

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：31201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K08235

研究課題名（和文）超高磁場MRIを用いた脳脊髄液動態評価による病態診断法の開発

研究課題名（英文）Development of a diagnostic method based on cerebrospinal fluid dynamics assessment using ultra high field magnetic resonance imaging

研究代表者

藤原 俊朗 (Fujiwara, Shunrou)

岩手医科大学・薬学部・講師

研究者番号：60405842

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、超高磁場MRIを用いた脳脊髄液（CSF）動態計測を基軸として、glymphatic systemを構成する排出・伝播・吸収の経路と病態との関わりを明らかにするための新たな完全無侵襲病態診断法の開発を目指していた。最終的に、ヒト用超高磁場7テスラMRIを用いて、健常者および慢性脳虚血症例のCSF動態を3次元的に可視化することに成功した。また、くも膜下腔・脳室・脳槽にて計測した信号値からCSF動態を定量化するために、複数の信号変化関数にてCSF動態を示す係数を推定し、従来使用されていた関数よりも、数理的に高次な関数を用いた方が激しいCSF動態を表現できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳内における新たな脳脊髄液経路の存在が提唱されたことより、これまで詳細が不明であった病態との関連を明らかにするための研究が多く開始された。その一方で、理論的背景を無視した計測手法が氾濫し始めた。本研究で開発された手法は、1) 計測された信号の理論的背景に基づく可視化、2) 定量値推定関数の検証の2点から精度保証されているため、今後、同様の手法を用いた病態解析における基準となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study has aimed to develop a diagnostic method based on cerebrospinal fluid (CSF) dynamics assessment using ultra high field magnetic resonance imaging for clarifying the relation between the glymphatic system and the pathological states in the brain. Finally, we could three-dimensionally visualize CSF dynamics in healthy subjects and patients with chronic ischemia. Then, we approved that the mathematical higher-order function were better than the previous function for quantitatively representing the drastic CSF movement in the anatomical space of the brain like the subarachnoid space, ventricles and cisterns..

研究分野：MRI

キーワード：MRI DWI cerebrospinal fluid brain cerebral ischemia glymphatic system glymphatic pathway

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで、脳内の『水の動き』としては、灌流（血流）と拡散が主に注目されてきた。これらの動きの変化量を画像として捉える試みが数多くなされ、神経画像診断ツールの一つとして病態把握に重要な役割を果たしてきた。特に、灌流強調像（perfusion-weighted imaging: PWI）と拡散強調像（diffusion-weighted imaging: DWI）は、解析技術の発展とともに、あらゆる情報を提供し、現在も盛んに研究が推進されている^{1,2}。

一方、脳脊髄液（cerebrospinal fluid: CSF）は、灌流や拡散に比べ、その排出・伝播・吸収についていまだ不明な点も多いことから画像診断へ応用される機会は、それほど多くなかった。これまで CSF を利用した画像診断としては、computed tomography (CT) であれば脳槽造影やシンチグラフィ、magnetic resonance imaging (MRI) であれば脳槽を通過する神経や血管を確認する heavy T2 強調像や、中脳水道や脳室、橋前槽の流れを動的に把握可能な phase contrast 法を利用した cine MRI、または spin labeling 法を基盤とした time-slip 法などが用いられてきた。しかし、流出場所の特定や流量の定量化は、時間分解能や解像度、信号雑音比の低さから困難であった。

近年、CSF の排出・伝播・吸収に関わる新たな概念として glymphatic system が提案されている^{3,4}。本概念は、動脈・静脈の血管周囲腔が CSF の経路（図 1）として重要な役割を果たしており、その新たな『水の流れ』の駆動力は、脳や血管の拍動とされ、脳実質内を移動している可能性が示唆されている。また、最近の知見では、MRI で用いられるガドリニウム造影剤は、投与後 1.5 時間後から Meckel 腔や迂回槽（四丘大槽を含む）などに移行することで heavy T2 強調 FLAIR 画像での造影増強効果を示し、4.5 時間までに最大造影を示すことが報告された^{5,6}。これは、脳血管関門（blood brain barrier: BBB）を超えない造影剤が、血中から別の経路にて CSF へ移行したことを示す状況証拠といえるが、詳細はいまだ不明である。

上述のように、脳内の『水の動き』を捉えるこれまでの撮像法としては、PWI と DWI が主流であったが、そのうち DWI は、開発時より提唱されている intravoxel incoherent motion (IVIM)⁷ の概念に立ち返ると、元来、拡散・灌流を同時計測可能な手法である。近年、臨床機である 3 Tesla MRI (3TMRI) の普及によって、従来困難であった脳循環に関する IVIM-DWI の臨床応用も報告され始めている^{8,9}。さらに、高い信号雑音比を有する超高磁場ヒト用 7TMRI が登場したことで、一度の撮像によって灌流・拡散現象の詳細な解明が劇的に進む可能性がある。

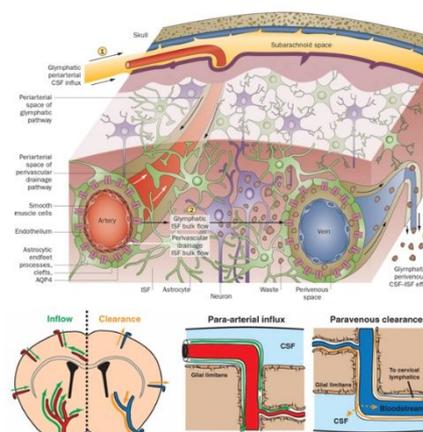


図 1 Glymphatic system 概念図^{3,5}
動脈・静脈各周囲腔における脳脊髄液の排出・吸収を基盤としている。

参考文献

1. Suo S, et al. NMR Biomed 2016;29:320-328.
2. Wannamaker R, et al. Stroke 2018;49:1426-1433.
3. Iliff JJ, et al. Sci Transl Med 2012;4:147ra111.
4. Tarasoff-Conway JM, et al. Nat Rev Neurol 2015;11:457-470.
5. Naganawa S, et al. Magn Reson Med Sci 2017;16:89-90.
6. Taoka T, et al. Magn Reson Med Sci 2018.
7. Le Bihan D, et al. Radiology 1988;168:497-505.
8. Zhang CE, et al. Stroke 2017; 48: 658-663.
9. Suo S, et al. NMR Biomed 2016; 29: 320-8.

2. 研究の目的

本研究では、超高磁場 MRI を基盤として glymphatic system を構成する排出・伝播・吸収経路と病態との関連を明らかにし、CSF 評価に基づく新たな完全無侵襲病態診断法確立を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、研究期間を 3 年とし、以下の達成によって glymphatic system の経路を解明し、CSF 動態評価に基づく新たな病態診断法の可能性について明らかにする：

1. 『慢性脳虚血症例では、健常者に比べ、脳血流同様に CSF の流れが低下（鬱滞）しており、血行再建術後に改善する』という仮説を立て、血行再建術前後の脳室や血管周囲

腔、脳実質内における CSF の IVIM-DWI パラメータが術前後に変化するか、また ^{15}O -positron emission tomography (^{15}O -PET) または single photon emission computed tomography (SPECT) にて評価した脳循環代謝量と相関するか明らかにする。研究期間全体での目標症例数は、健常者 30 例、慢性脳虚血症例 90 例とする。

- 慢性脳虚血における CSF 動態異常所見に基づく病態診断法を確立し、最終的に、特発性水頭症や脳腫瘍といった他の病態診断法への発展を目指す。

【初年度】

- 超高磁場ヒト用 7T MRI における IVIM-DWI 撮像 (研究協力者)
 - 健常者に加え、慢性脳虚血症例として、もやもや病、内頸動脈狭窄・閉塞症を対象とし、血行再建術前 1 ヶ月以内、術後 1 ヶ月以降 3 ヶ月以内に撮像する
症例については、同時期に ^{15}O -PET/SPECT にて脳循環代謝量 (脳血液量: CBV、脳血流量: CBF、脳酸素消費量: CMRO₂、脳酸素摂取率: OEF) も評価する。
 - 臨床応用を想定し、撮像範囲は $2 \times 2 \times 2$ [mm³] にて全脳、b 値は 0 ~ 2000 [s/mm²] で 9 個、拡散テンソル解析も可能とするため motion probing gradient は 6 軸以上とする。
- CSF 信号計測と信号減衰曲線からの IVIM-DWI パラメータ推定 (藤原、吉岡、和田)
 - 各 b 値で取得された DWI 画像上の、側脳室前角および後角、Monro 孔、第 3 脳室、四丘大槽、中脳水道、第 4 脳室などに関心領域 (region of interest: ROI) を配置する。また、上記以外に glymphatic system の経路の一つとして存在が指摘されている上矢状静脈洞周囲などの血管周囲腔を含む領域に対しても ROI を配置する。
 - 各 ROI 内の平均信号強度を算出し、b 値を横軸とした CSF 信号減衰曲線を描出し、平均信号強度から IVIM-DWI パラメータ推定を行う。脳室などに配置したボクセル内の CSF 水分子の動きは脳実質内とは異なり自由水に近いため、IVIM における拡散項を mono-exponential model^{9, 10} とした下記式にてパラメータを推定する：
$$S = S_0[f_{\text{ivim}}\exp(-bD^*) + (1-f_{\text{ivim}})\exp(-b\text{ADC})]$$

ただし、S: DWI 信号値、S₀: T2 強調信号値、f_{ivim}: 灌流と同程度の速度で移動する CSF の割合、b [s/mm²]: 拡散強調調整値、D* [mm²/s]: 疑似拡散係数、ADC [mm²/s]: みかけの拡散係数。
各パラメータが健常者の値に比べて、a) D* または ADC が低下、または、b) D* と ADC は不変で f_{ivim} が減少した場合、速度が遅い CSF が増加したと考えられ、鬱滞が疑われる。
- 健常者と慢性脳虚血症例との IVIM-DWI パラメータの統計学的比較 (藤原、別府)
推定された各 IVIM パラメータについて、健常者と、慢性脳虚血症例血行再建術前、術後の 3 群間で有意差検定を行う。このとき、術前に健常者より低値であった ADC 値が、術後に健常者と同程度になっていれば、脳血流の改善によって CSF の鬱滞が改善した可能性が高い。その検証のため、IVIM-DWI パラメータと、 ^{15}O -PET/SPECT にて得られた脳循環代謝量、特に CBF との統計学的相関関係も明らかにする。

【次年度】

- 超高磁場ヒト用 7T MRI における IVIM-DWI 撮像 (研究協力者)
初年度で予定症例数を達成できなかった場合は、次年度も引き続き撮像を継続する。
- 脳実質内 CSF の IVIM-DWI パラメータ推定 (藤原、吉岡)
 - 初年度の直接的な CSF 計測に加え、脳実質内 CSF 計測を実施する。ROI は、前・中・後大脳動脈の各灌流域に配置し、初年度同様に ROI 内平均信号強度を算出する。
 - 脳実質内 CSF のパラメータ推定では、a) 制限拡散を考慮する必要があること、b) CSF と細胞由来の水分子からの信号に加え、灌流が混在していることの 2 点から、直接的な CSF 計測と同じ信号モデルを用いることはできない。そこで、以下の手順で、灌流の影響を除外し、脳実質内 CSF と細胞内拡散を評価することとする：
 - CSF は灌流より遅く、細胞内の拡散よりも速いと仮定
 - 灌流の影響をほぼ無視できる b [s/mm²] > 200 の DWI 画像だけを用いて解析
 - 制限拡散を考慮した以下の kurtosis model を適用：
$$S = S_0[f_{\text{ivim}}\exp(-bD^*) + (1-f_{\text{ivim}})\exp\{-b\text{ADC} + K(b\text{ADC})^2/6\}]$$
 (K: 制限拡散係数)
ただし、S: DWI 信号値、S₀: T2 強調信号値、f_{ivim}: CSF 割合、b [s/mm²]: 拡散強調調整値、D* [mm²/s]: CSF 拡散係数、ADC [mm²/s]: 細胞内水拡散係数。
- 脳実質内 CSF の IVIM-DWI パラメータ統計学的比較 (藤原、吉岡、和田、別府)
2 で推定された脳実質内 CSF の IVIM-DWI パラメータも、健常者と、慢性脳虚血症例血行再建術前、術後の 3 群間で有意差検定を行い、脳循環代謝量との統計学的比較を行う。

【最終年度】

- 超高磁場ヒト用 7T MRI における IVIM-DWI 撮像 (研究協力者)
 - 次年度までに健常者と慢性脳虚血の予定症例数を達成できなかった場合は、最終年度も引き続き撮像を継続する。

- (イ) 別途健常者10例を1ヶ月間の間を空けて2度同様の撮像を実施し、正常域を決定する。特発性水頭症と脳腫瘍（髄膜腫および膠芽腫）についても、シャント術または摘出術前後に撮像を実施する。目標症例数は、それぞれ5例、10例、10例とする。
2. 全脳 CSF 動態マップの作成（藤原、吉岡）
初年度、次年度で実施した IVIM-DWI パラメータ推定を、ROI 内の平均信号強度ではなく各ボクセルにて行い、全 IVIM-DWI パラメータをマップ化する。
 3. 全脳 CSF 動態マップによる glymphatic system 経路特定（藤原、吉岡、和田、別府）
慢性脳虚血症例血行再建術後の CSF 動態マップから、術前のマップを引いた差分画像を作成し、CSF 動態が異常変動した領域を確認する。異常変動の定義は、上記で2度撮像した健常者10例のデータの、各ボクセルにおける差分値の平均値±標準偏差×2 を超えた値と定義する。他病態のデータに対しても実施し、これによって、CSF の排出・伝播・吸収に関わる glymphatic system 経路を特定する。

4. 研究成果

当初の研究期間は3年間であったが、2回の研究期間延長を経て5年を要した。理由としては、コロナウイルス感染症の拡大により、1) 外部からの健常被験者を病院が隣接する研究施設にて撮像することが困難であったこと、2) 患者または患者予備軍が病院受診を控えたことなどが影響し、症例数を予定通り集めることができなかった。最終的には、超高磁場7TMRIにて健常者17例、慢性脳虚血症例（もやもや病および一側性内頸動脈狭窄症）100例以上の撮像を実施できた。撮像データのうち、当初早期に撮像を終えていた健常者10例について解析を実施し、CSF動態を3次元的に可視化可能な新たな手法であるDWI-fluidographyを開発した（図1）。また、脳内におけるくも膜下腔、脳室、脳槽など12領域に関心領域を配置して計測した信号値から、CSF動態を定量的に評価するための係数を関数当てはめ処理を用いて推定した。この係数推定には、信号変化をモデル化した関数が使用されるが、どの関数がCSF動態をよく推定できるかこれまで明らかになっていなかったため、従来から使用されてきた関数（従来関数）と従来式を数理的に1次元上げた関数（高次関数）の2種類を用いて推定された係数を比較した。その結果、これまで常識的に用いられてきた従来関数では、激しくCSFが動くと思われ領域における係数が過小評価されている可能性が明らかとなった。これらの結果から、脳内でみられるCSF動態を定量的に推定する場合、計測する領域によって、従来関数と高次関数を使い分ける必要があると考えられた。すなわち、脳内におけるCSF動態はCSFが満たされた領域の場所によって大きく異なることが示された。本内容については、研究期間内に国際誌（Fujiwara S, et al. Magn Reson Med Sci 2024）や複数の国内外の学会にて報告した。現在、健常者17例のうち、画質不良の4例を除外した13例の7TMRIのデータを用いて、一般臨床で使用可能な1.5TMRI（中核病院内装置）または3TMRI（本学病院内装置）でも撮像可能なパラメータの最適化に向けたさらなる解析を進めている。また、慢性脳虚血症例のうち、もやもや病20例については7TMRIおよび¹⁵O-PETの解析を終えていたが、4症例追加となったため、そちらの追加解析を終え次第、国際誌への報告を予定している。一方で、一側性内頸動脈狭窄症については、血行再建術前後の撮像を現在も継続している。現時点での症例数が25例であり、統計学的には必ずしも多くはないが、30例を超えた段階で解析を開始する予定としている。

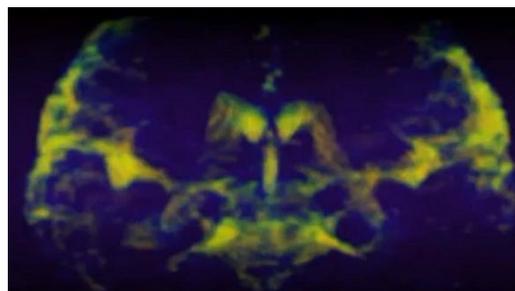


図1 DWI-fluidography
（健常者：正面）

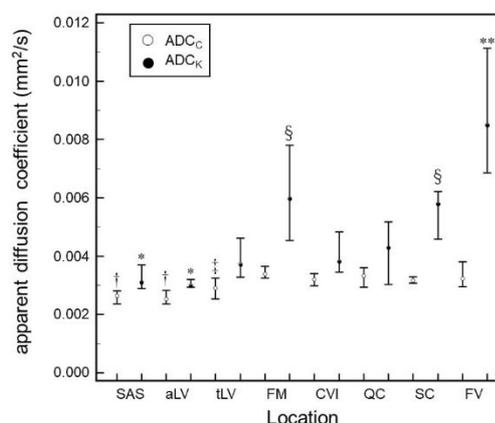


図2 CSF 動態推定係数の違い
従来関数による推定値(ADCC)は、すべての計測領域において、高次関数による推定値(ADCK)より低値であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Fujiwara Shunrou, Ogasawara Kuniaki, Chida Kohei, Ogasawara Yasushi, Nomura Jun-ichi, Oshida Sotaro, Fujimoto Kentaro, Tsutsui Shota, Setta Kengo, Yoshioka Yoshichika	4. 巻 -
2. 論文標題 Feasibility of Diffusion-weighted Imaging (DWI) for Assessing Cerebrospinal Fluid Dynamics: DWI-fluidography in the Brains of Healthy Subjects	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Sciences	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） 10.2463/mrms.mp.2022-0152	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 Kimura Kazuto, Kubo Yoshitaka, Dobashi Kazumasa, Katakura Yasukazu, Chida Kohei, Kobayashi Masakazu, Yoshida Kenji, Fujiwara Shunrou, Terasaki Kazunori, Kawamura Tsuyoshi, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 90
2. 論文標題 Angiographic, Cerebral Hemodynamic, and Cognitive Outcomes of Indirect Revascularization Surgery Alone for Adult Patients With Misyery Perfusion due to Ischemic Moyamoya Disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 676 ~ 683
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1227/neu.0000000000001907	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 -
1. 著者名 Tsutsui S., Matsuda T., Takeda K., Sasaki M., Kubo Y., Setta K., Fujiwara S., Chida K., Ogasawara K.	4. 巻 43
2. 論文標題 Assessment of Heating on Titanium Alloy Cerebral Aneurysm Clips during 7T MRI	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 972 ~ 977
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3174/ajnr.A7561	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 -
1. 著者名 Uchida Shun, Kubo Yoshitaka, Oomori Daisuke, Yabuki Masahiro, Kitakami Kei, Fujiwara Shunrou, Yoshida Kenji, Kobayashi Masakazu, Terasaki Kazunori, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Long-Term Cognitive Changes after Revascularization Surgery in Adult Patients with Ischemic Moyamoya Disease	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cerebrovascular Diseases Extra	6. 最初と最後の頁 145 ~ 154
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1159/000521028	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 Setta K., Matsuda T., Sasaki M., Chiba T., Fujiwara S., Kobayashi M., Yoshida K., Kubo Y., Suzuki M., Yoshioka K., Ogasawara K.	4. 巻 42
2. 論文標題 Diagnostic Accuracy of Screening Arterial Spin-Labeling MRI Using Hadamard Encoding for the Detection of Reduced CBF in Adult Patients with Ischemic Moyamoya Disease	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 1403 ~ 1409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3174/ajnr.A7167	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 Kobayashi M, Igarashi S, Takahashi T, Fujiwara S, Chida K, Terasaki K, Kubo Y, Ogasawara K.	4. 巻 11
2. 論文標題 Optimal timing for measuring cerebral blood flow after acetazolamide administration to detect preexisting cerebral hemodynamics and metabolism in patients with bilateral major cerebral artery steno-occlusive diseases: 150 positron emission tomography studies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Am J Nucl Med Mol Imaging	6. 最初と最後の頁 507 ~ 518
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 Igarashi Suguru, Ando Toshihiko, Takahashi Tatsuhiko, Yoshida Jun, Kobayashi Masakazu, Yoshida Kenji, Terasaki Kazunori, Fujiwara Shunrou, Kubo Yoshitaka, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 NONE
2. 論文標題 Development of cerebral microbleeds in patients with cerebral hyperperfusion following carotid endarterectomy and its relation to postoperative cognitive decline	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 1 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3171/2020.7.JNS202353	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 -

1. 著者名 Takahashi Tatsuhiko, Fujiwara Shunrou, Igarashi Suguru, Ando Toshihiko, Chida Kohei, Kobayashi Masakazu, Yoshida Kenji, Koji Takahiro, Kubo Yoshitaka, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Comparison of Subjective and Objective Assessments on Improvement in Gait Function after Carotid Endarterectomy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6590 ~ 6590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20226590	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 -

1. 著者名 Chida Kohei, Shimada Yasuyoshi, Fujimoto Kentaro, Yoshida Jun, Kojima Daigo, Fujiwara Shunrou, Kobayashi Masakazu, Yoshida Kenji, Sasaki Makoto, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 29
2. 論文標題 Identification of the Distal End of Carotid Plaque Using 3-Dimensional Fast Spin Echo T1-Weighted Magnetic Resonance Plaque Imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases	6. 最初と最後の頁 104680 ~ 104680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104680	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 Ogasawara K, Fujiwara S, Chida K, Terasaki K, Sasaki M, Kubo Y	4. 巻 9
2. 論文標題 Reduction in amyloid deposition on 18F-florbetapir positron emission tomography with correction of cerebral hypoperfusion after endarterectomy for carotid stenosis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Nucl Med Mol Imaging	6. 最初と最後の頁 316-320
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 Ando Toshihiko, Shimada Yasuyoshi, Fujiwara Shunrou, Yoshida Kenji, Kobayashi Masakazu, Kubo Yoshitaka, Terasaki Kazunori, Ando Satoshi, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 91
2. 論文標題 Revascularisation surgery improves cognition in adult patients with moyamoya disease	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry	6. 最初と最後の頁 332 ~ 334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/jnnp-2019-321069	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 Takahashi Tatsuhiko, Kobayashi Masakazu, Fujiwara Shunrou, Kubo Yoshitaka, Terasaki Kazunori, Ogasawara Kuniaki	4. 巻 45
2. 論文標題 Decrease in 18F-Florbetapir Accumulation in the Cerebral Hemisphere With Hypoperfusion and Misyery Perfusion Due to Chronic Atherosclerotic Occlusion of the Internal Carotid Artery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Nuclear Medicine	6. 最初と最後の頁 e115 ~ e116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RLU.0000000000002774	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13件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Fujiwara S, Ogasawara K, Chida K, Akamatsu Y, Koji T, Miyoshi K, Oikawa K, Yoshida J, Kubo Y, Yoshioka Y.
2. 発表標題 Diffusion-weighted imaging-based fluidography for assessing cerebrospinal fluid dynamics in the brains
3. 学会等名 International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM2024) (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Fujiwara S, Ogasawara K, Chida K, Ogasawara Y, Nomura J-I, Oshida S, Fujimoto K, Tsutsui S, Setta K, Yoshioka Y.
2. 発表標題 3D cerebral fluidography for assessing cerebrospinal fluid dynamics using diffusion-weighted imaging at human 7 Tesla MRI
3. 学会等名 Computer Assisted Radiology and Surgery 2023 (CARS2023) (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fujiwara S, Ogasawara K, Chida K, Akamatsu Y, Koji T, Miyoshi K, Oikawa K, Yoshida J, Kubo Y, Yoshioka Y.
2. 発表標題 Feasibility of high-order signal model for assessing cerebrospinal fluid dynamics using diffusion-weighted imaging
3. 学会等名 European Society of Neuroradiology 2023 (ESNR2023) (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤原 俊朗
2. 発表標題 拡散強調像を用いた脳脊髄液動態の評価
3. 学会等名 第65回日本脳循環代謝学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 俊朗
2. 発表標題 脳脊髄液動態評価における拡散強調像の可能性
3. 学会等名 第24回日本正常圧水頭症学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 俊朗, 小笠原 邦昭, 千田 光平, 小笠原 靖, 野村 順一, 大志田創太郎, 藤本健太郎, 筒井 章太, 吉岡 芳親
2. 発表標題 DWI-fluidographyを用いた脳脊髄液の動きの可視化とその定量化
3. 学会等名 日本磁気共鳴医学会Neurofluidスタディグループ第3回会合（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原 俊朗, 小笠原 邦昭, 千田 光平, 小笠原 靖, 野村 順一, 大志田創太郎, 藤本健太郎, 筒井 章太, 吉岡 芳親
2. 発表標題 DWI-fluidographyを用いた脳脊髄液の動きの可視化とその定量化
3. 学会等名 第64回日本脳循環代謝学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原 俊朗, 小笠原 邦昭, 千田 光平, 小笠原 靖, 野村 順一, 大志田創太郎, 藤本健太郎, 筒井 章太, 吉岡 芳親
2. 発表標題 DWI-fluidographyを用いた脳脊髄液の動きの可視化とその定量化
3. 学会等名 第49回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原 俊朗、森 勇樹、Daniela Martinez de la Mora、赤松 洋祐、吉田 研二、柴田 祐二、増田 友之、小笠原 邦昭、吉岡芳親
2. 発表標題 超高磁場11.7TMR1におけるIVIMパラメータを用いた両側総頸動脈閉塞ラット脳虚血部位の推定
3. 学会等名 第48回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原 俊朗、森 勇樹、Daniela Martinez de la Mora、赤松 洋祐、吉田 研二、柴田 祐二、増田 友之、小笠原 邦昭、吉岡芳親
2. 発表標題 超高磁場11.7TMR1におけるIVIMパラメータを用いた両側総頸動脈閉塞ラットにおける生体内水動態変化の計測
3. 学会等名 第63回日本脳循環代謝学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原 俊朗、森 勇樹、Daniela Martinez de la Mora、赤松 洋祐、吉田 研二、柴田 祐二、増田 友之、小笠原 邦昭、吉岡芳親
2. 発表標題 超高磁場11.7TMR1拡散強調像に基づくIVIMパラメータを用いた両側総頸動脈閉塞ラット脳虚血変化の検出
3. 学会等名 第46回日本脳卒中学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujiwara S, Mori Y, de la Mora DM, Ogasawara K, Yoshioka Y.
2. 発表標題 Intravoxel incoherent motion perfusion magnetic resonance imaging of water molecules in the rat cortex after common carotid artery occlusion at 11.7T.
3. 学会等名 Computer Assisted Radiology and Surgery 2019 (CARS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujiwara S, Mori Y, de la Mora DM, Yoshida K, Ogasawara K, Yoshioka Y.
2. 発表標題 Detection of ischemic changes in the rat cortex after common carotid artery occlusion using intravoxel incoherent motion diffusion-weighted magnetic resonance imaging at 11.7T.
3. 学会等名 Brain & Brain PET 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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	吉岡 芳親 (Yoshioka Yoshichika) (00174897)	大阪大学・生命機能研究科・特任教授(常勤) (14401)	
研究分担者	和田 司 (Wada Tsukasa) (00275570)	岩手医科大学・医学部・特任准教授 (31201)	
研究分担者	別府 高明 (Beppu Takaaki) (70275543)	岩手医科大学・医学部・教授 (31201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------