

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K16791

研究課題名（和文）小児脳腫瘍のPrecision Diagnosisの確立

研究課題名（英文）Precision Diagnosis for pediatric brain tumor

研究代表者

菊地 一史（Kikuchi, Kazufumi）

九州大学・医学研究院・助教

研究者番号：20529838

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では小児脳腫瘍患者において、MRIのmultiparametric解析を用いて、術前悪性度評価に寄与する因子を明らかにした。これにより、正確な画像診断を通じて生検の回避や最適な生検部位の決定、MRIシーケンスの優先順位や選択を支援することが期待される。腫瘍内部の均一性を示す値と腫瘍血流量を示すCBFが、良悪性の鑑別に最も有用な因子であることが判明した。特に鎮静が必要な小児患者においては、これらのパラメータを優先して撮像することが重要である。本研究の結果により、正確な脳腫瘍の診断、造影剤の使用省略による注射およびアレルギー反応の回避、鎮静に伴う副作用の回避、医療費の抑制が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、小児脳腫瘍の術前診断において、MRIのmultiparametric解析が悪性度評価に有効であることを明らかにした点にある。特に、腫瘍内部の均一性を示す値と腫瘍血流量を示すCBFが良悪性の鑑別に寄与することを示したことは、臨床現場における診断精度の向上が期待される。これにより、生検の回避や部位の適正化が行われ、患者の負担を軽減できる可能性がある。社会的意義は、MRIシーケンスの選択と優先順位の最適化により、鎮静や造影剤使用のリスクを低減し、医療費の抑制が期待される。また、正確な診断によって治療計画が適切に立てられ、治療効果の向上や予後の改善に繋がることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to identify factors that contribute to the preoperative assessment of brain tumor grading in pediatric patients using multiparametric MR analysis. By achieving accurate imaging diagnostics, it is expected to avoid biopsies or determine the optimal biopsy sites and assist in the prioritization and selection of MR sequences. It was found that value, which indicates tumor homogeneity, and CBF, which indicates tumor blood flow, are the most useful factors for distinguishing between benign and malignant tumors. Prioritizing these parameters in imaging is critical, especially in pediatric patients who require sedation. The results of this study are expected to lead to accurate diagnosis of brain tumors, avoid the use of contrast agents and their associated injections and allergic reactions, minimize sedation-related side effects, and reduce medical costs.

研究分野：神経放射線医学

キーワード：MRI 小児脳腫瘍 拡散強調画像 Arterial Spin Labeling Stretched DWI CEST Amide Proton Transfer

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

我が国において小児脳腫瘍は、小児がんの約 20%と白血病の次に多い腫瘍である¹⁾。小児脳腫瘍は成人と比較して、腫瘍の種類や頻度が大きく異なり、小児にのみに発生する特徴的な腫瘍も存在する¹⁾。また、脳腫瘍の発生過程における遺伝子の異常が小児と成人では大きく異なることが先行研究により明らかとなった¹⁾。このように成人脳腫瘍とは大きく異なり、組織学的種類も多く、術前診断は熟練した放射線診断専門医にとっても困難なことがある²⁾。

画像診断の進歩により上記問題を解決しうる手法が提案されている。ひとつは MRI の各種シーケンスを用いた multiparametric 解析で、MRI では腫瘍組織の内部性状の違いを画像化および定量化が可能で、計測で得られた結果を組み合わせることにより、腫瘍組織の組成を推定し、診断能の向上が期待される²⁾。さらに画像そのものの質感、すなわちテクスチャーを計測するのが、Radiomics と呼ばれる手法で、画像の特徴量を抽出し、そこから関連する遺伝子異常を検出する手法が、Radiogenomics である³⁾。もうひとつの手法は機械学習を含む人工知能 artificial intelligence (AI) を用いたもので、特徴量の抽出から遺伝子異常の検出、さらには最終診断に至る全てを担うことが可能である⁴⁾。いずれも手法も人間の目には捉えられないものを「見る」ための手法であり、形態を超えた正確な診断が期待される。

本研究では、上記手法を用いて精細な術前画像診断が可能となることで、画像診断技術の応用につながるだけでなく、術前生検リスクの減少及び遺伝子異常をターゲットとした分子標的薬の使用による治療成績の向上が期待される。今日では、小児脳腫瘍の画像診断のゴールドスタンダードは MRI であり、今回の手法では、造影剤を用いずに脳腫瘍の診断能向上が期待され、特に子供においては造影剤省略による注射の回避、造影剤が引き起こすアレルギー反応の回避、造影剤不使用による医療費の削減が期待される。

2. 研究の目的

本研究の最終目標は、正確な画像診断による生検の回避もしくは最適な生検部位の決定、最適な治療法の選択と決定、患児の予後と生活の質 (QOL) の改善とそれによる保護者の負担の軽減である。

3. 研究の方法

今日、小児脳腫瘍の画像診断のゴールドスタンダードは MRI であり、造影剤を用いずに脳腫瘍の質的評価が行える撮像法として以下のものがある。

【拡散強調画像 Diffusion Weighted-Imaging (DWI)】

従来から腫瘍の細胞密度を反映した手法として、mono-exponential model を用いた apparent diffusion coefficient (ADC) が小児脳腫瘍のみならず、全身の癌の評価に用いられてきたが、この指標は組織内の微小灌流の情報が混入し、灌流と拡散を分けて評価できないといった問題点が指摘されていた。この問題点を解決するために登場したのが、bi-exponential model である²⁾。さらには組織内の不均一性の指標である heterogeneity index を測定可能な手法として、stretched-exponential model の報告が成人の glioma⁵⁾や乳癌などで報告されているが、小児脳腫瘍に関する報告はない。これらの mono-, bi-, stretched-exponential DWI は撮像時間を増やすことなく、一度の撮像で位置ずれなく、さらに非造影で施行可能であり、小児脳腫瘍の性状評価を行うことが可能である。

【動脈血スピンラベル画像 Arterial Spin Labeling (ASL)】

動脈血を磁氣的にラベルし、非造影で脳血流量の評価が可能であり、腫瘍のみならず虚血性脳血管障害やアルツハイマー病などの変性疾患にも応用されている。小児脳腫瘍の良悪性度判定に有用であることが明らかにされている⁶⁾。

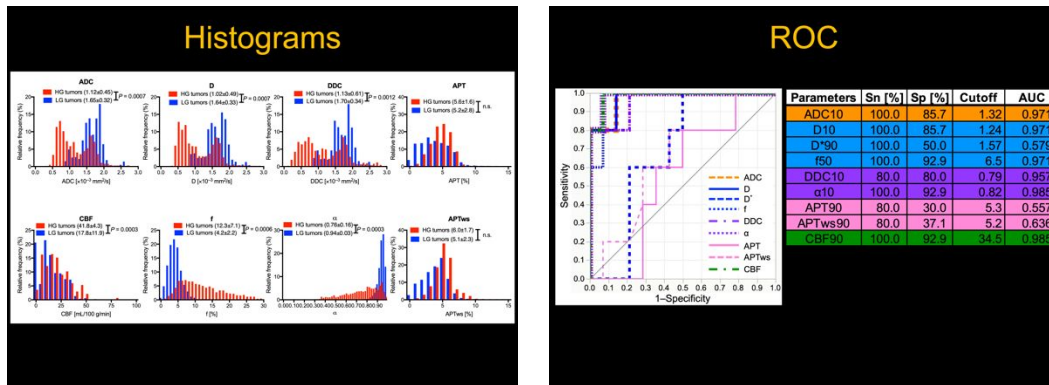
【化学交換飽和移動画像 Chemical Exchange Saturation Transfer (CEST)】

CEST イメージングは 2000 年に発見された MRI の新たなコントラストに基づく分子イメージング法である。本手法は、組織中のアミド (-NH) やヒドロキシル (-OH) などの溶質とバルク水の間で生じるプロトンの化学交換にもとづく画像法である。このうち特にバルク水の+3.5 ppm の共鳴周波数を持つ内因性のアミドによるものを Amide Proton Transfer (APT) イメージングと呼び、組織中の可動性タンパク/ペプチドによるコントラストが得られる。APT イメージングは成人脳腫瘍の悪性度判定における有用性が報告されており⁷⁾、CEST 法の特異度を増加させる手法も報告されている⁸⁾。

いずれのイメージング法も造影剤や放射性トレーサーを用いることなく定量的評価が可能のため非侵襲的な検査法であり、子供にとって負担の少ない検査と言える。それぞれ撮像法では、組織中内で見ているものが異なり、各パラメータを組み合わせることで多角的に評価することで、腫瘍内部を多面的に捉え、診断精度の向上が期待される。

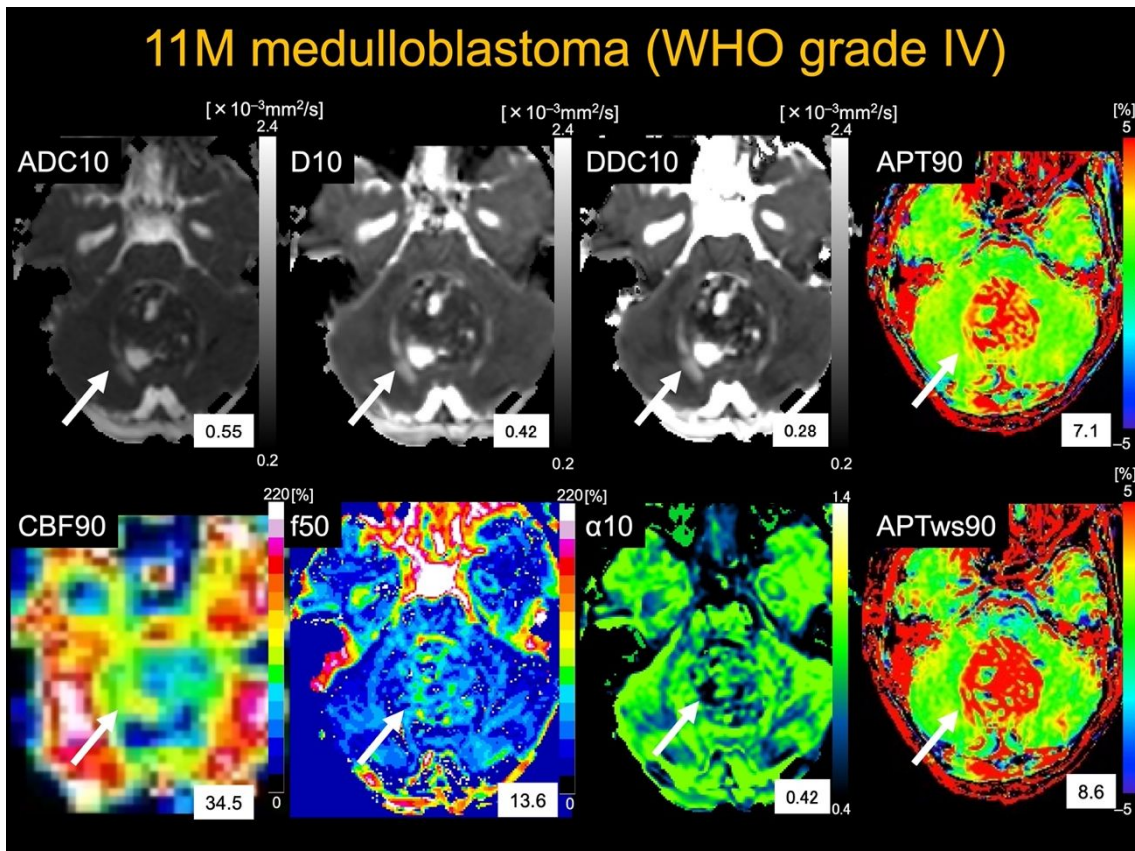
4. 研究成果

Multiparametric 解析の結果では、各種拡散係数のパラメーターは、高悪性度小児脳腫瘍が低悪性度腫瘍と比べて、有意に低い結果を示した ($P < 0.001$ for all)。各種腫瘍血流のパラメーターは、高悪性度腫瘍が低悪性度腫瘍と比べて、有意に高い結果を示した ($P < 0.001$ for all)。腫瘍内部の均一性の高悪性度腫瘍が低悪性度腫瘍と比べて、有意に低い結果を示した ($P = 0.0003$)。腫瘍内の蛋白量のパラメーターは、高悪性度と低悪性度の間で有意差がみられなかった。

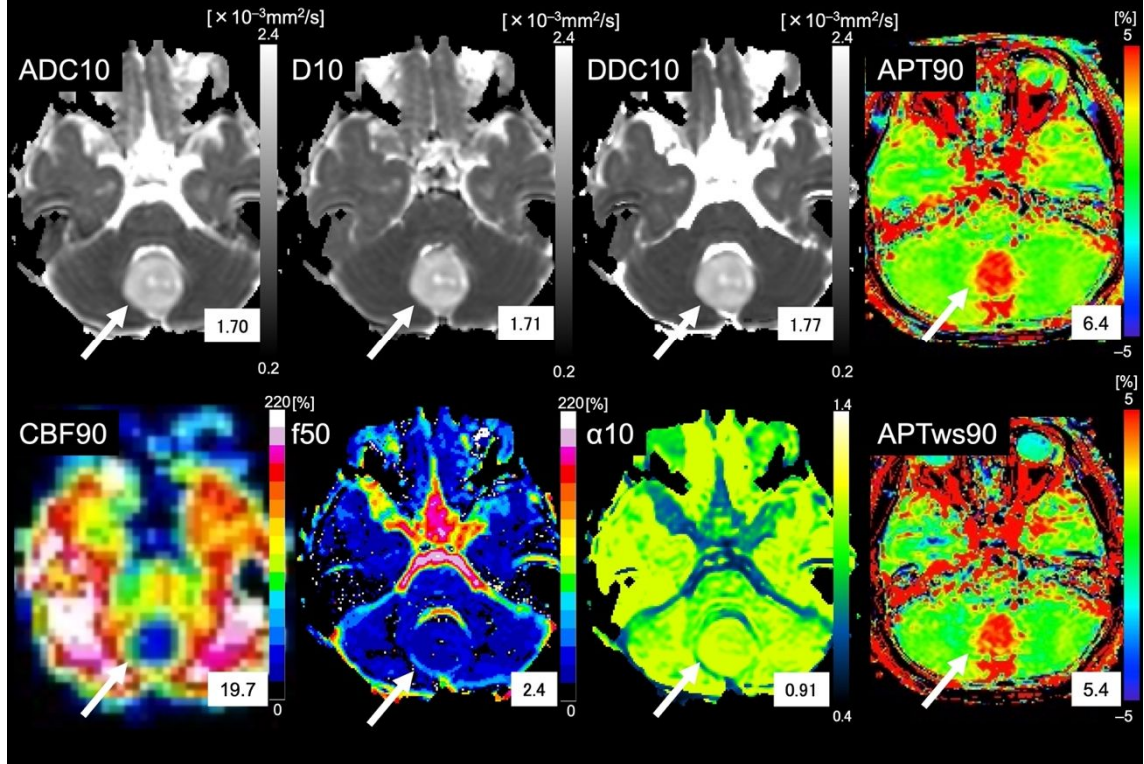


診断能の指標となる ROC (Receiver Operating Characteristic) 解析では、腫瘍内部の均一性のパラメーター (α 10 パーセントイル) と腫瘍血流のパラメーター (CBF 90 パーセントイル) が、AUC (Area under the curve) 0.985 と最高値を示した。

高悪性度小児脳腫瘍 (medulloblastoma, WHO Grade IV) と低悪性度小児脳腫瘍 (pilocytic astrocytoma, WHO Grade I) の代表的症例を示した。



6M pilocytic astrocytoma (WHO Grade I)



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Wada Tatsuhiro, Togao Osamu, Tokunaga Chiaki, Oga Masahiro, Kikuchi Kazufumi, Yamashita Koji, Yamamoto Hidetaka, Yoneyama Masami, Kobayashi Koji, Kato Toyoyuki, Ishigami Kousei, Yabuuchi Hidetake	4. 巻 158
2. 論文標題 Grading of gliomas using 3D CEST imaging with compressed sensing and sensitivity encoding	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 110654 ~ 110654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejrad.2022.110654	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 Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Momosaka Daichi, Kikuchi Yoshitomo, Kuga Daisuke, Hata Nobuhiro, Mizoguchi Masahiro, Yamamoto Hidetaka, Iwaki Toru, Hiwatashi Akio, Ishigami Kousei	4. 巻 12
2. 論文標題 Quantitative relaxometry using synthetic MRI could be better than T2-FLAIR mismatch sign for differentiation of IDH-mutant gliomas: a pilot study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-13036-0	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 Wada Tatsuhiro, Tokunaga Chiaki, Togao Osamu, Hiwatashi Akio, Kikuchi Kazufumi, Yoneyama Masami, Kobayashi Koji, Kato Toyoyuki, Yoshimoto Koji, Ishigami Kousei, Yabuuchi Hidetake	4. 巻 92
2. 論文標題 Three-dimensional chemical exchange saturation transfer imaging using compressed SENSE for full z-spectrum acquisition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 58 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mri.2022.05.014	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 Kusunoki Masaaki, Nakayama Tomohiro, Nishie Akihiro, Yamashita Yasuo, Kikuchi Kazufumi, Eto Masatoshi, Oda Yoshinao, Ishigami Kousei	4. 巻 95
2. 論文標題 A deep learning-based approach for the diagnosis of adrenal adenoma: a new trial using CT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The British Journal of Radiology	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) 10.1259/bjr.20211066	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 Hasuzawa Suguru, Tomiyama Hirofumi, Murayama Keitaro, Ohno Aikana, Kang Mingi, Mizobe Taro, Kato Kenta, Matsuo Akira, Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Nakao Tomohiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Inverse Association Between Resting-State Putamen Activity and Iowa Gambling Task Performance in Patients With Obsessive-Compulsive Disorder and Control Subjects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychiatry	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) 10.3389/fpsy.2022.836965	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 Kikuchi Yoshitomo, Togao Osamu, Kikuchi Kazufumi, Momosaka Daichi, Obara Makoto, Van Cauteren Marc, Fischer Alexander, Ishigami Kousei, Hiwatashi Akio	4. 巻 32
2. 論文標題 A deep convolutional neural network-based automatic detection of brain metastases with and without blood vessel suppression	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Radiology	6. 最初と最後の頁 2998 ~ 3005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00330-021-08427-2	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 Takase Hanae, Togao Osamu, Kikuchi Kazufumi, Hata Nobuhiro, Hatae Ryusuke, Chikui Toru, Tokumori Kenji, Kami Yukiko, Kuga Daisuke, Sangatsuda Yuhei, Mizoguchi Masahiro, Hiwatashi Akio, Ishigami Kousei	4. 巻 95
2. 論文標題 Gamma distribution model of diffusion MRI for evaluating the isocitrate dehydrogenase mutation status of glioblastomas	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The British Journal of Radiology	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) 10.1259/bjr.20210392	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 Togao O., Obara M., Kikuchi K., Helle M., Arimura K., Nishimura A., Wada T., Murazaki H., Van Cauteren M., Hiwatashi A., Ishigami K.	4. 巻 43
2. 論文標題 Vessel-Selective 4D-MRA Using Superselective Pseudocontinuous Arterial Spin-Labeling with Keyhole and View-Sharing for Visualizing Intracranial Dural AVFs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 368 ~ 375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3174/ajnr.A7426	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 Togao Osamu, Obara Makoto, Yamashita Koji, Kikuchi Kazufumi, Arimura Koichi, Nishimura Ataru, Nakamizo Akira, Wada Tatsuhiro, Tokunaga Chiaki, Mikayama Ryoji, Yamashita Yasuo, Hamano Hiroshi, Van Cauteren Marc, Ishigami Kousei, Baba Shingo	4. 巻 65
2. 論文標題 Assessment of cerebral perfusion in moyamoya disease with dynamic pseudo-continuous arterial spin labeling using a variable repetition time scheme with optimized background suppression	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 529 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-022-03095-5	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 Takagi Katsuhiro, Kikuchi Kazufumi, Hiwatashi Akio, Togao Osamu, Sangatsuda Yuhei, Kuga Daisuke, Mizoguchi Masahiro, Yamamoto Hidetaka, Iwaki Toru, Ishigami Kousei	4. 巻 10
2. 論文標題 Papillary craniopharyngioma coexisting with an intratumoral abscess in a pediatric patient: A case report and review of the literature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Radiologica Open	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/20584601211030661	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 Kusunoki Masaoki, Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Momosaka Daichi, Kikuchi Yoshitomo, Kuga Daisuke, Hata Nobuhiro, Mizoguchi Masahiro, Iihara Koji, Suzuki Satoshi O., Iwaki Toru, Akamine Yuta, Hiwatashi Akio	4. 巻 62
2. 論文標題 Differentiation of high-grade from low-grade diffuse gliomas using diffusion-weighted imaging: a comparative study of mono-, bi-, and stretched-exponential diffusion models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 815 ~ 823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-020-02456-2	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 Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Momosaka Daichi, Nakayama Tomohiro, Kitamura Yoshiyuki, Kikuchi Yoshitomo, Baba Shingo, Sagiyama Koji, Ishimatsu Keisuke, Kamei Ryotaro, Mukae Nobutaka, Iihara Koji, Suzuki Satoshi O., Iwaki Toru, Hiwatashi Akio	4. 巻 -
2. 論文標題 Diagnostic accuracy for the epileptogenic zone detection in focal epilepsy could be higher in FDG-PET/MRI than in FDG-PET/CT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Radiology	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) 10.1007/s00330-020-07389-1	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 Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Isoda Takuro, Nishimura Ataru, Arimura Koichi, Nakamizo Akira, Yoshimoto Koji, Ishigami Kousei	4. 巻 14
2. 論文標題 Brain volume measured by synthetic magnetic resonance imaging in adult moyamoya disease correlates with cerebral blood flow and brain function	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-024-56210-2	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 Kikuchi Kazufumi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Momosaka Daichi, Kikuchi Yoshitomo, Kuga Daisuke, Yuhei Sangatsuda, Fujioka Yutaka, Narutomi Fumiya, Obara Makoto, Yoshimoto Koji, Ishigami Kousei	4. 巻 66
2. 論文標題 Comparison of diagnostic performance of radiologist- and AI-based assessments of T2-FLAIR mismatch sign and quantitative assessment using synthetic MRI in the differential diagnosis between astrocytoma, IDH-mutant and oligodendroglioma, IDH-mutant and 1p/19q-codeleted	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 333 ~ 341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-024-03288-0	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 Yamashita Koji, Togao Osamu, Kikuchi Kazufumi, Kuga Daisuke, Sangatsuda Yuhei, Fujioka Yutaka, Yoshimoto Koji, Ishigami Kousei	4. 巻 66
2. 論文標題 The cortical high-flow sign of oligodendroglioma, IDH-mutant and 1p/19q-codeleted: comparison between arterial spin labeling and dynamic susceptibility contrast methods	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 187 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-023-03267-x	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 Motomura Yuki, Fukuzaki Ayaka, Eto Sanami, Hirabayashi Naoki, Gondo Motoharu, Izuno Satoshi, Togao Osamu, Yamashita Koji, Kikuchi Kazufumi, Sudo Nobuyuki, Yoshihara Kazufumi	4. 巻 42
2. 論文標題 Alexithymia characteristics are associated with salience network activity in healthy participants: an arterial spin labeling study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physiological Anthropology	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) 10.1186/s40101-023-00336-1	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 Yamashita Koji, Yoneyama Masami, Kikuchi Kazufumi, Wada Tatsuhiro, Murazaki Hiroo, Watanuki Hiroaki, Mikayama Ryoji, Ishigami Kousei, Togao Osamu	4. 巻 11
2. 論文標題 Reproducibility of quantitative ADC, T1, and T2 measurement on the cerebral cortex: Utility of whole brain echo-planar DWI with compressed SENSE (EPICS-DWI): A pilot study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Radiology Open	6. 最初と最後の頁 100516 ~ 100516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejro.2023.100516	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 Yamashita Koji, Togao Osamu, Kikuchi Kazufumi, Kuga Daisuke, Sangatsuda Yuhei, Fujioka Yutaka, Kinoshita Izumi, Obara Makoto, Yoshimoto Koji, Ishigami Kousei	4. 巻 65
2. 論文標題 Cortical high-flow sign on arterial spin labeling: a novel biomarker for IDH-mutation and 1p/19q-codeletion status in diffuse gliomas without intense contrast enhancement	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 1415 ~ 1418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-023-03186-x	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2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 菊地一史、梅尾 理、桃坂大地、菊池嘉朋、樋渡昭雄
2. 発表標題 毛様細胞性星細胞腫とびまん性星細胞腫の比較: 非造影MRIによるヒストグラム解析
3. 学会等名 第79回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kikuchi K, Togao O, Momosaka D, Kikuchi Y, Hiwatashi A.
2. 発表標題 Differentiation between Pilocytic Astrocytomas and Diffuse Astrocytomas using DWI, ASL, and CEST: A Histogram Analysis.
3. 学会等名 ASNR 58th Annual Meeting & NER Foundation Symposium 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 安陪 等思、平井 俊範、吉浦 敬、上谷 浩之	4. 発行年 2023年
2. 出版社 金原出版	5. 総ページ数 400
3. 書名 症例で学ぶ中枢神経の画像診断 [Web動画付]	

〔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
研究協力者	山下 孝二 (Yamashita Koji)	九州大学大学院医学研究院・九州大学大学院医学研究院・助教講師 (17102)	
研究協力者	梅尾 理 (Togao Osamu)	九州大学大学院医学研究院・分子イメージング・診断学講座・准教授 (17102)	
研究協力者	石神 康生 (Ishigami Kousei)	九州大学大学院医学研究院・九州大学大学院医学研究院・教授 (17102)	

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
---------	---------