

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：31201
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2017～2019
課題番号：17H04304
研究課題名(和文) 拡散・灌流・磁化率MRIの統合による多角的無侵襲脳循環代謝イメージング法の確立

研究課題名(英文) Establishing multi-parametric noninvasive imaging of cerebral blood flow and metabolism by combining diffusion, perfusion, and susceptibility magnetic resonance imaging technique

研究代表者
佐々木 真理 (Sasaki, Makoto)
岩手医科大学・医歯薬総合研究所・教授

研究者番号：80205864
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：脳循環代謝検査は脳卒中の予防や診療において重要な役割を果たしているが、ゴールドスタンダードであるPETやSPECTは、侵襲性・汎用性・即時性・経済性の点で課題が多い。そこで、MRIによる拡散画像(IVIM)・灌流画像(ASL, MRA)・磁化率画像(QSM)を統合することで、脳血流量、血管反応性、脳血液量、脳酸素摂取率などの機能画像を高精度に算出・推定する独自の画像解析法・判定法を開発した。慢性脳虚血や急性期脳梗塞における精度検証を行い、PET・SPECTの代替となりうる脳循環代謝検査法であることを明らかにした。本手法は、貧困灌流や虚血ペナンプラの新たな無侵襲指標となりうると思われた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって確立した拡散・灌流・磁化率MRIの統合による多角的無侵襲脳循環代謝検査によって、慢性脳虚血および急性期脳梗塞における種々の機能画像を高精度に算出することが可能となり、当該疾患における貧困灌流や虚血ペナンプラ予測指標として用いることで、発症・合併症予測や重症度評価の普及と均てん化に寄与するとともに、治療戦略の決定や有害事象の予防に寄与することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Some of the major issues in assessing cerebral blood flow and metabolism are the invasiveness and feasibility of positron emission tomography (PET) and single-photon emission computed tomography (SPECT). Therefore, we attempted to establish multi-parametric noninvasive methods by combining diffusion, perfusion, and susceptibility-weighted magnetic resonance imaging (MRI) techniques. We developed multiple indices derived from intravoxel incoherent motion (IVIM), arterial spin labeling (ASL), magnetic resonance angiography (MRA), and quantitative susceptibility mapping (QSM) techniques. We found that these metrics were well correlated with cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), or cerebrovascular reactivity (CVR) of PET or SPECT in patients with chronic ischemia or acute stroke. These results indicate that the MRI techniques we established can readily detect misery perfusion in chronic ischemia or ischemic penumbra in acute stroke as alternatives to PET and SPECT.

研究分野：神経放射線診断学

キーワード：神経画像診断学 磁気共鳴画像 脳循環代謝 拡散強調画像 灌流強調画像 磁化率強調画像

1. 研究開始当初の背景

脳卒中診療において種々の画像診断が広く行われているが、なかでも脳循環代謝検査は脳梗塞の急性期・慢性期における治療戦略決定、治療成績向上、治療評価判定、再発予防において重要な役割を果たしている。脳循環代謝検査では、単なる脳血流量 (cerebral blood flow, CBF) のみならず、循環予備能を反映する脳血液量 (cerebral blood volume, CBV) や血管反応性 (cerebrovascular reactivity, CVR)、代謝予備能を反映する脳酸素摂取率 (oxygen extraction fraction, OEF)、好氣的解糖を反映する脳酸素消費量 (cerebral metabolic rate of oxygen, CMRO₂) などの複数の指標を総合的に判定する必要がある。

¹⁵O-陽電子断層撮影 (positron emission tomography, PET) や acetazolamide (ACZ) 負荷単一光子放射断層撮影 (single-photon emission computed tomography, SPECT) は複数の定量指標を高精度に評価可能であり、脳循環代謝検査のゴールドスタンダードとして用いられているが、特殊性 (サイクロトロンなど)、侵襲性 (放射線被曝・動脈採血・薬剤副作用など)、非効率性 (検査時間、検査料など) といった問題のため、脳卒中診療に広く用いることは困難である。一方、磁気共鳴画像 (magnetic resonance imaging, MRI) を用いた手法も試みられているが、汎用性・即時性・経済性の点で有利なもの、CBF など一部の指標しか算出できず、精度にも問題があった。

我々は今まで、造影剤を用いた灌流画像における CBF の定量性向上法の開発と均てん化、定量的磁化率画像 (quantitative susceptibility mapping, QSM) による OEF の無侵襲計測法の開発を世界に先駆けて行い、高い精度を達成可能なことを示してきた。また、磁化率画像、拡散画像、構造画像、血管画像など複数種の MRI 画像を統合し自動解析を行う技術を開発し、種々の脳・精神疾患に応用してきた。

そこで、これらの独自の技術に、最近開発を始めた intravoxel incoherent motion (IVIM) 拡散画像による CBV 計測法などを統合することで、PET・SPECT の代替となりうる多角的な無侵襲 MRI 脳循環代謝検査法を開発できるのではないかとこの着想に至った。

2. 研究の目的

脳循環代謝検査は脳卒中の予防や急性期診療において重要な役割を果たしているが、現在のゴールドスタンダードである ¹⁵O-PET や ACZ-SPECT は、侵襲性・汎用性・即時性・経済性の点で問題が多い。そこで、MRI による拡散・灌流・磁化率画像を統合することで、CBF (灌流能)、CBV (循環予備能)、OEF (代謝予備能) などの多角的な機能画像を高精度に算出する独自の画像解析法を開発し、急性期脳梗塞や慢性脳虚血患者において精度検証を行うことで、¹⁵O-PET や ACZ-SPECT の代替となりうる次世代の無侵襲汎用脳循環代謝検査法を確立することを目的とした。

具体的には、1) IVIM の撮像条件・解析条件の最適化による CBV 高精度算出アルゴリズムの確立、2) 無侵襲灌流画像である arterial spin labeling (ASL) の通過時間補正法・血管信号抑制法の実装による精度向上法の確立、3) 簡易灌流画像である single-slab magnetic resonance angiography (ssMRA) における軟膜側副血行路 (leptomeningeal collateral, LMC) による CVR 推定法の確立、4) 独自の QSM-OEF 画像のベンダー間差異の検証による汎用性の確立を達成するとともに、5) 慢性脳虚血患者や急性期脳梗塞患者における解析結果を PET・SPECT と比較することで、貧困灌流 (misery perfusion) や虚血ペナンプラ (ischemic penumbra) の診断指標としての意義を明らかにすることを目的とした。

本研究によって、慢性脳虚血における脳卒中イベントや術中/術後合併症の予測ならびに急性期脳梗塞における迅速かつ厳密な虚血重症度の評価が容易となり、治療戦略の決定、有害事象の予防、予後の向上に寄与することが期待できる。

3. 研究の方法

本研究は以下の研究体制で実施した。

- ・佐々木研究代表者 (専門領域: 脳神経領域の MRI 画像診断)
研究統括、ASL-CBF 計測の最適化、GE 社・Hitachi 社 MRI による検査の実施
- ・小笠原研究分担者 (専門領域: 慢性脳虚血の外科治療と PET, SPECT による脳循環代謝検査)
慢性脳虚血患者の選択、PET/SPECT 検査の実施
- ・平野研究分担者 (専門領域: 急性期脳梗塞の内科診療と画像診断)
急性期脳梗塞患者の選択、Canon 社 MRI による検査の実施
- ・工藤研究分担者 (専門領域: 脳循環代謝領域の画像診断)
QSM-OEF 計測の最適化、Siemens 社・Philips 社 MRI による検査の実施
- ・上野連携研究者 (専門領域: MRI による脳循環代謝解析)
IVIM-CBV 計測の最適化、ssMRA-LMC 評価法の確立

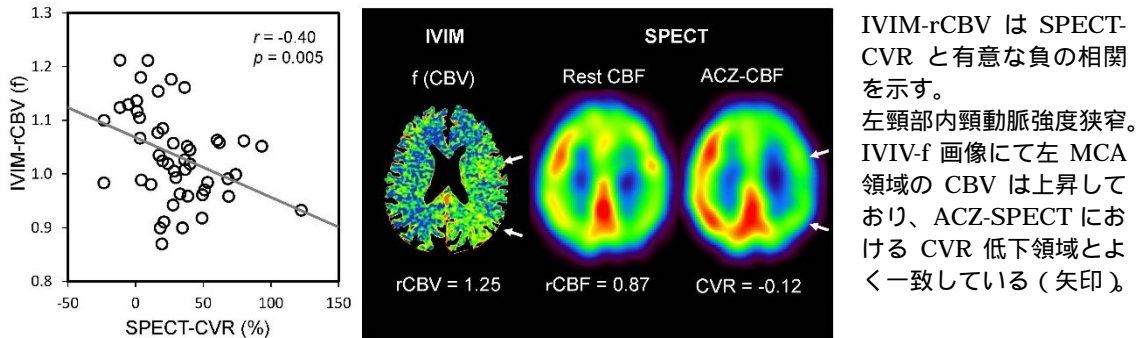
- 1) IVIM-CBVの撮像条件・解析条件の最適化と精度検証
(佐々木研究代表者、小笠原研究分担者、上野連携研究者が担当)
 - a) 健常ボランティアならびに片側頸部内頸動脈強度狭窄による慢性脳虚血患者 60 名を対象に、既設の 3-Tesla MRI (Trillium Oval, Hitachi) を用い、IVIM 元画像 (multishell low-b DWI) を撮像した。患者では ^{123}I -IMP-SPECT (安静時、ACZ 負荷) を撮像し、安静時 CBF 画像・CVR 画像を取得した。
 - b) 得られた IVIM 元データから、独自に開発した解析ソフトウェアを用い、複数の b 値閾値による f, D^* , D 画像を算出し、SPM12 による脳領域選択と閾値処理による血管領域除外を実施したのち、3D-SRT 中大脳動脈 (middle cerebral artery, MCA) 領域 ROI を用いて SPECT-CBF, CVR と比較し、f 画像 (IVIM-CBV) の精度が最も向上する撮像条件・解析条件を検討して、CBV 可視化手法を最適化した。
- 2) ASLの通過時間補正法・血管信号抑制法実装による精度向上法の確立
(佐々木研究代表者、小笠原研究分担者、上野連携研究者が担当)
 - a) 既設の 3-Tesla MRI 2 機種 (MR750, GE Healthcare; Trillium Oval, Hitachi) を用い、Hadamard 符号化ラベリングまたは低解像度多時相撮像による異なるラベル後遅延 (postlabeling delay, PLD) を有する 7 時相画像の取得法とカーブフィッティングによる通過時間 (transit time, TT) 補正法 (TT correction, TTC) の実装を企業と連携して実施した。また、MSDE (motion sensitized driven equilibrium) 法による血管信号抑制法 (vessel suppression, VS) を実装した。
 - b) もやもや病患者 40 名を対象に、上記の撮像シーケンスによる ASL と、 ^{123}I -IMP-SPECT (安静時、ACZ 負荷) を撮像し、3 種類の ASL-CBF 画像 (TTC 無し・VS 無し、TTC 無し・VS 有り、TTC 有り・VS 有り) を作成し、3D-SRT MCA 領域 ROI を用いて SPECT-CBF, CVR と比較し、その精度を検証した。
- 3) ssMRAにおける軟膜側副血行路 (LMC) による CVR 推定法の確立
(佐々木研究代表者、小笠原研究分担者、上野連携研究者が担当)
 - a) 既設の 7-Tesla MRI (MR950, GE Healthcare) を用い、全脳 3D time-of-flight (TOF) ssMRA の撮像条件を最適化するとともに、SPM8 を用いた自動 skull strip 法を開発し、target MIP による全脳 MRA 画像作成法を確立した。
 - b) 片側頸部内頸動脈強度狭窄による慢性脳虚血患者 60 名を対象に、上記の全脳 ssMRA と ^{123}I -IMP-SPECT (安静時、ACZ 負荷) を撮像し、MRA における前大脳動脈 (anterior cerebral artery, ACA)・後大脳動脈 (posterior cerebral artery, PCA) から MCA への LMC を 4 段階の定性指標で視覚的に判定し、SPECT-CVR と比較し、その精度を検証した。
- 4) QSMによるOEF画像のベンダー間差異の検証による汎用性の確立
(佐々木研究代表者、工藤研究分担者、平野研究分担者、上野連携研究者が担当)
 - a) 開発済の独自の解析ソフトウェアの OEF 算出精度向上を目的に、フィルタリング・血管除去アルゴリズムの改良を実施した。
 - b) 5 社の 3-Tesla MRI (MR750, GE Healthcare; Trillium Oval, Hitachi; Vantage Titan, Toshiba; Verio, Siemens; Achieva, Philips) を用い、健常ボランティアを対象に共通プロトコルによる QSM 元画像 (2 shell [$b = 1000/2500$], 20 軸) を撮像し、独自の解析ソフトウェアの DICOM 読込機能を改良するとともに、機種毎にフィルタリング・血管除去パラメータを最適化した。
- 5) 多角的 MRI 脳循環代謝検査法の貧困灌流・虚血ペナンプラ診断能の検討
(佐々木研究代表者、小笠原研究分担者、平野研究分担者、上野連携研究者が担当)
 - a) 頸動脈内膜剥離術 (carotid endarterectomy, CEA) 術前の片側頸部内頸動脈強度狭窄患者 50 名を対象に、IVIM, QSM, ssMRA および PET または SPECT を撮像し、PET/SPECT をゴールドスタンダードとした貧困灌流の診断能および術後合併症 (過灌流) の予測能を受信者操作特性 (receiver operating characteristic, ROC) 解析にて検討した。
 - b) 頸部・頭蓋内主幹動脈狭窄性病変を有する慢性脳虚血患者 65 名を対象に、既設の 7-Tesla MRI (MR950, GE Healthcare) を用いて多時相 QSM 画像を ACZ 投与前後に撮像するとともに ^{15}O -PET を撮像し、QSM 画像の経時的変化を ^{15}O -PET による CBF, CBV, OEF, CMRO_2 と 3D-SRT MCA-ROI を用いて比較することで、ACZ 負荷時の磁化率変化パターンが PET による脳循環代謝指標の反映しうるかを検討した。
 - c) 主幹動脈閉塞による急性期脳梗塞患者 40 名を対象に、既設の 3-Tesla MRI (Vantage Titan, Canon) を用いて QSM 元画像と撮像するとともに、 ^{123}I -IMP-SPECT (安静時) を撮像し、当該装置に最適化した独自の解析ソフトウェアを用いて算出した QSM-OEF を SPECT-CBF と 3D-SRT MCA-ROI を用いて比較することで、虚血ペナンプラ領域を検出可能か検討した。

4. 研究成果

1) IVIM-CBV の撮像条件・解析条件の最適化と精度検証

- 健常ボランティアならびに慢性脳虚血患者の画像をもとに、至適 b 値閾値を特定するとともに、解析ソフトウェアにおけるフィルタ・血管除去アルゴリズムを最適化することで、良好な CBV 画像を取得する手法を確立することができた。
- 片側頸部内頸動脈強度狭窄患者における患側 MCA-ROI の IVIM-CBV 患側/健側比 (rCBV) は SPECT-CVR と有意な負の相関を示し、画像上も IVIM-f 画像の CBV 上昇域は ACZ-CBF 画像の血管反応性低下域とよく一致した (矢印)(図 1)。

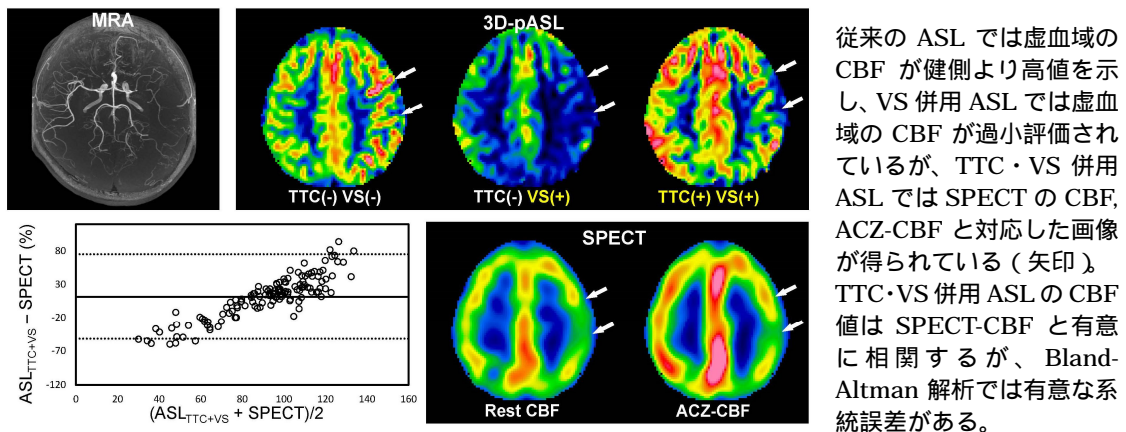
図 1 . IVIM-CBV による慢性脳虚血における貧困灌流の推定



2) ASL の通過時間補正法・血管信号抑制法実装による精度向上法の確立

- 3-Tesla MRI 2 機種種の ASL シークエンスに、企業と連携して Hadamard 符号化ラベリングまたは低解像度多時相撮像機能を実装するとともに MSDE パルスを実装し、7 時相の multi-PLD 画像と VS 画像の取得を可能とした。さらに、2 コンパートメントモデルに基づくカーブフィッティングによる TTC ソフトウェアを装置毎に開発し、TTC/VS-CBF 画像を出力可能とした。
- もやもや病患者における 3 種類の ASL-CBF 画像のうち、TTC 無し・VS 無し画像は病的部位の CBF を過大評価し、TTC 無し・VS 有り画像では CBF を過小評価する傾向にあったが、TTC 有り・VS 有り画像ではこれらの誤差が修正され、SPECT-CBF と有意な相関を示した ($r=0.67$)。一方で、有意な系統誤差を有しており、CBF に加え CVR をも反映していることが示唆された (図 2)。

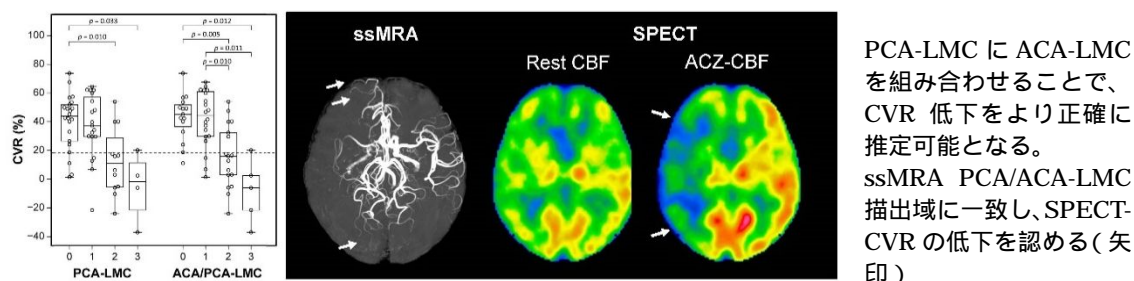
図 2 . TTC・VS 併用 ASL によるもやもや病における CBF の精度向上



3) ssMRA における軟膜側副血行路 (LMC) による CVR 推定法の確立

- 7 Tesla 全脳 3D-TOF ssMRA の撮像条件を最適化することによって、短時間で良好な全脳 MRA 元画像を取得可能とした。また、新たに開発した自動 skull strip 法によって、短時間で安定した全脳 MIP 画像が作成可能となった。
- 片側頸部内頸動脈強度狭窄による慢性脳虚血患者において、PCA-LMC grade 2 以上を呈する例では CVR が有意に低下しており、ACA-LMC grade 2 以上や MCA 順行性描出不良 grade 2 以上に比し優れていた。さらに、ACA/PCA-LMC grade 0-1, 2, 3 間で CVR の有意差を認めた (図 3)。MCA-LMC に ACA-LMC を組み合わせることで、CVR のより正確な推定が可能であることが示唆された。

図3 . ssMRA-LMC による慢性脳虚血における CVR の推定



4) QSM-OEF 画像のベンダー間差異の検証による汎用性の確立

- a) 5 社の 3-Tesla MRI (MR750, GE Healthcare; Trillium Oval, Hitachi; Vantage Titan, Toshiba; Verio, Siemens; Achieva, Philips) のうち 2 社の DICOM データの読み込みに不具合があり、当該企業担当者と連携して解析ソフトウェアの DICOM 読み込み機能を改良し、全ての装置の DICOM データの解析が可能となった。
- b) 機種毎にフィルタのカーネルサイズや血管除去アルゴリズムのパラメータを最適化することで、いずれの装置でも同等の OEF 画像を安定して算出することが可能となった。

5) 多角的 MRI 脳循環代謝検査法の貧困灌流・虚血ペナンプラ診断能の検討

- a) 片側頸部内頸動脈強度狭窄における IVIM, QSM, ssMRA による貧困灌流の予測能は、ROC 曲面下面積(area under the curve, AUC)でそれぞれ 0.76 (95%CI 0.61–0.91, cutoff ≥ 1.07), 0.85 (0.72–0.99, cutoff ≥ 1.09), 0.83 (0.72–0.94, cutoff ≥ 2)であり、高い診断能を有することが示された。
- b) ACZ 負荷前後の多時相 QSM を ^{15}O -PET と比較することで、i) 安静時 QSM-OEF は PET-OEF と高い相関を示すこと ($r=0.87$) ii) ACZ 投与後 5~10 分をピークに磁化率が上昇する例では CBV が有意に上昇していること、iii) ACZ 投与後磁化率不変例では CMRO_2 が有意に低下していることが明らかとなった(図 4)。本手法は、PET のみで取得可能な脳循環代謝指標である OEF, CBV, CMRO_2 の変化を推定可能であることが示唆された。
- c) 急性期脳梗塞患者における MCA 領域の QSM-OEF は SPECT-CBF と有意な負の相関を示した ($r=-0.42$)。さらに、片側閉塞例における QSM-OEF 患側/健側比は SPECT-CBF 患側/健側比と高い負の相関を示し ($r=-0.70$)(図 5) 虚血ペナンプラの評価に利用可能であることが示唆された。

図4 . 多時相 QSM による ^{15}O -PET 指標 (OEF, CBV, CMRO_2) の推定

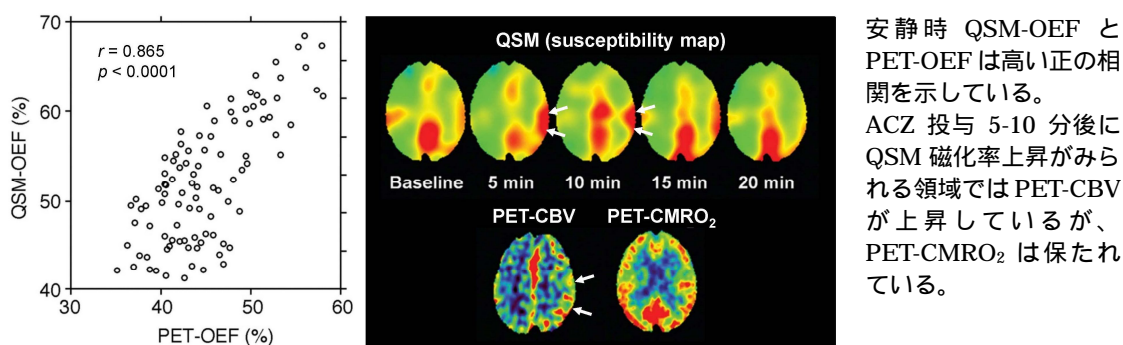
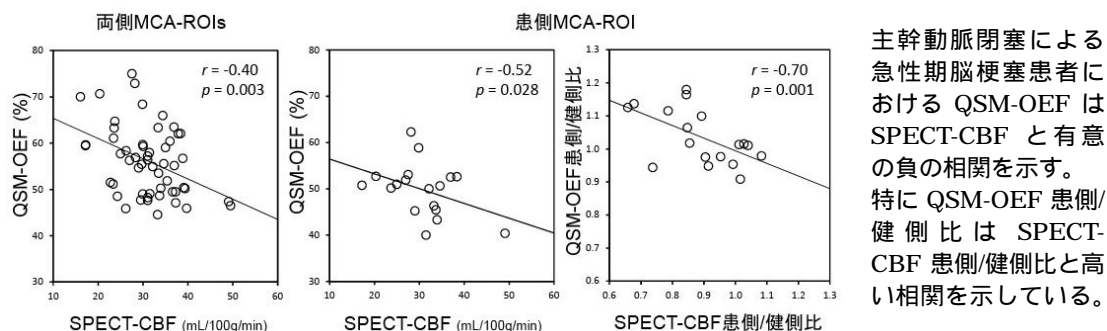


図5 . QSM-OEF による急性期脳梗塞における脳低灌流の推定



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Uwano I, Kameda H, Harada T, Kobayashi M, Yanagihara W, Setta K, Ogasawara K, Yoshioka K, Yamashita F, Mori F, Matsuda T, Sasaki M	4. 巻 -
2. 論文標題 Detection of impaired cerebrovascular reactivity in patients with chronic cerebral ischemia using whole-brain 7T MRA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Fujimoto K., Uwano I., Sasaki M., Oshida S., Tsutsui S., Yanagihara W., Fujiwara S., Kobayashi M., Kubo Y., Yoshida K., Terasaki K., Ogasawara K.	4. 巻 41
2. 論文標題 Acetazolamide-loaded dynamic 7T MR quantitative susceptibility mapping in major cerebral artery steno-occlusive disease: Comparison with PET	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 785 ~ 791
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3174/ajnr.A6508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件（うち招待講演 29件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第10回山口Brain Imaging研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第24回NCNP多発性硬化症カンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤本健太郎、上野育子、佐々木真理、大志田創太郎、筒井章太、柳原普、藤原俊朗、小林正和、久保慶高、寺崎一典、小笠原邦昭
2. 発表標題 慢性脳主幹動脈狭窄・閉塞患者における7T MRI QSMによるアセタゾラマイド投与後の経時的磁化率変化
3. 学会等名 第43回日本脳神経CI学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤本健太郎、上野育子、佐々木真理、大志田創太郎、筒井章太、柳原普、藤原俊朗、小林正和、久保慶高、寺崎一典、小笠原邦昭
2. 発表標題 慢性脳主幹動脈狭窄・閉塞患者における7T MRI QSMによるアセタゾラマイド投与後の経時的磁化率変化：PET 上の脳循環代謝との比較
3. 学会等名 第26回東北脳循環カンファランス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳卒中中の画像診断update
3. 学会等名 第26回東播磨脳卒中フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第28回21世紀脳核医学カンファランス（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 急性期脳梗塞再灌流療法に必要な画像診断
3. 学会等名 第22回日本栓子検出と治療学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 超高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第78回日本脳神経外科学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本健太郎、上野育子、島田泰良、吉田純、大志田創太郎、小島大吾、野村順一、藤原俊朗、小林正和、佐々木真理、小笠原邦昭
2. 発表標題 慢性脳主幹動脈狭窄・閉塞患者における7T MRI QSMによるアセタゾラマイド投与後の経時的磁化率変化
3. 学会等名 第78回日本脳神経外科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳循環代謝のMRI画像診断の現状
3. 学会等名 第6回日本心血管脳卒中学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第73回脳神経外科スキルアップ研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 MRI構造画像の画像解析の現状
3. 学会等名 第28回日本脳ドック学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 MRIに求めるtechnical innomvation
3. 学会等名 第74回日本放射線技術学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳血管病のイメージング
3. 学会等名 第5回日本心血管脳卒中学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳小血管病のMRI
3. 学会等名 第2回日本脳神経外科認知症学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 急性期再開通療法における画像診断の現状
3. 学会等名 第12回東京脳卒中の血管内治療セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 超高磁場MRIによる脳画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第116回日本医学物理学学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳卒中の画像診断－最近の話題
3. 学会等名 いわて脳卒中予防講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Sasaki
2. 発表標題 Imaging of cerebrovascular diseases at 7.0T
3. 学会等名 SIGNA Masters 2018 NeuroSummit (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳卒中と脳循環代謝 超高磁場MRIがめざすもの
3. 学会等名 第61回日本脳循環代謝学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳卒中の画像診断update
3. 学会等名 第4回千葉Neuro-Imaging & Technique研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 超高磁場MRIの現状と将来
3. 学会等名 粒子線がん治療等に関する施設研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳神経画像診断技術の現状と今後
3. 学会等名 第42回脳神経CI学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳血管・脳血管壁の画像診断
3. 学会等名 第44回日本脳卒中学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野育子、藤本健太郎、小笠原邦昭、伊藤賢司、佐々木真理
2. 発表標題 7T高分解能定量的磁化率マッピングを用いた慢性脳虚血患者のOEF計測
3. 学会等名 第46回日本磁気共鳴医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野育子、藤本健太郎、小林正和、小笠原邦昭、伊藤賢司、山下典生、森太志、松田豪、佐々木真理
2. 発表標題 -DWIによるCBV計測：慢性脳虚血患者への応用とSPECTとの比較
3. 学会等名 第25回東北脳循環カンファランス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 心血管・脳血管領域におけるマルチモーダル画像診断の現状
3. 学会等名 第4回日本心血管脳卒中学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 無症候性脳病変、未破裂脳動脈瘤、脳萎縮のMRI
3. 学会等名 第26回日本脳ドック学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳卒中の画像診断update
3. 学会等名 Tokyo Stroke Expert Meeting（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳画像ビッグデータの現状と可能性
3. 学会等名 名古屋大学脳とこころの研究センター脳イメージングセミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 急性期脳梗塞の画像診断update
3. 学会等名 第36回播磨CVDフォーラム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 超高磁場MRIによる脳神経画像診断の新しい展開
3. 学会等名 第47回日本神経放射線学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 神経疾患のMRI画像診断
3. 学会等名 第102回日本神経学会北海道地方会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木真理
2. 発表標題 脳虚血急性期画像診断の展開
3. 学会等名 第43回日本脳卒中学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 水澤英洋, 山口修平, 園生雅弘	4. 発行年 2020年
2. 出版社 南江堂	5. 総ページ数 -
3. 書名 神経疾患最新の治療2021-2023	

1. 著者名 松田 博史、玉岡 晃、柴田 靖、根本 清貴	4. 発行年 2018年
2. 出版社 メディカ出版	5. 総ページ数 352
3. 書名 臨床医・RI技師のための 脳SPECTパーフェクトガイド	

1. 著者名 井川房夫、森田明夫	4. 発行年 2018年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 255
3. 書名 老年脳神経外科診療マニュアル	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小笠原 邦昭 (Ogasawara Kuniaki) (00305989)	岩手医科大学・医学部・教授 (31201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	工藤 與亮 (Kudo Kohsuke) (10374232)	北海道大学・大学病院・准教授 (10101)	
研究 分担者	平野 照之 (Hirano Teruyuki) (50346996)	杏林大学・医学部・教授 (32610)	
連携 研究者	上野 育子 (Uwano Ikuko) (20468317)	岩手医科大学・医学部・助教 (31201)	