

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04006

研究課題名(和文) 運動開始時の迅速な活動筋血流反応とトレーニング効果の解明：拡散相関分光法を用いて

研究課題名(英文) Rapid active muscle hyperemia at the onset of exercise and elucidation of training effects: using diffuse correlation spectroscopy

研究代表者

一之瀬 真志 (Ichinose, Masashi)

明治大学・経営学部・専任教授

研究者番号：10551476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、従来の活動筋血流測定法では計測することができない運動開始直後の活動筋微小循環における血流の時間変化を測定するために、拡散相関分光法(DCS)を用いた新たな測定法を開発し、その有用性を検討するとともに、迅速な血流応答のメカニズムを調べた。開発したDCS血流計測技術により、単回の筋収縮によって惹起される迅速な血流増加反応の定量評価に成功した。さらに、活動筋での迅速な血流増加には筋ポンプ作用と代謝性因子が重要な働きを持つことを示した。また、骨格筋微小血管に加わる静水圧が上昇すると、筋収縮依存性および非依存性の血流増加が増強・加速されることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において開発・確立した拡散相関分光法を用いた単回筋収縮に対する血流反応計測法により、これまで検討することが困難であった活動筋微小血管における運動開始時の迅速な血流・血管応答を定量評価し、そのメカニズムを調べることが可能となった。本研究の成果は、活動筋微小循環における血流調節メカニズムの解明に貢献するとともに、運動による健康増進や安全で効果的なトレーニング法などを考えるうえでも有意義な知見となる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a new blood flow measurement technique using diffusion correlation spectroscopy (DCS) to measure temporal changes in blood flow in the active muscle microcirculation immediately after the start of exercise, which cannot be detected by conventional active limb blood flow measurement methods and evaluated its usefulness and investigated the mechanism of rapid blood flow response. Using the developed DCS-based blood flow measurement technique, the rapid rise in blood flow elicited by a single muscle contraction was successfully evaluated quantitatively. Furthermore, we showed that skeletal muscle pump and metabolic factors play important roles in the rapid blood flow response. We also demonstrated that increased hydrostatic pressure in skeletal muscle microvessels enhances and accelerates the muscle contraction-dependent and -independent increase in blood flow.

研究分野：スポーツ生理学

キーワード：スポーツ生理学 生体医工学 循環調節 末梢血流量 光技術

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

運動時における活動筋への血流量の増加は、活動筋への酸素供給量を増やすとともに代謝産物の除去や発生した熱の放散などに欠かせない。そのため、活動筋血流量に関する研究は、運動の安全性やパフォーマンスの向上、科学的根拠に基づいた運動処方などを考える上で極めて重要である。ヒトが動的運動を始めると、活動筋への血流量は、開始直後の動態は明らかではないものの大きく増加し、数分内に定常状態に至る。このような活動筋血流量の経時的応答の特徴は古くから示唆されていた(Anrep et al. 1934, Corcondilas et al. 1964)。ヒトにおいて筋収縮直後からの筋血流量の時間変化について秒単位での詳細な研究が行われるようになったのは、超音波ドプラ法が当該領域に導入された 1990 年代半ば以降である(Hughson et al. 1996, Tschakovsky et al. 1996)。活動筋に給血する導管動脈の血流量を連続的かつ非侵襲的に測定することが可能になり、研究が大きく進展した。それらの研究結果より、運動の開始直後から起こる活動筋血流量の急増は、活動筋での急激な酸素需要の増加に対応するための重要な反応であると考えられている。同時に、迅速な活動筋血流応答に焦点を当てるために、主要研究者らにより単回の筋収縮(掌握運動や膝伸展運動)が用いられたことで標準的実験モデルが確立された。単回の筋収縮の終了後、1~2 秒以内に活動筋血流量が増加し、5~10 秒でピークに至ること、また、血流増加の程度は筋収縮の強度に依存することが報告されている(Tschakovsky et al. 2004, Credeur et al. 2015)。迅速な筋血流増加のメカニズムは完全には明らかではないが、骨格筋および血管内皮から放出される血管拡張物質( $K^+$ , NO およびプロスタグランジンなど)(Casey et al. 2013, Crecelius et al. 2013)と筋収縮により誘発される機械性因子(筋ポンプ作用や筋原性調節など)(Tschakovsky et al. 1996, Kirby et al. 2007)が関与すると考えられている。また、交感神経性血管収縮作用により血流増加の反応が減弱すること(Casey & Joyner. 2012)、他方、持久性運動トレーニングにより血流増加の反応が高まることが示唆されている(Hughes et al. 2016)。しかし、超音波ドプラ法により測定される導管動脈血流量には活動筋だけでなく非活動筋、皮膚、脂肪、骨、腱などへの血流量も含まれるため、活動筋組織での血流反応を明確に捉えられないことが研究の障壁となっている。例えば、筋収縮により放出される血管拡張物質は、活動筋組織での選択的な血管拡張を引き起こすと考えられることから、導管動脈よりも末梢部位において活動筋組織と非活動組織での血流配分が変化し、活動筋組織への血流量は増加するが、非活動組織の血流量は一過性に減少する可能性がある。このような場合には、導管動脈血流量から推定される活動筋血流量の反応は、実際の活動筋組織での血流量反応を過小評価し、また時間変化も実際の反応とは異なると考えられる。さらに、運動トレーニングにより骨格筋や脂肪、骨などの組織量が変化し、活動筋量と非活動組織量の比率も変わると推察される。従来法では、活動筋での血流量反応の変化が活動筋組織の適応変化(血管拡張能や毛細血管密度など)によるものか、組織量の変化によるものかを判断することが困難である。これらの問題点を解決するには、筋収縮により惹起される迅速な活動筋組織の血流反応を直接かつ連続的に測定することが不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究では、拡散相関分光法(DCS)による血流計測を開発・改良し、筋収縮により引き起こされる活動筋組織における迅速な血流反応とそのメカニズムおよび運動トレーニングの影響を明らかにすることを目的とした。本研究の具体的な課題は以下の2つである。

- (1) DCS を用いた単回の筋収縮に対する活動筋血流反応を評価する方法の確立
- (2) 活動筋における迅速な血流増加反応のメカニズムの検討

### 3. 研究の方法

#### (1) DCSを用いた単回の筋収縮に対する活動筋血流反応を評価する方法の確立

##### 迅速な血流応答を捉えるためのDCS装置の開発・改良

DCSは、体表面から近赤外光を照射し、毛細血管中の赤血球による拡散を受けて再び体表面に戻ってきた光の性質から血流速度を検出する。光強度の時間変化情報(自己相関関数)を用いて、光が照射された範囲の組織体積における血流速度を算出するため、一定の体積の筋組織における血流量を直接的に求めることができる(Durduran et al. 2010)。現有のDCS装置は定常状態の血流量測定を前提としているため、迅速な血流応答を捉えるための装置の開発・改良を行った。具体的な開発・改良の内容は「4. 研究成果」に記載する。

##### 単回の筋収縮モデルへのDCSの応用、定量評価法の開発

健康な若年男性25名を被験者とした。運動の開始直後に起こる迅速な活動筋血流応答を調べるために単回の筋収縮モデルを用いた。単回の筋収縮モデルの様式は、最も多くの先行研究で用いられている1秒間の静的掌握運動(単回掌握運動)とした。被験者は、最大随意筋力(MVC)の20%、40%、60%、80%で単回掌握運動を行った。新規に開発したDCS血流計を用いて掌握運動の主動筋の一つである浅指屈筋の筋腹部位において骨格筋微小循環血流指標(SMBFI)を連続測定した。同時に、超音波法により上腕動脈血流量(BABF)を連続測定した。また、非侵襲連続血圧測定装置(Finometer; Finapres Medical Systems, Netherlands)を用いて、動脈血圧を連続測定した。

#### (2) 活動筋における迅速な血流増加反応のメカニズムの検討

##### 筋ポンプ作用および代謝性因子の関与

若年男性23名を被験者とした。活動筋(即ち前腕)を心臓より低くすると活動筋血管に静水圧が加わり静脈貯留が起こるため、筋収縮により筋ポンプ作用が働くが、心臓より高くすると静脈貯留はなくなり、筋ポンプ作用は働かない。この2条件での単回掌握運動に対する活動筋血流反応の比較から筋ポンプ作用の影響を検討した。筋収縮強度の増加に伴う代謝亢進は血管拡張物質の放出を促し、血流反応を高めると考えられる。単回掌握運動の強度を20%、40%、60%、80% MVCに設定し、運動強度に依存した血流反応が起こるかを調べた。前記の通り、前腕の位置を2条件とした。特に、筋ポンプ作用を除外した条件では、代謝性因子の関与をより詳細に検討できると考えられる。浅指屈筋においてDCS血流計測を行った。また、非侵襲連続血圧測定装置を用いて、動脈血圧を連続測定した。

##### 微小血管に加わる静水圧の影響

若年男性22名を被験者とした。活動筋血管に静水圧が加わる場合、筋収縮に伴う筋ポンプ作用が迅速な血流増加反応に関与すると考えられるが、微小血管に静水圧が加わることで血管拡張反応が増強される可能性もある。そこで、骨格筋微小血管の静水圧上昇が筋収縮に依存せずに血流増加反応を増強するのかについて検討した。筋収縮に依存しない血流増加反応を調べるために反応性充血試験を行った。具体的には、上腕をカフで圧迫することで180秒間阻血し、阻血解除後に生じる一過性の血流増加反応を分析した。DCS血流計を用いて浅指屈筋の微小循環血流反応を測定した。また、非侵襲連続血圧測定装置を用いて、動脈血圧を連続測定した。浅指屈筋に加わる静水圧の影響を調べるために前腕を心臓よりも下方および上方に位置させて測定を行った。さらに、阻血による微小血管内圧の低下の程度および血液貯留の影響を調べるために反応性充血試験を以下の4条件で実施した。A) 前腕を下げた状態で阻血し、そのまま阻血を解除する。B) 前腕を上げた状態で阻血し、そのまま阻血を解除する。C) 前腕を下げた状態で阻血し、その後前腕を上げてから阻血を解除する。D) 前腕を上げた状態で阻血し、その後前腕を下げてから阻血を解除する。

## 4. 研究成果

### (1) DCS を用いた単回の筋収縮に対する活動筋血流反応を評価する方法の確立

#### 迅速な血流応答を捉えるための DCS 装置の開発・改良

新規 DCS 装置の具体的な開発・改良の内容として、時間分解能に優れた単一光子測定器の導入および計測プログラムの改良により、DCS 血流計の光子計測周波数を向上するとともに、送光プローブの改良により受光組織領域を拡大した。新規の DCS 血流計を用いることで、迅速な活動筋血流反応をより詳細に検討することが可能となった。

#### 単回の筋収縮モデルへの DCS の応用、定量評価法の開発

DCS により単回掌握運動に対する血流・血管反応を測定することができるのかを確認するために、上腕部で阻血を行う場合と行わない場合の反応を比較した。阻血を行わない条件では単回掌握運動の直後から筋微小血管コンダクタンス (SMVCI: SMBFI / 平均動脈血圧) が一過性に急増した(図 1 左)。上腕部で阻血をした状態で単回掌握運動を行うと、筋収縮時にスパイク状の反応は見られるが、すぐに安静レベルに回復した(図 1 右) したがって、阻血なしの状態で見られる一過性の SMVCI 増加は血管反応であると考えられる。

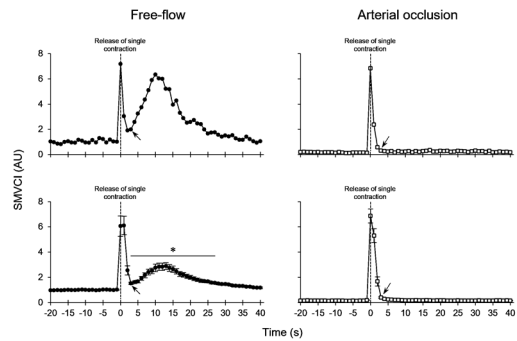


図 1. 単回掌握運動に対する筋微小血管コンダクタンス (SMVCI) の反応: 血流・血管反応の確認実験  
単回掌握運動の終了時点が 0 秒である。SMVCI は筋収縮開始前の安静時を 1 として正規化した。上段は 1 人の被験者のデータ、下段はグループ平均データ。

また、筋収縮時に起こるスパイク状の反応は体動によるノイズと考えられるため、この部分を含まないように収縮終了 3 秒目(図 1 中の矢印のデータ)を初期応答として、これ以降のデータを分析した。SMBFI においても同様の結果を得た。

図 2 は、各強度での単回掌握運動に対する BABF および SMBFI の経時変化である。単回掌握運動により上腕動脈と実際に収縮した骨格筋の微小循環の両方において、収縮強度に依存した迅速な血流増加が起こることが明らかになった。安静時からの変化率として評価した血流増加反応の程度は、いずれの強度においても上腕動脈の方が骨格筋微小循環よりも大きかった。BABF は筋収縮終了後、約 5 秒から 8 秒でピークに至った。一方、SMBFI は BABF がピークを過ぎ安静水準へと低下している間も上昇を続け、約 10 秒から 14 秒でピークとなった。これらの結果から、運動開始直後の活動筋組織への血液・酸素供給増加には、これまで導管動脈血流の反応から考えられていたよりも時間がかかっていることが示唆された。

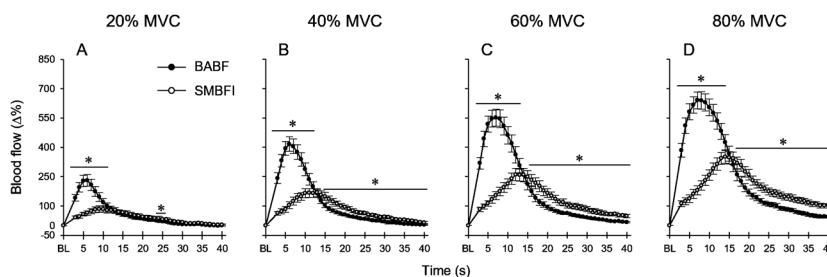


図 2. 各強度での単回掌握運動に対する BABF と SMBFI の経時変化  
血流反応は筋収縮前安静時からの変化率として定量化した。  
\*  $p < 0.05$ , BABF vs. SMBFI.

### (2) 活動筋における迅速な血流増加反応のメカニズムの検討

#### 筋ポンプ作用および代謝性因子の関与

図 3 に前腕を心臓よりも上方および下方に位置させた状態での単回掌握運動に対する SMBFI の経時変化を示す。前腕の位置および運動強度に関わらず単回掌握運動の直後から SMBFI が一過性に急増した。血流増加のピークは運動強度に依存して高まった。前腕を下げた条件では上げた条件と比べて、全強度でピークが高く、またピークが早まった。これらの結果から、実際に収縮した骨格筋の微小循環において運動強度依存性の迅速な血流増加が起こること、さらに、この

反応は活動筋に静水圧が加わると増強・加速されることが明らかになった。運動開始時の迅速な血流増加には筋ポンプ作用および代謝性因子が重要な働きを持つことが示唆された。

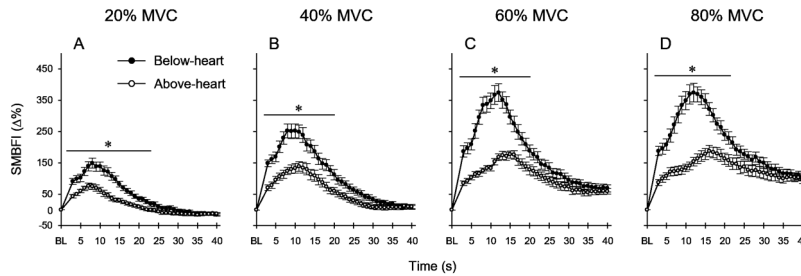


図 3.前腕を心臓よりも上方 (Above-heart) および下方 (Below-heart) に位置させた状態での単回掌握運動に対する SMBFI の経時変化  
血流反応は筋収縮前安静時からの変化率として定量化した。  
\* p < 0.05, Above-heart vs. Below-heart.

### 微小血管に加わる静水圧の影響

図 4 は、各前腕の位置条件での反応性充血試験における SMBFI の経時変化である。前腕を心臓よりも下方に位置した条件 (Below) では、心臓よりも上方に位置した条件 (Above) よりも血流増加のピークが高まり、ピークに至るまでの時間が短縮された。前腕を上げた状態で阻血し、その後前腕を下げてから阻血を解除した場合 (Above-Below) ,前腕を下げたままの状態と比べて血流増加のピークに差は無かったが、ピークに至るまでの時間が長くなった。前腕を下げた状態で阻血し、その後前腕を上げてから阻血を解除した場合 (Below-

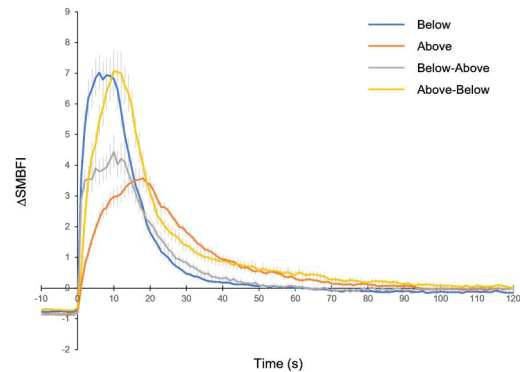


図 4. 各前腕の位置条件での反応性充血試験における SMBFI の経時変化  
SMBFI は安静時を 1 として正規化し、阻血前からの変化量として定量化した。

Above) ,前腕を上げたままの状態と比べて血流増加のピークに差はなかったが、ピークに至るまでの時間が短縮された。これらの結果から、骨格筋微小血管に加わる静水圧が上昇すると、筋収縮および筋ポンプ作用に依存せずに、血流増加反応が増強・加速されることが明らかになった。さらに、阻血による微小血管内圧の低下の程度および血液貯留は血流増加のピークには影響しないが、血流増加反応の速度を変化させることが示唆された。

### < 引用文献 >

Anrep, G, Blalock, A, Samaan, A. The effect of muscular contraction upon the blood flow in the skeletal muscle. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character, 114: 223-245, 1934.

Corcondilas A, Koroxenidis GT, and Shepherd JT. EFFECT OF A BRIEF CONTRACTION OF FOREARM MUSCLES ON FOREARM BLOOD FLOW. J Appl Physiol 19: 142-146, 1964.

Hughson RL, Shoemaker JK, Tschakovsky ME, Kowalchuk JM. Dependence of muscle V02 on blood flow dynamics at onset of forearm exercise. J Appl Physiol 81: 1619-26, 1996.

Tschakovsky ME, Shoemaker JK, and Hughson RL. Vasodilation and muscle pump contribution to immediate exercise hyperemia. The American journal of physiology 271: H1697-1701, 1996.

Tschakovsky ME, and Sheriff DD. Immediate exercise hyperemia: contributions of the muscle pump vs. rapid vasodilation. J Appl Physiol 97: 739-747, 2004.

Credeur DP, Holwerda SW, Restaino RM, King PM, Crutcher KL, Laughlin MH, Padilla J, and Fadel PJ. Characterizing rapid-onset vasodilation to single muscle contractions in the human leg. J Appl Physiol 118: 455-464, 2015.

Casey DP, Walker BG, Ranadive SM, Taylor JL, and Joyner MJ. Contribution of nitric oxide in the contraction-induced rapid vasodilation in young and older adults. J Appl Physiol 115: 446-455, 2013.

Crecelius AR, Kirby BS, Luckasen GJ, Larson DG, and Dineno FA. Mechanisms of rapid vasodilation after a brief contraction in human skeletal muscle. American journal of physiology Heart and circulatory physiology 305: H29-40, 2013.

Kirby BS, Carlson RE, Markwald RR, Voyles WF, and Dineno FA. Mechanical influences on skeletal muscle vascular tone in humans: insight into contraction-induced rapid vasodilatation. J Physiol 583: 861-874, 2007.

Casey DP, and Joyner MJ. Influence of alpha-adrenergic vasoconstriction on the blunted skeletal muscle contraction-induced rapid vasodilation with aging. J Appl Physiol 113: 1201-1212, 2012.

Hughes WE, Ueda K, Casey, DP. Chronic endurance exercise training offsets the age-related attenuation in contraction-induced rapid vasodilation. J Appl Physiol 120: 1335-1342, 2016.

Durduran T, Choe R, Baker WB, and Yodh AG. Diffuse Optics for Tissue Monitoring and Tomography. Reports on progress in physics Physical Society (Great Britain) 73: 2010.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Matsuda Y, Nakabayashi M, Suzuki T, Zhang S, Ichinose M, Ono Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Evaluation of Local Skeletal Muscle Blood Flow in Manipulative Therapy by Diffuse Correlation Spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in bioengineering and biotechnology	6. 最初と最後の頁 800051
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fbioe.2021.800051	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 M Ichinose, M Nakabayashi, Y Ono	4. 巻 320
2. 論文標題 Rapid vasodilation within contracted skeletal muscle in humans: new insight from concurrent use of diffuse correlation spectroscopy and Doppler ultrasound	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology	6. 最初と最後の頁 H654 ~ H667
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1152/ajpheart.00761.2020	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 Ichinose M, Nakabayashi M, Ono Y.	4. 巻 7
2. 論文標題 Difference in the integrated effects of sympathetic vasoconstriction and local vasodilation in human skeletal muscle and skin microvasculature.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physiol Rep	6. 最初と最後の頁 e14070
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14814/phy2.14070	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 Sasaki S, Nakabayashi M, Ono Y, Ichinose M.	4. 巻 43863
2. 論文標題 Optical evaluation of microvascular function at early and chronic stages of diabetes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11237, Biophotonics in Exercise Science, Sports Medicine, Health Monitoring Technologies, and Wearables	6. 最初と最後の頁 112370R
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2545267	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 Nozaki K, Nakabayashi M, Ichinose M, Ono Y.	4. 巻 43863
2. 論文標題 Real-time detection of fatigue effect on active muscle hemodynamics using diffuse correlation spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 11237, Biophotonics in Exercise Science, Sports Medicine, Health Monitoring Technologies, and Wearables	6. 最初と最後の頁 112370N
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2542876	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25件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 一之瀬 真志, 中林 実輝絵, 小野 弓絵
2. 発表標題 骨格筋における代謝性血管拡張 導管動脈と微小循環での血流反応の違い
3. 学会等名 第77回日本体力医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による組織血流イメージング: 原理と応用
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土屋智裕, 中林実輝絵, 高山卓, 藤島理恵, 小島茂樹, 櫻田勉, 柴垣有吾, 一之瀬真志, 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた血液透析中の下肢筋血流動態の計測
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片桐誠, 中林美輝絵, 松田康宏, 一之瀬真志, 小野弓絵
2. 発表標題 筋電気刺激による筋運動と随意筋運動における骨格筋血流動態の比較
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中林実輝絵, 一之瀬真志, 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法と近赤外分光法の同時計測による局所筋の血流動態と酸素動態の評価
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片桐誠, 中林美輝絵, 松田康宏, 一之瀬真志, 小野弓絵
2. 発表標題 筋電気刺激は同等の強度の随意運動と比較して局所的な酸素代謝および血流を促進する
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土屋智裕
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた血液透析による血圧低下の早期検出の検討
3. 学会等名 明治大学・聖マリアンナ医科大学共同研究会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 古賀俊策、中林実輝絵、廣田俊作、一之瀬真志、奥島 大、小野弓絵
2. 発表標題 運動開始時の微小循環レベル酸素消費量～拡散相関分光法とNIRS法の併用～
3. 学会等名 呼吸研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y Ono
2. 発表標題 Sensing your mind by wearable devices: a challenge of Neuroengineering for human well-being
3. 学会等名 IEEE-NEMS2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一之瀬 真志, 中林 実輝絵, 小野 弓絵
2. 発表標題 筋収縮が誘起する迅速な骨格筋血流増加反応 導管動脈と骨格筋微小循環での血流反応の違い
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M Ichinose, M Nakabayashi, K Nozaki, S Sasaki, Y Ono.
2. 発表標題 Evaluation of Functional Sympatholysis Occurring Within Contracting Skeletal Muscle Microvasculature in Humans
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 67th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y Ono, M Nakabayashi, M Kono, M Ichinose
2. 発表標題 Detection of tissue metabolic rate of oxygen: a combined near-infrared spectroscopy and diffuse correlation spectroscopy study
3. 学会等名 International Conference on Complex Medical and Engineering 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野崎 寛一郎, 中林 実輝絵, 一之瀬 真志, 小野 弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた自転車運動中筋血流動態の計測
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M Nakabayashi, M Ichinose, Y Ono
2. 発表標題 Beat-by-beat blood flow change during handgrip exercise using diffuse correlation spectroscopy
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊淳, 小野弓絵, 中林実輝絵, 菅谷健, 大畑敬一, 市川大介, 星野誠子, 木村健二郎, 柴垣有吾, 池森敦子
2. 発表標題 腎低酸素バイオマーカーとしての尿中L型脂肪酸結合タンパク(L-FABP)の可能性
3. 学会等名 第63回 日本腎臓学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野 弓絵, 中林 実輝絵, 一之瀬 真志
2. 発表標題 拡散相関分光法とNIRSによる組織循環・代謝機能の評価
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会(OPJ2020) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一之瀬真志, 中林実輝絵, 小野弓絵
2. 発表標題 筋収縮が誘起する迅速な活動筋血管拡張反応 拡散相関分光法を用いた検討
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ichinose M, Nakabayashi M, Ono Y.
2. 発表標題 Integrated Effects of Sympathetic Vasoconstriction and Local Vasodilation in Human Skeletal Muscle and Skin Microvasculature
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 66th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中林実輝絵, 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた 脳・生体組織血流の非侵襲計測と応用
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木 翔太郎、中林 実輝絵、野崎 寛一郎、一之瀬 真志、小野 弓絵
2. 発表標題 骨格筋活動を考慮した組織血流速度評価法の開発
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野崎 寛一郎、中林 実輝絵、佐々木 翔太郎、一之瀬 真志、小野 弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法を用いた筋疲労時の活動筋血流動態の計測
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野 弓絵、中林 実輝絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による生体血流計測
3. 学会等名 第26回医用近赤外線分光法研究会 第23回酸素ダイナミクス研究会 合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 拡散相関分光法による組織血流イメージング
3. 学会等名 日本学術振興会・産学協力委員会・185委員会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasaki S, Nakabayashi M, Ono Y, Ichinose M.
2. 発表標題 Optical evaluation of microvascular function at early and chronic stages of diabetes
3. 学会等名 SPIE Photonics West
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nozaki K, Nakabayashi M, Ichinose M, Ono Y.
2. 発表標題 Real-time detection of fatigue effect on active muscle hemodynamics using diffuse correlation spectroscopy
3. 学会等名 SPIE Photonics West
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 計測装置、計測方法及びプログラム	発明者 小野弓絵, 中林実輝 絵	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-139865	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	小野 弓絵  (Ono Yumie)  (10360207)	明治大学・理工学部・専任教授   (32682)	

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