

6

非侵襲的診断法(造影 CT など)

CQ⑥-1

CKD 患者では造影 CT による CIN 発症のリスクが増加するか？

▶ 回答

eGFR が 30 mL/min/1.73 m²以上の CKD 患者において、造影剤投与後に CIN を発症する可能性は低い。しかし eGFR が 30 mL/min/1.73 m²以上であっても、CIN のリスク因子(第 3 章参照)を十分に評価することは大切である。一方、eGFR が 30 mL/min/1.73 m²未満の CKD 患者に造影 CT を行う際は、必要に応じて CIN 発症のリスクなどを説明し、適切な予防策を講ずることを推奨する。

(旧 Minds) エビデンスレベル IVa 推奨グレード B

(現行 Minds) エビデンスの強さ B 推奨の強さ 2

背景

近年、造影 CT のような経静脈的造影剤投与による CIN のリスクは、経動脈的投与と異なり、従来考えられていたよりも低いことが明らかになっている。

解説

従来、造影 CT における CIN の頻度は平均で 6.4% (範囲は 0~25%) と報告¹⁾されているが、造影剤投与群と造影剤非投与群を比較した研究は少なく、造影 CT による CIN 発症への影響は正確に評価されていなかった。背景として、造影剤が投与されていない患者でも、血清クレアチニン (SCr) の自然変動により CIN の診断基準を満たす症例が少なからず存在する事実がある²⁾。

2012 年以降、後ろ向きながらも、厳密な統計学的手法を用いて造影剤非投与群をコントロールに設定し、CIN のリスク因子を解析した大規模研究が複数発表され、造影剤の経静脈的投与による CIN 発症のリスクは従来考えられていたよりも低いことが明らかになっている^{3~18)}。

Murakami らは、造影 CT が実施された 938 例の CKD 患者と、造影剤投与のない 1,164 例の CKD 患者を比較し、造影剤非投与群と投与群の間で、腎機能にかかわらず CT 検査後の急性腎障害 (AKI) の発生率は統計学的な有意差を認めなかったと報告している³⁾。Davenport らは、CT 検査前の SCr の変動が小さい (0.3 mg/dL 未満) 患者において、造影剤投与群 8,826 例、造影剤非投与群 8,826 例を傾向スコアマッチングにより解析し、eGFR 30 mL/min/1.73 m²以上の患者では造影剤は CIN のリスク因子にならないが、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の患者ではリスク因子になると報告した (OR 2.96, 95%CI 1.22~7.17)⁴⁾。これに対して、McDonald らは造影 CT が実施された 12,508 例の患者について、造影剤投与群と非投与群を傾向スコアマッチングにより解析し、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の高度腎機能低下群においても造影剤投与は CIN のリスク因子とならなかったと報告している (OR 0.97, 95%CI 0.72~1.30)⁸⁾。いずれの報

告においても eGFR 30 mL/min/1.73 m²以上の患者では、造影 CT は CIN 発症のリスクとはならなかったが、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満においては Davenport らと McDonald らの結果に乖離がある。その原因として患者背景、傾向スコアモデル、患者選択基準の違いなどが指摘されている^{19,20}。これらの批判を受けて、McDonald らは、厳密な患者選択基準を適応した上で傾向スコアモデルを用いて 6,902 例の CKD 患者を対象に、再び解析を行っている。その結果、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の患者においても、造影 CT は CIN (OR 1.02, 95%CI 0.63~1.41) だけでなく 30 日以内の透析導入 (OR 2.33, 95%CI 0.98~3.68) および 30 日以内の死亡 (OR 0.93, 95%CI 0.57~1.29) のリスクとならなかったと報告している¹⁰。その後も eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の患者においても、造影 CT は CIN のリスクとならないとする研究結果が複数、報告されている^{14,15,17}。

以上より、eGFR 30 mL/min/1.73 m²以上の患者においては、造影 CT が CIN のリスクとなる可能性は低いと考えられる。また、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満においても CIN のリスクとなる可能性は低いと推測されるが、限られた施設からの報告であり、エビデンスが十分とは言いがたい。したがって、現時点では、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の患者に対して造影 CT を行う際には、CIN 発症に関する十分な説明と適切な予防策を講じる必要がある。また、eGFR 30 mL/min/1.73 m²以上であっても、全身状態や eGFR 以外のリスク因子(第 3 章参照)を十分に評価し、必要に応じて CIN に関する予防策を講ずることも大切である。なお、eGFR 測定タイミングについて ESUR は急性疾患患者や入院患者、CIN のハイリスク患者においては 7 日以内、それ以外の腎機能が安定している患者においては 3 カ月以内の eGFR 値を基準とする目安を示している^{21,22}。

CQ⑥-2

集中治療患者や重症の救急外来患者では造影 CT により CIN 発症のリスクが増加するか？

▶ 回答

集中治療患者や重症な救急外来患者において、造影 CT が CIN 発症のリスクとなる根拠は乏しい。しかし、これらの患者では造影剤投与の有無にかかわらず AKI を発症するリスクが高いため、造影 CT を行う際は AKI・CIN について十分に説明し、適切な予防策を講ずることを推奨する。

(旧 Minds) エビデンスレベル V 推奨グレード なし

(現行 Minds) エビデンスの強さ B 推奨の強さ 2

背景

集中治療患者や重症な救急外来患者は、造影の有無にかかわらず AKI を発症するリスクが高い。

解説

集中治療室や救急外来での診療において造影 CT は必要不可欠な検査の一つである。集中治療室患者や救急外来における急性重症疾患患者は、造影の有無にかかわらず AKI を発症するリスクが高く、特に集中治療室患者における AKI の頻度は 20~50% 程度と報告されている^{23~26}。

そのため、集中治療室患者において、造影CT後にAKIを発症した場合、それが造影剤に起因するかの判定は非常に難しい。近年、集中治療室患者や救急外来患者における造影CTのCIN発症のリスクを検証した報告が複数なされている^{13,14,16,18,26~32}。

McDonaldらは造影CTが実施された6,877例の集中治療室患者について、造影剤投与群と非投与群に分けて傾向スコアマッチングを用いて解析し、eGFR 45 mL/min/1.73 m²以上の患者においてはCIN発症率(31% vs. 34%, OR 0.88, 95%CI 0.75~1.05)、7日以内の透析導入率(2.0% vs. 1.7%, OR 1.20, 95%CI 0.66~2.17)、死亡率(12% vs. 14%, OR 0.87, 95%CI 0.69~1.10)に有意差はなかったと報告している。一方、eGFR 45 mL/min/1.73 m²未満の患者においては、CIN発症率(50% vs. 45%, OR 1.21, 95%CI 0.87~1.68)と死亡率(21% vs. 17%, OR 1.23, 95%CI 0.82~1.83)に有意差はないものの、7日以内の透析導入率(6.7% vs. 2.5%, OR 2.72, 95%CI 1.14~6.46)は造影剤投与群で有意に高かった¹⁶。また、Fukushimaらは216例の造影CTが実施されたCKD患者を後ろ向きに解析し、心機能の低下(OR 6.54, 95%CI 1.09~39.3)と集中治療室の入室(OR 11.5, 95%CI 2.05~64.1)がCIN発症の有意なリスク因子と報告した³³。これらの報告から、集中治療室患者のように重篤な疾患を有する患者においては、一般患者と比べて造影の有無にかかわらずAKIを発症するリスクが高く、特にeGFR 45 mL/min/1.73 m²未満の集中治療室患者においては造影後のAKIや透析導入について説明と対策と講じる必要があると考えられる。

救急外来診療では軽症から重症までさまざまな患者が対象となり、その後、集中治療室に入室する患者も多く含まれる。救急外来診療における造影CTでのCINリスクに関して、Hinsonらは16,801例の救急外来受診患者について、造影剤投与群、非投与群、CT非実施群を傾向スコアマッチングにて解析を行った¹⁴。その結果、CINの頻度は造影剤投与群で6.8%、非投与群で8.9%、CT非実施群で8.1%であり、造影剤の投与によりCINのリスクは増加しないと報告した。さらに、eGFR 30 mL/min/1.73 m²未満の患者群におけるサブ解析でも、造影剤の投与とCINとの関連性は見出せなかった。Aycockらは造影剤非投与群をコントロールと設定し、造影CTによるCINリスクを検討した28報の研究論文を対象にメタ解析を行った¹⁸。このメタ解析には6報の救急外来患者を対象とした研究が含まれている。その結果、造影CTはCIN(OR 0.94, 95%CI 0.82~1.07)や透析の導入(OR 0.83, 95%CI 0.59~1.16)および死亡(OR 1.0, 95%CI 0.73~1.36)のリスクとならないと報告した。これらの報告から、救急外来患者において造影CTがCIN発症のリスクとなる根拠は乏しいといえる。しかし、救急外来を受診する患者では腎機能や他のリスク因子の有無が不明なことが多く、疾患重症度もさまざまであるため、特に重症患者においては適切な予防策を講ずることが大切である。

CQ⑥-3

造影CTにおいて造影剤の減量はCIN発症のリスクを減少させるか？

▶ 回答

造影CTにおいて造影剤の減量がCIN発症のリスクを減少させる可能性がある。特にCINのリスクが高い患者(CQ⑥-1, 2)では、診断能を保つことのできる範囲内で最小限の造影剤使用量とすることを推奨する。

(旧 Minds) エビデンスレベルⅣa 推奨グレードC1

(現行 Minds) エビデンスの強さC 推奨の強さ2

CIN を発症するリスクが高い患者に造影 CT を実施する場合、診断能を保つことのできる範囲内で最小限の造影剤に減量することが一般的に推奨されている。

解説

経動脈的に造影剤を投与する CAG においては造影剤の減量は CIN 発症のリスクを減少させるため、造影剤使用量は必要最小限とすることが強く推奨される (CQ⑤-2)。一方、経静脈的投与である造影 CT において造影剤使用量と CIN の関係についての報告は少ないが、Weisbord らは、eGFR 30~59 mL/min/1.73 m² の CKD 患者 421 例を対象に造影 CT における CIN のリスク因子を検討し、造影剤使用量が 100 mL (造影剤濃度は不明) を超えると CIN のリスクが上昇すると報告している (OR 3.3, 95%CI 1.0~11.5)³⁴⁾。最近では、Jochheim らが、経カテーテル大動脈弁留置術 (TAVR) 前の造影 CT プランニングが実施された 361 人の高度大動脈弁狭窄症を対象に CIN の頻度とリスク因子の検討を行った結果、造影 CT 後の CIN は 10.5% の患者にみられ、CIN 発症群が非発症群と比べて CKD (eGFR 60 mL/min/1.73 m² 未満) の有病率が高く (81.6% vs. 64.4%)、造影剤使用量も多い傾向であった³⁵⁾。多変量解析の結果、eGFR と造影剤使用量は単独では CIN のリスク因子とはならなかったが、「eGFR × 造影剤使用量」が有意なリスク因子であることが判明し (OR 2.70, 95%CI 1.33~5.49)、サブ解析において eGFR 60 mL/min/1.73 m² 未満においては造影剤使用量が 90 mL 未満の患者群に比べ、90 mL 以上の患者群で CIN の発症率が有意に高い結果であった。一方、eGFR 60 mL/min/1.73 m² 以上においては造影剤使用量と CIN 発症に関連は認めなかった。この研究は TAVR 前患者を対象としており、高齢 (平均 81 歳) かつ心不全で併存症 (冠動脈疾患、糖尿病、高血圧、貧血など) の合併率も高い、いわゆる CIN のハイリスク患者における検討であるため、結果の解釈には注意が必要である。以上のような報告を踏まえると、造影 CT においても造影剤使用量を減量することで CIN 発症のリスクは低くなる可能性はあるが、十分なエビデンスレベルとは言い難い。安全な造影剤使用量というのは一律に規定できるものではないが、上記の報告を踏まえると CIN のリスクが高い患者 (CQ⑥-1, 2) においては、少なくとも 90~100 mL を超える使用量は避けるべきである。一方で、過剰な造影剤の減量は、診断能を低下させる恐れがあるため、造影剤使用量を決定する際は検査目的に応じて、造影のリスクと検査のベネフィットを考慮したうえで判断されなければならない。また、CIN の十分な説明と対策を講じ、検査後は腎機能および患者状態の十分な評価・観察を行うことはいうまでもない。

CIN のリスクが高い患者への造影剤の減量に関する、海外主要学会の見解として、American College of Radiology は「経静脈的投与において造影剤の減量が CIN のリスクを低減する根拠は乏しい」としており、特に造影剤の減量は推奨していない²⁾。ESUR は「CIN のリスクを有する患者では、診断に必要な最低用量の造影剤を使用する」ことを推奨している^{21,22)}。Society of Cardiovascular Computed Tomography は「CIN のリスクを有する患者では造影剤を減量する」ことを推奨している³⁶⁾。

なお、造影剤を減量して造影 CT を実施する場合、造影効果の改善と画質劣化を防ぐために、使用が可能な施設では低管電圧撮影と逐次近似画像再構成の併用を推奨する (CQ6-4 参照)。

参考までに、Nyman らの論文に記載されている計算式より計算した eGFR 値に対して 5% の確率で CIN を発症すると予測される造影剤使用量を図に示す³⁷⁾。本計算式の妥当性について検討した研究は少なく³⁸⁾、十分なエビデンスがあるとはいえないので、あくまで参考程度にとど

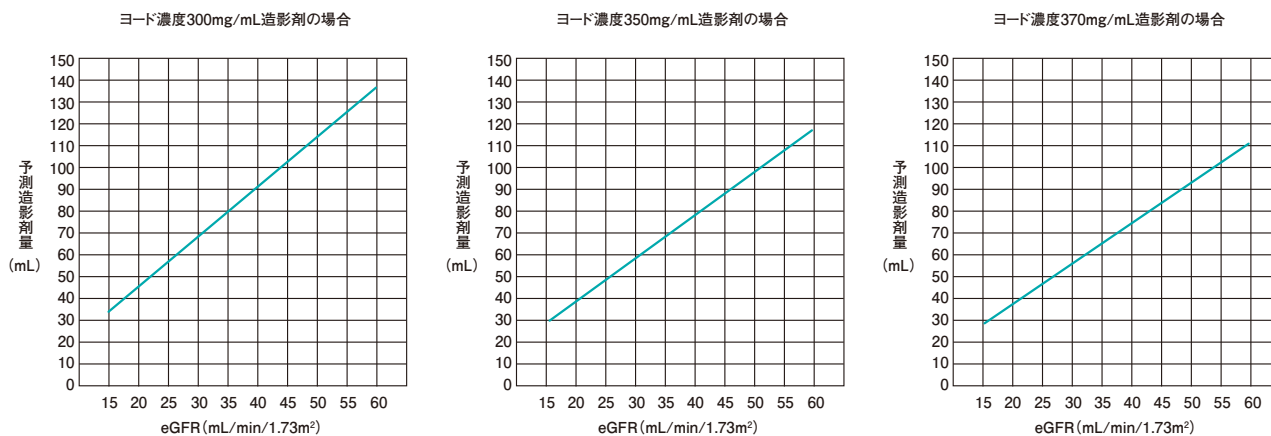


図 5%の確率で CIN を発症すると予測される造影剤使用量

注意事項

1. 図において、CIN は造影剤投与後 48~72 時間以内に SCr の上昇が 44.2 mmol/L (0.5 mg/dL) より大きい、あるいは 20~25%より上昇したものと定義している。
2. 本図の作成に用いた計算式の妥当性について検討した研究は Nyman らによる 1 つの論文しかなく、十分なエビデンスがあるとはいえないので、あくまで参考程度にとどめるのがよい。また、本図の作成に用いた計算式は造影 CT および心臓カテーテル検査の論文から導き出されたものである。

めるのがよい。

CQ⑥-4

造影 CT において造影剤を減量する場合に推奨される撮影法はあるか？

▶ 回答

造影剤使用量を減量する場合、使用が可能な施設では低管電圧撮影と逐次近似画像再構成の併用を推奨する。

エビデンスの強さ A 推奨の強さ 1

背景

CIN を発症するリスクが高い患者に造影 CT を実施する場合、診断能を保つことのできる範囲内で最小限の造影剤に減量することが推奨されている。

解説

通常、CT 検査は管電圧 120 kV で撮影されることが多い。低管電圧撮影とは、通常管電圧 (120 kV) に比べて低い管電圧 (80 kV や 100 kV など) を使用して行う検査である³⁹⁾。低管電圧を使用することで、ヨード造影剤の増強効果が増加する。これは管電圧を低く設定することで光電効果の寄与する割合が増加し、高い原子番号であるヨード (原子番号 53) の CT 値が上昇するためである。CT 装置により多少の違いはあるが、ヨード造影剤の造影効果は通常の 120 kV と比べて 100 kV で 25%程度、80 kV で約 70%程度上昇する。つまり、100 kV で 20%程度、80 kV で 40%程度の造影剤を減量して撮影を行っても、通常 120 kV と同等の造影効果を得ることができる。しかし、低管電圧での撮影は、画像を作成するための X 線量が不足するため、画質の劣化 (画像ノイズとアーチファクトの増加) をきたす。そのため、低管電圧撮影を行う際は、管電流 (mA) を高く設定して X 線量不足を補う必要がある⁴⁰⁾。しかし、CT 装置の管電流出力

には限界があり、また、高電流では管球負荷も大きいため、一般には使用しづらい手法だった。

近年、逐次近似法を応用したCT画像再構成技術(逐次近似再構成[iterative reconstruction: IR])が広く普及し、従来のフィルタ補正逆投影法(filtered back projection: FBP)に代わり、標準的なCT画像再構成法となりつつある。IR法の特徴はFBP法と比べて、画像ノイズやアーチファクトを低減し、画質を改善できるところにある⁴¹⁾。低管電圧撮影にIRを併用することで、X線不足に起因する画質劣化を改善することができる^{39,42~51)}。

造影剤使用量を減量するため低管電圧撮影に切り替える場合、画質を担保するため volume CT dose index を標準撮影(120 kV撮影)と同等のレベルになるよう管電流を調整するのが一般的である。IRはメーカーや世代によってさまざまなタイプが存在し、その特性も異なる⁵²⁾。また、検査対象のコントラスト(CTアンギオグラフィーのような高コントラスト領域や肝転移検索のような低コントラスト領域など)に応じて再構成パラメータの調整も必要である。そのため、低管電圧撮影とIRの併用を実施するにあたっては、事前にファントムなどで撮影条件と画質を検証し、適正化する必要がある。IRを使用した場合でも、高体重患者における80 kV撮影では画質劣化を生じる恐れがあるため、80 kV撮影は非肥満患者に限定した適用が一般的である。

近年、デュアルエネルギーCTによる仮想単色X線画像を使用した造影剤減量法が報告されている^{53~58)}。仮想単色X線画像はデュアルエネルギーデータを基に作成され、任意の単一エネルギー(実効エネルギー keV)のCT画像を仮想的に表現することが可能である。単一エネルギーが低いほどヨード造影剤のCT値は上昇する。Nagayamaらは仮想単色X線画像(40~55 keV)を使用することで、画質劣化をきたすことなく50%の造影剤減量が可能であると報告した⁵⁸⁾。現時点でデュアルエネルギーCTの普及は十分ではなく、技術的にも発展途上であり今後、更なるエビデンスの蓄積が必要である。

CQ⑥-5

造影CTの短期間の反復検査はCIN発症のリスクを増加させるか？

▶ 回答

CIN発症のリスクが増加する可能性があるため、短期間(24~48時間)の造影CTの反復は推奨しない。

(旧 Minds) エビデンスレベルⅣa 推奨グレード C2

(現行 Minds) エビデンスの強さ C 推奨の強さ 2

背景

救急患者や重症患者では、24~48時間以内の短期間に反復して造影CTが実施されることがある。

解説

Abujudehらは、24時間以内に2回造影CTを実施した患者164例中21例(12.8%)でCINを発症したと報告している⁵⁹⁾。この発症頻度は一般的なCINの発症頻度よりも高いことから、造影CTの反復によりCINの発症が増加する可能性が示唆される。また、Trivediらは、2回造影剤が投与された患者28例を検討し、2回目の造影剤投与後にSCrは統計学的に有意に上昇

し、eGFRは有意に低下して、28例中4例(14.3%)と高い頻度でCINが発症したと述べている⁶⁰⁾。Hongらは造影CTが実施された820例の担癌患者のうち66例(8.0%)でCINを発症し、72時間以内の繰り返す造影CTがリスク因子(OR 4.1, 95%CI 1.3~12.6)となると報告している⁶¹⁾。

一方、Hopyanらは、造影CTを施行された脳卒中患者を対象とする研究で、24時間以内に2回目の造影検査を実施した55例の患者でCINを発症した者はいなかったと報告している⁶²⁾。さらに、急性頭蓋内出血患者を対象とした研究で造影CTの回数とCINの発症に関連はなかったとする報告⁶³⁾、32時間内に2回造影剤を投与した群と造影剤を一度も投与していない対照群間で急性腎障害の発症頻度に差がなかったという報告⁶⁴⁾、造影CT後に血管造影を実施してもCINの頻度は増えなかったという報告⁶⁵⁾があり、現時点で造影CTの短期間反復によりCINが増加するという科学的根拠は十分とは言えない。しかしながら、造影CTの短期間反復によりCINリスクが増加する可能性がある以上は、原則として造影CTの短期間反復検査は避けるべきである。やむなく短期間に複数の造影検査を実施しなければならない患者においては、CINについて十分な説明を行い適切な予防策を講じたうえで実施し、検査後の腎機能の経時的変化と全身状態を厳重に観察する必要がある。なお、造影CTの短期間反復のリスクに関する海外主要学会の見解として、American College of Radiologyは「短期間反復造影CTを避ける根拠となる十分なエビデンスはない」としている一方⁴³⁾、ESURは「48~72時間以内に造影剤投与を繰り返すことはCINのリスクである」としている^{21,22)}。

文 献

- 1) Kooiman J, Pasha SM, Zondag W, Sijpkens YW, van der Molen AJ, Huisman MV, Dekkers OM : Meta-analysis : serum creatinine changes following contrast enhanced CT imaging. *Eur J Radiol* 2012 ; 81 : 2554-2561.
- 2) Newhouse JH, Kho D, Rao QA, Starren J : Frequency of serum creatinine changes in the absence of iodinated contrast material : implications for studies of contrast nephrotoxicity. *AJR Am J Roentgenol* 2008 ; 191 : 376-382.
- 3) Murakami R, Hayashi H, Sugizaki K, Yoshida T, Okazaki E, Kumita S, Owan C : Contrast-induced nephropathy in patients with renal insufficiency undergoing contrast-enhanced MDCT. *Eur Radiol* 2012 ; 22 : 2147-2152.
- 4) Davenport MS, Khalatbari S, Cohan RH, Dillman JR, Myles JD, Ellis JH : Contrast material-induced nephrotoxicity and intravenous low-osmolality iodinated contrast material : risk stratification by using estimated glomerular filtration rate. *Radiology* 2013 ; 268 : 719-728.
- 5) Davenport MS, Khalatbari S, Dillman JR, Cohan RH, Caoili EM, Ellis JH : Contrast material-induced nephrotoxicity and intravenous low-osmolality iodinated contrast material. *Radiology* 2013 ; 267 : 94-105.
- 6) McDonald JS, McDonald RJ, Comin J, Williamson EE, Katzberg RW, Murad MH, Kallmes DF : Frequency of acute kidney injury following intravenous contrast medium administration : a systematic review and meta-analysis. *Radiology* 2013 ; 267 : 119-128.
- 7) McDonald RJ, McDonald JS, Bida JP, Carter RE, Fleming CJ, Misra S, Williamson EE, Kallmes DF : Intravenous contrast material-induced nephropathy : causal or coincident phenomenon? *Radiology* 2013 ; 267 : 106-118.
- 8) McDonald JS, McDonald RJ, Carter RE, Katzberg RW, Kallmes DF, Williamson EE : Risk of intravenous contrast material-mediated acute kidney injury : a propensity score-matched study stratified by baseline-estimated glomerular filtration rate. *Radiology* 2014 ; 271 : 65-73.
- 9) McDonald RJ, McDonald JS, Carter RE, Hartman RP, Katzberg RW, Kallmes DF, Williamson EE : Intravenous contrast material exposure is not an independent risk factor for dialysis or mortality. *Radiology* 2014 ; 273 : 714-725.
- 10) McDonald JS, McDonald RJ, Lieske JC, Carter RE, Katzberg RW, Williamson EE, Kallmes DF : Risk of Acute Kidney Injury, Dialysis, and Mortality in Patients With Chronic Kidney Disease After Intravenous Contrast Material Exposure. *Mayo Clin Proc* 2015 ; 90 : 1046-1053.
- 11) Hsieh MS, Chiu CS, How CK, Chiang JH, Sheu ML, Chen WC, Lin HJ, Hsieh VC, Hu SY : Contrast Medium Exposure During Computed Tomography and Risk of Development of End-Stage Renal Disease in Patients With Chronic Kidney Disease : A Nationwide Population-Based, Propensity Score-Matched, Longitudinal Follow-Up Study. *Medicine (Baltimore)* 2016 ; 95 : e3388.
- 12) Tong GE, Kumar S, Chong KC, Shah N, Wong MJ, Zimmet JM, Wang ZJ, Yee J, Fu Y, Yeh BM : Risk of contrast-induced nephropathy for patients receiving intravenous vs. intra-arterial iodixanol administration. *Abdom Radiol*

- (NY)2016 ; 41 : 91-99.
- 13) Brinjikji W, Demchuk AM, Murad MH, Rabinstein AA, McDonald RJ, McDonald JS, Kallmes DF : Neurons Over Nephrons : Systematic Review and Meta-Analysis of Contrast-Induced Nephropathy in Patients With Acute Stroke. *Stroke* 2017 ; 48 : 1862-1868.
 - 14) Hinson JS, Ehmann MR, Fine DM, Fishman EK, Toerper MF, Rothman RE, Klein EY : Risk of Acute Kidney Injury After Intravenous Contrast Media Administration. *Ann Emerg Med* 2017 ; 69 : 577-586. e4.
 - 15) McDonald JS, McDonald RJ, Williamson EE, Kallmes DF : Is Intravenous Administration of Iodixanol Associated with Increased Risk of Acute Kidney Injury, Dialysis, or Mortality? A Propensity Score-adjusted Study. *Radiology* 2017 ; 285 : 414-424.
 - 16) McDonald JS, McDonald RJ, Williamson EE, Kallmes DF, Kashani K : Post-contrast acute kidney injury in intensive care unit patients : a propensity score-adjusted study. *Intensive Care Med* 2017 ; 43 : 774-784.
 - 17) Tao SM, Kong X, Schoepf UJ, Wichmann JL, Shuler DC, Zhou CS, Lu GM, Zhang LJ : Acute kidney injury in patients with nephrotic syndrome undergoing contrast-enhanced CT for suspected venous thromboembolism : a propensity score-matched retrospective cohort study. *Eur Radiol* 2018 ; 28 : 1585-1593.
 - 18) Aycock RD, Westafer LM, Boxen JL, Majlesi N, Schoenfeld EM, Bannuru RR : Acute Kidney Injury After Computed Tomography : A Meta-analysis. *Ann Emerg Med* 2018 ; 71 : 44-53. e4.
 - 19) Davenport MS, Cohan RH, Khalatbari S, Ellis JH : The challenges in assessing contrast-induced nephropathy : where are we now? *AJR Am J Roentgenol* 2014 ; 202 : 784-789.
 - 20) Newhouse JH, RoyChoudhury A : Quantitating contrast medium-induced nephropathy : controlling the controls. *Radiology* 2013 ; 267 : 4-8.
 - 21) van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, Bongartz G, Bellin MF, Bertolotto M, Clement O, Heinz-Peer G, Stacul F, Webb JAW, Thomsen HS : Post-contrast acute kidney injury- Part 1 : Definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors : Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines. *Eur Radiol* 2018.
 - 22) van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, Bongartz G, Bellin MF, Bertolotto M, Clement O, Heinz-Peer G, Stacul F, Webb JAW, Thomsen HS : Post-contrast acute kidney injury. Part 2 : risk stratification, role of hydration and other prophylactic measures, patients taking metformin and chronic dialysis patients : Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines. *Eur Radiol* 2018.
 - 23) Case J, Khan S, Khalid R, Khan A : Epidemiology of acute kidney injury in the intensive care unit. *Crit Care Res Pract* 2013 ; 2013 : 479730.
 - 24) Koeze J, Keus F, Dieperink W, van der Horst IC, Zijlstra JG, van Meurs M : Incidence, timing and outcome of AKI in critically ill patients varies with the definition used and the addition of urine output criteria. *BMC Nephrol* 2017 ; 18 : 70.
 - 25) Bellomo R, Ronco C, Mehta RL, Asfar P, Boisrame-Helms J, Darmon M, Diehl JL, Duranteau J, Hoste EAJ, Olivier JB, Legrand M, Lerolle N, Malbrain MLNG, Mårtensson J, Oudemans-van Straaten HM, Parienti JJ, Payen D, Perinel S, Peters E, Pickkers P, Rondeau E, Schetz M, Vinsonneau C, Wendon J, Zhang L, Laterre PF : Acute kidney injury in the ICU : from injury to recovery : reports from the 5th Paris International Conference. *Ann Intensive Care* 2017 ; 7 : 49.
 - 26) Cely CM, Schein RM, Quartin AA : Risk of contrast induced nephropathy in the critically ill : a prospective, case matched study. *Crit Care* 2012 ; 16 : R67.
 - 27) Sinert R, Brandler E, Subramanian RA, Miller AC : Does the current definition of contrast-induced acute kidney injury reflect a true clinical entity? *Acad Emerg Med* 2012 ; 19 : 1261-1267.
 - 28) Huang MK, Hsu TF, Chiu YH, Chiang SC, Kao WF, Yen DH, Huang MS : Risk factors for acute kidney injury in the elderly undergoing contrast-enhanced computed tomography in the emergency department. *J Chin Med Assoc* 2013 ; 76 : 271-276.
 - 29) Sonhaye L, Kolou B, Tchaou M, Amadou A, Assih K, N'Timon B, Adambounou K, Agota-Koussema L, Adjenou K, N'Dakena K : Intravenous Contrast Medium Administration for Computed Tomography Scan in Emergency : A Possible Cause of Contrast-Induced Nephropathy. *Radiol Res Pract* 2015 ; 2015 : 805786.
 - 30) Ehrlich ME, Turner HL, Currie LJ, Wintermark M, Worrall BB, Southerland AM : Safety of Computed Tomographic Angiography in the Evaluation of Patients With Acute Stroke : A Single-Center Experience. *Stroke* 2016 ; 47 : 2045-2050.
 - 31) Heller M, Krieger P, Finefrock D, Nguyen T, Akhtar S : Contrast CT Scans in the Emergency Department Do Not Increase Risk of Adverse Renal Outcomes. *West J Emerg Med* 2016 ; 17 : 404-408.
 - 32) Demel SL, Grossman AW, Khoury JC, Moomaw CJ, Alwell K, Kissela BM, Woo D, Flaherty ML, Ferioli S, Mackey J, De Los Rios la Rosa F, Martini S, Adeoye O, Kleindorfer DO : Association Between Acute Kidney Disease and Intravenous Dye Administration in Patients With Acute Stroke : A Population-Based Study. *Stroke* 2017 ; 48 : 835-839.
 - 33) Fukushima Y, Miyazawa H, Nakamura J, Taketomi-Takahashi A, Suto T, Tsushima Y : Contrast-induced nephropathy (CIN) of patients with renal dysfunction in CT examination. *Jpn J Radiol* 2017 ; 35 : 427-431.
 - 34) Weisbord SD, Mor MK, Resnick AL, Hartwig KC, Palevsky PM, Fine MJ : Incidence and outcomes of contrast-

- induced AKI following computed tomography. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008 ; 3 : 1274-1281.
- 35) Jochheim D, Schneider VS, Schwarz F, Kupatt C, Lange P, Reiser M, Massberg S, Gutiérrez-Chico JL, Mehili J, Becker HC : Contrast-induced acute kidney injury after computed tomography prior to transcatheter aortic valve implantation. *Clin Radiol* 2014 ; 69 : 1034-1038.
 - 36) Abbara S, Blanke P, Maroules CD, Cheezum M, Choi AD, Han BK, Marwan M, Naoum C, Norgaard BL, Rubinshtein R, Schoenhagen P, Villines T, Leipsic J : SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography : A report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee : Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2016 ; 10 : 435-449.
 - 37) Nyman U, Almen T, Aspelin P, Hellstrom M, Kristiansson M, Sterner G : Contrast-medium-Induced nephropathy correlated to the ratio between dose in gram iodine and estimated GFR in ml/min. *Acta Radiol* 2005 ; 46 : 830-842.
 - 38) Nyman U, Bjork J, Aspelin P, Marenzi G : Contrast medium dose-to-GFR ratio : a measure of systemic exposure to predict contrast-induced nephropathy after percutaneous coronary intervention. *Acta Radiol* 2008 ; 49 : 658-667.
 - 39) Seyal AR, Arslanoglu A, Abboud SF, Sahin A, Horowitz JM, Yaghmai V : CT of the Abdomen with Reduced Tube Voltage in Adults : A Practical Approach. *Radiographics* 2015 ; 35 : 1922-1939.
 - 40) Nakaura T, Awai K, Maruyama N, Takata N, Yoshinaka I, Harada K, Uemura S, Yamashita Y : Abdominal dynamic CT in patients with renal dysfunction : contrast agent dose reduction with low tube voltage and high tube current-time product settings at 256-detector row CT. *Radiology* 2011 ; 261 : 467-476.
 - 41) Geyer LL, Schoepf UJ, Meinel FG, Nance JW Jr, Bastarrika G, Leipsic JA, Paul NS, Rengo M, Laghi A, De Cecco CN : State of the Art : Iterative CT Reconstruction Techniques. *Radiology* 2015 ; 276 : 339-357.
 - 42) Nakaura T, Nakamura S, Maruyama N, Funama Y, Awai K, Harada K, Uemura S, Yamashita Y : Low contrast agent and radiation dose protocol for hepatic dynamic CT of thin adults at 256-detector row CT : effect of low tube voltage and hybrid iterative reconstruction algorithm on image quality. *Radiology* 2012 ; 264 : 445-454.
 - 43) Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Shimonobo T, Namimoto T, Itatani R, Hirai T, Yamashita Y : Evaluation of Deep Vein Thrombosis With Reduced Radiation and Contrast Material Dose at Computed Tomography Venography. *Circ J* 2012 ; 76 : 2614-2622.
 - 44) Chen CM, Chu SY, Hsu MY, Liao YL, Tsai HY : Low-tube-voltage(80 kVp)CT aortography using 320-row volume CT with adaptive iterative reconstruction : lower contrast medium and radiation dose. *Eur Radiol* 2014 ; 24 : 460-468.
 - 45) Zheng M, Liu Y, Wei M, Wu Y, Zhao H, Li J : Low concentration contrast medium for dual-source computed tomography coronary angiography by a combination of iterative reconstruction and low-tube-voltage technique : feasibility study. *Eur J Radiol* 2014 ; 83 : e92-99.
 - 46) Oda S, Utsunomiya D, Yuki H, Kai N, Hatemura M, Funama Y, Kidoh M, Yoshida M, Namimoto T, Yamashita Y : Low contrast and radiation dose coronary CT angiography using a 320-row system and a refined contrast injection and timing method. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2015 ; 9 : 19-27.
 - 47) Yin WH, Lu B, Gao JB, Li PL, Sun K, Wu ZF, Yang WJ, Zhang XQ, Zheng MW, McQuiston AD, Meinel FG, Schoepf UJ : Effect of reduced x-ray tube voltage, low iodine concentration contrast medium, and sinogram-affirmed iterative reconstruction on image quality and radiation dose at coronary CT angiography : results of the prospective multicenter REALISE trial. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2015 ; 9 : 215-224.
 - 48) Iyama Y, Nakaura T, Yokoyama K, Kidoh M, Harada K, Tokuyasu S, Yamashita Y : Impact of Knowledge-Based Iterative Model Reconstruction in Abdominal Dynamic CT With Low Tube Voltage and Low Contrast Dose. *AJR Am J Roentgenol* 2016 ; 206 : 687-693.
 - 49) Mangold S, Wichmann JL, Schoepf UJ, Poole ZB, Canstein C, Varga-Szemes A, Caruso D, Bamberg F, Nikolaou K, De Cecco CN : Automated tube voltage selection for radiation dose and contrast medium reduction at coronary CT angiography using 3(rd) generation dual-source CT. *Eur Radiol* 2016 ; 26 : 3608-3616.
 - 50) Felmlly LM, De Cecco CN, Schoepf UJ, Varga-Szemes A, Mangold S, McQuiston AD, Litwin SE, Bayer RR2nd, Vogl TJ, Wichmann JL : Low contrast medium-volume third-generation dual-source computed tomography angiography for transcatheter aortic valve replacement planning. *Eur Radiol* 2017 ; 27 : 1944-1953.
 - 51) Taguchi N, Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Nakaura T, Imuta M, Yamamura S, Yuki H, Kidoh M, Hirata K, Namimoto T, Hatemura M, Kai N, Yamashita Y : Using 80 kVp on a 320-row scanner for hepatic multiphase CT reduces the contrast dose by 50% in patients at risk for contrast-induced nephropathy. *Eur Radiol* 2017 ; 27 : 812-820.
 - 52) Willeminck MJ, de Jong PA, Leiner T, de Heer LM, Nievelstein RA, Budde RP, Schiham AM : Iterative reconstruction techniques for computed tomography Part 1 : technical principles. *Eur Radiol* 2013 ; 23 : 1623-1631.
 - 53) Yuan R, Shuman WP, Earls JP, Hague CJ, Mumtaz HA, Scott-Moncrieff A, Ellis JD, Mayo JR, Leipsic JA : Reduced iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging : comparison with standard CT pulmonary angiography—a prospective randomized trial. *Radiology* 2012 ; 262 : 290-297.
 - 54) Carrascosa P, Leipsic JA, Capunay C, Deviggiano A, Vallejos J, Goldsmit A, Rodriguez-Granillo GA : Monochromatic image reconstruction by dual energy imaging allows half iodine load computed tomography coronary angiography.

Eur J Radiol 2015 ; 84 : 1915-1920.

- 55) Tsang DS, Merchant TE, Merchant SE, Smith H, Yagil Y, Hua CH : Quantifying potential reduction in contrast dose with monoenergetic images synthesized from dual-layer detector spectral CT. Br J Radiol 2017 ; 90 : 20170290.
- 56) Shuman WP, Chan KT, Busey JM, Mitsumori LM, Koprowicz KM : Dual-energy CT Aortography with 50% Reduced Iodine Dose Versus Single-energy CT Aortography with Standard Iodine Dose. Acad Radiol 2016 ; 23 : 611-618.
- 57) Agrawal MD, Oliveira GR, Kalva SP, Pinho DF, Arellano RS, Sahani DV : Prospective Comparison of Reduced-Iodine-Dose Virtual Monochromatic Imaging Dataset From Dual-Energy CT Angiography With Standard-Iodine-Dose Single-Energy CT Angiography for Abdominal Aortic Aneurysm. AJR Am J Roentgenol 2016 ; 207 : W125-W132.
- 58) Nagayama Y, Nakaura T, Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, Iyama Y, Taguchi N, Namimoto T, Yuki H, Kidoh M, Hirata K, Nakagawa M, Yamashita Y : Dual-layer DECT for multiphase hepatic CT with 50 percent iodine load : a matched-pair comparison with a 120 kVp protocol. Eur Radiol 2018 ; 28 : 1719-1730.
- 59) Abujudeh HH, Gee MS, Kaewlai R : In emergency situations, should serum creatinine be checked in all patients before performing second contrast CT examinations within 24 hours? J Am Coll Radiol 2009 ; 6 : 268-273.
- 60) Trivedi H, Foley WD : Contrast-induced nephropathy after a second contrast exposure. Ren Fail 2010 ; 32 : 796-801.
- 61) Hong SI, Ahn S, Lee YS, Kim WY, Lim KS, Lee JH, Lee JL : Contrast-induced nephropathy in patients with active cancer undergoing contrast-enhanced computed tomography. Support Care Cancer 2016 ; 24 : 1011-1017.
- 62) Hopyan JJ, Gladstone DJ, Mallia G, Schiff J, Fox AJ, Symons SP, Buck BH, Black SE, Aviv RI : Renal safety of CT angiography and perfusion imaging in the emergency evaluation of acute stroke. AJNR Am J Neuroradiol 2008 ; 29 : 1826-1830.
- 63) Oleinik A, Romero JM, Schwab K, Lev MH, Jhawar N, Delgado Almandoz JE, Smith EE, Greenberg SM, Rosand J, Goldstein JN : CT angiography for intracerebral hemorrhage does not increase risk of acute nephropathy. Stroke 2009 ; 40 : 2393-2397.
- 64) Langner S, Stumpe S, Kirsch M, Petrik M, Hosten N : No increased risk for contrast-induced nephropathy after multiple CT perfusion studies of the brain with a nonionic, dimeric, iso-osmolal contrast medium. AJNR Am J Neuroradiol 2008 ; 29 : 1525-1529.
- 65) Lima FO, Lev MH, Levy RA, Silva GS, Ebril M, de Camargo EC, Pomerantz S, Singhal AB, Greer DM, Ay H, González RG, Koroshetz WJ, Smith WS, Furie KL : Functional contrast-enhanced CT for evaluation of acute ischemic stroke does not increase the risk of contrast-induced nephropathy. AJNR Am J Neuroradiol 2010 ; 31 : 817-821.

第6章 アブストラクトテーブル

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
1	Kooiman J, et al : Eur J Radiol 2012 ; 81 : 2554-2561. エビデンスレベル : I	造影CT後のCINに関するメタ解析 2000年~2010年4月までの研究論文から40研究を採用し解析	評価 : CIN, 腎代替療法, 持続性腎機能障害の頻度, CINのリスク因子	CINの頻度6.4%, 腎代替療法の頻度0.06%, 持続性腎障害の頻度1.1% CINのリスク因子はCKD (OR=2.26)と糖尿病(OR=3.10)
3	Murakami R, et al : Eur Radiol 2012 ; 22 : 2147-2152. エビデンスレベル : IVa	対象 : CKD 2102例(eGFR 15~60 mL/min/1.73 m ²) : 造影CT 938例, 非造影CT 1,164例	評価 : CKDにおけるCINの頻度を造影CT群と非造影CT群で比較	全体のCIN頻度6.1%, eGFR 45~60 mL/min/1.73 m ² 群 4.4%, eGFR 30~45 mL/min/1.73 m ² 群 10.5%, eGFR<30 mL/min/1.73 m ² 群 10.0% 造影CT群と非造影CT群のCINの頻度に有意差なし.
4	Davenport MS, et al : Radiology 2013 : 268 : 719-728. エビデンスレベル : IVa	対象 : CT検査が施行された28,390例 傾向スコアマッチング後の造影CT群 8,826例, 非造影CT群 8,826例を解析	検査法 : 低浸透圧造影剤を使用 評価 : eGFRで層別化した各群でのCINのリスクを評価	造影CTはeGFR<30 mL/min/1.73 m ² でCINのリスクとなる eGFR>60 mL/min/1.73 m ² (OR=1.00) eGFR 45~59 mL/min/1.73 m ² (OR=1.06) eGFR 30~44 mL/min/1.73 m ² (OR=1.40) eGFR<30 mL/min/1.73 m ² (OR=2.96)
5	Davenport MS, et al : Radiology 2013 : 267 : 94-105. エビデンスレベル : IVa	対象 : CT検査が施行された33,170例 傾向スコアマッチング後の造影CT群 10,121例, 非造影CT群 10,121例を解析	検査法 : 低浸透圧造影剤を使用 評価 : SCrで層別化した各群でのCINのリスクを評価	造影CTはSCr>1.6 mg/dLでCINのリスクとなる (OR=1.45) 造影剤以外の多くの因子が造影後のAKIに影響している.
6	McDonald JS, et al : Radiology 2013 : 267 : 119-128. エビデンスレベル : I	2011年9月までの論文を検索 非造影コントロール群を含む13本の非ランダム化比較試験を採用 症例数 25,950例	評価 : CIN, 透析, 死亡のリスクを造影CT群と非造影CT群で比較	CINの相対危険度(RR) = 0.79 透析のRR=0.95 死亡のRR=0.88 CIN, 透析, 死亡の頻度は造影CT群と非造影CT群で同等
7	McDonald RJ, et al : Radiology 2013 : 267 : 106-118. エビデンスレベル : IVa	対象 : CT検査が施行された53,439例 傾向スコアマッチング後の造影CT群 10,686例, 非造影CT群 10,686例を解析	評価 : SCrで層別化した各群でのCINのリスクを評価	造影CTによるCINのリスク : SCr<1.5 mg/dL, OR=0.93 SCr 1.5~2.0 mg/dL, OR=0.97 SCr>2.0 mg/dL, OR=0.91 CINの頻度は造影CT群と非造影CT群で有意差なし.

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
8	McDonald JS, et al : Radiology 2014 ; 271 : 65-73. エビデンスレベル : IVa	対象 : 傾向スコアマッチングを実施した造影CT群 6,254例, 非造影CT群 6,254例を解析 eGFR>90 mL/min/1.73 m ² 1,642例 eGFR 60~89 mL/min/1.73 m ² 3,870例 eGFR 30~59 mL/min/1.73 m ² 5,510例 eGFR<30 mL/min/1.73 m ² 1,486例	評価 : eGFR で層別化した各群でのCINのリスクを評価	eGFR が低いほど造影CT後のAKIの頻度は高いが, 造影CT群と非造影CT群との間に有意差はない eGFR>90 mL/min/1.73 m ² OR=0.91 eGFR 60~89 mL/min/1.73 m ² OR=1.03 eGFR 30~59 mL/min/1.73 m ² OR=0.94 eGFR<30 mL/min/1.73 m ² OR=0.97
9	McDonald RJ, et al : Radiology 2014 ; 273 : 714-725. エビデンスレベル : IVa	対象 : 傾向スコアマッチングを実施した造影CT群 10,673例, 非造影CT群 10,673例を解析	評価 : 経静脈的造影剤投与とCIN, 30日未満の透析導入, 死亡との関連性を解析	経静脈的造影剤投与はCIN, 透析導入, 死亡のリスクと関連していない CINのリスク OR=0.94 30日以内の透析のリスク OR=0.96 30日以内の死亡のリスク HR=0.97
10	McDonald JS, et al : Mayo Clin Proc 2015 ; 90 : 1046-1053. エビデンスレベル : IVa	対象 : CT検査が施行された6,902例のCKD患者 傾向スコアマッチング後の造影CT群 1,711例, 非造影CT群 1,711例を解析	評価 : CKDにおける経静脈造影剤投与後のCIN, 30日以内の透析導入, 死亡との関連性を解析	経静脈的造影剤投与後のCIN, 30日以内の透析導入, 死亡の頻度は造影有群と造影無群で有意差なし CKD StageⅢ (eGFR 30~59) OR 0.65~1.00 CKD StageⅣ-V (eGFR<30) OR 0.93~2.33
11	Hsieh MS, et al : Medicine (Baltimore) 2016 ; 95 : e3388. エビデンスレベル : IVa	対象 : CT検査が施行された14,200例のCKD患者 傾向スコアマッチング後の造影CT群 7,100例, 非造影CT群 7,100例を解析	評価 : CKDにおける造影CTが末期腎臓病へ進展するリスクを解析	CKDにおいて造影CTは末期腎臓病へ進展するリスクとならない (HR=0.91)
12	Tong GE, et al : Abdom Radiol (NY) 2016 ; 41 : 91-99. エビデンスレベル : IVa	対象 : 経静脈的造影剤投与(造影CT) 650例, 経動脈的造影剤投与(心臓カテーテル) 695例, 非造影CT 651例	評価 : 経静脈的造影剤投与群, 経動脈的造影剤投与群, 非造影CT群のCINの頻度を比較	CINの頻度は経静脈的造影剤投与群, 経動脈的造影剤投与群で差がない(4% vs. 4%) 非造影CT群のCIN頻度がむしろ高い(7%) 検査前のeGFR低下とCINとに関連性あり
13	Brinjikji W, et al : Stroke 2017 ; 48 : 1862-1868. エビデンスレベル : I	2016年12月までの研究論文から急性脳卒中中の造影CT (CTアンギオグラフィー・脳灌流CT)によるCINを検討している14研究を採用し解析. 造影CT群 5,727例, 非造影CT群 981例	評価 : 造影CT群と非造影CT群のCINの頻度を比較 CKDとCINの関連性	CINの頻度は3% CINの頻度は非造影CT群が造影CT群より高い (OR=0.47) CKDとCINに関連性なし
14	Hinson JS, et al : Ann Emerg Med 2017 ; 69 : 577-586 e574. エビデンスレベル : IVa	対象 : 救急外来でCT検査が施行された17,934例 造影CT群 7,201例, 非造影CT群 5,499例, CT未実施群 5,234例 傾向スコアマッチングを使用	評価 : 造影CT群, 非造影CT群, CT未実施群のCIN, 6カ月以内のCKD発症, 腎代替療法の頻度を比較	CIN頻度は約10%で各群に差はない 造影CTはCINのリスクとならない (OR=0.96) eGFR<30 mL/min/1.73 m ² でも造影CTはCINのリスクとならない 造影CTは6カ月以内のCKD発症, 腎代替療法と関連していない

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
15	McDonald JS, et al: Radiology 2017; 285: 414-424. エビデンスレベル: IVa	対象: CT検査が施行された5,758例(eGFR>60 1,538例, eGFR 30~59 2,899例, eGFR<30 1,321例)傾向スコアマッチングを使用	評価: 等浸透圧造影剤を使用した造影CT群と非造影CT群のCIN, 緊急透析, 死亡のリスクを解析	低浸透圧造影剤を使用した造影CTはCIN, 緊急透析, 死亡のリスクとならない. CKDにおいてもリスクとならない. CINのリスクOR=0.74~0.91 緊急透析のリスクOR=0.74~2.00 死亡のリスクOR=0.98~1.24
16	McDonald JS, et al: Intensive Care Med 2017; 43: 774-784. エビデンスレベル: IVa	対象: CT検査が施行された6,877例のICU患者 造影CT群4,351例, 非造影CT群2,526例 傾向スコアマッチングを使用	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCIN, 30日以内の透析, 死亡の頻度を比較	CINの頻度は造影CT群, 非造影CT群とも約40% eGFR>45で造影CTはCIN, 透析, 死亡のリスクとならない. eGFR≤45で造影CTはCIN, 死亡のリスクとならないが, 30日以内の透析のリスクとなるOR=2.72
17	Tao SM, et al: Eur Radiol. 2017 [Epub ahead of print] エビデンスレベル: IVa	対象: 静脈血栓症が疑われて造影CTが施行されたネフローゼ症候群患者701例, 非造影CTが施行されたネフローゼ症候群患者1,053例 傾向スコアマッチングを使用	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCINの頻度を比較	CINの頻度は造影CT群2.7~4.2%, 非造影CT群2.5~7.4% 造影CTはCINのリスクとならない eGFR<30でもリスクにならない
18	Aycock RD, et al: Ann Emerg Med 2018; 71: 44-53 e44. エビデンスレベル: I	2016年12月までの論文を検索 非造影コントロール群を含む28研究を採用(救急外来, ICUの文献を多く含む) 症例数107,335	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCIN, 腎代替療法, 死亡の頻度を比較	CINの頻度は1.3~35.8% 造影CTはCIN, 腎代替療法, 死亡に関連していない CINのリスクOR=0.94 腎代替療法のリスクOR=0.83 死亡のリスクOR=1.0
24	Cely CM, et al: Critical care (London, England) 2012; 16: R67. エビデンスレベル: IVa	対象: CT検査が施行された299例のICU患者 前向きにマッチングを実施 造影CT群53例, 非造影CT群53例	評価: 造影CT群, 非造影CT群においてCT検査前後のCCrの変化を比較	CCrが33%以上の低下したのは造影CT群26%, 非造影CT群36% CCrが50%以上の低下したのは造影CT群6%, 非造影CT群17% CIN発症に造影剤の関連性は低い
25	Sinert R, et al: Acad Emerg Med 2012; 19: 1261-1267. エビデンスレベル: IVa	対象: 救急外来でCT検査が施行された腎機能障害を有しない3,729例 造影CT群773例, 非造影CT群2,956例	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCINの頻度と死亡率を比較	CINの頻度は非造影CT群で有意に高い(8.96% vs. 5.69%) 非造影CT群と造影CT群の死亡率に有意差なし(6.79% vs. 9.09%)
26	Huang MK, et al: J Chin Med Assoc 2013; 76: 271-276. エビデンスレベル: IVa	対象: 救急外来で造影CT検査が施行された65歳以上の594例	評価: CINの頻度とリスク因子を検討	CINの頻度は8.6% CINのリスク因子は糖尿病(OR=1.93), CT前のScr>1.5 mg/dL(OR=2.72), 急性低血圧(OR=3.56) 死亡率はCIN発症群(47.1%)が非発症群(9.9%)より有意に高い

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
27	Sonhaye L, et al: Radiol Res Pract 2015; 2015: 805786. エビデンスレベル: IVa	対象: 救急外来でCT検査が施行された1,292例 造影CT群620例, 非造影CT群672例	評価: CINの頻度とリスク因子を検討	造影CT群の3%にCIN。そのうち、持続性腎障害や透析導入はない。 造影CTはCINに関連しない(OR=0.619) 糖尿病がCINに関連あり(OR=6.26)
28	Ehrlich ME, et al: Stroke 2016; 47: 2045-2050. エビデンスレベル: IVa	対象: CT検査が施行された急性脳卒中患者289例 造影CT群157例, 非造影CT群132例	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCINの頻度を比較	CINの頻度は造影CT群8.8%, 非造影CT群5.3%で有意差なし 治療開始までの時間に有意差なし。
29	Heller M, et al: West J Emerg Med 2016; 17: 404-408. エビデンスレベル: IVa	対象: 救急外来でCT検査が施行された7,863例 造影CT群6,954例, 非造影CT群909例	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCINの頻度, 透析導入, 死亡率を比較	造影CT群と非造影CT群のCINの頻度, 透析導入, 死亡率に有意差なし。 CINの頻度 造影CT群8.6%, 非造影CT群9.6% 透析導入の頻度 造影CT群0.23%, 非造影CT群0% 死亡率 造影CT群1.5%, 非造影CT群1.25%
30	Demel SL, et al: Stroke 2017; 48: 835-839. エビデンスレベル: IVa	対象: CT検査が施行された急性脳卒中患者2,299例 造影CT群1,446例, 非造影CT群853例	評価: 造影CT群, 非造影CT群のCINの頻度を比較	CINの頻度は1~2% 造影CTとCINに関連性は認めない
31	Fukushima Y, et al: Jpn J Radiol 2017; 35: 427-431. エビデンスレベル: IVa	対象: 造影CTが施行された216例の腎機能障害(eGFR<60)を有する入院患者	評価: CINの頻度とリスク因子を検討	CINの頻度は5.1% 心機能低下(OR=6.54), とICU入院(OR=11.5)はCINの有意なリスク因子
33	Jochheim D, et al: Clin Radiol 2014; 69: 1034-1038. エビデンスレベル: IVa	対象: 経カテーテル的大動脈弁留置術の術前評価目的に造影CTが施行された361例の高度大動脈弁狭窄症患者	評価: CINの頻度とリスク因子を検討	CINの頻度は10.5% CIN発症群では検査前eGFR<60の頻度が高く, 造影剤使用量も多い eGFR<60では造影剤用量>90mLがCINのリスクとなる
42	Nakaura T, et al: Radiology 2012; 264: 445-454. エビデンスレベル: II	対象: 肝ダイナミックCTが施行された74例 標準120kVプロトコル39例, 造影剤減量80kVプロトコル35例	検査法: 肝ダイナミックCT 方法: 標準120kVプロトコル+FBPと造影剤40%減量80kVプロトコル+IRを比較 評価: 実効線量, 画像ノイズ, CNRを比較	標準120kVと比べて80kVで実効線量は48-51%低減 標準120kV+FBPと比べて80kV+IRで画像ノイズは23-24%低減 CNRに有意差なし
43	Oda S, et al: Circulation Journal 2012; 76: 2614-2622. エビデンスレベル: II	対象: 静脈造影CTが施行された40例 標準120kVプロトコル20例, 造影剤減量80kVプロトコル20例	検査法: 静脈造影CT 方法: 標準120kVプロトコル+FBPと造影剤20%減量80kVプロトコル+IRを比較 評価: CTDI _{vol} , CNR, 視覚的画質を比較	標準120kVと比べて80kVでCTDI _{vol} は30%低減 標準120kV+FBPと比べて80kV+IRでCNRは有意に向上 視覚的画質は同等

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
44	Chen CM, et al: Eur Radiol 2014; 24: 460-468. エビデンスレベル: II	対象: 大動脈CTが施行された48例	検査法: 大動脈CT 方法: 標準120 kVプロトコルで撮影された前回CTと造影剤60%減量80 kVプロトコルで撮影された今回CTを比較 評価: CTDI _{vol} , 大動脈CT値, CNR, 視覚的画質を比較	標準120 kVと比べて80 kVでCTDI _{vol} は48%低減 標準120 kVと比べて80 kVで大動脈CT値は23~31%向上 CNRと視覚的画質は同等
45	Zheng M, et al: Eur J Radiol 2014; 83: e92-99. エビデンスレベル: II	対象: 冠動脈CTが施行された100例 標準プロトコル50例, 造影剤減量プロトコル50例	検査法: 冠動脈CT 方法: 標準プロトコル(100 kV or 120 kV) + FBP, 造影剤27%減量プロトコル(80 kV or 100 kV) + IRを比較 評価: 冠動脈CT値, 画像ノイズ, 視覚的画質, X線被曝線量	標準プロトコルと造影剤減量プロトコルで冠動脈CT値と画像ノイズに有意差なし 視覚的画質は造影剤減量プロトコルがわずかに低い 標準プロトコルと比べて造影剤減量プロトコルでX線被曝線量は51.9~56.4%低減
46	Oda S, et al: J Cardiovasc Comput Tomogr 2015; 9: 19-27. エビデンスレベル: II	対象: 冠動脈CTが施行された90例 標準120 kVプロトコル30例, 造影剤25%減量80 kVプロトコル30例, 造影剤50%減量80 kVプロトコル30例	検査法: 冠動脈CT 方法: 標準120 kVプロトコル, 造影剤25%減量80 kVプロトコル, 造影剤50%減量80 kVプロトコルを比較 画像再構成はすべてIR 評価: 冠動脈CT値, CNR, 視覚的画質, 実効線量	冠動脈CT値, CNRは造影剤25%減量80 kVプロトコルで最も高い 視覚的画質は造影剤50%減量80 kVプロトコルで最も低い CNRに有意差なし 標準120 kVと比べて80 kVで実効線量は38%低減
47	Yin WH, et al: J Cardiovasc Comput Tomogr 2015; 9: 215-224. エビデンスレベル: II	対象: 冠動脈CTが施行された231例 標準120 kVプロトコル116例, 造影剤減量100 kVプロトコル115例	検査法: 冠動脈CT 方法: 標準120 kVプロトコル, 造影剤27%減量100 kVプロトコルを比較 画像再構成はFBPとIR 評価: 冠動脈CT値, 画像ノイズ, CNR, 視覚的画質, 実効線量	標準120 kVプロトコル + FBPと造影剤減量100 kVプロトコル + IRで冠動脈CT値, 画像ノイズ, CNR, 視覚的画質に有意差なし 標準120 kVプロトコルと比べて造影剤減量100 kVプロトコルでX線被曝線量は34.9%低減
48	Iyama Y, et al: Am J Roentgenol 2016; 206: 687-693. エビデンスレベル: III	対象: 腹部ダイナミックCTが施行された54例 標準120 kVプロトコル27例, 造影剤減量80 kVプロトコル27例	検査法: 腹部ダイナミックCT 方法: 標準120 kVプロトコル + FBPと造影剤50%減量80 kVプロトコル + IR(hybrid typeとmodel-based type)を比較 評価: 大動脈CT値, 肝実質CT値, 画像ノイズ, CNR, 視覚的画質, 実効線量を比較	大動脈CT値, 肝実質CT値は標準120 kVと比べて80 kVで有意に高い 画像ノイズはIRを使用することで低減 CNRは標準120 kV + FBPと比べて80 kV + IR(hybrid)で同等, 80 kV + IR(model-based)で有意に向上 標準120 kVと比べて80 kVで実効線量は39~45%低減

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
49	Mangold S, et al : Eur Radiol 2016 ; 26 : 3608-3616. エビデンスレベル : IVa	対象 : 冠動脈 CT が施行された 272 例	検査法 : 冠動脈 CT 方法 : 自動管電圧選択モード (70~120 kV) を使用 造影剤量 70 kV-50 mL ; 80 kV-60 mL ; 90 kV-70 mL ; ≥100 kV-80 mL 画像再構成は IR 評価 : 冠動脈 CT 値, CNR, 視覚的画質, 実効線量を比較	70 kV で視覚的画像ノイズが大きい CNR は 70~120 kV すべてで同等 低い管電圧ほど実効線量は低い (70 kV 1.5±1.2 mSv ; 120 kV 10.7±4.1 mSv)
50	Felmly LM, et al : Eur Radiol 2017 ; 27 : 1944-1953. エビデンスレベル : II	対象 : 経カテーテル的大動脈弁留置術の術前評価目的の造影 CT が施行された 40 例の高度大動脈弁狭窄症患者 100 kV プロトコル 20 例, 造影剤減量 70 kV プロトコル 20 例	検査法 : 経カテーテル的大動脈弁留置術の術前評価目的の造影 CT 方法 : 100 kV プロトコル (造影剤量 60 mL), 70 kV プロトコル (造影剤量 40 mL) を比較 画像再構成は IR 評価 : 心臓と大動脈の CNR, 視覚的画質を比較	心臓の CNR は 100 kV プロトコルが高く, 大動脈の CNR は 70 kV と 100 kV プロトコルで同等 視覚的画質は同等 全ての検査で経カテーテルの大動脈弁留置術の術前計測が可能
51	Taguchi N, et al : Eur Radiol 2017 ; 27 : 812-820. エビデンスレベル : III	対象 : 肝ダイナミック CT が施行された 60 例 標準 120 kV プロトコル 非 CKD 患者 30 例, 造影剤減量 80 kV プロトコル CKD 患者 30 例	検査法 : 肝ダイナミック CT 方法 : 標準 120 kV プロトコルと造影剤 50% 減量 80 kV プロトコルを比較 画像再構成は IR 評価 : 腹部臓器 CT 値, 画像ノイズ, 視覚的画質, CTDI _{vol} を比較	腹部臓器 CT 値, 画像ノイズは同等 CNR, 視覚的画質に有意差なし 標準 120 kV と比べて 80 kV で CTDI _{vol} は 25-30%低減
59	Abujudeh HH, et al : J Am Coll Radiol 2009 ; 6 : 268-273. エビデンスレベル : IVa	対象 : 24 時間以内に造影 CT を 2 回実施した 164 例 2 回の造影 CT の間隔は平均 11.4 時間	検査法 : 造影剤の平均投与量は 1 回目 CT で 126.2 mL, 2 回目 CT で 123.4 mL 評価 : CIN の頻度とリスク因子を検討	21 例 (12.8%) の症例が 2 回目の検査後に CIN を発症 CIN のリスク因子は 1 回目と 2 回目の間の SCr 値 (OR=18)
60	Trivedi H, et al : Ren Fail 2010 ; 32 : 796-801. エビデンスレベル : IVa	対象 : 2 回の造影 CT を実施した 28 例 eGFR 60 以上で 2 回目 CT 前の SCr が初回 SCr の 125% 未満の症例 2 回の造影 CT の間隔は平均 20 日	検査法 : 造影剤の平均投与量は 130 mL 評価 : CIN の頻度を検討	2 回目の造影 CT 後に SCr および eGFR は有意に悪化 2 回目の CT 後に 4 例 (14.3%) で CIN を発症
61	Hong SI, et al : Support Care Cancer 2016 ; 24 : 1011-1017. エビデンスレベル : IVa	対象 : 造影 CT を実施した 820 例の担癌患者, CT 前の Scr が 1.5 mg/dL 以下の症例	検査法 : 造影剤使用量は 80~150 mL 評価 : CIN の頻度とリスク因子を検討	CIN の頻度は 8% CIN のリスク因子は 72 時間以内に繰り返す CT (OR=4.09), 低血圧 (OR=3.95), 肝硬変 (OR=2.82), BUN/SCr > 20 (OR=2.54)
62	Hopyan JJ, et al : Am J Neuroradiol 2008 ; 29 : 1826-1830. エビデンスレベル : IVa	対象 : 急性脳梗塞あるいは急性脳出血患者 198 例	検査法 : 頭部造影 CT (CT アンギオグラフィーと脳還流 CT) 評価 : CIN の頻度を検討	5 例 (2.9%) で CIN 発症 55 例の患者は 24 時間以内に 2 回目の造影 CT 検査を実施 (造影剤量 180~260 mL) したが CIN を発症したものはなかった

論文番号	論文著者/研究デザイン	対象・対照	検査法/評価時期・方法	結果
63	Oleinik A, et al : Stroke 2009 ; 40 : 2393-2397. エビデンスレベル : IVa	対象 : 頭部 CT アンギオグラフィー実施患者 348 例(腎障害患者 4.6%)と非実施患者 191 例(腎障害患者 13%)	検査法 : 頭部 CT アンギオグラフィー 評価 : CIN の頻度とリスク因子を検討	造影 CT 実施群の 6%, 非実施群の 10%に AKI を発症 造影 CT はリスクとならない 造影 CT の回数はリスク因子とならない DM はリスクとなる (OR=4.3)
64	Langner S, et al : Am J Neuroradiol 2008 ; 29 : 1525-1529. エビデンスレベル : IVa	対象 : 脳梗塞が疑われて脳還流 CT が実施された 100 例と非実施群 100 例	検査法 : 脳灌流 CT を 32 時間以内に 2 回実施 造影剤の投与量は 60 mL 評価 : CIN の頻度を検討	繰り返す造影 CT 実施群の 7%, 非実施群の 12%に AKI を発症 AKI の頻度に有意差なし
65	Lima FO, et al : Am J Neuroradiol 2010 ; 31 : 817-821. エビデンスレベル : IVa	対象 : 頭部造影 CT が実施された 575 例の急性脳卒中患者 313 例は CT アンギオグラフィー, 224 例は CT アンジオグラフィー/脳還流 CT, 38 例は CT アンジオグラフィー/脳灌流 CT 後 24 時間以内に血管造影を実施 非造影脳卒中患者 343 例を対照	検査法 : 頭部造影 CT (CT アンギオグラフィーと脳灌流 CT), 血管造影 評価 : CIN の頻度を検討	造影 CT 実施群の 5%, 非実施群の 10%に AKI を発症 造影 CT 後に血管造影を実施しても CIN の頻度は増加しない