

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02765

研究課題名（和文）次世代画像診断に基づく放射線治療技術の開発

研究課題名（英文）Development of radiation therapy technique based on next imaging modality

研究代表者

松尾 政之（Matsuo, Masayuki）

岐阜大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：40377669

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：次世代放射線治療を目指し、がん組織のレドックス環境を標的とした新規分子イメージングと融合した放射線治療技術の開発が目的。脳腫瘍などの腫瘍モデルマウスのレドックス代謝を算出した結果、DNP-MRI画像によるワーバーグ効果に基づく乳酸代謝に比べ、放射線照射後の腫瘍内代謝変動をより鋭敏に検出することが可能であると考えられ、放射線照射後の腫瘍内代謝はワーバーグ効果による変動に先立ち、レドックス代謝が早期に変動していることが示唆された。次世代の分子イメージング技術と放射線治療技術を融合研究の可能性を探索した。今後は、レドックス代謝速度をバイオマーカーとする放射線治療効果の早期画像診断法の確立を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

悪性腫瘍に罹患している患者のうち、国内での放射線治療の利用率は現在およそ30%であるが、20年後には50%近くの患者が放射線治療を受ける時代になると推測されている。近年の放射線治療の高精度化に伴い、がん局所に集中的に放射線照射が可能となり、治療効果の向上や有害事象が軽減している。一方、治療の多様化と高精度化が進むにつれて、放射線治療前後の、より精密な解剖学的情報だけに頼らない、新しい画像診断のニーズが高まってきた。放射線治療直後は腫瘍内のレドックス状態は攪乱された状態であるため、レドックス変動の可視化ができれば放射線治療効果向上や早期の治療効果診断が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Radiotherapy plays a very important role as one of the major treatments for cancer. It is known that the treatment efficacy depends on redox modulation in tumor tissues, which is an indirect effect of oxidizing redox molecules such as hydroxyl radicals and of reactive oxygen species generated by radiation treatment. In vivo dynamic nuclear polarization-MRI (DNP-MRI) as a redox sensitive DNP probe enables the accurate monitoring of the anatomical distribution of free radicals based on interactions of electrons and nuclear spin, known as Overhauser effect. We found that the redox metabolism decreases after radiation treatment, and the decay of redox metabolism occurs before any micro- or macroscopic changes in tumor morphology and lactate metabolism based on the Warburg effect. Our findings suggest that DNP-MRI-based redox imaging may be a potential imaging biomarker for the assessment of early responses to radiotherapy.

研究分野：放射線治療

キーワード：放射線治療 レドックス MRI

1. 研究開始当初の背景

悪性腫瘍に罹患している患者のうち、国内での放射線治療の利用率は現在およそ 30%であるが、20 年後には 50%近くの患者が放射線治療を受ける時代になると推測されている。近年の放射線治療の高精度化に伴い、がん局所に集中的に放射線照射が可能となり、治療効果の向上や有害事象が軽減している。一方、治療の多様化と高精度化が進むにつれて、放射線治療前後の、より精密な解剖学的情報だけに頼らない、新しい画像診断のニーズが高まってきた。また、近年の分子生物学の進歩により、腫瘍内に放射線抵抗性を示す慢性的な低酸素(還元的領域)領域や、低酸素と常酸素を繰り返す周期的低酸素領域の存在が明らかとなり、それらを評価しうる放射線治療における新しい画像診断技術が求められている。例えば、脳腫瘍や膵癌をはじめ多くの難治がんにおいては、低酸素に基づく極端に偏ったレドックス状態に晒されていることが想定される。

さらに、放射線治療効果は CT や MRI などの解剖学的情報に基づく画像が利用されるが、腫瘍サイズの変化に基づく診断には数か月を要するため、患者は大きな時間的損失を得る。すなわち、放射線照射後数秒から数時間以内に起きる腫瘍内レドックス代謝変動を制御・可視化できれば、腫瘍形態に依存しない代謝を指標とする脳幹グリオーマの超早期画像診断が期待できる。

2. 研究の目的

脳幹グリオーマに対する放射線治療の腫瘍内のレドックス代謝情報を基にした、次世代の画像診断を構築することで、放射線治療効果・診断精度の劇的な向上を目的としている。本研究により、適切な放射線治療の推進、治療効果の向上、さらには迅速な治療計画の立案と展開が可能となる。また、今後、脳腫瘍のようにヒト遺伝子異常にまず基づいて、そこから病理組織の分類が行われることから、横断かつ融合的に連携して各臓器腫瘍の共通点や相違点を比較解析できる新たな診断・治療モデルとしての役割を構築できる。

3. 研究の方法

脳幹グリオーマ移植マウスに対し、岐阜大学動物病院内のリニアックを用いて放射線治療専門医が定位放射線治療や強度変調放射線治療(IMRT)などの高精度放射線治療を行い、最も適切な放射線治療の方法(照射総線量、1回線量、照射回数など)の確立を目指す。

脳幹グリオーマ移植マウスに対して最適な放射線治療を施行後、放射線治療応答の評価のため、DNP-MRI を用いた非侵襲動的レドックス代謝イメージングの撮像・解析を行い、放射線治療効果を予測する早期画像診断方法の確立を目指す。

脳腫瘍モデルにおけるレドックス代謝イメージングを行い、脳腫瘍のステージとレドックス代謝との相関関係を明らかにする。

放射線治療効果判定のため、DNP-MRI を用いた非侵襲動的レドックス代謝イメージングを撮像し、担がんモデルマウスにおいて放射線治療前後のレドックス代謝を経日的に可視化し、放射線に伴うレドックス変動の動的変化も可視化の可能性を探求する。

さらに、プローブの還元速度を定量的な指標として、放射線の強度、各増感法によるレドックス代謝変動値を比較検討して、画像による時間空間的情報を得る。

また、大動物への展開として、臨床応用にむけた基礎的検討のため、ブタを用いた実験においては、脳腫瘍計測を指向し血液脳関門透過性プローブ(MethoxycarbonylPROXYL)を投与した脳実質のレドックス代謝イメージングを行う。

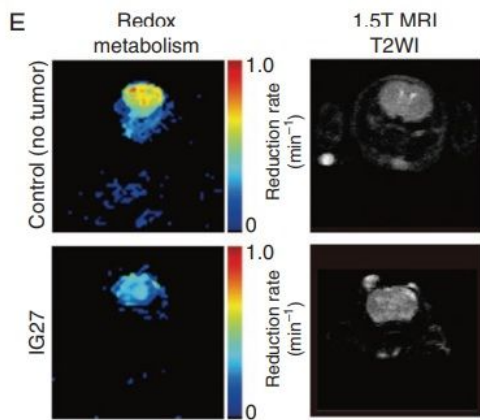
4. 研究成果

<脳幹グリオーマモデルにおける非侵襲動的レドックス代謝イメージングの撮像・解析>

(Miyai M, Matsuo M, et al. Glucose transporter Glut1 controls diffuse invasion phenotype with perineuronal satellitosis in diffuse glioma microenvironment. Neurooncol Adv. 2020)

トランスポーター-Glut1 を標的とすることで、びまん性神経膠腫マウスモデルにおける「びまん性浸潤」が抑制され、ヒト神経膠腫の有望な治療方法および有用なイメージングターゲットにつながることを示した。

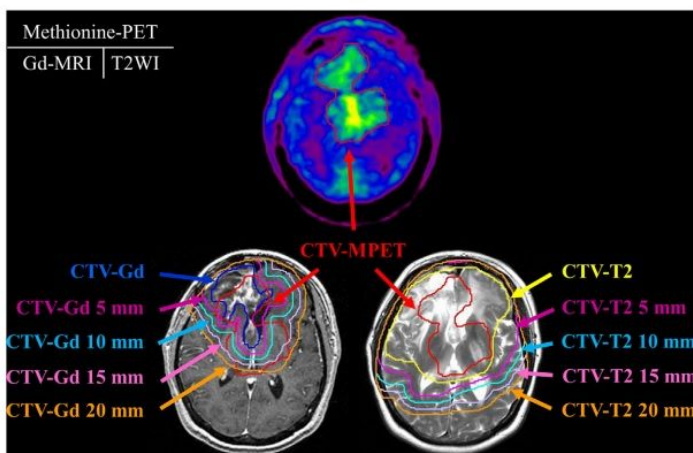
レドックス代謝画像(下図)において、IG27 細胞が侵入した脳組織部位は、レドックス代謝が脳全体でより低い減少率を示した。



一方、通常の MRI においては、腫瘍浸潤領域は T2 強調画像 (T2WI) で高信号領域として認識されるが、びまん性グリオーマモデルである IG27 細胞のコントラストの変化がないことを明らかにした。

<再発グリオーマに対する放射線治療におけるメチオニン代謝イメージングの撮像・解析>
(Tanaka H, Matsuo M, et al. ¹¹C-methionine positron emission tomography for target delineation of recurrent glioblastoma in re-irradiation planning. *Rep Pract Oncol Radiother.* 2018)

メチオニン PET を用いた再発性神経膠芽腫に対する放射線再照射において、腫瘍の広がりカバーするために、T2-MRI にて高信号領域の周囲に少なくとも 5mm のマージンが必要であることを示した。



再発グリオーマに対する放射線治療において、MRI 画像と代謝画像のターゲットの違いを明らかにした。

<非侵襲動的レドックス代謝イメージングの治療効果判定への展開>
(Hyodo F, Matsuo M, et al. In vivo dynamic nuclear polarization MRI for the evaluation of redox-related diseases and theranostics. *Antioxid Redox Signal.* 2021)

非侵襲動的レドックス代謝イメージングは、癌・炎症・神経疾患などの他のレドックス関連疾患の研究に幅広く応用でき、その診断的有用性だけでなく、薬剤による治療や放射線治療などの治療効果判定にも有用であることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 24件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hyodo Fuminori, Eto Hinako, Naganuma Tatsuya, Koyasu Norikazu, Elhelaly Abdelazim Elsayed, Noda Yoshifumi, Kato Hiroki, Murata Masaharu, Akahoshi Tomohiko, Hashizume Makoto, Utsumi Hideo, Matsuo Masayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 In vivo dynamic nuclear polarization MRI for the evaluation of redox-related diseases and theranostics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Antioxidants & Redox Signaling	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) 10.1089/ars.2021.0087	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 Kawada Hiroshi, Goshima Satoshi, Sakurai Kota, Noda Yoshifumi, Kajita Kimihiro, Tanahashi Yukichi, Kawai Nobuyuki, Ishida Narihiro, Shimabukuro Katsuya, Doi Kiyoshi, Matsuo Masayuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Utility of Noncontrast Magnetic Resonance Angiography for Aneurysm Follow-Up and Detection of Endoleaks after Endovascular Aortic Repair	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Korean Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 513 ~ 513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3348/kjr.2020.0001	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 Miyai M, Kanayama T, Hyodo F, Kinoshita T, Ishihara T, Okada H, Suzuki H, Takashima S, Wu Z, Hatano Y, Egashira Y, Enomoto Y, Nakayama N, Soeda A, Yano H, Hirata A, Niwa M, Sugie S, Mori T, Maekawa Y, Iwama T, Matsuo M, Hara A, Tomita H.	4. 巻 3
2. 論文標題 Glucose transporter Glut1 controls diffuse invasion phenotype with perineuronal satellitosis in diffuse glioma microenvironment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuro-Oncology Advances	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) 10.1093/oaajnl/vdaa150	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 Yoshiyama Naomasa, Okada Hideshi, Miyake Takahito, Kitagawa Yuichiro, Fukuta Tetsuya, Yasuda Ryu, Matsuo Mikiko, Hatano Yuichiro, Tomita Hiroyuki, Yoshida Shozo, Ogura Shinji	4. 巻 7
2. 論文標題 Emphysematous cholecystitis during the treatment of heat stroke	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acute Medicine & Surgery	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) 10.1002/ams2.613	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 Makita C, Okada S, Kajiura Y, Tanaka O, Asahi Y, Yamada N, Yanagida M, Kumagai M, Murase S, Ito M, Kumano T, Matsuo M	4. 巻 82
2. 論文標題 Vascular events from carotid artery atherosclerosis after radiation therapy for laryngeal and hypopharyngeal cancer: the incidence and risk factors.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nagoya J Med Sci.	6. 最初と最後の頁 747-761
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 Ninomiya Hiroshi, Ozeki Michio, Matsuzawa Yoriko, Nozawa Akifumi, Yasue Shiho, Kubota Kazuo, Endo Saori, Asano Takahiko, Taguchi Kohtarō, Ohe Naoyuki, Matsuo Masayuki, Iwama Toru, Ohnishi Hidenori	4. 巻 81
2. 論文標題 A pediatric case of anaplastic astrocytoma with a gliomatosis cerebri; the growth pattern and changes in serum VEGF-121 levels after bevacizumab treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 431 ~ 433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocn.2020.10.009	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 Kawaguchi Masaya, Kato Hiroki, Tomita Hiroyuki, Hara Akira, Suzui Natsuko, Miyazaki Tatsuhiko, Matsuo Masayuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Comparison of Imaging Findings between Human Papillomavirus-positive and -Negative Squamous Cell Carcinomas of the Maxillary Sinus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Imaging Science	6. 最初と最後の頁 59 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.25259/JCIS_116_2020	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 Shoda Shinichi, Hyodo Fuminori, Tachibana Yoko, Kiniwa Mamoru, Naganuma Tatsuya, Eto Hinako, Koyasu Norikazu, Murata Masaharu, Matsuo Masayuki	4. 巻 92
2. 論文標題 Imaging of Hydroxyl-Radical Generation Using Dynamic Nuclear Polarization-Magnetic Resonance Imaging and a Spin-Trapping Agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 14408 ~ 14414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c02331	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 Hosain Md. Zahangir, Hyodo Fuminori, Mori Takeshi, Takahashi Koyo, Nagao Yusuke, Eto Hinako, Murata Masaharu, Akahoshi Tomohiko, Matsuo Masayuki, Katayama Yoshiki	4. 巻 10
2. 論文標題 Development of a novel molecular probe for the detection of liver mitochondrial redox metabolism	5. 発行年 2020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/s41598-020-73336-1	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 Kawaguchi M, Kato H, Tomita H, Hara A, Suzui N, Miyazaki T, Matsuyama K, Seishima M, Matsuo M	4. 巻 -
2. 論文標題 MR imaging findings for differentiating cutaneous malignant melanoma from squamous cell carcinoma.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Eur J Radiol.	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 Tanahashi Yukichi, Kawada Hiroshi, Goshima Satoshi, Takahashi Takao, Yoshida Kazuhiro, Matsuo Masayuki	4. 巻 31
2. 論文標題 Intranodal Popliteal Lymphangiography for Postoperative Lymphorrhea after Inguinal Node Dissection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Vascular and Interventional Radiology	6. 最初と最後の頁 1926 ~ 1929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jvir.2020.03.018	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 Kawaguchi Masaya, Kato Hiroki, Kaneko Yo, Matsuo Masayuki	4. 巻 44
2. 論文標題 Hyperdense Thymic Atrophy After Chemotherapy in Pediatric Patients With Extrathoracic Malignancies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Computer Assisted Tomography	6. 最初と最後の頁 865 ~ 869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RCT.0000000000001101	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 Tanaka Osamu, Maejima Ryoshu, Yama Eiichi, Taniguchi Takuya, Ono Kousei, Makita Chiyoko, Matsuo Masayuki	4. 巻 17
2. 論文標題 Radiotherapy for prostate cancer: Effect of gold fiducial markers on diffusion weighted magnetic resonance imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology	6. 最初と最後の頁 79 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ajco.13409	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 Kaga Tetsuro, Kato Hiroki, Hatano Yuichiro, Kawaguchi Masaya, Furui Tatsuro, Morishige Ken-ichirou, Matsuo Masayuki	4. 巻 132
2. 論文標題 Can MRI features differentiate ovarian mucinous carcinoma from mucinous borderline tumor?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 109281 ~ 109281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejrad.2020.109281	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 Ando Tomohiro, Kato Hiroki, Kawaguchi Masaya, Nagano Akihito, Hyodo Fuminori, Matsuo Masayuki	4. 巻 39
2. 論文標題 MR imaging findings for differentiating nonhemophilic hemosiderotic synovitis from diffuse-type tenosynovial giant cell tumor of the knee	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 76 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11604-020-01034-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 Tanahashi Yukichi, Iwasaki Ryota, Shoda Shinichi, Kawada Hiroshi, Ando Tomohiro, Takasu Masaki, Hyodo Fuminori, Goshima Satoshi, Mori Takashi, Matsuo Masayuki	4. 巻 30
2. 論文標題 Dynamic contrast-enhanced computed tomography lymphangiography with intranodal injection of water-soluble iodine contrast media in microminipig: imaging protocol and feasibility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Radiology	6. 最初と最後の頁 5913 ~ 5922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00330-020-07031-0	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 Kawaguchi Masaya, Kato Hiroki, Hatano Yuichiro, Tomita Hiroyuki, Hara Akira, Miyazaki Tatsuhiko, Matsuo Masayuki	4. 巻 62
2. 論文標題 Magnetic resonance imaging findings of extrauterine high-grade serous carcinoma based on new pathologic criteria for primary site assignment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Radiologica	6. 最初と最後の頁 687 ~ 694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0284185120934474	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 Kato Hiroki, Kawaguchi Masaya, Ando Tomohiro, Kaneko Yo, Hyodo Fuminori, Matsuo Masayuki	4. 巻 62
2. 論文標題 Hypointense head and neck lesions on T2-weighted images: correlation with histopathologic findings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 1207 ~ 1217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-020-02483-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 Taniguchi Tomoki, Inuma Koji, Kato Daiki, Takai Manabu, Maekawa Yuka Muramatsu, Nakane Keita, Mizutani Kosuke, Tsuchiya Tomohiro, Nakano Masahiro, Kato Taku, Ito Masaya, Kumano Tomoyasu, Matsuo Masayuki, Koie Takuya	4. 巻 25
2. 論文標題 Predictive factors of rectal hemorrhage in patients with localized prostate cancer who underwent low-dose-rate brachytherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Clinical Oncology	6. 最初と最後の頁 1711 ~ 1717
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10147-020-01713-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 Tanaka Hidekazu, Makita Chiyoko, Manabe Yuki, Kajima Miki, Matsuyama Katsuya, Matsuo Masayuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Radiation therapy combined with bone-modifying agents ameliorates local control of osteolytic bone metastases in breast cancer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 494 ~ 498
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa020	査読の有無 無
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 Noda Yoshifumi, Goshima Satoshi, Takai Yukiko, Kawai Nobuyuki, Kawada Hiroshi, Tanahashi Yukichi, Matsuo Masayuki	4. 巻 45
2. 論文標題 Detection of pancreatic ductal adenocarcinoma and liver metastases: comparison of Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging vs. extracellular contrast materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Abdominal Radiology	6. 最初と最後の頁 2459 ~ 2468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00261-020-02511-9	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 Kawaguchi Masaya, Kato Hiroki, Hatano Yuichiro, Tomita Hiroyuki, Hara Akira, Suzui Natsuko, Miyazaki Tatsuhiko, Furui Tatsuro, Morishige Ken-ichirou, Matsuo Masayuki	4. 巻 38
2. 論文標題 MR imaging findings of low-grade serous carcinoma of the ovary: comparison with serous borderline tumor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 782 ~ 789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11604-020-00960-2	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 Tanaka Hidekazu, Yamaguchi Takahiro, Hachiya Kae, Miwa Kazuhiro, Shinoda Jun, Hayashi Masahide, Ogawa Shinichi, Nishibori Hironori, Goshima Satoshi, Matsuo Masayuki	4. 巻 23
2. 論文標題 11C-methionine positron emission tomography for target delineation of recurrent glioblastoma in re-irradiation planning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Reports of Practical Oncology & Radiotherapy	6. 最初と最後の頁 215 ~ 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rpor.2018.04.003	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 Matsuo Masayuki, Kawai Tatsuya, Kishimoto Shun, Saito Keita, Munasinghe Jeeva, Devasahayam Nallathamby, Mitchell James B., Krishna Murali C.	4. 巻 9
2. 論文標題 Co-imaging of the tumor oxygenation and metabolism using electron paramagnetic resonance imaging and 13-C hyperpolarized magnetic resonance imaging before and after irradiation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oncotarget	6. 最初と最後の頁 25089-25100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18632/oncotarget.25317	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 Hyodo Fuminori, Sho Takeya, Maity Basudev, Fujita Kenta, Tachibana Yoko, Akashi Satoko, Mano Megumi, Hishikawa Yuki, Matsuo Masayuki, Ueno Takafumi	4. 巻 24
2. 論文標題 Photoinduced in?Vivo Magnetic Resonance Imaging (MRI) with Rapid CO Release from an MnCO-Protein Needle Composite	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 11578 ~ 11583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201802445	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12件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 放射線治療における再酸素化とエネルギー代謝
3. 学会等名 第22回癌治療増感研究シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 分子画像の放射線治療への応用
3. 学会等名 第40回日本脳神経外科コンgres総会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 酸素化におけるCycling Hypoxiaの画像化
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第33回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 岐阜大学における医学と獣医学の橋渡し研究
3. 学会等名 シンポジウム「ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) の獣医学分野への適応拡大に向けて-取り組むべき課題と異分野融合研究の可能性-」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Matsuo, H. Tanaka, F. Hyodo, K. Miwa, J. Shinoda
2. 発表標題 Methionine Positron Emission Tomography for Malignant Brain Tumors in Radiation Therapy Planning
3. 学会等名 ASTRO2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 腫瘍トックス代謝可視化による診断開発
3. 学会等名 第17回日本臨床腫瘍学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾政之, 田中秀和, 三輪和弘, 篠田淳
2. 発表標題 初発および再発膠芽腫に対するメチオニンPETによるTarget Definition: 造影MRI、T2強調画像との比較
3. 学会等名 第28回日本定位放射線治療学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Matsuo, Hidekazu Tanaka, Fuminori Hyodo, Kazuhiro Miwa, Jun Shinoda
2. 発表標題 11C-methionine positron emission tomography for target delineation of newly diagnosed and recurrent glioblastoma in radiation therapy planning.
3. 学会等名 ISRS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 超偏極13C代謝MRI：がん治療における分子画像の役割
3. 学会等名 第14回日本分子イメージング学会総会・学術集会2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾政之
2. 発表標題 脳腫瘍に対する定位放射線照射
3. 学会等名 第78回日本医学放射線学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Matsuo, 兵藤文紀, 田中秀和, 山口尊弘, 江崎可絵, J.B.Mitchell, M. Krishna
2. 発表標題 Estimation of Re-appearance of cycling hypoxia after irradiation
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Matsuo, F. Hyodo, H. Tanaka, T. Yamaguchi, M. Krishna, J.B.Mitchell
2. 発表標題 Estimation of Re-appearance of cycling hypoxia after irradiation
3. 学会等名 ASTRO (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 笹井 啓資 (順天堂大学放射線治療学講座)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ニュー・サイエンス社	5. 総ページ数 64
3. 書名 Medical Science Digest 2020年 11月臨時増刊号	

1. 著者名 -	4. 発行年 2019年
2. 出版社 金原出版株式会社	5. 総ページ数 -
3. 書名 臨床放射線 64巻10号	

〔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	兵藤 文紀 (Hyodo Fuminori) (10380693)	岐阜大学・大学院医学系研究科・特任准教授 (13701)	

6. 研究組織（つづき）

	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	森 崇 (Takashi Mori) (40402218)	岐阜大学・応用生物科学部・教授 (13701)	
研究分担者	富田 弘之 (Hiroyuki Tomita) (50509510)	岐阜大学・大学院医学系研究科・准教授 (13701)	
研究分担者	五島 聡 (Satoshi Goshima) (90402205)	浜松医科大学・医学部・教授 (13802)	

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