

# 同一患者に対し複数の造影検査を行う場合に考慮すべき事項

## 第11回

林 宏光 (日本医科大学放射線科)  
鳴海善文 (大阪医科大学放射線科)

早川克己 (京都市立病院放射線科)  
桑鶴良平 (東京女子医科大学放射線科)

### 1 はじめに

造影剤は画像診断の情報量を増すために使用されるものであるが、X線造影剤を投与した患者で、その直後にMRIを撮像した場合、MR画像にはなんらかの影響が現れるのであろうか？ また逆にMRI造影剤を投与した直後にX線CT画像を撮影した場合はどうであろうか？

今回こうした問題を提起するのは、経時的な病態変化の確認のため短時間で複数回の同じ検査が必要な場合や、患者が遠方から検査を受けに来られる場合などで、複数の異なる画像検査を同日に実施することが日常臨床で行われているためである。しかしながら、造影剤の添付文書には「臨床検査結果に及ぼす影響」にわずかな記載があるのみであり、造影検査の実施間隔や検査順に関する記載はほとんどない。

今回、短時間で同じ画像診断の施行が必要にな

った場合、および短時間で異なる画像診断の施行が必要となった場合を想定し、何に注意し、どのような順番で造影検査を行うのが望ましいかについて、造影剤の体内動態、生体への影響、画像への影響の観点から概説する。

### 2 造影剤の体内動態

造影剤の分類を表1に示す。表1のように現在使用できる造影剤は多岐にわたる。主に静脈内投与で使用される造影剤の添付文書から、薬物動態に関する記載の一部(表2)、および造影効果の持続時間に関する記載の抜粋(表3)を示す。

X線造影剤やMRI造影剤など細胞外液に分布する造影剤は、投与後に全身の血管や細胞間隙に分布する。この際、X線用尿路血管造影剤とMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤の体内動態は非常に類似している。

表1 造影剤の分類

分類	X線造影剤						MRI造影剤				超音波造影剤	
	注射剤					経口剤	注射剤			経口剤		
	水溶性			油性			細胞外液性	肝特異性				消化管
	尿路血管	胆道	その他	その他	消化管							
造影効果の本体	I						Ba				微小気泡	
造影剤	・イオパミロン ・オムニパーク ・オブチレイ ・イオメロン ・プロスコープ ・イマジニール ・ヘキサブリック クス など	・ピリスコピン	・イソピスト ・ピジパーク ・ウログラフィン ・コンレイ など	・リビドール ・ルトラフルイド	・ガストログ ・ラフィン	・バリウム製剤	・マグネピスト ・プロハンス ・オムニスキャン ・マグネスコープ など	・EOB・プリ ・モピスト	・リソピスト	・フェリセルツ ・ボーステル		・レボピスト ・ソナゾイド

通常、尿路血管造影剤を体内に投与した場合、ほぼ24時間で体外に排泄されるため、その体内動態を考慮したとき、検査間隔としては24時間をあけることが望ましいといえる。ただし、小児、高齢者は腎機能が未熟であったり、低下していることがあるため、腎機能障害患者と同様に造影剤の排泄が遅延する可能性がある。また疾患や臓器により造影剤が長時間分布・残留する可能性があることにも注意が必要である。

X線用胆道造影剤にはピリスコピン<sup>®</sup>があるが、静注した場合、48時間以内に糞便中に8割が、24時間以内に尿中に1割が排泄され、静注後7日目までにほぼすべてが排泄される。血中からの消失については同成分を5分間で静注した場合、静注2分

後で投与量の50%以上が血漿中で検出され、30分後までに約30%低下すると報告<sup>1)</sup>されている。血中で蛋白と結合することから、尿路血管造影剤に比べ血中からの消失には時間を要すると考えられる。また経肝的な排泄が行われることから、肝臓や胆嚢では造影剤の集積による影響が数日持続する可能性がある。

MRI用肝特異性造影剤にはガドリニウム系のEOB-Gd-DTPAとSPIO( superparamagnetic iron oxide )製剤のリゾビスト<sup>®</sup>がある。EOB-Gd-DTPAの体内動態は、静脈内投与後4日目までに約6割が尿中に排泄され、残りは糞中に排泄される。一方、SPIO製剤は血中からは速やかに消失するものの、鉄代謝に関連する因子である血漿中の鉄(血清鉄

表2-1 静脈内投与される造影剤の添付文書における薬物動態の記載

添付文書には腎障害、肝障害のある場合の薬物動態なども掲載されているが、ここでは割愛した。

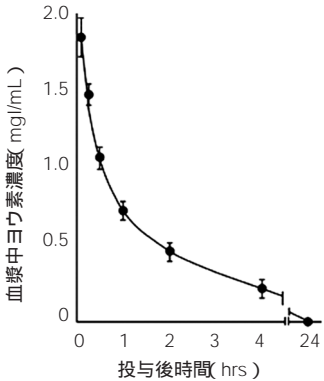
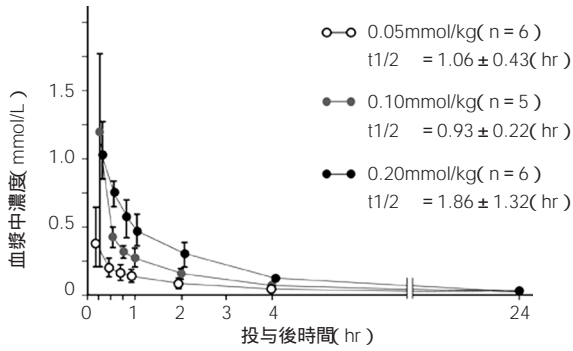
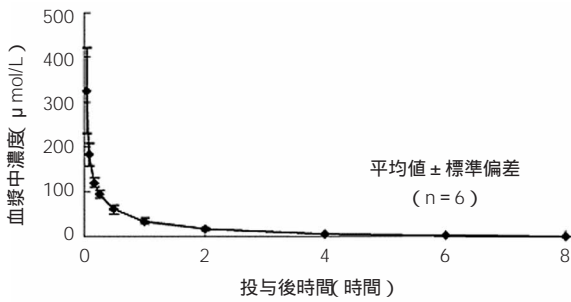
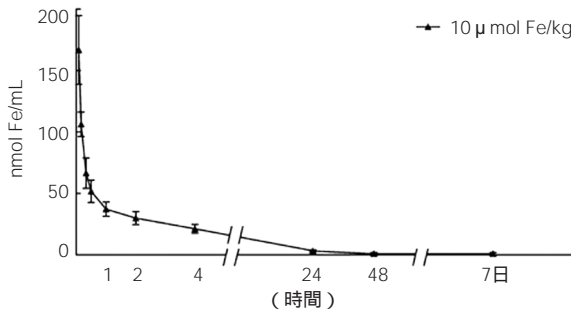
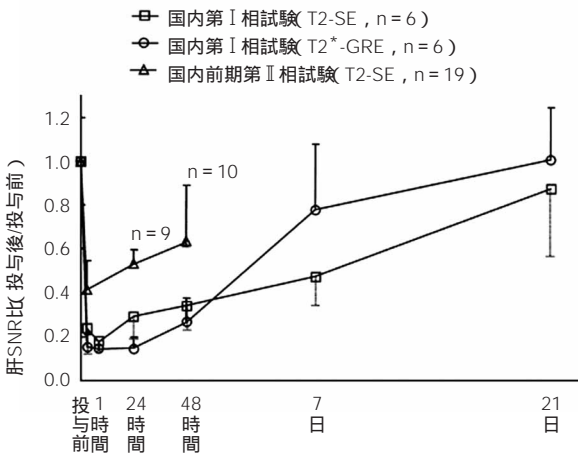
X線用尿路血管造影剤	X線用胆道造影剤	MRI用細胞外液性Gd造影剤
イオパミロン <sup>®</sup>	ピリスコピン <sup>®</sup>	マグネビスト <sup>®</sup>
<p>1. 血中濃度 健康成人男子(4名)に本剤(370mg/mL)40mLを静注すると、血漿中のヨウ素濃度は静注後5分で約1.9mg/mL、30分で約1mg/mLを示し、4時間後には0.2mg/mL以下に減少した。</p>  <p>2. 排泄 健康成人男子(4名)に本剤(370mg/mL)40mLを静注すると、2時間後までに投与量の約60%が、24時間後には全量が尿中に排泄された。</p>	<p>1. 血中濃度 肝機能及び腎機能が正常な患者に、イオトロクス酸メグルミン70mg/kg及び112mg/kgを静注したとき、静注後30分から6時間までの血中半減期は、それぞれ1.4±0.2時間、1.8±0.3時間であった(外国データ)。</p> <p>2. 排泄 180mg/mLのイオトロクス酸メグルミン液を30mL(約70mg/kg)静注すると、糞便中に78±11%(48時間以内)、尿中に10.6±2.3%(24時間以内)が排泄された。静注後7日目までに、ほぼ100%が糞便及び尿中に排泄された(外国データ)。</p>	<p>1. 血中濃度 健康成人男子に本剤0.05, 0.1, 0.2mmol/kgを静注したところ、血漿中Gd濃度は速やかに低下し、投与4時間後には0.1mmol/L以下となった。</p>  <p>(注: 本剤の承認用量は0.2mL/kg[0.1mmol/kg], 腎臓を対象とする場合は0.1mL/kg[0.05mmol/kg], 腹部から下肢までを連続して血管撮影する場合は0.4mL/kg[0.2mmol/kg])</p> <p>2. 排泄 健康成人男子に本剤0.05, 0.1, 0.2mmol/kgを静注したところ、投与2時間後までに投与量の60%以上が、6時間後までに80%以上が尿中に排泄された。投与後24時間までの本剤の平均尿中排泄率は90.7~99.3%であった。</p> <p>(注: 本剤の承認用量は0.2mL/kg[0.1mmol/kg], 腎臓を対象とする場合は0.1mL/kg[0.05mmol/kg], 腹部から下肢までを連続して血管撮影する場合は0.4mL/kg[0.2mmol/kg])</p>

表2-2 静脈内投与される造影剤の添付文書における薬物動態の記載

添付文書には腎障害、肝障害のある場合の薬物動態なども掲載されているが、ここでは割愛した。

MRI用肝特異性造影剤	
<p>EOB・プリモビスト®</p> <p>1. 血中濃度 健康成人男子(6名)に本剤0.1mL/kgを静脈内投与したとき、ガドリニウム(Gd)は二相性で血中から消失した(血漿中半減期: 相0.11時間, 相1.3時間)。</p>  <p>2. 排泄 健康成人男子(6名)に本剤0.1mL/kgを静脈内投与したとき、投与後4日目までに投与したGdの57%が尿中に、39%が糞中に排泄された。</p>	<p>リゾビスト®</p> <p>1. 血中濃度 健康成人男子に本剤0.02mL/kg(鉄として10 μmol/kg)を静注したところ、血中から二相性に速やかに消失し、血漿中半減期は 相6分, 相3.5時間であった。投与48時間後には検出限界(1.91 μmol/L)以下となった。</p>  <p>(注: 本剤の承認用量は0.016mL/kg = 8 μmol Fe/kgである)</p> <p>2. 肝信号の推移 健康成人男子に本剤0.02mL/kg(鉄として10 μmol/kg)を投与後、肝SNRIはT2強調Spin Echo法では3週後に投与前値の80%以上に回復し、T2*Gradient Echo法では1週後に約80%に回復した。肝細胞癌19例に本剤0.02mL/kg(鉄として10 μmol/kg)投与24あるいは48時間後にT2強調Spin Echo撮像を行った結果では、投与前SNRの約60%までの回復がみられた。</p>  <p>(注: 本剤の承認用量は0.016mL/kg = 8 μmol Fe/kgである)</p>

超音波造影剤

レボピスト®	ソナゾイド®
<p>血中濃度 健康成人に本剤(200mg/mL及び400mg/mL<sup>注</sup>濃度)を1.6g, 3.2g及び6.4gの用量で静脈内投与したときの有効本体である微小気泡の存在を示す左心室の輝度上昇は、いずれの場合にも投与後5分以内に認められなくなった。一方、持続時間については1.6gと3.2g投与の間に用量依存性が認められた。また、血漿中ガラクトースの消失半減期は1.7~5.7分で、投与30分後には測定限界付近まで減少した。 [注：本剤の承認された濃度は、200mg/mL及び300mg/mLである]</p>	<p>1. 血中濃度 健康成人に本剤0.024 µLMB/kg, 0.12 µLMB/kg(臨床用量), 0.60 µLMB/kg(懸濁液として0.003mL/kg, 0.015mL/kg, 0.075mL/kg)を静脈内単回投与したときのベルフルブタン血中濃度は投与後急速に減衰した。臨床用量の0.12 µLMB/kgでは2相性に減衰し、投与後2~15分の半減期は2.7分、投与後15~30分の半減期は7.3分となり、また投与後60分で検出限界以下であった。</p> <p>2. 分布 省略。</p> <p>3. 代謝 省略。</p> <p>4. 排泄 投与されたベルフルブタンの排泄経路は呼吸である。健康成人に本剤0.024 µLMB/kg, 0.12 µLMB/kg(臨床用量), 0.60 µLMB/kg(懸濁液として0.003mL/kg, 0.015mL/kg, 0.075mL/kg)を静脈内単回投与したときのベルフルブタン呼気中濃度を測定した。各測定時点での呼気中ベルフルブタン濃度は用量依存的であった。臨床用量の0.12 µLMB/kgでは、投与後6分でCmaxに達し、投与2時間後には検出限界以下となった。なお、0.024 µLMB/kgにおける呼気中濃度は全被検者で検出限界以下であった。</p> <div data-bbox="823 255 1275 579"> <p>静脈内単回投与時のベルフルブタン血中濃度の推移 (本剤の血中濃度：血液重量1g当たりの濃度として算出) (ng/g)</p> </div> <div data-bbox="823 589 1275 909"> <p>静脈内単回投与時のベルフルブタン呼気中濃度の推移 (ng/mL)</p> </div>

表3 MRI造影剤の造影効果の持続時間などに関する添付文書の記載

細胞外液性Gd造影剤	肝特異性造影剤		消化管造影剤
<p>マグネピスト®</p> <p>適用上の注意 投与時 通常、コントラストは本剤投与直後から約45分後まで持続する。追加投与によってコントラストの向上が得られるとは限らないので、コントラストが持続している場合は漫然と追加投与しないこと(脳・脊髄用)。</p>	<p>EOB・プリモピスト®</p> <p>適用上の注意 撮影時 肝細胞造影相は、本剤投与20分後から撮影可能で、信号増強効果は少なくとも2時間持続する。</p>	<p>リゾピスト®</p> <p>臨床検査結果に及ぼす影響 1. 血液凝固第Ⅻ因子が一過性に低下し、活性化部分トロンボプラスチン時間(APTT)を一過性に延長させることがある。 2. 血清鉄及び不飽和鉄結合能(UIBC)の検査値に投与後数日まで、血清フェリチンの検査値に投与後3週間以上影響を及ぼすことがある。</p> <p>適用上の注意 撮影時 本剤のT2強調MR画像における造影効果は、投与後10分から認められ、8時間後まで持続する。本剤のT1強調像における肝信号への影響は、投与後48時間には認められていない。</p>	<p>フェリセルツ®</p> <p>その他の注意 通常、本剤服用後、造影効果は約20分後まで持続するが、胃内通過時間は個人によって大きく異なるので注意すること。</p>

濃度および血清フェリチン)が上昇することが知られており、代謝され体内の鉄代謝経路に入るものと考えられている。

いずれの造影剤も血中の分布相半減期は約6分で血中からの消失は速やかである。また、これらのMRI用肝特異性造影剤の投与量は非常に少ない。

超音波造影剤は微小気泡の懸濁液であり、有効本体である微小気泡はレボピスト®では静脈内投与後5分以内に認められなくなり、また血漿中ガラクトースは投与30分後には測定限界付近まで減少したとされており、X線検査やMRI検査など他の画像診断へ影響を及ぼすとは考えにくく、検査しえた限り、そのような報告は見あたらない。

### 3 生体への影響

CT検査などでX線用尿路血管造影剤を100mL程度投与した直後には、造影剤の高い浸透圧のために循環血液量が増加して血液成分の希釈が起こる。この結果、ヘマトクリット値、ヘモグロビン値、赤血球数、白血球数、血小板数などが低下する<sup>2,3)</sup>ことが知られている。マクロ的に造影剤の影響が最も大きな臓器は腎臓であろう。アナフィラキシー様反応などは用量非依存性であるのに対し、腎臓への影響は用量依存性である。

X線用尿路血管造影剤が血管内に投与された場合、腎臓への影響が最も強く現れるのは2~3日であるとされる。したがって可能な限りこの時期には造影検査を避けるようにするのが望まれる。通常は1週間~10日で腎機能は回復する<sup>4~6)</sup>とされ、この結果は繰り返して造影検査を行う際の待機期間の目安となる。

一方、MRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤は、通常の臨床用量では腎機能に及ぼす影響が少ないことが報告<sup>7~9)</sup>されている。ただし、腎機能が非常に低下し推定糸球体濾過値：eGFRが30mL/分未満の場合には、腎性全身性線維症(nephrogenic systemic fibrosis ; NSF)発症のリスク患者と考えられる。一時的にでも腎機能が高度に低下している状態でのガドリニウム造影剤の使用は控えるの

が賢明である。

同一日に複数回の検査が行われる場合には、使用する造影剤の総量も考慮しなければならない。X線用尿路血管造影剤では腎障害患者における総量の指標としてCigarroaの式<sup>10)</sup>が参考となる。

Cigarroaの式

contrast material' limit "=

$$\frac{5 \text{ mL of contrast/kg body weight( maximum, 300mL )}}{\text{serum creatinin( mg/dL )}}$$

短時間に複数の画像診断が行われた場合の安全性に関する報告はほとんどない。配合変化については、イオパミドールとGd-DTPAの配合変化を検討した報告<sup>11,12)</sup>があり、特に問題となるような変化はみられなかったものの、生体への影響については十分に検討されているとはいえない。

最近ではdouble contrastと称してSPIO製剤と細胞外液性ガドリニウム造影剤の同日使用によるMRI検査が報告<sup>13,14)</sup>されている。特段問題となるような副作用はみられないが、安全性の面からはいまだ症例数が限られており、十分なデータが得られているとはいいいにくい。

### 4 画像への影響

#### X線造影剤のMR画像に及ぼす影響

X線造影剤にはいわゆる常磁性体物質が使用されていないため、MR画像に及ぼす影響は少ないと考えられる。しかしX線ヨード造影剤であるイオパミドールやイオトロランが濃度依存的にT1短縮効果、T2短縮効果を示すことが*in vitro*試験で確認<sup>15)</sup>されており、臨床においても病変や脳脊髄液の信号に影響を及ぼしたと報告<sup>15,16)</sup>されている。このようにMR画像におけるコントラストの解釈が難しくなる場合もあるため、検査順としてはX線検査よりMRI検査を先に行うのが望ましいと考えられる。

#### MRI造影剤のX線画像に及ぼす影響

X線用尿路血管造影剤が禁忌とされる患者に対

し、代替としてMRI造影剤を使用した報告<sup>17,18)</sup>がある。しかしX線検査における細胞外液性ガドリニウム造影剤のコントラスト増強効果は低く、ファントム実験においてMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤のコントラストはX線用尿路血管造影剤300mgI/mLの3割にも満たないと報告<sup>19)</sup>されている。また、安全性に関するデータが得られている静脈内投与の用量も限られている。ESURガイドラインにおいてはガドリニウム造影剤の代替使用は否定的<sup>20)</sup>であり、腎障害患者では代替使用すべきではない<sup>21)</sup>としている。

MRI用肝特異性造影剤については、肝特異性ガドリニウム造影剤0.35mmol/kgによる肝CTの造影効果が報告<sup>22)</sup>されているものの、MRI検査における用量は細胞外液性ガドリニウム造影剤の1/4である0.025mmol/kgと少ないため、X線検査へ及ぼす影響は少ないと考えられる。また、SPIO製剤は投与量が非常に少ないことから、肝実質のCT画像に影響は及ぼさなかったと報告<sup>23)</sup>されている。

### 超音波像に及ぼすX線造影剤とMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤の影響

超音波造影剤が登場する以前には、X線造影剤をパンピングし微小気泡を含む状態にして造影超音波検査を施行していた時代もある。超音波像における造影効果の成因としては、注入剤と血液との音響インピーダンスの差異と気泡とに大別される。実験的には、音響インピーダンスの差だけでエコーは生じうるが、臨床的には注入剤と血液が

安定した反射面を形成・維持することは難しく、音響インピーダンスの差異でコントラストが生じる可能性は非常に少ない<sup>24)</sup>とされている。したがって、X線造影剤やMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤が層流を形成した場合、超音波像上、その境界面において影響を及ぼす可能性が否定できないものの、実際には両造影剤が超音波像に及ぼす影響はないものと推測される。しかし、X線造影剤やMRI造影剤が強く集積するような臓器や部位では、音響インピーダンスへの影響が否定できないため注意が必要となる。

### 核医学検査に及ぼすX線造影剤の影響

消化管造影剤であるバリウム製剤を除くX線造影剤はヨード造影剤であり、極微量ではあるものの遊離ヨードを含有するため、甲状腺シンチグラフィや放射性ヨードでの治療に影響があることが以前から知られており、ヨード造影剤の添付文書において関連の記載がある(表4)。

ESURガイドラインにおいては、甲状腺シンチグラフィならびに放射性ヨードでの治療との実施は、ヨード造影剤投与後2カ月以上の期間をあげる必要がある<sup>25)</sup>とされている。

また、<sup>99m</sup>Tc-PYPや<sup>99m</sup>Tc-HMDP投与から骨シンチグラフィが行われる間にX線造影剤を投与した場合、骨シンチグラフィにおける骨への集積低下と、相対的な軟部組織への集積増加が認められたとする報告<sup>26)</sup>がある。しかしその一方で骨シンチグラフィと造影CTを同日に施行しても、<sup>99m</sup>Tc-

表4 静脈内投与されるX線造影剤の添付文書における臨床検査結果に及ぼす影響の記載

尿路血管造影剤	胆道造影剤	脊髄・関節・子宮卵管造影剤	消化管造影剤
イオパミロン <sup>®</sup>	ピリスコピン <sup>®</sup>	イソピスト <sup>®</sup>	ガストログラフィン <sup>®</sup>
本剤投与により、甲状腺機能検査等の放射性ヨードによる検査に影響を及ぼすことがある。したがって、これらの検査は本剤の投与前に実施すること。[本剤投与後2週間はこれらの検査に影響を及ぼすとの報告がある]	本剤投与により、甲状腺機能検査等の放射性ヨードによる検査に影響を及ぼすことがある。したがって、これらの検査は本剤の投与前に実施すること。[本剤投与後2カ月間はこれらの検査に影響を及ぼすとの報告がある]	本剤投与により、甲状腺機能検査等の放射性ヨードによる検査に影響を及ぼすことがある。したがって、これらの検査は本剤の投与前に実施すること。[本剤投与後1カ月間はこれらの検査に影響を及ぼすとの報告がある]	本剤投与により、甲状腺機能検査等の放射性ヨードによる検査に影響を及ぼすおそれがある。したがって、これらの検査は本剤の投与前に実施すること。

HMDPの体内分布や軟部組織への集積に有意な影響は与えなかったとする報告<sup>27)</sup>もあり、一定の見解は得られていないが、最大限の診療情報を得るためにも基本的に同日の施行は避けるのがよい。同日検査を実施せざるをえない場合には、核医学検査がすべて終了してからヨード造影剤を用いた造影検査を行うのがよいと考えられる。

### 核医学検査に及ぼすMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤の影響

MRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤の投与後にガリウムシンチグラフィを行った場合に、通常と異なる分布を示したとする報告<sup>28)</sup>がある。その原因は明確でなく、マウスにおいてはMRI用細胞外液性ガドリニウム造影剤がガリウムの分布に影響を及ぼさないことが報告<sup>29)</sup>されている。しかし、このような現象を避けるためにはガリウムシンチグラフィの検査終了後にガドリニウム造影MR検査を行う、もしくはガドリニウム造影剤が全量排泄されうる24時間以降にガリウムシンチグラフィを行うことが望ましいと思われる。

## 5 おわりに

同日に複数の造影検査を施行した場合の生体や画像に及ぼす影響についての情報はきわめて少ないため、十分な検査間隔をあけることが理想的である。しかし日常臨床においては同一日内、あるいは短期間に複数種類の画像検査を実施せざるをえない場合もあるため、その際の検査の組み立て方や考え方について概説した。

一般論ではあるが、①生体への影響の少ないと考えられる検査を優先する、②体内滞留時間が短い造影剤を優先し、必要最小量を投与する、③後に行われる画像への影響が少なくなる検査の組み合わせを考慮する、ことが大切であり、施設ならびに患者の病状や状態に応じて、適宜調整して施行することが求められる。

- 文献
- 1) Taenzer V : Pharmakokinetik und Plasmaei binding von Iotroxinsäure. RoFo, 126 : 262-267, 1977.
  - 2) 熊倉久夫ほか : 造影剤投与時の血中ホルモン、電解質および各種血球数の動態 - Iopamidol, Iohexol, Ioxaglate の比較 - . 脈管学, 32 : 623-627, 1992.
  - 3) 三宅康弘ほか : 低浸透圧造影剤Ioxaglate 300静注例における血液、腎機能検査データの検討. 画像医学誌, 8 : 134-142, 1989.
  - 4) 瀬尾俊彦ほか : 腎不全患者における造影剤の安全性に関する検討. 心血管インターベンション, 9 : 666-670, 1994.
  - 5) Shafi T, et al : Infusion intravenous pyelography and renal function : effect in patients with chronic renal insufficiency. Arch Intern Med, 138 : 1218-1221, 1978.
  - 6) 福井淳一ほか : 尿中逸脱酵素・蛋白に関する研究 第4報 腎機能障害を有する高齢者におよぼす非イオン性造影剤の影響について. 泌尿紀要, 40 : 549-553, 1994.
  - 7) Prince MR, et al : Nephrotoxicity of high-dose gadolinium compared with iodinated contrast. J Magn Reson Imaging, 6 : 162-166, 1996.
  - 8) Zhang HL, et al : Effects of gadopentetate dimeglumine and gadodiamide on serum calcium, magnesium, and creatinine measurements. J Magn Reson Imaging, 23 : 383-387, 2006.
  - 9) Niendorf HP, et al : Tolerance data of Gd-DTPA : A review. Eur J Radiol, 13 : 15-20, 1991.
  - 10) Cigarroa RG, et al : Dosing of contrast material to prevent contrast nephropathy in patients with renal disease. Am J Med, 86 : 649-652, 1989.
  - 11) Hayashi H, et al : Interaction between iopamidol and gadopentetate dimeglumine : an *in-vitro* experimental study of direct mixing. J Nippon Med Sch, 71 : 120-125, 2004.
  - 12) Clarke DW : Is the mixture of gadolinium contrast agent and iodinated contrast material for MR arthrographic technique safe? Am J Roentgenol, 17X (3S) : 24, 1999.
  - 13) Aguirre DA, et al : Liver fibrosis : noninvasive diagnosis with double contrast material-enhanced MR imaging. Radiology, 239 : 425-437, 2006.
  - 14) Yoo HJ, et al : Hepatocellular carcinoma in cirrhotic liver : double-contrast-enhanced, high-resolution 3.0T-MR imaging with pathologic correlation. Invest Radiol, 43 : 538-546, 2008.
  - 15) Hergan K, et al : Effects of iodinated contrast agents in MR imaging. Eur J Radiol, 21 : 11-17, 1995.
  - 16) Jinkins JR, et al : Proton relaxation enhancement associated with iodinated contrast agents in MR imaging of the CNS. Am J Neuroradiol, 13 : 19-27, 1992.
  - 17) Kaufman JA, et al : Gadolinium-based contrast agents as an alternative at vena cavography in patients with renal insufficiency - early experience. Radiology, 212 : 280-284, 1999.
  - 18) Spinosa DJ, et al : Gadolinium chelates in angiography and interventional radiology : a useful alternative to iodinated

- contrast media for angiography. *Radiology*, 223 : 319-325, 2002.
- 19) 倉持好夫ほか：MR造影剤による冠動脈造影の基礎的検討. *日放会誌*, 43 : 1500-1503, 1996.
- 20) Thomsen HS, et al : Gadolinium-containing contrast media for radiographic examinations : a position paper. *Eur Radiol*, 12 : 2600-2605, 2002.
- 21) ESUR Guidelines on Contrast Media. version 6.0 [www.esur.org/fileadmin/Guidelines/ESUR\\_2007\\_Guideline\\_6\\_Kern\\_Ubersicht.pdf](http://www.esur.org/fileadmin/Guidelines/ESUR_2007_Guideline_6_Kern_Ubersicht.pdf)
- 22) Schmitz S, et al : Detection of focal liver lesions. *Radiology*, 202 : 399-405, 1997.
- 23) 林 和哉ほか：MRI用肝臓造影剤「フェリデックス」による造影MRI検査後のCT値に及ぼす影響. *映像情報*, 30 : 552-553, 1998.
- 24) 鈴木 茂ほか：コントラスト断層心エコー図法：成因に関する実験的検討とその臨床応用. *J Cardiology*, 9 : 627-648, 1979.
- 25) Van der Molen AJ : Effect of iodinated contrast media on thyroid function in adults. *Eur Radiol*, 14 : 902-907, 2004.
- 26) Crawford JA, et al : Alteration of body distribution of <sup>99m</sup>Tc-pyrophosphate by radiographic contrast material. *Clin Nucl Med*, 3 : 305-307, 1978.
- 27) 橋本剛史ほか：骨シンチグラフィと同日に造影CT/MRIをおこなっても大丈夫か? *臨床核医学*, 38 : 18-20, 2005.
- 28) Hattner RS, et al : Gallium-67/stable gadolinium antagonist : MRI contrast agent markedly alters the normal biodistribution of gallium-67. *J Nucl Med*, 31 : 1844-1846, 1990.
- 29) Baker RJ : The effect of gadolinium-based MRI contrast agents on the biodistribution of <sup>67</sup>Ga. *Nucl Med Commun*, 23 : 139-145, 2002.