·临床研究·

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

祁英香 陈晓菲 姜志荣

摘 要 **目的** 探讨三维斑点追踪(3D-STI)技术评价肾移植前不同左室构型尿毒症患者左室整体收缩功能的临床应用价值。**方法** 将85例拟行肾移植术的尿毒症患者根据不同左室构型分为4组:左室构型正常组19例(LVN组),左室向心性重构组24例(LV-CR组),左室向心性肥厚组19例(LV-CH组)和左室离心性肥厚组23例(LV-EH组),另选24例同期体检的健康成人为正常对照组。测量并比较各组左室整体圆周应变(GCS)、整体径向应变(GRS)及整体纵向应变(GLS)的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各应变参数评估尿毒症患者心肌重构的价值。随机选择15例患者,采用Bland-Altman法分析GLS、GRS、GCS在观察者内和观察者间的一致性。**结果** 与正常对照组比较,尿毒症各组GLS均减低,LV-CH、LV-EH组GRS、GCS均减低(均$P<0.05$);与LVN组比较,LV-CH、LV-EH组GLS、GRS、GCS均减低(均$P<0.05$);与LV-CR组比较,LV-CH组GLS、GCS及LV-EH组GLS、GCS、GRS均减低(均$P<0.05$);与LV-CH组比较,LV-EH组GLS、GCS均减低(均$P<0.05$)。ROC曲线分析显示,以向心性重构为界,GRS、GLS、GCS评估尿毒症患者心肌重构的ROC曲线下面积分别为0.684、0.882、0.786,敏感性分别为58.1%、86.0%、76.7%,特异性分别为74.2%、84.8%、65.2%。一致性分析显示,GLS、GCS、GRS在观察者内和观察者间均有良好的一致性。**结论** 3D-STI技术可以有效评估肾移植前不同左室构型尿毒症患者左室整体收缩功能,具有较好临床应用价值。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪,三维;尿毒症;心室功能,左

[中图法分类号]R540.45;R541 [文献标识码]A

Application value of three-dimensional speckle tracking imaging in the evaluation of left ventricular systolic function in uremic patients with different left ventricular configurations

QI Yingxiang, CHEN Xiaofei, JIANG Zhirong

Department of Cardiac Ultrasound, Affiliated Hospital of Qingdao University, Shandong 266000, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical application value of three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI) technology in evaluating the overall left ventricular systolic function of uremic patients with different ventricular configurations before renal transplantation. **Methods** Totally 85 uremic patients underwent renal transplantation were divided into four groups according to different left ventricular configurations: left ventricular normal geometric 19 cases (LVN group), left ventricular centripetal remodeling group 24 cases (LV-CR group), left ventricular centripetal hypertrophy 19 cases (LV-CH group) and left ventricular eccentric hypertrophy 23 cases (LV-EH group). Another 24 healthy subjects underwent physical examination at the same time were selected as the control group. The three-dimensional global strain parameters of left ventricle in each group were measured and compared, including global circumferential strain (GCS), global radial strain (GRS) and global longitudinal strain (GLS). The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the value of strain parameters in evaluating myocardial remodeling in patients with uremia. 15 patients were randomly selected, the Bland-Altman method was used to analyze the measurement consistency of GLS, GRS and GCS within and between observers. **Results** Compared with the control group, the GLS in the uremia group decreased, and the GRS, GCS decreased in the LV-CH group and LV-EH group (all

作者单位:266000 山东省青岛市,青岛大学附属医院心脏超声科

通讯作者:姜志荣,Email:jiangzhirong2@163.com

P<0.05). Compared with the LVN group, the GLS, GRS, GCS decreased in the LV-CH group and LV-EH group (all *P*<0.05). Compared with the LV-CR group, the GLS, GCS, GRS decreased in the LV-CH group and LV-EH group (all *P*<0.05). Compared with the LV-CH group, GLS, GCS in the LV-EH group decreased (both *P*<0.05). ROC curve analysis showed that taking centripetal remodeling as cut-off value, the area under the curve of GRS, GLS and GCS were 0.684, 0.882 and 0.786, with sensitivity of 58.1%, 86.0% and 76.7%, specificity of 74.2%, 84.8% and 65.2%, respectively. The consistency analysis showed that GLS, GCS and GRS had good consistency within and between observers. **Conclusion** 3D-STI technology can effectively evaluate the overall left ventricular systolic function of uremic patients with different ventricular configurations before renal transplantation, and has good clinical application value.

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

肾移植术是目前尿毒症患者最为有效的治疗方式，术前准确评价尿毒症患者心脏功能对于合理选择受体和移植时间、指导患者治疗非常重要[1]。由于心脏为立体结构，常规超声心动图是在二维平面上观察心脏的形态、结构和功能，有一定局限性。三维斑点追踪（3D-STI）技术可从三维立体空间结构上跟踪心肌的活动轨迹，从而评价心脏功能，具有较好的临床应用前景[2]。本研究应用3D-STI技术检测肾移植前不同左室构型尿毒症患者左室心肌应变，旨在评价其左室整体收缩功能，以期为临床诊疗提供参考。

资料与方法

一、研究对象

选取2018年9月至2020年8月我院拟行肾移植术的尿毒症患者85例，纳入标准：①原发病为肾脏疾病；②规律血液透析1~3年，透析前血液肌酐测值>707 μmol/L。排除标准：①肾移植术、心脏手术史、肾脏手术史及可能影响心脏结构和功能的手术史；②陈旧性心肌梗死、心脏瓣膜病变及各类心肌病史；③各种继发性肾脏疾病及多囊肾等遗传性肾脏病史；④超声图像不清晰者。根据左室质量指数（LVMI）和室壁相对厚度（RWT）将85例尿毒症患者分为4组：①左室构型正常组19例（LVN组），女性LVMI≤95 g/m^2，男性LVMI≤115 g/m^2，RWT≤0.42；②左室向心性重构组24例（LV-CR组），女性LVMI≤95 g/m^2，男性LVMI≤115 g/m^2，RWT>0.42；③左室向心性肥厚组19例（LV-CH组），女性LVMI>95 g/m^2，男性LVMI>115 g/m^2，RWT>0.42；④左室离心性肥厚组23例（LV-EH组），女性LVMI>95 g/m^2，男性LVMI>115 g/m^2，RWT<0.42。另选同期体检的健康成人24例为正常对照组，入选者一般体格检查、实验室检查、心电图检查、肾脏超声检查及超声心动图检查均无异常。本研究经我院医学伦理委员会批准，所有受检者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 仪器：使用Philips iE 33彩色多普勒超声诊断仪，二维S1-5探头和三维X1-5探头，频率1~5 MHz；配备Tomtec后处理工作站。

2. 超声心动图检查：于术前1周行超声心动图检查，受检者取左侧卧位，同步连接心电图，嘱其平静呼吸，双手自然上扬放置过肩，使用S1-5探头行常规超声心动图检查，记录左室舒张末期室间隔厚度（IVST）、左室舒张末期后壁厚度（LVPWT）、左室舒张末期内径（LVEDd）及左房收缩末期前后径（LADd），应用Simpson法测量左室射血分数（LVEF），计算左室质量（LVM）、LVMI、RWT。然后更换X1-5探头，清晰显示心尖四腔心切面，适当调节扇角深度和大小，帧频>25帧/s，启用最佳优化模式和谐波，图像清晰稳定后，嘱患者屏住呼吸，启动“Full-4D”，连续采集4个心动周期的动态图像，然后应用Tomtec后处理工作站软件进行脱机分析，选择清晰的图像，软件自动追踪描记左室内膜面，手动调整取样线位置，使心内膜面贴合一致，获得左室整体纵向应变（GLS）、整体径向应变（GRS）、整体圆周应变（GCS）。

3. 一般资料收集：记录所有受检者的年龄、体质量、收缩压、舒张压，计算体表面积和体质量指数。

4. 一致性分析：随机选择15例患者，由2名具有2年以上工作经验的超声医师分别行3D-STI检查，记录GLS、GRS、GCS测量结果；间隔1周后由同一超声医师再次对15例患者行3D-STI检查，测量GLS、GRS、GCS。

三、统计学处理

应用SPSS 20.0统计软件，计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，多组比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用LSD-t检验；计数资料以频数或百分比表示，多组比较采用χ^2检验，两两比较采用Dunnett’t3检验。绘制受试者

工作特征(ROC)曲线分析各应变参数评估尿毒症患者心肌重构的价值;采用Bland-Altman法分析GLS、GRS、GCS在观察者内和观察者间的一致性。P<0.05为差异有统计学意义。

结　果

一、各组一般资料比较

各组年龄、体表面积、体质量指数比较差异均无统计学意义。与正常对照组比较,尿毒症患者各亚组收缩压和舒张压均升高,差异均有统计学意义(均P<0.05);与LVN组比较,LV-CR组舒张压升高,LV-CH组和LV-EH组收缩压、舒张压均升高,差异均有统计学意义(均P<0.05);与LV-CR组比较,LV-CH组收缩压升高、LV-EH组收缩压、舒张压均升高,差异均有统计学意义(均P<0.05);与LV-CH组比较,LV-EH组收缩压、舒张压略升高,但差异均无统计学意义。见表1。

二、各组常规超声心动图参数比较

各组LADd、IVST、LVEDd、LVPWT、RWT、LVEF、LVMI比较差异均有统计学意义(均P<0.05)。与正常对照组比较,尿毒症各亚组LADd均升高(均P<0.05);LV-EH组LVEF与正常对照组、LVN组、LV-CR组、LV-CH组比较均减低(均P<0.05);与LVN组比较,LV-CR组RWT、LVMI,LV-CH组LADd、IVST、LVPWT、RWT、LVMI,LV-EH组LADd、IVST、LVEDd、LVPWT、LVMI均升高(均P<0.05);与LV-CR组比较,LV-CH组和LV-EH组LADd、IVST、LVPWT、LVMI均升高,LV-CH组RWT升高,LV-EH组LVEDd升高(均P<0.05);与LV-CH组比较,LV-EH组LADd、LVEDd均升高,RWT、LVEF均减低(均P<0.05)。见表2。

三、各组3D-STI参数比较

各组GLS、GCS、GRS比较差异均有统计学意义(P<0.05)。与正常对照组比较,尿毒症患者各组GLS,LV-CH组和LV-EH组GRS、GCS均减低(均P<0.05);与LVN组比较,LV-CH组和LV-EH组GLS、GRS、GCS均减低(均P<0.05);与LV-CR组比较,LV-CH组GLS、GCS均减低,LV-EH组GLS、GCS、GRS均减低(均P<0.05);与LV-CH组比较,LV-EH组GLS、GCS均减低(均P<0.05)。见图1~5和表3。

四、3D-STI参数评估尿毒症患者心肌重构的ROC曲线分析

以向心性重构为界,GLS、GCS、GRS评估尿毒症患者心肌重构的ROC曲线下面积分别为0.882、0.786、0.684,敏感性分别为86.0%、76.7%、58.1%,特异性分别为84.8%、65.2%、74.2%。见表4和图5。

表1 各组一般资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	体表面积(m^2)	体质量指数(kg/m^2)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
正常对照组(24)	12/12	56.2±7.2	1.50±0.10	24.4±3.0	124.04±9.56	76.45±6.60
LVN组(19)	10/9	59.7±10.7	1.48±0.08	25.3±3.0	142.20±9.11$^{\Delta}$	87.40±5.53$^{\Delta}$
LV-CR组(24)	13/11	61.1±6.2	1.52±0.09	25.8±4.2	143.07±8.17$^{\Delta}$	93.41±7.02$^{\Delta※}$
LV-CH组(19)	9/10	62.0±10.7	1.52±0.14	24.5±4.0	160.37±11.33$^{\Delta※☆}$	96.49±7.85$^{\Delta※}$
LV-EH组(23)	12/11	62.8±7.6	1.45±0.12	25.9±3.6	163.03±9.06$^{\Delta※☆}$	99.63±6.74$^{\Delta※☆}$
χ^2/F值	0.233	2.167	1.412	0.833	63.686	41.873
P值	0.994	0.078	0.235	0.507	0.000	0.000

与正常对照组比较,$^{\Delta}P$<0.05;与LVN组比较,$^{※}P$<0.05;与LV-CR组比较,$^{☆}P$<0.05。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 各组常规超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	LADd(mm)	IVST(mm)	LVEDd(mm)	LVPWT(mm)	RWT(mm)	LVEF(%)	LVMI(g/m^2)
正常对照组	30.62±2.08	7.78±0.68	45.59±4.59	7.74±0.98	0.31±0.05	67.3±7.1	99.14±19.97
LVN组	34.31±3.45$^{\Delta}$	8.48±0.60	46.50±3.18	8.29±0.81	0.35±0.02$^{\Delta}$	68.5±8.9	100.81±13.52
LV-CR组	34.89±2.63$^{\Delta}$	9.06±0.69$^{\Delta}$	46.20±4.65	9.01±0.86$^{\Delta}$	0.42±0.02$^{\Delta※}$	66.7±6.9	119.01±18.15$^{\Delta※}$
LV-CH组	38.05±2.62$^{\Delta※☆}$	11.99±0.73$^{\Delta※☆}$	47.21±3.20	12.14±0.92$^{\Delta※☆}$	0.48±0.03$^{\Delta※☆}$	68.4±6.0	155.04±26.08$^{\Delta※☆}$
LV-EH组	42.36±3.44$^{\Delta※☆▽}$	11.63±0.78$^{\Delta※☆}$	53.59±5.07$^{\Delta※☆▽}$	11.55±0.79$^{\Delta※☆}$	0.37±0.02$^{\Delta☆▽}$	55.4±4.9$^{\Delta※☆▽}$	157.03±16.63$^{\Delta※☆}$
F值	54.344	158.248	13.434	109.225	164.107	14.990	46.571
P值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

与正常对照组比较,$^{\Delta}P$<0.05;与LVN组比较,$^{※}P$<0.05;与LV-CR组比较,$^{☆}P$<0.05;与LV-CH组比较,$^{▽}P$<0.05。LADd:左房收缩末期前后径;IVST:左室舒张末期室间隔厚度;LVEDd:左室舒张末期内径;LVPWT:左室舒张末期后壁厚度;RWT:室壁相对厚度;LVEF:左室射血分数;LVMI:左室质量指数

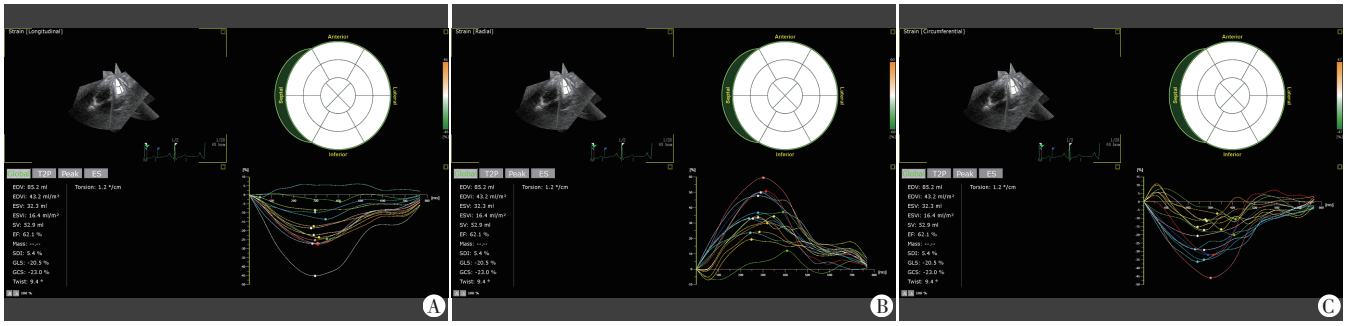


图1　3D-STI检测LVN组GLS(A)、GRS(B)、GCS(C)图

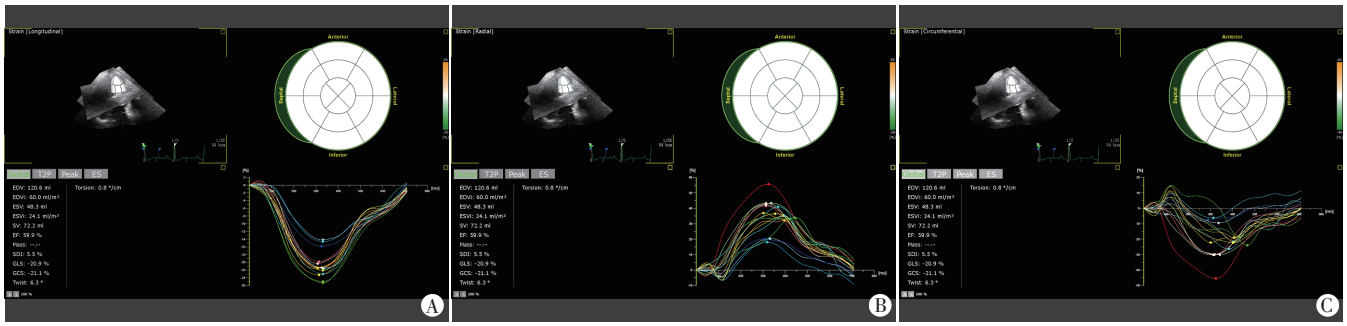


图2　3D-STI检测LV-CR组GLS(A)、GRS(B)、GCS(C)图

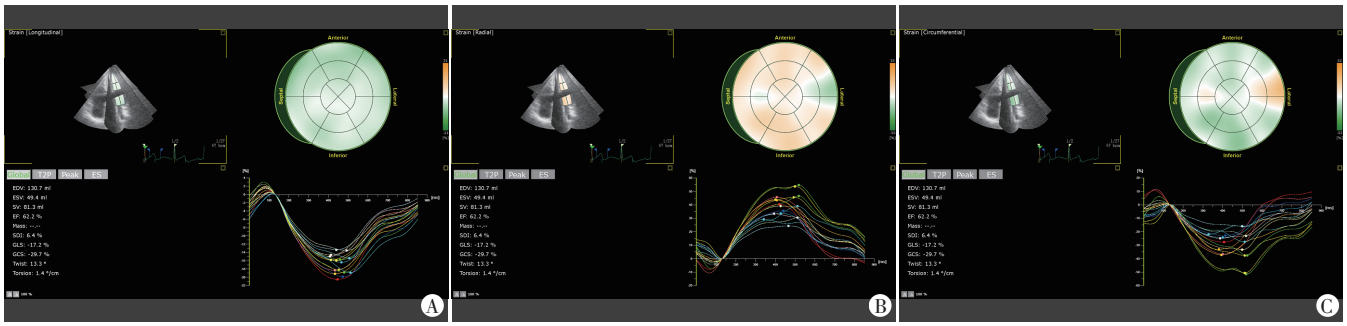


图3　3D-STI检测LV-CH组GLS(A)、GRS(B)、GCS(C)图

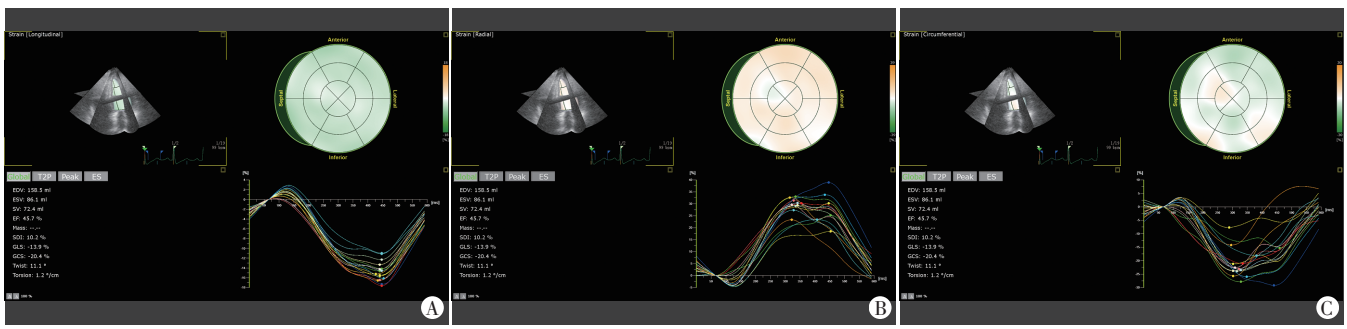


图4　3D-STI检测LV-EH组GLS(A)、GRS(B)、GCS(C)图

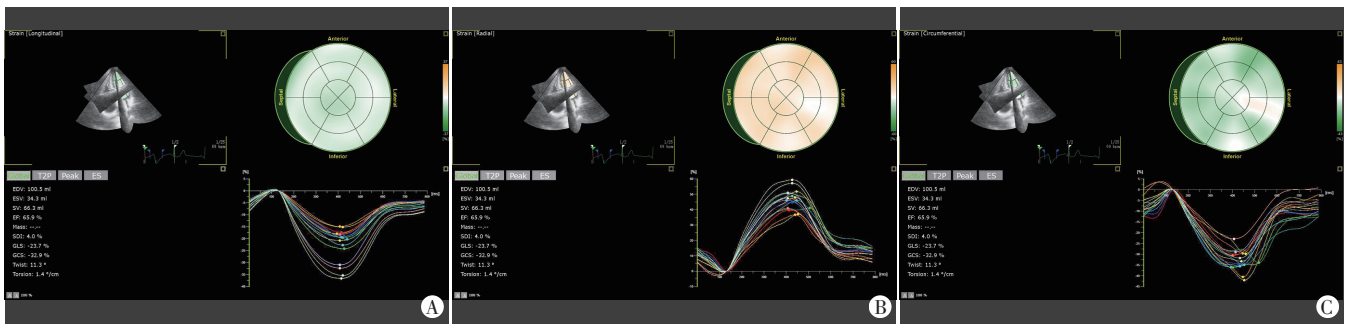


图5　3D-STI检测正常对照组GLS(A)、GRS(B)、GCS(C)图

表3 各组3D-STI参数比较($\bar{x}\pm s$) %

组别	GLS	GCS	GRS
正常对照组	−22.16±2.01	−21.71±1.95	46.36±12.37
LVN组	−19.20±1.86$^{\Delta}$	−21.53±2.01	45.55±8.88
LV-CR组	−18.55±1.97$^{\Delta}$	−20.91±2.00	44.38±9.28
LV-CH组	−16.48±2.71$^{\Delta※☆}$	−18.13±3.44$^{\Delta※☆}$	36.04±10.35$^{\Delta※}$
LV-EH组	−13.35±1.88$^{\Delta※☆▽}$	−14.80±3.56$^{\Delta※☆▽}$	34.13±9.40$^{\Delta※☆}$
*F*值	47.474	27.518	6.956
*P*值	0.000	0.000	0.000

与正常对照组比较，$^{\Delta}P<0.05$；与LVN组比较，$^{※}P<0.05$；与LV-CR组比较，$^{☆}P<0.05$；与LV-CH组比较，$^{▽}P<0.05$。GLS：整体纵向应变；GCS：整体圆周应变；GRS：整体径向应变

表4 3D-STI参数评估尿毒症患者心肌重构的ROC曲线分析

参数	截断值（%）	曲线下面积（95%可信区间）	约登指数	敏感性（%）	特异性（%）
GLS	−19.74	0.882（0.820~0.944）	0.709	86.0	84.8
GCS	−19.60	0.786（0.702~0.870）	0.419	76.7	65.2
GRS	44.30	0.684（0.583~0.785）	0.324	58.1	74.2

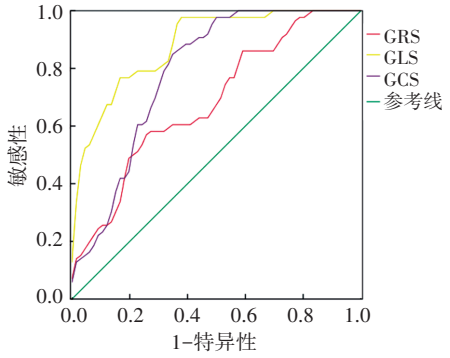
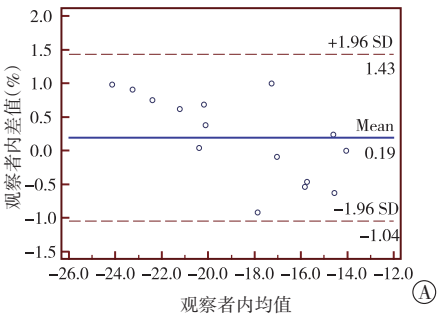


图5 3D-STI参数评估尿毒症患者心肌重构的ROC曲线图

五、一致性分析

GLS、GCS、GRS在观察者内和观察者间均显示一致性良好。见图6~8。



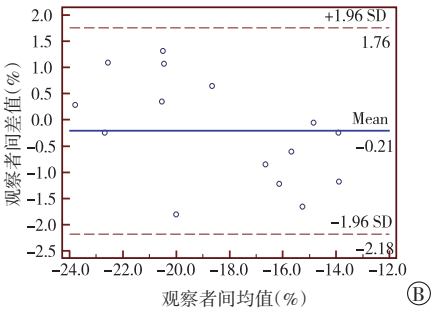
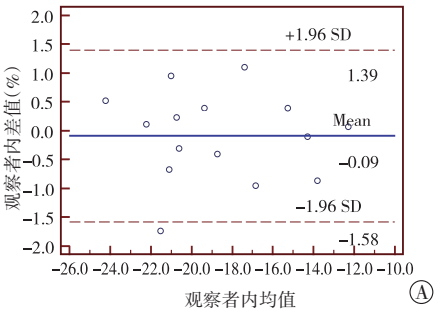


图6 GLS在观察者内（A）和观察者间（B）的Bland-Altman分析图



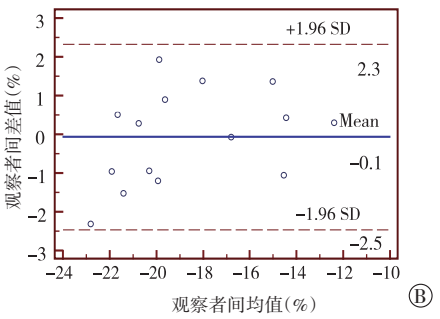
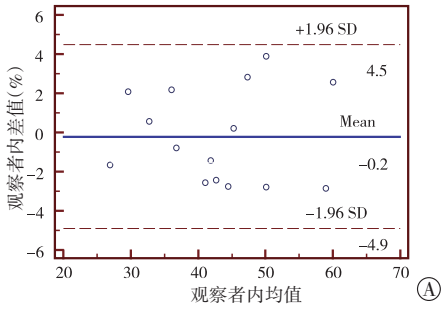


图7 GCS在观察者内（A）和观察者间（B）的Bland-Altman分析图



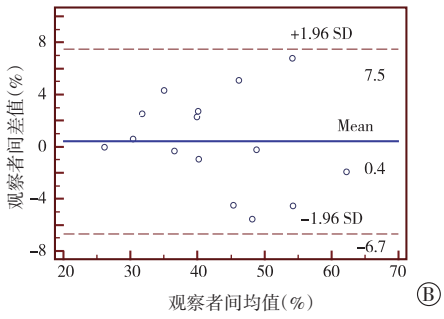


图8 GRS在观察者内（A）和观察者间（B）的Bland-Altman分析图

讨 论

肾移植治疗能明显提高尿毒症患者的存活率，改善其生活质量。术前准确评估尿毒症患者心脏功能对于选择受体和移植时间非常重要。左室构型的变化是左室功能受损的基础，尿毒症相关心脏损伤最显著的特征为左室肥厚，但左室构型早期改变尚不明显，常规超声心动图对早期收缩功能障碍并不敏感，无法反映心脏功能的微小变化。目前临床上应用较广泛的二维斑点追踪技术无角度依赖性、可多角度评价心肌应变，但其局限于二维平面。3D-STI技术是以心肌形变和心脏运动机械力学为基础，可追踪心肌斑点回声信号，评价心脏功能的微小变化[3]，同时突破了二维斑点追踪技术的平面限制。本研究应用3D-STI技术检测不同左室构型尿毒症患者心肌应变，旨在探讨其在左室整体收缩功能评估中的价值。

常规超声心动图参数评估尿毒症患者心脏功能有一定局限，本研究结果发现，LVN组、LV-CR组、LV-CH组常规超声心动图均显示LVEF正常，但3D-STI发现GLS于LVN组即出现减低，且随左室构型改

变进一步降低。左室构型改变是心肌细胞和成纤维细胞损伤后出现室壁厚度变化、心腔大小改变、组织结构变形等一系列复杂的病理改变，尿毒症患者在高血压及其他复杂的机体环境影响下，心肌实质细胞和间质细胞均发生病变，导致心肌重构，进而使心肌收缩不同步，收缩功能受损。尽管LVN组左室构型尚未发生明显改变，但由于尿毒症毒素蓄积、血压升高等原因，使以纵向走行为主的心内膜下心肌在长轴方向缩短，并出现纤维化和微血管功能障碍，心内膜下心肌因未得到充足的血液灌注出现缺血性改变。随着病程的延长，左室压力负荷与容量负荷共同作用，心肌重构加重，逐渐出现左室心肌肥厚，心内膜下心肌对供氧的需求进一步增加，间质纤维化明显，心肌细胞伸缩性下降，毛细血管密度降低，纵向收缩功能进一步受损[4]，表现为LV-CR组、LV-CH组、LV-EH组GLS进一步减低，其中LV-EH组GLS减低最明显，心室收缩失代偿。

GCS为心脏在圆周方向上的运动，主要为中层环形心肌作用的结果[5]；GRS为心肌在短轴上的局部增厚程度。本研究结果显示，与正常对照组比较，LVN组和LV-CR组GCS、GRS均无明显变化，表明尿毒症患者中层环形心肌此时尚未受累，并维持左室正常的收缩功能，随着心肌重构程度加重，LV-CH组和LV-EH组GCS、GRS均减低，分析原因为随着病程进展，肾小球滤过率进一步降低，血压进一步升高，心肌板层间的交相作用刺激心室壁肥厚程度加重，当尿毒症患者进展至向心性肥厚时，左室内膜下心肌病变损伤范围加大、程度加重，中层心肌逐渐受累，导致GCS、GRS均减低。本研究LV-CH组GCS、GRS均较LVN组减低（均$P<0.05$），而程锐等[4]研究发现GRS的改变早于GCS，分析出现这种差异的原因可能与本研究样本量少有关，同时也说明目前3D-STI技术对径向及圆周应变的意见尚未统一[6]。本研究结果显示LV-EH组心肌受累程度和范围均大于其余各组，纵行的心内膜心肌进一步受损，环形的中层心肌受损进一步加重，已不能维持正常的LVEF值，与张群英等[7]研究结论一致。

本研究ROC曲线分析结果显示，3D-STI技术可以敏感地检测肾移植术前患者左室心肌重构，GLS的诊断敏感性、特异性及曲线下面积均最高（分别为86.0%、84.8%、0.882），与既往研究[8-9]结论一致，原因可能是GLS反映心内膜下心肌应变，当心脏发生病变时，心内膜下心肌最容易也最直接受累。

本研究的局限性：①样本量偏少；②未对患者远期疗效进行随访；③3D-STI技术对二维图像质量要求较高，需要清晰描记心内膜，但手动描记会有一定的主观性；④心脏的扭转和旋转对维持心脏功能有重要作用[10]，但本研究未纳入相关参数。今后研究应针对上述不足进一步分析。

综上所述，3D-STI技术能够早期反映不同左室构型尿毒症患者左室整体收缩功能的变化，且具有敏感、无创、重复性好的优点，GLS为最佳指标，有助于临床医师早期干预、合理指导患者的治疗，选择适当的肾移植时间，提高患者生存率。

参考文献

[1] Yildirim U, Gulel O, Eksi A, et al. Effect of different treatment strategies on left ventricular myocardial deformation parameters in patients with chronic renal failure [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2018, 34(11): 1731-1739.

[2] 黄卫飞，林仙方，杨林仙. 实时三维斑点追踪技术评价冠心病左心室收缩功能[J]. 医学影像学杂志，2018，28(5)：728-732.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 张楠，李艳，王志斌. 斑点追踪成像评价左心室构型正常的原发性高血压心肌功能[J]. 中国医学影像学杂志，2014，22(4)：268-271，277.

[6] Goebel B, Gjesdal O, Kottke D, et al. Detection of irregular patterns of myocardial contraction in patients with hypertensive heart disease: a two-dimensional ultrasound speckle tracking study [J]. J Hypertens, 2011, 29(11): 2255-2264.

[7] 张群英，张强，邢天柱，等. 二维斑点追踪成像定量分析不同左心室构型尿毒症患者的左心室心肌应变[J]. 中国医学影像学杂志，2018，26(11)：820-823.

[8] 赵冰冰，曲绍辉，田家玮. 三维斑点追踪技术评价早晚期慢性肾病患者左室局部收缩功能[J]. 中国超声医学杂志，2018，34(9)：796-799.

[9] 陈媚聪，贾杰. 慢性肾脏病患者左室整体纵向应变与肾功能的相关性研究[J]. 临床超声医学杂志，2020，22(4)：266-269.

[10] 马雨琴，张波. 三维斑点追踪技术评估慢性肾脏病患者左心收缩功能的进展[J]. 中国医学影像技术，2018，34(5)：791-794.

（收稿日期：2021-11-30）