行常规超声心动图和 3D-STI 检查,比较两组左室整体纵向应变(GLS)、左室整体圆周应变(GCS)、左室整体径向应变(GRS)、左室整体面积应变(GAS)的差异。采用组内相关系数(*ICC*)分析 3D-STI 参数在观察者内和观察者间的重复性。**结果** 与正常对照组比较,肾移植组术前 GLS、GCS、GRS、GAS 均降低,术后 3 个月 GLS、GAS 均降低,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ );肾移植组术后 3 个月 GCS、GRS 与正常对照组比较差异均无统计学意义。肾移植组术后 1 个月 GLS 与术前比较差异无统计学意义,GCS、GRS、GAS 均较术前降低,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ );术后 3 个月 GLS、GCS、GRS、GAS 均较术前升高,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ )。GLS、GCS、GRS、GAS 在观察者内及观察者间的重复性良好( $ICC_{\text{观察者内}}=0.92、0.94、0.89、0.91, ICC_{\text{观察者间}}=0.89、0.83、0.87、0.85$ )。**结论** 3D-STI 可评估青年尿毒症患者肾移植术后早期左室整体应变改变,具有重要的临床应用价值。

**关键词** 超声心动描记术;斑点追踪,三维;肾移植;尿毒症;心室功能,左

[中图法分类号]R540.45;R692.5

[文献标识码]A

## Assessment of early left ventricular global strain after kidney transplantation in young uremia patients by three-dimensional speckle-tracking imaging

LIAO Meimei, ZHANG Long, CHEN Zhongbao, WANG Tianyu, GUO Ruiqiang

Department of Ultrasound Imaging, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

**ABSTRACT Objective** To explore the clinical value of three-dimensional speckle-tracking imaging (3D-STI) in assessing the early left ventricular global strain after kidney transplantation in young uremia patients. **Methods** A total of 31 young uremic patients who successfully underwent renal transplantation (renal transplantation group) and 31 healthy volunteers with matched age and sex (normal control group) were selected. Routine echocardiography and 3D-STI parameter were measured in control group and renal transplantation group (pre-operation, 1 month and 3 months after operation). The differences of left ventricular global longitudinal strain (GLS), left ventricular global radial strain (GRS), left ventricular circumferential strain (GCS) and left ventricular area strain (GAS) were compared. The repeatability of 3D-STI parameters of intra- and inter-observer were analyzed by intraclass correlation coefficient (*ICC*). **Results** Before operation, the GLS, GCS, GRS and GAS of the kidney transplantation group were lower than those of the normal control group, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). At 3 months after operation, there were no significant differences of GCS and GRS between the kidney transplantation group and the normal control group. There was no significant difference of GLS at 1 month after operation, but GCS, GRS and GAS were significantly decreased, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). Compared with pre-operation, GLS, GCS, GRS and GAS were significantly increased at 3 months after operation (all  $P<0.05$ ). GLS, GCS, GRS,

作者单位:430060 武汉市,武汉大学人民医院超声影像科(廖梅梅、郭瑞强),器官移植科(张龙、陈忠宝、王天宇)

通讯作者:郭瑞强, Email: ruiqiangwhrm@hotmail.com

GAS between intra- and inter- had a good repeatability ( $ICC$  of intra-observer were 0.92, 0.94, 0.89, 0.91,  $ICC$  of inter-observer were 0.89, 0.83, 0.87, 0.85). **Conclusion** 3D-STI can evaluate the changes of left ventricular global strain in young uremia patients after kidney transplantation, which has important clinical application value.

**KEY WORDS** Echocardiography; Speckle-tracking, three-dimensional; Kidney transplantation; Uremia; Ventricular function, left

近年来,尿毒症发病率逐年递增且呈年轻化发展趋势<sup>[1]</sup>。患者因毒性因子、心脏血流动力学改变、电解质代谢紊乱、贫血等因素的影响,在早期即可出现心脏结构及功能的变化,而成功的肾移植术后肾功能的恢复可以中断心肾的不良相互作用,并可能逆转心脏相关病变<sup>[2]</sup>。与长期透析比较,肾移植可以降低心脏病死亡率和发生慢性心力衰竭的风险,早期行肾移植及肾移植术前透析时间较短的患者术后移植肾长期存活率更高,心脏病发生率更低<sup>[3]</sup>。斑点追踪技术能早期敏感地发现心脏结构和功能的变化<sup>[4]</sup>,相对于二维斑点追踪技术,三维斑点追踪(three-dimensional speckle-tracking imaging, 3D-STI)技术能更准确地追踪心肌声学斑点在三维空间内的运动轨迹,从而评价心脏整体及局部功能<sup>[5]</sup>。本研究应用3D-STI评价青年尿毒症患者肾移植术后早期左室整体应变的变化,旨在探讨其临床应用价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取2019年5~9月于我院肾移植科行肾移植术的青年尿毒症患者31例(肾移植组),男21例,女10例,年龄23~41岁,平均(32.4±4.1)岁。26例术前行透析治疗,其中2例腹透、24例血透,透析时长2~26个月,平均13个月;造瘘19例。纳入标准:①术前血肌酐( $Cr$ )>707  $\mu\text{mol/L}$ ,窦性心律,首次行肾移植;②术后免疫抑制剂均选用他克莫司+吗替麦考酚酯+甲强龙三联免疫治疗;③术后肾功能正常,即每次超声检查前 $Cr$ 测值男性<133  $\mu\text{mol/L}$ ,女性<106  $\mu\text{mol/L}$ ;④有完整的超声检查资料且图像质量佳。排除标准:①术前左室射血分数(LVEF)≤44%;②有严重的瓣膜病、先天性心脏病、冠状动脉粥样硬化性心脏病史;③心律失常;④中至大量心包腔积液;⑤术后出现移植肾动脉吻合口狭窄。

另选与其年龄、性别相匹配的健康志愿者31例(正常对照组),男19例,女12例,年龄25~40岁,平均(31.6±3.4)岁。纳入标准:①超声图像质量佳,窦性心

律;②既往无心、肺、肾等全身系统性疾病;③血常规、血糖、血脂、肝肾功能、心电图、胸片、心脏超声检查均无异常。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均知情同意。

### 二、仪器与方法

1. 仪器:使用GE Vivid E 9彩色多普勒超声诊断仪, M5S探头,频率1.5~4.3 MHz,帧频60~90帧/s; 4V探头,频率1.5~4.0 MHz,帧频25~40帧/s; 配备EchoPAC工作站及4D-analysis软件。

2. 图像采集及分析:正常对照组和肾移植组术前、术后1个月、术后3个月均行常规超声心动图和3D-STI检查。受检者取左侧卧位,嘱其平静呼吸,连接三导联心电图。首先用M5S探头于胸骨旁左心长轴切面测量室间隔厚度(IVSD)、左室后壁厚度(LVPWD)、左室舒张末期内径(LVDD)、左房收缩末期内径(LAD),计算相对室壁厚度(RWT)。然后切换为4V探头,在显示心尖四腔心切面后,适当调节扇角、深度和帧频,启动全容积功能键,待于心尖部显示清晰、完整的左室全容积图像,嘱受检者屏气,采集并存储4个心动周期图像。在EchoPAC工作站调出存储的全容积动态图像,进入4D-analysis模式,系统显示心尖四腔、两腔、三腔心切面及左室短轴切面,于心尖四腔、两腔心切面将心内膜面3个取样点分别置于心尖部及二尖瓣环,点击“sequential analysis”,系统自动识别左室舒张末期及收缩末期心内膜及心外膜,取样不满意者手动调整描记线使其更为贴合心内膜及心外膜。然后运行程序分析获取左室舒张末期容积(LVEDV)、LVEF、左室质量指数(LVMI),以及左室整体纵向应变、圆周应变、径向应变和面积应变(GLS、GCS、GRS和GAS)。以上操作均由同一具有10年心脏超声检查经验的医师完成。

3. 左室结构判断标准<sup>[5]</sup>:①正常结构,女性 $RWT \leq 0.42$ ,  $LVMI \leq 95 \text{ g/m}^2$ , 男性 $RWT \leq 0.42$ ,  $LVMI \leq 115 \text{ g/m}^2$ ; ②向心性重构,女性 $RWT > 0.42$ ,  $LVMI \leq 95 \text{ g/m}^2$ , 男性 $RWT > 0.42$ ,  $LVMI \leq 115 \text{ g/m}^2$ ; ③向心性肥厚,女性 $RWT > 0.42$ ,  $LVMI > 95 \text{ g/m}^2$ , 男性 $RWT > 0.42$ ,  $LVMI > 115 \text{ g/m}^2$ ; ④离心性肥厚,女性 $RWT \leq 0.42$ ,  $LVMI > 95 \text{ g/m}^2$ , 男性

RWT $\leq 0.42$ , LVMI $>115$  g/m<sup>2</sup>。

4. 重复性检验:从EchoPAC工作站随机抽取肾移植组和正常对照组(共15例)检查图像,由两名从事心血管超声检查工作5年以上超声医师间隔1周重复分析3D-STI参数。分析其在观察者间及观察者内的重复性。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,两两比较行LSD检验。重复性检验采用组内相关系数(ICC)法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表1 肾移植组与正常对照组左室结构及质量参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

| 组别    | LAD(mm)                        | LVDD(mm)                       | IVSD(mm)                      | LVPWD(mm)                     | LVEDV(ml)                        | LVEF(%)                        | RWT                           | LVWI(g/m <sup>2</sup> )          |
|-------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 正常对照组 | 31.03 $\pm$ 2.42 <sup>b</sup>  | 44.10 $\pm$ 2.73 <sup>b</sup>  | 9.00 $\pm$ 0.68 <sup>bc</sup> | 8.77 $\pm$ 0.62 <sup>bc</sup> | 86.84 $\pm$ 15.46 <sup>b</sup>   | 62.10 $\pm$ 1.72 <sup>c</sup>  | 0.40 $\pm$ 0.12 <sup>bc</sup> | 101.48 $\pm$ 10.88 <sup>bc</sup> |
| 肾移植组  |                                |                                |                               |                               |                                  |                                |                               |                                  |
| 术前    | 36.71 $\pm$ 4.02 <sup>ac</sup> | 48.58 $\pm$ 4.86 <sup>ac</sup> | 10.48 $\pm$ 1.12 <sup>a</sup> | 10.39 $\pm$ 1.02 <sup>a</sup> | 112.87 $\pm$ 30.45 <sup>ac</sup> | 62.35 $\pm$ 2.62 <sup>c</sup>  | 0.43 $\pm$ 0.04 <sup>ac</sup> | 116.58 $\pm$ 14.83 <sup>a</sup>  |
| 术后1个月 | 31.80 $\pm$ 3.70 <sup>b</sup>  | 43.35 $\pm$ 3.15 <sup>b</sup>  | 10.29 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup> | 9.90 $\pm$ 1.01 <sup>a</sup>  | 83.55 $\pm$ 16.56 <sup>b</sup>   | 57.23 $\pm$ 2.70 <sup>ab</sup> | 0.47 $\pm$ 0.04 <sup>ab</sup> | 111.87 $\pm$ 13.30 <sup>a</sup>  |
| 术后3个月 | 32.97 $\pm$ 3.20 <sup>ab</sup> | 44.61 $\pm$ 2.96 <sup>b</sup>  | 9.94 $\pm$ 0.89 <sup>ab</sup> | 9.58 $\pm$ 0.96 <sup>ab</sup> | 89.84 $\pm$ 16.54 <sup>b</sup>   | 61.32 $\pm$ 1.40 <sup>c</sup>  | 0.44 $\pm$ 0.03 <sup>ac</sup> | 108.97 $\pm$ 12.44 <sup>ab</sup> |
| F值    | 17.033                         | 13.633                         | 15.518                        | 16.922                        | 12.827                           | 35.788                         | 17.096                        | 7.407                            |
| P值    | 0.000                          | 0.000                          | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.088                          | 0.000                         | 0.000                            |

与正常对照组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与术前比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ ;与术后1个月比较,<sup>c</sup> $P<0.05$ 。LAD:左房收缩末期内径;LVDD:左室舒张末期内径;IVSD:室间隔厚度;LVPWD:左室后壁厚度;LVEDV:左室舒张末期容积;LVEF:左室射血分数;RWT:相对室壁厚度;LVMI:左室质量指数

肾移植组术后1、3个月LAD、LVDD、LVEDV均较术前减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );术后1个月与3个月上述参数比较差异均无统计学意义。肾移植组术后1个月LVMI、IVSD、LVPWD与术前比较差异均无统计学意义,术后3个月LVMI、IVSD、LVPWD均较术前减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。术后1个月LVEF较术前及术后3个月均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表1。

三、肾移植组与正常对照组3D-STI参数比较

与正常对照组比较,肾移植组术前GLS、GCS、GRS、GAS均降低,术后3个月GLS、GAS均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。与肾移植组术前比较,术后1个月GCS、GRS、GAS均降低,术后3个月GLS、GCS、

结 果

一、肾移植组术前心脏结构特征

左室结构判断:正常结构10例,向心性重构1例,向心性肥厚14例,离心性肥厚6例。7例发现心包腔少量积液,5例发现瓣膜钙化。

二、肾移植组与正常对照组左室结构及质量参数比较

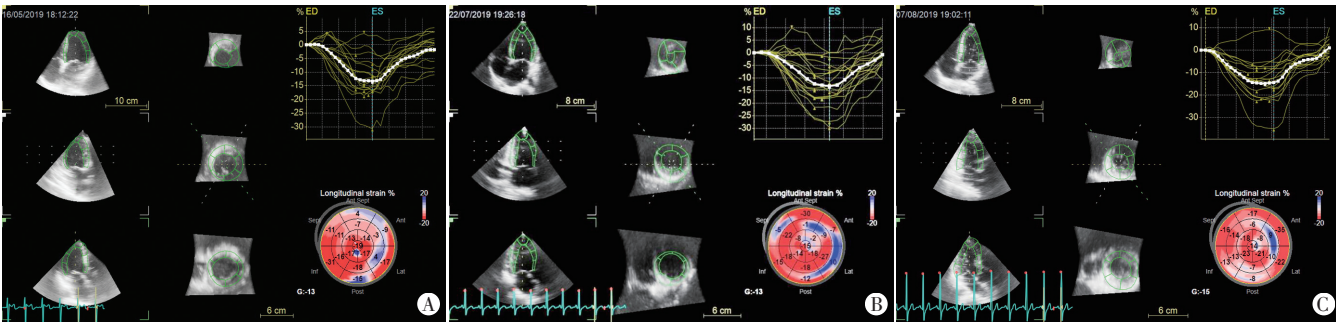
与正常对照组比较,肾移植组术前LAD、LVDD、IVSD、LVPWD、LVEDV、RWT、LVMI均增大,术后1个月LVEF减少,术后3个月LAD、LVMI、IVSD、LVPWD均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表1。

GRS、GAS均升高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表2和图1~4。

表2 肾移植组与正常对照组3D-STI参数比较( $\bar{x}\pm s$ ) %

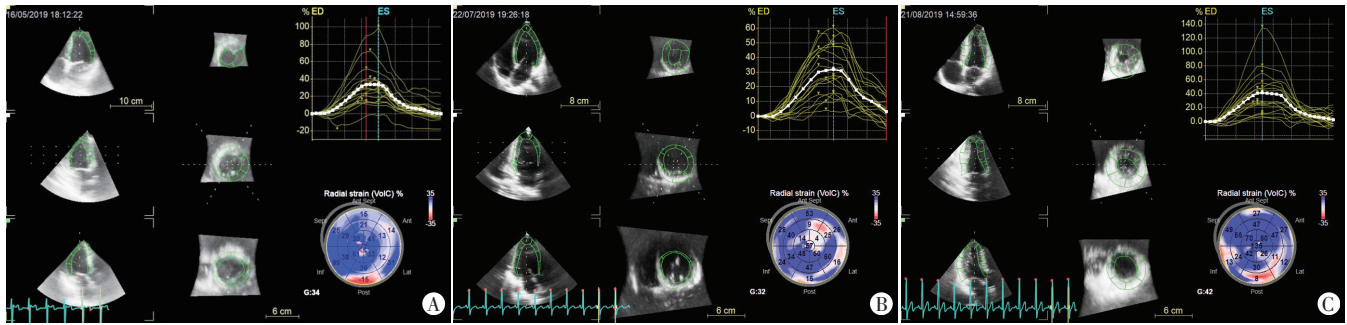
| 组别    | GLS                              | GCS                             | GRS                            | GAS                              |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 正常对照组 | -18.00 $\pm$ 1.77 <sup>bc</sup>  | -17.97 $\pm$ 1.08 <sup>bc</sup> | 42.65 $\pm$ 2.80 <sup>bc</sup> | -30.42 $\pm$ 1.54 <sup>bc</sup>  |
| 肾移植组  |                                  |                                 |                                |                                  |
| 术前    | -14.81 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>   | -16.00 $\pm$ 1.57 <sup>ac</sup> | 39.45 $\pm$ 4.46 <sup>ac</sup> | -27.10 $\pm$ 2.51 <sup>ac</sup>  |
| 术后1个月 | -15.23 $\pm$ 1.65 <sup>a</sup>   | -14.42 $\pm$ 1.65 <sup>ab</sup> | 37.13 $\pm$ 4.39 <sup>ab</sup> | -24.97 $\pm$ 2.69 <sup>ab</sup>  |
| 术后3个月 | -16.55 $\pm$ 1.23 <sup>abc</sup> | -17.45 $\pm$ 1.18 <sup>bc</sup> | 41.52 $\pm$ 3.32 <sup>c</sup>  | -29.06 $\pm$ 2.48 <sup>abc</sup> |
| F值    | 24.036                           | 40.760                          | 11.304                         | 31.785                           |
| P值    | 0.000                            | 0.000                           | 0.001                          | 0.000                            |

与正常对照组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与术前比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ ;与术后1个月比较,<sup>c</sup> $P<0.05$ 。GLS:左室整体纵向应变;GCS:左室整体圆周应变;GRS:左室整体径向应变;GAS:左室整体面积应变



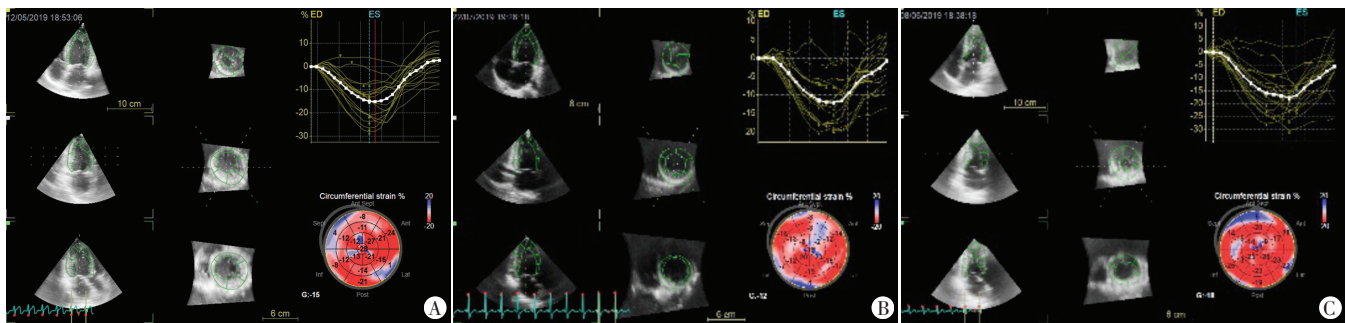
A:术前GLS为-13%;B:术后1个月GLS为-13%;C:术后3个月GLS为-15%

图1 肾移植组患者(女,23岁)手术前后GLS测量图



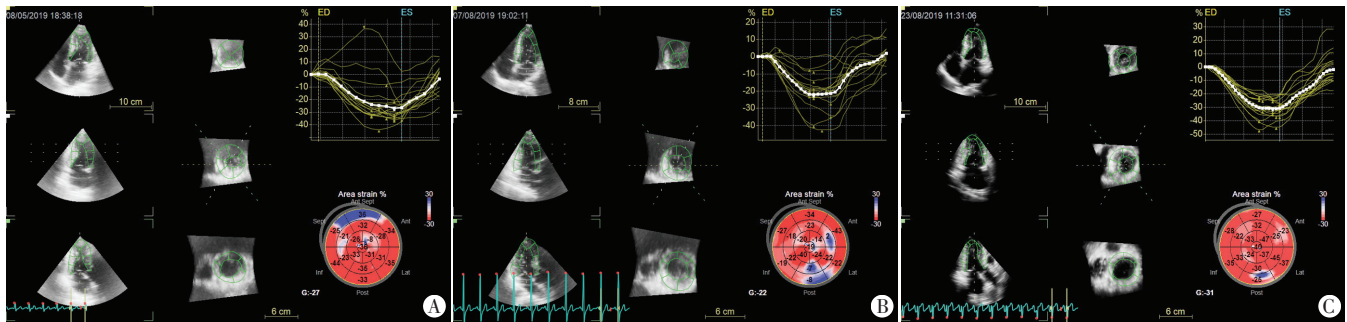
A: 术前 GRS 为 34%; B: 术后 1 个月 GRS 为 32%; C: 术后 3 个月 GRS 为 42%

图 2 肾移植组患者(男, 25 岁)手术前后 GRS 测量图



A: 术前 GCS 为 -15%; B: 术后 1 个月 GCS 为 -12%; C: 术后 3 个月 GCS 为 -18%

图 3 肾移植组患者(女, 35 岁)手术前后 GCS 测量图



A: 术前 GAS 为 -27%; B: 术后 1 个月 GAS 为 -22%; C: 术后 3 个月 GAS 为 -31%

图 4 肾移植组患者(男, 35 岁)手术前后 GAS 测量图

#### 四、3D-STI 参数的重复性检验结果

3D-STI 参数 GLS、GCS、GRS、GAS 在观察者内及观察者间的重复性良好 ( $ICC_{\text{观察者内}}=0.92、0.94、0.89、0.91, ICC_{\text{观察者间}}=0.89、0.83、0.87、0.85$ 。)

#### 讨 论

近年来终末期肾病的发病趋势表现为逐渐年轻化, 18~44 岁的青年尿毒症患者人数逐年增加<sup>[6]</sup>。肾移植是尿毒症患者的最佳治疗方式, 然而心血管疾病仍是肾移植患者的主要死因<sup>[7]</sup>, 故准确评价肾移植患者心功能对早期干预及预后判断十分重要。

研究<sup>[4]</sup>表明尿毒症患者早期 GLS 降低, GCS、GRS 无明显变化, 也有研究<sup>[8]</sup>认为尿毒症患者早期 GCS、GRS 降低, GLS 无明显变化。程锐等<sup>[9]</sup>研究发现, 与正

常成人比较, 左室正常构型尿毒症患者 GLS 降低, GCS、GRS、GAS 均无明显变化, 而左室肥厚型尿毒症患者 GLS、GCS、GRS、GAS 均降低 (均  $P<0.05$ )。本研究纳入对象均为 41 岁以下青年尿毒症患者, 无血糖、血脂代谢异常, 平均透析时间相对较短, 多数患者移植前已出现不同程度的左室心肌重构, 以向心性肥厚为主, 术前 LVEF 与正常对照组比较差异无统计学意义, GLS、GCS、GRS、GAS 均低于正常对照组 (均  $P<0.05$ ), 表明青年尿毒症患者虽保留 LVEF, 但已出现左室重构及左室整体功能受损。

肾移植术后随着移植肾功能的恢复, 尿量增加, 毒性物质排出, 心脏容量负荷明显减轻。本研究中, 与术前比较, 肾移植组术后 1 个月 LAD、LVDD、LVEDV、LVEF、GCS、GRS、GAS 均减小 (均  $P<0.05$ ), 而

LVMI、IVSD、LVPWD 及 GLS 与术前比较差异均无统计学意义。分析左室整体应变在术后 1 个月降低的原因:①可能与容量负荷减低有关。按照 Frank-Starling 定律,在心室前负荷及心肌初长度达到最适水平前,随着容量负荷的增加,心肌收缩力随肌小节初长度的增加而增加,因此当容量负荷减低时,反映心肌收缩力的应变随之降低。而 GLS 与术前比较差异无统计学意义,可能与其随容量负荷变化程度偏低有关。研究<sup>[10]</sup>表明左室心肌径向及纵向应变随左室容量负荷增大而发生规律性变化,且径向应变增加程度明显高于纵向应变( $P<0.05$ )。由此可见,左室心肌短轴方向的收缩运动较长轴方向的缩短运动在左室收缩功能维持中的作用更大。②可能与肾移植后抗排斥药物的应用有关。研究<sup>[11]</sup>表明肾移植术后 1 个月左室整体应变的降低可能与他克莫司的药物毒性作用有关,由于他克莫司在术后 1 个月内需维持在较高水平,可能会损伤心肌细胞,从而对左室功能造成影响。

本研究中,肾移植组术后 3 个月左室容量负荷已趋于稳定,此时 LAD、LVDD、LVEDV 虽与术后 1 个月比较差异均无统计学意义,但 LVMI、IVSD、LVPWD 均较术前减小,GLS、GCS、GRS、GAS 均较术前升高(均  $P<0.05$ )。心肌纤维化及微循环障碍是尿毒症心脏病的主要病理表现,肾移植术后心肌纤维化的逆转及心肌供血的恢复使心肌重构得到改善,心肌整体应变能力相应升高。研究<sup>[12]</sup>表明,对于无糖尿病及缺血性心脏病史且透析时间较短的青年终末期肾病患者而言,尿毒症心脏病主要异常表现中的左室扩张、收缩功能障碍及弥漫性心肌纤维化在肾移植术后均可逆,本研究结果也表明肾移植患者在术后 3 个月时,反映心肌重构的参数 LVMI、IVSD、LVPWD 和心肌收缩功能的应变参数均得到改善。

本研究中,肾移植组术后 3 个月 GCS、GRS 与正常对照组比较差异均无统计学意义,GLS、GAS 均较正常对照组降低。GAS 反映了整体的心内膜面积随心肌运动改变的程度,是量化左室收缩功能,识别早期、微小心肌收缩功能损伤的敏感和可重复指标<sup>[13]</sup>;而纵行心肌纤维主要存在于心内膜,对微血管功能障碍及心肌间质纤维化更敏感,因而 GLS 的降低早于 GCS 和 GRS。研究<sup>[10]</sup>认为左室心肌短轴方向的收缩运动(GCS 和 GRS)较长轴方向的缩短运动(GLS)在左室收缩功能维持中的作用更大,在心肌病变的早期阶段 GCS 可呈代偿性增强。本研究中肾移植组术后 3 个月 GCS、GRS 升高且接近正常水平,可能与其有效的代偿

机制相关,肾移植术后 3 个月时虽左室心肌重构开始逆转,但 LVMI 仍高于正常水平,而 GLS、GAS 对心肌损伤的敏感性更高,故低于正常水平。

综上所述,3D-STI 可评估青年尿毒症患者肾移植术后早期左室整体应变改变,具有重要的临床应用价值。但本研究样本量有限,未根据患者心肌重构程度进行分组,后期研究需扩大样本量,根据患者心肌重构程度分组比较,并进行远期的疗效观察。

## 参考文献

- [1] 李迎.中青年尿毒症患者个案管理模式构建方法探讨[J].吉林医药学院学报,2021,42(2):108-109.
- [2] Hawwa N, Shrestha K, Hammadah M, et al. Reverse remodeling and prognosis following kidney transplantation in contemporary patients with cardiac dysfunction[J]. J Am Coll Cardiol, 2015, 66(16): 1779-1787.
- [3] Holttä T, Gordin D, Rahkonen O, et al. Good long-term renal graft survival and low incidence of cardiac pathology in adults after short dialysis period and renal transplantation in early childhood—a cohort study[J]. Transpl Int, 2020, 33(1): 89-97.
- [4] Van Huis M, Schoenmaker NJ, Groothoff JW, et al. Impaired longitudinal deformation measured by speckle-tracking echocardiography in children with end-stage renal disease[J]. Pediatr Nephrol, 2016, 31(9): 1499-1508.
- [5] 王秋霜, 智光, 赵晓东. 三维超声斑点追踪技术评价心脏功能的研究进展[J]. 临床心血管病杂志, 2015, 31(5): 471-474.
- [6] 张琳, 张奕琳, 张倩倩, 等. 年轻血液透析患者希望水平与生活质量的相关性[J]. 广东医学, 2015, 36(23): 3671-3674.
- [7] Rao NN, Coates PT. Cardiovascular disease after kidney transplant[J]. Semin Nephrol, 2018, 38(3): 291-297.
- [8] Chinali M, Matteucci MC, Franceschini A, et al. Advanced parameters of cardiac mechanics in children with CKD: the 4C Study[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2015, 10(8): 1357-1363.
- [9] 程锐, 徐晓红, 陈雪松, 等. 三维斑点追踪成像技术评价尿毒症患者左心室整体收缩功能[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(5): 797-801.
- [10] 李煜华, 唐红. 斑点追踪成像技术对左室容量负荷过重左室室壁运动及其相关性的研究[J]. 临床超声医学杂志, 2014, 16(12): 803-807.
- [11] 唐君仪, 隋明星, 奚佳颖, 等. 三维斑点追踪成像技术定量评价肾移植受者术后左心室整体应变[J]. 器官移植, 2021, 12(4): 458-464.
- [12] 王未, 倪雪峰, 祁丽, 等. 终末期肾病患者肾移植术后心脏结构和功能的心脏磁共振评价[J]. 医学研究生学报, 2019, 32(4): 374-379.
- [13] Wen H, Liang Z, Zhao Y, et al. Feasibility of detecting early left ventricular systolic dysfunction using global area strain: a novel index derived from three-dimensional speckle-tracking echocardiography[J]. Eur J Echocardiogr, 2011, 12(12): 910-916.

(收稿日期: 2021-10-27)