

· 临床研究 ·

肾动态显像评价肾积水患者肾功能的应用价值

王若楠¹ 司宏伟² 张雅蓉¹ 张克慧¹ 李思进¹

¹山西医科大学第一医院核医学科, 太原 030001; ²安徽医科大学第一附属医院核医学科, 合肥 230022

通信作者: 李思进, Email: lisjnm123@163.com

【摘要】目的 探讨肾动态显像 Gates 法测定肾小球滤过率(GFR)(gGFR)在肾积水和非肾积水肾病患者中的应用价值。方法 选取 2015 年 1 月至 2017 年 1 月同时接受双血浆法测定 GFR (rGFR)和 gGFR 的肾积水患者和非肾积水肾病患者, 肾积水患者 191 例, 其中男性 97 例、女性 94 例, 年龄(43.35±15.91)岁; 非肾积水肾病患者 133 例, 其中男性 82 例、女性 51 例, 年龄(55.31±13.54)岁。参照美国慢性肾脏病及透析的临床实践指南, 将肾积水患者和非肾积水肾病患者分别分为肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组, 对每组 gGFR 和 rGFR 进行分析比较, 并计算两种方法的差值(Δ GFR)。不同肾功能组的比较采用单因素方差分析(ANOVA), 若差异有统计学意义, 则行 LSD-*t* 检验法进行两两比较。gGFR 和 rGFR 的比较采用配对 *t* 检验; 相关性采用 Pearson 相关分析; 一致性分析用 Bland-Altman 检验。结果 肾积水和非肾积水肾病患者的 gGFR 比 rGFR 高, 且前者的差异有统计学意义 [(70.60±22.58) mL/(1.73 m²·min) vs. (58.67±20.49) mL/(1.73 m²·min), *t*=9.335, *P*=0.000]; 与非肾积水肾病患者比较, 肾积水患者 gGFR 和 rGFR 的相关性(*r*=0.692, *P*=0.000)较低。在肾积水患者中, 轻、中、重度慢性肾衰竭组的 gGFR 均明显高于 rGFR [(81.01±18.40) mL/(1.73 m²·min) vs. (71.03±7.74) mL/(1.73 m²·min)、(60.98±18.28) mL/(1.73 m²·min) vs. (45.85±7.60) mL/(1.73 m²·min)、(42.88±16.14) mL/(1.73 m²·min) vs. (23.65±4.04) mL/(1.73 m²·min)], 差异均有统计学意义(*t*=4.559、8.398、4.480, 均 *P*<0.05); 中度慢性肾衰竭组 gGFR 和 rGFR 的相关性(*r*=0.461, *P*=0.000)最高; 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的 Δ GFR 逐渐增高, 分别为 (-1.61±14.05)、(9.99±18.81)、(15.14±16.54)、(19.23±15.48) mL/(1.73 m²·min), 差异有统计学意义(*F*=5.595, *P*=0.001); 有 5.76%(11/191, >5%)的点在一致性界限(L₀A)之外, gGFR 和 rGFR 的一致性较差。在非肾积水肾病患者中, 轻度慢性肾衰竭组的 gGFR 明显低于 rGFR [(66.08±8.97) mL/(1.73 m²·min) vs. (70.59±8.08) mL/(1.73 m²·min)], 差异有统计学意义(*t*=-3.472, *P*<0.05), 中、重度慢性肾衰竭组的 gGFR 高于 rGFR [(45.99±9.76) mL/(1.73 m²·min) vs. (43.83±8.29) mL/(1.73 m²·min)、(26.25±8.57) mL/(1.73 m²·min) vs. (20.19±5.72) mL/(1.73 m²·min)], 差异均有统计学意义(*t*=2.095、4.907, 均 *P*<0.05); 轻度慢性肾衰竭组 gGFR 和 rGFR 的相关性(*r*=0.737, *P*=0.000)最高; 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的 Δ GFR 逐渐增高, 分别为 (-5.64±16.64)、(-4.51±6.23)、(2.16±7.71)、(6.06±6.87) mL/(1.73 m²·min), 差异有统计学意义(*F*=9.446, *P*=0.000); 有 3.01%(4/133, <5%)的点在 L₀A 之外, gGFR 和 rGFR 的一致性较好。结论 肾动态显像 Gates 法评估肾积水患者的 GFR 价值有限, 应参考双血浆法的定量结果和其他检查结果进行综合分析判断。

【关键词】 肾盂积水; 肾小球滤过率; 肾动态显像; 双血浆法

DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.009)

Evaluation of the application value of dynamic renal scintigraphy in patients with hydronephrosis

Wang Ruonan¹, Si Hongwei², Zhang Yarong¹, Zhang Kehui¹, Li Sijin¹

¹Department of Nuclear Medicine, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China; ²Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University,

Hefei 230022, China

Corresponding author: Li Sijin, Email: lisjnm123@163.com

【Abstract】 Objective To explore the application value of dynamic renal scintigraphy glomerular filtration rate (GFR) (gGFR) in patients with and without hydronephrosis. **Methods** A total of 191 patients with hydronephrosis (97 men and 94 women, aged 43.35 ± 15.91 years) and without hydronephrosis (82 men and 51 women, aged 55.31 ± 13.54 years) who underwent plasma GFR (rGFR) and gGFR examinations from January 2015 to January 2017 were involved in this study. They were divided into normal, mild, moderate, and severe renal damage group in accordance with the renal function stratification of the guidelines of National Kidney Foundation Kidney Disease Outcomes Quality Initiative. Each group of gGFR and rGFR was analysed and compared, and the difference in the two methods was calculated. The bias of the two measurements among the groups was examined through one-way ANOVA. If statistical differences were observed, *LSD-t* test was used. Differences, correlation, and agreement between gGFR and rGFR were evaluated through a paired *t*-test, Pearson correlation coefficients, and *Bland-Altman* plots, respectively. **Results** gGFR was higher than rGFR in patients with and without hydronephrosis, but a significant difference was detected in patients with hydronephrosis only [(70.60±22.58) mL/(1.73 m²·min) vs. (58.67±20.49) mL/(1.73 m²·min), *t*=9.335, *P*=0.000]. The correlation coefficients between gGFR and rGFR were lower in patients with hydronephrosis than in patients without hydronephrosis. In the patients with hydronephrosis, gGFR was significantly higher than rGFR in the mild, moderate, and severe renal damage groups [(81.01±18.40) mL/(1.73 m²·min) vs. (71.03±7.74) mL/(1.73 m²·min), (60.98±18.28) mL/(1.73 m²·min) vs. (45.85±7.60) mL/(1.73 m²·min), and (42.88±16.14) mL/(1.73 m²·min) vs. (23.65±4.04) mL/(1.73 m²·min)] with significant differences (*t*=4.559, 8.398, 4.480, both *P*<0.05). Their correlation coefficients were the highest in the moderate renal damage group (*r*=0.461). ΔGFR of the normal, mild, moderate, and severe renal damage groups sequentially increased [(-1.61±14.05), (9.99±18.81), (15.14±16.54), and (19.23±15.48) mL/(1.73 m²·min), respectively] with significant differences (*F*=5.595, *P*=0.001). The *Bland-Altman* plots revealed 5.76% (11/191, >5%) scatter points outside the consistency limit (L₀A), and their consistency in patients with hydronephrosis was unsatisfactory. In patients without hydronephrosis, gGFR was significantly lower than rGFR in the mild renal damage group [(66.08±8.97) mL/(1.73 m²·min) vs. (70.59±8.08) mL/(1.73 m²·min)] but was higher in the moderate and severe renal damage groups [(45.99±9.76) mL/(1.73 m²·min) vs. (43.83±8.29) mL/(1.73 m²·min), (26.25±8.57) mL/(1.73 m²·min) vs. (20.19±5.72) mL/(1.73 m²·min)] with significant differences (*t*=2.095, 4.907, both *P*<0.05). The correlation coefficients between gGFR and rGFR were the highest in the mild renal damage group (*r*=0.737, *P*=0.000). ΔGFR of the four groups sequentially increased [(-5.64±16.64), (-4.51±6.23), (2.16±7.71), and (6.06±6.87) mL/(1.73 m²·min), respectively] with significant differences (*F*=9.446, *P*=0.000). The *Bland-Altman* plots showed 3.01% (4/133, <5%) scatter points outside L₀A, and the consistency in patients without hydronephrosis was good. **Conclusion** GFR estimated by renal scintigraphy (Gates method) should be improved for patients with hydronephrosis, and plasma-based methods might be applied to them.

【Key words】 Hydronephrosis; Glomerular filtration rate; Renal dynamic imaging; Double plasma method

DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.009)

肾积水是泌尿系统的常见病,可双侧或单侧受累,并以单侧为主。上尿路梗阻对肾脏功能会有不同程度的损伤,术前准确评估肾积水患者的肾功能损害程度对临床制定治疗方案具有重要意义。肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)是评价肾

功能的重要指标^[1],肾动态显像 Gates 法测定 GFR (简称 gGFR)和双血浆法测定 GFR (简称 rGFR)是常用的定量方法,其中 rGFR 被公认为“金标准”,而 gGFR 的定量准确性欠佳,且受肾脏深度、蛋白结合率等诸多因素的影响。柴雪红等^[2]认为,由于

肾梗阻肾盂集尿系统导致放射性出现不一致性,肾积水患者的肾脏 ROI 可影响 gGFR 的准确性。不过, gGFR 是基于肾脏 ROI 1~3 min 内的累积计数,此时尚无药物代谢至肾小管和集合系统^[3-4]。因此,从理论上讲,是否有肾积水不会影响 gGFR 的准确性。综上所述,为明确肾积水是否会影响 gGFR 的定量准确性,本研究以 rGFR 为“金标准”,参考相关文献^[5-6],将患者分为肾积水组和非肾积水肾病组,比较两组间 gGFR 的定量准确性。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2015 年 1 月至 2017 年 1 月在山西医科大学第一医院经 X 射线静脉肾盂造影、CT 或超声等检查诊断为肾积水的患者 191 例(男性 97 例、女性 94 例),年龄(43.35±15.91)岁,其中单肾积水 160 例(左肾积水 92 例、右肾积水 68 例)、双肾积水 31 例。纳入标准:①年龄≥18 岁;②同时行 gGFR 和 rGFR 评价肾功能。排除标准:①行肾动态显像前未停用利尿药物;②检查前未空腹。另外选取 133 例年龄≥18 岁并已行 gGFR 和 rGFR 的非肾积水肾病患者(男性 82 例、女性 51 例)作为对照组,年龄(55.31±13.54)岁,其中糖尿病肾病 94 例、高血压肾病 28 例、肾小球肾炎 7 例、慢性间质性肾炎 2 例、狼疮性肾炎 2 例。纳入标准^[5,7]:①无肾积水病史;②近期影像学检查无肾积水表现;③引起广泛性肾实质损害的疾病,最常见的疾病是急性和慢性肾小球肾炎、中毒性肾病、糖尿病肾病、高血压肾病、肾血管病变、高血压肾病、肾血管病变、肾病综合征、风湿性肾病、肾淀粉样病变等。排除标准同前。所有患者均签署了知情同意书。

1.2 肾积水判定的方法^[8]

肾盂肾盏杯口变钝为轻度积水,肾盂肾盏杯口完全消失、呈囊状为中度积水,肾盂肾盏呈明显囊状扩张改变为重度积水。

1.3 gGFR 的方法

DTPA 冻干粉盒购自北京师宏药物研制中心,放射化学纯度>95%。探头视野对准采集部位后,“弹丸”式注射^{99m}Tc^m-DTPA 185 MBq(5 mCi),体积<1 mL,注射点选择未受累肢体且易于穿刺的肘关节附近的静脉。注射药物后患者取卧位,行背侧双时相动态采集。肾血流灌注显像:1 s/帧,共 60 s;肾功能动态显像:60 s/帧,共 20 min。利用美国

GE 公司的 Infinia Hawkeye 或西门子公司的 Symbia T16 型双探头 SPECT 采集图像,配低能高分辨率准直器,能峰 140 keV,窗宽±20%,平面采集矩阵 64×64。利用 ROI 技术勾画双肾轮廓及本底,根据注射^{99m}Tc^m-DTPA 的放射性计数、患者的身高和体重,由计算机自动生成双肾时间-放射性曲线,计算双肾 GFR,并进行体表面积(body surface area, BSA)标准化(1.73 m²),即为 gGFR_{BSA}。

1.4 rGFR 的方法

注射^{99m}Tc^m-DTPA 后 2 h(T₁)和 4 h(T₂)分别从对侧肘静脉取血 4 mL,抽血时间精确到分钟。肝素抗凝后,3387×g 离心 10 min。分别取 1 mL 血清 2 次,使用上海核所日环光电仪器有限公司生产的 SN-697 全自动双探头放射免疫 γ 计数器进行测量,计数器测量计数 60 s,取均值后按以下公式计算 rGFR:

$$rGFR_{BSA} = \frac{\frac{D \ln(P_1/P_2)}{T_2 - T_1} \exp \frac{[T_1 \ln P_2 - (T_2 \ln P_1)]}{T_2 - T_1}}{BSA/1.73}$$

式中, D 为放射性活度(cpm); P₁ 为时间 T₁ 时的放射性计数; P₂ 为时间 T₂ 时的放射性计数; P₁ 和 P₂ 的单位均为计数·min⁻¹·mL⁻¹; BSA=0.007184×H^{0.725}×W^{0.425},单位为 m²,其中 H 为身高(cm)、W 为体重(kg)。

计算 gGFR 和 rGFR 两种方法的差值(ΔGFR), ΔGFR=gGFR_{BSA}-rGFR_{BSA}。

1.5 分组及标准

参照美国慢性肾脏病及透析的临床实践指南^[9],将 191 例肾积水患者分为肾功能正常组(17 例)、轻度慢性肾衰竭组(73 例)、中度慢性肾衰竭组(85 例)和重度慢性肾衰竭组(16 例,因末期肾病变仅 1 例,故纳入重度慢性肾衰竭组进行分析);将 133 例非肾积水肾病患者分为肾功能正常组(23 例)、轻度慢性肾衰竭组(23 例)、中度慢性肾衰竭组(56 例)和重度慢性肾衰竭组(31 例)。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。不同肾功能组的比较采用单因素方差分析(ANOVA),若差异有统计学意义,则行 LSD-t 检验法进行两两比较。各组间计数资料的比较采用 χ² 检验。gGFR 和 rGFR 的比较,在方差齐的条件下采用配对 t 检验,相关性采用 Pearson 相关分

析。gGFR 和 rGFR 的一致性分析用 *Bland-Altman* 检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料的分析结果

在 191 例肾积水患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的年龄分别为(32.06±11.36)、(34.14±12.30)、(51.02±13.55)和(58.38±14.82)岁, 可以看出随着肾功能受损程度的增加, 患者年龄逐渐增大, 且 4 组患者年龄的差异有统计学意义($F=32.156$, $P=0.000$), 其中中、重慢性肾衰竭组与肾功能正常组比较, 差异有统计学意义(*LSD-t* 法无检验值, 均 $P<0.05$); 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组双肾积水的比例分别为 17.65%、8.20%、17.65% 和 43.75%, 且差异有统计学意义($\chi^2=12.509$, $P=0.006$), 其中, 轻、重度慢性肾衰竭组比较, 差异有统计学意义($\chi^2=13.283$, $P=0.000$)。

在 133 例非肾积水肾病患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的年龄分别为(43.87±11.08)、(56.09±10.88)、(59.18±13.70)和(56.23±12.49)岁, 差异有统计学意义($F=8.231$, $P=0.000$), 其中, 轻、中、重度慢性肾衰竭组的年龄均高于肾功能正常组, 且差异有统计学意义(*LSD-*

t 法无检验值, 均 $P<0.05$)。

2.2 肾积水患者、非肾积水肾病患者 gGFR 和 rGFR 的比较

由表 1 可见, 肾积水患者的 gGFR 比 rGFR 高, 且差异有统计学意义; 与非肾积水肾病患者比较, 肾积水患者 gGFR 和 rGFR 的相关性较低。

2.3 肾积水患者的 gGFR 和 rGFR

由表 2 可见, 轻、中、重度慢性肾衰竭组的 gGFR 均明显高于 rGFR, 差异均有统计学意义; 中度慢性肾衰竭组 gGFR 和 rGFR 的相关性($r=0.461$) 最高。其他具体数据见表 2。

2.4 非肾积水肾病患者的 gGFR 和 rGFR

由表 3 可见, 轻度慢性肾衰竭组的 gGFR 明显低于 rGFR; 中、重度慢性肾衰竭组的 gGFR 高于 rGFR, 差异均有统计学意义; 轻度慢性肾衰竭组 gGFR 和 rGFR 的相关性最高。其他具体数据见表 3。

2.5 肾积水患者和非肾积水肾病患者的 Δ GFR

在 191 例肾积水患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的 Δ GFR 分别为(-1.61±14.05)、(9.99±18.81)、(15.14±16.54)、(19.23±15.48) mL/(1.73 m²·min), 可以看出随着肾功能受损程度的加重, Δ GFR 逐渐增高, 且差异有统计学意义($F=5.595$, $P=0.001$); 轻、中、重度慢性肾衰竭组分别与肾功能正常组的 Δ GFR 比较, 差异均

表 1 2 种肾病患者 gGFR 和 rGFR 的比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 1 The comparison of dynamic renal scintigraphy GFR and double plasma GFR in hydronephrosis patients and non-hydronephrosis patients($\bar{x}\pm s$)

肾病名称	例数	gGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	rGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	t值(P值)	r值(P值)	95%可信区间
肾积水	191	70.60±22.58	58.67±20.49	9.335(0.000)	0.692(0.000)	0.614~0.758
非肾积水肾病	133	55.31±13.54	53.36±25.61	0.628(0.531)	0.931(0.000)	0.905~0.952

注: 表中, gGFR: 肾动态显像 Gates 法测定 GFR; rGFR: 双血浆法测定 GFR; GFR: 肾小球滤过率。

表 2 4 组(191 例)肾积水患者 gGFR 和 rGFR 的比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 2 The comparison of dynamic renal scintigraphy GFR and double plasma GFR in 4 groups of 191 hydronephrosis patients ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	gGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	rGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	t值(P值)	r值(P值)	95%可信区间
肾功能正常组	17	96.36±13.22	97.70±10.75	-0.472(0.643)	0.327(0.201)	-0.318~0.733
轻度慢性肾衰竭组	73	81.01±18.40 ^a	71.03±7.74 ^a	4.559(0.000)	0.187(0.113)	-0.022~0.383
中度慢性肾衰竭组	85	60.98±18.28 ^{ab}	45.85±7.60 ^{ab}	8.398(0.000)	0.461(0.000)	0.293~0.607
重度慢性肾衰竭组	16	42.88±16.14 ^{abc}	23.65±4.04 ^{abc}	4.480(0.001)	0.286(0.344)	-0.210~0.668
F值		38.927	368.368	-	-	-
P值		0.000	0.000	-	-	-

注: 表中, ^a: 与肾功能正常组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t* 法无检验值, 均 $P<0.05$); ^b: 采用单因素方差分析, 与轻度慢性肾衰竭组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t* 法无检验值, 均 $P<0.05$); ^c: 与中度慢性肾衰竭组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t* 法无检验值, 均 $P<0.05$); -: 无此项数据。gGFR: 肾动态显像 Gates 法测定 GFR; rGFR: 双血浆法测定 GFR; GFR: 肾小球滤过率。

有统计学意义(*LSD-t*法无检验值, 均 $P < 0.05$)。

在 133 例非肾积水肾病患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组患者的 ΔGFR 分别为 (-5.64 ± 16.64) 、 (-4.51 ± 6.23) 、 (2.16 ± 7.71) 、 (6.06 ± 6.87) mL/(1.73 m²·min), 可以看出随着肾功能受损程度加重, ΔGFR 逐渐增高, 且差异有统计学意义($F=9.446$, $P=0.000$); 重度慢性肾衰竭组与肾功能正常组的 ΔGFR 比较, 差异有统计学意义(*LSD-t*法无检验值, 均 $P < 0.05$); 中、重度慢性肾衰竭组分别与轻度慢性肾衰竭组的 ΔGFR 比较, 差异均有统计学意义(*LSD-t*法无检验值, $P < 0.05$)。

2.6 gGFR 和 rGFR 两种方法的一致性

肾积水患者的一致性界限(L_{0A})如图 1 所示为 $-23.00 \sim 46.86$ [mL/(1.73m²·min)], 有 5.76%(11/191, >5%)的点在 L_{0A} 之外, 这说明 gGFR 和 rGFR 在测量 GFR 时的一致性较差。非肾积水肾病患者的 L_{0A} 如图 2 所示为 $-19.76 \sim 20.90$ mL/(1.73 m²·min), 有 3.01%(4/133, <5%)的点在 L_{0A} 之外, 这说明 gGFR 和 rGFR 在测量 GFR 时的一致性较好。

3 讨论

肾积水是泌尿系统的常见疾病, 因发病隐匿,

表 3 4 组(133 例)非肾积水肾病患者 gGFR 与 rGFR 的比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 The comparison of dynamic renal scintigraphy GFR and double plasma GFR in 4 groups of 133 non-hydronephrosis patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	gGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	rGFR[mL/(1.73 m ² ·min)]	t值(P值)	r值(P值)	95%可信区间
肾功能正常组	23	95.16±18.64	100.80±10.21	-1.626(0.118)	0.459(0.028)	0.138~0.799
轻度慢性肾衰竭组	23	66.08±8.97 ^a	70.59±8.08 ^a	-3.472(0.002)	0.737(0.000)	0.522~0.878
中度慢性肾衰竭组	56	45.99±9.76 ^{ab}	43.83±8.29 ^{ab}	2.095(0.041)	0.646(0.000)	0.477~0.775
重度慢性肾衰竭组	31	26.25±8.57 ^{abc}	20.19±5.72 ^{abc}	4.907(0.000)	0.601(0.000)	0.363~0.794
F值		177.878	494.900	-	-	-
P值		0.000	0.000	-	-	-

注: 表中, ^a: 与肾功能正常组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t*法无检验值, $P < 0.05$); ^b: 与轻度慢性肾衰竭组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t*法无检验值, 均 $P < 0.05$); ^c: 与中度慢性肾衰竭组比较, 差异有统计学意义 (*LSD-t*法无检验值, 均 $P < 0.05$); -: 无此项数据。gGFR: 肾动态显像 Gates 法测定 GFR; rGFR: 双血浆法测定 GFR; GFR: 肾小球滤过率。

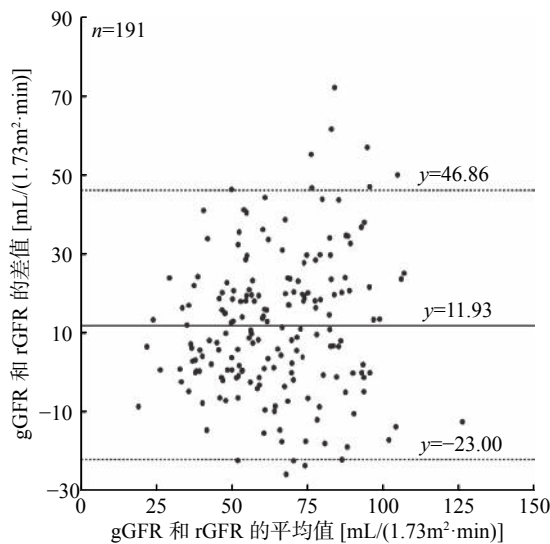


图 1 191 例肾积水患者 gGFR 和 rGFR 两种方法的 Bland-Altman 图 图中, 3 条横线自上而下依次为差值的一致性界限 (L_{0A}) 上限 ($X_d+1.96S_d$)、差值的均数 (X_d)、差值的 L_{0A} 下限 ($X_d-1.96S_d$)。有 5.76%(11/191, >5%)的点在 L_{0A} 之外。gGFR: 肾动态显像 Gates 法测定 GFR; rGFR: 双血浆法测定 GFR; GFR: 肾小球滤过率; X_d : 差值的均数; S_d : 差值的标准差。

Fig. 1 Bland-Altman plot of dynamic renal scintigraphy GFR and double plasma GFR in 191 hydronephrosis patients

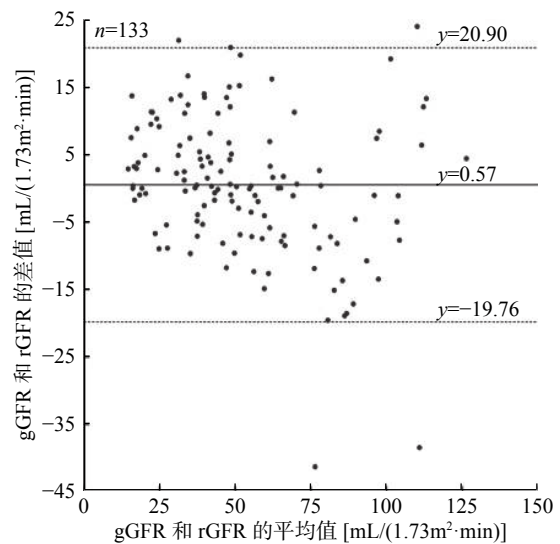


图 2 133 例非肾积水肾病患者 gGFR 和 rGFR 两种方法的 Bland-Altman 图 图中, 3 条横线自上而下依次为差值的一致性界限 (L_{0A}) 上限 ($X_d+1.96S_d$)、差值的均数 (X_d)、差值的 L_{0A} 下限 ($X_d-1.96S_d$)。有 3.01%(4/133, <5%)的点在 L_{0A} 之外。gGFR: 肾动态显像 Gates 法测定 GFR; rGFR: 双血浆法测定 GFR; GFR: 肾小球滤过率; X_d : 差值的均数; S_d : 差值的标准差。

Fig. 2 Bland-Altman plot of dynamic renal scintigraphy GFR and double plasma GFR in 133 non-hydronephrosis patients

常不易发觉。如果不能及时发现肾积水, 梗阻长时间得不到解决, 最终可导致肾功能减退甚至肾衰竭^[10]。针对肾积水的处理, 不同学者有不同的观点, 但都主张积极尽早治疗以保护残存肾的功能, 避免其进一步恶化导致肾衰竭^[11-12]。检查肾积水的手段包括B超、SPECT核素肾动态显像、尿路造影、CT检查等, 其中SPECT核素肾动态显像可以通过肾图曲线了解梗阻程度, GFR测定可明确双侧肾脏的分肾功能, 对判断肾积水的程度、明确残余肾功能以及对重度肾积水患者进行术前评估等都具有重要的临床意义^[13]。虽然⁹⁹Tc^m-DTPA肾动态显像是目前评估肾脏疾病患者GFR常用的无创检查方法之一, 但其准确性也备受质疑^[14]。

马迎春等^[15]认为在肾功能中、重度受损时, gGFR显著高于rGFR, rGFR越低差异越明显; 在肾功能轻度受损时, gGFR显著低于rGFR, rGFR越高差异越明显。在本研究的非肾积水肾病患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组的 Δ GFR分别为 (-5.64 ± 16.64) 、 (-4.51 ± 6.23) 、 (2.16 ± 7.71) 、 (6.06 ± 6.87) mL/(1.73 m²·min), 符合上述结论。但是, 这一结论在肾积水患者中并不适用。在肾积水患者中, 肾功能正常组和轻、中、重度慢性肾衰竭组的 Δ GFR分别为 (-1.61 ± 14.05) 、 (9.97 ± 18.68) 、 (15.14 ± 16.54) 、 (19.23 ± 15.48) mL/(1.73 m²·min), 虽然肾积水患者的 Δ GFR随肾功能受损程度的加重呈上升趋势, 但轻度慢性肾衰竭组的gGFR仍高于rGFR, 且 Δ GFR在肾功能轻、中、重度慢性肾衰竭组间的比较, 差异无统计学意义。在肾积水患者中, 肾动态显像法与双血浆法测定的结果相关性欠佳, 这表明gGFR不能准确地反映肾积水患者肾的滤过率, 且准确性差, 此外, 两种方法在肾积水患者中的一致性较差。在非肾积水肾病患者中, gGFR和rGFR的结果具有较好的相关性, 这表明gGFR能较准确地反映非肾积水肾病患者肾的滤过率。此外, 两种方法在非肾积水肾病患者中的一致性较好。

有学者提出对于重度肾功能不全者, 肾动态显像在评估患者GFR时会产生较大偏差, 会高估患者实际的GFR^[16]。本研究收集的16例肾积水重度慢性肾衰竭患者, rGFR均 <30 mL/(1.73 m²·min), 这说明gGFR和rGFR两者间不具有相关性, 且 Δ GFR高于肾功能正常组。有学者指出, 在核素肾动态显像肾积水患者GFR测定中, 肾皮质ROI勾画法是

较全肾ROI勾画法更为理想的勾画法^[17]。结合临床实际操作经验, 有学者认为这是由于肾积水患者的ROI难以准确勾画, 积水扩张的肾脏压缩了肾皮质的体积^[18], 而由于肾盂、肾盏的异常放射性浓聚, 用传统全肾ROI勾画法测定肾功能会存在一定的偏差^[17]。本研究收集的31例非肾积水肾重度慢性肾衰竭患者, rGFR均 <30 mL/(1.73 m²·min), 这说明gGFR和rGFR两者中度相关, 且 Δ GFR高于肾功能正常组和轻度慢性肾衰竭组, 因此对于非肾积水肾病引起重度肾功能受损, gGFR的诊断效能会降低, 这与其他报道结果一致, 该报道分析可能的原因: ①非肾积水肾病终末期可能伴有肾萎缩, 这样会加大计算肾与体表面积距离的误差; ②肾滤过排泄功能重度降低及勾画本底ROI时选择的区域紧邻双肾下极时, 致本底计数过高, 校正不足^[19]。

总之, 利用⁹⁹Tc^m-DTPA肾动态显像评估肾积水合并肾损伤患者的GFR时, gGFR和rGFR的相关性并不十分理想, 且一致性差。gGFR评估肾积水伴肾损伤患者的价值有限, 应参考rGFR的定量结果, 也应该结合其他检查结果进行综合分析判断。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 王若楠负责命题的提出与设计、数据的获取与分析、论文的撰写; 司宏伟负责数据的分析、论文的修订; 张雅蓉、张克慧负责部分数据的收集; 李思进负责论文的审阅。

参 考 文 献

- [1] 林小敏, 唐明灯, 倪雷春. ⁹⁹Tc^m-DTPA肾动态显像在根治性肾切除术中的应用价值[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2017, 41(5): 331-334. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2017.05.005. Lin XM, Tang MD, Ni LC. Application value of ⁹⁹Tc^m-DTPA renal dynamic imaging in radical nephrectomy[J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2017, 41(5): 331-334. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2017.05.005.
- [2] 柴雪红, 李亚明, 高凡, 等. 用肾皮质区ROI计算GFR评价尿路梗阻患者肾功能[J]. 中华核医学杂志, 2005, 25(4): 232-234. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2005.04.014. Chai XH, Li YM, Gao F, et al. Evaluation of renal function in urinary obstruction by ⁹⁹Tc^m-DTPA imaging calculated GFR with renal cortical ROI[J]. Chin J Nucl Med, 2005, 25(4): 232-234. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2005.04.014.
- [3] 司宏伟, 王明明, 赵学峰, 等. 肾动态显像法肾小球滤过率的估算及其主要影响因素[J]. 中国医学装备, 2013, 10(12): 64-66. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2013.12.025.

- Si HW, Wang MM, Zhao XF, et al. GFR measurement based renography and its influence factors[J]. *Chin Med Equip*, 2013, 10(12): 64–66. DOI: [10.3969/J.ISSN.1672-8270.2013.12.025](https://doi.org/10.3969/J.ISSN.1672-8270.2013.12.025).
- [4] Gates GF. Glomerular filtration rate: estimation from fractional renal accumulation of ^{99m}Tc -DTPA (stannous)[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1982, 138(3): 565–570. DOI: [10.2214/ajr.138.3.565](https://doi.org/10.2214/ajr.138.3.565).
- [5] Li L, Si HW, Qiao Y, et al. Influence of weight-age normalization on glomerular filtration rate values of renal patients: a STROBE-compliant article[J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(3): e2492[2018-09-24]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4998260>. DOI: [10.1097/MD.0000000002492](https://doi.org/10.1097/MD.0000000002492).
- [6] Si HW, Han CL, Lei ZL, et al. Evaluation of the estimated variables for scaling glomerular filtration rate of renal patients: a repeated measures-based method[J]. *Scand J Clin Lab Invest*, 2015, 75(5): 415–420. DOI: [10.3109/00365513.2015.1033741](https://doi.org/10.3109/00365513.2015.1033741).
- [7] 苗立英, 秦达, 王金锐, 等. 超声造影对弥漫性肾损害肾血流灌注的评价[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2007, 4(2): 98–101. DOI: [10.3969/j.issn.1672-6448.2007.02.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-6448.2007.02.011).
- Miao LY, Qin D, Wang JR, et al. Diffuse nephropathy: gray scale contrast-enhanced ultrasound evaluation[J]. *Chin J Med Ultrasound(Elec Edit)*, 2007, 4(2): 98–101. DOI: [10.3969/j.issn.1672-6448.2007.02.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-6448.2007.02.011).
- [8] 黄晓红, 蒋宁一, 卢献平, 等. ^{99m}Tc -DTPA 肾动态显像对泌尿系结石合并肾积水患者肾功能的评价[J]. *实用医学杂志*, 2006, 22(13): 1519–1520. DOI: [10.3969/j.issn.1006-5725.2006.13.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-5725.2006.13.020).
- Huang XH, Jiang NY, Lu XP, et al. Evaluation of renal function in patients with urinary calculi complicated with hydronephrosis by ^{99m}Tc -DTPA renal dynamic imaging[J]. *J Pract Med*, 2006, 22(13): 1519–1520. DOI: [10.3969/j.issn.1006-5725.2006.13.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-5725.2006.13.020).
- [9] 美国 NKF-K/DOQI 工作组. 慢性肾脏病及透析的临床实践指南[M]. 王梅, 王海燕, 译. 北京: 人民卫生出版社, 2003.
- American NKF-K/DOQI Working Group. Clinical practice guidelines for chronic kidney disease and dialysis[M]. Wang M, Wang HY, trans. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003.
- [10] 邵晓光, 陈奇, 董柏君, 等. CT 平扫检查对急性梗阻性肾衰竭患者肾功能转归的预测价值[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2018, 39(6): 451–454. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2018.06.012](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2018.06.012).
- Shao XG, Chen Q, Dong BJ, et al. Predictive value of CT scan in the outcome of renal function in patients with acute obstructive renal failure[J]. *Chin J Urol*, 2018, 39(6): 451–454. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2018.06.012](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2018.06.012).
- [11] 许毅, 陈朝晖, 赵玉生, 等. 肾造瘘后 II 期与 I 期经皮肾镜取石术治疗结石感染性肾积水的疗效比较[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2015, 30(1): 37–39, 42. DOI: [10.13201/j.issn.1001-1420.2015.01.013](https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1420.2015.01.013).
- Xu Y, Chen ZH, Zhao YS, et al. Comparison of clinical efficacy between one-stage PCNL and second-stage PCNL after nephrostomy for the treatment of stone infected hydronephrosis[J]. *J Chin Urol*, 2015, 30(1): 37–39, 42. DOI: [10.13201/j.issn.1001-1420.2015.01.013](https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1420.2015.01.013).
- [12] 李坤, 黄代娟, 龚成鹏, 等. 核素肾动态显像在单侧上尿路梗阻术后疗效评价中的应用价值[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2017, 32(11): 830–835, 845. DOI: [10.13201/j.issn.1001-1420.2017.11.003](https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1420.2017.11.003).
- Li K, Huang DJ, Gong CP, et al. Value of radionuclide renal dynamic imaging in the evaluation of surgical treatment of unilateral upper urinary tract obstruction[J]. *J Chin Urol (China)*, 2017, 32(11): 830–835, 845. DOI: [10.13201/j.issn.1001-1420.2017.11.003](https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1420.2017.11.003).
- [13] 季铃华, 曹国锋. B 超、肾动态显像和静脉肾盂造影在肾盂输尿管连接部梗阻型肾积水中的临床价值比较[J]. *南通大学学报(医学版)*, 2015, 35(5): 460–462.
- Ji LH, Cao GF. Comparison of the clinical value of B-mode ultrasound, renal dynamic imaging and intravenous pyelography in hydronephrosis with obstruction at the junction of renal pelvis and ureter[J]. *J Nantong Univ (Med Sci)*, 2015, 35(5): 460–462.
- [14] 牟兴宇, 卢彦祺, 李猛, 等. 超声肾脏深度校正对肾积水患者肾动态显像肾小球滤过率的影响[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2018, 38(3): 187–190. DOI: [10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.009).
- Mu XY, Lu YQ, Li M, et al. Effect of ultrasonic kidney depth correction on glomerular filtration rate measured by renal dynamic imaging in patients with hydronephrosis[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 38(3): 187–190. DOI: [10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.03.009).
- [15] 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](https://doi.org/10.3760/j.issn.0376-2491.2006.05.019).
- Ma YC, Zuo L, Zhang CL, et al. The applicability of renal dynamic imaging to determine glomerular filtration rate in different stages of renal function[J]. *Nat Med J China*, 2006, 86(5): 351–353. DOI: [10.3760/j.issn.0376-2491.2006.05.019](https://doi.org/10.3760/j.issn.0376-2491.2006.05.019).
- [16] De Santo NG, Anastasio P, Cirillo M, et al. Measurement of glomerular filtration rate by the ^{99m}Tc -DTPA renogram is less precise than measured and predicted creatinine clearance[J]. *Nephron*, 1999, 81(2): 136–140. DOI: [10.1159/000045268](https://doi.org/10.1159/000045268).
- [17] 邵丹, 徐卫平, 王淑侠. 不同肾 ROI 勾画法对肾积水患者 GFR 测定影响的研究[J]. *医学影像学杂志*, 2009, 19(10): 1338–1340. DOI: [10.3969/j.issn.1006-9011.2009.10.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9011.2009.10.037).
- Shao D, Xu WP, Wang SX. Effect of different kinds of renal regions of interest on glomerular filtration rate of hydronephrosis[J]. *J Med Imaging*, 2009, 19(10): 1338–1340. DOI: [10.3969/j.issn.1006-9011.2009.10.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9011.2009.10.037).
- [18] Aktaş GE, Sarıkaya A. Correction of differential renal function for asymmetric renal area ratio in unilateral hydronephrosis[J]. *Ann Nucl Med*, 2015, 29(9): 816–824. DOI: [10.1007/s12149-015-1009-z](https://doi.org/10.1007/s12149-015-1009-z).
- [19] 钞卫光, 张晶, 胡光, 等. 不同肾小球滤过率检测方法在多囊肾肾功能评价中的临床价值[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2018, 42(4): 317–320. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.005](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.005).
- Chao WG, Zhang J, Hu G, et al. The clinical value of different GFR methods in renal function evaluation of polycystic kidney diseases[J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2018, 42(4): 317–320. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.005](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.005).