

肾动态显像测量肾功能时一侧肾脏感兴趣区的不同勾画对另一侧肾脏肾小球滤过率的影响

汪长银¹, 赵燕芬², 沈美娟¹, 崔成国³

1. 武汉大学中南医院核医学科, 湖北 武汉 430071; 2. 武汉大学数学与统计学院应用数学系, 湖北 武汉 430072; 3. 金日成综合大学平壤医科大学医院核医学科, 朝鲜 平壤 999093

【摘要】目的:探讨一侧肾脏感兴趣区(ROI)的不同勾画对另一侧肾脏肾小球滤过率(GFR)的影响。**方法:**选择行肾动态显像GFR测定的270例肾脏疾病患者的资料。将资料分为两组:第1组, 双侧肾脏均无肾积水且无占位性病变, 保持左肾ROI与双肾本底ROI不变, 改变右肾ROI大小, 观察左肾GFR的变化;第2组, 一侧肾脏积水且另一侧肾脏无积水且无占位性病变, 保持未积水肾脏ROI与双肾本底ROI不变, 分别勾画积水肾脏全肾ROI与皮质ROI大小, 比较两种勾画方式情况下未积水肾脏GFR的差异。按照标准的ROI勾画法测量的GFR大小, 将患者左肾功能或未积水肾脏的功能分为5期。**结果:**(1)重复测量数据的方差分析显示, 右肾ROI的不同勾画是左肾GFR结果的影响因素($F=462.2, P=0.000$), 且右肾ROI的勾画与左肾功能的分期对左肾GFR的结果存在交互影响($F=2.64, P=0.001$)。(2)右肾ROI越小, 则左肾GFR的相对下降幅度越大。(3)各分期中, 积水肾脏勾画全肾ROI与勾画皮质ROI时未积水肾脏的GFR结果之间差异均具有统计学意义($t=7.15\sim 19.17, P=0.000$)。**结论:**Gates算法存在一侧肾脏GFR受对侧肾脏ROI不同勾画法影响的缺点, 以确定的标准勾画肾脏ROI对保证肾脏GFR结果的准确性、重复性与可比性具有重要意义。

【关键词】肾脏; 放射性核素显像; 肾小球滤过率; 感兴趣区; 影响因素

【中图分类号】 R817.3

【文献标志码】 A

【文章编号】 1005-202X(2017)02-0175-07

Effects of differently outlining region of interest for one kidney on glomerular filtration rate of contralateral kidney in renal dynamic imaging

WANG Changyin¹, ZHAO Yanfen², SHEN Meijuan¹, CUI Chengguo³

1. Department of Nuclear Medicine, Zhongnan Hospital, Wuhan University, Wuhan 430071, China; 2. Department of Applied Mathematics, School of Mathematics and Statistics, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. Department of Nuclear Medicine, Hospital of Pyongyang Medical College, Kim Il-sung University, Pyongyang 999093, Democratic People's Republic of Korea

Abstract: Objective To explore the effects of different outlining methods of the region of interest (ROI) for one kidney on glomerular filtration rate (GFR) of contralateral kidney. **Methods** The data of 270 patients with renal diseases who received dynamic renal imaging for detecting GFR were enrolled. The data was divided into two groups. In the first group, bilateral kidneys didn't had hydronephrosis and occupying lesion, and the GFR of the left kidney was observed under the condition of altering the ROI size of the right kidney and keeping the left renal ROI and background ROI of two kidneys unchanged. In the second group, one kidney had hydronephrosis and the contralateral kidney didn't had hydronephrosis and occupying lesion, keeping the ROI of kidney without hydronephrosis and background ROI of two kidneys unchanged, holonephros ROI and cortex ROI of the kidney with hydronephrosis were outlined, respectively, and the difference in the GFR of the kidney without hydronephrosis were compared between the two ROI outlining methods. According to the GFR measured by the standard ROI outlining method, the renal functions in the left kidney or the kidney without hydronephrosis were divided into 5 stages. **Results** The analysis of variance with repeated measurements revealed that the different ROI outlining methods of the right kidney were the effect factors of the GFR of the left kidney ($F=462.2, P=0.000$), and that the outlining of right renal ROI and

【收稿日期】 2016-09-23

【基金项目】 湖北省自然科学基金(2011CHB035)

【作者简介】 汪长银, 副主任医师, 研究方向: 核医学影像诊断与相关技术, E-mail: changyinwang@yeah.net

the staging of the left renal function presented the interaction on the GFR of the left kidney ($F=2.64, P=0.001$). The smaller the right renal ROI, the more significant the relative decrease of the left renal GFR. The differences in the GFR of the kidney without hydronephrosis between holonephros ROI and cortex ROI for the kidney with hydronephrosis were statistically significant in all stages ($t=7.15-19.17, P=0.000$). **Conclusion** Gates algorithm has the shortcoming that the GFR of one kidney could be affected by differently outlining of contralateral renal ROI. Outlining the renal ROI according to a decided standard is significant for ensuring the accuracy, repeatability and comparability of the renal GFR.

Keywords: kidney; radionuclide imaging; glomerular filtration rate; region of interest; effect factor

前言

肾小球滤过率(Glomerular Filtration Rate, GFR)是评价肾脏功能的一项重要指标。临床上有多种方法可用于GFR的测量与计算^[1-3]。放射性核素肾动态显像是一种常用的核医学检查方法。以放射性核素标记的100%经肾小球滤过而不被肾小管重吸收的显像剂进行检查,可测量分侧肾脏的肾小球滤过功能。基于肾动态显像的Gates法^[4]是定量计算GFR的经典方法,在临床上广泛应用。本研究发现应用Gates法测量肾功能时,一侧肾脏感兴趣区(Region of Interest, ROI)的不同勾画可对另一侧肾脏的GFR结果产生影响。本研究揭示了单侧肾脏GFR的测量值并非仅仅是仅仅由其对显像剂的净摄取数量决定的,而是存在另外的影响因素,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 临床资料与分组

本研究为回顾性研究。选择已经接受了肾动态显像检查,GFR测定的肾脏疾病患者的资料用于研究分析。患者共270例,男,166例,年龄:17~89岁,平均(51.6±18.6)岁;女,104例,年龄:22~83岁,平均(54.9±15.0)岁。患者资料包括宽范围的肾功能(重度受损→正常)。

研究对象被分为两组,第1组患者的双侧肾脏均无肾积水且无占位性病变,共125例;第2组患者的一侧肾脏无肾积水且无占位性病变,而另一侧肾脏积水,共145例。对于两组患者中无肾积水且无占位性病变的肾脏,根据测量的GFR(单位: $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73^{-1} \text{m}^2$)大小,参考美国肾脏基金会会对患者的肾功能分期标准^[5],本研究以分期标准中双肾总GFR限值的二分之一计算,将患者单侧肾脏功能的受损害程度分为5期:1期, $\text{GFR} \geq 45$,患者单侧肾脏肾小球滤过功能正常;2期, $30 \leq \text{GFR} < 45$,患者单侧肾脏肾小球滤过功能轻度受损;3期, $15 \leq \text{GFR} < 30$,患者单侧肾脏肾小球滤过功能中度受损;4期, $7.5 \leq \text{GFR} < 15$,患者单侧肾脏肾小球滤过功能重度受损;5期, $\text{GFR} < 7.5$,患

者单侧肾脏肾小球滤过功能衰竭。

1.2 检查仪器与显像剂

单光子发射型计算机断层扫描仪(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)为西门子公司产品E.CAM,配置平行孔低能高分辨准直器用于显像检查。⁹⁹Mo-^{99m}Tc发生器由北京原子高科股份有限公司提供。二乙撑三胺五乙酸(Diethylenetriamine Pentoacetic Acid, DTPA)为北京欣科思达医药科技有限公司产品。实验室配制的显像剂^{99m}Tc-DTPA的放射化学纯度均大于95%。

1.3 检查方法

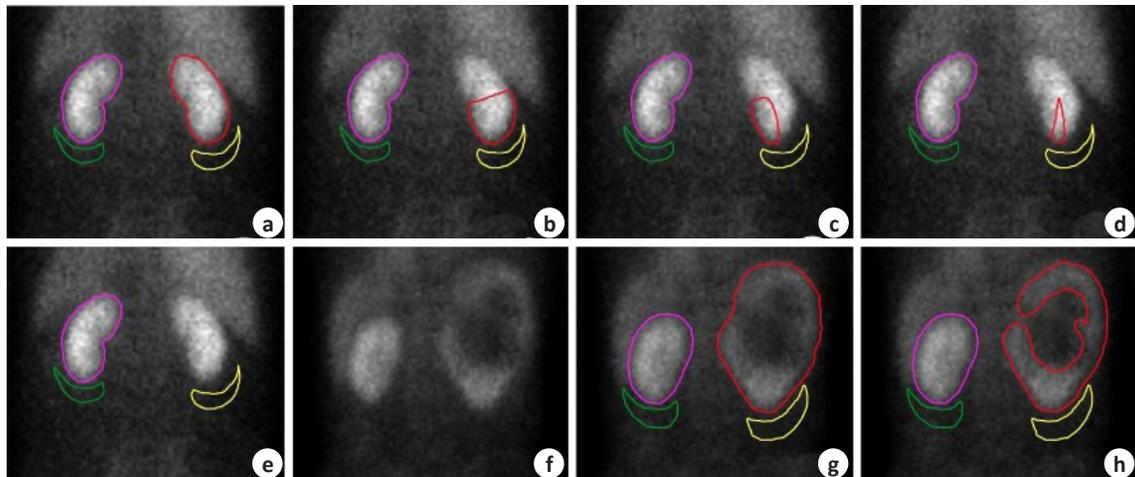
要求患者检查当日素食,检查前忌食蛋白质食物,以避免高蛋白饮食对GFR产生影响^[6]。检查前饮水300~500 mL,饮水后30~60 min排尿并准备执行肾动态显像检查。检查前测量身高与体质量。检查时,患者被要求仰卧于检查床上,检查中保持体位不动。显像条件:注射器显像,探头距注射器约30 cm,采集矩阵256×256,放大倍数为1.23,采集时间为1 min;患者的显像,仪器探头置于后位并贴近患者,从患者肘部静脉“弹丸”式注射显像剂^{99m}Tc-DTPA约185 MBq,立即动态采集图像,采集矩阵128×128,放大倍数为1.23,血流灌注相采集时间为3 s/帧,共20帧,随后为肾实质相,其采集时间为1 min/帧,共15帧。

1.4 ROI的勾画

根据测量的患者身高、体质量计算双侧肾脏的深度,并计算患者的体表面积。以Gamma1.0显示图像,调节亮度、对比度至合适状态以清晰显示肾脏轮廓,选择2~3 min的图像沿肾脏边缘勾画双侧肾脏的ROI,并于肾脏的下方至外下方设置半月形的本底ROI^[4],按照Gates法计算GFR,并以1.73 m²的体表面积标准化测量的GFR。对第1组患者,首先保持患者的左肾ROI、左肾本底ROI以及右肾本底ROI不变,然后以Gates法勾画的完整的右肾ROI大小为基准(即1ROI,图1a),从右肾下极开始,在右肾区分别勾画其基准的1/2、1/4、1/8、0倍大小的ROI(即1/2ROI, 1/4ROI, 1/8ROI, 0ROI,图1b~1e),如此逐渐改变右肾ROI的大小并重新计算左肾GFR,观察右肾ROI的不

同勾画法对左肾 GFR 大小的影响。对第2组患者,保持无肾积水的一侧肾脏的 ROI 及其本底 ROI 不变,并保持存在积水的一侧肾脏的本底 ROI 不变,然后分别勾画积水肾脏的全肾 ROI 与肾皮质 ROI(图 1g、1h)。全肾 ROI 的勾画:沿着显影的肾脏边缘勾画,包括扩张积水的肾盂、肾盏;肾皮质 ROI 的勾画:以本底放射

性水平为参照,勾画高于本底放射性水平的肾脏组织区域,积水扩张的肾盂、肾盏处的放射性水平低于或等于本底放射性水平时,则此区域不勾画在肾皮质 ROI 内。之后,分别计算无积水肾脏的 GFR,观察积水肾脏 ROI 的不同勾画法对无积水肾脏 GFR 大小的影响。



a-e: Keeping regions of interest (ROI) of the left kidney and background ROI of two kidneys unchanged; a: Complete ROI (1ROI) of the right kidney; b: 1/2ROI of the right kidney; c: 1/4ROI of the right kidney; d: 1/8ROI of the right kidney; e: 0ROI of the right kidney; f-h: Right kidney with hydronephrosis, keeping the ROI of kidney without hydronephrosis and background ROI of two kidneys unchanged; f: Without outlining ROI; g: Outlining holonephros ROI for the kidney with hydronephrosis; h: Outlining cortex ROI for the kidney with hydronephrosis.

图1 肾脏 ROI 与本底 ROI 勾画示意图

Fig.1 Schematic diagram of outlining renal ROI and background ROI

1.5 GFR 的计算

Gates 法^[4]计算 GFR 的公式如下:

$$GFR_{total} = \left[\frac{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu D_L} + (C_{RK} - C_{RB})e^{\mu D_R}}{C_{pre} - C_{post}} \times 100 \right] \times \frac{1}{9.8127 - 6.82519} \quad (1)$$

$$GFR_{left} = \left[\frac{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu D_L}}{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu D_L} + (C_{RK} - C_{RB})e^{\mu D_R}} \times 100 \right] \% \times GFR_{total} \quad (2)$$

$$GFR_{right} = \left[\frac{(C_{RK} - C_{RB})e^{\mu D_R}}{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu D_L} + (C_{RK} - C_{RB})e^{\mu D_R}} \times 100 \right] \% \times GFR_{total} \quad (3)$$

其中, GFR_{total} 为双肾总 GFR, GFR_{left} 为左肾 GFR, GFR_{right} 为右肾 GFR, 单位为 $mL \cdot \min^{-1} \cdot 1.73^{-1} m^2$; C_{LK} 为左肾放射性计数率, C_{RK} 为右肾放射性计数率, C_{LB} 为左肾本底放射性计数率, C_{RB} 为右肾本底放射性计数率, 单位均为 $counts \cdot \min^{-1}$; D_L 为左肾深度, D_R 为右肾

深度, 单位为 cm ; C_{pre} 为注射前注射器放射性计数率, C_{post} 为注射后空注射器放射性计数率, 单位为 $counts \cdot \min^{-1}$; μ 为 ^{99m}Tc 在组织中的线性衰减系数, $\mu=0.153$, 单位为 cm^{-1} 。

1.6 GFR 变化幅度的计算

按 Gates 法勾画本底 ROI 及完整的双肾 ROI 时, 计算的第 1 组患者的左肾 GFR 或第 2 组患者的无积水肾脏的 GFR 设为 GFR_a , 第 1 组患者的右肾 ROI 大小改变时计算的左肾 GFR 或者第 2 组患者存在积水的肾脏 ROI 仅勾画肾皮质时计算的无积水肾脏的 GFR 设为 GFR_b , 则 GFR 的变化幅度计算^[7]如下:

$$GFR \text{ 相对变化幅度} (\%) = \frac{GFR_b - GFR_a}{GFR_a} \times 100 \quad (4)$$

GFR 相对变化幅度正值表示其 GFR 升高, 负值表示其 GFR 降低。

1.7 统计学分析

使用 IBM SPSS21.0 统计软件处理数据。采用重复测量数据的方差分析模型分析左肾 GFR 测量值的影响因素。积水肾脏的 ROI 采用不同勾画法时测量

的未积水肾脏 GFR 结果的比较运用配对比较的 *t* 检验。以 $\bar{x} \pm s$ 表示肾脏 GFR 测量数据。检验水准 $\alpha=0.05, P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 右肾 ROI 的不同勾画对左肾 GFR 的影响

表 1 为右肾 ROI 勾画不同大小时左肾 GFR 的结

果。重复测量数据的方差分析模型(多元分析)显示,右肾 ROI 的不同勾画是左肾 GFR 的影响因素($F=462.2, P=0.000$),而且右肾 ROI 的勾画与左肾功能的分期对左肾 GFR 存在交互影响($F=2.64, P=0.001$)。表 1 显示,在左肾 GFR 的不同分期水平,随着右肾 ROI 逐渐减小,左肾 GFR 的测量值均逐渐减小。

表 1 右肾 ROI 勾画不同大小时左肾 GFR 结果($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73^{-1} \text{m}^2, \bar{x} \pm s$)

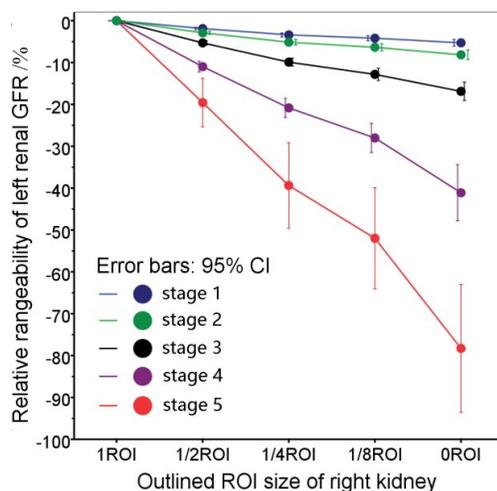
Tab.1 Result of the left renal glomerular filtration rate (GFR) with different outlined ROI sizes of the right kidney ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73^{-1} \text{m}^2, \text{Mean} \pm \text{SD}$)

Stage	Case number	ROI size of right kidney				
		1ROI	1/2ROI	1/4ROI	1/8ROI	0ROI
1	19	52.71±6.02	51.72±5.94	50.93±5.96	50.52±6.00	49.95±6.02
2	29	37.10±4.44	36.05±4.45	35.22±4.48	34.77±4.49	34.11±4.52
3	39	21.49±4.39	20.39±4.37	19.44±4.35	18.85±4.46	18.02±4.58
4	28	10.95±2.30	9.79±2.29	8.76±2.31	8.02±2.40	6.68±2.84
5	10	5.99±1.03	4.88±1.20	3.75±1.38	3.02±1.42	1.43±1.53

Stage refers to the stage of the left renal function according to the GFR of the left kidney when the right kidney is outlined as 1ROI.

2.2 右肾 ROI 不同勾画时左肾 GFR 的相对变化幅度比较

图 2 显示了右肾 ROI 勾画不同大小时,左肾 GFR 测量值相对于右肾勾画 1ROI 大小时左肾 GFR 值的平均变化幅度。从图 2 可见,随着勾画的右肾 ROI 逐渐减小,左肾 GFR 下降幅度逐渐增大。而且,在左肾 GFR 不同分期情况下,左肾 GFR 测量值受右肾 ROI 勾画的影响程度不同,随着左肾 GFR 分期逐渐增大(即左肾功能逐渐减低),勾画同等减小程度的右肾 ROI 时左肾 GFR 下降幅度越大。



Stage refers to the stage of the left renal function according to the GFR of the left kidney when the right kidney is outlined as 1ROI.

图 2 右肾 ROI 不同勾画时左肾 GFR 的相对变化幅度
Fig.2 Relative rangeability of the left renal GFR when different ROI sizes of right kidney were outlined

2.3 积水肾脏 ROI 的不同勾画对未积水肾脏 GFR 的影响

表 2 为积水肾脏的 ROI 不同勾画时未积水肾脏的 GFR 结果。可见,在各分期中,对积水肾脏分别勾画全肾 ROI 与皮质 ROI 时,未积水肾脏的 GFR 测量值之间差异均具有统计学意义($t=7.15\sim 19.17, P=0.000$)。

2.4 未积水肾脏 GFR 的相对变化幅度与未积水肾脏功能分期的关系

从图 3 可见,在积水肾脏的 ROI 采用不同勾画法时,积水肾脏勾画皮质 ROI 情况下的未积水肾脏的 GFR 与勾画全肾 ROI 情况下的未积水肾脏 GFR 相比降低,且下降幅度随着未积水肾脏功能分期的增大(即未积水肾脏功能逐渐减低)而逐渐增大。未积水

肾脏功能正常时,其 GFR 下降幅度受积水肾脏 ROI 不同勾画的影响较小,而未积水肾脏功能重度受损与衰竭时,受积水肾脏 ROI 不同勾画的影响较大。

3 讨论

3.1 Gates 测量法的算法基础与影响因素

表2 积水肾脏 ROI 不同勾画时未积水肾脏 GFR 的比较($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73^{-1} \text{m}^2, \bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of GFR of kidney without hydronephrosis when the ROI of kidney with hydronephrosis was outlined differently ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73^{-1} \text{m}^2, \text{Mean} \pm \text{SD}$)

Stage	Case number	ROI of kidney with hydronephrosis		t value	P value
		Holonephros ROI	Cortex ROI		
1	69	60.40±11.33	59.48±11.38	19.17	0.000
2	46	37.36±4.13	36.60±4.12	14.83	0.000
3	15	22.63±5.06	21.87±5.17	7.15	0.000
4	10	13.01±2.13	11.87±2.02	9.52	0.000
5	5	6.03±1.35	5.11±1.32	16.33	0.000

Stage refers to the stage of the function of kidney without hydronephrosis according to the GFR of kidney without hydronephrosis when the kidney with hydronephrosis is outlined as 1ROI.

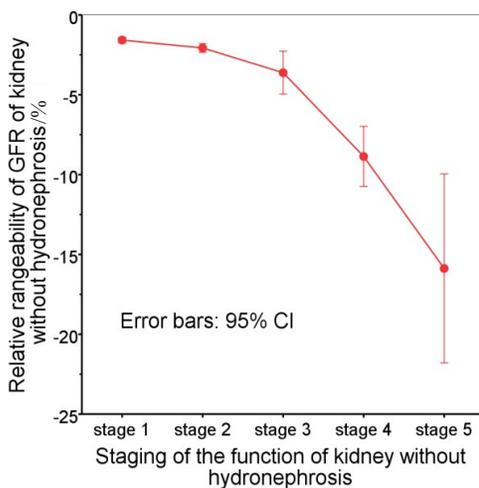


图3 未积水肾脏 GFR 的相对变化幅度与未积水肾脏功能分期的关系

Fig.3 Relation between relative rangeability of GFR of kidney without hydronephrosis and its function stages

分侧肾脏 GFR 的准确测量,在疾病的诊断、病情的评估与监测、疗效的判断以及指导治疗等方面具有重要意义^[8-11]。尽管核医学测量分肾 GFR 的 Gates 法在临床上最为常用,然而,却有多种因素可对其结果产生影响^[12-14]。Gates 法测量 GFR 的质量控制对保证 GFR 值的准确性与可重复性十分重要。患者的饮食准备、显像条件的设置、身高与体质量的测量、显像剂 ^{99m}Tc-DTPA 的放射化学纯度与比活度、显像剂放射性活度的测量方式、弹丸注射技术、患者检查中体位有无移动、残余显像剂的测量情况、显像剂的注射遗漏与测量、双侧肾脏 ROI 的勾画以及本底 ROI 的选取与勾画等,均是检查流程中所涉及的具体步骤,这些操作是否恰当、正确,直接关系到分肾 GFR 测量值的准确性。以上多种情况对 Gates 法 GFR 测量结果

的影响已有较多报道,而一侧肾脏 ROI 的不同勾画对另一侧肾脏 GFR 测量值产生的影响尚未见报道。

Gates 法是建立在指定时间段内肾脏的显像剂摄取率基础上的算法。肾脏摄取显像剂越多,则肾脏的 GFR 就越高,双侧肾脏总的 GFR 与双侧肾脏的显像剂总摄取率[前文公式(1),中括号内的参数为肾脏总摄取率]呈线性关系。但是,就单侧肾脏而言,其 GFR 测量值是否与其显像剂摄取率呈线性关系呢?本研究显示,按照 Gates 的算法,单侧肾脏的 GFR 值还受对侧肾脏 ROI 勾画的影响。在保持其它条件不变且仅仅改变一侧肾脏 ROI 大小的情况下,此侧肾脏的显像剂摄取率会相应地发生改变,这种改变不仅必然地影响到了其自身的 GFR 测量值大小,而且也影响了另一侧肾脏的 GFR 测量值的大小。此时,另一侧肾脏的显像剂摄取率未变而其 GFR 却发生了变化,可见,单侧肾脏的 GFR 测量值并非与其显像剂摄取率呈线性关系。因此,单侧肾脏的 GFR 测量值并非仅仅由其显像剂摄取率决定的,它还存在另外的影响因素:对侧肾脏的显像剂摄取数量。

下面以左肾为例,根据 Gates 的分肾 GFR 算法,分析一侧肾脏 ROI 的不同勾画对另一侧肾脏 GFR 测量值的影响。将前文中的公式(1)代入公式(2),变换后可得:

$$GFR_{\text{left}} = \left[\frac{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu^D_L}}{C_{\text{pre}} - C_{\text{post}}} \times 100 \right] \times 9.8127 - \frac{6.82519(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu^D_L}}{(C_{LK} - C_{LB})e^{\mu^D_L} + (C_{RK} - C_{RB})e^{\mu^D_R}} \quad (5)$$

公式(5)是变换后的左肾 GFR 计算公式,它清楚地表明,左肾 GFR 不是以左肾摄取率[公式(5),中括

号内的参数为左肾摄取率]为自变量的线性函数。左肾 GFR 不仅与左肾摄取率有关,它还与右肾的显像剂摄取($C_{RK}-C_{RB}$)有关。在本研究中,对于特定的检查,固定左肾 ROI 与左肾的本底 ROI 时, C_{LK} 、 C_{LB} 、 D_L 、 D_R 、 C_{pre} 、 C_{post} 与 μ 均为确定的数值,此时,左肾摄取率一定,左肾 GFR 仅随着右肾净放射性计数率($C_{RK}-C_{RB}$)的变化而变化,当 C_{RK} 减小时, ($C_{RK}-C_{RB}$) 也减小,则左肾 GFR 相应地减小,这正好解释了本研究中左肾 GFR 与右肾 ROI 不同大小的勾画之间的关系。因此, Gates 分肾 GFR 算法的内在属性决定了单侧肾脏的 GFR 测量值会受到对侧肾脏的显像剂摄取量的影响。

3.2 一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏感兴趣区勾画影响的现实情形

如上所述,一侧肾脏摄取显像剂数量的变化,必然会影响对侧肾脏的 GFR 结果。那么,在什么情况下,一侧肾脏摄取显像剂的数量会出现变化呢?一方面,一侧肾脏 ROI 的不同勾画可导致此肾脏的显像剂摄取数量发生变化。单侧肾脏 ROI 勾画得过大或过小,均可引起其显像剂数量相应变化,这是工作中应当而且可以避免的。实际上,肾脏 ROI 的勾画,不可能如同本研究中偏离标准那么夸张,但也可出现勾画得过于紧凑或勾画得偏大并包括到高放射性肝脾的可能性。对于积水的肾脏,有学者认为勾画其肾皮质 ROI 时的 GFR 结果比勾画全肾 ROI 时更为准确^[15-16]。但是,肾皮质 ROI 与全肾 ROI 显然是两种完全不同的勾画法,其 ROI 内的显像剂数量显然不同,实际工作中,这种勾画处理方式是导致一侧肾脏摄取显像剂数量人为改变的常见情形。在关注积水肾脏 GFR 准确性的同时,其改变的肾脏 ROI 勾画法对未积水肾脏 GFR 的影响也不能忽视。另一方面,一侧肾脏的病变也可导致其摄取显像剂数量的变化,这种情况在临床上更为常见。单侧肾脏的病变以及单侧肾脏病变治疗后的病情变化与恢复,均可导致其自身功能的改变,从而直接引起相关肾脏摄取显像剂数量的变化。同时,肾脏的病变也可能引起肾脏大小改变,使得肾脏 ROI 的正常勾画相应地改变,从而导致肾脏摄取显像剂数量的变化。再者,单侧肾脏的完全切除,这种情形在临床上也不少见。此时,外科手术不仅直接引起一侧肾脏功能的消失,同时也导致其 ROI 的勾画出现最大幅度的改变,必然引起肾动态显像时肾脏摄取显像剂数量的较大变化。以上这些均是临床工作中常见的一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏感兴趣区勾画影响的现实情形。

3.3 一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏感兴趣区勾画影响的特点

研究表明,一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏 ROI 勾画影响具有如下特点:(1)单侧肾脏的 GFR 测量值与对侧肾脏 ROI 大小呈同相变化趋势,对侧肾脏 ROI 越小则单侧肾脏 GFR 越小,反之亦然;(2)对侧肾脏 ROI 勾画失真度越大,则单侧肾脏 GFR 测量值受影响越大;(3)一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏 ROI 勾画影响的最大程度未超过 $6.8 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$,其相对变化幅度却可高达 95%;(4)一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏 ROI 勾画影响与单侧肾脏的功能有关,单侧肾脏的功能越低,则本侧肾脏 GFR 测量值受对侧 ROI 勾画影响的相对变化幅度越大;(5)双侧肾脏 GFR 受对侧肾脏感兴趣区勾画的影响可以是相互的。

3.4 一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏感兴趣区勾画影响的弊端

对于特定的肾动态显像检查,检查当时患者双侧肾脏 GFR 的真实值是一定的,实验室的 GFR 测量值只是对真实值的反应,其与真实值越接近,其结果就越准确。临床上的任何算法都是为了更准确地反应这一真实值,这些真实值不会因为算法的不同而改变。Gates 法是依据特定时间段肾脏的显像剂摄取数量计算其 GFR 值的,特定检查中患者双侧肾脏在特定时间段的显像剂摄取数量是确定的。肾脏与本底 ROI 的勾画就是为了计算肾脏的显像剂摄取数量,以期准确反应这一数量。一侧肾脏 ROI 与本底 ROI 一旦勾画确定,其显像剂摄取数量就确定了,此肾脏的 GFR 理应为确定的数值,这符合患者在特定检查中特定的肾脏 GFR 具有确定值的特性,其不应再受到对侧肾脏 ROI 勾画的影响。然而,本研究揭示了一侧肾脏 GFR 受对侧肾脏 ROI 勾画影响的事实,表明 Gates 法计算分肾 GFR 存在不足。这一缺点可导致一侧肾脏 GFR 测量值受到对侧肾脏 ROI 勾画的人为影响,从而出现不准确、难重复的结果,给患者肾功能的评价、疗效观察与病情监测增加了额外的影响因素,甚至可能导致错误地评价治疗方案。产生这些临床弊端的原因在于一侧肾脏 ROI 的勾画有时存在建议的不同方式,有时存在 ROI 勾画难于重复且不同勾画可能差别较大的情形,有时存在一侧肾脏的病变引起其显像剂摄取数量的改变并进而产生了类似于肾脏 ROI 不同勾画的结果。以确定的方式与标准勾画肾脏 ROI 对保证肾脏 GFR 结果的准确性具有重要意义。但是,对于一侧肾脏全切除术后,保留肾脏的 GFR 较术前降低的情形,却无法通过肾脏 ROI

的准确勾画来改善,这暴露了Gates法计算分肾功能存在难于重复的内在缺陷。Kim等^[10]针对肾脏部分切除术后保留肾组织GFR的测量法进行了改进,其改进的Gates算法的准确性有待进一步验证。

总之,以确定的方式与标准勾画肾脏ROI对保证肾脏GFR结果的准确性、重复性与可比性具有重要意义。一侧肾脏GFR的改变可能是其本身病变的反映,也可能是对侧肾脏ROI勾画的影响或对侧肾脏病变所产生的影响。Gates法计算分肾功能存在一侧肾脏GFR受对侧肾脏ROI不同勾画影响的缺陷,进一步改进算法也是必要的。

【参考文献】

- [1] ONER A O, AYDIN F, IPEKCI T, et al. Comparison of glomerular filtration rate measurements with two plasma and single plasma sample methods in renal transplant cases with stable renal graft functions[J]. *Ann Nucl Med*, 2015, 29(4): 359-365.
- [2] WOOD A J, CHURILOV L, PERERA N, et al. Estimating glomerular filtration rate: performance of the CKD-EPI equation over time in patients with type 2 diabetes [J]. *J Diabetes Complications*, 2016, 30(1): 49-54.
- [3] HOFMAN M, BINNS D, JOHNSTON V, et al. ⁶⁸Ga-EDTA PET/CT imaging and plasma clearance for glomerular filtration rate quantification: comparison to conventional ⁵¹Cr-EDTA [J]. *J Nucl Med*, 2015, 56(3): 405-409.
- [4] GATES G F. Split renal function testing using Tc-99m DTPA: a rapid technique for determining differential glomerular filtration [J]. *Clin Nucl Med*, 1983, 8(9): 400-407.
- [5] BAILIE G R, UHLIG K, LEVEY A S. Clinical practice guidelines in nephrology: evaluation, classification, and stratification of chronic kidney disease[J]. *Pharmacotherapy*, 2005, 25(4): 491-502.
- [6] WAGNER E A, FALCIGLIA G A, AMLAL H, et al. Short-term exposure to a high-protein diet differentially affects glomerular filtration rate but not acid-base balance in older compared to younger adults[J]. *J Am Diet Assoc*, 2007, 107(8): 1404-1408.
- [7] 汪长银, 赵燕芬. Gates法测肾功能时一侧肾脏感兴趣区勾画面积对另一侧肾小球滤过率的影响[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2016, 36(5): 464-465.
WANG C Y, ZHAO Y F. Influence of different outlining for region of interest in one kidney with Gates method on glomerular filtration rate of the contralateral kidney [J]. *Chinese Journal of Nuclear Medicine and Molecular*, 2016, 36(5): 464-465.
- [8] 邵科晶, 朱宝, 袁航, 等. ^{99m}Tc-DTPA肾小球滤过率测定在诊断糖尿病早期肾损害中的价值[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2013, 7(14): 6690-6692.
SHAO K J, ZHU B, YUAN H, et al. ^{99m}Tc- DTPA measuring glomerular filtration rate in the diagnosis of early diabetic nephropathy [J]. *Chinese Journal of Clinicians (Electronic Edition)*, 2013, 7(14): 6690-6692.
- [9] 贾楠, 李晓波, 何瑞青, 等. 分侧肾小球滤过率用于筛选肾动脉狭窄介入治疗适应证[J]. *中华高血压杂志*, 2014, 22(4): 353-359.
JIA N, LI X B, HE R Q, et al. The study of unilateral glomerular filtration rate as screening indications for the interventional treatment of renal artery stenosis [J]. *Chinese Journal of Hypertension*, 2014, 22(4): 353-359.
- [10] KIM Y I, HA S, SO Y, et al. Improved measurement of the glomerular filtration rate from Tc-99m DTPA scintigraphy in patients following nephrectomy [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(2): 413-422.
- [11] 袁杰, 张光明, 刘从进, 等. Gates法测定2型糖尿病肾病患者肾小球滤过率[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2013, 33(5): 355-357.
YUAN J, ZHANG G M, LIU C J, et al. Evaluation of ^{99m}Tcm-DTPA glomerular filtration rate by the Gates method in patients with type 2 diabetes [J]. *Chinese Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 2013, 33(5): 355-357.
- [12] 彭金, 杨仪, 唐军, 等. 肾动态显像测定肾小球滤过率中两肾深度差对分肾功能的影响[J]. *苏州大学学报(医学版)*, 2012, 32(4): 541-545.
ZHANG J, YANG Y, TANG J, et al. Effects of renal depth difference on the split renal function in the measure of glomerular filtration rate through renal dynamic imaging [J]. *Suzhou University Journal of Medical Science*, 2012, 32(4): 541-545.
- [13] 解朋, 李冬雪, 黄建敏. 肾动态显像测定肾小球滤过率[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(2): 371-373.
XIE P, LI D X, HUANG J M. Application of renal dynamic imaging in the determination of glomerular filtration rate [J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2012, 28(2): 371-373.
- [14] LI N, LI B, LIANG W, et al. Comparison of glomerular filtration rate measured between anterior and posterior image processing using Gates method in an ectopic pelvic kidney [J]. *Nucl Med Commun*, 2016, 37(5): 519-524.
- [15] 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.
CHAI X H, LI Y M, GAO F, et al. Evaluation of renal function in urinary obstruction by ^{99m}Tcm-DTPA imaging calculated GFR with renal cortical ROI [J]. *Chinese Journal of Nuclear Medicine*, 2005, 25(4): 232-234.
- [16] 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.
SHAO D, XU W P, WANG S X. Effect of different kinds of renal regions of interest on glomerular filtration rate of hydronephrosis [J]. *Journal of Medical Imaging*, 2009, 19(10): 1338-1340.

(编辑:薛泽玲)