

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04513

研究課題名（和文）RGBカメラによる術中リアルタイム脳組織バイアビリティ画像診断技術の開発

研究課題名（英文）Development of intraoperative realtime diagnostic imaging technique for brain tissue viability by using RGB camera

研究代表者

西館 泉（Nishidate, Izumi）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：70375319

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000円

研究成果の概要（和文）：脳外科手術で必ず記録される手術用顕微鏡映像から、脳組織の血流、組織への酸素供給、脳組織の不可逆的なダメージ等の組織バイアビリティの判断を支援する新しい手術顕微鏡組込型のイメージングシステムを開発し、小動物を用いた実験により開発手法・システムの妥当性を確認した。また、ヒトの脳血管障害の外科手術において術中リアルタイムバイアビリティモニタリングの設計検証試験を行い、開発手法のヒトでの妥当性・有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で開発したシステムにより、執刀医の暗黙知や経験に依らない迅速な診断・治療が可能になり、安全性・治療成績の向上等の手術支援において有益な効果をもたらす。また、病気の予防や治療後の予後判定にも活用できる新しい診断法の開発にもつながり、患者のQOLを飛躍的に向上させることに貢献する。脳外科以外の領域の術中にも利用可能であり、様々な診療科において手術成績の大幅な向上と医療費の削減につながる。提案法により得られる組織バイアビリティは、デジタルデータとして収集・保存されるため、AIやICTを活用した革新的な手術支援ロボットや内視鏡システムの開発において、有用な教師データとして活用できる。

研究成果の概要（英文）：We have developed a new imaging system integrated into the surgical microscope that supports the determination of tissue viability, such as blood flow in brain tissue, tissue oxygen saturation, and irreversible damage to brain tissue. Experiments with small animals have confirmed the validity of the proposed method and system. Furthermore, we conducted a verification test of real-time intraoperative viability monitoring in human cerebrovascular surgery, confirming the validity and usefulness of the developed method.

研究分野：生体医用光学

キーワード：RGBカメラ 脳組織 生体臓器 組織バイアビリティ 組織酸素飽和度 リアルタイムイメージング 術中モニター 拡散反射イメージング

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。

1. 研究開始当初の背景

脳出血や脳梗塞等の脳血管障害は寝たきりの生活になる病因の第一位であり、死亡病因の中でも多くを占めている高頻度な疾患である。その上、後遺症を残しやすく介護が必要になることが多いため、福祉的観点からも大きな課題を伴う疾患である。脳血管障害の治療では、血管の切開や縫合の際に、一時的な血流遮断を行う場合がある。脳は虚血や低酸素に対し極めて脆弱であるため、一時的な脳局所への血流遮断は、組織や神経細胞に不可逆な変化が生じるリスクを伴う。また、遮断解除後は、遮断中に拡張していた血管がすぐには収縮しないため、一時的に脳血流が過灌流状態となる術後過灌流がしばしば合併症として生じる。術後過灌流により脳組織中に過剰な酸素が供給されることで活性酸素種が増加し、正常な神経細胞へダメージを与えることで組織障害を引き起こす可能性も報告されている。

術後の運動・言語機能麻痺などの合併症を防ぐために、脳神経外科手術時には電気生理学的モニタリング (Motor evoked potential, MEP) が利用されるが、MEP は脳血流、組織酸素飽和度や神経細胞変性などの組織バイアビリティを直接評価できない。光学的モニタリングとして、レーザードップラー法やレーザースペックル法を用いた脳表血流計測・イメージング、また、インドシアニングリーン (Indocyanine green, ICG) の静脈注を用いた蛍光血管造影法があるが、血流の有無や速度といった情報に限定される。また、全身のバイタルサインのモニタリングとして、指尖パルスオキシメーターによる動脈血酸素飽和度計測が利用されているが、脳組織の局所的な酸素供給を評価することはできない。拡散反射分光法を用いた方式として近赤外分光装置 (NIRS) があるが、これまでに報告されている反射光検出型プローブによる空間分布計測法は接触型であり、多点同時計測や空間分解能の向上のためには原理上プローブの大型化が必要となり、手術顕微鏡との干渉や手術そのものの障害になり、実用化は難しい。加えて、NIRS は原理上、組織の光散乱変化を捉えることはできない。このように、現在臨床で使用されている術中モニタリング法では脳組織局所への酸素供給、神経細胞変性などの組織バイアビリティを評価することは困難である。そのため、組織バイアビリティを一度に非接触のかつリアルタイムでモニタリングする機器の開発が必要とされている。

2. 研究の目的

上記の問題に対して本研究課題では、脳外科手術で必ず記録される手術用顕微鏡映像から、血流量や組織酸素飽和度に加え、脳組織の平均的な神経細胞サイズの空間的な情報をリアルタイムに把握することにより、脳組織の血流、組織への酸素供給、脳組織の不可逆的なダメージ等の組織バイアビリティの判断を支援する新しい手術顕微鏡組込型のイメージングシステムの基盤技術開発を目的とした。課題全体を通し、(1) 脳組織の血行動態と光散乱特性の変化を同時にリアルタイムで画像化する組織バイアビリティイメージングシステムの新規開発と小動物実験による検証、(2) ヒトの脳外科手術での設計検証試験による妥当性・有用性の評価を達成目標とした。

3. 研究の方法

山形大学手術部が保有する Leica 製手術用顕微鏡と農工大が保有する Zeiss 製手術用顕微鏡のそれぞれの顕微鏡ヘッドの拡張ポートにカラーカメラを接続し、術中イメージングシステムを構築した。それぞれの機関で画像取得装置を構築することで、システムの開発、実装、動物実験およびヒトに対する実証試験を効率的に進めることを可能とした。先行研究で開発した手法を発展させることで、脳表のカラー画像から脳組織中の酸素化ヘモグロビン量、脱酸素化ヘモグロビン量、総ヘモグロビン量、組織酸素飽和度、光散乱特性を同時かつ連続的に画像化するシステムを開発した。光散乱特性は等価散乱係数スペクトルを波長の累乗関数で近似した式 $\mu_s'(\lambda) = a\lambda^{-b}$ の指数部 b (以下散乱パラメーター b) を細胞の平均的なサイズに関係する指標として評価した。RGB の3応答量から XYZ 表色系を介して脳組織の酸素化ヘモグロビン量 C_{HbO} 、脱酸素化ヘモグロビン量 C_{HbR} 、総ヘモグロビン量 C_{HbRT} 、組織酸素飽和度 StO_2 、光散乱パラメーター b を推定する非線形回帰モデルを開発した。この際、脳組織をモデル化した光伝搬モンテカルロシミュレーションにより、多数の可視波長域分光拡散反射率と対応する CIEXYZ 値および RGB 値を生成し、推定式を作成した。上記の処理を1フレーム・1ピクセル毎に行うことで、複数の組織バイアビリティの指標をリアルタイムで画像するシステムを MATLAB により開発した。In silico (計算機実験) および生体模擬ファントム実験により原理の妥当性・定量性を評価した。

開発した手法の生体での妥当性と有用性を確認するために研究代表者の西舘と研究分担者の小久保が共同で、小動物を対象とした低酸素負荷モデル、頸動脈遮断モデルおよび脳梗塞モデルによる脳血管障害の再現実験を行った。本実験は東京農工大学動物実験小委員会の承認を得て行われた。

また、山形大学医学部附属病院において研究分担者 (臨床医) の小久保安昭准教授が執刀する手術中に、開発したシステムの設計検証試験を行った (症例数 58)。比較対象としてレーザ光組織酸素モ

モニターおよびレーザー光組織血流計による StO_2 および血流量の接触型ポイント計測、血圧計による収縮期血圧の測定、およびパルスオキシメーターによる経皮的動脈血酸素飽和度 SpO_2 測定を行い、開発した非接触イメージング方式で得られた結果と市販の接触型計測装置で得られた結果との比較を行った。SPSS version 26 (IBM, USA) を用い、開発した手法で得られた StO_2 と既存の接触型光プローブによる組織酸素飽和度モニターによるポイント測定によって測定された脳表 StO_2 を比較するため、対応のある t -検定を行った。また、提案手法により得られた結果と脳表血流および収縮期血圧との相関を明らかにするため、回帰係数と相関係数の算出を行った。有意水準は 5% 未満を有意とした。本研究はヒトを対象とした臨床研究であり、山形大学医学部倫理委員会で承認された上で遂行した。原則、ヒトを対象とする医学系研究に関する倫理指針などを順守して実施した。

4. 研究成果

(1) リアルタイム組織バイアピリティイメージングシステムの実現

システムの開発

山形大学手術部が保有する Leica 製手術用顕微鏡と農工大が保有する Zeiss 製手術用顕微鏡のそれぞれの顕微鏡ヘッドの拡張ポートにカラーカメラを接続し、術中イメージングシステムを構築した。脳外科手術中で使用する条件（作動距離、拡大率、光量）の下で色標準カラーチャートと標準白色板を用いて撮像系のキャリブレーションを行った。先行研究で開発した手法を発展させることで、脳表のカラー画像から脳組織中の酸素化ヘモグロビン量、脱酸素化ヘモグロビン量、総ヘモグロビン量、組織酸素飽和度、光散乱特性をリアルタイムで画像化するシステムを MATLAB/Simulink をベースに開発した。さらに、臨床での使用時の操作性を考慮して、結果の表示画像内に任意の 2 つの関心領域 (ROI) を設定し、術中でのモニタリング中に ROI の位置とサイズを任意に変更できるグラフィックユーザーインターフェース (GUI) も付加し、所望の ROI の時間変化も同時に表示・記録することが可能なシステムとした。Fig.1 に開発したシステムの表示画面の一例を示す。

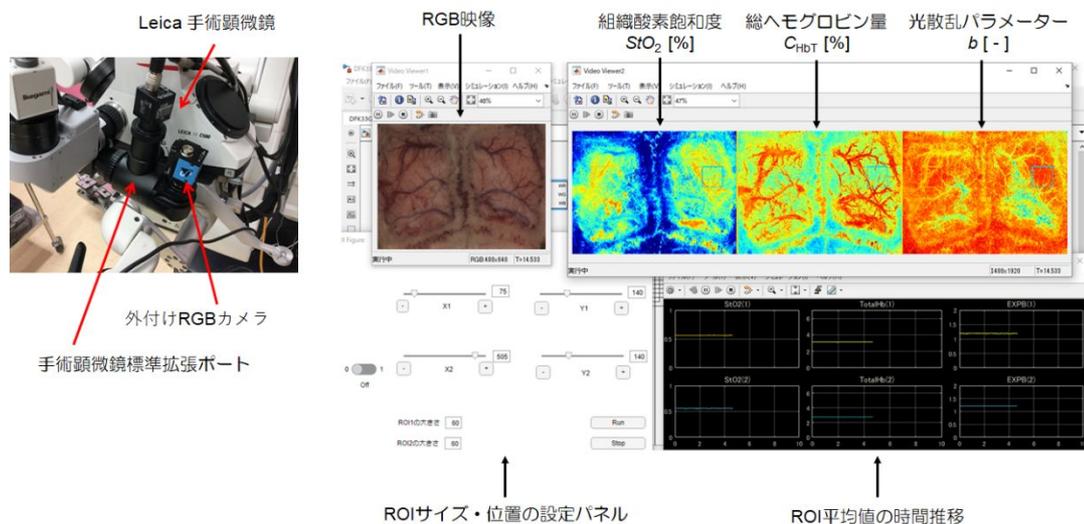


Fig.1 開発したリアルタイム組織バイアピリティイメージングシステムの表示画面の一例

小動物実験による設計検証

開発した手法の生体での妥当性と有用性を確認するために、ラットおよびマウスを用いた低酸素負荷モデル、頸動脈遮断モデルおよび脳梗塞モデルによる脳血管障害の再現実験を行った。

低酸素負荷モデルでは吸入酸素濃度の低下に応じて StO_2 値は減少し、呼吸停止後に組織による光散乱特性の一つである散乱パラメーター b の増加が確認された。

頸動脈遮断モデルでは、1時間の両側頸動脈遮断解除後に、脳の総ヘモグロビン量と StO_2 が遮断前に比べ増加するケースが確認され、虚血後の過灌流状態の再現が示唆された。一方で、総ヘモグロビン量の時系列データに対する周波数解析の結果から、血管運動として知られる血液量の自発的低周波変動 (0.006 ~ 0.2 Hz) が遮断前に比べ、遮断解除後に有意に減弱することが明らかとなった。血管運動は血流の自己調節と関連があることが報告されている。そのため、遮断解除後に生じた総ヘモグロビン量と StO_2 の増加は虚血による脳血流の自己調節機能の低下と関係していると推察される。このことは、本開発手法により術中にモニターした総ヘモグロビン量の時系列データから、術後過灌流の予測ができる可能性を示している。Fig. 2 に示すように、片側中大脳動脈永久閉塞による脳梗塞モデルを用いた実験では、閉塞側の脳半球で StO_2 と C_{HbT} の有意な低下が確認された。Fig.3(a)に提案法により求めた、閉塞後2日経過したマウス脳の StO_2 、 C_{HbT} 、散乱パラメーター b の空間分布の一例を示す。これ

らは動画像としてリアルタイムでモニタリング可能である。 StO_2 および C_{HbT} は左側面（梗塞半球側）の梗塞部付近では低下しているが、左半球全体は非梗塞半球側よりも増加している。閉塞後から数日後にかけて梗塞半球側の StO_2 と C_{HbT} が上昇する現象は、虚血を補うための側副血行路の血流量増加を示唆しており、全てのサンプル ($n=25$) で観察された。散乱パラメーター b は血管閉塞部周辺領域において増加する結果が得られた。Fig.3(b)に同個体の下大脳静脈から 3mm および 5mm の脳断面の TTC 染色結果を示す。脳梗塞領域に対応する非染色領域と Fig.3(a)における散乱パラメーターの増加（散乱係数の低下）が対応していることが本研究において見出されている。麻酔から回復したマウスに対する行動評価では、脳梗塞マウスに特有の神経症状が観察された。*In vivo* の計測試験終了後に、採取し切片化した脳組織スライスの 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) 染色画像の特徴から脳梗塞巣領域の評価を行った結果、神経症状が観察されたマウスでは、中大脳動脈支配領域で TTC 非染色領域が観察され、脳梗塞巣が確認された。さらに、この脳梗塞巣に対応する領域では非梗塞領域に比べ散乱パラメーター b が有意に高値を示す結果が得られた。

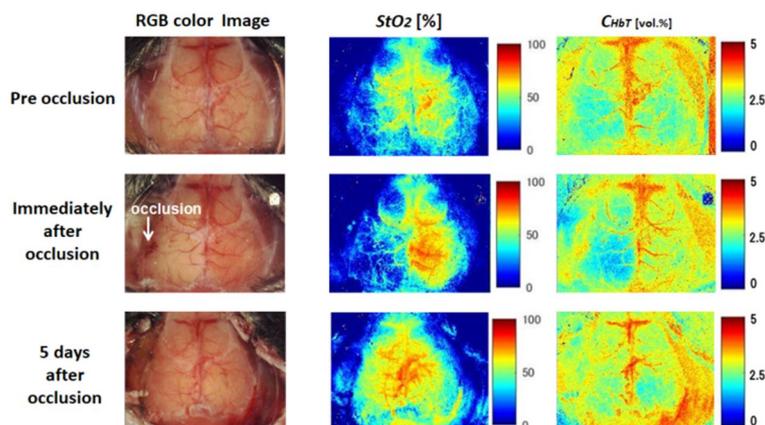


Fig.2 マウス片側中大脳動脈永久閉塞による脳梗塞実験結果の一例。動脈閉塞前（Pre occlusion）閉塞直後（Immediately after occlusion）閉塞後5日（5 days after occlusion）のカラー画像、 StO_2 および C_{HbT} 画像。

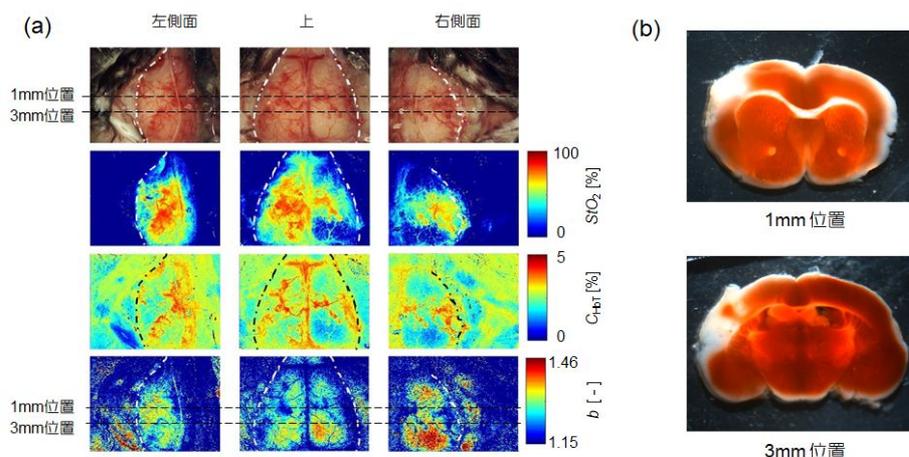


Fig.3 マウス片側中大脳動脈永久閉塞による脳梗塞モデルの実験結果の一例。動脈閉塞後2日における(a)原カラー画像、 StO_2 画像、 C_{HbT} 画像、 b 画像および(b)TTC 染色画像。

(2) ヒトの脳外科手術での実証試験

本研究では、脳主幹動脈一時遮断中およびその前後、また、STA-MCA bypass 後の浅側頭動脈遮断解除時を含む脳血管障害手術中の脳表 RGB 映像記録と解析を行った（対象症例 58）。多くの症例では動脈遮断に伴い、その灌流領域の StO_2 が低下し、遮断解除後に回復する様子が捉えられた。また、血管の走行が通常と異なる症例においては、灌流領域や StO_2 の変化する領域の分布に違いがあることも確認された。例えば、一つの症例では、右中大脳動脈 M2 部の遮断時の StO_2 の変化が観察されたが、側頭葉では脳組織酸素飽和度が低下し前頭葉では変化を示さなかった。本症例は血管の走行が通常と異なり、M1 から前頭葉に分枝を出していたが、この灌流領域が通常と異なることが本開発システムにより捉えることが出来ている例である。側頭葉の血流低下による影響は、これまでの電気生理学的なモニタリングである MEP や SEP では捉えることが困難であり、本開発手法の優れた点の一つであると言える。また、治療的血管閉塞が必要な症例においても、内頸動脈遮断時に前頭葉の血流に変化が生じ

ていないことも評価可能であり、これは術中に施行した脳血管造影により、前交通動脈を介した血流による十分な側副血行灌流を反映するものであった。以上から、本開発手法により得られた StO_2 値は脳主幹動脈遮断時の血流変化の空間分布を正確に捉えることが可能であり、これまでにない術中モニタリング法として有用である可能性が得られた。

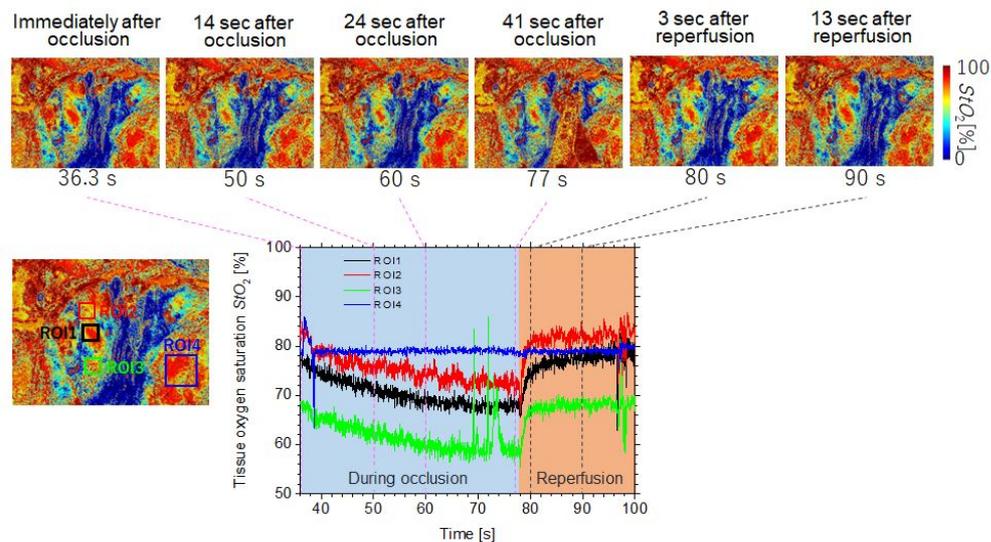


Fig.4 ヒト術中における中大脳動脈一時遮断 解除時の脳表 StO_2 の変化の一例。ROI1、ROI2、ROI3 では、遮断後の StO_2 の低下と解除後の回復が見られるが、ROI4 では変化が見られない。CT 血管造影の結果では、この症例は遮断動脈からの灌流領域が通常と異なり、別の血管が ROI4 に連絡していたことが確認されており、本手法により、灌流領域が通常と異なることを捉えることができていない一例である。

本法による StO_2 値と既存の接触型光プローブ脳表血流計によって測定された脳表血流との間には統計的に有意な相関は認められなかった。また、本法により測定された StO_2 値と収縮期血圧との相関についても有意な相関は認められなかったが、これは脳血流の自動調節能が考えられる。硬膜解放時の脳血流自体は脳梗塞等により強い虚血がない限り、大きく変化する可能性は低いことから、この結果は妥当であると考えられる。また、STA-MCA bypass 後、浅側頭動脈遮断解除時の脳組織酸素飽和度変化を測定した一例では、術中の浅側頭動脈遮断解除時の脳組織酸素飽和度増加が著明であることが捉えられた。この症例では術翌日の ^{15}O -PET による脳血流量の評価では、吻合部周辺の CBF 増加が認められている。本法により得られた血行再建手術直後の脳血行動態は電気生理学的なモニタリングでは捉えることは困難である。脳表状態の変化をモニタリングしているこれまでの報告では、もやもや病の血行再建手術において赤外線画像装置を用いて脳の温度変化を測定し、血行再建後の脳血流増加を捉えることが可能であるという研究報告もあるが、特定の ROI でのみ観察可能であり、術野全体の脳表の血行動態変化を捉えることはできない。また、同様の目的でハイパースペクトルカメラを用いた分光解析手法により術中脳表画像から代謝を観察する方法も報告されているが、この方法も観察範囲が限られることやカメラが特殊で高価であり、汎用性の問題もある。本開発手法では脳表の広範囲にわたる血行動態変化の時空間分布をリアルタイムに表示することが可能であり、異なる領域の変化を可視化することが可能である。

本研究課題において行った接触式の近赤外レーザー組織酸素モニターとの比較から両者に相関が見いだされた一方で、絶対値には数%の開きがあることも明らかとなった。これは、レーザー組織酸素モニターは比較的深部の情報をプローブするのに対して、可視波長域の光を用いる本方法が比較的浅い領域の変化を捉えるという光進達深さの違いを反映している。このことは、本開発手法から得られるバイアビリティ指標の解釈で留意すべき点の一つである。また、高解像度の術中映像のリアルタイム解析では画素数の増加による計算負荷の増加と処理速度の低下が生じることも確認されたことから、実用化に向けてハード、ソフトの両面での対応も必要となることが確認された。本法が実用化されれば、術中のみならず遅発的に生じる血行再建術後、過灌流症候群のような合併症も予測できる可能性がある。このような方法はこれまでに報告はされておらず脳神経外科手術治療成績向上に寄与すると考えられ、独自性や臨床での有用性も高いと言える。本手法の大きな利点は、安価な RGB CCD カメラまたは CMOS カメラを顕微鏡に装着するだけで映像取得・解析処理・画面表示が可能であり、汎用性も高い点にある。また、硬性内視鏡を含む様々なタイプの顕微鏡やカメラで直接撮影した画像・映像にも適用可能である。脳神経外科分野以外の形成外科の遊離皮弁や心臓血管外科の冠動脈バイパス、臓器移植等、循環動態の変化が生じる可能性のある手術や臓器への血流の確認が必要な手術においても有用な手法と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kenichiro Yoshida, Izumi Nishidate	4. 巻 12
2. 論文標題 Phase Velocity of Facial Blood Volume Oscillation at a Frequency of 0.1 Hz.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 627354
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2021.627354	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 Satoko Kawauchi, Keiichiro Yoshida, Takuya Osawa, Yuriko Muramatsu, Hiroshi Nawashiro, Shashi P. Karna, Raj K. Gupta, Izumi Nishidate, and Shunichi Sato	4. 巻 39
2. 論文標題 Effects of Isolated and Combined Exposure of the Brain and Lungs to a Laser-Induced Shock Wave(s) on Physiological and Neurological Responses in Rats	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Neurotrauma	6. 最初と最後の頁 1533-1546
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1089/neu.2022.0101	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

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 3件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 西館泉
2. 発表標題 光伝搬数値計算に基づくRGB画像解析と術中脳組織酸素飽和度イメージングへの応用
3. 学会等名 脳循環代謝サマーキャンプ2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Kawauchi, S. Seki, Y. Muramatsu, A. Kono, Y. Komuta, I. Nishidate and S. Sato
2. 発表標題 Pharmacological reduction of shock wave-induced astroglial scarring in the rat brain
3. 学会等名 The 6th International Forum on Blast Injury Countermeasures (IFBIC 2022)（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木結理佳, 西舘泉, 神代竜一, 栗山直剛, 池田哲夫, 長原一
2. 発表標題 硬性内視鏡システムを用いた腹腔内臓器の術中リアルタイム血行動態観察に向けた基礎検討
3. 学会等名 電気学会 光・量子デバイス研究会 バイオメディカルフォトンクス応用
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部菜生, 川内聡子, 佐藤俊一, 佐藤学, 小久保安昭, 西舘泉
2. 発表標題 総頸動脈結紮により誘発されたマウス脳血流の自発的低周波振動の解析
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第43回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村文乃, 川内聡子, 佐藤俊一, 佐藤学, 小久保安昭, 西舘泉
2. 発表標題 マウス虚血性脳梗塞モデルの脳組織血行動態と光散乱特性のin vivo評価
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第43回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木結理佳, 神代竜一, 栗山直剛, 池田哲夫, 長原一, 西舘泉
2. 発表標題 硬性内視鏡システムを用いた腹腔内臓器の術中リアルタイム血行動態評価のための基本検討
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第43回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Izumi Nishidate, Satoko Kawauchi, Shunichi Sato, Manabu Sato, and Yasuaki Kokubo
2. 発表標題 RGB-based Real-time Monitoring of Brain Tissue Viability During Neurosurgery
3. 学会等名 Symposium on Multimodal Medical Engineering (MME, 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Izumi Nishidate, Satoko Kawauchi, and Shunichi Sato
2. 発表標題 RGB camera-based diffuse reflectance imaging of cerebral hemodynamics in rat brain exposed to a Laser-induced shock wave
3. 学会等名 The 5th International Forum on Blast Injury Countermeasures (IFBIC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田智郁, 中村文乃, 渡部菜生, 川内聡子, 佐藤俊一, 佐藤学, 小久保安昭, 西館泉
2. 発表標題 術中リアルタイム脳組織酸素飽和度イメージングシステムに関する基礎研究
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西館 泉, 加賀 祐紀, 高田 知郁, 佐藤 学, 小久保 安昭
2. 発表標題 RGBカメラを用いた脳組織局所酸素飽和度のリアルタイムイメージング
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 慎治, 小久保 安昭, 中村 和貴, 佐野 顕史, 五十嵐 晃平, 下川 友侑, 川並 香菜子, 板垣 寛, 西館 泉, 園田 順彦
2. 発表標題 脳神経外科手術におけるRGBカメラによる術中リアルタイム脳組織酸素飽和度モニタリングシステムの開発
3. 学会等名 第30回 脳神経外科手術と機器学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西館 泉
2. 発表標題 RGBカメラを用いた生体医用イメージング
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京農工大学研究者情報 https://kenkyu-web.tuat.ac.jp/profile/en.915a4ad86e355306c39ef6ae444adb49.html
--

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	小久保 安昭 (Kokubo Yasuaki) (40343074)	山形大学・大学院医学系研究科・准教授 (11501)	

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