小児腎疾患における ^{99m}Tc -MAG 3 連続回転 SPECT 法による腎実質の機能および形態評価の試み

木曾原 悟^{*1}・諸岡 正史^{*1}・美濃和 茂^{*1}・外山 宏^{*2}

駒井 哲之^{*2}・前田 寿登^{*3}・古賀 佑彦^{*2}

澤井 剛^{*4}・加藤 正基^{*4}・矢崎 雄彦^{*5}

要 旨

小児腎疾患患児14症例（ネフローゼ症候群3名，慢性糸球体腎炎2名，膀胱尿管逆流（VUR）9名）に対して ^{99m}Tc -MAG 3 連続回転 SPECT 法による腎シンチグラフィを施行した。deconvolution analysis により伝達関数を求め平均通過時間（MTT）を算出し，排泄機能の評価を行った。また，静注直後2分間の SPECT 画像を作製し，腎実質の形態について ^{99m}Tc -DMSA の SPECT 画像および後面像と比較して，限局性の集積低下の検出能を評価した。MTT は慢性腎炎活動期やネフローゼ症候群回復期，高度 VUR 症例で延長を認めた。形態の評価では乳児でのみ， ^{99m}Tc -DMSA の SPECT 像と比べてやや検出率が低かった。 ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT 像は小児の腎疾患において短時間で，腎の排泄機能および形態を同

時に評価可能な検査として有用であると考えられた。

序 言

^{99m}Tc -2,3-di-mercapto-succinic acid（以下 ^{99m}Tc -DMSA）による腎シンチグラフィは腎皮質瘢痕の検出と定量的分腎機能検査に有用とされているが¹⁾，排泄機能の評価はできない。腎の排泄機能をみるには ^{99m}Tc -diethylene-triamine pentaacetic acid（ ^{99m}Tc -DTPA）， ^{131}I -ortho-iodo-hippurate（ ^{131}I -OIH）や ^{99m}Tc -mercapto acetyl triglycine（以下 ^{99m}Tc -MAG 3）によるレノグラムを別に行う必要がある。

我々は，小児腎疾患患児に対して ^{99m}Tc -MAG 3 による連続回転 SPECT 撮影を施行し，deconvolution analysis により伝達関数を求め平均通過時間（mean transit time：以下 MTT）を算出し，排泄機能の評価を行った。また同時に静注直後から2分間の ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT 画像を作製し，腎実質の形態について ^{99m}Tc -DMSA の SPECT 像および後面像と比較し，限局性の集積低下の診断能について評価した。

表 1 対 象

① ネフローゼ症候群	3 名
② 慢性糸球体腎炎	2 名
③ 膀胱尿管逆流（VUR）	9 名
16 尿管（両側 VUR：7 名、片側 VUR：2 名）	
VUR の程度	I 度：2 尿管
	II 度：2 尿管
	III 度：8 尿管
	IV 度：3 尿管
	V 度：1 尿管

^{*1}藤田保健衛生大学 小児科

（〒470-1192 愛知県豊明市杣掛町田楽ヶ窪1-98）

^{*2} 同 放射線科

^{*3} 同 衛生学部診療放射線技術学科

^{*4} 同 放射線部

^{*5}刈谷総合病院

Functional and morphological evaluation of the renal parenchyma in children with renal disease using ^{99m}Tc -MAG3 dynamic SPECT method.

Satoru Kisohara^{*1}, Masashi Moro-oka^{*1}, Shigeru Minowa^{*1}, Hiroshi Toyama^{*2}, Satoshi Komai^{*2}, Hisato Maeda^{*3}, Sukehiko Koga^{*2}, Tsuyoshi Sawai^{*4}, Masaki Kato^{*4}, Takehiko Yasaki^{*5}

^{*1}Department of Pediatrics, Fujita Health University School of Medicine

^{*2}Department of Radiology, Fujita Health University School of Medicine

^{*3}Faculty of Radiological Technology, Fujita Health University School of Health Sciences

^{*4}Section of Radiology, Fujita Health University Hospital

^{*5}Kariya General Hospital

Key words： ^{99m}Tc -MAG3

腎シンチグラフィ

SPECT

deconvolution analysis

腎瘢痕

図1 腎臓を7部位に分け限局性の集積低下の有無を検討した

対 象 (表1)

当科で経過観察中の14名の腎疾患患児を対象とした。14名の疾患の内訳は腎機能正常で、腎尿路奇形のない特発性ネフローゼ症候群3名(寛解期2名, 回復期1名), 年齢は9~12歳。慢性糸球体腎炎(活動期)2名, 年齢は6歳と10歳。膀胱尿管逆流(以下VUR)9名, 年齢は6カ月~10歳で平均4.1歳であった。VURの9名のうち1名は馬蹄腎を伴っていた。VURは両側が7名, 片側が2名で16尿管であった。VURの程度はI度が2尿管, II度が2尿管, III度が8尿管, IV度が3尿管, V度が1尿管であった。

方 法

使用した撮影装置は、東芝製2検出器型シンチカメラGCA-7200A/UIである。 ^{99m}Tc -MAG 3の投与量は、10.5MBq/kgとした。静注直前にシリンジのカウントをガンマ・カメラで測定した。患児を仰臥位で心臓と左右の腎臓が入るようにカメラを設定し、静注直後から高分解能コリメーターで30秒毎に20分間の連続回転SPECTを施行した。データ収集後、まず形態評価のために静注直後から2分間の連続回転SPECT(スライス厚8.6mm, マトリックス・サイズ64×64)を施行し ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT像を作製した。次にSPECTデータをパーソナル・コンピュータでdeconvolution analysis²⁾により伝達関数を求め、MTTを算出し中川らの検討³⁾と比較した。また、VUR 9症例中7症例(症例⑥~⑫)14腎においては、 ^{99m}Tc -MAG 3検査施行前後20日以内に ^{99m}Tc -DMSA腎シンチグラフィを施行した。 ^{99m}Tc -DMSAは3.7MBq/kgを静注し、1時間後に腎シンチグラフィを腹臥位で背面より高分解能コリメーターで6分間撮影した(^{99m}Tc -DMSA Planar像)¹⁾。ひき続いて2分毎に28分

表2 腎糸球体疾患とMTT

	MTT(分) [右]	[左]
[ネフローゼ症候群]		
① A.K. (12歳)(寛解期)	4.6	3.8
② H.Y. (13歳)(寛解期)	3.9	3.6
③ N.T. (9歳)(回復期)	6.4	8.4
[慢性糸球体腎炎]		
④ I.Y. (10歳)(IgA + NS)	6.8	7.6
⑤ H.E. (6歳)(CGN活動期)	5.5	6.6

間の連続回転SPECT(スライス厚8.6mm, マトリックス・サイズ128×128)を施行し ^{99m}Tc -DMSA SPECT像を作製した。限局性の集積低下の検出能を詳細に検討するために1側腎を7分画し⁴⁾(図1), VUR症例の14腎98部位について、 ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT像と ^{99m}Tc -DMSA SPECT像, ^{99m}Tc -DMSA Planar像の各々で比較検討した。所見の判定は、2名の放射線科専門医と1名の小児科医が合意のもとで3検査の画像を別々に医療情報を伏せたうえで評価した。

成 績

特発性ネフローゼ症候群3名6腎のうち寛解期2名は、MTTは3.6~4.6分であった。中川らの正常成人のMTTは 2.7 ± 0.6 分($\pm 2\text{SD}: 2.1 \sim 3.3$ 分)³⁾に比しやや延長していた。ネフローゼ症候群の回復期1名と慢性糸球体腎炎(活動期)の2名のMTTは6.4~8.4分と明らかに遅延を認めた(表2)。

馬蹄腎を除くVUR症例16尿管のMTTとgradeの関係は、平均MTTはI度4.8分, II度4.5分, III度5.3分, IV度6.9分, V度17分であり、VURのない2尿管では平均4.7分であった。MTTの高度延長は高度VUR症例の一部にみられたが、 ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT像における限局性の集積低下はMTTの延長する例でみられる傾向はなかった(図2)。

VUR 9症例中7症例(症例⑥~⑫)14腎で、 ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT像と ^{99m}Tc -DMSA SPECT像および ^{99m}Tc -DMSA Planar像の比較では、 ^{99m}Tc -MAG 3 SPECT像は14腎中6腎に腎実質瘢痕を認め ^{99m}Tc -DMSA SPECT像では7腎、 ^{99m}Tc -DMSA Planar像では6腎に限局性の集積低下がみられ差は認められなかった(表3)。

さらにこれらのVUR 7症例について、限局性の集積

図2 膀胱尿管逆流の grade と MTA

表3 膀胱尿管逆流症例の3検査法による限局性集積低下の比較

[膀胱尿管逆流症]	[grade 右 / 左]	[限局性の集積低下]		
		MAG3-SPECT.	DMSA-SPECT.	DMSA-Planar.
⑥ F.Y. (10歳)	[III / III]	○ (左)	○ (左)	○ (左)
⑦ K.R. (6ヶ月)	[V / IV]	○ (右)	○ (右)	○ (右)
⑧ K.T. (5歳)*	[III / I]	○○ (右, 左)	○○ (右, 左)	○ (右)
⑨ S.M. (2歳)	[II / III]	●	○ (左)	○ (左)
⑩ W.M. (10ヶ月)	[- / IV]	●	●	●
⑪ Y.O. (3歳)	[III / III]	○ (右)	○ (右)	○ (右)
⑫ Y.S. (5歳)	[- / I]	○ (左)	○ (左)	○ (左)
⑬ H.D. (8ヶ月)	[IV / III]	○ (左)		○○ (右, 左)
⑭ Y.R. (10歳)	[III / II]	○ (右)		

○: 限局性の集積低下 (有), ●: 限局性の集積低下 (無)
症例⑧は馬蹄腎

低下の有無を14腎98部位においての検討をした。限局性の集積低下は98部位中^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像は10部位, ^{99m}Tc-DMSA SPECT 像は15部位, ^{99m}Tc-DMSA Planar 像は13部位に認められた。これら3検査の病変部位の一致は5部位であった。反対に1検査のみが陽性で他の検査が陰性のものは^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像ではなく, ^{99m}Tc-DMSA Planar 像は5部位に認められた(表4)。2検査で限局性の集積低下が検出され^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像では検出できなかった部位は3部位(1と1と4の部位)であった。そのうちの症例⑦と, ^{99m}Tc-DMSA Planar 像のみでは検出できなかった症例⑧について症例を提示する。

症 例 ⑦

6カ月男児。尿路感染症を契機にVUR 右V度, 左IV度

と診断した。^{99m}Tc-DMSA Planar 像と^{99m}Tc-DMSA SPECT 像では限局性の集積低下が右腎上極と中部の2部位に検出されたが^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像では, 上極の集積低下は明瞭であるが中部の集積低下は検出できなかった(図3)。

患児は6カ月の低年齢で腎臓が小さく, ^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像の解像力の限界のために小さな集積低下が検出しにくいと思われた。

症 例 ⑧

5歳男児。尿路感染症を契機に馬蹄腎およびVUR 右III度, 左I度と診断。^{99m}Tc-DMSA SPECT 像と^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像では左右腎とも上極の集積低下が検出されたが, ^{99m}Tc-DMSA Planar 像においては左腎上極の集積低下は明らかでなかった(図4)。

表4 3検査(MAG3-SPECT, DMSA-SPECT, DMSA-Planar)における病変部位の一致について(7症例-98部位中)

	①MAG3-SPECT	②DMSA-SPECT	③DMSA-Planar	部位数
3検査陽性	+	+	+	5
2検査陽性	—	+	+	3
	+	—	+	0
	+	+	—	5
1検査陽性	+	—	—	0
	—	+	—	2
	—	—	+	5
限局性の集積低下 の陽性部位数	10	15	13	

+ : 限局性の集積低下(有)

— : 限局性の集積低下(無)

図3 症例⑦: K.R. 6カ月 男児

↑: 限局性の集積低下を認める

図4 症例⑧: K.T. 5歳 男児

↑: 限局性の集積低下を認める

考 察

^{99m}Tc -DMSA は瘢痕形成、萎縮など腎の形態診断に用いられ、 ^{99m}Tc -MAG3 は腎の動態イメージおよびレノグラムにより腎および尿路疾患の排泄機能の診断に用いられている。 ^{99m}Tc -DMSA は腎皮質集積物質で、尿中排泄は少なく尿中排泄率は静注1時間に6%であり、このため ^{99m}Tc -DMSA では腎髄質よりも皮質が強く描出される⁵⁾。 ^{99m}Tc -DMSA は通常の検査は静注1時間から2時間後に開始する。 ^{99m}Tc -MAG3 は腎尿管細胞に選択的に集積し、速やかに尿中に排泄される。腎1回の循環で50%~60%が尿管から除去される⁶⁾。 ^{99m}Tc -MAG3 連続回転SPECTは静注直後より開始し、その直後から2分間のSPECT画像を作製することにより排泄系の集積の影響が少ない腎皮質の形態が観察可能である。また、20分間の測定で排泄機能も評価できるため、 ^{99m}Tc -DMSA より短時間で検査を終了しうる利点があり、1回

の検査で腎の形態と排泄機能が同時に検査できる。

今回の検討では全例IVPにて尿路の閉塞病変を認めず、慢性腎炎活動期やネフローゼ症候群回復期の症例および高度VUR例でMTTの延長がみられた。MTTの延長は閉塞性疾患を支持する所見とされているが、今回の我々の結果からは、 ^{99m}Tc -MAG3によるMTTの測定は尿路の閉塞性疾患のみでなく、腎実質障害や非閉塞性の通過障害などにおいても有用な腎機能検査と思われる。

Sfakianakisらは、3検出器型SPECT装置で検討し、 ^{99m}Tc -MAG3 SPECT早期像における腎皮質の形態評価は ^{99m}Tc -DMSA SPECTと同程度に診断に有用であったと報告している⁷⁾。我々の検討では、 ^{99m}Tc -MAG3 SPECT像と ^{99m}Tc -DMSA SPECT像、 ^{99m}Tc -DMSA Planar像の比較では ^{99m}Tc -DMSA SPECT像の検出率が最も高率であった。 ^{99m}Tc -DMSA SPECT像は、1方向からの撮影(Planar像)よりも陽性率が高い

と報告されている⁸⁾。^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像のみで限局性の集積低下の部位を示した症例はなく偽陽性はなかった。^{99m}Tc-DMSA Planar 像のみで限局性の集積低下の部位を示したものが認められたが、3検査の画像を並べて比較して見ると、これはカメラに対する腎臓の傾きや腎臓の厚さなどの影響により偽陽性を示したものと思われた。また、^{99m}Tc-DMSA SPECT 像、^{99m}Tc-DMSA Planar 像が陽性で^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像が陰性であったのは3部位あり、この症例はすべて乳児であった。^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像では、腎皮質の形態を評価するために排泄系への集積が出現する前の静注後短時間(2分間)のデータで再構成したのでノイズの少ないSPECT画像を得るのに必要なカウントを得るために^{99m}Tc-DMSA SPECT よりも大きいマトリックス・サイズ(64×64 v.s. 128×128)で収集した。そのため^{99m}Tc-MAG 3 SPECT 像の方が^{99m}Tc-DMSA SPECT 像よりも解像力が低くなった。腎臓が小さい乳児では、解像力の限界のために相対的に小さな瘢痕では偽陰性が問題になるように思われた。

以上より^{99m}Tc-MAG 3 連続回転 SPECT 法は短時間の1回の検査で排泄機能の評価のみでなく、乳児の小さな瘢痕以外は検出が可能であり、小児腎疾患患者のスクリーニング検査に有用と考えられた。

今後は1点採血法による有効腎血漿量(ERPF)³⁾も含めて臨床的有用性を検討していきたい。

結 語

^{99m}Tc-MAG 3 連続回転 SPECT 法は、腎実質の評価は

^{99m}Tc-DMSA SPECT 像に比べて乳児では検出能が劣るものの、短時間の検査で腎の形態・排泄機能を同時にみる検査として小児腎疾患患者のスクリーニング検査として有用であると思われた。

文 献

- 1) 駒井哲之, 外山 宏, 竹内 昭, 横山貴美江, 古賀佑彦: ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラムによる定量的分腎機能の評価—¹³¹I-OIH レノグラムとの比較検討—. 核医学 32: 427—433, 1995.
- 2) 中川 毅, 前田寿登, 竹田 寛, 中村和義, 権 重祿, 大井 牧, 寺田尚弘, 佐久間肇, 北野外紀雄, 山口信夫: 核医学における定量解析の基礎とその臨床応用. Deconvolution analysis の臨床応用—肝・腎機能検査への応用を中心として—. メディカルレビュー 35: 1—9, 1993.
- 3) 中川 毅, 泰 良行, 松下智人, 小林茂樹, 川村壽一, 奥野利行, 前田寿登: テクネ MAG₃ 症例アトラス 閉塞性腎・尿路疾患. 第一ラジオアイソトープ研究所 3—5, 1997.
- 4) Bagni B, Orsolen P, Fattori A, Guerra UP: Renal SPECT with Tc-^{99m} DMSA in children with upper urinary tract infections using a triple-headed gamma camera. Clin Nucl Med. 22: 838—843, 1997.
- 5) 久保敦司, 松田博史, 小須田茂, 日下部きよ子, 橋本 順, 宇野公一, 木下富士美: シンチグラムアトラス—正常像とピットフォール—. 臨床放射線別冊: 103—111, 1997.
- 6) 小田野行男: 核医学による腎機能検査—RIの現状と今後の展望—. 腎と透析 40: 463—471, 1996.
- 7) Sfakianakis GN, Georgiou MF: MAG 3 SPECT: A rapid procedure to evaluate the renal parenchyma. J Nucl Med. 38: 478—483, 1997.
- 8) Mastin ST, Drane WE, Iravani A.: Tc-^{99m} DMSA SPECT imaging in patients with acute symptoms of UTI comparison with ultrasonography. Clin Nucl Med. 20: 407—412, 1995.