

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 23 日現在

機関番号：32663

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560299

研究課題名(和文)皮膚血流の影響を分離したNIRS信号による脳酸素化動態同定法の構築

研究課題名(英文)A novel algorithm for NIRS-determined cerebral oxygenation that suppresses influence of change in skin blood flow in humans.

研究代表者

小河 繁彦(Shigehiko, Ogoh)

東洋大学・理工学部・教授

研究者番号：80553841

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：近赤外分光法(NIRS)は、非侵襲的な頭蓋内酸素化動態同定法として確立されている(Jobsis 1977)。我々は動脈血管の機械的な圧負荷により定量的に皮膚血流量を変化させ、皮膚血流量変化のNIRS信号に及ぼす影響について検討した。その結果、NIRS信号は皮膚血流量変化に依存して変化する。一方、皮膚血流量の影響はNIRSプローブの送光部-受光部間距離(15-30mm)に依存しないことを明らかにした(Hirasawa et al. 2014)。また、これらの知見を用いて、NIRS信号に含まれる皮膚血流量の影響を除去するための分析方法を開発し、その妥当性を示した。

研究成果の概要(英文)：Spatially resolved near-infrared spectroscopy (NIRS) is used widely to measurement of regional cerebral oxygenation, but the NIRS signal is influenced by changes in extra cranial blood flow. We estimated an accurate cerebral oxygenation during exercise and cognitive task using new algorithm which eliminates the influence of the extra cranial blood flow on the NIRS signals. Our findings suggest the possibility that the new algorithm excludes the influence of skin blood flow on the NIRS-determined O<sub>2</sub>Hb even during condition with increased cerebral oxygenation.

研究分野：環境生理学

キーワード：近赤外線分光法 脳酸素化動態 皮膚血流量 脳血流 酸素化ヘモグロビン 脱酸素化ヘモグロビン

## 1. 研究開始当初の背景

生体組織内ヘモグロビンが酸素との結合の有無により近赤外線領域での吸光特性が異なる。この性質を利用したものが近赤外線分光法(NIRS)であり、近年、大脳皮質における血液量や酸素化動態の非侵襲的計測法として確立された(Jobsis et al. Science 1977)。さらに、この脳血液量や脳酸素化動態の変化は、脳神経活動に密接に関連していると考えられており、ヒトにおける認知活動の同定法として幅広く用いられている。しかしながら、最近の我々の知見では、アドレナリン作動性アゴニストであるフェニレフリン投与により NIRS(近赤外線分光法)で測定した酸素化ヘモグロビンは有意に減少したが、実際の頭蓋骨内の血液量及び動脈血の酸素飽和度は低下していなかった(Ogoh et al. 2011)。つまり、この先行研究から NIRS 信号で同定した脳酸素化動態が、頭蓋骨内の実際の酸素化動態と一致しない条件があることが明らかとなった。さらに暑熱環境下(Henrik et al. 2012)や強度の高い運動(Ogoh et al. 投稿準備中)においても、NIRS で測定した酸素化ヘモグロビンは、実際の頭蓋内での酸素化動態を反映していないことが示されている。

ヒトの測定においては、近赤外線光は、皮膚を通過するため、皮膚血流量 (SkBF) の影響を受けることが指摘されている (Smielewski et al. Stroke 1997)。我々は、強度の高い運動における皮膚血流量の増加が、NIRS で前額部から測定した脳酸素化ヘモグロビン信号の急激な増加を示す原因であることを明確にした。このような研究背景から、様々な生理条件下で NIRS 測定により酸素化動態・認知活動を非侵襲的かつ正確に把握するためには、NIRS 信号に対する皮膚血流の影響を分離・除去する方法論を早急に確立・構築することが、健康科学などこれらの測定が必要な研究領域における最重要課題であると考えられる。

## 2. 研究の目的

これら研究背景から、本申請研究では NIRS 信号による正確な脳酸素化動態を同定・評価する方法を確立・構築することが最終的な目的であった。この目的を達成するため、3年間で以下の3つの研究計画に段階的に取り組んだ。

初年度では、様々な生理条件下での NIRS 信号に対する皮膚血流の寄与率の解明、2年目は、ヒト測定における NIRS 信号に対する皮膚血流の影響の分離、除去、また正確な脳酸素化動態評価のための新たな方法論の確立に関する実験を行った。最終年度では、前年度で確立した新しい測定法の検証実験をおこなった。

以上3つの研究を経て、正確な脳酸素化動態・脳神経活動の測定が可能な NIRS 測定

装置の開発を試みた。

## 3. 研究の方法

(1) 初年度の研究目的は、NIRS 信号に含まれる皮膚血流量の影響を明らかにするために、循環動態の変化を伴わずに、前額部 SkBF を変化させ、NIRS 信号に含まれる SkBF の真の影響度を明らかにすることを目的とした。また、測定プローブの送光部 - 受光部間距離の違いが NIRS 信号に及ぼす影響についても検討した。被験者は、健康な男子大学生7名(年齢  $21 \pm 1$  歳)とした。被験者は、リクライニング式椅子の上に半仰臥位姿勢にて安静後、ハンドメイドのヘッドカフ圧刺激装置を前額部に装着した。2分間の安静値測定後、自動加圧計を用いて +20、+40、+60 および +80mmHg と段階的にヘッドカフへの圧刺激 30秒間ずつ行い機械的に前額部の SkBF を変化させた。前額部脳酸素化動態は、光トポグラフィ (ETG-7100 Optical Topography System; Hitachi Medical CO., Tokyo, Japan) により、酸素化ヘモグロビン ( $O_2Hb$ ) および脱酸素化ヘモグロビン ( $HHb$ ) を連続的に測定した。測定用プローブ間距離は、15、22.5 および 30mm とした。

測定項目：1) 前額部における脳酸素化動態 (酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン、総ヘモグロビン濃度) を光トポグラフィ (ETG-7100, 日立メディコ社製) により計測した。2) 中大脳動脈血流速度は、経頭蓋ドップラー法 (TCD) により測定 (EmboDop, DWL 社製)。2MHz の超音波ドップラープローブを被験者のこめかみ部に装着し、ヘッドギアを用いて装着位置および角度がずれないように固定した。3) 内頸動脈血流速度および外頸動脈血流速度は、超音波ドップラー法により測定した (Vivid i, GE 社製)。4) 前額部皮膚血流量 (SKBF) は、レーザードップラー法 (ALF21, ADVANCE 社製) により計測。被験者の前額部の皮膚表面にセンサー (8mm) をサージカルテープで貼付した。5) 心拍数は、胸部にディスプレイ電極を貼付し、胸部双極誘導により心電図から算出した。6) 血圧は、四尖脈波連続血圧法 (Finometer, Finapres Medical Systems 社製) により一拍毎の連続血圧を測定し、その波形より収縮期血圧、拡張期血圧および平均血圧を算出した。7) 換気量、呼吸終末二酸化炭素分圧および呼吸数は呼吸代謝装置 (エアロモニタ AC-310s, ミナト医科学社製) により測定した。8) 皮膚温は、温熱センサーを用いて測定した。被験者の皮膚7点に温熱センサーをサージカルテープで貼付し固定した。

(2) 2-3年目は、ヒト測定における NIRS 信号に対する皮膚血流の影響の分離、除去に焦点をあて研究を進めた。研究課題1から得られた「NIRS 信号における SkBF の影響が、

測定者対象者により大きく変動する」という知見に基づき、NIRS 信号に含まれる SkBF の影響を測定対象者ごとに同定した。本研究課題では、送光部 - 受光部間距離 15 および 30mm の 2 つの測定用プローブを用いて測定を行った。送光部 - 受光部間距離 15mm における NIRS 信号は主に皮膚層を反映し、30mm における NIRS 信号は皮膚層および大脳皮質の両方を反映すると考えられる。そして、安静時にヘッドカフ圧刺激による SkBF 変化から、送光部 - 受光部間距離 15 および 30mm における  $O_2Hb$  変化 ( $O_2Hb_{15mm}$ ・ $O_2Hb_{30mm}$ ) を測定することにより、測定対象者ごとの SkBF の影響を同定した。そして、SkBF 変化時の  $O_2Hb_{15mm}$  および  $O_2Hb_{30mm}$  を用いて、 $O_2Hb_{30mm}$  における SkBF の影響を  $O_2Hb_{15mm}$  により算出するための補正係数 ( $a_0$ ) を以下の式から求めた。:

$$O_2Hb_{30mm} = a_0 \cdot O_2Hb_{15mm}.$$

NIRS 信号に含まれる SkBF の影響を除去した  $O_2Hb$  ( $O_2Hb_{Estimated}$ ) は、 $O_2Hb_{30mm}$  から  $O_2Hb_{15mm}$  から求めた SkBF の影響を差し引くことにより推定算出した。:

$$O_2Hb_{30mm} - a_0 \cdot O_2Hb_{15mm}.$$

#### 補正係数 ( $a_0$ ) の算出

被験者は、健康な男子大学生 12 名 (年齢  $21 \pm 1$  歳)。被験者は、リクライニング式椅子の上に半仰臥位姿勢にて安静後、ハンドメイドのヘッドカフ圧刺激装置を前額部に装着した。3 分間の安静後、ヘッドカフに自動加圧計を用いて +80mmHg の圧刺激を 30 秒間ずつ 4 回行い、前額部 SkBF を機械的に変化させた際の  $O_2Hb_{15mm}$  および  $O_2Hb_{30mm}$  を光トポグラフィ (ETG-7100 Optical Topography System; Hitachi Medical CO., Tokyo, Japan) より測定した。それぞれの圧刺激の試行間は、30 秒間の安静とした。また、SkBF 変化は、レーザードップラー法 (MoorLAB, Moor Instruments, Axminster, UK) より測定した。

本研究課題では、ヘッドカフ圧刺激は、SkBF のみを変化させ、実際の脳酸素化動態は変化しないと仮定した。つまり、圧刺激による  $O_2Hb$  は、全て SkBF 変化を反映した応答と考えられる。そして、ヘッドカフ圧刺激による送光部 - 受光部間距離 15 および 30mm における  $O_2Hb$  から上述の式を用いて補正係数 ( $a_0$ ) を算出した。なお、補正係数 ( $a_0$ ) の算出には、最小二乗法を用いた。

#### 妥当性の検証

作成した分析方法の妥当性は、安静 (コントロール)、脳神経活動が亢進する静的握力発揮および認知課題の 3 条件中に、ヘッドカフ +80mmHg の圧刺激による SkBF 変化時の  $O_2Hb$  応答から検証した。作成した分析方法が有効であれば、ヘッドカフ圧刺激による SkBF 変化時においても、 $O_2Hb_{Estimated}$  は変化しないと考えられる。測定項目は初年度と同様。

#### 4. 研究成果

(1) ヘッドカフ圧刺激により、SkBF は段階的に減少し、同様に酸素化ヘモグロビンも段階的に減少した。その際、心拍数および平均動脈血圧に変化は見られなかった。また、 $O_2Hb$  と SkBF 変化の間に有意な正の相関性が認められた (15 mm,  $r = 0.465$ ,  $P = 0.013$ ; 22.5 mm,  $r = 0.733$ ,  $P < 0.001$ ; 30 mm,  $r = 0.734$ ,  $P < 0.001$ )。しかしながら、送光部 - 受光部間距離の違いによる、回帰直線の傾きに差は認められなかった ( $P = 0.789$ )。さらに、HHb は、機械的なヘッドカフ圧刺激により、安静値から変化は見られなかった。

ヘッドカフ圧刺激による  $O_2Hb$  と SkBF 変化の間に有意な正の相関関係が認められたことから、NIRS 信号は、脳酸素化動態以外にも、SkBF 変化の影響も同時に反映することが示された。また、SkBF 変化時の  $O_2Hb$  の応答は、送光部 - 受光部間距離 (15, 22.5 および 30mm) の違いにより差異は観察されなかった。これは、送光部 - 受光部間距離に依存する SkBF の影響が各被験者により大きく変動することを示している。このことから、NIRS 信号に含まれる SkBF の影響を除去するために提案されてきた、従来の送光部 - 受光部間距離の違いから測定した NIRS 信号を一律の補正係数を用いて単純差分する方法では、SkBF の影響を除去できないことが示唆された。したがって、SkBF の影響を除去するためには、測定者ごとに NIRS 信号に含まれる SkBF の影響を同定する新しい分析方法の開発が必要であると考えられる。

(2) SkBF は、4 回の圧刺激により、安静値と比較して有意に低下した ( $P < 0.01$ )。

$O_2Hb_{15mm}$  および  $O_2Hb_{30mm}$  も同様に、4 回の圧刺激により安静値と比較して有意に低下した ( $P < 0.01$ )。4 回のヘッドカフ圧刺激による  $O_2Hb$  応答から算出した各被験者の補正係数 ( $a_0$ ) は、0.898 から 2.083 の範囲であり、変動係数は、22.8%であった。静的握力発揮および認知課題の遂行時の  $O_2Hb$  および SkBF は、安静値と比較して有意に増加した。コントロール条件における  $O_2Hb$  および SkBF に変化は見られなかった。5 秒間のヘッドカフ圧刺激により SkBF は全ての実験条件において、圧刺激前と比較して有意に低下した。同様に、 $O_2Hb_{30mm}$  も全ての条件において、圧刺激前と比較して有意に低下した。一方、 $O_2Hb_{Estimated}$  は、全ての条件において、ヘッドカフ圧刺激による変化は認められなかった。

各被験者で異なる NIRS 信号に対する SkBF 影響を考慮した新たな脳酸素化動態の推定式を考案した。脳神経活動が亢進する静的握力発揮および認知課題 (言語流暢性課題) 中における  $O_2Hb$  は、SkBF の変化に大きく影響を受けたが、この新しい推定式から算出した  $O_2Hb_{Estimated}$  においては SkBF 変化の影響は消失した。つまり、推定式から算出した  $O_2Hb_{Estimated}$  は SkBF の変化に影響を受けないこ

とが示され、本研究課題にて考案した新しい分析方法の妥当性が証明された。

NIRS 信号に対する SkBF の影響度をプローブの送光部 - 受光部間距離 15mm および 30mm について同定した。この同定には、研究初年度実験の方法と同様、ヘッドカフ圧刺激により機械的に SkBF のみを変化させることで行った。ここで同定した  $O_2Hb_{30mm}$  と  $O_2Hb_{15mm}$  の SkBF の影響度の違いから補正係数 ( $a_0$ ) を算出した。被験者 1 名を除いた、他 11 名の補正係数 ( $a_0$ ) は「1 以上」であり、多くの被験者において  $O_2Hb_{15mm}$  に含まれる SkBF の影響は、実際の  $O_2Hb_{30mm}$  に含まれる SkBF の影響よりも小さかった。この結果は、プローブの送光部 - 受光部間距離の違いによる NIRS 信号に含まれる SkBF の影響度の差異も被験者間で大きく異なることを示唆している。

各被験者から算出した補正係数 ( $a_0$ ) を用いた脳酸素化動態推定式の妥当性は、脳神経活動の亢進と SkBF の増加が共に観察される静的握力発揮および認知課題 (言語流暢性課題) の異なる 2 条件の実験により検証を行った。先行研究と同様に両条件中に  $O_2Hb$  は増加した (Kameyama et al., 2004; Suto et al., 2004; Miyazawa et al., 2012)。一方、両条件中のヘッドカフ圧刺激に伴う SkBF の低下により、 $O_2Hb$  は有意に減少した。しかしながら、補正係数を用いた推定式より算出した  $O_2Hb_{Estimated}$  は、SkBF 低下による変化は認められなかった。このことから、本研究課題において考案した分析方法は、脳神経活動が亢進した条件下においても NIRS 信号に含まれる SkBF の影響を除去できることが証明された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. Hirasawa A, Kaneko T, Tanaka N, Funane T, Kiguchi M, Sørensen H, Secher NH, Ogoh S. Near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygenation with eliminated skin blood flow in young males. *J Clin Monit Comput*. 査読有 2016 Apr;30(2):243-50. doi: 10.1007/s10877-015-9709-4.
2. Lund, N.H. Secher, A. Hirasawa, S. Ogoh, T. Hashimoto, H.W. Schytz, M. Ashina, H. Sørensen. Ultrasound tagged near infrared spectroscopy does not detect hyperventilation-induced changes in cerebral blood flow in humans. *The Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*. 査読有 2016 Feb; 76(1): 82-7. doi: 10.3109/00365513.
3. Hirasawa A, Shintaro Yanagisawa, Naoki

Tanaka, Tsukasa Funane, Masashi Kiguchi, Henrik Sørensen, Niels H. Secher, Shigehiko Ogoh. Influence of skin blood flow and source-detector distance on near-infrared spectroscopy-determined cerebral oxygenation in humans. *Clin Physiol Funct Imaging*. 査読有 2015 May;35(3):237-44. doi: 10.1111/cpf.12156.

4. Henrik Sørensen, Peter Rasmussen, Christoph Siebenmann, Morten Zaar, Morten Hvidtfeldt, Shigehiko Ogoh, Kohei Sato, Matthias Kohl-Bareis, Niels H Secher, Carsten Lundby. Extra-cerebral oxygenation influence on near-infrared-spectroscopy-determined frontal lobe oxygenation in healthy volunteers: a comparison between INVOS-4100 and NIRO-200NX. *Clin Physiol Funct Imaging*. 査読有 2015 May; 35(3):177-84. doi: 10.1111/cpf.12142.
5. John D.S. Woodside, Mariusz Gutowski, Lewis Fall, Philip E James, Jane McEneny, Ian S Young, Shigehiko Ogoh, Damian Miles Bailey. Systemic oxidative-nitrosative-inflammatory stress during acute exercise in hypoxia; implications for microvascular oxygenation and aerobic capacity. *Exp Physiol*. 査読有 2014 Dec 1; 99(12):1648-62. doi: 10.1113/expphysiol.2014.081265.
6. Henrik Sørensen, Peter Rasmussen, Kohei Sato, Simon Persson, Niels D. Olesen, Henning B. Nielsen, Niels V. Olsen, Shigehiko Ogoh, Niels H. Secher. External carotid artery flow maintains near infrared spectroscopy-determined frontal lobe oxygenation during ephedrine administration. *British Journal of Anesthesia*. 査読有 2014 Sep;113(3):452-8. doi: 10.1093/bja/aet481.
7. Shigehiko Ogoh, Kohei Sato, Kazunobu Okazaki, Tadayoshi Miyamoto, Frederik Secher, Henrik Sørensen, Peter Rasmussen, Niels H Secher. A decrease in spatially resolved near-infrared spectroscopy-determined frontal lobe tissue oxygenation by phenylephrine reflects reduced skin blood flow. *Anesth Analg*. 査読有 2014 Apr;118(4):823-9. doi: 10.1213/ANE.0000000000000145.
8. Ai Hirasawa, Kohei Sato, Anna Oue, Tomoko Sadamoto and Shigehiko Ogoh. Near-infrared spectroscopy determined

- oxy-hemoglobin concentration does not reflect intracranial cerebral oxygenation especially during dynamic heavy exercise. *Journal of Exercise Science*. 査読有 23: 8-17, 2013.
9. Taiki Miyazawa, Masahiro Horiuchi, Hidehiko Komine, Jun Sugawara, Paul J Fadel, Shigehiko Ogoh. Skin blood flow influences cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy during dynamic exercise. *査読有 Eur J Appl Physiol*. 2013 Nov;113(11):2841-8.doi: 10.1007/s00421-013-2723-7.
- [学会発表](計 16 件)
1. Lund, A. Hirasawa, S. Ogoh, T. Hashimoto, H.W. Schyetz, M. Ashina, N.H. Secher, H. Sørensen. Ultrasound tagged near infrared spectroscopy does not express carbon dioxide reactivity in humans. 33rd congress of the Scandianvian Society of Anaesthsiology and Intensive Care (SSAI). 6.10-12.2015 (Reykjavik, Iceland).
  2. Ai Hirasawa, Kohei Sato, Shinnosuke Ono, Marina Yoneya, Tomoko Sadamoto, Shigehiko Ogoh. The responses of internal and external carotid artery blood flow to isometric exercise. American College of Medicine Science (ACSM). 5. 29.2015 (San Diego, USA).
  3. H. Sørensen, S. Ogoh, K. Sato, C. Siebenmann, P. Rasmussen, C. Lundby, N.H. Secher. Is cardiac mechanoreceptor activation relevant for humans: evaluation by phenylephrine and noradrenaline. *Experimental Biology* 3.29.2015 (Boston, USA)
  4. 平澤愛, 金子貴仁, 田中尚樹, 舟根司, 木口雅史, 小河繁彦. 皮膚血流量の影響を除去した頭蓋内酸素化動態同定法の開発. 第 69 回日本体力医学会. 9.19-21. 2014 (長崎大学, 長崎, 長崎県).
  5. Ai Hirasawa, Takahito Kaneko, Naoki Tanaka, Tsukasa Funane, Masashi Kiguchi, Henrik Sørensen, Niels H. Secher, Shigehiko Ogoh: A novel algorithm for NIRS-determined cerebral oxygenation that suppresses influence of change in skin blood flow in humans. American College of Medicine Science (ACSM). 5.30.2014 (Orlando, USA)
  6. Shigehiko Ogoh: Symposium (New Insight into the Regulation of Human Cerebral Blood Flow; Exercise and its impact of intercranial blood flow distribution) American College of Medicine Science (ACSM). 5.29.2014 (Orlando, USA)
  7. 平澤愛, 柳澤慎太郎, 田中尚樹, 舟根司, 木口雅史, 小河繁彦: 定量的な前額部皮膚血流量変化が NIRS 信号に及ぼす影響. 第 68 回日本体力医学会大会. 9.21-23, 2013 (日本教育会館, 東京都)
  8. 山崎享子, 平澤愛, 小河繁彦, 舟根司, 木口雅史, 田中尚樹: 脳機能計測信号と各種生体信号の関係解析から見たストレス負荷状態の評価. 生体医工学シンポジウム. 9.20-21.2013 (九州大学, 福岡, 福岡県)
  9. 平澤愛, 金子貴仁, 田中尚樹, 小河繁彦: 定量的な皮膚血流変化が N I R S 信号に及ぼす影響. *運動と循環*. 8.27.2013 (立命館大学, 草津, 滋賀県)
  10. 山崎享子, 平澤愛, 小河繁彦, 舟根司, 木口雅史, 田中尚樹: 生体信号の低周波揺らぎを用いたストレス状態の可視化の試み. *可視化情報シンポジウム*. 7.16-17.2013 (工学院大学, 東京都)
  11. A. Hirasawa, S. Yanagisawa, N. Tanaka, T. Funane, M. Kiguchi, N. H. Secher and S. Ogoh: The Effect of Skin Blood Flow on Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) Determined Cerebral Oxygenation in Humans. The 60th Annual Meeting and 4th World Congress on Exercise, American College of Medicine Science (ACSM). 5.30.2013 (Indianapolis, USA)
  12. Henrik Sørensen, Matthias Kohl-Bareis, Christoph Siebenmann, Morten Zaar, Morten Hvidtfeldt, Shigehiko Ogoh, Kohei Sato, Niels H. Secher, Carsten Lundby, Peter Rasmussen. Cutaneous blood flow influences near infrared spectroscopy evaluation of frontal lobe oxygenation by approximately 30%. *Experimental Biology (FASEB)*. 4.20-24.2013 (Boston, USA)
  13. Rio Sakamoto, Manabu Shibasaki, Kohei Sato, Kazunobu Okazaki, Tadayoshi Miyamoto, Ai Hirasawa, Shigehiko Ogoh: Cutaneous vascular responses to carbon dioxide in normothermia and hyperthermia in humans. 第 90 回日本生理学会大会. 3.27-29.2013 (タワーホール船堀, 東京都)
  14. 宮澤太機, 堀内雅弘, 小峰秀彦, 菅原順, Paul J. Fadel, 小河繁彦: 運動時の近赤外線分光法による脳酸素化動態評価に関する研究. 第 8 回生理学会プレコングレス 環境生理. 3.26.2013 (東京女子医科大・早稲田大連携先端生命医科学センター, 東京都)
  15. 平澤愛, 佐藤耕平, 大上安奈, 定本朋子, 小河繁彦: 高強度運動時の NIRS 信号は頭蓋内酸素化動態を反映しない. 第 3 回 NU-Brain シンポジウム. 2.26.2013 (日本大学, 東京都)
  16. 宮澤太機, 菅原順, 小峰秀彦, 小河繁彦

彦：全身運動時の頭部皮膚血流量の変化  
は近赤外線分光法による脳活動の評価に  
影響する．第 67 回日本体力医学会．  
9.16.2012（長良川国際会議場．岐阜．岐  
阜県）

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

小河 繁彦（OGOH, Shigehiko）  
東洋大学・理工学部・教授  
研究者番号：80553841

### (2)研究分担者

佐藤 耕平（SATO, Kohei）  
日本女子体育大学・体育学部・准教授  
研究者番号：00409278

田中 尚樹（TANAKA, Naoki）  
東洋大学・理工学部・教授  
研究者番号：10416943