

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：11101  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2020～2022  
課題番号：20K08098  
研究課題名（和文）拡散係数と糖代謝・腫瘍血流量を組み合わせた肺癌定位照射における予後予測法の確立

研究課題名（英文）Impact of pretreatment whole-tumor perfusion and diffusion parameters combined with glucose metabolism on local control for non-small cell lung cancer treated with stereotactic body radiotherapy

研究代表者  
青木 昌彦（Aoki, Masahiko）  
弘前大学・医学研究科・教授

研究者番号：70292141  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：体幹部定位放射線治療の治療前評価としてdual-energy CTおよびFDG-PETの両方を行った肺癌症例について、低酸素の指標であるヨード密度と悪性度の指標であるSUVmax、細胞密度の指標である水密度とその拡散係数に着目し、予後指標としての有用性を明らかにすることを目的に研究を行った。肺癌299例の解析の結果、ヨード密度とSUVmaxに弱い負の相関、水密度とSUVmaxに中等度の正の相関を認めた。ヨード密度低値は有意な予後不良因子であり、かつSUVmax高値の患者群は全生存率と局所制御率が有意に不良であった。本研究の結果、嫌気性解糖が肺癌定位放射線治療後の再発高リスク群と同定された。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

悪性腫瘍のおよそ8割は好気性環境下においても嫌気性解糖を行っていることが知られており、そのような腫瘍は腫瘍内の酸素分圧に関係なくブドウ糖代謝が亢進している。ブドウ糖代謝は血流低下や栄養不足等の劣悪な環境にあるがんにとってエネルギーを得るための重要な反応であり、がんの増殖にも重要な役割を果たしている。中でも低酸素下で嫌気性解糖を行っている腫瘍はとりわけ放射線抵抗性かつ悪性度が高いと考えられる。多数例による本研究の結果、dual energy CTとFDG-PETを行うことにより、そのような腫瘍を事前に絞り込むことができ、それらに対する線量増加や分割法の工夫により治療成績の更なる向上が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the correlation between the average iodine density and water density detected by dual-energy CT and the maximum standardized uptake value (SUVmax) yielded by FDG-PET scan, and clarify the usefulness as a prognostic indicator for non-small cell lung cancer treated with stereotactic body radiotherapy.

As a result of analysis of 299 lung cancer cases, a weak negative correlation was observed between iodine density and SUVmax, and a medium positive correlation was observed between SUVmax and water density. High SUVmax and low iodine density were significant poor prognostic factors. The overall survival rate and local control rate after stereotactic body radiotherapy were clearly poor in the patient group having both factors.

This study indicated that the group with high SUVmax and low iodine density was identified as the high risk of recurrence of stereotactic body radiotherapy for non-small cell lung cancer.

研究分野：放射線科学

キーワード：肺癌 体幹部定位放射線治療 dual-energy CT FDG-PET DWIBS 低酸素 嫌気性解糖 拡散係数

## 1. 研究開始当初の背景

肺癌は、我が国におけるがん死亡の第1位にランクされている悪性腫瘍であり、様々な研究が行われているのにも関わらず、5年生存率は全がんの平均よりも下回っている。一方、CT検診等の成果により、早期のうちに発見される患者も増えており、そのような症例では外科的切除を中心とする根治的治療が行われてきた。しかし、高齢や合併症等の理由で手術ができない症例も超高齢社会の到来により増加傾向にあり、そのような症例に対して、体幹部定位放射線治療は手術に代わる治療法として注目されている。体幹部定位放射線治療は、日本が世界をリードしてきた高精度放射線治療の一つであり、早期の肺癌では90%の局所制御率が期待できる。しかし、体幹部定位放射線治療は、1回に大線量を腫瘍に集中的に照射しているのにも関わらず、局所再発をきたす症例が10%程度存在する。そこで、予後不良因子を明らかにする研究が日本を中心に世界で行われてきた。これまでに、生物学的な線量(BED10<100Gy)、腫瘍の大きさ(>3cm)、組織型(扁平上皮癌)、SUVmax(高値)、拡散強調画像(高信号)などが予後不良因子として同定され、そのような症例に対する線量増加や分割法の工夫を加える意義は大きいと考えられる。

一方、申請者は、放射線抵抗性に関連する低酸素に着目し、dual-energy CTによる物質分析、特に、腫瘍の血流量や酸素分圧に関わるヨード密度と、体幹部定位放射線治療後の局所制御率や予後との関連性を検討してきた。申請者は、大きな腫瘍ほどヨード密度が低下していること、腫瘍の大きさに関係なくヨード密度が中央値以下の腫瘍では局所再発率が高いことを見出した。更に申請者は、腫瘍の悪性度に関わるSUVmaxに着目し、dual-energy CTとFDG-PET/CTと組み合わせで検討した結果、SUVmaxが高値(>4.0)かつヨード密度が中央値以下の患者群は、SUVmaxが低値(≤4.0)またはヨード密度が中央値を超える患者群と比較し、局所再発率が明らかに高いことを見出した。しかし、まだ例外も存在するため、dual-energy CTによる物質分析とFDG-PET/CTによる腫瘍の悪性度評価の組み合わせでも限界がある。その理由として、SUVmaxの値は、腫瘍の呼吸性移動、糖尿病の合併、撮影時期などの影響を受けること、撮影する機器によって測定結果が異なることなど、定量性に乏しいという研究の限界と、体幹部定位放射線治療後の放射線肺臓炎と局所再発の鑑別にFDG-PET/CTはあまり役立たないという問題が生じた。そこで、今回、MRIの拡散強調画像とADC-mapに着目し、これまで申請者が行ってきた基盤研究と組み合わせでMRIの評価を行えば、予後予測精度の更なる向上と、経過観察中の余計な検査を省略することで医療費抑制にも繋がるのではないかとこの着想に至った。

MRIの拡散強調画像は水分子の自己拡散を画像化したもので、それを定量化したものが拡散係数(ADC-map)である。自己拡散とは水分子の動きやすさを意味し、悪性腫瘍など細胞密度が高いと細胞外液腔が狭くなることにより自己拡散が低下する結果、拡散強調画像では高信号、拡散係数は低値となる。拡散係数を調べることにより、がんの細胞密度を推定できるほか、拡散強調画像の経時変化を調べることにより治療効果を安価に判定することも可能となる。また、近年、普及しつつある全身性拡散強調画像(DWIBS法)は自由呼吸下で撮影しても画像に影響を及ぼさない特徴を有し、前立腺癌においては全身のがん病変の拾い上げを可能にするとともに、がん組織の活動性の評価や治療効果判定を含めた経過観察等における有用性が高いことが示されている。よって、呼吸性移動のある肺癌においても、がんの細胞密度のほか、がん組織の活動性、効果判定等に応用できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は「限局性肺癌に対する定位照射におけるdual-energy CTとFDG-PET/CTの治療前評価に拡散係数を加えることの意義、および再発高リスク群の経過観察における拡散強調画像の意義と有用性を解明する」ことであり、SUVmaxがヨード密度や水密度にどのように関与するのか、両者を組み合わせたパターンと放射線治療後の予後、再発時のSUVmaxとヨード密度・水密度の組み合わせパターン等について明らかにする。具体的には、以下のことについて解明する。

### (1) 拡散強調画像とヨード密度・水密度・SUVmaxの背景病態と相関関係の解明

まだ十分に分かっていない拡散強調画像とSUVmax・ヨード密度・水密度との相関関係を背景因子・交絡因子を明確にしたうえで明らかにする。

### (2) 予後予測因子の解明

悪性度の指標であるSUVmax高値、放射線抵抗性の指標であるヨード密度低値、細胞密度の指標と考えられる水密度と拡散強調画像が、局所制御率や全生存率にどの程度関与しているのかを症例数を増やすとともに、長期の経過観察によって明らかにする。

### (3) 再発腫瘍のSUVmax・ヨード密度・水密度・拡散強調画像の組み合わせパターンの解明

肺癌に対する放射線治療後の再発は放射線肺臓炎・肺線維症との鑑別が困難なことがある。そこで、FDG-PET検査で局所再発が疑われる症例について、MRI検査(全身性拡散強調画像)による解析を加え、水分子の拡散制限が局所再発と放射線肺臓炎の鑑別診断に役立つかどうかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) データベースの構築

2019年度末までに申請者が体幹部定位放射線治療の直前に dual-energy CT により物質分析を行った肺癌症例は 297 例であり、腫瘍のヨード・水密度(平均値、中央値、標準偏差)のほかに、放射線治療の詳細なデータが匿名化されたデータベースとして保存されている。そのうち FDG-PET 検査がほぼ同時期に行われた症例は 308 例である。まず、dual-energy CT のデータベースに SUVmax のデータを連結し、次に、腫瘍の大きさ、組織型、ガス分析、ヘモグロビン、呼吸機能検査、身長、体重、背景因子に関わるデータを電子カルテから収集し、データベースを完成させる。2020 年度以降の新規データもデータベースに加えるとともに、インフォームドコンセントが得られた患者に対して治療直前の MRI 検査(全身性拡散強調画像、DWIBS)を行い、拡散強調画像、拡散係数等のデータを収集する。Dual-energy CT の撮影プロトコールについては、自施設の方法を踏襲する。最終年度に一斉転帰調査を実施し、局所制御率、全生存率について解析する。

#### (2) 背景因子と相関関係の解析

申請者の予備的検討では、ヨード密度に関与する有意な背景因子は腫瘍径、組織型、総線量であった(Aoki M, JRR 2014, 2016)が、症例数が少ない段階での検討結果であったため、今回、多数例(n=300)での再検討を行う。一方、SUVmax に関与する有意な背景因子は組織型と腫瘍の形状(充実性・すりガラス結節)のみであった(Aoki M, JRR 2016)が、同様に多数例での再検討を行う。更に水密度・拡散強調画像についても背景因子の解析を加える。

#### (3) SUVmax、ヨード密度、水密度、拡散強調画像を組み合わせた放射線感受性と予後の解析

肺癌に関する申請者の予備的検討では、体幹部定位放射線治療後の局所再発に関与する有意な因子は、ヨード密度低値(P=0.000)、SUVmax 高値(P=0.025)、組織型(扁平上皮癌、P=0.010)、全生存に関与する有意な因子は、SUVmax (P=0.033)、全身状態(P=0.000)であった。更に、SUVmax を 4.0、ヨード密度を中央値で 4 群に分けて、全生存率と局所制御率を検討した結果、SUVmax 高値かつヨード密度低値の群が、いずれも有意に不良であった(Aoki M, Hiroasaki Med J 2019)。今回、多数例で観察期間を延ばし、最終解析を行うとともに、MRI の解析が新たな付加情報をもたらすのかについても検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 拡散強調画像とヨード密度・水密度・SUVmax の背景病態と相関関係の解明

最終年度までに dual-energy CT を行った症例数は 336 例、FDG-PET を行った症例数は 357 例、両方を行った症例数は 299 例であり、当初の目標症例数をほぼ達成できた。ヨード密度に関与する有意な背景因子は腫瘍径、組織型、SUVmax であり、腫瘍径>3cm、扁平上皮癌、SUVmax>4.0 のヨード密度は有意に低かった。水密度に関与する有意な背景因子は腫瘍径、性別、組織型、喫煙歴、全身状態、SUVmax であり、腫瘍径<2cm、女性、腺癌、非喫煙者、PS0、SUVmax<4.0 の水密度は有意に低かった。SUVmax に関与する有意な背景因子は、性別、腫瘍径、組織型、喫煙歴であり、男性、腫瘍径>3.0cm、扁平上皮癌、喫煙者の SUVmax が有意に高かった。一方、拡散強調画像については、充実性腫瘍の 88%が高信号、すりガラス結節は 100%で低信号を示し、充実性腫瘍はすりガラス結節と比べて水分子の拡散が制限されやすいことが示唆された。

ヨード密度と SUVmax の相関については、弱い負の相関(R=-0.257、P=0.000)を認め、予備的検討と同じ結果であった。一方、水密度と SUVmax の相関については、中等度の正の相関(R=0.453、P=0.000)を認めた。ヨード密度と水密度には有意な相関はなかった。一方、SUVmax と拡散強調画像の信号強度は一致すると予想していたが、一致率はわずか 54%に留まり、予想外の結果であった。

#### (2) 予後予測因子の解明

299 例の最終解析では、観察期間中央値が 47 ヶ月で、3 年局所制御率および 3 年全生存率は各々 89.5%、78.0%であった。局所制御に関与する有意な因子は、単変量解析ではヨード密度(P=0.000)、水密度(P=0.002)、組織型(P=0.001)、SUVmax (P=0.031)、多変量解析ではヨード密度のみが有意な因子として同定された(P=0.003)。全生存についても同様の結果であり、ヨード密度低値が局所制御率と全生存率の有意な予後不良因子であった。更に、SUVmax を 4.0、ヨード密度を中央値で 4 群に分けて、局所制御率と全生存率を検討した結果、SUVmax 高値かつヨード密度低値の群がいずれも有意に不良であり、予備的検討と同様の結果であった。SUVmax 高値かつヨード密度低値の群は、低血流・低酸素・低栄養といった過酷な環境にも関わらず嫌気性解糖を活発に行っている腫瘍を示唆し、多数例による長期経過観察を行った本研究においても肺癌に対する体幹部定位放射線治療後の再発高リスク群と同定された。本研究の成果は学会等で報告した。

#### (3) 照射後再発腫瘍の SUVmax、ヨード密度、拡散強調画像の組み合わせパターンの解明

観察期間中、5 例に局所再発を認め、うち 4 例が治療前評価で SUVmax 高値かつヨード密度低値の再発高リスク群であった。いずれも経時的に明らかな再増大を示していたため、拡散強調画像による再発と肺臓炎との鑑別を要する症例はいなかった。また、MRI 検査を行った症例では今のところ再発例や死亡例はいなかったため、今後、MRI 検査(全身性拡散強調画像)の有用性を明らかにするには、再発高リスク群にターゲットを絞って検査を追加すべきと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Tanaka Mitsuki, Koji Ichise, Fujioka Ichitaro, Sato Mariko, Hirose Katsumi, Kawaguchi Hideo, Hatayama Yoshiomi, Takai Yoshihiro, Tsushima Eiki, Aoki Masahiko	4. 巻 62
2. 論文標題 Impact of low iodine density tumor area ratio on the local control of non-small cell lung cancer through stereotactic body radiotherapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 448 ~ 456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrab015	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 Yamamoto Takaya, Niibe Yuzuru, Aoki Masahiko, Onishi Hiroshi, Yamada Kazunari, Shintani Takashi, Yamashita Hideomi, Kobayashi Mitsuru, Oh Ryoong Jin, Jingu Keiichi	4. 巻 5
2. 論文標題 Stereotactic body radiotherapy for pulmonary oligometastases as an initial metastasis directed therapy: patterns of relapse and predictive factors for early mortality	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Precision Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 84 ~ 92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pro6.1115	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 Kazuki Hasegawa, Ryo Saga, Yuta Sato, Mitsuki Tanaka, Ryo Katagishi, Masahiko Aoki and Yoichiro Hosokawa	4. 巻 10
2. 論文標題 The Clinical Usefulness of Water/Iodine Material Density Measured by DE-CT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Environment and Medicine	6. 最初と最後の頁 82 ~ 86
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 Sato M, Hirose K, Ichise K, H. Yoshino H, Harada T, Hatayama Y, Kawaguchi H, Tanaka M, Fujioka I, Takai Y, Aoki M.	4. 巻 67
2. 論文標題 Not Only Hypoxia- but Radiation-Induced Epithelial-Mesenchymal Transition Is Modulated by Hypoxia-Inducible Factor 1 in A549 Lung Cancer Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Folia Biologica (Praha)	6. 最初と最後の頁 62 ~ 69
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 Ono Hiroya, Kumagai Gentarou, Wada Kanichiro, Ono Atsushi, Asari Toru, Aoki Masahiko, Ishibashi Yasuyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Assessing the Utility of 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography in the Differential Diagnosis Between Spinal Schwannomas and Meningiomas	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e18890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7759/cureus.18890	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 Sasaki Daichi, Hatakeyama Shingo, Kawaguchi Hideo, Hatayama Yoshiomi, Ishibashi Yusuke, Kusaka Ayumu, Noro Daisuke, Tanaka Toshikazu, Ito Hiroyuki, Okuyama Yoshiharu, Okamoto Teppei, Yamamoto Hayato, Yoneyama Takahiro, Hashimoto Yasuhiro, Aoki Masahiko, Ohyama Chikara	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of six-cycle completion and earlier use of radium-223 therapy on prognosis for metastatic castration-resistant prostate cancer: A real-world multicenter retrospective study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations	6. 最初と最後の頁 64.e1 ~ 64.e8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.urolonc.2021.11.005	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 Sato Hikari, Ito Fumiki, Hasegawa Kazuki, Saga Ryo, Hosokawa Yoichiro, Tanaka Mitsuki, Aoki Masahiko	4. 巻 23
2. 論文標題 Identification of novel prognostic factors focusing on clinical outcomes in patients with non-small cell lung cancer after stereotactic body radiotherapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Oncology Letters	6. 最初と最後の頁 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3892/ol.2022.13199	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 YAMAMOTO TAKAYA, NIIBE YUZURU, MATSUMOTO YASUO, DEKURA YASUHIRO, OH RYOONG-JIN, YAMASHITA HIDEOMI, KAKUHARA HISAO, AOKI MASAHIKO, JINGU KEIICHI	4. 巻 40
2. 論文標題 Stereotactic Body Radiotherapy for Pulmonary Oligometastases from Esophageal Cancer: Results and Prognostic Factors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anticancer Research	6. 最初と最後の頁 2065 ~ 2072
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21873/anticancerres.14164	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 Oyama Tomoyuki, Hosokawa Yoichiro, Abe Kazuki, Hasegawa Kazuki, Fukui Roman, Aoki Masahiko, Kobayashi Wataru	4. 巻 19
2. 論文標題 Prognostic value of quantitative FDG-PET in the prediction of survival and local recurrence for patients with advanced oral cancer treated with superselective intra-arterial chemoradiotherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oncology Letters	6. 最初と最後の頁 3775 ~ 3780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3892/ol.2020.11488	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 Yamamoto Takaya, Niibe Yuzuru, Yamada Kazunari, Aoki Masahiko, Onishi Hiroshi, Katsui Kuniaki, Dekura Yasuhiro, Nishikawa Atsushi, Manabe Yoshihiko, Yamashita Hideomi, Jingu Keiichi	4. 巻 147
2. 論文標題 Significant reduction of oncologic pulmonary death by local control for pulmonary oligometastases treated with stereotactic body radiotherapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiotherapy and Oncology	6. 最初と最後の頁 86 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radonc.2020.03.019	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 Yamamoto Takaya, Niibe Yuzuru, Aoki Masahiko, Shintani Takashi, Yamada Kazunari, Kobayashi Mitsuru, Yamashita Hideomi, Ozaki Masatoki, Manabe Yoshihiko, Onishi Hiroshi, Yahara Katsuya, Nishikawa Atsushi, Katsui Kuniaki, Oh Ryoong-Jin, Terahara Atsuro, Jingu Keiichi	4. 巻 20
2. 論文標題 Analyses of Local Control of Pulmonary Oligometastases after Stereotactic Body Radiotherapy and Impact of Local Control on Survival	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Cancer	6. 最初と最後の頁 997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-35650/v1	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 Yamamoto Takaya, Niibe Yuzuru, Matsumoto Yasuo, Aoki Masahiko, Oh Ryoong Jin, Ozaki Masatoki, Kobayashi Mitsuru, Manabe Yoshihiko, Shintani Takashi, Dekura Yasuhiro, Onishi Hiroshi, Yamashita Hideomi, Jingu Keiichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Factors related to primary cancer death and non primary cancer death in patients treated with stereotactic body radiotherapy for pulmonary oligometastases	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cancer Medicine	6. 最初と最後の頁 8902 ~ 8911
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cam4.3508	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 Tanaka Hisashi, Hasegawa Yukihiro, Makiguchi Tomonori, Okumura Fumihiko, Tabe Chiori, Shiratori Toshihiro, Ishioka Yoshiko, Itoga Masamichi, Taima Kageaki, Yokouchi Junichi, Hatayama Yoshiomi, Aoki Masahiko, Tasaka Sadatomo	4. 巻 22
2. 論文標題 A Phase I/II Study of Biweekly Carboplatin and Nab-paclitaxel With Concurrent Radiotherapy for Patients With Locally Advanced Unresectable Stage III Non-small-cell Lung Cancer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Lung Cancer	6. 最初と最後の頁 42 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clcc.2020.09.016	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 Yamamoto Takaya, Niibe Yuzuru, Matsumoto Yasuo, Onishi Hiroshi, Aoki Masahiko, Nishikawa Atsushi, Oh Ryoong-Jin, Shintani Takashi, Yahara Katsuya, Ozaki Masatoki, Manabe Yoshihiko, Jingu Keiichi	4. 巻 61
2. 論文標題 Analyses of local control and survival after stereotactic body radiotherapy for pulmonary oligometastases from colorectal adenocarcinoma	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 935 ~ 944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rraa071	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2件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 青木昌彦
2. 発表標題 肺癌に対する体幹部定位放射線治療の現状と将来展望
3. 学会等名 第5回放射線治療あすなる会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木昌彦
2. 発表標題 Dual-energy CTが放射線治療にもたらす恩恵
3. 学会等名 日本放射線技術学会近畿支部夏季セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022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
---------	---------