

Comparison of normal standard value of glomerular filtration rate in different types of SPECT

ZHANG Xu-chu, WANG Rong-fu*, ZHAO Guang-yu, LI Quan-zhong, ZHANG Chun-li, ZHAO Wen-rui
(Department of Nuclear Medicine, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate and compare the normal value of glomerular filtration rate (GFR) in different modalities of single photon emission computed tomography (SPECT). **Methods** Fifty normal volunteers were divided into 4 groups (aged 20—29, $n = 14$; 30—39, $n = 10$; 40—49, $n = 14$; 50—, $n = 12$). All of the volunteers underwent renal dynamic imaging with MPR SPECT, and single renal GFR value as well as total GFR value was calculated, respectively. The data were compared with GFR values obtained from Starcom 400AC/T SPECT (aged 20—29, $n = 6$; 30—39, $n = 11$; 40—49, $n = 7$; 50—, $n = 9$). Single t test was used to testify the difference of the mean value between the two modalities of SPECT. **Results** The mean value of single renal GFR in each group of MPR SPECT was (51.03 ± 11.12) ml, (48.44 ± 11.13) ml, (47.79 ± 7.71) ml and (46.54 ± 12.28) ml, while of Starcom 400AC/T SPECT was (57.92 ± 9.03) ml, (57.34 ± 10.33) ml, (55.30 ± 8.51) ml and (44.12 ± 7.94) ml, respectively, and the total renal GFR in each group of MPR SPECT was (102.13 ± 18.33) ml, (96.62 ± 19.90) ml, (95.54 ± 13.04) ml and (92.85 ± 22.83) ml, of Starcom 400AC/T SPECT (115.86 ± 16.51) ml, (113.14 ± 17.71) ml, (110.54 ± 11.13) ml and (88.12 ± 14.41) ml, respectively (all $P < 0.05$). The mean value of single renal GFR was (48.51 ± 10.50) ml and (52.92 ± 10.61) ml, respectively, while the mean value of total renal GFR was (97.04 ± 18.16) ml and (105.63 ± 18.72) ml, respectively (all $P < 0.05$). **Conclusion** GFR standard value obtained from different SPECT renal dynamic imaging is varied. It is necessary to establish GFR standard value for each type of SPECT.

[Key words] Glomerular filtration rate; Tomography, emission-computed, single-photon; Radionuclide imaging

不同型号 SPECT 肾动态显像 GFR 正常值的比较

张旭初, 王荣福*, 赵光宇, 李全忠, 张春丽, 赵文锐
(北京大学第一医院核医学科, 北京 100034)

[摘要] **目的** 评价不同型号单光子发射型计算机断层成像(SPECT)肾动态显像测定的肾小球滤过率(GFR)正常值并比较其差异。**方法** 50名正常志愿者根据年龄(20~29岁, $n = 14$; 30~39岁, $n = 10$; 40~49岁, $n = 14$; 50岁以上, $n = 12$)分为4组,均接受MPR型SPECT肾动态显像,分别测量其分肾GFR值及总肾GFR值,并计算其平均值,与采用GE Starcom 400AC/T型SPECT对33名正常志愿者(20~29岁, $n = 6$; 30~39岁, $n = 11$; 40~49岁, $n = 7$; 50岁以上, $n = 9$)行肾动态显像的分肾GFR值及总肾GFR值进行比较。**结果** MPR型单探头SPECT行肾动态显像的50名正常志愿者分组后所得的分肾GFR值分别为(51.03 ± 11.12) ml、(48.44 ± 11.13) ml、(47.79 ± 7.71) ml、(46.54 ± 12.28) ml,分肾总平均值为(48.51 ± 10.50) ml,组内总肾GFR值分别为(102.13 ± 18.33) ml、(96.62 ± 19.90) ml、(95.54 ± 13.04) ml、(92.85 ± 22.83) ml,总肾GFR总平均值(97.04 ± 18.16) ml;与Starcom400AC/T型SPECT所测定的相应组别分肾GFR值[(57.92 ± 9.03) ml、(57.34 ± 10.33) ml、(55.30 ± 8.51) ml、(44.12 ± 7.94) ml]、分肾总平均值[(52.92 ± 10.61) ml],组内总肾GFR值[(115.86 ± 16.51) ml、(113.14 ± 17.71) ml、(110.54 ± 11.13) ml、(88.12 ± 14.41) ml],总肾GFR总平均值[(105.63 ± 18.72) ml]进行比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 不同型号的SPECT的GFR正常值不同,不同型号的SPECT应建立本机肾动态显像GFR正常参考值。

[关键词] 肾小球滤过率; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 放射性核素显像

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划基金-973计划(2006CB705705)、国家自然科学基金(30470498, 30670583)、北京大学985 II期基金(985-2-056)。

[作者简介] 张旭初(1974—),女,江苏常州人,硕士,主治医师。研究方向:临床核医学。E-mail: xiaomengzhang_2005@126.com

[通讯作者] 王荣福,北京大学第一医院核医学科,100034。E-mail: rongfu_wang2003@yahoo.com.cn

[收稿日期] 2009-09-01 **[修回日期]** 2009-11-26

[中图分类号] R445.4 [文献标识码] B [文章编号] 1003-5326(2010)01-0147-05

年龄组	分肾 GFR		总肾 GFR	
	MPR 型 SPECT	Starcom 400AC/T 型 SPECT	MPR 型 SPECT	Starcom 400AC/T 型 SPECT
22~30	51.03 ± 11.15	99.9 ± 9.93	102.13 ± 18.33	115.86 ± 16.51
30~40	48.44 ± 11.13	57.34 ± 10.33	96.62 ± 19.90	113.14 ± 17.71
40~50	47.79 ± 7.71	55.30 ± 8.51	95.54 ± 13.04	110.54 ± 11.13
50~70	46.54 ± 12.28	44.12 ± 7.94	92.85 ± 22.83	88.12 ± 14.41
≥70	48.15 ± 10.57	52.92 ± 10.16	97.04 ± 18.16	105.63 ± 18.72

computed tomography (SPECT) 可以迅速有效地测量总肾和分肾肾小球滤过率 (glomerular filtration rate, GFR), 比菊粉持续灌注、多血浆法、收集 24 h 尿液等传统方法更加简便 [1-3]。我院自 1984 年开始采用 GE Starcom 400AC/T 型 SPECT 测定 GFR 正常参考值为总肾 GFR ≥ 68 ml/min, 左、右肾 GFR 分别 ≥ 34 ml/min; 2002 年 6 月始改用 GE MPR 型 SPECT 进行肾动态显像, 此后一段时间仍沿用原正常参考值, 发现与患者病情及相应临床资料吻合性降低。本研究采用 MPR SPECT 肾动态显像测定 GFR 正常参考值, 并与原参考值进行比对。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 50 名正常人, 其中男 24 名, 女 26 名; 年龄 24 ~ 65 岁, 平均 (41.0 ± 12.0) 岁; 身高 150 ~ 180 cm, 平均 (166.6 ± 8.3) cm; 体重 44 ~ 100 kg, 平均 (67.4 ± 12.9) kg。半年内进行过全面体检, 无心、脑、肝、肾疾患, 血清尿素氮 (serum urea nitrogen, SUN)、肌酐清除率、血清肌酐 (serum creatinine, Scr) 均在正常参考值范围。

1.2 显像方法

1.2.1 显像前准备 志愿者进食饮水正常; 显像前 20 ~ 30 min 饮水 300 ml; 显像前排尿, 记录身高 (cm) 和体重 (kg)。

1.2.2 显像剂 选用原子能研究所提供的 ^{99m}Tc-DTPA, 为肾小球滤过型显像剂, 活度控制在 148 ~ 222 MBq (4 ~ 6 mCi), 体积皆 < 1.0 ml。

1.2.3 仪器及采集条件 GE MPR 型 SPECT, 采用低能高分辨准直器, 能峰 140 keV, 窗宽 20%, 矩阵 64 × 64。

1.2.4 显像剂计数 显像前, 将显像剂注射器置于探头前方的支架上, 注射器长径与探头面垂直, 显像剂中心对位于视野中心, 距探头 30 cm, 启动 SPECT 进行 3 s 计数, 得“注射前计数率”; 显像完毕后以同样条件对用毕的注射器再进行计数, 得“注射后计数率”, 二者相减得“注入总计数率”。

1.3 影像采集 受检者取坐位, 后腰部紧贴探头。“弹丸”式注射显像剂后立即进行动态采集, 第一时相为每帧 2 s, 共 30 帧。第二时相为每帧 1 min, 共 21 帧。共需 22 min。结束前在静脉注射部位采集 1 帧以观察有无显像剂外漏, 有外漏者不能进行各种参数的定量计算; 外漏的显像剂逐渐被吸入血液, 延长肾脏对它们的摄取和消除的时间, 使结果失真。左、右侧位影像各采集 1 min, 采集时用点状发射源标出肾区背部的皮肤位置以测定肾脏深度 (图 1)。

1.4 影像显示和定量分析 本文主要讨论不同机型间 GFR 值的测定, 故仅描述 GFR 定量计算。最常用的方法是 Gates 法, 提取 2 ~ 3 min 两肾的净计数率和双肾深度, 然后代入下式求得双肾摄取率和总肾 GFR。

$$\text{双肾摄取率}(\%) = \frac{\text{左肾净计数率}/e^{-\mu Y} + \text{右肾净计数率}/e^{-\mu Y}}{\text{注入总计数率}} \times 100\%$$

式中, $\mu = 0.153$ 为 ^{99m}Tc 在组织内的衰减系数, Y 为根据体重 (kg)、身高 (cm) 按 Tønnenesen 公式计算出的肾脏深度 (指

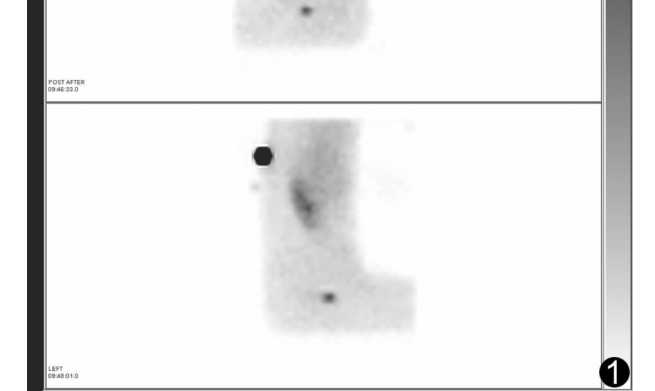


图 1 左侧位及右侧位采集图像 显示体表标志, 通过体表标志可准确测量肾脏深度以提高 GFR 测定准确率

背部体表到肾脏中心水平的距离)。总肾 GFR (ml/min) = 9.81270 × 双肾摄取率 - 6.82519 再根据左右肾净计数率比值, 计算出分肾 GFR。上述计算可由 SPECT 的特别软件在采集信息之后自动完成 (图 2)。

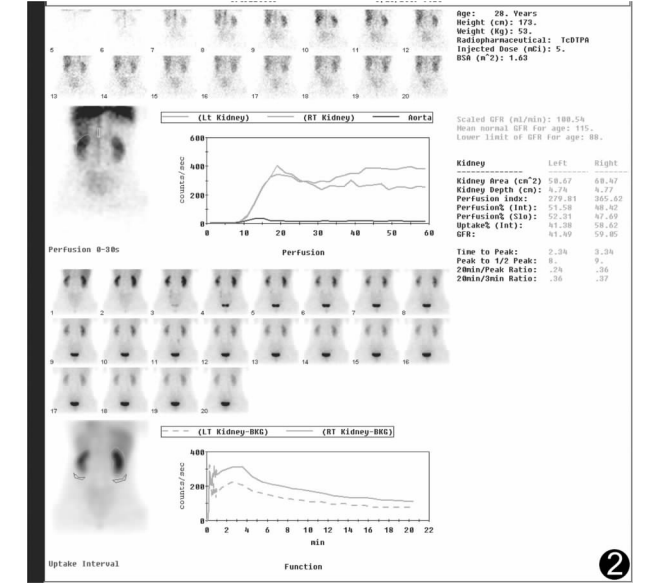


图 2 ROI 的勾画 双肾 ROI 采用 2 ~ 3 min 的叠加图像, 本底 ROI 勾画的位置选择双肾的外下方

1.5 统计学方法 计算标准化的总 GFR 正常参考值 ($\bar{x} \pm s$), 分肾 GFR 正常参考值 ($\bar{x} \pm s$), 与我科原采用的相应 GFR 参考值使用 SPSS 10.0 统计软件进行独立 t 样本检验, $P < 0.05$

为差异有统计学意义。

2 结果

本研究测得的 50 名正常志愿者 (24 ~ 65 岁) 的 GFR 正常参考值与我科 GE Starcom 400AC/T 型 SPECT 所测 33 名正常人 GFR 结果对比见表 1。两台 SPECT 各组所测 GFR 参考值及所测量的 GFR 总平均值之间的差异均具有统计学意义。

3 讨论

肾动态检查的优势在于不仅能显示泌尿系统的形态影像,更可提供有关肾血流灌注、实质功能和尿路引流等多方面的信息。现在很多学者在探讨 CT、MRI 对肾脏 GFR 的测量、计算方法,但尚未成熟,未普遍应用于临床^[4],因此肾动态显像法测量和评估受检者 GFR 具有重要的临床应用价值。本法十分灵敏,当 BUN > 10 mg/dl 和 Scr > 10 mg/dl 时仍可使肾动态显像。利用 ROI 技术,根据双肾系列影像生成的双肾时间-放射性曲线,称为肾图,可进行肾功能和尿路通畅情况的定量分析。如果显像剂合乎要求,还可利用肾脏早期的摄取率计算出总的或分侧的有效肾血浆流量 (effective renal plasma flow, ERPF) 或 GFR,并可对测得的双肾时间-放射性曲线进行分析,进而得到很多参数,如峰时、两侧峰值差和峰时差、清除率和残存率。目前肾动态显像的主要诊断指标为 20 min 清除率及 GFR。据 Ma 等^[5]研究,肾动态显像所测得的 GFR 值与目前测量 GFR 公认的准确方法——双血浆法有良好的相关性。因此确定其正常值范围对核医学医师的诊断与患者临床情况及肌酐清除率 (clearance of creatinine, CCr) 是否吻合十分重要。

肾动态显像测定 GFR 的影响因素包括血浆蛋白结合率、患者年龄、感兴趣区 (region of interest, ROI) 的选择,本底的选择、肾脏深度以及仪器的选择等^[6]。

潘中允等^[7]认为临床测定 GFR 主要是进行个体间或个体自身的对比,且^{99m}Tc-DTPA 结合率稳定,故一般不需对实测值进行校正,只是在分析实测值的临床意义时应予以注意。关于患者年龄的影响,正常人群的 GFR 值随年龄变化很大,在 20 ~ 60 岁之间,随着年龄的增长,每 10 年 GFR 值会降低 4 ml/min^[8]。因此本研究将志愿者按每 10 岁进行分组,结果和其他学者的研究相似。对于 ROI 的勾画,包括肾脏 ROI 和本底 ROI, Durand 等^[9]认为肾脏 ROI 是对一段时间内 (至少 1 min) 的肾脏图像进行叠加,然后再对所需要的区域进行手工勾画,只有这样才具有较好的信噪比。本研究选择注射显像剂后 2 ~ 3 min^[10] 的叠加图像勾画 ROI,本底 ROI 则采用肾旁勾画^[11],且均由同一位有经验的技师完成。探头和肾脏之间的软组织会造成肾脏放射性计数的衰减,需要根据肾脏的深度来进行校正^[12]。Gates^[8]认为对 GFR 进行深度校正是测定 GFR 的最佳组合条件之一。本研究对受检者均进行了侧位图像采集及肾脏深度测量。有学者^[13]认为,对患有先天性肾发育不良的患者,可采用前后位采集的方法来提高所测量 GFR 的准确性。SPECT 准直器的类型、晶体的厚度等均可影

响显像质量,如较薄的晶体可提高所采集图像的分辨力,但降低射线的探测效率,而光电倍增管的数量多少与定位准确性有关。不同型号的 SPECT 基本构造相似,但晶体、光电倍增管数量及其电子学线路如脉冲分析器、前置放大器、均匀性校正电路均可影响其探测效果。

本研究显示,不同型号的 SPECT 对正常人 GFR 的测定有差异。在进行肾动态显像时,应综合多方面因素确立正常值,针对不同型号的 SPECT 应确立相应的 GFR 正常参考值。

[参考文献]

- [1] Nishida H, Kaida H, Ishibashi M, et al. Evaluation of exercise induced acute renal failure in renal hypouricemia using ⁹⁹Tc^m-DTPA renography. *Ann Nucl Med*, 2005, 19(4): 325-329.
- [2] Carlsen O. The gamma camera as an absolute measurement device: determination of glomerular filtration rate in ⁹⁹Tc^m-DTPA renography using a dual head gamma camera. *Nucl Med Commun*, 2004, 25(10): 1021-1029.
- [3] Delpassand ES, Homayoon K, Madden T, et al. Determination of glomerular filtration rate using a dual-detector gamma camera and the geometric mean of renal activity: correlation with the ⁹⁹Tc^m-DTPA plasma clearance method. *Clin Nucl Med*, 2000, 25(4): 258-262.
- [4] Chandarana H, Lee VS. Renal function MRI: Are we ready for clinical application? *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 192(6): 1550-1557.
- [5] Ma YC, Zuo L, Zhang CL, et al. Comparison of ⁹⁹Tc^m-DTPA renal dynamic imaging with modified MDRD equation for glomerular filtration rate estimation in Chinese patients in different stages of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*, 2007, 22(2): 417-423.
- [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. *中国医学影像技术*, 2004, 20(6): 962-964.
- [7] 潘中允. *临床核医学*. 北京: 原子能出版社, 1994: 294-298.
- [8] Gates GF. Computation of glomerular filtration rate with ⁹⁹Tc^m-DTPA: an in-house computer program. *J Nucl Med*, 1984, 25(5): 613-618.
- [9] Durand E, Prigent A. The basics of renal imaging and function studies. *The Quarterly J of Nucl Med*, 2002, 46(4): 249-267.
- [10] Gates GF. Glomerular filtration rate: Estimation from fractional renal accumulation of ⁹⁹Tc^m-DTPA (stannous). *AJR Am J Roentgenol*, 1982, 138(3): 565-570.
- [11] Caglar M, Gedik GK, Karabulut E. Differential renal function estimation by dynamic renal scintigraphy: influence of background definition and radiopharmaceutical. *Nucl Med Commun*, 2008, 29(11): 1002-1005.
- [12] Taylor A, Lewis C, Giacometti A, et al. Improved formulas for the estimation of renal depth in adult. *J Nucl Med*, 1993, 34(10): 1766-1769.
- [13] Ergün EL, Tuncel M, Bozkurt MF, et al. Simultaneous anterior-posterior dynamic renal scintigraphy for the evaluation of congenital abnormal kidneys. *Turkiye Klinikleri J Med Sci*, 2009, 29(1): 155-161.

^{18}F -FDG PET imaging of colon cancer with pulmonary metastasis after liver transplantation: Case report

肝移植术后结肠癌合并肺转移 ^{18}F -FDG PET 显像 1 例

毛新远, 陈 燕

(武警总医院核医学科, 北京 100039)

[Key words] Liver transplantation; Colonic neoplasms; Positron-emission tomography

[关键词] 肝移植; 结肠肿瘤; 正电子发射型断层摄影术

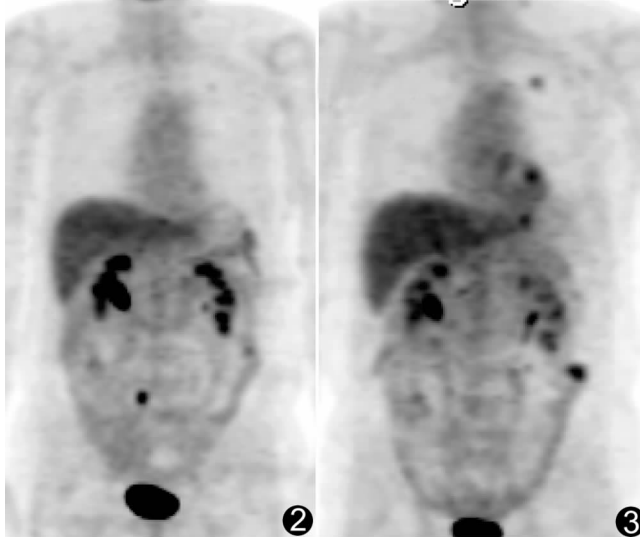
[中图分类号] R735.35; R817.4 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2010)01-0149-01

患者男, 60 岁, 主因“乙型肝炎后肝硬化, 原发性肝癌”于我院行原位肝移植术。病理诊断: 肝细胞癌, T2N0M0, 分化程度 3 级。术后进行免疫抑制治疗, 定期复查未见异常体征。8 个月后查胸部 CT 发现左上肺有小结节, 不排除转移瘤(图 1), 遂行 ^{18}F -FDG PET 显像, 见移植肝代谢不均匀; 左上肺结节代谢轻度增高, SUV_{max} 值为 1.34; 降结肠中段轻度放射性增高灶, SUV_{max} 值为 1.84(图 2)。15 个月后再行 ^{18}F -FDG PET 显像, 见左上肺病灶增大, 放射性增高, SUV_{max} 值为 2.11; 降结肠中段浓聚灶增大, 位置偏前, 放射性增高, SUV_{max} 值为 4.04(图 3)。综合诊断: ①左上肺转移灶; ②降结肠浓聚灶, 建议肠镜除外恶性。结肠纤维肠镜: 降结肠溃疡型恶性肿瘤。立即行结肠、肺肿块联合切除术, 术后病理: 左半结肠中-低分化腺癌; 左上肺转移性腺癌(来自结肠腺癌转移)。

讨论 器官移植术后免疫抑制剂的使用有效降低了排斥反应的发生, 但同时发生恶性肿瘤的风险也随之增加, 其中最常见者为唇及皮肤的恶性肿瘤、淋巴增殖性疾病、支气管源性肿瘤、宫颈癌、Kaposi 肉瘤以及肾细胞癌。据统计, 在器官移植受者中, 恶性肿瘤发生率为 1%~2%, 且随着使用免疫抑制剂时间的延长, 每年增加 1%~2%。 ^{18}F -FDG PET 显像作为监视恶性肿瘤发生的最佳影像学方法, 具有较高的敏感度和特异度。本例患者肝移植术后 8 个月发现结肠癌合并肺转移, 实属罕见。



图 1 术后 8 个月 CT 扫描 左上肺见一结节 图 2 术后 8 个月 ^{18}F -FDG PET 显像 左上肺结节轻度浓聚, 降结肠中段轻度放射性增高灶 图 3 术后 15 个月后 ^{18}F -FDG PET 显像 左上肺结节增大, 放射性增高; 降结肠中段放射性增高灶增大, 位置偏前, 浓聚明显



[作者简介] 毛新远(1965-), 男, 湖南涟源人, 本科, 副主任医师。

E-mail: mxy_wj@yahoo.com.cn

[收稿日期] 2009-10-22 [修回日期] 2009-11-17