

原著論文

脳神経系におけるマルチスライスCTの
有用性と問題点

佐々木 真理

岩手医科大学放射線科

Multidetector-row CT: Clinical Impact in Central Nervous System

Makoto Sasaki, M.D.

Department of Radiology, Iwate Medical University

はじめに

マルチスライスCT (multidetector-row CT: MDCT) は爆発的に普及し、広く臨床応用されているが、MRIが大きな役割を果たしている脳神経領域における臨床的意義は必ずしも明確ではない。本稿ではMDCTの有用性と問題点について従来のCT、MRI、血管造影と対比し、脳血管障害への応用を中心に概説する。なお、有用性については高いエビデンスのあるものを中心に述べ、問題点については、いわば第一世代といえる4列装置のみのものか、MDCTに普遍的なものなのかを区別して述べたい。

MDCTのインパクトと限界

MDCTは4列装置の段階から頭部領域の容積撮像

を日常のものにしてしまった^{1,2)}。水平断の呪縛から逃れて任意断面の観察が可能となり(図1)、後頭蓋窩のストリークアーチファクトの軽減(図2)や、冠状断での歯科充填物による金属アーチファクトの回避も容易となった。0.5mm コリメーション撮影の可能な装置では頭部においてもisotropic voxelデータを取得でき(FOV 24cmの場合0.47x0.47x0.5mm)、側頭骨などの微細な骨構造やCT angiography (CTA) の画質向上をもたらした。

一方、薄いコリメーションでの高速回転ヘリカル撮像は、線量不足によるコントラスト分解能低下に直結するため、脳実質コントラストの大幅な劣化を招く(図3)²⁾。そのため、頭部のルーチン撮影では回転速度を落とし厚いコリメーションでコンベンショナルスキャンを行う必要がある、MDCTの利点を十分生かすことができない³⁾。



図1 下垂体腺腫再発 (63歳女性)

1mm collimationx4, pitch 3.5, 0.5sec/rotation, 1mm reconstruction.

a, c: 骨条件、b, d: 軟部組織条件
トルコ鞍、斜台、右傍鞍部の骨エロージョンを認める。右頸動脈管は消失している(左頸動脈管: aの矢印)。右内頸動脈は腫瘤内を走行している(bの矢印)。左海綿静脈洞、Meckel窩は保たれている(矢頭)。

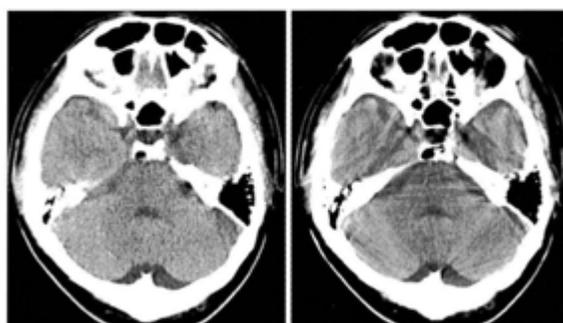
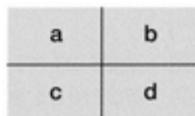
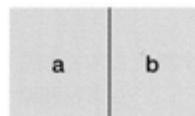


図2 MDCTによるストリークアーチファクトの軽減

a: helical scan, 2mm collimationx4, helical pitch 5.5, 0.5sec/rotation, 8mm reconstruction. 薄いコリメーションで撮像し、厚いスライスを再構成することによってストリークアーチファクトを除去できる。

b: conventional scan, 8mm collimationx4, 2sec/rotation. 後頭蓋窩、中頭蓋窩に著明なストリークアーチファクトを認める。



その上、高速化に伴う検出器素子のafterglowの抑制や多列化に伴うセパレータやあおり角による損失もX線利用効率の低下につながり、コントラストに関しては不利に働く²⁾。これらの問題は最新の16列装置でも何ら変わることが無く、根本的な解決には更なる技術革新を待たねばならない。

急性期脳塞栓症

近年、急性期脳塞栓症に対する血栓溶解療法が注目され^{4,5)}、本邦でも薬事未認可の治療法であるにも関わらず広く行われている。血栓溶解療法には経静脈全身投与とマイクロカテーテルを用いた動脈内投与(局所線溶療法)があり、薬剤としてはrt-PA(遺伝子組替組織プラスミノゲンアクティベータ)などが用いられる。血栓

溶解療法の適応決定で最も重要なのは発症からの時間と頭部CT所見である。発症3時間以内かつCTで異常を認めない例では経静脈投与の有用性が証明されており(NINDS試験)⁶⁾、AHA(American Heart Association)ガイドライン⁵⁾などの根拠となっている。一方、発症3-6時間では経静脈投与の有用性は証明されておらず(ECASS II試験)⁷⁾、局所線溶療法の有用性に関するエビデンスも未だ十分ではない(PROACT II試験)⁸⁾。

急性期脳虚血で問題となるCT所見は初期虚血変化(early ischemic sign)と呼ばれる。初期虚血変化には、基底核の不明瞭化、皮髄境界の不明瞭化、脳溝の狭小化があり(図4)。これらは非可逆的な虚血を意味するだけでなく、血栓溶解療法によって出血や脳浮腫といった重篤な合併症を併発し患者の予後を悪化させる危

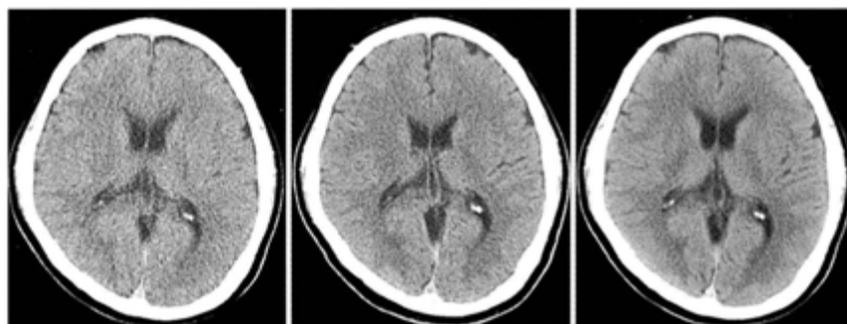


図3 撮影条件とコントラスト分解能

管電圧120kV, 管電流250mA, 再構成関数は共通。

a: helical scan, 2mm collimationx4, helical pitch 5.5, 0.5sec/rotation, 8mm reconstruction. ノイズが多く、脳内のコントラストは不良である。

b: conventional scan, 5mm collimationx4, 1sec/rotation.

aに比ベノイズは減少しコントラストは改善しているが、白質/灰白質コントラストは未だ不十分である。

c: conventional scan, 8mm collimationx4, 2sec/rotation.

十分なS/N比が得られ、皮髄境界、基底核のコントラストは良好である。

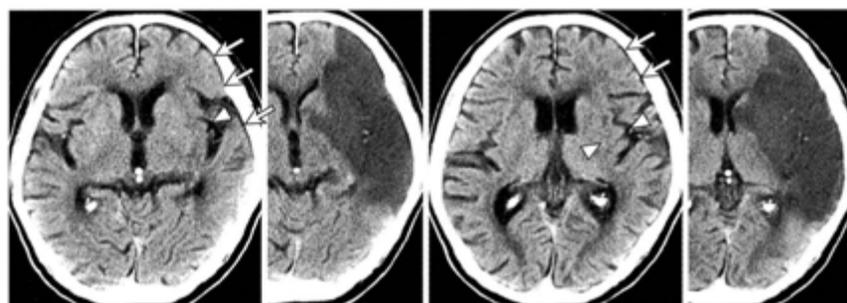


図4 初期虚血変化(72歳男性、左中大脳動脈塞栓症)

突然の右片麻痺、失語で発症。a, c: 発症1.5時間後単純CT, b, d: 発症3日後単純CT。

MDCT 8mm collimation x 4, conventional scan, 120kV, 250mA, 2sec/rotationにて撮影。

発症1.5時間後のCT(a, c)で、左島皮質、レンズ核上部の不明瞭化(矢頭)、左前頭葉皮質の皮髄境界不明瞭化と脳溝の狭小化(矢印)を認める。血栓溶解療法の適応無しと判断され、保存的治療が行われた。3日後のCT(b, d)では左中大脳動脈領域に広汎な梗塞巣を認めるが、出血や強い脳腫脹は伴っていない。

本例に対する血栓溶解療法は重篤な合併症を引き起こし、患者の予後を悪化させる可能性が高い。

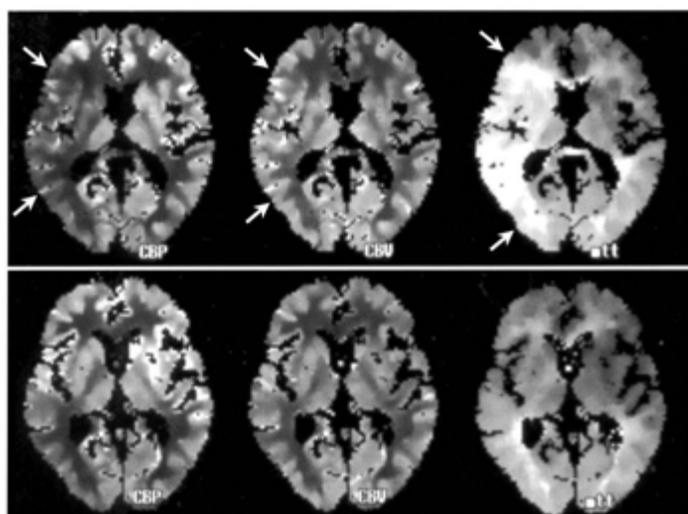


図5 CT灌流画像(64歳男性、右内頸動脈狭窄)
 a: CEA術前。右中大脳動脈支配領域の広汎なMTTの延長、CBVの増加、CBFの低下を認める。
 b: CEA術後。左右差はほとんど認められない。

a

b

険性を示す所見でもある^{4,9)}。初期虚血変化の範囲は拡散強調画像の異常信号の範囲とおおよそ一致する¹⁰⁾。

初期虚血変化は微妙な変化であるため、読影に十分習熟すると共に、良好なコントラストの画像を得る必要がある^{4,5)}。通常のMDCT画像では不十分な場合が多く、良好なコントラスト分解能を達成するよう撮影条件を吟味する必要がある。具体的には回転速度を遅くし、厚いコリメーションを用い、高い管電流でコンベンショナルスキャンを行う(図3c)³⁾。

近年大きな注目を集めている拡散強調画像や灌流画像は、血栓溶解療法のtime window拡大や厳密な適応決定に役立つことが期待されている¹¹⁾。しかし、多くの研究が行われているにも関わらず、現時点で頭部CTに勝る有用性を示す高いエビデンスは存在しない。現在国内で行われているrt-PA静脈投与の第2相試験や局所線溶療法ランダム化比較試験(MELT-Japan)でも拡散強調画像ではなくCTが採用されている¹²⁾。急性期脳塞栓症におけるCTの重要性は再認識されるべきである。

CT灌流画像

灌流(perfusion)という用語に厳密な定義は無いが、一般には毛細血管レベルの血流を指す。CT灌流画像(CT perfusion: CTP)は、dynamic CTの技法を用いてヨード造影剤通過に伴う組織のCT値変化を経時的に計測することで得られる^{13,14)}。脳組織に移行しないトレーサを用いる点で、Gd-DTPAを用いたMR灌流画像と同種の検査法である。

ヨード造影剤30-40mlを秒4-6ml程度で急速静脈注、主に基底核を含む断面を連続してスキャンする。4列MDCTでは同時に4断面を取得できるが、カバーできる範囲は

多列検出器の幅に依存する。Deconvolution法などを用いて3種類の定量画像を作成するのが一般的である(図5)。動脈入力関数より平均通過時間(mean transit time: MTT)を、静脈出力関数より脳血液量(cerebral blood volume, CBV)を、CBVをMTTで除して脳血流量(cerebral blood flow: CBF)を求める^{13,14)}。

CTPの大きな利点は、CTさえあれば24時間いつでも施行できる手軽さである。また、定量性や空間分解能の点でもMR灌流画像に比し優れている。欠点として第一に挙げられるのは非常に大きい被曝量である(詳細は後述)¹⁵⁾。その他、狭い撮影範囲(16列装置でも20-32mm)、造影剤による侵襲、体動に対する脆弱さなどが挙げられる。拡散情報を同時に取得できないことを弱点とする意見もあるが、拡散強調画像が急性期脳塞栓症の治療成績向上に有用であることを示すエビデンスが未だ存在しない現状では、必須の検査である頭部CTと同時に施行できる利点の方が強調されるべきであろう。

CTPやMR灌流画像に期待される臨床的意義としてしばしば挙げられるものに、急性期脳塞栓症におけるischemic penumbra(血流が低下しているが組織障害が可逆的な状態にある領域)の検出がある^{4,11)}。CBFの低下は貧困灌流(misery perfusion: stage II虚血)を意味し、CT初期虚血変化や拡散低下は非可逆的組織障害をおおよそ反映するので、両者の間(mismatch部)にpenumbra領域が存在しうる。血栓溶解療法は早期再灌流によってpenumbra領域を救済することを想定しているが、だからといってpenumbraの診断が臨床上有用だと即断してはいけぬ。血栓溶解療法適応決定における画像診断の第一の役割は、救済しうる領域が残存しているか否かの判定ではなく、再灌流による合併症の予測と防止にある^{3,5)}。灌流画像を追加して

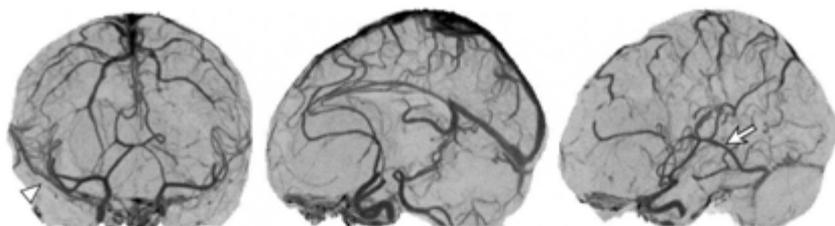


図6 脳血管CTA (38歳男性、巨大下垂体腺腫)

直前に少量の造影剤を投与しているため、腫瘍は淡く濃染している。両側内頸動脈の外側への偏位、両側前大脳動脈水平部の挙上、上行部の弧状圧排を認める。右浅中大脳静脈は発達しているが(矢頭)、左浅中大脳静脈は発達不良で、下大脳静脈が発達している(矢印)。

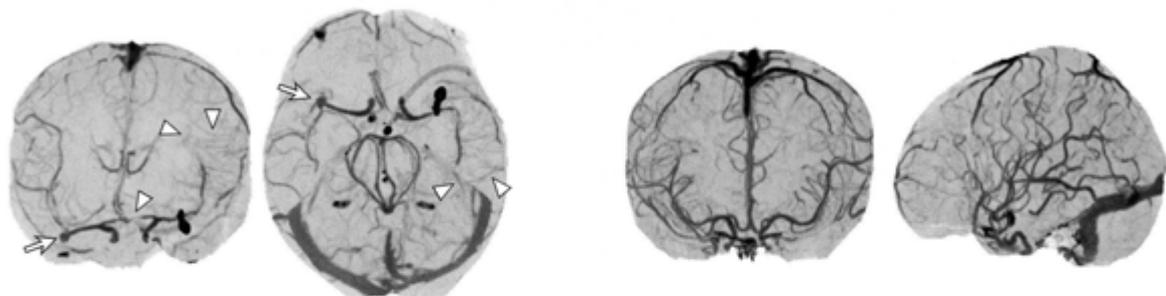


図7 脳血管CTA (72歳女性、くも膜下出血術後(左中大脳動脈動脈瘤破裂))

左中大脳動脈、および左前大脳動脈水平部に広汎な血管攣縮を認める(矢頭)。右中大脳動脈に未破裂動脈瘤を認める(矢印)。

図8 脳血管CTA (1歳女児、感染性動脈瘤疑い)

造影剤は右手背静脈より手圧で注入。頭蓋内動脈、静脈が良好に描出されている。

penumbraの有無を推定することによって治療成績が向上したことを示すエビデンスは現時点で存在せず、治療適応決定のための診断基準も提唱されていない。灌流画像は脳塞栓症急性期医療において具体的な成果を挙げるに至っていないのが実状である。

頭蓋内CTA

頭蓋内脳血管CTAの画質はMDCTの登場によって目に見えて向上した¹²⁾。0.5mmコリメーションを用いることで穿通枝や前脈絡動脈など小径血管の描出が可能となり、時間分解能向上とタイミング撮影により海綿静脈洞が造影される前にWillis動脈輪の撮影を終了することができるようになった。撮影範囲を広げて全頭蓋内のCTAを得ることも容易である(図6-8)。ただし、現在の4-8列装置では、空間分解能、時間分解能、広範囲撮影の2つ以上を満足することは困難である。動脈静脈の分離は未だ不十分であるし、0.5mmコリメーションで頭蓋内全てを撮影するのは現実的ではない。これらの制限の解決は16列装置以降になるであろう。

CTAのMRAに対する利点としては撮影範囲の広さ、撮影時間の短さ、乱流の影響をうけないことなどが挙げられ、欠点には造影剤使用や被曝による侵襲性やタイミング撮影の必要性がある。静脈の描出や石灰化、骨

の描出は利点にも欠点にもなる。未破裂脳動脈瘤のスクリーニング検査としては、両者とも3mm以上の動脈瘤の検出能は十分高いため、無侵襲なMRAがより適している。ただし、AHAガイドラインでは、通常の健常者は適応にならないとしており、脳動脈瘤高リスク群でもその有効性には疑問が投げかけられている¹⁶⁾。また、偶然発見された10mm未満の未破裂動脈瘤は特にリスク要因が無い限り経過観察が望ましいと結論付けられている点も注意したい。現在、国内で未破裂脳動脈瘤の多施設前向きCohort研究(UCAS-Japan)が継続中であり、結果が注目される¹⁷⁾。

術前、術後検査としてのCTAの意義は、脳血管造影の代替となりうるか否かにかかっていると思われる。CTAは脳動脈瘤の存在診断、形態情報のみならず、親血管や周囲の血管との関係、石灰化の有無など豊富な情報を提供するため、血管造影を行わずCTAのみで手術を行う施設もある^{18,19)}。また、くも膜下出血後の血管攣縮の評価(図7)²⁰⁾、乳幼児における脳血管造影の代替検査(図8)としても期待される。脳表静脈構築や硬膜静脈洞の描出は脳腫瘍手術の術前情報として有意義であろう(図6)。一方、選択的造影が不可能で循環動態の解析が困難な点はCTAの限界といえる。脳動脈奇形では、一見見栄えの良い3D画像を作成する

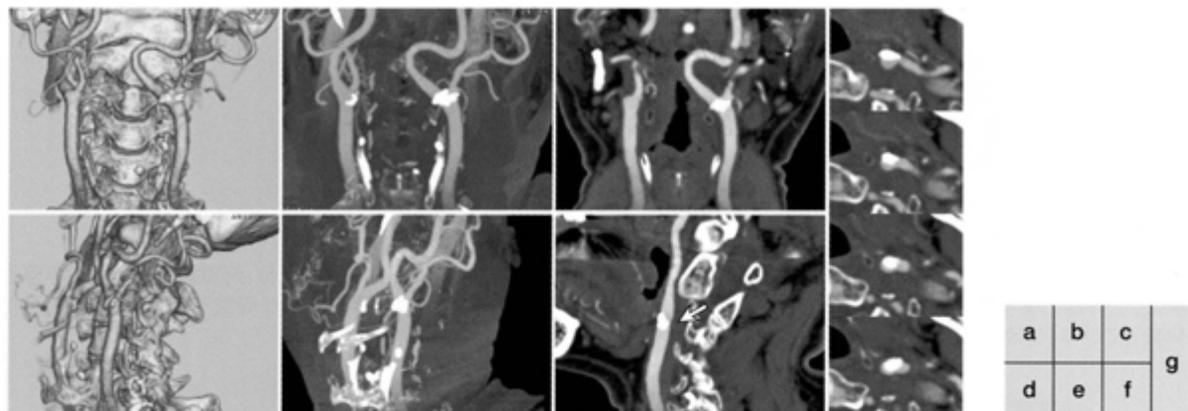


図9 頸部血管CTA (73歳女性、左内頸動脈狭窄)

a, d: volume rendering; b, e: MIP; c, f: CPR (curved planar reformation); g: MPR

左頸動脈分岐部に著明な石灰化を認めるため、volume rendering、MIP画像では狭窄率の判定が不可能である。CPRによって初めて強度狭窄であることがわかる(f)。血管短軸MPR画像では狭窄の様子がより明瞭である(g)。

ことができるが、grade分類すら困難な場合が多く、血管造影を省略するのは難しいと思われる。

頸部CTA

頸部血管で最も問題となるのは頸動脈分岐部(内頸動脈起始部)のアテローム硬化による狭窄性病変である。現在のゴールドスタンダードは血管造影で、NASCET計測法による狭窄率の評価が治療方針決定上重要である²¹⁻²³。症候性病変ではsurgical risk 6%未満の術者で70-99%狭窄、無症候性病変ではsurgical risk 3%未満の術者で生命予後5年以上の患者の60-99%狭窄における頸動脈内膜剝離術(carotid endarterectomy; CEA)の有用性が証明されており、AHAガイドラインでは共にgrade A recommendationとなっている^{22,23}。なお、頸動脈ステントは現在薬事未認可で、有用性を示す高いエビデンスも乏しいが、ランダム化比較試験(CREST: Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stent Trial)が現在進行中である。

近年、血管造影の代替検査として造影MRAやCTAが注目されている。両者とも狭窄率が血管造影とよく一致するため、血管造影は省略可能であろうと考えられている²⁴。血管造影は透過画像であるため狭窄率の誤差は少なく、容積画像である造影MRAやCTAがむしろ正確である可能性がある²⁵。造影MRA、CTA、超音波では血管造影で描出できない血管壁の情報を得ることができるが、その臨床的意義は確立されていない。

造影MRAとCTAには一長一短がある²⁶。CTAでは血管壁の石灰化を捉えることができるが、石灰化が狭窄率判定の障害となることも多い。石灰化が強い場合

はvolume renderingやMIP画像は無力なので、MPR (multiplanar reformation) やCPR (curved planar reformation) 画像を作成すべきである(図9)²⁴⁻²⁶。一方、造影MRAでは石灰化は障害とならないが、CTAに比べ空間分解能が劣る、一部の高性能装置でしか良好な画像が得られない、といった問題がある。造影MRAでは冠状断を用いることで大動脈弓からWillis動脈輪までの広範囲を効率的に撮像できる。CTAでもMDCTの登場によって広範囲をカバーできるようになったが、MRAに比し大量のデータが発生する。造影MRAでは骨は障害とならないが、CTAでは骨除去などの煩雑な操作が必要である。しかし、術前情報として重要な頸動脈分岐部の高位判定は容易である。

被曝

近年、CT被曝増大に対する注意を喚起する声が高まっている²⁷⁻³⁰。MDCTは従来のCTと比べ被曝量が減る要素と増える要素があるが、一般には増える傾向にある。ビームコリメーション、管球被写体間距離、検出器のafterglow、装置ノイズなど装置特性の影響もあるが、多くの場合は不必要に濃厚な検査や不用意な撮影条件設定が被曝増加につながっていると思われる²³¹。ただし、MDCTによる被曝が多少増加しても、それによって血管造影など他の被曝量の多い検査が省略できるのであれば、患者毎の医療被曝の軽減につながる。また、急性期脳塞栓症の頭部CTのように高線量撮影による画質向上が患者に大きな利益をもたらすものでは、被曝のある程度の増加は容認されるべきであろう。

CT被曝の指標としては、CTDI_w (weighted

computed tomography dose index), CTDI_{w,eff} (effective CTDI_w), DLP (dose length product)などが用いられる^{2,31)}。CTDI_wは一回転あたりの指標(mGy)、CTDI_{w,eff}は1cmあたりの指標(mGy)、DLPは一検査あたりの指標(mGy·cm)である。なお、mAs(ミリアンペア秒)は被曝線量と比例するが、線量自体を推定することはできないため、指標としては用いられない。EC(European Commission)などから被曝量の目安値(diagnostic reference level)が提唱されているので、撮影条件設定の参考とすべきである^{32,33)}。これらの値を超える検査は患者の受ける利益とのバランスの上で慎重に適応を考えなければならない。例えばCT perfusionの被曝量は非常に高い。通常の条件で安易に撮影するとDLPは目安値の数倍、局所線量は1Gyを越えかねない。低い管電圧(80kVp程度)、低い管電流、最低限の撮影時間にすべきだが、それでも少なくとも300mGy程度の被曝となる。

CT被曝の低減のためには、検査従事者がCT被曝に対する正しい知識と認識を持つことが何より重要である。不要な容積撮影、多時相撮影、広範囲撮影は慎むべきであるし、管電圧、管電流、コリメーション厚、ヘリカルピッチなどの撮影条件設定は慎重かつ厳密に行うべきである。特に小児では、体重や年齢ごとに管電流をこまめに調節したスキャンプロトコルを予め準備するなど、不要な被曝を避けるため最大限の注意を払う必要がある^{29,30)}。また、最近の装置では種々の被曝低減対策が行われているので是非活用したい。本件については東京大学放射線科赤羽正章先生の総説が詳しい³¹⁾。是非一読することをお勧めする。

おわりに

MDCTは脳血管や微細な骨構造の可視化には威力を発揮し、特にCTAは血管造影を代替しうる検査法として大きなインパクトを持っている。一方で、初期虚血変化などコントラストを重視する局面では従来のCTに対するメリットはあまり見出すことができない。CTPの様に注目されているながら急性期医療における有用性を証明できないものもある。また、検査従事者のCT被曝に対する認識は未だ低いといわざるをえない。MDCTの特性を十分理解した上で、現在求められている患者中心のスリムで効率的な根拠に基づく検査を実践するよう努めると共に、MDCTの有用性を示す高いエビデンスを自ら創出する努力が必要であろう。

謝辞: 稿を終えるにあたり、貴重な症例をご提供くださり数々の御助言を賜った岩手医科大学脳神経外科学講座小川彰先生、紺野広先生に深謝致します。

文献

1. 片田和廣: CT診断の最近の進歩—マルチスライスCTを中心に—。断映研会誌 28:203-209,2001
2. 佐々木真理(編): MDCT徹底攻略マニュアル。メジカルビュー 2002
3. CT画像の適合性とCT初期虚血変化の判定。MELT-Japan画像診断中央判定委員会 2001 (http://melt.umin.ac.jp/ct/ct_gl01.htm)
4. Beauchamp NJ, Barker PB, Wang PY, et al: Imaging of acute cerebral ischemia. Radiology 212:307-324,1999
5. Adams HP, Brott TG, Furlan AJ, et al: Guidelines for thrombolytic therapy for acute stroke: a supplement to the guidelines for the management of patients with acute ischemic stroke. Circulation 94:1167-1174, 1996
6. The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. N Engl J Med 333:1581-1587, 1995
7. Hacke W, Kaste M, Fieschi C, et al: Randomized double-blind placebo-controlled trial of thrombolytic therapy with intravenous alteplase in acute ischemic stroke. Lancet 352:1245-1251, 1998
8. Furlan A, Higashida R, Wechsler L, et al: Intraarterial prourokinase for acute ischemic stroke: the PROACT II study: a randomized controlled trial. JAMA 282:2003-2011, 1999
9. von Kummer R, Bourquain H, Bastianello S, et al: Early prediction of irreversible brain damage after ischemic stroke at CT. Radiology 219:95-100, 2001
10. Maeda M, Abe H, Yamada H, et al: Hyperacute infarction: a comparison of CT and MRI including diffusion-weighted imaging. Neuroradiology 41:175-178, 1999
11. Albers GW: Expanding the window for thrombolytic therapy in acute stroke: the potential role of acute MRI for patient selection. Stroke 30:2230-2237, 1999
12. MELT-Japan (MCA-Embolism Local Fibrinolytic Intervention Trial). <http://melt.umin.ac.jp>
13. 百島祐貴: CT perfusion。MDCT徹底攻略マニュアル(佐々木真理編)、メジカルビュー pp92-97, 2002
14. Eastwood JD, Lev MH, Azhari T, et al: CT perfusion scanning with deconvolution analysis: pilot study in patients with acute

- middle cerebral artery stroke. *Radiology* 222:227-236, 2002
15. Wintermark M, Maeder P, Verdun FR, et al: Using 80kVp versus 120kVp in perfusion CT measurement of regional cerebral blood flow. *AJNR* 21:1881-1884, 2000
 16. Bederson JB, Awad IA, Wiebers DO, et al: Recommendations for the management of patients with unruptured intracranial aneurysms. *Circulation* 102:2300-2308, 2000
 17. UCAS-Japan (Unruptured Cerebral Aneurysm Study). <http://ucas-j.umin.ac.jp>
 18. Matsumoto M, Sato M, Nakano M et al: Three-dimensional computerized tomography angiography-guided surgery of acutely ruptured cerebral aneurysm. *J Neurosurg* 94:718-727, 2001
 19. Velthuis BK, Rinkel GJ, Ramos LM, et al: Subarachnoid hemorrhage: aneurysm detection and preoperative evaluation with CT angiography. *Radiology* 208: 423-430, 1998
 20. Otawara Y, Ogasawara K, Ogawa A, et al: Evaluation of vasospasm following subarachnoid hemorrhage using multislice computed tomography angiography. *Neurosurgery* 50: 2002 (in press)
 21. Moore WS, Barnett HJM, Beebe HG, et al: Guidelines for carotid endarterectomy: a multidisciplinary consensus statement from the ad hoc committee, American Heart Association. *Circulation* 91: 566-579, 1995
 22. Biller J, Feinberg WM, Castaldo JE, et al: Guidelines for carotid endarterectomy: a statement for healthcare professionals from a special writing group of the stroke council, American Heart Association. *Circulation* 97:501-509, 1998
 23. Donnan GA, Davis SM, Chambers BR, et al: Surgery for prevention of stroke. *Lancet* 351:1372-1373, 1998
 24. Randoux B, Marro B, Koskas F, et al: Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional gadolinium-enhanced MR, and conventional angiography. *Radiology* 220:179-185, 2001
 25. Hirai T, Korogi Y, Ono K, et al: Maximum stenosis of extracranial internal carotid artery: effect of luminal morphology on stenosis measurement by using CT angiography and conventional DSA. *Radiology* 221: 802-809, 2001
 26. 興梠征典: 脳血管(頸部)。MDCT徹底攻略マニュアル(佐々木真理編)、メジカルビュー pp84-91, 2002
 27. Brenner D, Elliston CD, Hall EJ, et al: Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR* 176:289-296, 2001
 28. Paterson A, Frush DP, Donnelly L: Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR* 176:297-301, 2001
 29. Nickoloff EL, Alderson PO: Radiation exposures to patients from CT: reality, public perception, and policy. *AJR* 177: 285-287, 2001
 30. FDA Public Health Notification: Reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. 2001 (<http://www.fda.gov/cdrh/safety/110201-ct.html>)
 31. 赤羽正章: CTの被曝と撮影条件最適化 - マルチスライスCTも含めて -。画像診断22:318-327, 2002
 32. European Guidance on Quality Criteria for Computed Tomography. EUR 16262, EC, 1999 (<http://www.drskd/guidelines/ct/quality/index.htm>)
 33. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP draft report, 2001 (http://www.icrp.org/draft_diagnostic.htm)

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619