

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

腎臓病の最新医療《先端医療シリーズ13 腎臓病》（書籍）
(2001) :312～314.

腎臓病診断における ^{99m}Tc -MAG3および ^{99m}Tc -DTPAの臨床的有用性

油野民雄

3. 腎臓病診断における^{99m}Tc-MAG₃および^{99m}Tc-DTPAの臨床的有用性

3.1 はじめに

腎臓領域における核医学検査の主目的は、機能的情報を得ることにあり、特に分腎機能、すなわち左右腎それぞれの機能を正確に分離評価することが肝要である。その際、単にイメージやレノグラムのパターン認識による定性的評価に留まることなく、有効腎血漿流量 (effective renal plasma flow: ERPF) や糸球体濾過量 (glomerular filtration rate: GFR) の腎クリアランス値測定などの定量評価まで要求される。

3.2 腎放射性医薬品

3.2.1 腎イメージング用放射性医薬品の用途

腎集積機序の相違により、^{99m}Tc-DTPAの糸球体濾過物質、^{99m}Tc-MAG₃の近位尿細管分泌物質および^{99m}Tc-DMSAの腎集積物質に三大別される。

これら三物質のなかで^{99m}Tc-MAG₃と^{99m}Tc-DTPAは、血液中から腎に集積した後、速やかに尿中に排泄されるため、腎実質機能と尿路通過性を評価する腎動態イメージングとして用いられる。一方^{99m}Tc-DMSAは、尿細管に集積したまま長くその部位に留まるために、腎実質機能を評価する腎静態イメージングとして用いられる。

3.2.2 腎放射性医薬品の適切な使い分け

特別の理由がなければ、^{99m}Tc-DMSAと異なり腎実質機能と尿路通過性の同時評価が可能なこと、腎機能が低下した場合でも腎抽出率が高いために^{99m}Tc-DTPAよりも良好な腎描出が得られることなどの理由から、一般に^{99m}Tc-MAG₃が用いられる。その際、^{99m}Tc-MAG₃で得られる腎機能指標はGFRでなくERPFであるために、腎実質機能変化の最も鋭敏な指標であるGFRの算出が求められる場合は^{99m}Tc-DTPAを使用する。

なお瘢痕など腎実質内の小病変の検出時には、腎実質への滞留時間の短い^{99m}Tc-MAG₃や^{99m}Tc-DTPAよりも、腎実質内に長く留まる^{99m}Tc-DMSAが用いられる。また近位尿細管再吸収障害の評価にも^{99m}Tc-DMSAの使用が適切である。

3.3 腎動態イメージングによる評価の実際

^{99m}Tc-MAG₃や^{99m}Tc-DTPAの使用により、血管内に投与された後の両腎の血流状態(血流相)、腎実質への集積状態(実質相)、および尿中への排泄状態(排泄相)

を、連続的に分離して捉えることができる。

一般に腎疾患では、腎血流、腎実質機能、排泄が相伴って変化することが多いものの、三相間で乖離が見られることも少なくないために、これら三相を分離評価することが肝要である。

3.3.1 イメージによる定性評価

静脈内投与直後からの秒単位の連続画像により血流相が、分単位の連続画像により実質相および排泄相が捉えられる。

血流相では、両腎血流は腹部大動脈または脾臓血流の放射能に等しいかまたは高い放射能を呈するため、低い放射能を呈すれば腎血流低下ありと判定して良い。

実質相および排泄相を捉えた連続画像では、イメージ所見のみで腎機能低下の存在を指摘するのが困難である。この場合、後述の定量評価で左右各腎のERPFやGFRを直接求めるか、腎皮質の投与20分のカウントをピークカウントで除したC20/Cmaxを求めて評価する。後者の評価では、^{99m}Tc-MAG₃の正常値が0.2以下であることから、0.4以上の数値を示せば腎機能低下ありといえる。

3.3.2 腎時間放射能曲線(レノグラム)による半定量評価

放射能のピーク時間(Tmax)とTmaxが半減する時間(T1/2)の二つの時間的パラメータをもとに分類されたパターンを分析して、機能評価される。TmaxおよびT1/2が正常の標準型、T1/2が延長する排泄遅延型、TmaxとT1/2が延長する機能低下型、II相が消失する無機能型、およびIII相が消失する閉塞型の5型に分類される。

しかし定量評価により左右腎のERPFやGFRが直接算出されるために、これらのレノグラムパターンによる腎機能評価は、現在では重きをおかれていない。

3.3.3 分腎クリアランス算出による定量評価

^{99m}Tc-MAG₃によりERPFが、^{99m}Tc-DTPAによりGFRが算出される。

原理的には、腎クリアランス値(C)は、使用物質の血漿濃度(P)、尿中濃度(U)および尿量(V)を測定して、 $C=UV/P$ の式より算出される。しかし通常は、採血またはガンマカメラを用いた体外計測法で、簡便に算出されている。そのなかでも検査がより短時間で終

わること、手技自体が簡便なこと、非観血的なことから、体外計測法が専ら行われている。

体外計測法では、投与後早期 ($^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ では投与1~2分、 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ では2~3分) の腎カウントを求め、深さで吸収補正後、患者への投与カウント数で除して、左右各腎への摂取率を求める。その後、左右各腎を加算した総腎摂取率とパラアミノ馬尿酸クリアランス (ERPF) またはクレアチニン・クリアランス (GFR) との相関結果より予め得られた回帰式から、ERPF または GFR 値を導き出す。

これらの定量法は、腎への初期集積よりクリアランス値が求められるため、腎実質相を捉えていると云える。

3.4 薬剤負荷腎イメージング

薬剤を負荷して検査を施行することにより、通常非負荷時に比べて、より多くの情報を導き出すことができる。このような目的で施行される検査法に、腎血管性高血圧におけるカプトプリル負荷レノグラフィと、閉塞性尿路疾患におけるラシックス負荷利尿レノグラフィとがある。

3.4.1 カプトプリル負荷レノグラフィ

腎血管性高血圧は、一側性であれ両側性であれ、両側腎機能が同程度に障害されないために、左右腎間の機能差として捉えられる。一般に腎動脈が60%以上の狭窄を呈する場合に高血圧が発生するが、核医学検査上で異常が認められるのは90%以上の狭窄群である。したがって60~90%狭窄の高血圧群では、通常核医学検査では異常が指摘されないことになる。しかしこの場合、アンジオテンシン変換酵素阻害剤のカプトプリルを用いることより、狭窄側の機能異常を明

らかにすることができる (図11.3.1)。

腎血管性高血圧では、アンジオテンシン II は狭窄側の輸出細動脈を収縮してGFRを維持しようとする。しかしカプトプリルを投与した場合、アンジオテンシン I から II への変換が阻害され、アンジオテンシン II の産生が抑制される結果、輸出細動脈の拡張が生じ、GFRの低下がもたらされる。このような原理から $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ の使用が最も適当と思われるが、 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ や $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ も用いられる。特に高度腎機能低下例では、カプトプリルによる更なる腎機能低下を $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ により捉えることは困難であり、 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の使用の方が適切である。

腎血管性高血圧では、カプトプリルにより狭窄側の腎機能が一過性に低下するが、その際の変化を定量的並びに定性的に捉えて評価される。定量的にはGFRの低下 (ERPFの場合、一定した結果は見られない) が、定性的には集積度減少および排泄遅延が観察される。

カプトプリル負荷検査の適応は、第一に腎血管性高血圧のスクリーニングがあげられる。末梢静脈血のレニン活性値測定検査よりも高い検出感度が得られている。また診断的特異性の点でも、レニン・アルドステロン機構が関与する small vessel disease で陽性が指摘されているものの、本態性高血圧では陰性結果を示すために、極めて高い結果が得られている。第二に腎血管拡張術等の血行再建術の効果判定 (成功時はカプトプリル検査が陰性に転化)、再発の早期予知、経過観察への応用、第三に血行再建術の術前における適否予測 (カプトプリル検査により、高血圧の発生におけるレニン・アンジオテンシン系の直接関与を証明できる。したがって検査が陽性を示す場合に治療効果の改善が期待でき、治療適応となる) があげられる。さらに第

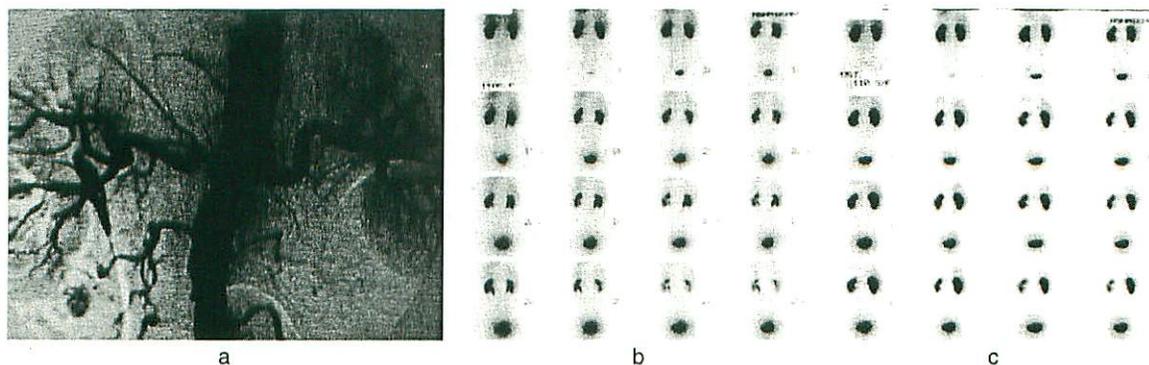


図11.3.1 腎血管性高血圧

血管造影(a)では右腎動脈に75%狭窄を認める。通常の $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ レノグラフィ(b)では、両腎とも腎集積および排泄に異常を認めない。カプトプリル負荷 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ レノグラフィ(c)では、右腎からの著しい排泄遅延の出現が見られる。

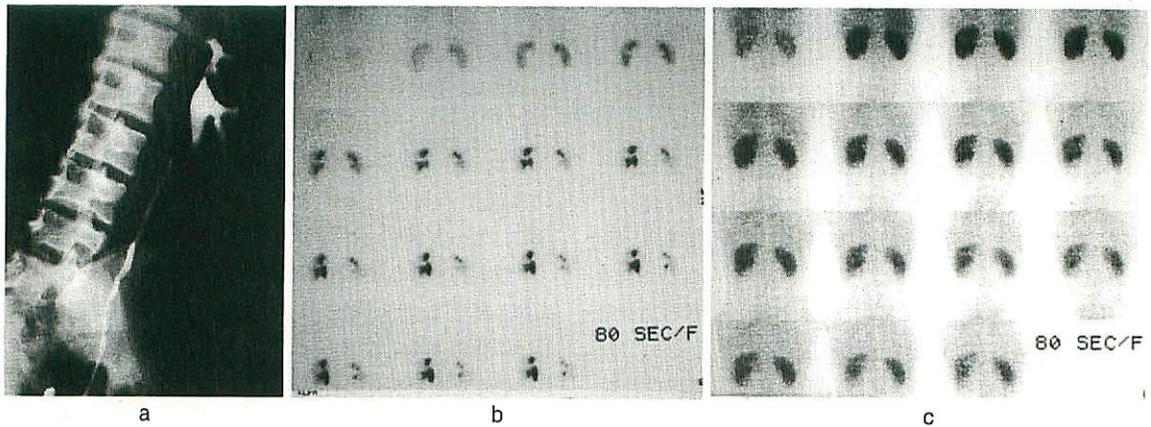


図 11.3.2 腎外腎盂

逆行性左尿路造影(a)では、左腎盂腎杯の軽度拡張とともに、左腎盂尿管移行部に狭窄性変化が疑われる。通常の^{99m}Tc-DTPA レノグラフィ(b)では、左腎盂腎杯にトレーサの貯留を認める。ラシックス負荷レノグラフィ(c)では、左腎盂腎杯のトレーサ貯留の消失を認め、腎盂尿管移行部の器質的狭窄の存在が否定される。

四には、高血圧を伴う慢性腎不全患者への降圧剤としてのカプトプリル投与妥当性の判定（レニン・アンジオテンシン系が膏血発症に関与している場合、カプトプリル投与は腎機能を更に悪化させるために禁忌）があげられる。

3.4.2 ラシックス負荷利尿レノグラフィ

乳幼児などの小児では、上部尿路に拡張が見られた場合、尿路の閉塞因子の有無が今後の治療方針に多大な影響を与える。閉塞因子が存在するなら手術的除去が必要となるのに対し、存在しない場合は保存的に内科的治療される。

尿路閉塞の有無を明らかにするには、留置カテーテルを通じて一定速度で腎盂内に生理的食塩水を注入し、腎盂内圧を測定する方法（Whitaker 試験）が最も信頼性が高いとされてきた。しかし侵襲的なために、ルーチンに実施されるに至っていない。一方ラシックスを1mg/体重1kg（最大40mg）投与して行う利尿レノグラフィは、非侵襲的に尿路通過状態を評価できる。しかも Whitaker 試験にほぼ匹敵する診断成績が得られている。したがって現在では、尿路通過性を正確に評価する信頼に値する検査法としての地位を確立している。

利尿レノグラフィには、レノグラフィの途中の集合管にトレーサが充満した時点で利尿剤を投与する1回法と、レノグラフィ終了後に排尿させ、その後利尿剤を投与して検査を繰り返す2回法とがある。

利尿レノグラフィによる尿路閉塞の有無は、分腎機能比、イメージ上の腎盂腎杯へのトレーサ貯留、排泄時間（T1/2）により決定される（図 11.3.2）。特に2回

法で20分を越える T1/2 値が得られた場合（10分以内の T1/2 値では尿路閉塞陰性）は、尿路閉塞の可能性が極めて高い。このような基準にて評価する際の注意点としてあげられることは、ラシックスは Henle loop を中心とした腎実質での Na 再吸収を阻害して利尿を引き起こすために、腎実質機能が低下した場合、ラシックスの反応が低下する結果、十分な利尿効果が得られず、偽陰性結果を呈することである。また検査前に水分を十分に負荷することの重要性も指摘されている。

3.5 おわりに

以上、腎臓疾患における^{99m}Tc-MAG₃および^{99m}Tc-DTPA 検査法の実際および有用性に関して記した。なおイメージングのプロトコールは（社）日本アイソトープ協会医学薬学部の核医学イメージング規格化専門委員会での勧告案¹⁾を、疾患毎の詳細に関しては推薦図書^{2,3)}を参考にされたい。

文献

- 1) （社）日本アイソトープ協会医学薬学部、核医学イメージング規格化専門委員会：標準的なイメージングプロトコール、Radioisotopes 43: 81-114, 1994
 - 2) 伊藤和夫、油野民雄：臨床腎臓核医学、メディカルレビュー、東京、1997
 - 3) 島田憲次、谷澤隆邦：小児腎臓核医学、メディカルレビュー、東京、1998
- （油野民雄、秀毛範至、沖崎貴琢）