

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K15826

研究課題名（和文）PETとMRIを活用した神経膠腫の分子生物学的プロファイルに迫る術前診断法の確立

研究課題名（英文）Investigation of a method for predicting the molecular biological profile of glioma using PET and MRI.

研究代表者

坂田 昭彦（Sakata, Akihiko）

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：10838981

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、MRIから得られる形態・細胞密度・血流情報、PETから得られる糖代謝や低酸素といった代謝情報を用い、神経膠腫におけるIDH変異・TERTp変異などの分子生物学的情報を非侵襲的に予測する手法を検討することである。我々はFMISO-PETから得られる低酸素領域が、神経膠腫のIDH変異の予測に有用であることを示した。さらに、我々はIDH野生型を対象に、形態情報に加えPET・MRIから得られた半定量的な指標を用いた解析を行った。本手法から得られたバイオマーカーは組織学的な悪性度の判定には有用であったが、TERTp変異型と野生型の間では有意差を認めず、その予測は困難と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究開始時FMISO-PETを用いた腫瘍の分子生物学的特徴の検討は行われておらず、腫瘍の低酸素領域がIDH野生型の予測に有用であることを明らかにすることができた。さらに、IDH野生型神経膠腫のみを対象としたTERTp変異と画像の関連を評価した研究はごく限られている。本検討ではTERTp変異の有無によって、画像から得られたバイオマーカーには有意差を認めなかったが、神経膠腫の組織学的な悪性度とは有意な相関が見られた。見方を変えれば、画像診断技術を用い神経膠腫の分子生物学的プロファイルを評価・予測する際に、組織学的悪性度が交絡因子となり得ることを示したとも言える結果であった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to investigate a noninvasive method to predict molecular biological information such as IDH and TERTp mutations in gliomas using morphology, cell density, and blood flow information from MRI and metabolic information such as glucose metabolism and hypoxia from PET. We have shown that hypoxic regions obtained from FMISO-PET are useful for predicting IDH mutations in gliomas. Furthermore, we analyzed the IDH wild type using semi-quantitative indices obtained from PET and MRI in addition to morphological information. Although the biomarkers obtained from this method were useful in determining histological malignancy, we found no significant difference between TERTp mutant and wild-type gliomas, suggesting that their prediction is difficult.

研究分野：放射線医学

キーワード：神経膠腫 低酸素 糖代謝 IDH TERT

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

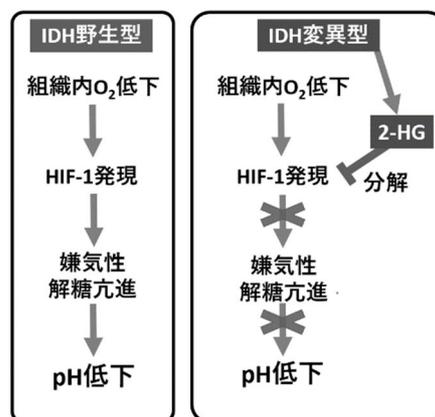
脳腫瘍の診療において画像検査は不可欠な検査である。MRI は腫瘍の局在や進展範囲の評価に有用である。さらに、MRI から得られるイメージング・バイオマーカーは脳腫瘍の病理組織学的な特徴と相関があり、腫瘍の組織学的悪性度を反映する指標として用いられてきた。

近年、脳腫瘍、特に神経膠腫の診療においては、組織学的な悪性度に加え、様々な遺伝子変異の重要性が明らかとなってきた。中でも、isocitrate dehydrogenase (*IDH*) 遺伝子変異の有無は重要な予後規定因子であり、*IDH* 変異型神経膠腫は野生型神経膠腫に比べ予後が良好であることが知られている [1]。しかし、MRI から得られるバイオマーカーを用いた *IDH1* 変異の診断能については十分な見解の一致が得られておらず、MRI だけでなく、PET など複数の画像診断技術を用いることで、再現性のある分子生物学的悪性度の予測手法の確立が望まれていた。

さらに 2021 年には WHO 脳腫瘍分類が第 5 版に改訂され、神経膠腫における分子生物学的特徴の重要性が高まった [2,3]。とりわけ、*IDH* 野生型神経膠腫においては、組織学的には低悪性度にも関わらず、telomerase trascrptor promoter (TERTp)の変異を有する症例は高悪性度神経膠腫(分子生物学的膠芽腫)として扱うこととなった。しかし、分子生物学的膠芽腫の臨床画像の特徴については、十分な検討が行われていなかった [4,5]。

2. 研究の目的

これまで PET をはじめとする核医学検査は、脳腫瘍内の糖やアミノ酸などの代謝情報、腫瘍内の低酸素領域やホルモンレセプターの発現といった生物学的な特性を観察するために用いられてきたが、こうした核医学検査から得られる「生体内の代謝・微小環境の情報」と神経膠腫の「遺伝子変異を含めた悪性度との関連性」に関しては十分な検討はなされていなかった。本研究ではとくに *IDH* 変異は低酸素誘導因子と関連することが知られていることに着目し [6]、MRI から得られる腫瘍の細胞密度や灌流量、糖代謝を反映する ^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG)-PET、低酸素領域に集積する ^{18}F -fluoromisonidazole (FMISO)-PET から得られる様々なイメージング・バイオマーカーの組み合わせにより、より正確な *IDH1* 変異の診断および予後予測モデルの作成を目指すものである。また *IDH* 野生型低悪性度神経膠腫の予後因子である TERTp の変異の有無についても、MRI と PET から得られたバイオマーカーを用いた予測モデルの作成を行うこととした。



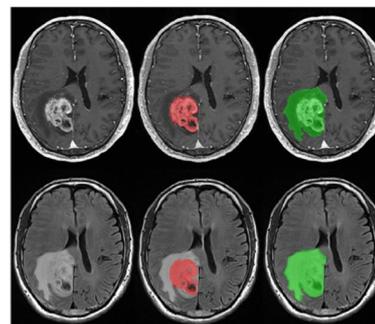
3. 研究の方法

(1) FMISO-PET と拡散強調像を用いた *IDH* 変異予測モデルの確立

当院にて 2015 年から 2018 年にかけて *IDH* 変異の有無が確定し、FMISO-PET を行った組織学的に高悪性度神経膠腫患者 35 名を対象とし、以下のような解析を行った。

MRI の FLAIR 画像 (および造影 T1 強調像で描出される腫瘍領域(それぞれ HIA : high intensity area, CET : contrast enhanced tumor と定義)の半自動式の抽出によるマスクを作成した [7])。

を用い、FMISO の腫瘍への集積 (SUV: standardized uptake value) を計測した。同様に、拡散強調像から得られる見かけの拡散係数 (ADC: apparent diffusion coefficient, 腫瘍の細胞密度を反映するとされる) も計測した。得られた定量値に関しては正常白質から得られた定量値を用いて正規化をしたうえで、ヒストグラム解析を行い、以下の半定量的なバイオマーカーを得た: $r\text{SUV}_{\text{max}} \cdot r\text{SUV}_{\text{mean}}$ (最大値・平均値) $\cdot r\text{ADC}_{10\text{pct}}$ (下位 10 パーセンタイル値) $\cdot r\text{ADC}_{\text{mean}}$



上記を *IDH* 野生型神経膠腫と *IDH* 変異型神経膠腫の 2 群で比較を行った。半定量的なバイオマーカーを用い、*IDH* 変異の予測モデルの作成を行った。

(2) MRI/PET を用いた *IDH* 野生型神経膠腫の TERTp 変異の予測モデルの確立

当院にて 2000 年から 2020 年の間に *IDH* 野生型であることが確定され、TERTp 変異の状態が診断されている 2016 年 WHO 分類で grade / 神経膠腫患者 59 名を対象とし、以下の項目を評価した。

形態学的特徴

部位、島/視床/脳幹や脳梁の involvement、石灰化、皮質病変、上衣下への伸展、辺縁の性状、嚢胞形成、造影効果、出血、多中心性、壊死などの有無について、2名の放射線科医が評価を行った。

半定量的評価

(1) 同様に、半自動的に抽出された腫瘍領域において、拡散強調像から得られる ADC 値、造影灌流画像から得られる rCBV のヒストグラムデータ、FDG-PET から得られる tumor-to-normal ratio : T/N ratio (SUV_{max} /対側の正常白質の SUV) を算出した。

評価した項目について TERTp 変異型と TERTp 野生型の間で比較した。さらに組織学的悪性度の違いについても検討を追加した。

4. 研究成果

(1) FMISO-PET と拡散強調像を用いた IDH 変異予測モデルの確立

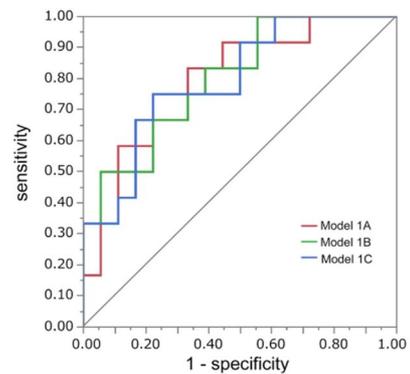
対象者は IDH 野生型膠芽腫が 22 人、IDH 変異型星細胞腫ならびに乏突起膠腫がそれぞれ 9 名、4 名であった。

IDH 野生型神経膠腫は、 $rSUV_{mean}$ in HIA および $rSUV_{mean}$ in CET が IDH 変異型神経膠腫と比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$)。

さらに、 $rSUV_{mean}$ in HIA と $rADC_{10pct}$ in CET および $rSUV_{max}$ および $rADC_{10pct}$ in CET、 $rSUV_{mean}$ in HIA と $rADC_{1mean}$ in CET の組み合わせが、IDH 野生型神経膠腫と IDH 変異型神経膠腫の鑑別に有用であることを示した (いずれの組み合わせでも Area Under the Curve = 0.80)。

本研究から、腫瘍の低酸素領域の多寡を半定量的に評価することで、組織学的高悪性度神経膠腫において、IDH 変異の有無を評価しうる可能性が示された。

[Wang Y, Fushimi Y,..., Sakata A, et al. Jpn J Radiol 41, 2023: 1255-1264.]



(2) MRI/PET を用いた IDH 野生型神経膠腫の TERTp 変異の予測モデルの確立

対象患者は IDH 野生型神経膠腫のうち、TERTp 野生型は 35 人、TERTp 変異型は 24 人だった。TERTp 野生型の中で Grade は 15 人、 は 20 人、TERTp 野生型の中で Grade は 13 人、 は 11 人であった。

TERTp 野生型と変異型で形態学的特徴の比較を行ったが、有意差のある特徴はなかった。

TERTp 野生型と変異型で ADC、CBV、T/N ratio を比較したが、有意差は認められなかった。詳細な結果は下記の Table に記載の通りである。

Grade と Grade で比較したところ、いずれのパラメータにおいても有意差が認められた。

	TERTp-wildtype	TERTp-mutant	p value
ADC			
mean	1.47 (1.24-1.61)	1.4 (1.32-1.55)	0.8
kurtosis	1.44 (-0.08-2.45)	1.01 (0.09-3.17)	0.87
skewness	0.72 (0.27-1.14)	0.64 (0.23-1.14)	1
5th	1.12 (0.90-1.24)	1.07 (1.02-1.16)	0.89
10th	1.19 (0.95-1.30)	1.13 (1.07-1.22)	0.89
rCBV			
mean	1.8 (1.42-2.64)	2.18 (1.71-3.42)	0.32
kurtosis	5.45 (2.46-9.39)	6.56 (2.48-10.9)	0.75
skewness	1.82 (1.27-2.68)	2.22 (1.44-2.77)	0.06
90th	5.5 (3.97-8.22)	6.15 (4.80-10.0)	0.2
95th	7.27 (4.91-10.7)	8.42 (7.04-12.7)	0.23
99th	13.4 (7.23-14.4)	14.5 (11.4-16.9)	0.15
FDG-PET			
T/N ratio	2.02 (1.54-3.24)	2.04 (1.70-3.11)	0.63

本検討からは、IDH 野生型神経膠腫において、FDG-PET および拡散強調像・灌流強調像は従来の報告同様組織学的な悪性度のサロゲートマーカーとしては有用であるものの、TERT p 変異によって規定される分子生物学的な悪性度の評価には不十分であり、さらなる解析手法の開発が必要と考えられた。[Ikeda S, Sakata A, Okuchi S, Eur J Radiol. 2023 Feb;159:110658.]

<引用文献>

- 1 Yan H, Parsons DW, Jin G et al (2009) IDH1 and IDH2 mutations in gliomas. *N Engl J Med* 360:765-773
- 2 Louis DN, Perry A, Wesseling P et al (2021) The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Neuro Oncol* 23:1231-1251
- 3 Arita H, Yamasaki K, Matsushita Y et al (2016) A combination of TERT promoter mutation and MGMT methylation status predicts clinically relevant subgroups of newly diagnosed glioblastomas. *Acta Neuropathol Commun* 4:79
- 4 Park CJ, Han K, Kim H et al (2021) MRI Features May Predict Molecular Features of Glioblastoma in Isocitrate Dehydrogenase Wild-Type Lower-Grade Gliomas. *AJNR Am J Neuroradiol* 42:448-456
- 5 Mesny E, Barritault M, Izquierdo C et al (2022) Gyriform infiltration as imaging biomarker for molecular glioblastomas. *J Neurooncol* 157:511-521
- 6 Semukunzi H, Roy D, Li H et al (2017) IDH mutations associated impact on related cancer epidemiology and subsequent effect toward HIF-1alpha. *Biomed Pharmacother* 89:805-811
- 7 Yushkevich PA, Pashchinskiy A, Oguz I et al (2019) User-Guided Segmentation of Multi-modality Medical Imaging Datasets with ITK-SNAP. *Neuroinformatics* 17:83-102

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Fukushima Yasuhiro, Fushimi Yasutaka, Funaki Takeshi, Sakata Akihiko, Hinoda Takuya, Nakajima Satoshi, Sakamoto Ryo, Yoshida Kazumichi, Miyamoto Susumu, Nakamoto Yuji	4. 巻 151
2. 論文標題 Evaluation of moyamoya disease in CT angiography using ultra-high-resolution computed tomography: Application of deep learning reconstruction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 110294 ~ 110294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejrad.2022.110294	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 Zhou Jinyuan, Zaiss Moritz, Knutsson Linda, Sun Phillip Zhe, Sakata Akihiko, Togao Osamu, van Zijl Peter C M et al.	4. 巻 88
2. 論文標題 Review and consensus recommendations on clinical APT weighted imaging approaches at 3T: Application to brain tumors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medicine	6. 最初と最後の頁 546 ~ 574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mrm.29241	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 該当する

1. 著者名 Tanji Masahiro, Mineharu Yohei, Sakata Akihiko, Okuchi Sachi, Fushimi Yasutaka, Oishi Masahiro, Terada Yukinori, Sano Noritaka, Yamao Yukihiro, Arakawa Yoshiki, Yoshida Kazumichi, Miyamoto Susumu	4. 巻 138
2. 論文標題 High intratumoral susceptibility signal grade on susceptibility-weighted imaging: a risk factor for hemorrhage after stereotactic biopsy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 120 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3171/2022.4.JNS212505	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 Fushimi Yasutaka, Yoshida Kazumichi, Okawa Masakazu, Maki Takakuni, Nakajima Satoshi, Sakata Akihiko, Okuchi Sachi, Hinoda Takuya, Kanagaki Mitsunori, Nakamoto Yuji	4. 巻 127
2. 論文標題 Vessel wall MR imaging in neuroradiology	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 La radiologia medica	6. 最初と最後の頁 1032 ~ 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11547-022-01528-y	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 Wicaksono Krishna Pandu, Fujimoto Koji, Fushimi Yasutaka, Sakata Akihiko, Okuchi Sachi, Hinoda Takuya, Nakajima Satoshi, Yamao Yukihiro, Yoshida Kazumichi, Miyake Kanae Kawai, Numamoto Hitomi, Saga Tsuneo, Nakamoto Yuji	4. 巻 33
2. 論文標題 Super-resolution application of generative adversarial network on brain time-of-flight MR angiography: image quality and diagnostic utility evaluation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Radiology	6. 最初と最後の頁 936 ~ 946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00330-022-09103-9	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 Okuchi Sachi, Fushimi Yasutaka, Yoshida Kazumichi, Nakajima Satoshi, Sakata Akihiko, Hinoda Takuya, Otani Sayo, Sagawa Hajime, Zhou Kun, Yamao Yukihiro, Okawa Masakazu, Nakamoto Yuji	4. 巻 12
2. 論文標題 Comparison of TGSE-BLADE DWI, RESOLVE DWI, and SS-EPI DWI in healthy volunteers and patients after cerebral aneurysm clipping	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 17689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-22760-6	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 Wicaksono Krishna Pandu, Fushimi Yasutaka, Nakajima Satoshi, Sakata Akihiko, Okuchi Sachi, Hinoda Takuya, Oshima Sonoko, Otani Sayo, Tagawa Hiroshi, Urushibata Yuta, Nakamoto Yuji	4. 巻 33
2. 論文標題 Accuracy, repeatability, and reproducibility of T1 and T2 relaxation times measurement by 3D magnetic resonance fingerprinting with different dictionary resolutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Radiology	6. 最初と最後の頁 2895 ~ 2904
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00330-022-09244-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 Ikeda Satoshi, Sakata Akihiko, Fushimi Yasutaka, Okuchi Sachi, Arakawa Yoshiki, Makino Yasuhide, Mineharu Yohei, Nakajima Satoshi, Hinoda Takuya, Yoshida Kazumichi, Miyamoto Susumu, Nakamoto Yuji	4. 巻 159
2. 論文標題 Telomerase reverse transcriptase promoter mutation and histologic grade in IDH wild-type histological lower-grade gliomas: The value of perfusion-weighted image, diffusion-weighted image, and 18F-FDG-PET	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 110658 ~ 110658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejrad.2022.110658	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 Nakajima Satoshi, Fushimi Yasutaka, Hinoda Takuya, Sakata Akihiko, Okuchi Sachi, Arakawa Yoshiaki, Ishimori Takayoshi, Nakamoto Yuji	4. 巻 37
2. 論文標題 Brain imaging of sequential acquisition using a flexible PET scanner and 3-T MRI: quantitative and qualitative assessment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Nuclear Medicine	6. 最初と最後の頁 209 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12149-022-01817-6	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 Sakata Akihiko, Fushimi Yasutaka, Arakawa Yoshiaki, Shimizu Yoichi, Nakamoto Yuji	4. 巻 48
2. 論文標題 18F-FMISO PET of an Intracranial Tuberculoma	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Clinical Nuclear Medicine	6. 最初と最後の頁 e212 ~ e213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RLU.0000000000004471	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 Sakata Akihiko, Sakamoto Ryo, Fushimi Yasutaka, Nakajima Satoshi, Hinoda Takuya, Oshima Sonoko, Wetzl Jens, Schmidt Michaela, Okawa Masakazu, Yoshida Kazumichi, Miyamoto Susumu, Nakamoto Yuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Low-dose contrast-enhanced time-resolved angiography with stochastic trajectories with iterative reconstruction (IT-TWIST-MRA) in brain arteriovenous shunt	5. 発行年 2022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/s00330-022-08678-7	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 Nakajima Satoshi, Fushimi Yasutaka, Funaki Takeshi, Okubo Gosuke, Sakata Akihiko, Hinoda Takuya, Yokota Yusuke, Oshima Sonoko, Otani Sayo, Kikuchi Takayuki, Okada Tomohisa, Yoshida Kazumichi, Miyamoto Susumu, Nakamoto Yuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Quiet Diffusion-weighted MR Imaging of the Brain for Pediatric Patients with Moyamoya Disease	5. 発行年 2021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.2020-0174	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 Sakurama Azusa, Fushimi Yasutaka, Nakajima Satoshi, Sakata Akihiko, Hinoda Takuya, Oshima Sonoko, Otani Sayo, Wicaksono Krishna Pandu, Liu Wei, Maki Takakuni, Okada Tomohisa, Takahashi Ryosuke, Nakamoto Yuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Clinical Application of MPRAGE Wave Controlled Aliasing in Parallel Imaging (Wave-CAIPI): A Comparative Study with MPRAGE GRAPPA	5. 発行年 2021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.2021-0065	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 Himoto Yuki, Kido Aki, Sakata Akihiko, Moribata Yusaku, Kurata Yasuhisa, Suzuki Ayako, Matsumura Noriomi, Shitano Fuki, Kawahara Seiya, Kubo Shigeto, Umeoka Shigeaki, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Differentiation of uterine low-grade endometrial stromal sarcoma from rare leiomyoma variants by magnetic resonance imaging	5. 発行年 2021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/s41598-021-98473-z	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 Otani Satoshi, Kido Aki, Himoto Yuki, Sakata Akihiko, Otani Tomoaki, Kuwahara Ryo, Moribata Yusaku, Nishio Naoko, Yajima Ryo, Nakao Kyoko, Kurata Yasuhisa, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki, Nakamoto Yuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Diagnostic Value of DCE-MRI for Differentiating Malignant Adnexal Masses Compared with Contrast-enhanced-T1WI	5. 発行年 2021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.2021-0003	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 McNally J.S., Sakata A., Alexander M.D., Dewitt L.D., Sonnen J.A., Menacho S.T., Stoddard G.J., Kim S.-E., de Havenon A.H.	4. 巻 42
2. 論文標題 Vessel Wall Enhancement on Black-Blood MRI Predicts Acute and Future Stroke in Cerebral Amyloid Angiopathy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 1038 ~ 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3174/ajnr.a7047	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 該当する

1. 著者名 Wang Yang, Fushimi Yasutaka, Arakawa Yoshiki, Shimizu Yoichi, Sano Kohei, Sakata Akihiko, Nakajima Satoshi, Okuchi Sachi, Hinoda Takuya, Oshima Sonoko, Otani Sayo, Ishimori Takayoshi, Tanji Masahiro, Mineharu Yohei, Yoshida Kazumichi, Nakamoto Yuji	4. 巻 41
2. 論文標題 Evaluation of isocitrate dehydrogenase mutation in 2021 world health organization classification grade 3 and 4 glioma adult-type diffuse gliomas with 18F-fluoromisonidazole PET	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 1255 ~ 1264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11604-023-01450-x	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 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 坂田昭彦
2. 発表標題 18F-FMISO-PETで高集積を呈し、悪性神経膠腫との鑑別に苦慮した結核腫の1例
3. 学会等名 第62回 日本核医学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂田昭彦
2. 発表標題 低用量造影剤を用いた頭頸部IT-TWIST-MRAの初期経験
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 坂田昭彦
2. 発表標題 低用量造影剤を用いた頭頸部IT-TWIST-MRAによるAV shunt描出能の検討
3. 学会等名 第49回断層映像研究会
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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