

袁磊磊, 刘俊, 王遥, 等. 不同体表面积标准化方法在老年患者 Gate's 法测算 GFR 中的适用性研究[J]. CT 球理论与应用研究, 2018, 27(3): 293-299. doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.03.02.

Yuan LL, Liu J, Wang Y, et al. The application study of different BSA normalization methods in the evaluation of GFR by Gate's in elder patients[J]. CT Theory and Applications, 2018, 27(3): 293-299. doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.03.02. (in Chinese).

## 不同体表面积标准化方法在老年患者 Gate's 法测算 GFR 中的适用性研究

袁磊磊, 刘俊, 王遥, 苏卫红, 杨吉刚<sup>✉</sup>

(首都医科大学附属北京友谊医院核医学科, 北京 100050)

**摘要:** 目的: 以双血浆法为参考标准, 评估不同体表面积 (BSA) 标准化方法在老年患者 Gate's 法测算肾小球滤过率 (GFR) 中的适用性研究。方法: 91 例在我院行双血浆法以及肾动态显像检查的老年患者纳入本研究, 分别计算获得  $tGFR_0$  和  $gGFR_0$  (未行 BSA 标准化)。根据不同 BSA 标准化方法 (DuBois 公式, Gehan and George 公式, Stevenson 公式, 胡咏梅公式, 胡咏梅提出的性别分开计算公式), 分别计算并记录为  $gGFR_{1-5}$  和  $tGFR_{1-5}$ 。以双血浆法为参考标准, 进行  $tGFR_x$  与  $gGFR_x$  的相关性分析。根据体重指数 (BMI) 将患者分为正常及过轻组 (A 组, 42 例) 和过重及肥胖组 (B 组, 49 例), 将相应  $gGFR$  记录为  $gGFR_{x-a}$  和  $gGFR_{x-b}$ , 并分别与  $tGFR_{x-a}$  和  $tGFR_{x-b}$  进行相关性分析。结果:  $tGFR_0$  与  $gGFR_0$  的相关性系数  $r_0 = 0.723$ ,  $tGFR_{1-5}$  与不同 BSA 标准化后的  $gGFR_{1-5}$  相关系数  $r_{1-5}$  分别为 0.721, 0.719, 0.720, 0.718, 0.751, 差异具有统计学意义 ( $P$  值均 = 0.000)。亚组分析结果显示: A 组  $tGFR$  与  $gGFR$  相关性普遍较好,  $tGFR$  与  $gGFR$  相关性良好, 相关系数  $r_{0-5a}$  分别为 0.817, 0.828, 0.827, 0.828, 0.826, 0.841, 但相关系数最高者为使用第 5 种 BSA 标准化公式后获得的  $gGFR$ ,  $r_{5-a} = 0.841$  ( $P < 0.05$ )。B 组  $tGFR$  与  $gGFR$  相关性均较差, 相关系数  $r_{0-5b}$  分别为 0.634, 0.626, 0.620, 0.623, 0.621, 0.678, 均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结论: 在计算 GFR 方面, Gate's 法与  $^{99m}\text{Tc}-\text{DTPA}$  双血浆法具有较好相关性, 但是过重或肥胖患者 GFR 的准确评估仍为临床难点问题, 需要以患者实际情况为基础, 进行综合判断。

**关键词:** 肾小球滤过率; Gate's 法; 体表面积; 体重指数

doi:10.15953/j.1004-4140.2018.27.03.02 中图分类号: O 242; R 692 文献标志码: A

老年患者肾小球滤过率 (glomerular filtration rate, GFR) 的准确判断具有重要临床意义。目前 GFR 估算方法众多,  $^{99m}\text{Tc}-\text{DTPA}$  肾动态显像为其中之一, 因其简单、无创、易操作并能得到分肾 GFR 而广泛应用于临床, 但针对其准确性的研究仍为热点, 尤其是在体型偏胖患者中的准确性。本文以临床普遍认可的参考标准  $^{99m}\text{Tc}-\text{DTPA}$  双血浆法作为参考标准, 评估不同体表面积 (BSA) 标准化方法在老年患者 Gate's 法测算 GFR 中的适用性, 并对不同体型患者进行分组讨论。

收稿日期: 2018-02-08。

基金项目: 国家自然科学基金 (81601519); 北京市医院管理局“青苗”计划专项 (QML20170106); 北京市属医院科研培育计划 (PX2017035)。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

2011 年 4 月至 2013 年 1 月期间样本于医院行双血浆法和 Gate's 测量 GFR 的老年患者纳入本研究。回顾性分析研究对象的性别、年龄、身高、体重等一般资料以及不同体表面积标准化方法测算 GFR 的适用性。

### 1.2 研究方法

$^{99m}\text{Tc}$ -DTPA 双血浆法测定 GFR (tGFR) 以及 Gate's 法测定 GFR (gGFR) 的检查方法见以往报道<sup>[1]</sup>。分别计算获得 tGFR<sub>0</sub> 和 gGFR<sub>0</sub> (未行 BSA 标准化)。根据不同 BSA 标准化方法 (DuBois 公式, Gehan and George 公式, Stevenson 公式, 胡咏梅公式, 胡咏梅提出的性别分开公式), 分别计算并记录为 gGFR<sub>x-5</sub>。根据体重指数 (BMI) 将患者分为正常及过轻组 (A 组, 42 例) 和过重及肥胖组 (B 组, 49 例), 将相应 gGFR 记录为 gGFR<sub>x-a</sub> 和 gGFR<sub>x-b</sub>。

(1) DuBois 公式:  $\text{BSA} = 0.007184 \times H^{0.725} \times W^{0.425}$

(2) Gehan and George 公式:  $\text{BSA} = 0.0235 \times H^{0.42246} \times W^{0.51456}$

(3) Stevenson 公式:  $\text{BSA} = 0.0061 \times H + 0.0128 \times W - 0.1529$

(4) 胡咏梅提出的公式:  $\text{BSA} = 0.0061 \times H + 0.0124 \times W - 0.0099$

(5) 胡咏梅提出的公式 (性别分开):

男性  $\text{BSA} = 0.0057 \times H + 0.0121 \times W + 0.0882$

女性  $\text{BSA} = 0.0073 \times H + 0.0127 \times W - 0.2106$

$g\text{GFR}_x = g\text{GFR}_0 \times \text{参考体表面积}/\text{病人体表面积}$ 。

BSA 为体表面积 ( $\text{m}^2$ ); H 为身高 (cm); W 为体重 (kg); gGFR<sub>0</sub> 为未行 BSA 标准化的 gGFR; gGFR<sub>x</sub> 为不同公式 BSA 标准化的 gGFR。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件完成所获得数据的统计分析。定量资料若符合正态分布, 则使用均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示; 如不符合正态分布, 则使用中位数 (四分位间距) 表示, 使用 Wilcoxon 质和检验进行组间中位数比较。将 tGFR 与对应的行或未行 BSA 标准化的 gGFR 进行 Spearman 相关性分析, 其关系曲线用最小二乘法进行直线拟合, 分别绘制 tGFR 与所对应测算到的 gGFR 的 Bland-Altman 散点图, 之后根据体重指数进行亚组相关性分析。

## 2 结果

### 2.1 一般资料分析

本研究共纳入患者 91 例, 均行肾动态显像检查以及双血浆法。其中男性患者 74 例, 女性患者 17 例, 年龄 ( $80.4 \pm 7.5$ ) 岁, 身高 ( $164.75 \pm 7.59$ ) cm, 体重 ( $65.23 \pm 10.76$ ) kg。

### 2.2 tGFR 与 gGFR 的相关性分析

患者 tGFR 为 ( $47.85 \pm 17.74$ ) mL/(min· $1.73\text{m}^2$ ), gGFR 为 ( $49.74 \pm 20.40$ ) mL/(min· $1.73\text{m}^2$ )。tGFR 与 gGFR 之间均具有良好相关性, 但相关程度不同, 相关系数 r 分别为:

0.723, 0.721, 0.719, 0.720, 0.718 和 0.751 (图 1)。其中, 使用胡咏梅提出的性别分开计算公式的 BSA 标准化方法获得的 gGFR<sub>5</sub> 与 tGFR<sub>5</sub> 的相关程度较高, 相关系数为  $r=0.751$ 。GFR 与 gGFR 之间的相关系数为  $r=0.747$ 。

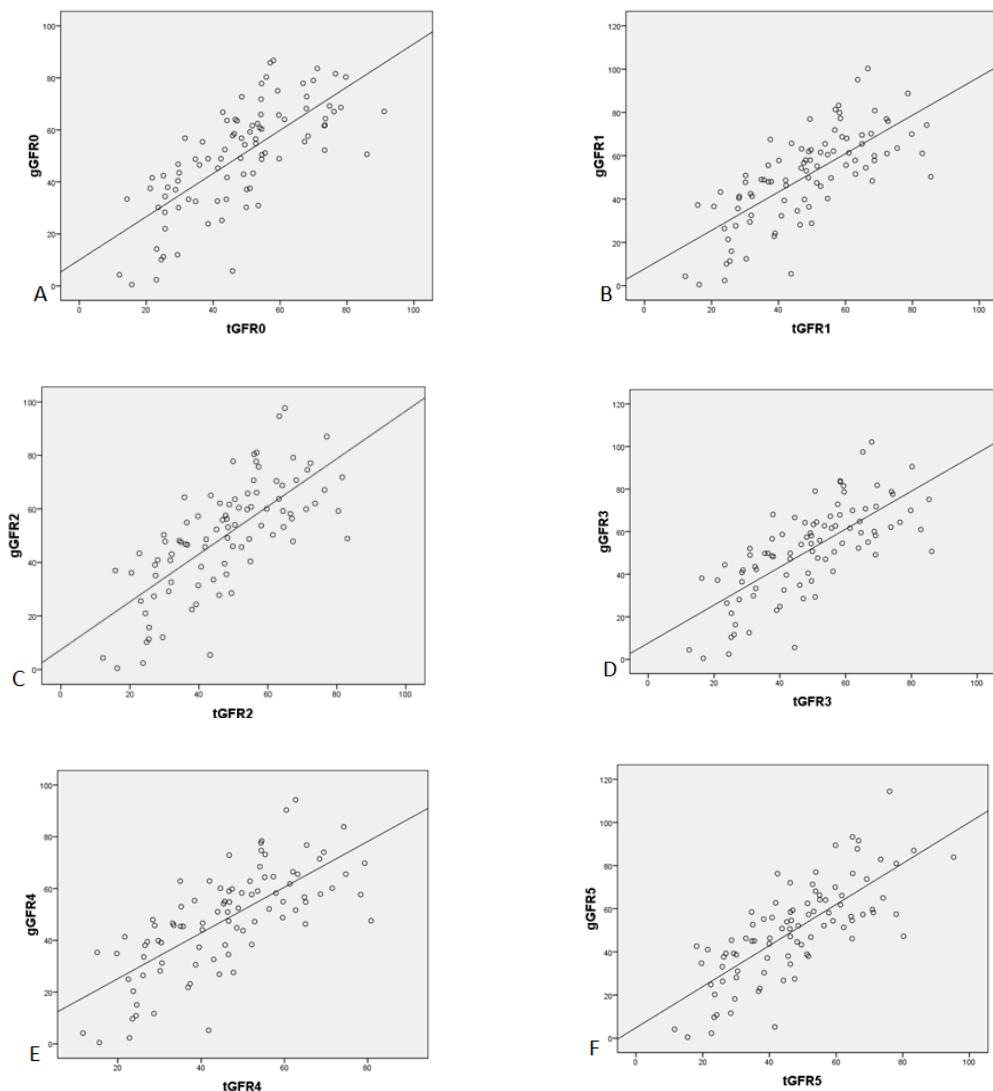


图 1 91 例老年患者 tGFR 与 gGFR 相关性分析 (散点图)

Fig. 1 The correlation analysis of tGFR and gGFR calculated by different BSA standardized formulas in 91 elderly patients (scatter plot)

## 2.3 亚组分析

A 组患者共有 42 例, 男 33 例, 女 9 例, 平均年龄  $(81.67 \pm 6.39)$  岁, gGFR<sub>0-a</sub> 为  $(45.76 \pm 21.21) \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ , tGFR<sub>0-a</sub> 的平均值为  $(41.10 \pm 15.87) \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 。tGFR<sub>0-a</sub> 与 gGFR<sub>0-a</sub> 之间具有非常好的相关性, 相关系数  $r_{0-a}=0.817$ 。B 组患者共有 49 例, 男

41 例, 女 8 例, 平均年龄 ( $79.35 \pm 8.33$ ) 岁,  $g\text{GFR}_{0-b}$  的平均值为 ( $53.16 \pm 19.24$ ) mL/ (min·1.73 m<sup>2</sup>),  $t\text{GFR}_{0-b}$  为 ( $53.64 \pm 17.34$ ) mL/ (min·1.73 m<sup>2</sup>)。 $t\text{GFR}$  与  $g\text{GFR}$  之间相关性较差,  $r_{0-b} = 0.634$ 。使用不同公式 BSA 标准化后所获得的 GFR 中, 使用胡咏梅提出的性别分开计算公式进行 BSA 标准化后的  $t\text{GFR}$  与  $g\text{GFR}$  相关性最好, A 组以及 B 组的  $r$  分别为 0.841 和 0.678 (图 2)。

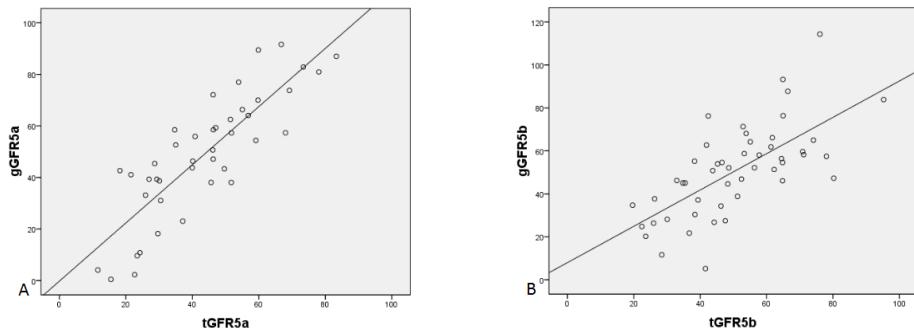


图 2 A 组和 B 组老年患者使用胡咏梅提出的性别分开 BSA 标准化公式后  $t\text{GFR}$  与  $g\text{GFR}$  的相关性分析 (散点图)

Fig. 2 The correlation analysis of  $t\text{GFR}$  and  $g\text{GFR}$  caculated by the gender separation of BSA standardized formula in group a and group b (scatter diagram)

### 3 讨论

GFR 的准确评估非常重要, 目前获得方法众多, Gate's 法为其中之一, 因简便易行、无创, 并且有能够获得分肾功能以指导临床治疗等优势, 而被广泛应用于临床<sup>[2]</sup>。一方面, <sup>99m</sup>Tc-DTPA 肾动态显像所获得的 GFR, 常常被作为比较各种临床方程式测算 GFR 准确性的标准<sup>[3]</sup>, 例如近期有研究以肾动态显像法为标准, 探讨 eGFR (CKD-EPIscr、CKD-EPIcys、CKD-EPIscr-cys、原始 MDRD、简化 MDRD 以及中国改良简化 MDRD) 六种方程式的准确性, 并得出 CKD-EPIscr-cys 所获得的 GFR 与肾动态显像法所获得的 GFR 一致性高、偏差小, 准确性更高的结论<sup>[4]</sup>。另一方面, Gate's 法并不是评估肾功能的金标准。目前准确评估肾功能的金标准是菊粉清除率, 但由于菊粉获得困难且临床操作繁琐, 不易实现, 较少被应用于临床<sup>[5-6]</sup>。而由于 <sup>99m</sup>Tc-DTPA 双血浆法与菊粉清除率具有良好的相关性, 被公认为评估 GFR 的参考标准<sup>[7]</sup>。但双血浆法亦存在患者需多次抽血、多次测量的问题, 临床应用也较少<sup>[8]</sup>。因此, 如何得到准确的肾动态显像结果, 为临床医生诊疗提供准确参考价值, 仍是临床难点<sup>[9-10]</sup>。

影响 Gate's 法计算 GFR 准确性的技术因素众多, 以往我们对此进行了分析讨论<sup>[1]</sup>, 并提出部分可行的解决方法。但如何校正体型肥胖等因素对 GFR 准确性的影响, 以提高 GFR 计算准确性的研究仍是热点<sup>[11]</sup>。体重指数 (body mass index, BMI) 是影响 Gate's 法计算 GFR 公式中体表面积 (body surface area, BSA) 标准化的重要因素。进行不同体型患者 GFR 之间的比较, 一般需要采用 BSA 标准化后的 GFR, 而不同公司所采用的公式可能不同, GE 公司常采用 DuBois 公式, 西门子常采用 Gehan and George 公式进行 BSA 计算。

本研究以双血浆法获得的 GFR 作为标准，对不同公式 BSA 标准化后的 GFR 进行比较。结果显示，体型肥胖患者 gGFR 准确性均较差（图 3），使用胡咏梅提出的性别分开体表面积标准化公式计算的 gGFR 相对准确，所得相关系数略高于 DuBois 和 Stevenson 等几种公式的比较结果。

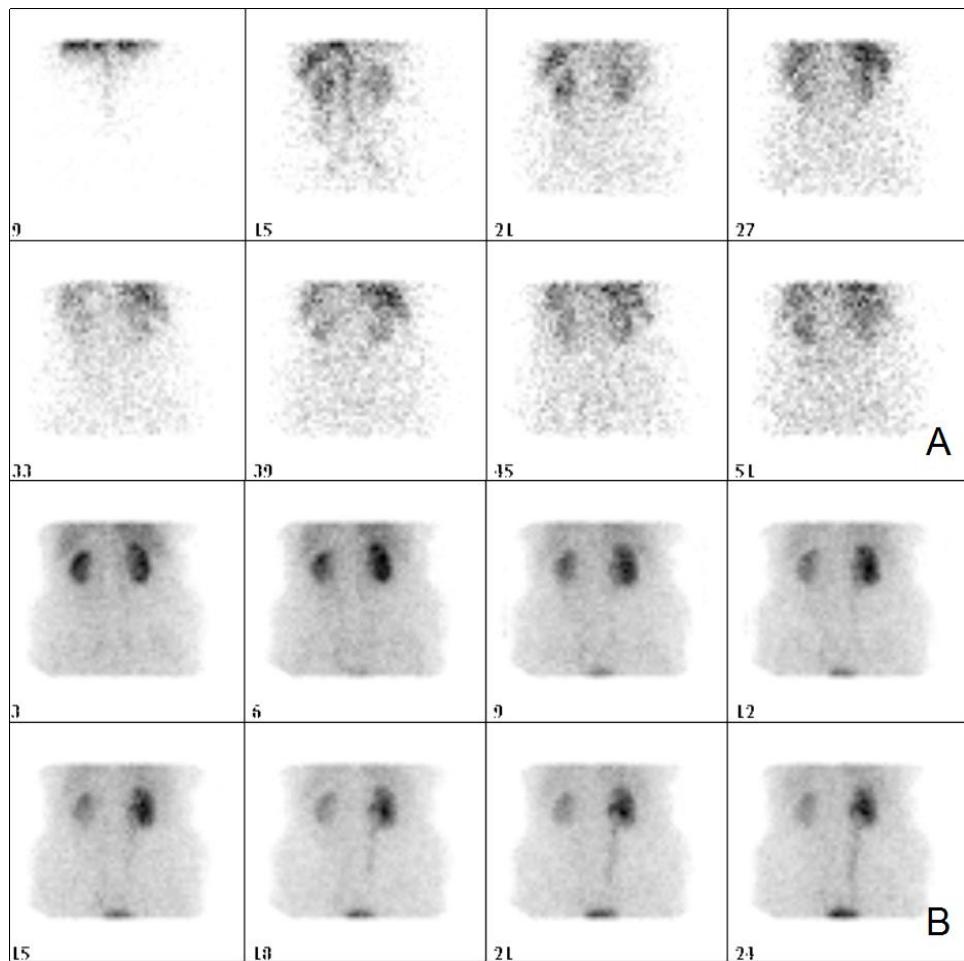


图 3 女性，70岁，身高166 cm，体重90.0 kg。A为肾动态显像血流相，B为肾动态显像功能相。Gate's 法计算  $GFR_T$  为  $50.0 \text{ mL/min}/1.73 \text{ m}^2$ ， $GFR_L$  为  $20.5 \text{ mL/min}/1.73 \text{ m}^2$ ， $GFR_R$  为  $29.5 \text{ mL/min}/1.73 \text{ m}^2$ ，均被低估

Fig. 3 Female, 70 years old, height 166 cm, weight 90.0 kg. A: blood phase of renal dynamic imaging, B: functional phase of renal dynamic imaging. The value of  $GFR_T$   $50.0 \text{ mL/min}/1.73 \text{ m}^2$ ,  $GFR_L$   $20.5 \text{ mL/min}/1.73 \text{ m}^2$  and  $GFR_R$   $29.5 \text{ mL/min}/1.7 \text{ m}^2$  by Gate's method, being underestimated

本研究结果显示：①在老年患者肾功能的评估中，使用 Gate's 法计算获得的 GFR 与双血浆法具有较好相关性，在金标准菊粉清除率以及临床常用参考双血浆法难以实施时，可以作为临床医生评估老年患者肾功能的重要且相对准确的方法；②不同设备所采用的 BSA 标准化公式虽然不同，但所获得的 GFR 与双血浆法获得 tGFR 之间相关性没有显著差别；③结果显示使用胡咏梅提出的性别分开体表面积标准化公式，在患者总体水平及亚组水平

进行分析时, 所获得的  $r$  值均略高于使用其他公式, 这可能具有一定的临床意义, 但本研究纳入 91 例患者中, 男女数量比例为 74:17, 可能需要更大样本量的研究证实; ④ 亚组分析结果显示, 偏重或者肥胖患者不管使用何种方法进行 BSA 标准化, 所获得 gGFR 与 tGFR 的相关性仍然较差, 需要引起临床重视。

## 4 结论

Gate's 法计算 GFR 可作为老年患者肾功能评估的重要、相对准确指标, 但即使使用不同 BSA 标准化公式校正后, 其相关性仍不足以推荐作为临床公式评估 GFR 的金标准, 尤其是偏重或者肥胖老年患者的 GFR 评估, 仍是目前存在的临床难点问题, 需要核医学以及临床医生以患者实际情况为基础, 对肾功能进行综合判断。

## 参考文献

- [1] 袁磊磊, 王鹏, 李春林, 等. 肾动态显像法与双血浆法测定老年患者肾小球滤过率的对比分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2012, (16): 4955-4957.  
Yuan LL, Wang P, Li CL, et al. A comparative analysis of glomerular filtration rate in elderly patients with renal dynamic imaging and dual plasma method[J]. Chinese Journal of Clinicians (Electronic Edition), 2012, (16): 4955-4957. (in Chinese).
- [2] Miftari R, Nura A, Topciu-Shufta V, et al. Impact of gate  $^{99m}\text{Tc}$  DTPA GFR, serum creatinine and urea in diagnosis of patients with chronic kidney failure[J]. Acta Informatica Medica, 2017, 25(2): 99-102.
- [3] Yuan X, Zhang J, Tang K, et al. Determination of glomerular filtration rate with CT measurement of renal clearance of iodinated contrast material versus  $(^{99m}\text{Tc})$ -DTPA dynamic imaging "Gates" method: A validation study in asymmetrical renal disease[J]. Radiology, 2017, 282(2): 552-560.
- [4] 池晓华. GFR 评估方法比较及 GFR 影响因素分析[D]. 广州: 南方医科大学, 2017.  
Chi XH. The study on the methods of GFR evaluation and analysis of influential factors[D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2017. (in Chinese).
- [5] 薛建军, 杨爱民. 放射性核素显像法测定肾小球滤过率在活体移植肾供体中的作用[J]. 现代泌尿外科杂志, 2015, (4): 214-217.  
Xue JJ, Yang AM. The value of radionuclide renal dynamic imaging to evaluate GFR in renal transplantation living donors[J]. Journal of Modern Urology, 2015, (4): 214-217. (in Chinese).
- [6] 虞倩, 王蓓丽, 郭伟, 等. 肾小球滤过率的测定方法及其临床应用[J]. 检验医学, 2015(7): 674-679.  
Yu Q, Wang PL, Guo W, et al. The methods for measuring glomerular filtration rate and their clinical application[J]. Laboratory Medicine, 2015, (7): 674-679. (in Chinese).
- [7] 张庆, 王淑侠, 刘恩涛, 等. CKD-EPI 方程和 Gate's 法在测量高龄老年人肾小球滤过率的适用性比较[J]. 循证医学, 2016, (5): 305-309. 2015, (7): 674-679.  
Zhang Q, Wang SX, Liu ET, et al. Comparison of the estimation on glomerular filtration rate between chronic kidney disease epidemiology collaboration (CKD-EPI) equation and Gate's equation[J]. The Journal of Evidence-Based Medicine, 2016, (5): 305-309. (in Chinese).
- [8] Changjie G, Xusheng Z, Feng H, et al. Evaluation of glomerular filtration rate by different equations in Chinese elderly with chronic kidney disease[J]. International Urology and Nephrology, 2017, 49(1): 133-141.
- [9] Khurana R, Deswal S, Prakash C, et al. Cisplatin induced renal insufficiency measured by glomerular filtration rate with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and by using serum creatinine based formulae: A prospective study[J]. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2016, 10(12): C5-C7.

- [10] Rabadi MH, Aston CE. Compare serum creatinine versus Renal (99m) Tc-DTPA scan determined glomerular filtration rates in veterans with traumatic spinal cord injury and meurogenic bladder[J]. The Journal of Spinal Cord Medicine, 2016, 39(6): 638-644.
- [11] 雷智莉, 郑晓鸽, 张薇, 等. 体重指数对肾小球滤过率体表面积标准化的影响[J]. 山西医科大学学报, 2014, (1): 44-46.
- Lei ZL, Zheng XG, Zhang W, et al. Influence of body mass index on the normalization of glomerular filtration rate[J]. Journal of Shanxi Medical University, 2014, (1): 44-46. (in Chinese).

## The Application Study of Different BSA Normalization Methods in the Evaluation of GFR by Gate's in Elder Patients

YUAN Lei-lei, LIU Jun, WANG Yao, SU Wei-hong, YANG Ji-gang<sup>✉</sup>

Department of Nuclear Medicine, Beijing Friendship Hospital,  
Capital Medical University, Beijing 100050, China

**Abstract:** Objective: To compare the application value of different BSA normalization methods in the evaluation of GFR by Gate's in elder patients. Methods: The clinical data of 91 cases of patients who performed double plasma clearance method ( $t\text{GFR}_0$ ) and renography examination ( $g\text{GFR}_0$ ) were selected in our study. According to different formulas (DuBois formula, Gehan and Georgeformula, Stevensonformula, Hu Yongmei formula, Hu Yongmei -gender correction formula), the  $\text{GFR}_{1-5}$  were calculated. The correlation of  $t\text{GFR}_x$  and  $g\text{GFR}_x$  were analyzed. The patients were divided into two subgroups according to BMI ( group a and group b), and  $g\text{GFR}$  were recorded as  $g\text{GFR}_x$ -a and  $g\text{GFR}_x$ -b and its correlation with  $t\text{GFR}_x$ -a or  $t\text{GFR}_x$ -b were analyzed. Results: The correlation of  $t\text{GFR}$  and  $g\text{GFR}$  was good in whole study cohort, and  $r_{5-a} = 0.841$ , which was highest among all paired groups ( $P < 0.05$ ). The correlation of  $t\text{GFR}$  and  $g\text{GFR}$  in group b was worse ( $P < 0.05$ ). Conclusion: The evaluation of GFR by Gate's method is well correlated with  $t\text{GFR}$ , but it is still a difficult clinical question for the GFR evaluation of fat patients, which needs a large sample size of validation.

**Keywords:** GFR; Gate's; BSA; BMI



**作者简介:** 袁磊磊 (1982—), 女, 影像医学及核医学专业博士, 首都医科大学附属北京友谊医院核医学科主治医师, 主要从事影像医学与核医学的临床诊断、技术应用及科研工作, Tel: 010-63138431, E-mail: leilei163x@163.com; 杨吉刚<sup>✉</sup> (1978—), 男, 医学博士, 首都医科大学附属北京友谊医院核医学科主任、教授、主任医师、博士生导师, 主要从事影像医学与核医学的临床、科研和教学工作, 专业特长为分子影像学、放射性核素治疗, Tel: 010-63138431, E-mail: 13681221974@163.com。

## “医学成像与图像分析”专栏编者按

随着 CT 技术和其他专业学科的发展, CT 理论与技术在工业、地球物理、医学影像、工程勘探、无损探测、现代农业、安全检测等领域得到了广泛的应用。目前医学成像还广泛涉及 MRI、PET、SPECT、超声、心电、脑电、EPRI 等传统和新兴成像方式。与之相对应, 图像分析涉及数字图像处理、模式识别、深度学习、大数据等传统和新兴分析工具。将二者有效地综合研究与应用已成为当下的热点, 具有广阔的研究和应用前景。

为了给 CT 理论与应用新的学术增长点——“医学成像与图像分析”的综合研究与应用发展搭建学术交流的平台, 便于同行进行交流, 达到互相学习、共同提高的目的, 《CT 理论与应用研究》期刊特设“医学成像与图像分析”栏目。栏目内容包括: 医学成像与图像分析的基础理论及发展, 有创意的数据采集方法, 新成像模态的数学模式, 成像与图像分析在医学领域的应用等。

专栏自 2017 年 12 月开始内容策划, 2018 年 1 月组织征稿, 目前已得到部分专家学者积极响应。从 2018 年第 3 期起, 我们将征集有关医学成像与图像分析的论文并优先安排在专栏发表。

我们衷心希望此栏目能为医学成像与图像分析的发展做出应有的贡献。在此, 我们真诚地向 CT 理论与技术领域的专家征稿约稿, 也欢迎广大作者给我们提出宝贵建议。

### 专栏主编

西安邮电大学副教授	汤少杰
山西大学教授	乔志伟
浙江大学教授	牛田野
东南大学教授	陈阳

《CT 理论与应用研究》编辑部

2018 年 2 月 27 日