

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：32682
 研究種目：基盤研究(B) (一般)
 研究期間：2016～2018
 課題番号：16H03242
 研究課題名(和文) 活動筋血流量反応とトレーニング効果の解明 拡散相関分光法による新測定法を用いて

研究課題名(英文) Elucidation of active skeletal muscle blood flow response and training effect -using a newly developed measurement technique by 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) 13,720,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒトの活動筋血流量に関する研究を制約している従来の活動筋血流量測定法の諸問題を解決するために、拡散相関分光法(DCS)を用いた新たな測定法を開発し、その有用性を検討した。本研究において開発したDCS血流計測技術により、運動時における骨格筋血管調節に關与する主要な生理学的反応である、局所性血管拡張と交感神経性血管収縮、およびそれらの複合作用を検出できることを示した。さらに、動的運動時における運動強度に対応した活動筋血流量の時間変化を明瞭に計測できることを示した。

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した拡散相関分光法による血流計測技術を用いることで、従来法では検討することが困難であった、活動筋組織の微小循環における血流・血管調節のメカニズムを調べることができるようになる。本研究の成果は、運動時の循環調節メカニズムの解明に資するとともに、運動の安全性やトレーニングによるパフォーマンス向上、運動による健康増進や疾病予防などを考える上でも有意義な学問的基盤となる。

研究成果の概要(英文)：In this study, a new technique for measuring blood flow in active skeletal muscles employing diffuse correlation spectroscopy (DCS) was developed and examined its usefulness, in order to solve the problems of the conventional technique, which limits the studies on active muscle blood flow in humans. The newly developed blood flow measurement technology using DCS can detect local vasodilation and sympathetic vasoconstriction and their combined effects, which are the major physiological responses involved in skeletal muscle vascular regulation during exercise. Furthermore, the time course of the active muscle blood flow responses during dynamic exercise corresponding to the exercise intensity can be clearly measured by using the developed technique.

研究分野：スポーツ生理学

キーワード：循環調節 活動筋血流量 微小循環 交感神経性血管収縮 局所性血管拡張 生体医工学 光技術 血流計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

運動時には活動筋での代謝亢進に対応するように心臓と末梢血管の働きが調節され、活動筋への血流量が大きく増加する。活動筋血流量の増加は、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を移動して体外へ放散することなどに欠かせない。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やトレーニング法を考える上で極めて重要である。しかし、ヒトにおいて活動筋血流量を測定する方法には多くの問題があり、研究の障害となっている。

活動筋血流量測定法の問題点

ヒトにおける活動筋血流量測定法には、指示薬あるいは熱希釈法(希釈法)、¹³³Xe クリアランス法(クリアランス法)、静脈閉塞法、超音波ドップラー法(超音波法)、ポジトロンエミッショントモグラフィ法(PET法)、動脈スピラベリングMRI法(MRI法)などがあるが、いずれの方法も以下の ~ の問題点のうち複数を有している。

各種従来法の問題点は右の表にまとめた。

測定値に活動筋以外の血流量が含まれる。

侵襲性が極めて高く、被験者への負担が大きい。

測定可能な運動様式が限られる(体動の影響を強く受ける)。

連続測定が困難である(時間分解能が低い)。

測定技術が難しい。

専用施設や大型、高額な測定装置が必要である。

このように、各種従来法には多くの問題点がある。実際、これまでに報告されている単位筋量当たりの最高血流量は、およそ 50~400ml/100g/分と大きな差がある(Clausen et al. 1971, Moritani et al. 1987, Richardson et al. 1993)。運動様式や測定部位、被験者特性などを考慮してもこのように大きな違いを説明することは難しく、測定法の問題による誤差の可能性が高いと思われる。

希釈法	×	×	×	×	×
クリアランス法	×		×	×	×
静脈閉塞法	×	×	×		
超音波法	×	×		×	×
PET法		×	×	×	×
MRI法			×	×	×
拡散相関分光法 (開発する新法)					

各種従来法の問題点のまとめ

最上段の数字は、本文中の問題点 ~ に対応し、当該の問題点をクリアしている場合には○を、制約を受ける場合には×を付けた。本研究では、従来法の問題点を解決する新法の開発を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、従来法の問題点を解決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・確立し、動的運動時における活動筋血流量反応とその調節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を用いたヒトの活動筋血流量測定法の開発・確立
- 2) DCSを用いた動的運動時における活動筋血流量反応の検討

3. 研究の方法

- 1) DCSを用いたヒトの活動筋血流量測定法の開発・確立

活動筋血流量計測用の DCS 装置の開発

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求めることができる(Durduran et al. 2010)。我々がこれまで使用してきた DCS 装

置は安静時組織の計測に最適化されているため、動的運動中の計測にも対応し、トレーニング現場へも持ち運びが可能な、活動筋血流量計測用の DCS 装置を新規に作製した。具体的な開発内容は「4. 研究成果」に記載する。

生理学的な血管調節反応の測定における DCS の有用性の検討

新規に作製した DCS 装置を用いて、運動時における骨格筋血管調節に關与する主要な生理学的反応を測定することができるのかを検討した。具体的には以下の2つの方法で実験を行った。

- 1. 骨格筋組織における局所性血管拡張反応および交感神経性血管収縮反応の検討

運動時の骨格筋血管調節に重要な働きを持つ、局所性血管拡張反応と交感神経性血管収縮反応、およびそれらの複合作用(Rowell et al. 1996)について DCS 血流計を用いて検討した。

健康な若年男女 20 名(男性 17 名、女性 3 名)を被験者とした。DCS 血流計を用いて、撓側手根屈筋筋腹部位および外側広筋筋腹部位の微小循環血流量を測定した。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。交感神経活動亢進の影響を調べるために、前額部冷却を 120 秒間行った。また、上腕部および大腿部をカフで圧迫して 3 分間阻血し、阻血解除後にみられる反応性充血から局所性血管拡張反応を評価した。さらに、交感神経活動亢進が局所性血管拡張反応に及ぼす影響を調べるために、阻血解除の 60 秒前から前額部冷却を 120 秒間行った。

- 2. 骨格筋組織と皮膚組織における局所性血管拡張と交感神経性血管収縮の複合作用の検討

DCS は、体表面から近赤外光を照射するため、その測定値は、測定領域(皮下約 1.5cm までの組織)の主な構成組織である骨格筋の血流変化のみでなく、皮膚組織における血流変化の影響も受ける可能性がある。そこで、前腕における局所性血管拡張反応、およびそれに及ぼす交感神経活動亢進の影響を、皮膚血流計(レーザードップラー血流計: ALF21; Advance, Japan)と DCS 血流計により同時に測定することで、DCS 血流計により、皮膚組織とは異なる、骨格筋組織での反応を検出することが出来るのかを検討した。

健康な若年男女 39 名(男性 37 名、女性 2 名)を被験者とした。DCS 血流計を用いて、撓側手根屈筋筋腹部位の微小循環血流量を測定し、その近接部位で皮膚血流量を測定した。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。上腕部をカフで圧迫して 70 秒間および 10 分間阻血し、阻血解除後にみられる反応性充血から局所性血管拡張反応を評価した。交感神経活動亢進の影響を調べるために、阻血解除の 60 秒前から前額部冷却を 120 秒間行った。

2) DCS を用いた動的運動時における活動筋血流量反応の検討

上記 1)にて開発した DCS を動的運動時における活動筋血流量の測定に応用し、運動強度が活動筋血流量の時間変化に及ぼす影響を調べた。さらに、動的運動にともなう体動ノイズを低減するためのデータ解析法を開発した。

健康な若年男性 26 名を被験者とした。2 分間の安静状態の後、最大随意筋力の 10%および 30%での動的ハンドグリップ運動(2 秒収縮, 2 秒弛緩)を 3 分間行った。DCS 血流計を用いて、ハンドグリップ運動の主動筋である浅指屈筋の血流量を測定した。

4. 研究成果

1) DCS を用いたヒトの活動筋血流量測定法の開発・確立

活動筋血流量計測用の DCS 装置の開発

新規 DCS 装置の具体的な開発内容として、)筋直上の皮膚に貼付固定が可能なフラットタイプの計測用プローブの新規設計、)小型レーザー光源の採用による装置の小型化、)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改良による光子計測周波数の向上を

実施した。新規の DCS 血流計を用いることで、従来の DCS 血流計と比べて、活動筋部位において格段に安定した測定が可能となった。

生理学的な血管調節反応の測定における DCS の有用性の検討

- 1. 骨格筋組織における局所性血管拡張反応および交感神経性血管収縮反応の検討

図 1 に前額部冷却に対する平均動脈血圧および血管コンダクタンス (DCS により測定した微小循環血流量 / 平均動脈血圧) の反応を示す。前額部冷却により、血圧 (図 1 A, C) は上昇し、橈側手根屈筋 (図 1 B) および外側広筋 (図 1 D) の血管コンダクタンスは低下した。前額部冷却を止めると、血圧は安静水準へと回復した。この時、血管コンダクタンスは一過性のオーバーシュートを示した後に安静水準へ回復した。

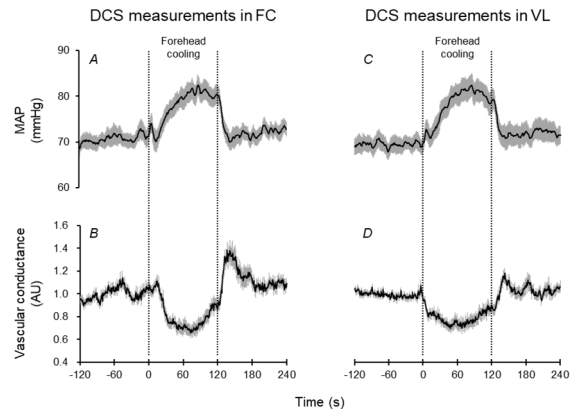


図 1. 前額部冷却による交感神経刺激に対する平均動脈血圧 (MAP: A, C) と橈側手根屈筋 (FC: B) および外側広筋 (VL: D) の血管コンダクタンスの反応の平均値。前額部冷却を開始した時点が 0 秒、終了が 120 秒である。血管コンダクタンスは、前額部冷却開始前 2 分間の安静時の平均値を 1 として正規化した。黒線は平均値、グレーの縦線は標準誤差を表す。

図 2 は、上肢および下肢での 3 分間の阻血を解除した後の血管コンダクタンスの反応である。阻血解除後には、橈側手根屈筋 (図 2 A, B) および外側広筋 (図 2 C, D) の血管コンダクタンスは急上昇し、10 秒程度でピークに至り、安静水準へと漸減する、明確な反応性充血応答がみられた。前額部冷却により交感神経活動を亢進した条件では、反応性充血応答が有意に減弱した (図 2 B, D)。

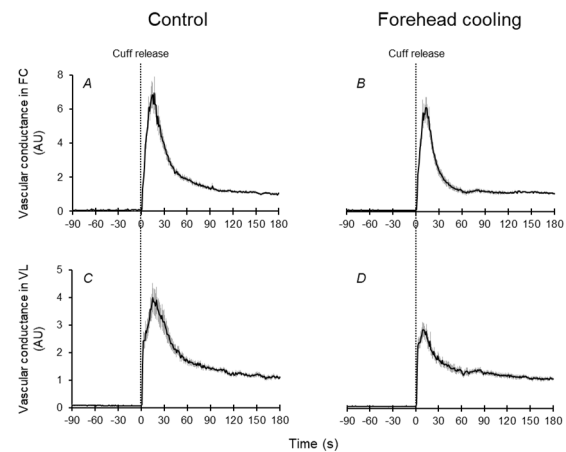


図 2. コントロール条件 (A, C) および前額部冷却条件 (B, D) における阻血解除後の橈側手根屈筋 (FC) および外側広筋 (VL) の血管コンダクタンスの反応の平均値。阻血を解除した時点が 0 秒である。血管コンダクタンスは、2 分間の安静時の平均値を 1 として正規化した。黒線は平均値、グレーの縦線は標準誤差を表す。

これらの結果から、開発した DCS 装置により) 交感神経性血管収縮反応、および) 局所性血管拡張反応、さらに、) それらの複合作用を測定できることが明らかとなった。

- 2. 骨格筋組織と皮膚組織における局所性血管拡張と交感神経性血管収縮の複合作用の検討

図 3 に上腕部での 70 秒間および 10 分間の阻血を解除することにより引き起こされた橈側手根屈筋 (図 3 A, C) および皮膚組織 (図 3 B, D) における血管コンダクタンスの反応を示した。阻血時間の延長により、橈側手根屈筋と皮膚のどちらにおいても反応性充血応答が高まった。血管拡張反応のピークは、70 秒阻血と 10 分阻血の両方で、橈側手根屈筋の方が皮膚よりも大きかった。前額部冷却により交感神経活動を亢進した条件では、ど

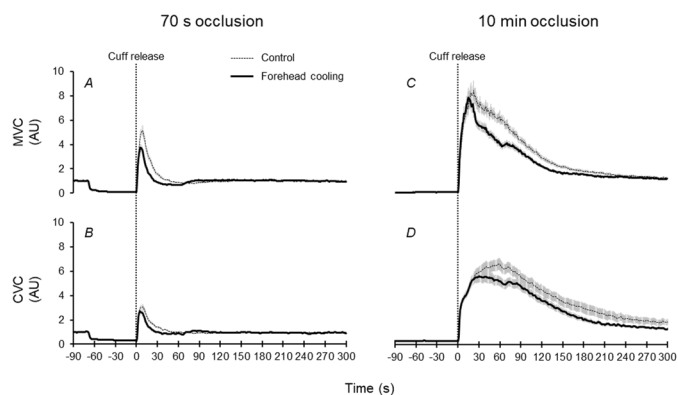


図 3. コントロール条件 (黒細線) および前額部冷却条件 (黒太線) における 70 秒間および 10 分間の阻血を解除した後の橈側手根屈筋 (MVC) および皮膚組織 (CVC) の血管コンダクタンスの反応の平均値。阻血を解除した時点が 0 秒である。血管コンダクタンスは、2 分間の安静時の平均値を 1 として正規化した。グレーの縦線は標準誤差を表す。

これらの組織においても反応性充血応答が有意に減弱した。また、阻血時間の延長により交感神経活動亢進による血管拡張反応の抑制効果は低減した。さらに、その低減の程度は、橈側手根屈筋の方が皮膚よりも大きかった。これらの結果から、開発した DCS 血流計を用いることで、皮膚組織とは異なる、骨格筋組織における局所性血管拡張反応、および局所性血管拡張と交感神経性血管収縮の複合作用を検出することができることが示唆された。

2) DCS を用いた動的運動時における活動筋血流量反応の検討

図 4 に 30%強度での動的ハンドグリップ運動時における活動筋血流量反応の一例を示す。従来の解析法により算出した活動筋血流量には、筋収縮に伴う体動に同期して生じるスパイク状のノイズと思われるデータが多数観察された(図 4 A)。そこで、ハンドグリップ張力信号をトリガとして、筋弛緩時の光子数変化のみを選別して計測することで、筋弛緩時の血流量を算出した(図 4 B)。この新たなデータ解析法を用いることで、ノイズ成分を大幅に低減することに成功した。

図 5 は、10%強度(図 5 A)および 30%強度(図 5 B)での動的ハンドグリップ運動時の活動筋血流量反応の平均値である。運動強度に関わらず、ハンドグリップ運動の開始直後から活動筋血流量は急増した。10%強度では、運動開始後約 60 秒で定常に至り、3 分目(運動の最後の 15 秒間の平均値)では 1.69 ± 0.09 であった。30%強度では、60 秒以降も緩やかに漸増し、3 分目では、 4.49 ± 0.62 まで増加した。

これらの結果から、本研究において開発・確立した DCS 血流計測技術により、動的運動時における運動強度に対応した活動筋血流量の時間変化を明瞭に計測できることが示された。

< 引用文献 >

- Clausen JP, Lassen NA. Muscle blood flow during exercise in normal man studied by the ¹³³Xenon clearance method. *Cardiovascular Research* 5: 245-254, 1971.
- 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.
- Moritani T, Berry MJ, Bacharach DW, Nakamura E. Gas Exchange Parameters, Muscle Blood Flow and Electromechanical Properties of the Plantar Flexors. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 56: 30-7, 1987.
- Richardson RS, Poole DC, Knight DR, Kurdak SS, Hogan MC, Grassi B, Johnson EC, Kendrick KF, Erickson BK, Wagner PD. High Muscle Blood Flow in Man: Is Maximal O₂ Extraction Compromised? *J Appl Physiol*. 75: 1911-1916, 1993.
- Rowell LB, O'Leary DS, Kellogg DL. Integration of cardiovascular control systems in dynamic exercise. In *Handbook of Physiology*, ed. Rowell LB & Shepherd JT, Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems. Sect. 12, Chapt. 17, American Physiological Society, Bethesda, MD, USA, 1996, pp 770-838.

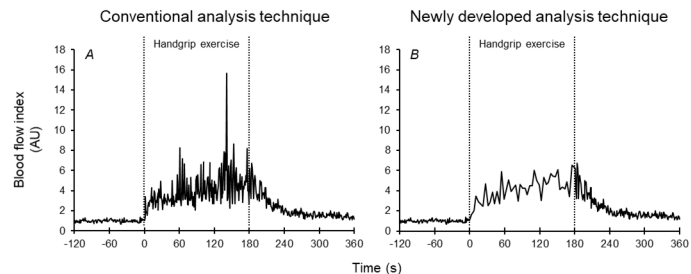


図 4 . 30%強度での動的ハンドグリップ運動時における活動筋(浅指屈筋)血流量反応の一例。

Aは従来のデータ解析法、Bは新たに開発したデータ解析法により算出した血流指標(Blood flow index)である。運動開始が 0 秒、運動終了が 180 秒である。血流指標は、2 分間の安静時の平均値を 1 として正規化した。

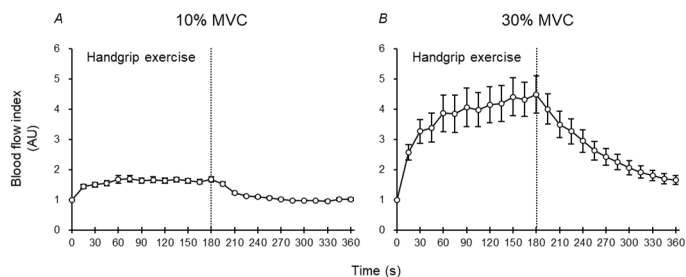


図 5 . 10%強度(A)および 30%強度(B)での動的ハンドグリップ運動時における活動筋(浅指屈筋)血流量反応の平均値。

運動開始が 0 秒、運動終了が 180 秒である。血流指標(Blood flow index)の値は 15 秒毎の平均値である。血流指標は、2 分間の安静時の平均値を 1 として正規化した。エラーバーは標準誤差を表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

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 -
1. 著者名 Ono Y, Esaki K, Takahashi Y, Nakabayashi M, Ichinose M, Lee K	4. 巻 9
2. 論文標題 Muscular blood flow responses as an early predictor of the severity of diabetic neuropathy at a later stage in streptozotocin-induced type 1 diabetic rats: a diffuse correlation spectroscopy study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biomed Opt Express	6. 最初と最後の頁 4539-4551
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/BOE.9.004539	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 Nakabayashi M, Ono Y, Ichinose M	4. 巻 1048609
2. 論文標題 Evaluation of blood flow in human exercising muscle by diffuse correlation spectroscopy: a phantom model study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 10486, Design and Quality for Biomedical Technologies XI	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2288044	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 315
2. 論文標題 Sympathoexcitation constrains vasodilation in the human skeletal muscle microvasculature during post-occlusive reactive hyperemia.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Am J Physiol Heart Circ Physiol.	6. 最初と最後の頁 H242-H253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpheart.00010.2018.	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 Nakabayashi M, Ono Y	4. 巻 6
2. 論文標題 Detection of blood flow speed in shallow and deep tissues using diffuse correlation spectroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.6.53	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 Murakami Y, Ono Y, Ichinose M	4. 巻 100591Z
2. 論文標題 Blood flow measurement of human skeletal muscle during various exercise intensity using diffuse correlation spectroscopy (DCS)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 10059, Optical Tomography and Spectroscopy of Tissue XI	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2250718	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13件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5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 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 (国際学会)
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 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakabayashi M, Ono Y, Ichinose M
2. 発表標題 Evaluation of blood flow in human exercising muscle by diffuse correlation spectroscopy: a phantom model study
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Murakami Y, Ono Y, Ichinose M
2. 発表標題 Blood flow measurement of human skeletal muscle during various exercise intensity using diffuse correlation spectroscopy (DCS)
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakabayashi M, Ono Y
2. 発表標題 Detection of blood flow speed in shallow and deep tissues using diffuse correlation spectroscopy
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Esaki K, Takahashi Y, Lee K, Ono Y
2. 発表標題 Decrease of blood flow velocity and reactive hyperemia response due to progression of capillary disorder in diabetic rats
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会
4. 発表年 2016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
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)	