

兴趣区设置对 Gates 法测定肾小球滤过率的影响

汪长银, 文兵, 张湘园

【摘要】 目的:探讨肾脏及本底兴趣区 ROI 的勾画方式对 Gates 法测定肾小球滤过率(GFR)的影响。**方法:**对 41 例患者行肾动态显像,并按不同 ROI 勾画法计算 GFR。改变本底 ROI 位置、大小、本底与肾脏 ROI 距离及肾脏 ROI 大小、局部偏离,观察 GFR 变化;将各 GFR 与标准 Gates 法 GFR 比较,观察结果偏离程度及导致结果偏离的因素。**结果:**① logistic 多因素分析表明,本底 ROI 位置、大小、本底与肾脏 ROI 间距离以及“肾脏 ROI 大小、局部偏离”均是影响 GFR 的重要因素(χ^2 分别为 250.9, 73.9, 53.5, 215.8, $P=0.000$);②本底位于肾脏正下方较大范围内或肾脏 ROI 在外下方局部外偏时 GFR 与标准 Gates 法十分接近;本底 ROI、肾脏 ROI 的其它各种改变均可对 GFR 产生较大程度的影响。**结论:**① Gates 法 GFR 测定时,ROI 勾画须注意多种影响因素的作用。②本底 ROI 设置于肾脏正下方(20~160)像素大小、(0~16)像素距离范围内可减少本底大小、距离对 GFR 影响。

【关键词】 放射性核素显像;放射测量术;肾小球滤过率

【中图分类号】 R446.1; R817.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)01-0092-04

Influence of Different ROI Extraction Methods to the Measurement of Glomerular Filtration Rate in Gates' Method WANG Chang-yin, WEN Bin, ZHANG Xiang-yuan. Department of Nuclear Medicine, Zhong Nan Hospital, Wuhan University, Wuhan 430071, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the influence of different kidney and background region of interest (ROI) extraction methods to the measurement of glomerular filtration rate (GFR) in Gates' method. **Methods:** Dynamic renal imaging was performed in forty-one patients; GFR was obtained using different ROI extraction methods. After changing the position, size of background ROI, the distance between background ROI and kidney ROI, the magnitude and local deviation of kidney ROI, the variation of GFR were studied. Each of the GFR variation was compared with standardized GFR in Gates' method, to learn the degree of variation and factors leading to these variations. **Results:** ① Study by logistic regression, it was demonstrated that the position and size of background ROI, distance between background ROI and that of kidney, magnitude and local deviation of kidney ROI were all important factors in influencing GFR (χ^2 was 250.9, 73.9, 53.5, 215.8 respectively, $P=0.000$). ② Measured GFR was very much similar to the standardized one in Gates' method when background ROI was put just beneath the kidney in a large dimension or the kidney ROI was deviated to the outer-inferior direction. A relative obvious influence was showed in the other changes of background ROI and kidney ROI. **Conclusion:** ① Various factors must be considered when ROI is extracted in Gates' method; ② The influence of the size, distance of back ground ROI can be reduced by drawing background ROI just beneath the kidney in a pixel size of 20~160 and in a pixel distance of 0~16.

【Key words】 Radionuclide imaging; Radiometry; Glomerular filtration rate(GFR)

1982 年~1984 年, Gates 在^{99m} 锝-二乙三胺五乙酸(^{99m} Tc-diethylenetriamine pentaacetic acid, ^{99m} Tc-DTPA)肾动态显像的基础上建立了肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)测定法^[1-3], 此法使用方便, 在单光子发射计算机断层摄影术(single photon emission computed tomography, SPECT)上得到了广泛应用。但是, 有多种因素可影响其准确性^[4-7], GFR 计算时的兴趣区(region of interest, ROI)设置, 包括本底 ROI、肾脏 ROI 勾画, 是影响因素之一。ROI 勾画与选择尚存在争议^[4, 6, 7]。本文全面考虑了

本底 ROI 位置、大小、与肾脏 ROI 距离及肾脏 ROI 大小、局部偏离等各种可能出现的偏差情况, 并分析了其对肾脏 GFR 的影响, 现报道如下。

材料与方 法

选择本科肾动态显像患者 41 例, 男 24 例, 年龄 35~78 岁, 平均 49.1 岁; 女 17 例, 年龄 29~78 岁, 平均 50.0 岁。双肾检查时间内均显影, 包括宽范围的肾功能: 重度受损至正常。

仪器、试剂与剂量 ^{99m} Mo-^{99m} Tc 发生器、DTPA 由北京原子能研究院提供, SPECT 为 Siemens Diacam, 低能高分辨准直器。^{99m} Tc-DTPA 放射化学纯度均大于 95%, 剂量 185MBq~370MBq, 体积 0.5~1.0 ml。

作者单位: 430071 武汉, 武汉大学中南医院核医学科

作者简介: 汪长银(1971-), 男, 湖北武汉人, 主治医师, 主要从事 ECT 的影像诊断工作。

检查方法:嘱患者检查前 30 min 喝水 500 ml,测量身高、体重,排尿后检查,探头置于后位,仰卧位显像,显像时勿移动体位。所有患者均行带注射器显像的肾动态显像,均采用肘静脉弹丸注射。显像时,满注射器或空注射器带针头水平放置,距探头 20 cm。显像前常规监测满注射器放射性计数是否过载,并于显像结束后立即测量注射遗漏,遗漏较多者于次日重新检查。采集条件:满注射器或空注射器各采集 1 min;灌注相 3s/帧,共 20 帧,功能相 1 min/帧,共 25 帧;能窗 140 keV,窗宽 15%,矩阵 128×128, zoom1.0, word 方式。

按 Gates 公式计算。选取 2~3 min 图像勾画 ROI;标定采集起始时间,程序自动计算总 GFR。

ROI 勾画法。① Gates 法^[2,3]:距双肾影边缘外 2~3 个像素勾画肾脏 ROI;沿肾脏 ROI 下侧并外侧(不等于外下方)勾画约 40~70 个像素大小半月形本底 ROI。此为标准 Gates 勾画法。② 所研究的本底 ROI 勾画法:8 种位置:上、下、内、外、内上、内下、外上、外下。6 种大小:1/4S₀、1/2S₀、S₀、2S₀、3S₀、4S₀(S₀=40 像素)。6 种距离:完全位于肾脏 ROI 内(L₂)、部分位于肾脏 ROI 内(L₁)、0、L₀、2L₀、4L₀(L₀=4 像素,或内侧方向 3 像素)。③ 所研究的肾脏 ROI 勾画法:5 种大小:0.5K₀、0.75K₀、K₀、1.25K₀、1.5K₀(K₀为 Gates 法勾画大小)。8 种位置局部偏离:上、下、内、外、内上、内下、外上、外下。2 种局部偏离方向:偏向内侧、偏向外侧。2 种局部偏离程度:1/8K₀、1/4K₀。

观察指标:① 固定肾脏 ROI 不变(K₀),观察 GFR 随本底的变化。本底 ROI 大小 S₀、距离 0 不变,观察不同位置本底 GFR 变化。本底距离 0 不变、改变本底大小,观察不同位置 GFR 变化。本底大小 S₀ 不变、改变本底距离,观察不同位置 GFR 变化。② 固定本底不变(位于肾脏 ROI 下方,0 距离, S₀ 大小),观察 GFR 随肾脏 ROI 变化。肾脏 ROI 取 5 种大小时,观察 GFR 变化。肾脏 ROI 内偏 1/4K₀、1/8K₀,外偏 1/8K₀、1/4K₀,观察 8 种位置 GFR 变化。③ 按标准 Gates 法重复勾画 ROI 20 次,计算 GFR,按 $\bar{x} \pm 2s$ 确定范围。所研究的 ROI 勾画法 GFR 结果与此范围比较,将超出范围者设为结果偏离,反之为未偏离,用于 logistic 分析,观察导致结果偏离的因素。④ 观察非标准的 ROI 勾画法 GFR 偏离标准法 GFR 均值的程度

$$\text{偏离程度} = \frac{\text{GFR}_{\text{非标准法}} - \text{GFR}_{\text{标准法均值}}}{\text{GFR}_{\text{标准法均值}}} \times 100\%$$

统计学处理:使用 SPSS13.0 软件,logistic 回归多因素分析,每种勾画法 GFR 数据用 $\bar{x} \pm 2s$ 表示,各

种勾画法 GFR 与标准勾画法比较采用配对 *t* 检验, $P < 0.05$ 有统计学意义。

结果

logistic 回归结果 本底 ROI 位置、大小、与肾脏 ROI 距离以及肾脏 ROI 大小、局部偏离均是影响 GFR 的重要因素(χ^2 分别为 250.9, 73.9, 53.5, 215.8, $P = 0.000$)。变量 $\exp(\beta)$ 大则对 GFR 影响程度大,本底不同位置、大小、距离,肾脏 ROI 不同大小、局部偏离对 GFR 影响程度比较见表 1。

表 1 肾脏各种 ROI 勾画法 Logistic 回归部分结果

各种 ROI	β	Wald	P 值	$\exp(\beta)$
本底位置		250.9	0.000	
上	39.8	0.0	1.000	2.0E+17
内	3.8	114.8	0.000	45.3
外	2.6	94.5	0.000	12.8
内上	6.3	38.5	0.000	553.1
内下	1.1	23.3	0.000	3.1
外上	4.2	107.9	0.000	64.3
外下	1.9	61.7	0.000	6.7
本底大小		73.9	0.000	
1/4S ₀	3.3	53.5	0.000	25.8
1/2S ₀	1.2	14.9	0.000	3.3
2S ₀	0.8	7.9	0.005	2.3
3S ₀	1.2	14.9	0.000	3.3
4S ₀	1.5	23.9	0.000	4.7
本底距离		53.5	0.000	
L2	40.7	0.0	1.000	4.6E+17
L1	40.7	0.0	1.000	4.6E+17
L0	1.0	11.9	0.001	2.8
2L0	1.4	20.1	0.000	4.0
4L0	2.2	40.9	0.000	9.4
肾大小局偏		215.8	0.000	
0.5K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
0.75K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
1.25K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
1.5K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
内偏 1/4K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
内偏 1/8K ₀	39.7	0.0	1.000	1.8E+17
外偏 1/8K ₀	3.4	141.9	0.000	29.8
外偏 1/4K ₀	4.2	156.3	0.000	65.7

注:“下”、“S₀”、距离“0”以及“K₀”分别为组内对照。

标准勾画法结果 GFR 平均(68.9±23.7)ml/min;偏离程度以 $\bar{x} \pm 2s$ 表示为(0.0±5.4)%,即-5.4%~5.4% (“-”表示与标准法均值比较降低,“+”表示升高),可见,标准勾画法本身 GFR 亦存在一定程度的波动,各次勾画 GFR 不可能绝对一致。

所研究的勾画法结果:不同位置、大小、距离本底 ROI 勾画法的 GFR 结果见表 2、3,各方向不同程度局部偏离肾脏 ROI 勾画法的 GFR 结果见表 4。肾脏 ROI 大小改变(0.5K₀、0.75K₀、K₀、1.25K₀、1.5K₀)时,GFR 分别为(41.9±17.0)、(58.0±21.8)、(68.9±24.3)、(77.4±26.3)和(84.9±27.1)ml/min。统计

表 2 不同位置、大小本底 ROI 勾画法的 GFR 结果

(ml/min)

位置	1/4S ₀	1/2S ₀	S ₀	2S ₀	3S ₀	4S ₀
上	53.2±22.6	55.0±22.8	56.2±22.8	56.2±23.6	55.9±24.0	54.6±23.1
下	63.7±23.6	66.4±23.9	68.9±24.3	69.9±25.0	70.7±25.6	71.2±25.8
内	55.1±22.1	57.5±23.1	60.1±22.7	61.9±23.7	62.5±24.0	62.9±24.1
外	58.1±23.3	60.9±23.7	63.2±24.8	67.1±26.9	71.3±26.9	74.6±27.3
内上	55.1±22.9	57.0±22.7	58.2±22.3	69.7±23.1	59.9±23.4	59.9±23.9
内下	58.5±23.5	61.9±23.5	64.6±24.2	66.2±25.0	66.9±24.9	67.2±25.1
外上	52.3±21.0	53.7±22.0	54.6±22.6	55.8±23.9	58.8±24.9	62.4±25.1
外下	62.9±22.8	67.0±24.4	69.0±24.7	72.7±26.0	74.5±26.3	76.3±26.9

表 3 不同位置、距离本底 ROI 勾画法的 GFR 结果

(ml/min)

位置	L ₂	L ₁	0	L ₀	2L ₀	4L ₀
上	33.1±13.8	45.8±19.2	56.2±22.8	56.0±24.2	54.7±24.8	51.4±23.3
下	38.2±12.7	53.5±19.9	68.9±24.3	71.4±25.8	72.1±26.0	72.4±26.5
内	36.0±13.2	49.4±18.5	60.1±22.7	63.2±24.1	64.3±24.2	62.4±24.5
外	31.5±10.8	49.3±19.0	63.2±24.8	69.8±28.4	78.0±28.7	85.4±28.6
内上	36.2±14.8	48.3±19.8	58.2±22.3	61.1±23.8	61.5±24.2	56.0±23.2
内下	37.7±14.6	52.9±19.8	64.6±24.2	67.8±24.9	68.0±25.1	68.3±25.2
外上	30.5±12.7	44.0±18.2	54.6±22.6	55.9±24.7	61.4±26.4	75.5±30.2
外下	36.6±13.6	55.4±19.4	69.0±24.7	73.7±26.2	76.9±27.3	82.3±28.6

分析表明,所研究的各种不同勾画法 GFR 与标准法比较均具有统计学差异($P < 0.05$)。本底位于肾脏正下方时,GFR 随本底大小、距离增加呈相应增大改变,但与标准法均值比较,本底大小为 $1/2S_0 \sim 4S_0$,距离为 $0 \sim 4L_0$ 时,总 GFR 平均偏离程度较小($-3.6\% \sim 5.1\%$)。肾脏 ROI 在外下方局部外偏小于 $1/4K_0$ 时,GFR 平均偏离程度亦较小($0\% \sim 1.5\%$)。

表 4 肾脏 ROI 局部偏离勾画法的 GFR 结果 (ml/min)

位置	内偏 1/4K ₀	内偏 1/8K ₀	外偏 1/8K ₀	外偏 1/4K ₀
上	49.5±20.3	61.5±23.4	74.2±25.5	79.5±26.4
下	52.3±19.7	62.2±22.9	71.2±25.3	73.6±26.0
内	50.6±19.9	61.4±22.7	72.9±25.3	76.5±25.9
外	47.7±18.8	60.1±21.5	72.1±25.0	73.2±24.5
内上	50.5±20.1	61.0±22.6	73.8±25.5	77.8±25.9
内下	52.5±19.7	62.2±22.8	72.0±25.1	74.4±25.0
外上	49.8±19.7	61.1±23.2	74.4±25.8	79.4±26.0
外下	52.1±19.3	61.9±22.4	70.3±24.7	70.5±24.5

讨论

Gates 在建立 GFR 计算方程前,已实验证明:肾脏下侧并外侧半月形本底较肾周环形本底与肌苷清除率间具有更好的相关性^[1]。然而,对本底 ROI 的选择仍存在争议^[4-7]。有学者认为 Gates 法低估了本底水平^[4],有学者认为选择内上方本底更准确^[7],也有学者不支持另选本底位置^[4],另有学者在实际应用中 Gates 法作了修改,直接将本底设置在肾脏下方^[8]。产生争议的原因在于 ROI 勾画对 GFR 有影响且 ROI 难于重复。本研究显示,所有非标准的 ROI 勾画法所得 GFR 值与标准法均有统计学差异,表明所有非标准 ROI 勾画法均可影响 GFR 测定值;即使按标准 Gates

法重复勾画,GFR 也不可能完全重复,表明 ROI 勾画不可避免地存在变异。根据本研究对 81 个肾脏按标准 Gates 法重复勾画 20 次后 GFR 变异情况,认为以研究方法勾画 ROI 时,GFR 偏离标准 Gates 法均值 $-5.4\% \sim 5.4\%$ 是可以接受的。

结果表明,本底位置可影响 GFR 准确性($\chi^2 = 250.9, P = 0.000$),这一结论与文献^[4-7]观点相似。同时,研究表明,本底 ROI 大小($\chi^2 = 73.9, P = 0.000$)、本底与肾脏 ROI 间距离($\chi^2 = 53.5, P = 0.000$)亦可明显影响总 GFR 值,这与文献^[6]观点有所不同。不仅如此,肾脏 ROI 大小改变、局部偏离同样可显著影响 GFR 值($\chi^2 = 215.8, P = 0.000$)。按 $\exp(\beta)$ 越大则对 GFR 影响程度越大的理论,可见,本底位于肾脏的上、内、外、内上、外上方向时致 GFR 偏离程度较大,本底太小,本底与肾脏 ROI 间距离太近或重叠到肾脏区域时,亦可不同程度影响 GFR 准确性。肾脏 ROI 大小改变或局部内偏对 GFR 影响很大,大部分方向局部外偏亦可较大程度影响 GFR。然而,本底位于肾脏上方、部分或全部重叠到肾影内,肾脏 ROI 大小弥漫性增大、减小或局部内偏时,Wald 检验无统计学意义($P = 1.000$),与实际结果不符,是因其回归系数 β 较大,Wald 检验效能不佳^[9];而结果可见其 GFR 值大幅度改变。研究提示,肾脏的上、内、外、内上、外上方向不宜选作本底区域,即使按标准法勾画本底,亦应注意本底大小、本底与肾脏 ROI 间距离对 GFR 的影响;肾脏 ROI 不可偏大或偏小,不可局部内偏。本底位置、大小、本底与肾脏 ROI 间距离之所以影响 GFR,就是肝、脾、大血管的存在,肾脏周围生理性放射性分布不

均匀所致。仅仅在双肾正下方较大范围内,当本底大小、距离改变时(0~16 像素距离,20~160 像素大小),GFR 最为稳定,且结果与标准法十分接近,这正是双肾正下方区域放射性分布相对均匀所产生的结果,这一特点正适合于选作本底;另外,在肾脏外下方一定范围内无高放射性脏器组织存在,肾脏 ROI 外偏一定程度时 GFR 变化较小,与标准 Gates 法十分接近。此外,本底位于某些位置或肾脏 ROI 在某些方向局部外偏亦可出现 GFR 偏离程度较小(与标准法比较,偏离-5.4%~5.4%)的情况,但是受本底大小、距离或肾脏 ROI 局部偏离程度影响较大,GFR 变化极不稳定。

因此,为保证 GFR 准确性、可重复性,建议严格按 Gates 法勾画肾脏 ROI 和本底 ROI,同时注意各影响因素的作用;或修改 Gates 法,直接将本底 ROI 设置于双肾正下方 20~160 像素大小、0~16 像素距离范围内,以减少本底大小、距离的影响。

参考文献:

[1] Gates GF. Glomerular Filtration Rate: Estimation from Fractional Renal Accumulation of ^{99m}Tc-DTPA (Stannous)[J]. Am J Roentgen, 1982, 138(3): 565-570.

- [2] Gates GF. 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.
- [3] Gates GF. Computation of Glomerular Filtration Rate with Tc-99m DTPA: an In-house Computer Program[J]. J Nucl Med, 1984, 25(5): 613-618.
- [4] Awdeh M, Kouris K, Hassan IM, et al. Factors Affecting the Gates' Measurement of Glomerular Filtration Rate[J]. Am J Physiol Imaging, 1990, 5(1): 36-41.
- [5] 黄代娟,张永学,曹国祥. Gates'分析法测定肾小球滤过率的影响因素研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2003, 14(6): 405-408.
- [6] 李乾,张春丽,王荣福. 肾动态显像测定肾小球滤过率的影响因素[J]. 中国医学影像技术, 2004, 20(6): 962-964.
- [7] 尚玉琨,孔令山,潘文舟. 不同本底感兴趣区对显像法测定肾小球滤过率的影响[J]. 第二军医大学学报, 2003, 24(1): 110-112.
- [8] Itoh K. Comparison of Methods for Determination of Glomerular Filtration Rate: Tc-99m-DTPA Renography, Predicted Creatinine Method and Plasma Sample Method[J]. Ann Nucl Med, 2003, 17(7): 561-565.
- [9] 陈平雁,黄浙明. SPSS10.0 统计软件应用教程[M]. 北京:人民军医出版社, 2002. 230-240.

(收稿日期:2006-03-06 修回日期:2006-04-28)

· 外刊摘要 ·

急性肺栓塞:多排 CT 心脏径线测量预测肺心病和患者短期存活率

Engelke C, Rummeny E, Marten K

目的:探讨多排 CT 胸部检查测量心脏形态学参数对评价可疑和突发急性肺栓塞(PE)患者预后的价值。**方法:**对连续 2335 例行 MSCT 检查的患者进行肺栓塞(PE)的筛查。以肺动脉和心腔的强化程度和可诊断性作为评价扫描质量的指标。对所有 MSCT 检查发现的 PE 患者,测量舒张期左心室和右心室短轴(RVD, LVD)及室间隔偏移(ISD),并结合其超声心动图检查结果。其临床诊断依据包括心肺及其它相关并发症,全身抗凝治疗(ACT)及 30 天后的疗效。采用单变量和多变量 Logistic 回归方法分析可能性比率(OR)、受试者工作特征曲线(receive operating characteristic curve, ROC),对 PE 所致急性肺心病和短期预后的各个预测因子的阴性和阳性预测值(NPV, PPV)进行计算。**结果:**本组共发现 90 例急性肺栓塞患者,其中 36 例为临床疑诊病例,54 例为突发性。26 例患者有心肺合并症。4 例患者接受全身性溶栓治疗,43 例接受常规剂

量抗凝治疗,19 例接受预防性溶栓治疗,24 例患者未接受 ACT 治疗。超声心动图显示 15 例(15/41)患者合并肺心病。8 例患者在发病后 30 天内死亡。RVD 是预测急性肺心病(阈值为 4.49cm 时: $P=0.002$, $OR=9.16$, $PPV=0.68$, $NPV=1$)和短期预后(阈值为 4.75cm 时: $P=0.0005$, $OR=2.82$, $PPV=0.23$, $NPV=0.98$)的最佳指标。RVD/LVD 对急性肺心病的阳性预测值为 0.85。**结论:**RVD 和 RVD/LVD 可作为预测 PE 患者合并肺心病和判断短期预后的指标。对 CT 和临床指标的联合应用在评价 PE 患者预后方面的价值,还需今后进行更深一步的研究。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 杨岷译 夏黎明校

摘自 Fortschr Röntgenstr, 2006, 178(10): 999-1006