

· 肾 SPECT/CT 显像 ·

⁹⁹Tc^m-DTPA 肾动态显像 Gates 法测定心脏移植患者肾小球滤过率的准确性探讨

张雯¹ 陈艳² 房晓楠² 姜楠¹ 郭风¹ 付占立³ 方纬¹ 魏红星¹

¹中国医学科学院、北京协和医学院、国家心血管病中心阜外医院核医学科 100037;

²中国医学科学院、北京协和医学院、国家心血管病中心阜外医院心外科 100037;³北京大学第一医院核医学科 100034

通信作者:魏红星, Email: weihongxing@263.net

【摘要】目的 评价⁹⁹Tc^m-二乙撑三胺五乙酸(DTPA)核素肾动态显像(Gates法)检测心脏移植患者肾小球滤过功能的准确性。**方法** 回顾性纳入2017年9月至2018年6月阜外医院拟行心脏移植手术的终末期心力衰竭的34例患者[男30例、女4例,年龄(45±14)岁]为心脏移植组,另选择41例心功能正常患者作为对照组[男19例、女22例,年龄(50±17)岁],均行Gates法和双血浆法(DPSM)测定肾小球滤过率(GFR),分别为gGFR和dGFR。以DPSM为标准,验证Gates法的准确性。17例心脏移植组患者术后重复行Gates法及DPSM,依据Gates法测得的分肾比值估算DPSM测定的左右分肾GFR(dGFRL与dGFRR)。采用Pearson相关和配对t检验分析数据。**结果** 心脏移植组的gGFR高于dGFR[(66.49±15.66)与(49.16±13.24) ml·min⁻¹·1.73 m⁻²; t=6.728, P<0.01],两者呈中等相关(r=0.467, P<0.01);对照组gGFR与dGFR无明显差异[(65.35±26.28)与(62.22±21.37) ml·min⁻¹·1.73 m⁻²; t=1.268, P=0.212],两者呈强相关(r=0.799, P<0.01);2组相关性的差异有统计学意义(z=-2.44, P<0.05)。患者心脏移植术后肌酐水平呈下降趋势,而DPSM对应的dGFR、dGFRL、dGFRR均呈上升趋势,提示术后较术前肾功能改善。**结论** ⁹⁹Tc^m-DTPA核素肾动态显像(Gates法)测定心脏移植患者GFR的准确性欠佳;DPSM结合Gates法的GFR联合测定方案可提供总体GFR并准确估算分肾GFR,或可作为可靠的心脏移植手术肾功能动态监测手段。

【关键词】 心脏移植;放射性核素显像;肾小球滤过率;超声检查;⁹⁹锝五乙酸盐

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200420-00159

Accuracy of glomerular filtration rate measured by ⁹⁹Tc^m-DTPA renal dynamic imaging (Gates method) in heart transplant recipients

Zhang Wen¹, Chen Yan², Fang Xiaonan², Jiang Nan¹, Guo Feng¹, Fu Zhanli³, Fang Wei¹, Wei Hongxing¹

¹Department of Nuclear Medicine, Cardiovascular Institute and Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China; ²Department of Cardiovascular Surgery, Cardiovascular Institute and Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China; ³Department of Nuclear Medicine, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

Corresponding author: Wei Hongxing, Email: weihongxing@263.net

【Abstract】Objective To evaluate the accuracy of glomerular filtration rate (GFR) assessed from the renal dynamic imaging method (Gates method) with ⁹⁹Tc^m-diethylenetriamine pentaacetic acid (DTPA) in the heart transplant population. **Methods** From September 2017 to June 2018, 34 patients with advanced heart failure who were prepared for surgery (30 males, 4 females; age: (45±14) years; heart transplant group) and 41 patients with normal heart function (19 males, 22 females; age: (50±17) years; control group) in Fuwai Hospital were respectively enrolled. GFRs of all patients were measured using Gates method (gGFR) and dual plasma sample method (DPSM; dGFR) with ⁹⁹Tc^m-DTPA. The accuracy of Gates method for detecting GFR was verified by using DPSM as the reference. Seventeen patients in heart transplant group underwent ⁹⁹Tc^m-DTPA renal dynamic imaging for Gates and DPSM results repeatedly after the surgery. The single kidney (left and right) functions (dGFRL and dGFRR) of DPSM were obtained according to the results of Gates method. Pearson correlation analysis and paired t test were used to analyze the data. **Results** The gGFR in heart transplant group was higher than dGFR ((66.49±15.66) vs (49.16±13.24) ml·min⁻¹·1.73 m⁻²; t=6.728, P<0.01), and there was a moderate correlation between them (r=0.467, P<0.01). No difference between gGFR and dGFR in control group was observed ((65.35±26.28) vs (62.22±21.37) ml·min⁻¹·1.73 m⁻²; t=1.268, P=0.212), and there was a good correlation

between them ($r=0.799$, $P<0.01$). The difference between 2 correlation coefficients was statistically significant ($z=-2.44$, $P<0.05$). Serum creatinine decreased, while dGFR, dGFRL and dGFRR increased after the surgery, suggesting the improved renal function. **Conclusions** The renal dynamic imaging method (Gates method) with $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA has less accuracy in the heart transplant patients. Combination of DPSM and Gates method can provide the precise total GFR and assess single kidney GFR, and may serve as a tool to monitor the renal function for the heart transplant patients in clinic.

【Key words】 Heart transplantation; Radionuclide imaging; Glomerular filtration rate;

Ultrasonography; Technetium Tc 99m pentetate

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200420-00159

慢性肾功能衰竭是心脏移植患者常见的术后并发症^[1]。及早发现术后肾功能不全并及时采取措施干预,对改善患者生存质量有重要意义。肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)的改变是患者病程变化及预后的风险指标,准确测定GFR对于心脏移植患者的长期监测十分重要^[2]。

$^{99}\text{Tc}^m$ -二乙撑三胺五乙酸(diethylene triamine pentoacetic acid, DTPA)肾动态显像(Gates法)因简便可靠被广泛用于临床,该法可直观观察肾血流情况,并得到总体GFR和分肾滤过功能参数,定量评价肾滤过功能的变化,因此已成为心脏移植术前后肾滤过功能监测的常规方法。但目前针对该法的准确性还有一定的争议^[3-5],特别是其对于心脏移植患者的准确性尚无定论。本研究以测定GFR的“金标准”双血浆法(dual plasma sample method, DPSM)作为对照,研究Gates法测定心脏移植患者GFR的准确性,从而确定适合心脏移植患者的肾功能监测方案。

资料与方法

1. 研究对象。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。回顾性纳入2017年9月至2018年6月于中国医学科学院阜外医院就诊的拟行心脏移植手术的34例终末期心力衰竭患者作为心脏移植组,其中男30例、女4例,年龄12~67(45±14)岁;另纳入41例心功能正常患者(疑似肾血管性高血压患者)作为对照组,其中男19例、女22例,年龄18~85(50±17)岁。患者纳入标准:年龄>18岁,排除急性肾疾病、多囊肾、肾透析患者及肢体缺如。以超声测定的

左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)≥40%(依据《中国心力衰竭诊断和治疗指南2014》^[6])为心功能正常组(对照组)入组标准,LVEF<40%并拟行心脏移植术为心脏移植组入组标准。患者一般资料见表1。

2. 肾功能测定。患者均行Gates法和DPSM测定双肾GFR(分别为gGFR和dGFR),并测定血清肌酐和尿素等生化指标,同时行超声检查测定心功能。心脏移植组中,17例行心脏移植术后2周内再行Gates法及DPSM测定GFR;依据Gates法测得的术前术后分肾比值(uptake%)分别估算DPSM测定的分肾GFR(左肾为dGFRL、右肾为dGFRR)。(1) $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA肾动态显像。嘱患者禁食6 h以上,检查前30 min饮水150~300 ml。显像前排空膀胱。记录患者年龄、身高和体质量。①图像采集。采用美国GE Discovery NM/CT 640型SPECT/CT仪显像。将注射器置于距离探头30 cm的检查床固定位置,进行6 s满针筒计数采集。“弹丸”式注射 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA(北京原子高科股份有限公司提供,放化纯>95%)74~111 MBq,腹主动脉显影后于后前位即刻采集2 s/帧×30帧的血流灌注相及60 s/帧×20帧的功能相。采集完毕后,于同样位置采集空针筒计数。②图像处理。手动输入患者身高、体质量,沿双肾轮廓勾画双肾感兴趣区(region of interest, ROI),于肾底部外周区域勾画半月形本底ROI。由程序自动计算出总体GFR、分肾GFR及经体表面积(body surface area, BSA)标准化的GFR。Gates法公式如下:

$$\text{GFR}=9.812 \times \text{uptake\%}-6.825 \times 19$$

$$\text{uptake\%}=[(R-RB)/e^{-\mu R}+(L-LB)/e^{-\mu L}] \times 100/(Pre-Post)$$

表1 2组患者一般资料($n=75$)

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁; $\bar{x}\pm s$)	左心室射血分数 (%; $\bar{x}\pm s$)	肌酐 (mmol/L; $\bar{x}\pm s$)	尿素 (mmol/L; $\bar{x}\pm s$)	肾功能不全 (例)
对照组	41	19/22	50±17	63±5	98.98±51.05	5.96±2.30	17
心脏移植组	34	30/4	45±14	26±6	94.42±24.28	9.11±3.04	26
合计	75	49/26	48±16	47±19	98.65±41.24	7.49±3.14	43
t 值/ χ^2 值		14.403 ^a	1.069	27.89	0.508	-5.106	9.312 ^a
P 值		<0.01	0.289	<0.01	0.614	<0.01	<0.01

注:根据双血浆法,肾小球滤过率<60 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²判定为肾功能不全;^a χ^2 值

$$\chi R = 13.3 \times (\text{体质量}/\text{身高}) + 0.7$$

$$\chi L = 13.2 \times (\text{体质量}/\text{身高}) + 0.7 \quad \dots \dots \dots \text{公式 1}$$

经 BSA 标准化后:

$$GFR = (9.812 \times 70 \times \text{uptake\%} - 6.825 \times 19) \times 1.73/\text{BSA}$$

$$\text{BSA} = 0.007184 \times \text{体质量}^{0.425} \times \text{身高}^{0.725} \quad \dots \dots \dots \text{公式 2}$$

其中, GFR 的单位为 ml/min , 经 BSA 标准化后 GFR 单位为 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$ 。 L, R 表示左肾、右肾放射性计数; LB, RB 为左肾、右肾本底放射性计数; $\chi L, \chi R$ 为左侧、右侧肾脏深度; μ 为 $^{99}\text{Tc}^m$ 在软组织中的衰减系数 ($0.153/\text{cm}$); Pre、Post 分别表示满针筒及空针筒放射性计数; e 为常数。

(2) DPSM 测定 GFR。注射前后测定满针和空针的放射性计数, 准确记录测量时间及 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA 的注射时间。注射后 2 及 4 h 分别从对侧前臂肘静脉取血 4 ml, 肝素抗凝, 记录准确的抽血时间。以离心半径 15 cm, 1 000 r/min 离心 10 min 后取上清液 1 ml, 进行 30 s 放射性计数测定, 记录测量时间, 据以下公式计算总体 GFR。DPSM 公式如下:

$$GFR = \frac{D \times \ln(P_1/P_2)}{T_2 - T_1} \times \exp\left(\frac{T_1 \ln P_2 - T_2 \ln P_1}{T_2 - T_1}\right) \quad \dots \dots \dots \text{公式 3}$$

经 BSA 标准化:

$$GFR = \left[\frac{D \times \ln(P_1/P_2)}{T_2 - T_1} \times \exp\left(\frac{T_1 \ln P_2 - T_2 \ln P_1}{T_2 - T_1}\right) \right] \times 1.73/\text{BSA} \quad \dots \dots \dots \text{公式 4}$$

其中, D 为净注射剂量, T_1 为第 1 次采血时间, P_1 为 T_1 时的放射性计数, T_2 为第 2 次采血时间, P_2 为 T_2 时的放射性计数。所有计数均行时间衰减校正。

DPSM 分肾功能估算采用如下公式^[7]:

$$\text{左肾 GFR}_{\text{DPSM}} = \text{总 GFR}_{\text{DPSM}} \times \text{左肾 uptake\%}_{\text{Gates 法}}$$

$$\text{右肾 GFR}_{\text{DPSM}} = \text{总 GFR}_{\text{DPSM}} \times \text{右肾 uptake\%}_{\text{Gates 法}} \quad \dots \dots \dots \text{公式 5}$$

3. 统计学处理。采用 IBM SPSS 21.0 软件进行统计分析。数据均进行正态性检验, 符合正态分布的定量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。gGFR 与 dGFR 的相关性采用 Pearson 相关分析, r 值在 0.4~0.6 为中等程度相关, 0.6~0.8 为强相关^[8]; 组间相关系数比较采用 Fisher 转换 (Fisher r to z transformation); gGFR 与 dGFR 的一致性采用 Bland-Altman 检验; 差异比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

心脏移植组患者的 gGFR 高于 dGFR [(66.49 ± 15.66) 与 (49.16 ± 13.24) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$], 高出 17.33 (95% CI: -12.11~46.78) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$; $t = 6.728, P < 0.01$], 两者呈中等相关 ($r = 0.467, P <$

0.01)。对照组 gGFR 与 dGFR 无明显差异 [(65.35 ± 26.28) 与 (62.22 ± 21.37) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$; $t = 1.268, P = 0.212$], 两者差值为 3.13 (95% CI: -27.82~34.07) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$; gGFR 与 dGFR 呈强相关 ($r = 0.799, P < 0.01$)。2 组相关性的差异有统计学意义 ($z = -2.44, P < 0.05$)。Bland-Altman 检验结果提示, 对照组的 gGFR 与 dGFR 的一致性高于心脏移植组。

心脏移植组患者中, 17 例术后重复行 Gates 法及 DPSM 测定 GFR。患者术前与术后的血清肌酐水平分别为 (98.38 ± 27.31) 和 (78.43 ± 19.02) $\mu\text{mol}/\text{L}$; 术前术后 DPSM 测得的 dGFR 分别为 (53.72 ± 10.70) 与 (64.88 ± 18.90) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$, dGFRL 分别为 (26.94 ± 6.13) 与 (33.24 ± 11.81) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$, dGFRR 分别为 (26.77 ± 5.81) 与 (31.64 ± 9.65) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$ 。相较术前, 患者术后肌酐水平呈下降趋势 ($t = -3.263, P < 0.05$); DPSM 测得的 dGFR、dGFRL、dGFRR 均呈上升趋势 (t 值: 2.659~2.854, 均 $P < 0.05$), 提示术后较术前肾功能改善。而单纯 Gates 法测得的手术前后的 GFR 无明显差异 [(67.08 ± 16.52) 与 (74.91 ± 23.11) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$; $t = 1.428, P = 0.173$]。

根据 DPSM 测定的 $GFR = 60 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$ 为界, 将 75 例患者分为肾功能减低组及肾功能正常组, 2 组患者 gGFR 与 dGFR 的相关性差异无统计学意义 (r 值: 0.467 和 0.365; $z = 0.51, P > 0.05$)。

讨 论

肾功能不全是心脏移植术后最主要的并发症之一, 患者的肾功能监测非常重要^[9-10]。 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA 核素肾动态显像 (Gates 法) 为临床常规测定 GFR 的方法。相较于基于肌酐的公式估计法 [Cockcroft-Gault's、简化肾脏病膳食改良试验 (modification of diet in renal disease trial, MDRD) 公式], 该法除可得到总体 GFR 参数外, 还可测得分肾功能参数, 并直观地观察肾形态与血流灌注情况。然而, 本研究结果表明: 对于心脏移植患者, Gates 法测定 GFR 的准确性欠佳, 无法作为心脏移植患者的常规肾功能监测指标。

目前, 测定 GFR 的方法包括菊粉清除率测定法、 $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA 核素肾动态显像法、DPSM、基于血清肌酐的 GFR 估算法等。菊粉清除率测定 GFR 最为准确, 但其操作复杂、价格昂贵, 无法在临幊上广泛开展。Gates 法由于其易用性和可测定分肾功能

等技术优势已普及于临床,但其准确性存有争议。Saeed 等^[3]报道 Gates 法低估 GFR 且与 DPSM 结果呈弱相关($r=0.36$);Itoh^[4]认为 Gates 法较 Cockcroft-Gault's 公式估测法准确性稍差,且会高估 GFR,不适用于临床诊断。但 Ayan 等^[5]却报道 Gates 与 DPSM 的相关性良好($r=0.76$),结果准确可靠。

本研究将心功能衰竭的心脏移植患者作为研究对象来评价 Gates 法的准确性,结果显示,对于此类患者,Gates 法测定的 GFR 与“金标准”DPSM 仅呈中等相关($r=0.467$),且普遍高估;而对于心功能正常组患者,其测定结果与 DPSM 更为接近($r=0.799$)。

笔者推测 Gates 法测定结果不准确且高估的可能原因为:(1)Gates 法公式的计算基础是 24 h 肌酐清除率^[11],而血清肌酐对于 GFR 检测的灵敏度及准确性欠佳^[2],对于心脏移植患者可能会更加不准确。因为该类群体可能患有多种慢性疾病,肌肉质量减少,从而影响血清肌酐含量;长期应用皮质激素还可能会加重该情况^[12]。另外,心力衰竭患者肾功能的减低会造成肾小管肌酐分泌量增加,导致高估 GFR。本研究结果也证实了该推测。(2)心力衰竭患者肾的低血流灌注水平造成了放射性测定的统计涨落增加,进而对结果造成影响。(3)低灌注水平可能会导致本底计数水平的升高,对肾的净计数测定造成影响。有研究表明常规的本底 ROI 的勾画位于肾底部外周区域,不包括肝和脾计数,这会导致低估本底计数,间接导致高估 GFR^[13],当肾功能或心功能受损导致本底计数水平升高时会加重此情况。

DPSM 作为检测 GFR 的参考标准,其准确性已被既往研究所证实^[14]。与单独行 Gates 法对比,Gates 法联合 DPSM 方案只需额外增加 2 个时间点的血浆取样,即可得到更精准的 DPSM 总体及分肾 GFR。既往研究证实,Gates 法测得的分肾功能与“金标准”^{99m}Tc-DMSA 肾静态显像测得的分肾功能相关性良好,准确可靠^[15]。本研究中,相较于术前,患者术后总体 GFR、左右分肾 GFR 均有明显升高;血清肌酐也显示出同样的变化趋势;而单纯 Gates 法测得的手术前后的 GFR 却没有明显差异,提示 Gates 法无法作为监测心脏移植术前后肾功能变化的方法,而 Gates 法结合 DPSM 测定 GFR 或是心脏移植术前后肾功能动态监测的最佳方案。

由于样本量的限制,本研究未按肾功能水平对心脏移植患者进行分组,因此无法对 Gates 法准确

性欠佳的原因进行深入探讨。既往研究更关注于肾功能水平对 Gates 法准确性的影响,但结果存在较大差异^[16-17]。本研究尝试将 75 例患者分为肾功能减低组及肾功能正常组,2 组 Gates 法 GFR 与 DPSM GFR 的相关性并无明显差异,提示心功能水平可能是影响 Gates 法准确性的独立因素。此外,提高 Gates 法准确性的技术解决方案仍需进一步试验(如高剂量采集方案、本底勾画校正方案等)。

综上,Gates 法肾动态显像测定心脏移植患者 GFR 的准确性欠佳,而 Gates 法结合 DPSM 的 GFR 联合测定可提供精准的总体 GFR 及分肾 GFR,或是现阶段心脏移植术肾功能动态监测的较好方案。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Navarro-Manchón J, Martínez-Dolz L, Almenar L, et al. Prognostic value of glomerular filtration rate 1 year after heart transplantation [J]. Rev Esp Cardiol, 2010, 63 (5): 564-570. DOI:10.1016/S1885-5857(10)70118-3.
- [2] 李建强,宋云虎,黄洁,等.应用^{99m}Tc-DTPA 肾动态显像评价心脏移植术后 1 个月及 1 年肾功能的变化[J].中国循环杂志,2012, 27(4): 295-298. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2012.04.016.
Li JQ, Song YH, Huang J, et al. Evaluation of renal function by ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic imaging in patients at 1 month and 1 year after heart transplantation [J]. Chin Circul J, 2012, 27 (4): 295-298. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2012.04.016.
- [3] Saeed S, Saeed S, Khawar A, et al. Comparison of gamma camera-based methods to measure glomerular filtration rate in potential kidney donors [J]. Nucl Med Commun, 2015, 36 (5): 481-485. DOI:10.1097/MNM.0000000000000280.
- [4] Itoh K. Comparison of methods for determination of glomerular filtration rate: Tc-99m-DTPA renography, predicted creatinine clearance method and plasma sample method [J]. Ann Nucl Med, 2003, 17 (7): 561-565.
- [5] Ayan AK, Varoğlu E, Keleş M, et al. Comparison of glomerular filtration rate measurements with the two-plasma sample technique using Tc-99m DTPA and other methods in donor candidates for renal transplantation [J]. Turk J Med Sci, 2016, 46 (4): 1025-1032. DOI:10.3906/sag-1403-58.
- [6] 中华医学会心血管病学分会,中华心血管病杂志编辑委员会.中国心力衰竭诊断和治疗指南 2014[J].中华心血管病杂志,2014, 42(2): 98-122. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2014.02.004.
Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Guidelines for diagnosis and treatment of heart failure in China 2014[J]. Chin J Cardiol, 2014, 42 (2): 98-122. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2014.02.004.
- [7] 张峰,谢良骏,曹素娥,等.分析^{99m}Tc-DTPA 肾动态显像 Gates 法与双血浆法评估分肾功能的价值[J].中华腔镜泌尿外科杂志(电子版),2017, 11 (4): 14-16. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2017.04.004.

- Zhang F, Xie LJ, Cao SE, et al. Evaluation of glomerular filtration rate using $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA dynamic renal imaging Gates method and double-phase plasma method [J]. Chin J Endourol (Electronic Edition), 2017, 11(4): 14-16. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2017.04.004.
- [8] de Winter JC, Gosling SD, Potter J. Comparing the Pearson and Spearman correlation coefficients across distributions and sample sizes: a tutorial using simulations and empirical data [J]. Psychol Methods, 2016, 21(3): 273-290. DOI:10.1037/met0000079.
- [9] González-Vélchez F, Vázquez de Prada JA. Chronic renal insufficiency in heart transplant recipients: risk factors and management options [J]. Drugs, 2014, 74(13): 1481-1494. DOI:10.1007/s40265-014-0274-9.
- [10] Nguyen C, Shapiro R. Renal failure and transplantation following non-renal solid-organ transplantation [J]. Curr Opin Organ Transplant, 2012, 17(5): 525-530. DOI:10.1097/MOT.0b013e3283574388.
- [11] Gates GF. Glomerular filtration rate: estimation from fractional renal accumulation of $^{99}\text{Tc}^m$ -DTPA (stannous) [J]. AJR Am J Roentgenol, 1982, 138(3): 565-570. DOI:10.2214/ajr.138.3.565.
- [12] Bosma RJ, Doorenbos CR, Stegeman CA, et al. Predictive performance of renal function equations in renal transplant recipients: an analysis of patient factors in bias [J]. Am J Transplant, 2005, 5(9): 2193-2203. DOI:10.1111/j.1600-6143.2005.00982.x.
- [13] Hepzbah J, Shanthly N, Oommen R. Comparison of glomerular filtration rate measured by plasma sample technique, Cockcroft Gault method and Gates method in voluntary kidney donors and renal transplant recipients [J]. Indian J Nucl Med, 2013, 28(3): 144-151. DOI:10.4103/0972-3919.119544.
- [14] Zhang Y, Sui Z, Yu Z, et al. Accuracy of iohexol plasma clearance for GFR-determination: a comparison between single and dual sampling [J]. BMC Nephrol, 2018, 19(1): 174. DOI:10.1186/s12882-018-0965-7.
- [15] Yalçın H, Ozen A, Günay EC, et al. Can Tc 99m DTPA be used in adult patients in evaluation of relative renal function measurement as the reference Tc 99m DMSA method? [J]. Mol Imaging Radionucl Ther, 2011, 20(1): 14-18. DOI:10.4274/MIRT.20.03.
- [16] 马迎春,左力,张春丽,等.肾动态显像法测定肾小球过率在肾功能不同分期中的适用性[J].中华医学杂志,2006,86(5):351-353. DOI:10.3760/j.issn:0376-2491.2006.05.019.
- Ma YC, Zuo L, Zhang CL, et al. Applicability of kidney dynamic imaging in determining glomerular overrate in different stages of renal function [J]. Natl Med J China, 2006, 86(5): 351-353. DOI:10.3760/j.issn:0376-2491.2006.05.019.
- [17] Prasad N, Barai S, Gambhir S, et al. Comparison of glomerular filtration rate estimated by plasma clearance method with modification of diet in renal disease prediction equation and Gates method [J]. Indian J Nephrol, 2012, 22(2): 103-107. DOI:10.4103/0971-4065.97123.

(收稿日期:2020-04-20)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2020 年本刊可直接用缩写的常用词汇

ATP (adenosine-triphosphate), 三磷酸腺苷

CI (confidence interval), 可信区间

CT (computed tomography), 计算机体层摄影术

CV (coefficient of variation), 变异系数

DNA (deoxyribonucleic acid), 脱氧核糖核酸

HAV (hepatitis A virus), 甲型肝炎病毒

Hb (hemoglobin), 血红蛋白

HBsAg (hepatitis B surface antigen), 乙型肝炎表面抗原

HBV (hepatitis B virus), 乙型肝炎病毒

HCV (hepatitis C virus), 丙型肝炎病毒

MRI (magnetic resonance imaging), 磁共振成像

PCR (polymerase chain reaction), 聚合酶链反应

PET (positron emission tomography), 正电子发射体层摄影术

PLT (platelet count), 血小板计数

RBC (red blood cells), 红细胞

RNA (ribonucleic acid), 核糖核酸

SPECT (single photon emission computed tomography), 单光子发射计算机体层摄影术

WBC (white blood cells), 白细胞

WHO (World Health Organization), 世界卫生组织

本刊编辑部