

CT/MR 灌流画像実践ガイドライン 2006

CT/MR 灌流画像実践ガイドライン合同策定委員会

(日本放射線科専門医会・医会、日本磁気共鳴医学会、ASIST-Japan)

策定組織

CT/MR 灌流画像実践ガイドライン合同策定委員会

- 平成 16 年度・17 年度日本放射線科専門医会・医会ワーキンググループ

<http://ctp.umin.jp>

- 平成 17 年度・18 年度日本磁気共鳴医学会標準化プロジェクト②

<http://mr-proj2.umin.jp>

- 平成 17 年度・18 年度厚生労働省循環器病研究委託費 17 公 3

ASIST-Japan (Acute Stroke Imaging Standardization Group)

<http://asist.umin.jp>

代表	佐々木真理	岩手医科大学 放射線科
委員長	興梠 征典	産業医科大学 放射線科
策定委員	井田 正博	荏原病院 放射線科
(50 音順)	黒岩 大三	さくら病院 放射線科
	庄内 孝春	札幌医科大学 放射線科
	高木 亮	日本医科大学 放射線科
	高野 浩一	福岡大学 放射線科
	山田 恵	京都府立医科大学 放射線診断治療科
	渡辺 嘉之	国立循環器病センター 放射線診療部
外部評価委員	寺山 靖夫	岩手医科大学 神経内科
	畑澤 順	大阪大学 核医学講座
	宝金 清博	札幌医科大学 脳神経外科

CT/MR 灌流画像実践ガイドラインの策定にあたって

CT 灌流画像 (CT Perfusion : CTP)、MR 灌流画像 (MR perfusion: MRP; 灌流強調画像 perfusion weighted image: PWI) は、造影剤を急速静注しながら連続撮影し、濃度や信号の経時変化から脳循環を解析する検査法である。従来の脳循環検査に比べ簡便で、単純 CT や拡散強調画像に引き続き迅速に施行できることから、急性期脳梗塞で広く臨床応用されている。

CTP, MRP は急性期脳梗塞の病態に関する豊富な情報を提供するが、臨床的有用性を示す質の高い科学的根拠は十分ではなく、血栓溶解療法における意義は現在のところ明らかになっていない。また、検査法・解析法・評価法が装置や施設ごとに大きく異なっており、標準的な手法は未だ確立していない。

この実践ガイドライン(procedure guideline)では、急性期脳梗塞における検査・解析・評価の実践法についてエビデンスに基づいた具体的な指針を示すことで、CTP, MRP 検査の施設間格差縮小を図り、血栓溶解療法などの急性期脳梗塞診療における患者予後向上に貢献することを目的とした。

ガイドライン策定は厚生労働省推奨の手順に従い、758 件の文献を収集し 186 件の批判的吟味を行った。エビデンスレベル分類、勧告の強さ分類は脳卒中治療ガイドライン 2004 に準じた。参考となるエビデンスが不十分な領域も多かったが、可能な限り策定委員による専門家としての見解を記載した。記載内容は一般施設の日常臨床で施行可能な範囲とし、多施設臨床研究での利用も想定したものとした。また、他のガイドラインとの整合性や CTP, MRP 間の整合性に十分留意しながら、現時点で最も妥当と考えられるものを簡潔に記載するよう努めた。なお、CT や MRI を用いた脳循環検査には他に Xe-CT や arterial spin labeling 法があるが、今回はこれらについては割愛した。

本ガイドラインは、より良い診療のための参考にしていただくものであり、医療従事者の裁量権や企業の独自性を何ら妨げるものではない。また、本ガイドラインは急性期脳梗塞における CTP, MRP の施行を奨励するものではない。日本脳卒中学会 rt-PA(アルテプラゼ)静注療法適正治療指針では不要な画像検査による投与開始時間の遅れは極力避けねばならないことが再三強調されており、現時点では臨床研究として慎重に施行されるべきものとする。

今回は CTP, MRP のみを対象としたが、現在他の検査法についても策定作業を進めており、今年度末を目処に包括的実践ガイドラインとして生まれ変わる予定である。また、国内で進行中の急性期脳梗塞画像診断の標準化に関する成果を随時採用していくことにしている。

この実践ガイドラインを診療ガイドラインを補完するものとして活用して頂き、急性期脳梗塞の診療や研究に役立てて頂ければ幸いです。

エビデンスレベルの分類

- Ia メタアナリシス
 - Ib ランダム化比較試験
 - IIa 良くデザインされた比較試験(非ランダム化)
 - IIb 良くデザインされた準実験的研究
 - III 良くデザインされた非実験的記述的研究(比較・相関・症例研究)
 - IV 専門家の報告・意見・経験
- (脳卒中診療ガイドライン 2004)

勧告(お勧め度)の強さの分類

- A 行うよう強く勧められる
 - B 行うよう勧められる
 - C1 行うことを考慮しても良いが、十分な科学的根拠がない
 - C2 科学的根拠がないので、勧められない
 - D 行わないよう勧められる
- (脳卒中診療ガイドライン 2004)

CT 灌流画像

I. 検査法

推奨

1. 被曝低減のために、可能な範囲で低電圧・低電流・低速回転撮影するのが望ましい。(グレード B)
2. 単純 CT 所見に臨床情報を加味して撮影断面を決定する。一般的には基底核や側脳室体部が撮影できる断面を設定する。(グレード C1)
3. 水晶体の被曝を避ける断面を設定する。(グレード A)
4. 非イオン性造影剤(300-370mgI/dl)を右尺側肘静脈から総量 30-60ml 注入し、造影剤投与開始 5 秒後から 45-60 秒間撮影するのが望ましい。(グレード B)
5. Deconvolution 法では、自動注入器を用いて 3-5ml/秒で注入するのが望ましい。(グレード B)

1. 装置

- a. CT 灌流画像(CT perfusion: CTP)は過去には Single-slice CT でも実施されてきたが、一度の撮影で多断面の評価が可能な多列検出器の利点を生かし、multidetector-row CT(MDCT)で施行されるのが望ましい。(IV)
- b. 造影剤の注入には、自動注入器が必須である。(III)

2. 造影剤

- a. 造影剤は非イオン性ヨード造影剤を用いる。(III)
- b. 検査前に腎機能やアレルギー歴の有無について十分に注意を払う必要がある。(IV)
- c. 造影剤の濃度は 300-370mgI/dl が用いられている。中濃度 (300mgI/dl) でも十分に施行可能ではあるが、至適な解析を行うためには、高濃度を用いて総量を少なくし高速で注入した方が、解析上で有利となる。(III)
- d. 本邦ではシリンジ製剤が広く普及しており、CT Angiography (CTA)を併用する場合には、100ml の高濃度造影剤 (350-370mgI/dl) シリンジを用いた報告が多い。(IV)

3. 注入量

- a. 造影剤の至適注入量については、十分なエビデンスが無い。(IV)
- b. CTP 検査直後に CTA や脳血管造影が施行される可能性を考慮すると、少ない注入量が望ましい。(IV)
- c. 同じ注入速度で注入量を増量すると、注入時間が延長するため撮影時間が延長し、被曝増加に繋がる。(III)
- d. 高濃度造影剤 (350-370mgI/dl) は注入量を減らすことができる。(III)
- e. 造影剤の総ヨード量は解析画像の精度に関連すると考えられ、中濃度造影剤を用いる場合には高濃度と比べて多めに投与する必要がある。(III)

4. 注入方法

- a. 造影剤の至適注入速度は解析法の種類によって異なる。(III)
- b. Deconvolution 法では高い注入速度を必要とせず、一般に 3-5ml/秒で注入する。1.5ml/秒でも可能であったという報告もある[1,2]。(III)
- c. Maximum slope 法では 9ml/秒以上の注入速度が必要とされるが[3,4]、5-6ml/秒でも実施可能とする見解もある。(IV)
- d. ルートの確保は右尺側肘静脈を 20G 以上の留置針で確保することが推奨される。左肘静脈からの投与は内頸静脈への逆流が起こりやすく、また、心臓までの経路が長いいため、造影剤のボーラス性が悪くなる場合がある。(IV)
- e. 造影剤注入後に生理食塩水で後押しする方法もあるが、緊急検査の際には操作が煩雑になるため、現状では一般的ではない。(IV)

5. 撮影方法

A 撮影範囲

- a. 撮影範囲や撮影断面数は CT 装置に依存する。MDCT では 20-40mm の範囲を 2-4 断面撮影することが多い。(III)
- b. CTP 撮影前に全脳単純 CT を撮影し、単純 CT における画像所見を評価するとともに、臨床情報も加味して、撮影断面を決定する。(III)
- c. 撮影断面は任意に設定できるが、基底核と側脳室体部を含む断面を設定することが多い。(III)
- d. 水晶体の被曝を避けるために眼窩より上のスライスを撮影する。(IV)
- e. 後頭蓋窩を対象とした CTP の報告もあるが[5]、この場合 CT ガントリーを後傾させて水晶体を外すことが望ましい。(IV)

B 撮影時間

- a. 造影剤注入開始 5 秒後より 45-60 秒間撮影されることが一般的であるが、至適撮影時間に関する十分なエビデンスはない。(IV)
- b. 被曝低減のため可能な範囲で低速回転撮影(1.5-2 秒)することが推奨される。ただし、画像再構成は 1 秒間 1 枚とすることが望ましい。(IV)
- c. 撮影中の画像を同時モニターできる装置では、造影剤の初回通過が終了した時点で撮影を止めることにより、被曝低減が可能である。(IIb)
- d. 装置によっては間欠撮影を用いることで被曝を低減することができる。現時点では「1 秒回転、1 秒間欠」が定量性の維持という観点からもコンセンサスが得られている[6,7]。(IIb)

C 撮影条件

- a. 一般に CTP は頭部単純 CT に比べ被曝が多くなる。(III)
- b. 局所線量は $CTDI_{vol}$ ($CTDI_w \times$ 回転数)*で評価するのが望ましい。(IV)
- c. 被曝を抑えるため、可能な限り低電流撮影とするのが望ましいが、至適な電流についての十分なエビデンスはない。(IV)
- d. 被曝低減とコントラスト向上を図るため、低電圧撮影(80-100kVp)とするのが望ましい [8]。(III)
- e. むやみに線量を下げすぎると画像ノイズの増加や定量値の変動を招くため、装置毎に適切な撮影条件を検討する必要がある。(IV)

D 撮影回数(複数回撮影)

- a. 頭部 CT における造影剤投与可能量が本邦では最大 100ml であることから、注入量を 30ml とした場合、2-3 回の撮影が可能である。(IV)
- b. 複数回撮影では重複被曝を避けるため、5-10mm 程度の間隔を空けて撮影範囲を設定することが望ましい。(IV)

6. CT Angiography との併用

- a. 単純 CT, CTP, CTA を一回に連続して施行した場合の安全性に関して特に問題は認められていないが[9]、小児・高齢者・体重の軽い場合などでは、被曝や造影剤の総使用量について充分配慮する。(IV)
- b. CTA を併用することで、血管の閉塞部位や狭窄の程度に関する臨床的に有用な情報が得られる場合が多い。(IV)
- c. CTA を先行させると CTP の解析結果が不正確になる可能性があるが、解析法の種類によっても異なると推定される。CTP を先行させ、2-3 分後に CTA を施行するのが一般的である。(IV)

***CTDI_{vol}** (volume computed tomography dose index): CT での被曝線量を評価するための指標。単位は通例 mGy を用いる。CT では1スキャン(1回転)あたりの吸収線量(CTDI_w)が用いられていたが、ヘリカル CT や MDCT でも評価できるように、1cm あたりの線量に換算した指標。

II. 解析法

推奨

1. 急性期脳梗塞への対応に備え、検査終了後遅滞なく結果を示せるように解析操作に慣れておくこと。(グレード C1)
2. Deconvolution 法で解析し、脳血流量(CBF)、脳血液量(CBV)、平均通過時間(MTT)等の機能画像を作成することが望ましい。(グレード B)
3. 解析の詳細や結果はメーカーによって異なり、信頼性の高い解析手法は現時点では確立していない。(グレード C2)
4. 現状では CTP によって得られる定量値の信頼性は低い。(グレード C2)

1. 解析法の種類

- a. Maximum slope 法と deconvolution 法の二種類が臨床応用されている。(IIb)
- b. 造影剤の注入速度が低くても施行可能な deconvolution 法が本邦では主流となりつつある。(IV)

2. 解析操作

A 解析フロー

- a. 各メーカーが独自の解析ソフトを提供している。(IV)
- b. 同じ画像データを用いても、解析ソフトが異なると解析結果が異なる場合があるが、現状では各メーカーの推奨する方法に従って解析操作を行うことが一般的である。(IIb)

B 動脈入力関数・静脈出力関数

- a. 動脈入力関数の関心領域設定について統一した見解はなく、解析ソフトや研究者によって様々である。(IV)
- b. 安定した入力関数を得るためには、健側の中大脳動脈や前大脳動脈に設定することが多い。(III)
- c. 一般に虚血巣を支配する動脈以外に入力関数を設定すると、虚血の程度が過大評価される[4,10]。(III)
- d. 静脈出力関数は定量値に影響するが、定性的評価では影響しない[7,11-12]。(IIb)

C 血管除去

- a. 血管除去法はメーカーによって異なり、標準的な手法は確立していない。(IV)
- b. 血管除去の有無によって解析結果の見た目や計測値は大きく変化する [13]。(IIb)
- c. 血管除去法を最適化することにより、他の脳血流検査との相関が高くなる [13]。(IIb)

3. 解析結果表示

- a. 脳血流量 cerebral blood flow (CBF)、脳血液量 cerebral blood volume (CBV)、平均通過時間 mean transit time (MTT) の三種類の定量画像をカラーマップとして表示する方法が一般的であるが、Time to peak (TTP) マップを表示できるものもある。(III)
- b. 解析時の画素数はノイズ処理の観点から 256 または 128 マトリックスを用いるのが一般的だが、512 マトリックスでの解析も可能となってきた。(III)
- c. カラーマップの表示については、色調(look up table: LUT)やスケールなど、各メーカーやユーザが独自に設定しており、見た目は施設によって大きく異なる。(III) 今後標準的な表示法の確立が望まれる。(IV)

4. 定量値の信頼性

- a. 定量値による報告が散見されるが[14,15]、使用機器・解析ソフト特有の値であると考えられ、普遍的な結果ではないことに十分な注意を払う必要がある。(IV)
- b. 半定量評価(健側比)は定量評価に比し有望である。(III)
- c. CBF 健側比が 30-40%以上低下した領域を救済可能な虚血巣、70-80%以上低下した領域を梗塞と予測する報告があるが[15-19]、数値の信頼性については十分なエビデンスはない。(IV)

III.評価法

推奨

1. 灌流異常域は平均通過時間(MTT)で推定するのが望ましい。(グレード B)
2. CBF 対側比は虚血の重症度を予測できる可能性がある。(グレード C1)
3. CTP による血栓溶解療法の適応基準は確立されていない。(グレード C1)

1. 判定法

- a. 三種類(CBF、CBV、MTT)のカラーマップを作成し、その色調から定性的に灌流異常・虚血の範囲や程度を評価する機会が多い。(III)
- b. 定量値や半定量値(対側比)が用いられることが多いが、その信頼性は証明されていない。(III)
- c. 同じ装置で同じ解析方法を用いた場合を除き、定量値や半定量値を直接比較することは望ましくない。(IV)
- d. CTP による重症度判定や血栓溶解療法適応に関する基準は確立されていない。(III)

2. 臨床的意義

- a. 脳の灌流異常を判定する他の検査 (Xe-CT、MRI、SPECT) との比較において、CTP は最も短時間で検査を終了できる[9,16,20]。(III)
- b. MDCT を用いて、単純 CT、CTP、CTA を組み合わせること、各々単独で評価した場合より梗塞巣の検出感度が上昇し、最終梗塞巣の予測や病型診断(心原性塞栓、アテローム血栓性梗塞、ラクナ梗塞)に役立つ [4,21-25]。(III)
- c. CTP は単純 CT で初期虚血変化が現れる前に灌流異常域を検出できる [26-29]。(III)
- d. CTP における灌流異常域の広さは脳梗塞患者の予後と相関する[30,31]。(III)
- e. CTP は撮影範囲が限られており、範囲外の灌流異常域や虚血域を判定できない [16,28,32,33]。(III)
- f. CTP ではラクナ梗塞などの小さな虚血巣を検出できないことが多い[16,21,34-37]。(III)
- g. MTT は灌流異常域に対し最も鋭敏であり[15]、TTP も灌流異常域を識別する感度は高いが[28,34]、MTT、TTP とも最終梗塞巣よりも広い範囲を異常として示す[17]。(III)
- h. CBV の上昇は側副血行路や自己調節能を反映し、低下はこれらが不良であることを意味する[38,39]。(III) CBV の予後予測に関する意義は報告により一致しない [15,40,41]。(III)
- i. CBF 低下は梗塞の予測に関する感度・特異度ともに高い[17,42]。最終梗塞巣の大きさとも良く相関する [21]。(III)

3. 他の検査法との比較

- a. MR 灌流画像と一般によく相関する [43,44]。(III) CBV 低下域は DWI 高信号域とよく一致し[4,43,45]、最終梗塞巣の容積と高い相関を示すとする報告がある[44]。(III)
- b. ペナンプラの推定に関して diffusion-perfusion mismatch とほぼ同等とする報告がある[45]。(III)

- c. Xe-CT と一般によく相関する[3,26,46,47]が、定量値よりも半定量値(健側比)の方が相関が高い。(III) 重症例では Xe-CT に比し CBF が極度に高値になるとする報告がある [48]。(III)
- d. SPECT と一般によく相関する[49]が、CBF 定量値は SPECT に比し高めになり [50]、特に基底核や視床では高値を示す傾向がある [50]。(III)
- e. 血管除去の閾値を CBV で適切に設定することで、 $H_2^{15}O$ PET の CBF と良好な相関を示すとする報告がある[13,50]。(III)

文献リスト

1. Nabavi DG, et al. CT assessment of cerebral perfusion: experimental validation and initial clinical experience. *Radiology*. 1997;205:327-33.
2. Eastwood JD, et al. Practical injection-rate CT perfusion imaging: deconvolution-derived hemodynamics in a case of stroke. *Neuroradiology*. 2001;43:223-6.
3. 町田啓一, 他. 脳 Perfusion CT における造影剤注入条件の検討. *日放技誌* 2002;58(7):962-6
4. 平野透, 他. 脳血流評価における CT 還流画像(CT Perfusion)の現状. *日放技誌* 2003; 59(12):1482-93.
5. Nagahori T, et al. Supratentorial dynamic computed tomography for the diagnosis of vertebrobasilar ischemic stroke. *Arch Neurol*. 2004;61(4):505-9.
6. Wintermark M, et al. Dynamic perfusion CT: optimizing the temporal resolution and contrast volume for calculation of perfusion CT parameters in stroke patients. *AJNR*. 2004;25(5):720-9.
7. 片岡由美, 他. CT-perfusion 検査における脳血流解析ソフトウェアの改良及びスキャンプロトコールの検討. *日放技誌* 2003;59(12):1568-72.
8. Wintermark M, et al. Using 80 kVp versus 120 kVp in perfusion CT measurement of regional cerebral blood flow. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000;21(10):1881-4.
9. Smith WS, et al. Safety and feasibility of a CT protocol for acute stroke: combined CT, CT angiography, and CT perfusion imaging in 53 consecutive patients. *AJNR*. 2003;24(4):688-90.
10. 山本浩之. 救急医療と画像診断 IVR による治療も含めて 頭部脳梗塞 CT perfusion(CTP)における検査のポイント. *INNERVISION*. 2003;18(10):1-4.
11. Fiorella D, et al. Assessment of the reproducibility of postprocessing dynamic CT perfusion data. *AJNR*. 2004;25(1):97-107.
12. Sanelli PC, et al. The effect of varying user-selected input parameters on quantitative values in CT perfusion maps(1). *Acad Radiol*. 2004;11(10):1085-92.
13. Kudo K, et al. Quantitative cerebral blood flow measurement with dynamic perfusion CT using the vascular-pixel elimination method: comparison with H₂(15)O positron emission tomography. *AJNR*. 2003;24(3):419-26.
14. 荒木有三, 他. Perfusion CT による脳循環動態評価法の検討. *脳と神経*. 2002;54(7):581-8.
15. Eastwood JD, et al. CT perfusion scanning with deconvolution analysis: pilot study in patients with acute middle cerebral artery stroke. *Radiology*. 2002;222:227-36.
16. 中口博, 他. 脳虚血性疾患急性期診断における CT perfusion/3D-CT angiography 連続施行法の有用性. *脳神経外科* 2003;31(1):17-25.
17. Mayer TE, et al. Dynamic CT perfusion imaging of acute stroke. *AJNR*. 2000;21(8):1441-9.
18. Wintermark M et al. prognosis accuracy of cerebral blood flow measurement by perfusion computed tomography, at the time of emergency room admission, in acute stroke patients. *Ann Neurol*. 2002;51:417-32
19. Klotz E, et al. Perfusion measurements of the brain: using dynamic CT for the quantitative assessment of cerebral ischemia in acute stroke. *Eur J Radiol*. 1999;30(3):170-84.
20. Gleason S, et al. Potential influence of acute CT on inpatient costs in patients with ischemic stroke. *Acad Radiol*. 2001;8(10):955-64.
21. Kloska SP, et al. Acute stroke assessment with CT: do we need multimodal evaluation? *Radiology*. 2004;233(1):79-86
22. Esteban JM, et al. Perfusion CT and angio CT in the assessment of acute stroke. *Neuroradiology*. 2004;46(9):705-15.
23. Tomandl BF, et al. Comprehensive imaging of ischemic stroke with multisection CT. *Radiographics*. 2003;23(3):565-92.
24. 萩原浩, 他. 脳梗塞診療における Perfusion CT による脳血流評価の有用性. *脳循環代謝*. 2002;14(4):247-48.
25. 三浦尚文, 他. 脳梗塞の急性期診断における CT perfusion/angiography の有用性. *愛知医大医誌*. 2002;30(1):79-80.
26. 岡部裕, 他. 脳 perfusion CT の有用性. *日放技誌*. 2000;47(3):468-75.
27. 高木亮, 他. CT Perfusion の臨床応用 CT Angiography 併用による急性期脳梗塞の診断. *映像情報 Medical*. 2001;33(10):971-6.

28. Reichenbach JR, et al. Acute stroke evaluated by time-to-peak mapping during initial and early follow-up perfusion CT studies. *AJNR*. 1999;20(10):1842-50.
29. Guan X, et al. CT perfusion imaging and CT subtraction angiography in the diagnosis of ischemic cerebrovascular disease within 24 hours. *Chin Med J*. 2003;116(3):368-72.
30. Lev MH, et al. Utility of perfusion-weighted CT imaging in acute middle cerebral artery stroke treated with intra-arterial thrombolysis: prediction of final infarct volume and clinical outcome. *Stroke*. 2001;32(9):2021-8.
31. Bendszus M, et al. Hemodynamic effects of decompressive craniotomy in MCA infarction: evaluation with perfusion CT. *Eur Radiol*. 2003;13(8):1895-8.
32. Lev MH, et al. CT or MRI for imaging patients with acute stroke: visualization of "tissue at risk"? *Stroke*. 2002;33(12):2736-7.
33. Koenig M, et al. Perfusion CT of the brain: diagnostic approach for early detection of ischemic stroke. *Radiology*. 1998;209(1):85-93.
34. Perez-Arjona EA, et al. New techniques in cerebral imaging. *Neurol Res*. 2002;24(Suppl1):17-26.
35. Konig M, et al. Cerebral perfusion CT: Theoretical aspects, methodical implementation and clinical experience in the diagnosis of ischemic cerebral infarction. *Rofo* 2000;172:210-8
36. Rother J, et al. Hemodynamic assessment of acute stroke using dynamic single-slice computed tomographic perfusion imaging. *Arch Neurol*. 2000;57(8):1161-6.
37. Roberts HC, et al. Multisection dynamic CT perfusion for acute cerebral ischemia: the "toggling-table" technique. *AJNR*. 2001;22(6):1077-80.
38. Higashida RT, et al. Technology Assessment Committee of the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology; Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke. *Stroke*. 2003;34(8):109-37.
39. 山本浩之, 他. 急性期脳梗塞における CT-perfusion の有用性. *日放技誌*. 2003;59(12): 1580-5.
40. Nabavi DG, et al. Perfusion mapping using computed tomography allows accurate prediction of cerebral infarction in experimental brain ischemia. *Stroke*. 2001;32:175-83.
41. Miles KA. Acute cerebral stroke imaging and brain perfusion with the use of high-concentration contrast media. *Eur Radiol*. 2003;13(Suppl5):117-20.
42. 高木亮, 他. CT perfusion その原理と臨床応用. *脳と神経*. 2002;54(11):950-8.
43. Eastwood JD, et al. Correlation of early dynamic CT perfusion imaging with whole-brain MR diffusion and perfusion imaging in acute hemispheric stroke. *AJNR*. 2003;24(9):1869-75.
44. Schramm P, et al. Comparison of perfusion computed tomography and computed tomography angiography source images with perfusion-weighted imaging and diffusion-weighted imaging in patients with acute stroke of less than 6 hours' duration. *Stroke*. 2004;35(7):1652-8.
45. Wintermark M, et al. Comparison of admission perfusion computed tomography and qualitative diffusion- and perfusion-weighted magnetic resonance imaging in acute stroke patients. *Stroke*. 2002;33(8):2025-31.
46. Wintermark M, et al. Simultaneous measurement of regional cerebral blood flow by perfusion CT and stable xenon CT: a validation study. *AJNR*. 2001;22(5):905-14.
47. Furukawa M, et al. Evaluation of cerebral perfusion parameters measured by perfusion CT in chronic cerebral ischemia: comparison with xenon CT. *J Comput Assist Tomogr*. 2002 ;26(2):272-8.
48. 町田啓一, 他. Perfusion CT と Xe-CT による脳循環血流量の比較検討. *日放技誌*. 2003;59(2): 302-8
49. Nagata K, et al. Functional image of dynamic computed tomography for the evaluation of cerebral hemodynamics. *Stroke*. 1990;21:882-9.
50. Koenig M, et al. Perfusion CT on the Brain: Diagnostic Approach for Early Detection of Ischemic Stroke. *Radiology*. 1998;209:85-93.

MR 灌流画像

I. 検査法

推奨

1. 1.5T でエコープラナー法(EPI)が撮像可能な装置であることが望ましい。(グレード C1)
2. 撮像部位は全脳を含むように設定するのが望ましいが、困難である場合は基底核下縁から側脳室上縁までとする。(グレード C1)
3. 自動注入器を用いて、右尺側肘静脈よりガドリニウム造影剤 総量 0.1mmol/kg を 5ml/sec で注入し、20ml の生理的食塩水 (5ml/sec) で後押しするのが望ましい。(グレード B)
4. グラジエントエコーエコープラナー(GRE-EPI)法での撮影が望ましい。(グレード C1)
5. 造影剤注入前より撮像を開始することが望ましい。(グレード C1)

1. 装置

- a. 0.5T 以下の低磁場装置、1.0T の中磁場装置を使用した報告はほとんどなく、灌流画像の画質も保証されないので、1.5T 装置での撮影を推奨する。(III)
- b. 過去には GRE 法による報告も見られるが、1 断面しか撮像できないことや拡散強調画像を短時間に撮像できないことから EPI 法が撮像可能である装置を推奨する。(III)
- c. 均一した注入条件を維持するために、造影剤の注入には自動注入器を使用するのが望ましい。(IV)

2. 造影剤注入量と注入法

- a. ガドリニウム造影剤を使用する。
- b. 造影剤の総量は 0.1mmol/kg が原則であるが、造影剤の多くはシリンジ製剤なので、上記総量に近いシリンジを使用し全量注入を行ってもよい。(IV)
- c. 高いボーラス性を得るため、右尺側肘静脈を 20G 以上の留置針で確保するのが望ましいが、同部位でのルート確保が困難な場合は 22G 針や左肘静脈でも構わない[1]。(IV)
- d. 5ml/sec での注入が望ましいが、ルートや血管が細い場合は 3ml/sec 程度の注入速度でも解析可能である。しかし、遅い注入速度に関する十分なエビデンスはない[2]。(III)
- e. あらかじめ静脈ルートが確保されている場合でも、造影剤注入用の専用ルートを確認することが望ましい。(高速で注入するため耐圧性やルートの太さに注意が必要である) (IV)

3. 撮影方法

A. 撮像範囲

- a. 急性期脳梗塞の場合は DWI 所見および臨床症状を参考にして撮像範囲を設定する。

- (IV)
- b. 全脳での撮影が望ましいが、撮像範囲が制限される場合は基底核下縁から側脳室上縁までを含むように設定する。(IV)
 - c. 症状などから後頭蓋窩病変が疑われる場合は小脳・脳幹を含む下方に設定するが、後方循環系についてのエビデンスは少ない。(IV)

B.撮影条件

- a. 撮像条件はMR装置に依存するので、使用する装置に合った最適の条件設定を心掛けること。以下に標準的な撮像条件を示す(IV)
 - (1) シークエンス：グラジエントエコーエコープラナー(GRE-EPI)法
 - (2) 繰返時間(TR)：1500msec (1000～2000msec)
 - (3) エコー時間(TE)：60msec (50～80msec)
 - (4) スライス厚：6mm (5～10mm)
 - (5) FOV：24x24cm (20x20cm～40x20cm)
 - (6) Matrix：128X128 (64x64～128x64)
 - (7) 撮像枚数：10枚 (5～20)
 - (8) 撮像回数：60～90秒間の連続撮影ができるように設定
- b. パラレルイメージング法(SENSE, ASSET, SMASH, SPEEDER,など)が可能な場合は併用すること(アーティファクトの軽減や撮像枚数の増加につながる)[3]。(III)
- c. 撮像シークエンスにはGRE-EPI法を推奨する。シークエンスとしてはGRE-EPI法とスピネコーEPI(SE-EPI)法を用いたものが報告されているが、造影剤通過による信号低下はGRE-EPI法の方が大きく、灌流画像のSN比は高いとされる。GRE-EPI法は太い血管からの影響を強く受けるため、SE-EPI法の方が脳実質の灌流を反映していると考えられている[4-7]。(III)
- d. 撮像間隔 (TR) は2秒以内が望ましい[8]。(III)
- e. 撮像開始直後の数枚は信号強度が安定しないこと、造影剤到着前のbaseline画像を安定化させるため、造影剤注入前(注入開始5秒前程度)から、撮像を開始するのが望ましい[8]。(III)
- f. 通常、造影剤の初回通過は注入開始後40-50秒で終了するが、脳循環が遅い症例があるため60-90秒間撮影するのが望ましい。(IV)

II. 解析法

推奨

1. 検査終了後に遅滞なく解析でき、結果を供覧可能な環境を整備しておくこと。(グレード C1)
2. 一次モーメント法での解析が望ましい。(グレード C1)
3. 解析の詳細や結果はメーカーによって異なり、信頼性の高い解析手法は現時点では確立していない。(グレード C2)
4. MR 灌流画像における定量解析は現時点では一般的でない。(グレード C2)

1. 解析法の種類

- a. 脳血液量 (CBV) の定性値は時間信号曲線のカーブ下面積で求める[9,10]。(IIb)
CBV は計算が最もシンプルで処理ソフトに依存しないとされる。(III)
- b. 平均通過時間(mean transit time:MTT)の計算法には一次モーメント法と deconvolution 法があり、両者での報告が混在している。一次モーメント法は deconvolution 法と比べて解析手法が単純で処理時間が短い。より正確な MTT は deconvolution 法で計算可能とされているが、動脈入力関数の設定が必要であり、解析が煩雑である[11,12]。(IIb)
- c. 造影剤の到達ピークまでの時間を示す TTP(time to peak)は解析が単純であり、MTT に代用して用いられることがある。
- d. 脳血液量 (CBF)の定量値 は deconvolution 法で求められるが[13, 14]、急性期では一般には定量値を算出しないことが多い。(III)
- e. MRI では血中造影剤濃度と信号変化率との間に完全な直線性は保たれておらず、MRP は CTP に比し定量値を得ることは一般に困難とされる[15, 16]。(IIb)

2. 解析操作

- a. 急性期脳梗塞における検査を想定した場合、撮影後すぐに解析可能であることが重要である。(IV)
- b. MRI のコンソール上にてルーチン検査で使用可能な deconvolution 解析ソフトは、現時点ではどのメーカーからも提供されていない。(IV)
- c. Deconvolution 法の解析に必要な動脈入力関数の関心領域設定について統一した見解はなく、解析ソフトや研究者によって異なっている[17]。(III)
- d. 動脈入力関数は健側または患側の内頸動脈や中大脳動脈から採取することが多いが、動脈入力関数の位置を変更すると、解析結果は変動するので注意が必要である[18]。(III)

3. 解析結果表示

- a. MTT や TTP のパラメータをカラーマップやグレースケールにて表示することが多い。(IV)
- b. MTT や TTP といった時間のパラメータは CBF や CBV と比較して異常域が比較的明瞭に描出され、結果の範囲判定は容易であることが多い。(IV)
- c. カラーマップ表示の色調(look up table: LUT)やスケール、グレースケールでのウィンドウやセンター値は、各メーカーやユーザが独自に設定しており、見た目は施設によって大きく異なる。今後標準的な表示法は確立が望まれる。(IV)

III. 評価法

推奨

1. 灌流異常域は平均通過時間(MTT)で評価するのが望ましい。(グレード B)
2. 拡散強調画像(DWI)と灌流画像を対比した Diffusion-perfusion mismatch (DPM)を用いる。(グレード C1)
3. DPM が認められる症例において血栓溶解療法の適応となることが期待されているが、その適応基準はまだ確立されていない。(グレード C1)

1. 判定法

- a. MTT が延長した領域を灌流異常域とし、その中で DWI にて高信号を示さない領域を Diffusion-perfusion mismatch (DPM) とする[19,20]。(III)
- b. MTT や TTP 延長域を 2 秒ごとに半定量評価した判定法も見られる[21-23]。(III)
- c. DPM の評価は同じ読影者での再現性は高いが、読影者間での一致率は低いとされ、標準化した判定法の確立が望まれる[24]。(III)

2. 臨床的意義

2-1 急性期における虚血の検出

- a. 灌流画像を用いることにより発症早期に虚血域を診断可能である[25]。(III)
- b. DPM 領域内にペナンプラ(血流再開によって梗塞を免れるが血流再開が無い場合は梗塞に陥る虚血領域)が存在すると考えられている[26]。(III)
- c. 発症早期(24 時間以内)の脳梗塞症例の多くに DPM が認められる[25, 27, 28]。(III)

2-2 MR 灌流画像の対象

- a. MR 灌流画像は前方循環系(内頸動脈、前大脳動脈、中大脳動脈領域)皮質枝及び後大脳動脈皮質枝領域の循環動態の評価に用いられる。(III)
- b. 現時点では空間分解能や磁化率アーティファクトの影響により、穿通動脈領域や脳幹の灌流異常は対象にはならないことが多い[29]。(III)
- c. FLAIR での血管内信号(intra-arterial signal)や T2*WI での MCA 分岐部より近位側での susceptibility sign は血管閉塞を示唆し、造影灌流画像の適応診断の一助となる[30, 31]。(III)
- d. 急性期脳梗塞患者全例に、MRP を施行する根拠となる臨床的・経済的有用性を示すエビデンスはない。(III)

2-3 MR 灌流画像の解析パラメータと意義

- a. 急性期虚血では transit time(MTT,TTP)は延長し、transit time(MTT,TTP)の延長域は脳血液量(CBV), 脳血流量(CBF)異常域よりも広い範囲に存在する[28]。(III)
- b. transit time(MTT,TTP)の著明に延長した領域(4 秒以上の報告が多い)では不可逆的な梗塞に陥るとされる[23, 32]。(III)
- c. 脳血流量(CBF)低下域は梗塞に陥るとされるが、その閾値については報告毎に異なり、統一された基準は設定困難である[27, 28, 32]。(III)
- d. 脳血液量(CBV)は循環予備能の代償(毛細血管の反応性拡張と側副循環)により上昇するが、予備能の限界を越えて灌流圧が低下すると脳血液量(CBV)は低下する

[25,33]。(III)

- e. 脳血液量(CBV)が著明に低下した領域では梗塞に陥るとされるが、明確な閾値の設定は困難である[34, 35]。(III)

2-4 MR 灌流画像による血栓溶解療法の適応決定

- a. DPM を血栓溶解療法の適応基準とした臨床研究は1報(Desmoteplase in Acute Ischemic Stroke Trial: DIAS)しかなく、適応基準も確立されていない[36]。(Ib)
- b. いくつかのストロークセンターにおけるMRIによる治療指針が提示されている[37]が、科学的根拠に基づくものではなく、今後統一した基準の確立が望まれる。(IV)

参考にDIAS[36]でのMRIによる患者選択基準を示す(参考資料4)

文献リスト

1. McCarthy J. et al. The effects of injection site, age, and body position on cervical venous reflux. *Radiology*. 1979; 130(2): 536-7.
2. Heiland S. et al. How do concentration and dosage of the contrast agent affect the signal change in perfusion-weighted magnetic resonance imaging? A computer simulation. *Magn Reson Imaging*. 2001; 19(6): 813-20.
3. Stollberger R. et al. Improved perfusion and tracer kinetic imaging using parallel imaging. *Top Magn Reson Imaging*. 2004; 15(4): 245-54.
4. Boxerman J.L. et al. MR contrast due to intravascular magnetic susceptibility perturbations: Microscopic susceptibility variation and transverse relaxation: theory and experiment. *Magn Reson Med*. 1995; 34(4): 555-66.
5. Simonsen C.Z. et al. Comparison of gradient- and spin-echo imaging: CBF, CBV, and MTT measurements by bolus tracking Perfusion MRI of the human brain with dynamic susceptibility contrast: gradient-echo versus spin-echo techniques. *J Magn Reson Imaging*. 2000; 12(3): 411-6.
6. Speck O. et al. Perfusion MRI of the human brain with dynamic susceptibility contrast: gradient-echo versus spin-echo techniques. *J Magn Reson Imaging*. 2000; 12(3): 381-7.
7. Weisskoff R.M. et al. Microscopic susceptibility variation and transverse relaxation: theory and experiment. *Magn Reson Med*. 1994; 31(6): 601-10.
8. Boxerman J.L. et al. Signal-to-noise analysis of cerebral blood volume maps from dynamic NMR imaging studies. *J Magn Reson Imaging*. 1997; 7(3): 528-37.
9. Rosen B.R. et al. Susceptibility contrast imaging of cerebral blood volume: human experience Contrast agents and cerebral hemodynamics. *Magn Reson Med*. 1991; 22(2): 293-9.
10. Rosen B.R. et al. Contrast agents and cerebral hemodynamics. *Magn Reson Med*. 1991; 19(2): 285-92.
11. Weisskoff R.M. et al. Pitfalls in MR measurement of tissue blood flow with intravascular tracers: which mean transit time? *Magn Reson Med*. 1993; 29(4): 553-8.
12. Yamada K. et al. Magnetic resonance perfusion-weighted imaging of acute cerebral infarction: effect of the calculation methods and underlying vasculopathy. *Stroke*. 2002; 33(1): 87-94.
13. Ostergaard L. et al. High resolution measurement of cerebral blood flow using intravascular tracer bolus passages. Part II: Experimental comparison and preliminary results. *Magn Reson Med*. 1996; 36(5): 726-36.
14. Ostergaard L. et al. High resolution measurement of cerebral blood flow using intravascular tracer bolus passages. Part I: Mathematical approach and statistical analysis. *Magn Reson Med*. 1996; 36(5): 715-25.
15. Ellinger R. et al. The impact of peak saturation of the arterial input function on quantitative evaluation of dynamic susceptibility contrast-enhanced MR studies. *J Comput Assist Tomogr*. 2000; 24(6): 942-8.
16. Kiselev V.G. On the theoretical basis of perfusion measurements by dynamic susceptibility contrast MRI. *Magn Reson Med*. 2001; 46(6): 1113-22.
17. Wu O. et al. Effects of tracer arrival time on flow estimates in MR perfusion-weighted imaging. *Magn Reson Med*. 2003; 50(4): 856-64.
18. Thijs V.N. et al. Influence of arterial input function on hypoperfusion volumes measured with perfusion-weighted imaging. *Stroke*. 2004; 35(1): 94-8.
19. Katayama Y. et al. [Advances in the diagnosis and treatment of cerebral ischemia during the acute phase]. *Rinsho Shinkeigaku*. 2003; 43(11): 887-90.
20. Davis S.M., et al. Advances in penumbra imaging with MR. *Cerebrovasc Dis*. 2004; 17 Suppl 3: 23-7.
21. Kajimoto K. et al. Cerebral hemodynamic evaluation using perfusion-weighted magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography values in chronic occlusive carotid disease. *Stroke*. 2003; 34(7): 1662-6.
22. Sobesky J. et al. Which time-to-peak threshold best identifies penumbral flow? A comparison of perfusion-weighted magnetic resonance imaging and positron emission tomography in acute ischemic stroke. *Stroke*. 2004; 35(12): 2843-7.
23. Thijs V.N. et al. Relationship between severity of MR perfusion deficit and DWI lesion evolution. *Neurology*. 2001; 57(7): 1205-11.
24. Coutts S.B. et al. Reliability of assessing percentage of diffusion-perfusion mismatch. *Stroke*. 2003; 34(7): 1681-3.
25. Fink J.N. et al. The stroke patient who woke up: clinical and radiological features, including

- diffusion and perfusion MRI. *Stroke*. 2002; 33(4): 988-93.
26. Schlaug G. et al. The ischemic penumbra: operationally defined by diffusion and perfusion MRI. *Neurology*. 1999; 53(7): 1528-37.
 27. Beaulieu C. et al. Longitudinal magnetic resonance imaging study of perfusion and diffusion in stroke: evolution of lesion volume and correlation with clinical outcome. *Ann Neurol*. 1999; 46(4): 568-78.
 28. Karonen J.O. et al. Combined perfusion- and diffusion-weighted MR imaging in acute ischemic stroke during the 1st week: a longitudinal study. *Radiology*. 2000; 217(3): 886-94.
 29. Gerraty R.P. et al. Examining the lacunar hypothesis with diffusion and perfusion magnetic resonance imaging. *Stroke*. 2002; 33(8): 2019-24.
 30. Toyoda K. et al. Fluid-attenuated inversion recovery intraarterial signal: an early sign of hyperacute cerebral ischemia. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001; 22(6): 1021-9.
 31. Rovira A. et al. Hyperacute ischemic stroke: middle cerebral artery susceptibility sign at echo-planar gradient-echo MR imaging. *Radiology*. 2004; 232(2): 466-73.
 32. Lin W. et al. Temporal relationship between apparent diffusion coefficient and absolute measurements of cerebral blood flow in acute stroke patients. *Stroke*. 2003; 34(1): 64-70.
 33. Flacke S. et al. Ultra-fast three-dimensional MR perfusion imaging of the entire brain in acute stroke assessment. *J Magn Reson Imaging*. 2000; 11(3): 250-9.
 34. Kim J.H. et al. Comparative evaluation of cerebral blood volume and cerebral blood flow in acute ischemic stroke by using perfusion-weighted MR imaging and SPECT. *Acta Radiol*. 2002; 43(4): 365-70.
 35. Rohl L. et al. Viability thresholds of ischemic penumbra of hyperacute stroke defined by perfusion-weighted MRI and apparent diffusion coefficient. *Stroke*. 2001; 32(5): 1140-6.
 36. Hacke W. et al. The Desmoteplase in Acute Ischemic Stroke Trial (DIAS): a phase II MRI-based 9-hour window acute stroke thrombolysis trial with intravenous desmoteplase. *Stroke*. 2005; 36(1): 66-73.
 37. Hjort N. et al. Magnetic resonance imaging criteria for thrombolysis in acute cerebral infarct. *Stroke*. 2005; 36(2): 388-97.

総説・教科書

38. Davis, S.M. et al. Selection of thrombolytic therapy beyond 3 h using magnetic resonance imaging. *Curr Opin Neurol*, 2005; 18(1): 47-52.
39. Grandin, C.B. Assessment of brain perfusion with MRI: methodology and application to acute stroke. *Neuroradiology*, 2003; 45(11): 755-66.
40. Latchaw, R.E. et al. Guidelines and recommendations for perfusion imaging in cerebral ischemia: A scientific statement for healthcare professionals by the writing group on perfusion imaging, from the Council on Cardiovascular Radiology of the American Heart Association. *Stroke*, 2003; 34(4): 1084-104.
41. Sorensen, A.G. et al. *Cerebral MR Perfusion Imaging*. 1 ed. 2000, New York: Georg Thime Verlag.
42. 井田正博. Diffusion-Perfusion Mismatch. 新版よくわかる MRI. p194, 秀潤社 2004
43. 山田恵. MR 脳灌流画像 脳梗塞への適用. 日磁医誌 2005;25(3): 122-7.
44. 宮地利明. DSC-MRI による脳血流動態の測定(解説) 日放技誌 2002; 58(1): 58-66.

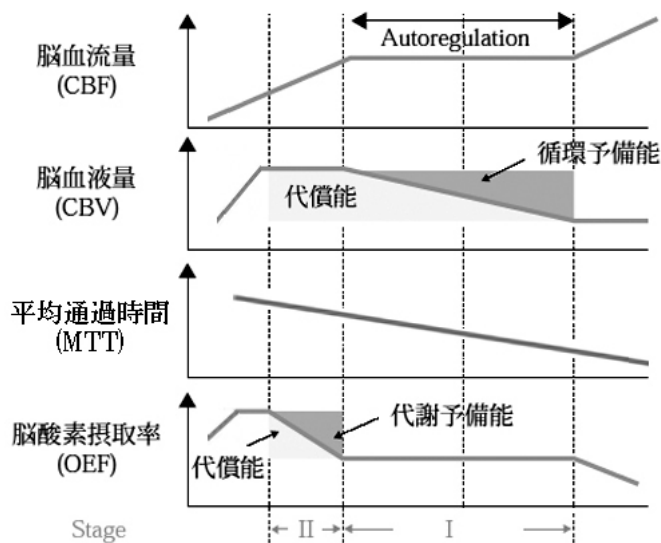
参考資料 1. 脳虚血循環動態と造影灌流画像パラメータについて

造影灌流画像の臨床評価において、平均通過時間 MTT、脳血液量 CBV、脳血流量 CBF、到達時間 TTP が代表的なパラメータである。脳虚血時における脳循環代謝の病態生理と各パラメータの関係を解説する。

脳動脈が狭窄または閉塞し、灌流圧が低下すると、脳毛細血管は自動調節能 (auto-regulation) により拡張し、局所脳血液量 rCBV を増大させて局所脳血流量 rCBF を維持する。この循環予備能により MTT も延長する (Stage I)。循環予備能によって rCBV は上昇するが、この予備能の限界を越えて灌流圧が低下すると、組織は酸素摂取率 OEF

を上昇させて代償する (Stage II)。造影灌流画像から酸素摂取率は測定できない。

さらに灌流圧が低下すると、酸素摂取率上昇でも代償しきれず、組織は梗塞におちいると考えられている。rCBV 低下領域は毛細血管腔が枯渇した状態であり、非可逆的 (梗塞) とされる。(Powers et al. Ann Neurol, 16:546-552,1984 から一部改編)



参考資料 2. Diffusion-perfusion mismatch (DPM) について

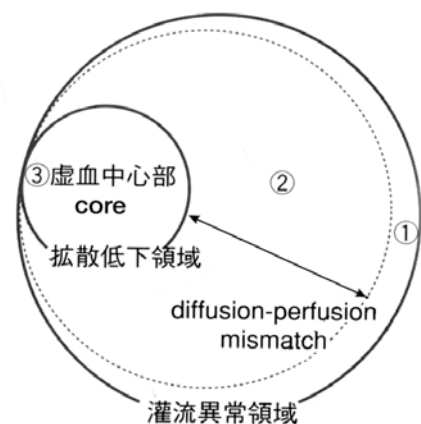
脳虚血超急性期には、中心部に不可逆的な変化に陥った領域 (ischemic core) とその周囲に広がる軽度の虚血領域がある。ペナンプラ (Penumbra) とは core 周囲にある再灌流を行うことにより可逆的な変化を示す虚血領域をいう。Diffusion-perfusion mismatch(DPM)、すなわち灌流異常を認めるも拡散異常がまだ出現していない領域内に、ペナンプラが存在するとされている。灌流異常域をどのパラメータにて評価するか、

DPM 領域が完全にペナンプラと一致するかについてはまだまだ議論があるところである。また DPM 領域は経時的に変化し、時間経過に伴い core (梗塞) の領域が拡大し、DPM は縮小する。

- ①：到達時間 (TTP) 延長領域
- ②：平均通過時間 (MTT) 延長領域、
脳血液量 (CBV) 増加から軽度低下、
CBF 軽度低下
- ③虚血中心部 core (=梗塞)
 - ADC 低下
 - 脳血流量(CBF),脳血液量(CBV)著明に低下

DPM (MTT-DWI mismatch): ②-③

(本ガイドラインで推奨)



参考資料 3. 造影灌流画像の概説

造影灌流画像は、CT ではヨード造影剤、MRI ではガドリニウム造影剤を静注し、経時的に撮影を行う。得られた画像から、造影剤の流入血管ならびに脳組織内を通過する際の時間-濃度曲線を求め、計算を行うことにより、各種血流パラメータが得られる。

CT ではヨード造影剤の濃度に比例して脳実質および血管内の濃度が上昇する。脳組織中の造影剤濃度 $C_t(t)$ を、入力動脈血濃度 $C_a(t)$ と伝達関数 $h(t)$ の Convolution(重畳積分)で表わせると考える。

$$C_t(t) = C_a(t) * h(t) = \int C_a(t-s)h(s)ds$$

経時的な CT データより、脳実質の CT 値変化 $C_t(t)$ 、および動脈内の CT 値変化 $C_a(t)$ を測定し、Deconvolution 操作により $h(t)$ を求めることができ、造影剤の平均組織通過時間(mean transit time, MTT)は、以下の式で求められる

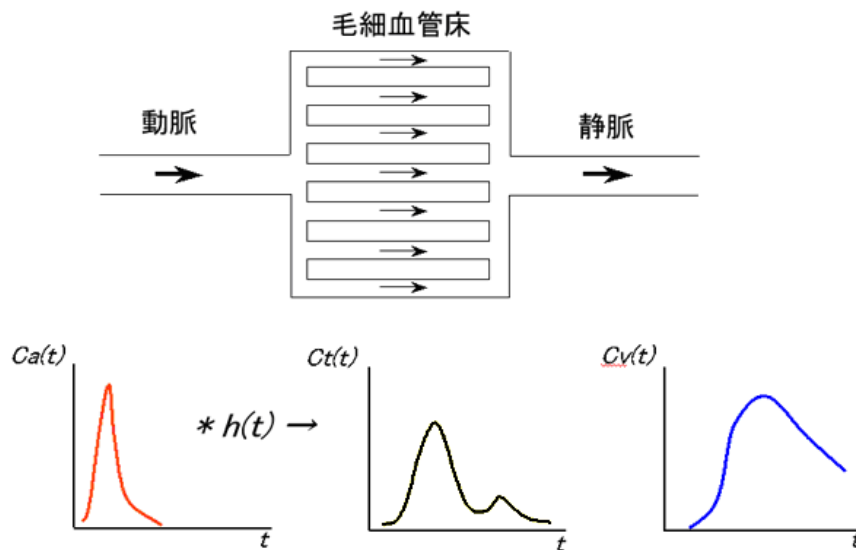
$$MTT = \int h(t)tdt / \int h(t)dt$$

一方、組織内の造影剤量、すなわち脳血液量(cerebral blood volume, CBV)は、曲線 $C_t(t)$ の下の面積(area under the curve, AUC)に比例するので、これを流出路(静脈)の AUC で補正することにより定量値が求められる。

$$CBV = \int C_t(t)dt / \int C_v(t)dt$$

こうして求めた MTT と CBV から、脳血流量(cerebral blood flow, CBF)は次のように求められる(central volume principle).

$$CBF = CBV / MTT$$



一方、MRI ではガドリニウム造影剤は常磁性体であるため、血管内を通過するとき、周囲組織との磁化率の差に基づく磁化率効果(susceptibility effect)により、T2 強調画像あるいは T2* 強調画像において信号強度が低下する。

時間 t におけるボクセル内の造影剤濃度と信号強度の関係は、一般に次の式で表わされる。

$$C(t) = k \cdot \Delta R2^* = -k \cdot \ln [S(t)/S(0)] / TE$$

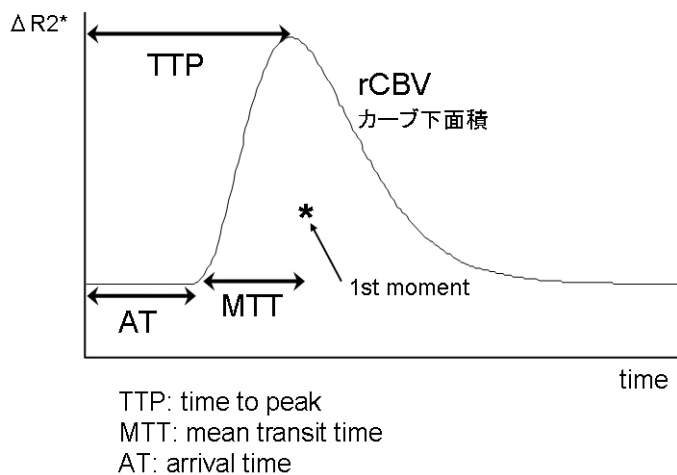
$C(t)$: 時刻 t における造影剤濃度

$\Delta R2^*$: 造影前後の T2* 緩和速度(=1/T2*)の変化

S(t) : 時刻 t における信号強度
 TE : エコー時間
 k: 定数

MRP では時間濃度曲線 (図) から、造影剤のピークまでの時間 (TTP) や一次モーメント法を用いた MTT などを計算する。

MRP でも CTP の場合と同様、deconvolution 法を用いて定量的に CBF, CBV, MTT の各種パラメータを計算することが行われているが、定数 k は、組織、造影剤、磁場強度、撮像シーケンスなどに依存するため、絶対値を求めることは難しいとされる。



参考資料 4 : DIAS における MRI 診断基準

(Hacke W et al. The Desmoteplase in Acute Ischemic Stroke Trial (DIAS): a phase II MRI-based 9-hour window acute stroke thrombolysis trial with intravenous desmoteplase. Stroke, 2005; 36: 66-73 より MRI 所見のみを抜粋)

対象項目 (inclusion criteria)

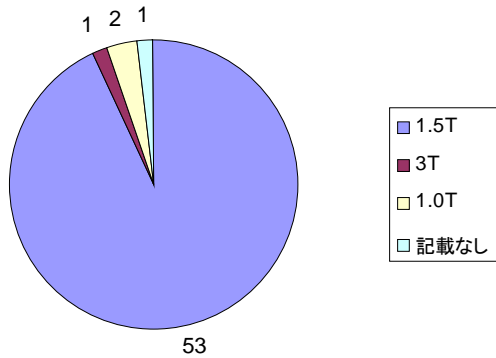
- 少なくとも 20% の PWI/DWI ミスマッチがあること (視覚評価による) *
 - 半球皮質に異常が及んでいること
- *: 灌流画像の評価には TTP, MTT が混在し、統一した基準では行われていない

除外項目 (Exclusion criteria)

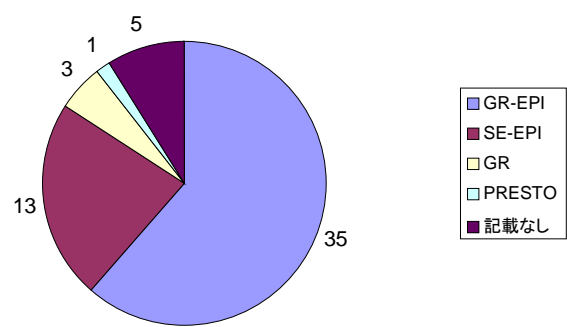
- 脳内出血がある
- くも膜下出血がある
- DWI での異常が MCA 領域の 1/3 以上である
- 灌流異常がない
- 同側の MCA, ACA 閉塞のない、ICA 閉塞症例
- 何らかの異常により DWI/PWI ミスマッチを正確に評価できないとき
- MRI が禁忌である症例

参考資料5 文献評価を行った57施設でのMRPの撮像法、解析法のまとめ

磁場強度



撮像シーケンス



撮像条件

- EPI法でのTR: 260-3300msec 34/47(72%) 1500-2000msec
- TE: GRE法 25-70msec、SE法 42-120msec ばらつきあり
- Slice枚数: 5-19 27/38 (71%) 8-12
- Slice厚: 5-10mm 5-6mmが多い

造影剤注入量

0.05 mmol/kg	1
0.1 mmol/kg	20
0.15 mmol/kg	1
0.2 mmol/kg	18
15 mL	5
20 mL	5
30 mL	2
記載無し	5

造影剤注入速度

2 mL/s	1
4 mL/s	3
5 mL/s	26
>7 mL/s	5
手押し	4
記載無し	18

解析法

