

·专家笔谈·

核医学肾脏显像对儿童肾积水患者
分肾功能的评估价值

全文二维码



开放科学码

杨吉刚 王 巍

【摘要】 核医学肾脏显像包括肾动态显像和肾静态显像。利尿肾动态显像如应用于儿童肾积水患者,在评估分肾功能的同时,可协助判断尿路梗阻的性质。由于婴儿肾脏肾小球发育不成熟,建议行肾动态显像时,<2岁患者使用肾小管分泌型显像剂 ^{99m}Tc -双半胱氨酸(^{99m}Tc -EC),>2岁者使用肾小球滤过型显像剂 ^{99m}Tc -喷替酸(^{99m}Tc -DTPA)。分析肾动态显像的分肾功能及肾图曲线时,需注意各种因素的影响。基于双血浆法的肾小球滤过率(glomerular filtration, GFR)评估肾功能较准确,但因有创、操作复杂而难于普遍应用于临床;基于肾动态显像法评估 GFR 的影响因素多,需综合判读。肾静态显像主要用于评估肾盂肾炎及肾脏瘢痕的病变范围及严重程度,也可用于评估分肾功能。近年来 SPECT/CT 在核医学领域广泛应用,如进行 ^{99m}Tc -DMSA SPECT/CT 断层显像,可更准确地评估肾积水患者双肾功能。本文对核医学肾脏显像在儿童肾积水患者分肾功能评估中的价值进行评述。

【关键词】 肾/放射性核素显像;肾盂积水/诊断;肾功能试验;儿童

【中图分类号】 R726.9 R692.2

Value of nuclear medicine renal imaging in the assessment of renal function in pediatric hydronephrosis. Yang Jigang, Wang Wei. Department of Nuclear Medicine, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China. Corresponding author: yangjigang@ccmu.edu.cn

【Abstract】 In nuclear medicine, renal scan includes renal dynamic and static imaging. Diuretic renal dynamic imaging is recommended for pediatric hydronephrosis. It evaluates the nature of hydronephrosis while assessing differential renal function. Different radiotracers are utilized for renal dynamic scan of pediatric hydronephrosis. According to age, ^{99m}Tc -EC is recommended for children aged under 2 years and ^{99m}Tc -DTPA for those aged over 2 years. When analyzing renal function and renogram curve, clinicians should pay attention to various influencing factors. Glomerular filtration rate (GFR) based upon double plasma method is accurate. However, wider clinical applications are difficult. Based upon renal dynamic imaging, many influencing factors for GFR require comprehensive analyses. Renal static imaging is employed for evaluating the extent and severity of pyelonephritis and renal scar. Also renal function may be evaluated. There are fewer influencing factors of renal static imaging. With recent widespread applications of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) in nuclear medicine, ^{99m}Tc -DMSA SPECT/CT tomography can more accurately assess the kidney function of pediatric hydronephrosis. This review discussed the uses of nuclear medicine renal imaging in evaluating renal function in pediatric hydronephrosis.

【Key words】 Kidney/RI; Hydronephrosis/DI; Kidney Function Tests; Child

肾积水是引起儿童肾功能不全的主要原因,常见病因是肾盂输尿管连接部狭窄(ureteropelvic junction obstruction, UPJO),表现为肾盂肾盏扩张积水。了解积水肾脏功能和引流情况对选择治疗方

案至关重要。目前多种影像学检查方法已用于儿童肾积水的评估,包括超声、静脉肾盂造影、CT 尿路成像、MR 尿路成像、核医学肾脏显像等。每种检查手段都存在一定的优势与劣势。本文主要对核医学肾脏显像在肾积水患者分肾功能评估中的价值进行评述。

一、核医学肾脏显像的概述

核医学肾脏显像包括肾动态显像和肾静态显

DOI:10.12260/lxewkzz.2021.04.002

基金项目:国家自然科学基金(编号:81971642)

作者单位:首都医科大学附属北京友谊医院核医学科(北京市,100050),Email:yangjigang@ccmu.edu.cn

像。肾动态显像是指在静脉注射能被肾实质摄取并迅速随尿液排出的显像剂后,用单光子发射计算机断层扫描(single photon emission computed tomography, SPECT)连续动态采集,可获得显像剂经肾动脉灌注并逐渐浓聚于肾实质,然后随尿流经肾盂肾盏和输尿管进入膀胱的系列影像。通过计算机处理可获得肾脏时间-放射性曲线,得到分肾功能比例(differential renal function, DRF),半定量计算分肾肾小球滤过率(glomerular filtration, GFR)、肾脏有效血浆流量(effective renal plasma flow, ERPF),还可以了解上尿路引流情况。常用显像剂包括肾小球滤过型 ^{99m}Tc -喷替酸(^{99m}Tc -DTPA)及肾小管分泌型 ^{99m}Tc -双半胱氨酸(^{99m}Tc -EC)、 ^{99m}Tc -巯基乙酰基三甘氨酸(^{99m}Tc -MAG3)、 ^{131}I -邻碘马尿酸(^{131}I -OIH)。 ^{99m}Tc -DTPA、 ^{99m}Tc -EC 在国内应用较多,而国外多应用 ^{99m}Tc -MAG3。儿童是一个身体器官正在发育的特殊群体,2 岁前婴儿肾脏发育不成熟,肾小球滤过功能低,应用肾小球滤过型显像剂时,本底显影增高,图像质量差,评估不准确,故建议应用肾小管分泌型显像剂评估 DRF^[1]。肾脏于 18 个月左右发育成熟^[2],因此建议 2 岁以上儿童应用肾小球滤过型显像剂,可在获得 DRF 的同时测得 GFR 值。欧洲小儿泌尿外科协会建议在出生 4~6 周进行核医学肾脏显像检查,而美国胎儿泌尿外科协会建议在出生后 6~8 周检查,目的都是等待肾脏发育成熟后能够获得更加准确的 DRF。但国际肾脏核素科学协会提出,产前肾积水严重患者出生后 1 周即可行 ^{99m}Tc -MAG3 肾动态显像,判断肾功能情况。对随访观察的患者建议应用首次检查的显像剂进行复查,以便于前后比较。对于肾积水患者,建议行利尿肾动态显像检查,其原理是促使肾脏短时间内产生大量尿液,加速排出淤积在上尿路的显像剂,肾图表现为排泄段(c 段)下降增快,当存在尿路梗阻时肾内显像剂无法排出,c 段持续上升。利尿肾动态显像不仅可以评估分肾功能,还可以协助临床鉴别机械性尿路梗阻和非机械性尿路扩张。

肾静态显像是利用慢速通过肾脏的显像剂流经肾脏时,与肾近曲小管上皮细胞的功能基团结合而较长时间滞留于肾实质内,不仅可获得 DRF,还可灵敏地显示肾萎缩、肾盂扩张伴皮质变薄、肾盂肾炎、瘢痕等肾实质受累的表现,精确评估局部肾功能。常用的显像剂为 ^{99m}Tc -二巯基丁乙酸(^{99m}Tc -DMSA)。

二、肾动态显像对肾积水患者 DRF 评估的价值

(一)基于肾动态显像的 DRF

肾动态显像检查测定 DRF、GFR、ERPF 都是基于显像开始后 1~2 min 的图像,围绕肾脏轮廓及本底勾画感兴趣区(region of interest, ROI),利用肾脏摄取率(肾区显像剂主要来自肾小球滤过或肾小管重吸收)计算得到。

DRF 是目前指导临床决策较为可靠的指标,DRF 在 45%~55% 为正常,<45% 为功能受损。欧洲泌尿外科学会指南及我国儿童肾积水治疗共识均指出:单侧肾积水 DRF <40% 或短时间内 DRF 下降 >10%,肾图呈梗阻型曲线,可作为 UPJO 的手术指征^[3]。但儿童肾积水具有自愈性,其手术时机选择尚存争议,一些学者观察到部分首次肾动态显像 DRF <40% 的患者经一段时间的随访,DRF 可自行恢复至 40% 以上,故认为无论 DRF 基线值如何都应先保守治疗^[4]。然而,有研究指出首次肾动态显像提示 DRF 下降,仍是肾功能进一步恶化和需要手术干预的危险因素,OR 值(相对危险度)分别为 3.2 和 1.9^[5,6]。大多数 UPJO 患者患肾 DRF <45%,但个别 >55%,被认为“超正常”现象,其病理生理机制尚不明确。有研究认为积水是肾脏某阶段病理状态的体现(一过性血流量增加、梗阻造成反应性肾脏超滤过、扩张肾盂的代偿效应及肾实质的肥大等^[7]);还有研究认为是技术误差造成的 DRF 被高估(显像剂伪影、DRF 评估时间窗异常、肾脏及本底 ROI 勾画不准确、积水肾面积大等)。有研究显示“超正常”现象在 <2 岁婴儿及肾脏体积增大时更易出现,进行肾脏面积及本底校正后 GFR 可得到改善^[8]。如出现“超正常”现象,需严格规范并消除技术因素影响,如 DRF 仍较高且肾盂前后径 ≥ 30 mm,需结合临床及超声密切随访,不可因放松警惕而延误治疗,积水加重时(肾盂前后径进一步扩大、肾图梗阻加重),尽管 DRF 较高也应及早手术,避免肾功能不可逆性损伤^[9]。

当双肾功能受损时,DRF 评估不能体现肾脏的绝对功能,需结合 GFR 综合判定。核医学常用的评价方法有血浆清除法和肾动态显像法(常用 Gates' 法)。双血浆法是注射肾小球滤过型显像剂 ^{99m}Tc -DTPA 后于 2 h、4 h 分别采集静脉血,测定血浆放射性计数变化,通过多房室模型获得绝对 GFR,此结果准确可靠,但因有创、操作复杂,临床应用受限。现多采用肾动态显像法获得相对 GFR,但是 Gates' 法计算 GFR 是基于成人数据,儿童 GFR 的准确性仍需要更多研究去验证。儿童 GFR 的评估容易受

到多种因素的影响,其中肾脏深度是重要的影响因素之一。可采用超声、CT、侧位核医学显像进行深度校正,得到校正后的 GFR^[10]。但目前国内尚无基于儿童的正常数据库,分析 GFR 绝对值时,需谨慎。肾小球滤过型显像剂可以得到 GFR;肾小管分泌型显像剂可以得到 ERPF,除急性肾小管坏死外,其他情况下二者评价肾功能的结果是一致的。

利用肾动态显像计算 DRF 和 GFR 过程中,易受诸多因素影响,如本底 ROI 位置(由于肾上极存在与肝、脾重叠可能,而通常本底 ROI 勾画在双肾下方,可造成 DRF、GFR 被高估,这种高估程度与肾脏损伤程度成正比,如在肾周勾画 ROI 可改善这种情况^[11])、肾脏 ROI 大小、肾脏深度(深度每变化 1 cm, GFR 变化 14%)、采集计数时间窗等。因此需严格依照检查规范操作,做好质量控制,消除影响因素才能得到可靠结果^[12]。

(二) 基于肾动态显像的其他功能参数

基于双肾时间-放射性曲线,还可获得半排时间($T_{1/2}$)、30 min 清除率(C_{30})、重力作用后排尿相(post micturition, PM)、患侧肾皮质通过时间(parenchymal transit time, PTT)等半定量指标。

$T_{1/2}$:从放射性计数最高点下降 50% 所需的时间。应用利尿肾动态显像评估肾积水患者上尿路梗阻情况时,若肾图曲线于利尿后才下降,通常认为 $T_{1/2} < 10$ min,表示非梗阻性肾盂扩张; $10 \sim 20$ min 为中间状态, > 20 min 为机械性梗阻。

C_{30} :利尿肾动态显像开始后 30 min,肾脏内放射性滞留量与最大放射性计数的比例。 $C_{30} > 50\%$ 为正常; $C_{30} < 50\%$ 提示存在梗阻。

PM:肾动态显像结束后,患者站立 15 min,排尿后行后位静态像,利用了重力及排尿作用,较 $T_{1/2}$ 及 C_{30} min 更能提示尿路引流情况。

PTT:根据肾皮质摄取及清除显像剂的速率,将 PTT 分为正常和延迟。PTT 正常为慢动态像第 2 帧时,肾皮质摄取率达高峰,随后肾皮质显影逐渐减退。存在下列情况之一者,为 PTT 延迟:①慢动态第 2~9 帧,肾皮质放射性分布无变化;②慢动态像第 2~7 帧,肾盂内未见放射性填充;③肾皮质放射性摄取持续增加,放射性清除过程明显延缓。部分研究认为术前患侧 PTT 延迟是肾盂成形术后肾功能改善的预测指标^[13]。

基于肾动态显像评估肾积水患者 DRF 时,需要结合半定量数据、肾图曲线、影响因素等综合评估才能更加准确^[14]。

三、肾静态显像对肾积水患者 DRF 评估的价值

国内常用的肾静态显像剂为^{99m}Tc-DMSA,主要通过肾小管分泌,大部分被近曲小管上皮细胞重吸收并与胞浆内巯基结合,较长时间滞留于肾皮质内,通过平面或断层显像清晰显示肾皮质影像。急性肾盂肾炎时由于肾小管周围水肿、间隙压力增高及细胞碎屑对肾小管栓塞等作用可导致肾脏局灶性缺血,表现为局部显像剂稀疏缺损。肾静态显像是诊断急性肾盂肾炎、慢性肾盂肾炎合并瘢痕的金标准^[15]。有学者应用兔子模型,证实肾静态显像也可在肾积水时灵敏发现肾功能受损,^{99m}Tc-DMSA 也是评估 DRF 的重要方法^[16]。较肾动态显像的肾小球滤过或分泌型显像剂其优势如下:①肾静态显像为注射显像剂 2~3 h 后待显像剂分布稳定后的图像,为静态采集。具有计数高,图像清晰,统计误差少等优点;而肾动态显像是注射显像剂后前 1~2 min 图像,为动态采集。具有每帧图像采集时间短,计数低,统计误差较大等缺点。②^{99m}Tc-DMSA 除评估 DRF 外,还可提供肾脏具体区域功能情况(可将肾脏分为 12 个区^[17]),可发现较小的肾损害,灵敏度高。③肾动态显像 DRF 是基于双肾 ROI 的后位放射性计数得出的,肾静态显像基于前位和后位放射性计数的几何平均数得出,其在很大程度上矫正了由于肾脏深度差异造成的误差,尤其是肾脏畸形及异位肾时^[18]。但其同时存在一定缺点:①由于约 10% 的^{99m}Tc-DMSA 分泌并排泄到尿液中,如存在肾积水,肾盂中显像剂的滞留会高估积水侧肾功能;另外注射^{99m}Tc-DMSA 时存在游离的^{99m}Tc,也会通过肾脏排泄到尿液中,从而影响 DRF 评估的准确性;而肾动态显像评估 DRF 时,是基于显像开始后前 1~2 min 的图像,尿液滞留的影响较小^[19]。②由于^{99m}Tc-DMSA 在肾脏内滞留时间较长,患者受到的辐照剂量较肾动态显像稍大。③注射显像剂后等候时间较长、扫描时间较长。④国内 DMSA 药物短缺。上述原因限制了其在临床的广泛应用。

^{99m}Tc-DMSA 肾静态平面显像评估 DRF 时,双肾及本底 ROI 的勾画、肾脏深度、肾盂显像剂滞留、组织衰减等均是 DRF 评估结果的影响因素。^{99m}Tc-DMSA 肾静态 SPECT 断层显像可利用计算机进行自动阈值勾画、深度及软组织衰减校正,并去除了肾盂显像剂滞留的干扰,得到的 DRF 较静态显像更加准确^[20]。近年来出现了一些新型显像剂,如⁶⁸Ga-PSMA(prostate specific membrane antigen)配体或抑制剂,其空间分辨率高,在评估成人肾盂肾炎方面

显示出较高的优越性,但其在儿童分肾功能评估中的应用尚未见报道^[21]。

四、肾动态与肾静态显像评估儿童肾积水肾功能的比较

研究显示 DRF 处于正常范围时肾动态显像与肾静态显像评估 DRF 价值相似,如 Ritchie 等^[19] 研究显示二者评估肾积水患者的 DRF 差异无统计学意义。因此,若患者已行^{99m}Tc-MAG3 显像以评估上尿路引流或反流情况,则无需再进行^{99m}Tc-DMSA 显像评估 DRF,但前提是^{99m}Tc-MAG3 显像时 DRF 在正常范围内,且既往影像学检查可排除肾脏瘢痕形成^[19]。当出现严重肾积水或婴儿肾发育不成熟时建议应用肾小管型显像剂^{99m}Tc-MAG3 或^{99m}Tc-EC^[22]。肾动态显像与肾静态显像在评估 DRF 的同时,还可以提供其他方面的信息,如肾动态显像还可以提供双肾血流灌注、尿液引流、反流等。肾静态显像对于辅助诊断肾盂肾炎以及瘢痕形成有重要意义。对于 UPJO 患者,术前行肾动态显像对肾盂成形术手术时机选择及术后疗效评价有重要意义^[23,24]。对于重复肾患者,重复肾常呈上下排列,肾动态、肾静态显像均可进行上下半肾 ROI 的勾画,获得重复肾 DRF^[25]。利尿肾动态还可根据肾图曲线评估重复肾分肾尿路引流情况;行 SPECT/CT 断层显像,可协助评价输尿管梗阻及输尿管异位开口部位,协助手术方式制定。诊疗过程中,临床医生可根据需要选择显像类型。

肾动态及静态显像的辐射剂量较低,均在安全范围内。如^{99m}Tc-MAG3 肾动态显像时,5 岁儿童的平均有效剂量为 0.2 ~ 0.38 mSv;^{99m}Tc-DMSA 肾静态显像的平均有效剂量稍高,约为 1 mSv^[26]。

综上所述,小于 2 岁肾积水患者肾功能评估行^{99m}Tc-EC 肾动态显像;2 岁以上肾积水患者肾功能评估行^{99m}Tc-DTPA 肾动态显像评估肾功能。肾静态显像与肾动态显像相似,不仅可以评估 DRF,还可以辅助诊断肾盂肾炎以及瘢痕形成。

与超声、CT、MRI 检查关注肾脏结构和形态学改变不同,核医学肾脏显像更倾向肾功能评估,其具有无创、简便、灵敏、安全及可重复性好等优势,被广泛应用于肾功能的监测、疗效评估等方面。但其影响因素较多,尚具有一定局限性,需遵循操作规范,综合分析。基于肾动态、肾静态显像半定量数据的人工智能,在预测肾积水患者手术时机选择、肾脏功能结局等方面的研究可能是热点之一。

参考文献

- 1 Ismaili K, Hall M, Ham H, et al. Evolution of individual renal function in children with unilateral complex renal duplication [J]. J Pediatr, 2005, 147 (2): 208-212. DOI: 10. 1016/j. jped. 2005. 03. 048.
- 2 Gordon I, Piepsz A, Sixt R. Guidelines for standard and diuretic renogram in children [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2011, 38 (6): 1175-1188. DOI: 10. 1007/s00259-011-1811-3.
- 3 Tekgül S, Riedmiller H, Hoebeke P, et al. EAU guidelines on vesicoureteral reflux in children [J]. Eur Urol, 2012, 62 (3): 534-542. DOI: 10. 1016/j. eururo. 2012. 05. 059.
- 4 Ulman I, Jayanthi VR, Koff SA. The long-term followup of newborns with severe unilateral hydronephrosis initially treated nonoperatively [J]. J Urol, 2000, 164 (3 Pt 2): 1101-1105. DOI: 10. 1097/00005392-200009020-00046.
- 5 Assmus MA, Kiddoo DA, Hung RW, et al. Initially asymmetrical function on MAG3 renography increases incidence of adverse outcomes [J]. J Urol, 2016, 195 (4 Pt 2): 1196-1202. DOI: 10. 1016/j. juro. 2015. 11. 011.
- 6 张君顾, 耿红全. 肾积水患儿的肾功能评估与结局预判 [J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19 (3): 193-198. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 03. 001.
Zhang JQ, Geng HQ. Recent advances in renal function evaluations and outcome predictions of pediatric hydronephrosis [J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19 (3): 193-198. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2020. 03. 001.
- 7 Inanir S, Biyikli N, Noshari O, et al. Contradictory supranormal function in hydronephrotic kidneys: fact or artifact on pediatric MAG-3 renal scans? [J]. Clin Nucl Med, 2005, 30 (2): 91-96. DOI: 10. 1097/00003072-200502000-00004.
- 8 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.
- 9 Martín-Solé O, Soria-Gondek A, Pérez-Bertólez S, et al. Value of supranormal function on (99m)Tc-mercaptoacetyl triglycine renal scan in paediatric patients with obstructive hydronephrosis [J]. BJU Int, 2019, 124 (5): 842-848. DOI: 10. 1111/bju. 14781.
- 10 Piepsz A, Colarinho P, Gordon I, et al. Guidelines for glomerular filtration rate determination in children [J]. Eur J Nucl Med, 2001, 28 (3): BP31-36.
- 11 Caglar M, Gedik GK, Karabulut E. Differential renal function estimation by dynamic renal scintigraphy: influence of background definition and radiopharmaceutical [J]. Nucl

- Med Commun, 2008, 29 (11) : 1002 - 1005. DOI: 10. 1097/ MNM. 0b013e32830978af.
- 12 Elbaset MA, Ezzat O, Elgamal M, et al. Supranormal differential renal function in adults with ureteropelvic junction obstruction: Does it really exist? [J]. Indian J Urol, 2020, 36 (3) : 205 - 211. DOI: 10. 4103/iju. IJU_109_20.
 - 13 Song SH, Park S, Chae SY, et al. Predictors of renal functional improvement after pyeloplasty in ureteropelvic junction obstruction: clinical value of visually assessed renal tissue tracer transit in (99m) Tc-mercaptoacetyl triglycine renography [J]. Urology, 2017, 108 : 149 - 154. DOI: 10. 1016/ j. urology. 2017. 05. 044.
 - 14 Majd M, Bar-Sever Z, Santos AI, et al. The SNMMI and EANM Procedural Guidelines for Diuresis Renography in Infants and Children [J]. J Nucl Med, 2018, 59 (10) : 1636 - 1640. DOI: 10. 2967/ jnumed. 118. 215921.
 - 15 中华医学会儿科学分会肾脏学组. 泌尿道感染诊治循证指南 (2016) [J]. 中华儿科杂志, 2017, 55 (12) : 898 - 901. DOI: 10. 3760/ cma. j. issn. 0578 - 1310. 2017. 12. 005.
Group of Nephrology, Branch of Pediatrics, Chinese Medical Association: Evidence-based Guidelines for Diagnosing and Treating Urinary Tract Infections (2016) [J]. Chinese Journal of Pediatric, 2017, 55 (12) : 898 - 901. DOI: 10. 3760/ cma. j. issn. 0578 - 1310. 2017. 12. 005.
 - 16 Jang SJ, Choi BS, Choi SH. Evaluation of renal function in obstructed ureter model using (99m) Tc-DMSA [J]. In Vivo, 2020, 34 (5) : 2431 - 2435. DOI: 10. 21873/invivo. 12057.
 - 17 Mattoo TK, Skoog SJ, Gravens-Mueller L, et al. Interobserver variability for interpretation of DMSA scans in the RIV-UR trial [J]. J Pediatr Urol, 2017, 13 (6) : 616. e1 - e6. DOI: 10. 1016/ j. jpurol. 2017. 03. 040.
 - 18 Yapar AF, Aydin M, Reyhan M, et al. The conditions for which the geometric mean method revealed a more accurate calculation of relative renal function in 99mTc-DMSA scintigraphy [J]. Nucl Med Commun, 2005, 26 (2) : 141 - 146. DOI: 10. 1097/ 00006231 - 200502000 - 00011.
 - 19 Ritchie G, Wilkinson AG, Prescott RJ. Comparison of differential renal function using technetium-99m mercaptoacetyl triglycine (MAG3) and technetium-99m dimercaptosuccinic acid (DMSA) renography in a paediatric population [J]. Pediatr Radiol, 2008, 38 (8) : 857 - 862. DOI: 10. 1007/ s00247 - 008 - 0908 - 8.
 - 20 Cao X, Xu X, Grant FD, et al. Estimation of split renal function with (99m) Tc-DMSA SPECT: comparison between 3D volumetric assessment and 2D coronal projection imaging [J]. AJR Am J Roentgenol, 2016, 207 (6) : 1324 - 1328. DOI: 10. 2214/ AJR. 16. 16307.
 - 21 Sarikaya I, Alqallaf A, Sarikaya A. Renal cortical (68) Ga-PSMA PET and (99m) Tc-DMSA Images [J]. J Nucl Med Technol, 2021, 49 (1) : 30 - 33. DOI: 10. 2967/ jnmt. 120. 248922.
 - 22 Aktaş GE, Inanir S. Relative renal function with MAG-3 and DMSA in children with unilateral hydronephrosis [J]. Ann Nucl Med, 2010, 24 (9) : 691 - 695. DOI: 10. 1007/ s12149 - 010 - 0397 - 3.
 - 23 阚英, 杨旭, 杨吉刚, 等. 利尿肾动态显像联合超声检查对肾盂输尿管连接部狭窄患儿肾盂成形术手术时机选择和术后疗效评价的临床价值 [J]. 临床和实验医学杂志, 2020, 19 (15) : 1632 - 1635. DOI: 10. 3969/ j. issn. 1671 - 4695. 2020. 15. 018.
Kan Y, Yang X, Yang JG, et al. Predictive value and surgical timing of diuretic renal scintigraphy plus renal ultrasound for pyeloplasty in UPJO children [J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2020, 19 (15) : 1632 - 1635. DOI: 10. 3969/ j. issn. 1671 - 4695. 2020. 15. 018.
 - 24 阚英, 杨旭, 张抒欣, 等. 利尿肾动态显像对儿童肾盂输尿管连接处梗阻肾盂成形术疗效的预测价值 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40 (7) : 389 - 393. DOI: 10. 3760/ cma. j. cn321828 - 20200310 - 00096.
Kan Y, Yang X, Zhang SX, et al. Predictive value of diuretic renal scintigraphy after pyeloplasty in children with ureteropelvic junction obstruction [J]. Chinese Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2020, 40 (7) : 389 - 393. DOI: 10. 3760/ cma. j. cn321828 - 20200310 - 00096.
 - 25 Kwatra N, Shalaby-Rana E, Majd M. Scintigraphic features of duplex kidneys on DMSA renal cortical scans [J]. Pediatr Radiol, 2013, 43 (9) : 1204 - 1212. DOI: 10. 1007/ s00247 - 013 - 2619 - z.
 - 26 Sarikaya I, Sarikaya A. Current status of radionuclide renal cortical imaging in pyelonephritis [J]. J Nucl Med Technol, 2019, 47 (4) : 309 - 312. DOI: 10. 2967/ jnmt. 119. 227942.

(收稿日期: 2021 - 01 - 18)

本文引用格式: 杨吉刚, 王巍. 核医学肾脏显像对儿童肾积水患者分肾功能的评估价值 [J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20 (4) : 307 - 311. DOI: 10. 12260/ lcxewkzz. 2021. 04. 002.

Citing this article as: Yang JG, Wang W. Value of nuclear medicine renal imaging in the assessment of renal function in pediatric hydronephrosis [J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20 (4) : 307 - 311. DOI: 10. 12260/ lcxewkzz. 2021. 04. 002.