

透析患者における造影剤の使い方

水政 透 平方秀樹

福岡赤十字病院腎臓内科

key words : 腎機能障害, 透析, 造影剤腎症, アレルギー様反応

要 旨

糖尿病患者や高齢透析患者の増加が著しく、虚血性心疾患や悪性腫瘍を代表とする合併症の診断と治療、バスキュラーアクセスに対する血管造影やPTA (percutaneous transluminal angioplasty) など、透析患者における造影剤の使用頻度が増加している。造影剤の副作用としては、造影剤腎症とアレルギー様反応が重要である。しかし、自己腎機能が廃絶した透析患者で前者が問題にされることは少なかった。一方、透析導入以後、より長期に残存腎機能が保持される患者ほど生命予後が良好なことが明らかになった。このことは、特にCAPD患者にあてはまり、これらの患者では、造影剤使用に際して腎機能への影響について十分な配慮が必要である。

はじめに

近年、透析患者の高齢化と糖尿病患者の増加が著しく、心血管系合併症や悪性疾患などの合併症の評価や治療手段として、さらに、バスキュラーアクセスに対する血管造影やPTAに際して造影剤を使用する機会が増加している。

造影剤の副作用では造影剤腎症とアレルギー様反応が最も問題になるが、前者については、自己腎機能が廃絶している透析患者で問題にされることはなかった。しかしながら、最近では、主としてCAPD患者で、

透析導入以後に自己腎機能をより長期に保持することが患者の生命予後を改善するという成績が相次いで報告されている。このことはすなわち、非常に低値であっても自己腎機能を長期に保持させたいCAPD患者では、造影剤使用による腎機能悪化をできるだけ回避しなければならないことを意味している^{1,2)}。

本稿では、最も使用頻度が高いヨード系造影剤について基本的事項にふれ、透析患者における造影剤使用時の留意点について概説する。

1 ヨード系造影剤

1) ヨード系造影剤の種類と特徴

造影剤は、非イオン性、イオン性かどうかと、ベンゼン環の数によってイオン性モノマー、非イオン性モノマー、イオン性ダイマー、非イオン性ダイマーの4種類に分類される。それぞれの特徴を表1に示す。イオン性モノマーは高濃度のNaイオンを含有し、浸透圧が血漿浸透圧の約7倍と高く、最近では使用頻度が減少している。Naイオンを含まない非イオン性モノマーの浸透圧は血漿浸透圧の1~3倍程度で、ヨード含有量もイオン性モノマーの約半分と少ないことが特徴である。イオン性ダイマーの浸透圧は非イオン性モノマーと同程度であるが、Naイオンの含有量が多い。非イオン性ダイマーは非イオン性モノマーやイオン性ダイマーより低浸透圧で、血漿浸透圧と同程度である。しかし、浸透圧を調整する目的でNaイオン以外に多

表1 国内で発売されているヨード系造影剤の種類

		商品名®	分子量	浸透圧比 (/生理食塩液)	ヨード含有量 (mgI/ml)	
非イオン性	モノマー型	iopamidol	イオパミロン 150	1	150	
			イオパミロン 300	3	300	
			イオパミロン 370	4	370	
		iohexol	オムニパーク 140	821.14	1	140
			オムニパーク 240		2	240
			オムニパーク 300		2	300
	オムニパーク 350		3		350	
	ioversol	オブチレイ 160	807.12	1	160	
		オブチレイ 240		2	240	
		オブチレイ 320		2	320	
		オブチレイ 350		3	350	
	iomeprol	イオメロン 300	777.09	2	300	
イオメロン 350		2		350		
イオメロン 400		3		400		
iopromide	プロスコープ 150	791.12	1	150		
	プロスコープ 240		2	240		
	プロスコープ 300		2-3	300		
	プロスコープ 370		3-4	370		
ioxilan	イマジニール 300	791.12	2	300		
	イマジニール 350		3	350		
ダイマー型	iotrolan	イソピスト 240	1626.24	1	240	
		イソピスト 300			300	
iodixanol	ビジパーク 270	1551.19	1	270		
	ビジパーク 320			320		
イオン性	モノマー型	amidotrizoic acid	ウログラフィン 60%	6	292	
			ウログラフィン 76%	9	370	
	iothalamic acid	コンレイ 30%	613.92	3	141	
		コンレイ		5	282	
		コンレイ 400		8	400	
	ダイマー型	ioxaglic acid	ヘキサブリックス 320	1268.89	2	320
iotroxic acid		ピリスコピン DIC50	1215.82	1	50	

彩なイオンを含有し、遅延型副作用の発現率が高く、現在では血管内投与の適応が制限されている。

2) ヨード系造影剤の代謝経路

ヨード系造影剤の代謝は two-compartment model で説明される³⁾。ヨード系造影剤は血管内に投与されると、血管壁を容易に通過し血管外の細胞外液に分布する。蛋白結合率はきわめて低く、細胞内に取り込まれることもないので細胞外分画の指標となる。また、通常状態では脳血管関門を通過しない。

ヨード系造影剤は代謝を受けず、糸球体で受動的に濾過され、尿細管からの分泌や再吸収はほとんどない。尿細管へ到達した造影剤は、近位尿細管での水の再吸

収や、遠位尿細管や集合管におけるバソプレッショによる水の再吸収により濃縮される。腎機能が正常な場合には、尿中の造影剤濃度が血中濃度にくらべて 50~100 倍に濃縮される。非イオン性ダイマーは等浸透圧性の造影剤であるが、尿細管到達時の濃度は投与前の製剤濃度と同等まで濃縮される⁴⁾。

健康者では、投与された造影剤の排泄は速やかで、投与量の約 50% は 2 時間で尿中に排泄される。イオン性ヨード系造影剤の血漿半減期は 100~120 分程度、非イオン性造影剤である iopromide は血漿半減期が 110 分と報告されている⁵⁾。一方、腎機能障害が重篤になると (GFR < 26 ml/分/1.73 m²)、造影剤の排泄が遅延し、投与量の 50% が排泄されるのに 16~84 時

間を要する⁶⁾。低浸透圧性造影剤である iomeprol では、投与 120 時間後の累積尿中排泄率は、健常者が 93.5% であるのに対し、高度腎機能障害患者 (GFR < 26 ml/分/1.73 m²) では 68.3% に留まる。イオン性モノマーの肝排泄率は 5% 以上と報告されているが、それ以外のヨード系造影剤では腎機能が正常な場合に肝臓からの排泄はほとんどみられない⁷⁾。末期腎不全の場合は、肝臓はすべてのヨード系造影剤について重要な排泄経路となる。末期腎不全患者では、尿中への排泄はみられず、代償的に胆道系へ排泄されるが、その排泄速度は著しく遅延する。また、2% 未満ではあるが、汗や涙、唾液腺からも分泌される。

2 ヨード系造影剤の透析性

1) 血液透析

ヨード系造影剤の分子量は、非イオン性モノマーで 800 Da 程度、イオン性ダイマーでは 1,200 Da 程度と、いわゆる中分子物質に属す。さらに、水溶性で蛋白結合率も低く、細胞内に分布しないという特徴から、速やかに血液透析で除去される。血液透析による除去は主に拡散により行われるが⁸⁾、尿素やクレアチニンよりも分子量が大きいので、除去効率は制限される。非イオン性モノマーはダイマーよりも分子量が小さく、血液透析での除去効率は高い。

一般に、血液透析での除去速度に影響を与える因子としては、造影剤側の因子として、分子量、蛋白結合率、荷電状態、親水性があり、血液透析側の因子としてダイアラライザー (膜面積、膜素材)、血液流量、透析液流量、透析時間などがあげられる (表 2)。さらに、患者側の因子として、残腎機能や肝機能、造影剤の血漿濃度がある⁹⁾。一般的に、透析膜面積が大きく、透析時間が長いほど造影剤除去効率が良好で、セルロース膜よりも合成高分子系膜で除去効率が低い¹⁰⁾。

血液透析によるヨード系造影剤の血漿クリアランス

は 50~70 ml/分と報告されている。Furukawa ら¹¹⁾ は、非イオン性モノマーである iomeprol の血漿クリアランスは 60 ml/分で、4~5 時間の血液透析 (血液流量 200 ml/分、透析液流量 500 ml/分) で 80% 以上が除去されると報告した。

2) 腹膜透析

Iwamoto らは¹²⁾、CAPD 患者 14 名で非イオン性モノマー (iomeprol, 50~150 mg) の血中半減期を検討し、全例では平均 32.6 時間、残存腎機能がある患者 (平均 GFR 3.8 ml/分) では 25.8 時間、残存腎機能がほとんど消失した患者 (平均 GFR 0.6 ml/分) では 39.4 時間と、残存腎機能がある患者で血中半減期が有意に短かったと報告した。そのほか、腹膜透析は体内からヨード系造影剤を除去するのに有効であるが、血液透析よりも時間を要し、造影剤の速やかな除去のためには血液透析のほうが優れていると考えられている^{13~16)}。

3 ヨード系造影剤の副作用

1) 造影剤腎症

造影剤腎症は、造影剤投与後 24 時間から 3~5 日にかけて血清クレアチニン値が上昇する病態で、通常は、発症後 2 週間程度で腎機能は前値に復する。乏尿の頻度は 30% にすぎず、非乏尿性であることが多い。発症機序としては、造影剤による腎動脈攣縮、脱水、尿細管細胞への直接障害や壊死物質による尿細管閉塞などが複合し、急性尿細管壊死が主体で、基本的に、脱水などを背景にした腎の虚血 (腎血流量低下、腎髄質虚血) と造影剤による直接的な細胞毒性が関与している¹⁷⁾。

造影剤を投与すると、浸透圧作用により細胞外液量が増加し一時的に腎血流量は増加する。しかし、その後、腎血流量が遷延性に低下する。腎では赤血球が浸

表 2 ヨード系造影剤の血液透析による除去に影響を及ぼす因子

ヨード系造影剤	血液透析	患者側の因子
分子量	透析膜の透過性と膜面積	残存腎機能
蛋白結合率	膜素材	肝機能
荷電状態	血流量	造影剤血漿濃度
親水性	透析液流量 透析時間	

(文献 9 より改変)

透圧効果のため膨化し、毛細血管レベルでの通過障害、いわゆる rigidification をきたすため末梢血管抵抗が増し、また一過性の心機能障害と血管拡張によって血圧が低下する。さらに、造影剤による浸透圧負荷に伴うバソプレッシン分泌の亢進、糸球体毛細血管内皮細胞からのエンドセリン分泌などによって腎内血管が収縮し、特に、輸入細動脈の収縮によって糸球体内静水圧が減少して糸球体濾過値が減少する。造影剤による尿細管内液の浸透圧上昇は、傍糸球体装置を刺激してアンジオテンシン II やアデノシンなどの血管収縮物質の放出を促進することも血管収縮をもたらす、腎血流量はさらに低下し、腎前性の機序で急性腎不全を惹起する。一方、腎髄質は、健常時にも酸素分圧が低く酸素摂取率が高い。すなわち、酸素予備能がきわめて低い部位である。この部位で、造影剤による浸透圧利尿は尿管での酸素需要を高め、腎髄質の酸素分圧がさらに低下し、腎髄質は虚血状態をきたして細胞を傷害し、尿管壊死にいたる。造影剤腎症の危険因子として、既存の腎障害は最強の危険因子で、腎障害を有する糖尿病患者で特に注意が必要である。しかしながら、造影剤腎症に関する無作為比較対照試験 (randomized control trial; RCT) は少なく、今後も検討が必要であろう^{3, 18)}。

末期腎不全で無尿の患者では造影剤腎症を考慮する必要は少ないと考えられる。しかし、残存腎機能が低値でも保持されている患者、特に、CAPD 患者では問題となる。造影剤腎症の予防法としては投与前からの輸液による脱水防止が有効と考えられるが、低浸透圧性または等浸透圧性造影剤の有用性、フロセミド投与、投与後の透析治療などについては明らかなエビデンスはない⁹⁾。

2) アレルギー様反応

造影剤投与後のアレルギー様反応は即時型と遅発型に分けられる。前者の頻度に関して、桑鶴ら¹⁹⁾は、ヨード系造影剤を使用した 4,555 例中 319 例 (7.0%) と高率に認めたと報告した。症状としては熱感 (5.1%) が最も多く、嘔気 (1.3%)、血管痛 (0.4%)、くしゃみ (0.4%) が主要であった。発症時期は、造影剤注入中が 255 例 (80%) と圧倒的に多く、5 分以内が 43 例、5~10 分が 13 例、10 分以上が 3 例であった。投与量に関しては、150 ml 以上で頻度が上昇する傾向

を認めた。即時型アレルギー様反応の発症機序は未だ不明であるが、補体系の活性化によるヒスタミン遊離が関与していると考えられている²⁰⁾。

一方、遅延型アレルギー様反応は、検査終了後 6 時間以内に発生し、症状発現後 6 時間以内に消失することが多い。ただし、皮膚症状の発現は遅い傾向があり、1 週間程度経過した後に認められることもある。また、稀ではあるが、造影剤投与後 2~4 時間後に発症した遅発性ショック例も報告され、注意が必要である²¹⁾。

末期腎不全患者におけるヨード系造影剤によるアレルギー様反応についての大規模な集計報告はみられない。当院でのバスキュラーアクセスにおける PTA 施行 840 例での検討では、アレルギー様反応の発生頻度は、iopamidol 300 使用例で 4 例 (2.2%)、iopamidol 150 使用例で 8 例 (1.2%) で、症状としては、痒痒感、皮疹、気分不良が多かったが、入院を必要とする重篤なものは認めなかった。

3) そのほかの副作用

冠動脈造影時の心拍出量低下や不整脈、中枢神経系への副作用としての痙攣発作や呼吸抑制、右心造影や肺動脈造影時の肺高血圧症など、臓器特異的な副作用が知られている^{22, 23)}。また、ヨード系造影剤を高濃度で使用した場合、血管内皮を傷害して血栓を形成し、赤血球の破碎、肥満細胞や好塩基球からヒスタミンの遊離をきたすことがある²⁴⁾。

通常の造影 CT 検査で使用される造影剤の投与量は約 150 ml と少ないが、intervention 治療では 500~600 ml に達することがある。しかし、この量でも細胞外液量の増加は 2% 程度に留まり、血漿浸透圧の 7 倍という高浸透圧性造影剤を使用しても浸透圧や体液量の増加が臨床的に問題となることは少ない。実際、Lorusso ら⁶⁾は、低浸透圧性非イオン性造影剤を末期腎不全患者に使用し、重篤な心血管系合併症が出現することはなかったと報告した。しかし、心機能低下例では、大量の造影剤投与によって浸透圧が上昇し、循環血漿量が増加し、急性肺水腫を発症することがあるので注意しなければならない²⁵⁾。

4 透析患者における造影剤の使い方

1) 血液透析患者

末期腎不全患者では、一般的に、ヨード系造影剤の

半減期は30時間以上と延長し、副作用が発現しやすい。その防止策としては、造影剤をできるだけ速やかに体外に排泄させることが重要となる。前述したように、ヨード系造影剤の血液透析による除去効率はきわめて高い。Younathanら²⁶⁾は、週3回の維持血液透析を施行中の患者10名で、非イオン性モノマーである ioversol (40~225 ml) を用いて前向き研究を行い、臨時の追加透析の必要がなかったことを報告した。Hamaniら²⁷⁾も、非イオン性低浸透圧性造影剤である iobitridol (50~300 ml) を用いて同様の検討を行い、追加透析なしで副作用の発現がなかったことを報告した。Takebayashiら²⁸⁾も、低浸透圧性造影剤を用いた検討で、臨時透析を施行しなくても、造影剤投与による副作用は出現しなかったと報告した。このように、通常量の造影剤使用時に造影剤除去を目的とした透析を追加するは必要ないと考えられる。

2) CAPD 患者

CAPD 患者では、残存腎機能をできるだけ長期に保持することが最も重要になる^{2, 29)}。最近になって、残存腎機能を有する CAPD 患者における造影剤投与後の腎機能の変化に関する前向き研究がいくつか報告された^{30~32)}。Moranneら³⁰⁾は、CAPD 患者(残存腎機能: 2 ml/分/1.73 m² 以上) 36 名を対象として、iodixanol (非イオン性ダイマー) ないしは iohexol (非イオン性モノマー) を投与し、2 週間にわたって尿量、腎機能、腹膜機能の変動を検討した。その結果、造影剤投与前後でいずれのパラメータも有意に変化せず、また、対照群と比べても有意差を認めなかった。Dittrichら³¹⁾は、CAPD 患者(残存腎機能: 1.5 ml/分/1.73 m² 以上) 10 名を対象として、非イオン性モノマーである iopromide を 60~430 ml (平均 107.5 ml) 投与し、30 日間にわたって腎機能と尿量の変動を測定した。残存腎機能は、造影剤投与 6 日後にかけて漸減したが、以後漸増して 30 日後には投与前と同程度までに回復し、結果的に有意の変動を示さなかった。彼らはさらに 4 カ月間経過観察し、対照群と残存腎機能の推移に有意差を認めなかったと報告した。

いずれの報告でも、造影剤投与による残存腎機能への影響は小さく、投与量が少量であれば問題ないと考えられる。しかし、症例数が少なく、また、投与量との関係を示した成績はない。今後は、これらの患者に

おける造影剤使用と腎機能の長期予後について検討すべきであろう。

以上のように、透析患者においては、造影剤を使用した検査の適応と代替検査の可能性を十分に検討することが最も重要であるが、臨床的に必要な場合に造影剤使用を躊躇する必要はないと考えられる。しかしながら、低浸透圧性造影剤をできるだけ少量使用することをこころがけ、CAPD 患者では、造影剤の長期的な影響についての検討がないことを考慮し、慎重に対応すべきと考えられる。

5 ガドリニウム造影剤

MRI の造影剤として使用されるガドリニウム (Gd) 造影剤は、ヨード系造影剤と類似の薬物動態を示し、細胞外液分画に分布し、腎機能が正常であれば 4 時間で約 80% が排泄され、その半減期は約 1.5 時間である³³⁾。また、透析性に関してもヨード系造影剤と同様で、血液透析での除去効率が高く、腹膜透析でも血液透析より劣るものの除去される。腎機能低下症例では排泄が遅延するが、投与後に腎機能障害が増悪することはなく安全である^{34~36)}。しかし、大量投与例 (0.44 mmol/kg) での腎不全発症例や³⁷⁾、重篤なアナフィラキシー様症状が出現した報告³⁸⁾もあり、Gd 造影剤の使用はできるだけ少量とし、投与後は経過観察を厳重に行うべきである。

また、高度腎機能障害を有する患者では排泄クリアランスが低下し、キレート複合体から Gd が遊離し、Zn, Fe, Cu, Ca などの陽イオンがキレートされ、これらの微量元素の欠乏を来す可能性が指摘されているが³⁹⁾、実際に使用する Gd 量は少量で、臨床的に問題になることは少ないと考えられている。

おわりに

以上、透析患者における造影剤使用の注意点について概説した。ヨード系造影剤を中心に述べたが、透析患者でも基本的には非透析例と同様に注意すれば安全に使用可能である。しかしながら、残存腎機能の保持が最も問題な CAPD 患者での影響については未だ明らかでないことが多く、これらの患者では造影剤使用の適応について考慮し、できれば代替検査を検討すべきであろう。MRI 検査における Gd 造影剤に関しては、透析患者でも安全に使用できると考えられる。

文 献

- 1) Shemin D, Bostom AG, Laliberty P, et al.: Residual renal function and mortality risk in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis*, 38; 85-90, 2001.
- 2) Bargman JM, Thorpe KE, Churchill DN: Relative contribution of residual renal function and peritoneal clearance to adequacy of dialysis: a reanalysis of the CANUSA study. *J Am Soc Nephrol*, 12; 2158-2162, 2001.
- 3) Dawson P: Contrast agents in patients on dialysis. *Seminars in Dialysis*, 15; 232-235, 2002.
- 4) Sawson P, Howell M: The non-ionic dimmers: a new class of contrast agents. *Br J Radiol*, 59; 987-991, 1986.
- 5) Krause W, Schumann-Giampieri G, Staks T, et al.: Dose proportionality of iopromide pharmacokinetics and tolerability after IV injection in healthy volunteers. *Eur J Clin Pharmacol*, 46; 339-343, 1994.
- 6) Lorusso V, Taroni P, Alvino S, et al.: Pharmacokinetics and safety of iomeprol in healthy volunteers and in patients with renal impairment or end stage renal disease requiring haemodialysis. *Invest Radiol*, 36; 309-316, 2001.
- 7) Mutzel W, Speck U: Pharmacokinetics and biotransformation of iohexol in the rat and the dog. *Acta Radiol*, 362(suppl); 87-92, 1980.
- 8) Deray G: Dialysis and iodinated contrast media. *Kidney Int*, 69; S 25-29, 2006.
- 9) Morcos SK, Thomsen HS, Webb JAW, et al.: Dialysis and contrast media. *Eur Radiol*, 12; 3026-3030, 2002.
- 10) Matzkies FK, Reinecke H, Tombach B, et al.: Influence of dialysis procedure, membrane surface and membrane material on iopamide elimination in patients with reduced kidney function. *Am J Nephrol*, 20; 300-304, 2000.
- 11) Furukawa T, Ueda J, Takahashi S, et al.: Elimination of low-osmolality contrast media by hemodialysis. *Acta Radiol*, 37; 966-971, 1996.
- 12) Iwamoto M, Hiroshige K, Suda T, et al.: Elimination of iomeprol in patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit Dial Int*, 19; 380-385, 1999.
- 13) Marx MA, Shuler CL, Golper TA: Plasma iohexol clearance in automated peritoneal dialysis—its role in adequacy determination. *Perit Dial Int*, 18; 512-515, 1998.
- 14) Donnelly PK, Burwell N, Mcburney A, et al.: Clearance of iopamidol, a non-ionic contrast medium, by CAPD in patients with end-stage renal failure. *Br J Radiol*, 65; 1108-1113, 1992.
- 15) Milman N, Christensen E: Elimination of Diatrizoate by peritoneal dialysis in renal failure. *Acta Radiol Diagn*, 15; 265-272, 1974.
- 16) 長沼信治, 鈴木利昭, 太田和夫: CAPD 患者における造影剤 Iothalamate の薬物動態についての検討. *腎と透析*, 23; 235-238, 1987.
- 17) 信澤 弘, 後閑武彦, 丹野啓介, 他: 造影剤使用時の留意点. *日獨医報*, 47; 507-514, 2002.
- 18) Katzberg RW: What do we really know about contrast medium-induced acute renal failure?. *Invest Radiol*, 24; 219-220, 1989.
- 19) 桑鶴良平, 片山 仁, 富田 貴, 他: 低浸透圧ヨード造影剤の副作用 (第 2 報). *日本医放会誌*, 52; 1233-1246, 1992.
- 20) 興梠征典, 高橋睦正: これだけは知っておきたい造影剤使用上の注意. *画像診断*, 18; 642-648, 1998.
- 21) 小塚隆弘, 打田日出夫, 中村仁信: [4] 遅延性副作用. 造影剤要覧 (第 26 版); 小塚隆弘, 打田日出夫, 中村仁信 編, 日本シェーリング株式会社, 大阪, pp. 57-59, 2006.
- 22) Dawson P: Cardiovascular effects of contrast agents. *Am J Cardiol*, 64; 2 E-9 E, 1989.
- 23) Wilson AJ, Sage MR: Contrast agents and the central nervous system. *Textbook of contrast media*; Dawson P, Cosgrove DO, Grainger RG (eds.), ISIS Medical Media Ltd, Oxford, pp. 165-180, 1999.
- 24) Dawson P: Chemotoxicity of contrast media and clinical adverse effects: a review. *Invest Radiol*, 20; S 84-91, 1985.
- 25) Hine AL, Dawson P: Contrast media osmolality and plasma volume changes. *Acta Radiol*, 26; 753-756, 1985.
- 26) Younathan CM, Kaude JV, Cook MD, et al.: Dialysis is not indicated immediately of non-ionic contrast agents in patients with end-stage renal disease treated by maintenance dialysis. *Am J Roentgenol*, 163; 969-971, 1994.
- 27) Hamani A, Petitclerc T, Jacobs C, et al.: Is dialysis indicated immediately after administration of iodinated contrast agents in patients on haemodialysis?. *Nephrol Dial Transplant*, 13; 1051-1052, 1998.
- 28) Takebayashi S, Hidai H, Chiba T: No need for immediate dialysis after administration of low-osmolality contrast medium in patients undergoing hemodialysis. *Am J Kidney Dis*, 36; 226, 2000.
- 29) Van Biesen W, Vanholder RC, Veys N, et al.: An evaluation of an integrative care approach for end-stage renal disease patients. *J Am Soc Nephrol*, 11; 116-125, 2000.
- 30) Moranne O, Willoteaux S, Pagniez D, et al.: Effect of iodinated contrast agents on residual renal function in PD patients. *Nephrol Dial Transplant*, 21; 1040-1045, 2006.
- 31) Dittrich E, Puttinger H, Schillinger M, et al.: Effect

- of radio contrast media on residual renal function in peritoneal dialysis patients — a prospective study. *Nephrol Dial Transplant*, 21; 1334-1339, 2006.
- 32) Moon SS, Back SE, Kurkus J, et al.: Hemodialysis for elimination of the nonionic contrast medium iohexol after angiography in patients with impaired renal function. *Nephron*, 70; 430-437, 1995.
- 33) Van Wagoner M, Worah D: Gadodiamide injection: First human experience with the nonionic magnetic resonance imaging enhancement agent. *Invest Radiol*, 28(suppl 1); S 44-48, 1993.
- 34) Townsend RR, Cohen DL, Katholi R, et al.: Safety of intravenous gadolinium (Gd-BOPTA) infusion in patients with renal insufficiency. *Am J Kidney Dis*, 36; 1207-1212, 2000.
- 35) Joffe P, Thomsen HS, Meusel M: Pharmacokinetics of gadodiamide injection in patients with severe renal insufficiency and patients undergoing hemodialysis or continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Acta Radiol*, 5; 491-502, 1998.
- 36) 片桐究代, 岡田 進, 隈崎達夫, 他: 透析によるガドリニウム造影剤の除去. *日本医放会誌*, 58; 739-744, 1998.
- 37) Gemery J, Idelson R, Reid S, et al.: Acute renal failure after arteriography with a gadolinium-based contrast agent. *AJR*, 171; 1277-1278, 1998.
- 38) Murphy KJ, Brunberg JA, Cohan RH: Adverse reactions to gadolinium contrast media: a review of 36 cases. *AJR*, 167; 847-849, 1996.
- 39) Rofsky NM, Weinreb JC, Bosniak MA, et al.: Renal lesion characterization with gadolinium-enhanced MR imaging: Efficacy and safety in patients with renal insufficiency. *Radiology*, 180; 85-89, 1991.