

平成 30 年 5 月 24 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03098

研究課題名(和文) 運動中の脳循環調節機能：各脳動脈における役割

研究課題名(英文) Cerebral Blood flow regulation during exercise: the physiological role of each cerebral artery

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：脳血流量の低下は脳梗塞等の脳疾患発症リスクを高め(JCBFM 2007)、また認知症発症に関連することが示唆されている(Dementia 1995)。一方、運動による脳循環調節機能の改善が脳疾患発症リスクを軽減する可能性が示されている。本申請研究では、運動など様々な環境変化における中大脳動脈や内頸動脈血流など大脳皮質への脳血流、外頸及び椎骨動脈血流における循環動態の調節メカニズム及びその生理学的意義を明らかにすることを目的とした。本申請研究関連研究において各生理刺激に対する脳動脈及び動静脈の血流配分の生理メカニズムにおける新しい知見により、42編の原著論文として英生理学系雑誌に発表を行った。

研究成果の概要(英文)：Reduction in cerebral blood flow may increase a risk of developing cerebral diseases such as cerebral infarction (Han et al. JCBFM 2007) and it may be associated with the onset of dementia (Franceschi Dementia et al. 1995). It has been suggested that chronic exercise improves the regulation of cerebral circulation and consequently reduces a risk of developing brain diseases. The purpose of this project was to identify the physiological mechanism or its importance of the vascular regulation in the different cerebral arteries. In this project, we found important information regarding physiological mechanism of cerebral artery and arteriovenous blood flow distribution to each physiological stimulus in this related researches, and have published 42 papers in English physiological journals for our results in these researches.

研究分野：循環生理学

キーワード：脳血流 運動 外頸動脈 内頸動脈 椎骨動脈 認知機能

1. 研究開始当初の背景

認知活動や自律神経活動などを含め脳は司令塔の役割を担っている。生命機能を維持するためには、脳への適切な血流供給が必要不可欠である (Ogoh et al. JAP 2008)。脳血流量低下は脳梗塞等の脳疾患発症リスクを高め (Han et al. JCBFM 2007)、また認知症発症に関連する (Franceschi Dementia et al. 1995)。さらに加齢や脳疾患患者における脳血流量減少が、脳循環調節機能を低下させることが示唆されている (Eames et al. JNNP 2002)。一方、運動習慣が加齢による脳血流量低下を抑制し (Ainslie et al. JP 2008)、また身体活動が脳疾患や認知症発症リスクを軽減させることが明らかとなった (Taddei et al. Cir 2000)。これらの知見は、運動による脳循環調節機能の改善が脳疾患発症リスクを軽減する可能性を示す。しかしながら、運動が脳循環調節機能に及ぼす影響について不明な点が多い。長年、運動などの環境変化においても脳血流量は変化せず、常に一定に保たれていると考えられてきた (Rowell 1989)が、方法論的な問題が指摘されている (Ogoh et al. JAP 2007)。近年では、運動による脳代謝の亢進を維持するため、運動強度に依存して脳血流量は増加することが一般的な生理反応として認識されている (Ogoh et al. AJP 2005)。脳および頭部への血液供給は、3つの動脈 (内頸・外頸・椎骨動脈) を介して行われる。我々は先行研究において、各動脈の血流応答が運動 (Sato et al. JP 2011) や様々な生理環境下で異なることを報告した。これらの各動脈での血流応答の違いは、各動脈間の相互連関や独自の血流調節メカニズムがあると予想されるが明らかではない。運動を脳疾患や認知症予防に効率よく役立てるためには、脳全体を統合的に捉えた血流供給機能を明らかにすることが必要不可欠である。我々の先行研究で報告した運動中の各動脈 (内頸・外頸・椎骨動

脈) 血流応答の違いから、その調節機能に関する研究課題が生じた。内頸動脈からの血流は、脳の代謝に重要である。しかしながら、運動強度に伴う脳代謝の亢進にもかかわらず、自転車運動などの動的運動では、内頸動脈血流量は運動強度増加に伴い上昇するが、中強度で最大値に達し、高強度では減少する。この反応は、脳代謝・機能を考えると矛盾した反応のように思われる。また頸動脈からの血流は顔面などの頭部皮膚血管へ循環し、運動中の体温調節において重要な役割があると考えられる。しかしながら、最大運動強度時その値は3倍以上にもなり、他の脳動脈血流量と比較してもその増加の割合が極端に大きい。椎骨動脈からの血流は、脳底動脈など脳幹領域に供給されるため自律神経活動維持のために重要であると考えられるが、その血流量変化が自律神経反応にどの様に影響するのか明らかでなく、関連論文も皆無である。

2. 研究の目的

本申請研究において、上述の疑問点を明らかにするため、具体的には、運動など様々な環境変化における、中大脳動脈や内頸動脈血流量など大脳皮質への脳血流 (初年度、平成 27 年度)、外頸動脈血流 (2 年目、平成 28 年度) 及び椎骨動脈血流 (最終年、平成 29 年度) 調節における生理メカニズム及びその生理学的意義を明らかにすることを目的として、様々な関連実験に取り組んだ。

3. 研究の方法

運動など環境変化に対する脳循環動態及び脳循環調節機能を各脳動脈血流において測定することにより、各脳動脈血管の活性の差異を明らかにし、その生理メカニズムとその生理学的意義の解明に関する研究を行った。各研究における測定項目は異なるが、本申請研究において使用した測定法を以下に示す。
<測定項目> 基礎生理パラメーター: 1)

心拍数 心電図計により測定。2) 動脈血圧
連続血圧測定装置(フィノメーター血圧計)により連続的に血圧波形を測定した。3) 呼気終末二酸化炭素濃度($P_{ET}CO_2$) 毎分換気量、酸素摂取量等 呼気ガス分析器により、ガスマスクからブレスバイブレスで計測した。4) 脳血流酸素化動態 近赤外線分光法により、前頭部に測定プローブを装着して酸素化ヘモグロビン・脱酸素化ヘモグロビンの計測を行った。5) 皮膚血流量 - レーザードップラー血流計により測定した。 脳循環動態: 1) 脳血流量 - 脳への3つの動脈経路である内頸・外頸及び椎骨動脈の血流量を超音波測定装置による血管内径と血流速度の同時計測から算出。また経頭蓋ドップラー計測装置(TCD法)により中大脳動脈血流速度及び脳底動脈血流速度を測定した。2) 脳血管緊張 - 中大脳動脈血流速度及び脳底動脈血流速度波形と動脈圧波形との関係から、脳血管緊張の指標である閉塞臨界圧(CCP: critical closing pressure)を算出した(Ogoh et al. EP 2010, 2011)。 脳循環調節機能: 1) 脳自己調節機能 - 動脈血圧と中大脳動脈血流速度及び脳底動脈血流速度から伝達関数分析により動的脳自己調節機能を評価した(Ogoh et al. AJP 2005)。2) 脳血流量の CO_2 応答特性 - 吸気の二酸化炭素濃度を0、3、5%さらに、換気量の変化により(安静時の80%及び120%換気量で呼吸をコントロールする)呼気終末二酸化炭素濃度($P_{ET}CO_2$)を変化させ、各 CO_2 濃度における中大脳動脈血流速度及び脳底動脈血流速度を測定し、 $P_{ET}CO_2$ に対する脳血流量の感受性を評価した(Ogoh et al. JP 2008)。

4. 研究成果

申請研究初年度(平成27年)は、運動などの環境変化時の脳血流調節メカニズムの解明とその脳循環動態の生理学的意義を明らかにすることを目的として研究を進め、各血

管における血流応答の違いが脳循環動態に影響する可能性について報告した。特に、脳循環動態と頭部皮膚血流量変化との関係性について、方法論の問題等から重要な知見を得た(Hirasawa et al. CPFI 2015, Sorensen et al. 2015, Hirasawa et al. JCMC 2015, Lund et al. 2016)。さらに、椎骨動脈における循環調節機能と解剖学的要因との関連性を明らかにした(Sato et al. CPFI 2015)。また、起立ストレス中の椎骨動脈血流の変化と起立耐性との関連性について示し(Ogoh et al. Ex Physiol. 2015)。脳循環動態と生理機能との関連の可能性を示唆した。さらに、急激な中心血液量の増加が脳循環に及ぼす影響について調査し、急性低血圧と高血圧における脳循環反応が異なることを明らかにした(Ogoh et al. JAP 2015)。また微小重力における脳循環動態において、圧受容器反射による循環応答が脳への過還流の抑制において重要であることを示唆した(Ogoh et al. AJP 2015)。

脳循環調節において脳自己調節機能は重要な役割を果たすと考えられているが、例えば、ウェイトリフティング競技中、急激な血圧上昇が起こり、脳自己調節機能が維持されている血圧範囲(60~150mmHg)をはるかに超えた値を示している。しかしながら、中大脳動脈血流速度はむしろ低下することが報告されている(Dickerman et al. Neurol Res 2000)。この時、動的運動時に見られるような過換気は起こっていないため、血流量低下のメカニズムは明らかに動的運動時と異なる。しかしながら、静的な高強度運動時における脳循環動態変化のメカニズムは明らかでない。先行研究の報告から、脳自己調節機能以外の重要な生理メカニズムが存在することが示唆される。

申請研究2年目(平成28年)の研究課題では、特に静的運動時の内頸動脈血流量の調節メカニズムを明らかにすることを目的と

して関連実験を行った。本研究では、外頸動脈血流量が内頸動脈血流量の動的調節機能において重要な役割を担うことを明らかにした。我々の先行研究(Ogoh et al. AJP 2014)の知見から、“静的運動に伴う昇圧応答は、外頸動脈血流量の亢進により緩衝され、内頸動脈血流量の急激な増加を防ぐ”という仮説をたて実験を行った。研究の結果、運動強度の増加に伴い外頸動脈血流量の増加が観察されるが、内頸動脈血流量は安静時から変化しなかった。この時、内頸動脈の脳自己調節機能及び脳血管緊張度に変化が見られず、外頸動脈血流量が血压依存で増加したと考えられ、仮説が正しいことが立証された。この研究結果は、既に英生理学系雑誌において論文で発表した(Hirasawa et al. MSSE 2016)。これらの知見から、外頸動脈血流変化が、運動中の脳血流を決定する一つの生理要因として重要であることが示唆された。さらに、動的な運動中に、熱ストレスを負荷すると、内頸動脈血流量が低下、一方、外頸動脈血流量は増加し、内頸動脈血流量の変化と逆相関関係にあることが示し(Sato et al. JAP 2016)、脳静脈血流量と動脈血流量の連関に関する研究(Ogoh et al. AJP 2016)など関連実験においても重要な知見を得た。

最終年度は、熱刺激及び起立ストレスによる失神前(presyncope)時の脳血流配分の変化を観察した。特に椎骨動脈血流波において、逆流性血流が観察され、失神発症メカニズムとの関連が指摘された(未発表データ)。さらに、運動時の椎骨動脈血流と後大脳動脈血流との反応の差異が観察され、脳後方循環における血流反応の部位差が明らかとなった(Washio et al. Am J Physiol. 2017)。一方、心臓収縮力をドブタミン投与による増加に伴う脳血管へのストレスは、外頸動脈血流量の急激な増加により、軽減されることも明らかとなった(Ogoh et al. Am J Physiol. 2017)。また、微小重力環境の脳動脈血流配

分(Ogoh et al. Exp Physiol. 2017)や動脈と静脈血流の運動に対する反応の差異についても検討した(Sato et al. Physiol. Res 2017)。さらに、高強度運動後の認知機能の変化は、脳血流の変化より脳での乳酸の取り込み関連することが明らかになった(Hashimoto et al. FASEB J 2018)。

以上、本申請研究関連研究において各生理刺激に対する脳動脈及び動静脈の血流配分の生理メカニズムにおける新しい知見から42編の原著論文として、英生理学雑誌において公表を行った。

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44件)

1. Shigehiko Ogoh, Hiroki Nakata, Tadayoshi Miyamoto, Damian Bailey, and Manabu Shibasaki. Dynamic cerebral autoregulation during cognitive task: Effect of hypoxia. *Journal of Applied Physiology* 査読有 2018 In Press. doi: 10.1152/jappphysiol.00909.2017.
2. Tsubasa Tomoto, Tomoko Imai, Shigehiko Ogoh, Seiji Maeda, Jun Sugawara. Relationship between Aortic Compliance and Impact of Cerebral Blood Flow Fluctuation to Dynamic Orthostatic Challenge in Endurance Athletes. *Frontiers in Physiology (Integrative Physiology)* 査読有 2018 In Press. doi: 10.3389/fphys.2018.00025.
3. Shigehiko Ogoh. Why do African Americans Have a higher risk for cerebral disease? *Experimental Physiology* 査読有 2018 Mar 1;103(3):310-311. doi: 10.1113/EP086862.
4. Shigehiko Ogoh, Gilbert Moralez, Takuro Washio, Satyam Sarma, Michinari Hieda, Steven A. Romero, Matthew N. Cramer, Manabu Shibasaki, Craig G. Crandall. Effect of increases in cardiac contractility on cerebral blood flow in humans. *American Journal of Physiology- Heart Circ Physiol.* 査読有 2017 Dec 1;313(6):H1155-H1161. doi: 10.1152/ajpheart.00287
5. Nakata H, Miyamoto T, Ogoh S, Kakigi R, Shibasaki M. Effects of acute hypoxia on human cognitive processing: A study using ERPs and SEPs. *Journal of Applied Physiology* 査読有 2017. Nov 1;123(5):1246-1255. doi: 10.1152/jappphysiol.00348.
6. Ogoh S, Hirasawa A, de Abreu S, Denise P, Normand H. Internal carotid, external carotid and vertebral artery blood flow responses to 3 days of head-out dry immersion. *Experimental Physiology* 査読有 2017 Oct 1; 102(10):

- 1278-1287.
doi: 10.1113/EP086507.
7. Sato K, Oba N, Washio T, Sasaki H, Oue A, Otsuki A, Sadamoto T, Ogoh S. Relationship between cerebral arterial inflow and venous outflow during dynamic supine exercise. *Physiological Reports* 査読有 2017 Jun;5(12). pii: e13292.
doi: 10.14814/phy2.13292.
 8. Washio T, Sasaki H, Ogoh S. Acute impact of drinking coffee on the cerebral and systemic vasculature. *Physiological Report* 査読有 2017 May; 5(10); pii: e13288.
doi: 10.14814/phy2.13288.
 9. Sugawara J, Tomoto T, Imai T, Maeda S, Ogoh S. Impact of Mild Orthostatic Stress on Aortic-cerebral Hemodynamic Transmission: Insight from the Frequency-domain. *American Journal of Physiology-Heart Circ Physiol.* 査読有 2017 May; 312(5): H1076-H1084.
doi: 10.1152/ajpheart.00802.2016
 10. Shigehiko Ogoh. What is important for aging-induced arterial stiffening, autonomic dysfunction, vascular characteristics or both? *Hypertens Res.* 査読有 2017 May;40(5):434-435.
doi: 10.1038/hr.2017.8.
 11. Shigehiko Ogoh. Relationship between cognitive function and regulation of cerebral blood flow. *J Physiol Sci.* 査読有 2017 May;67(3):345-351.
 12. Washio Takuro, Hiroyuki Sasaki, Shigehiko Ogoh. Transcranial Doppler-determined change in posterior cerebral artery blood flow velocity does not reflect vertebral artery blood flow during exercise. *American Journal of Physiology- Heart Circ Physiol.* 査読有 2017 Apr 1;312(4):H827-H831.
doi: 10.1152/ajpheart.00676
 13. Rasmussen P, Widmer M, Hilty MP, Hug M, Sørensen H, Ogoh S, Sato K, Secher NH, Maggiorini M, Lundby C. Thermodilution-determined Internal Jugular Venous Flow. *Med Sci Sports Exerc.* 査読有 2017 Apr;49(4):661-668.
doi: 10.1249/MSS.0000000000001143.
 14. Takeshi Hashimoto, Tsukamoto H, Takenaka S, Olesen ND, Petersen LG, Sørensen H, Nielsen HB, Secher NH, Ogoh S. Maintained exercise-enhanced brain executive function related to cerebral lactate metabolism in men. *FASEB J* 査読有 2017 Mar;32(3):1417-1427.
doi: 10.1096/fj.201700381RR.
 15. Damian Miles Bailey and Shigehiko Ogoh. Heterogenous regulation of cerebral blood flow in hypoxia; implications for dynamic cerebral autoregulation and acute mountain sickness. *Experimental Physiology* 査読有 2017 Mar 1;102(3):383.
doi: 10.1113/EP086144.
 16. Ogoh S, Nagaoka R, Mizuno T, Kimura S, Shidahara Y, Ishii T, Kudoh M, Iwamoto E. Acute vascular effects of carbonated warm water lower leg immersion in healthy young adults. *Physiol Reports* 査読有 2016 Dec;4(23). pii: e13046.
doi: 10.1007/s12576-017-0525-0.
 17. Ogoh S, Washio T, Sasaki H, Petersen LG, Secher NH, Sato K. Coupling between arterial and venous cerebral blood flow during postural change. *American Journal of Physiology-Regul Integr Comp Physiol.* 査読有 2016 Dec 1;311(6):R1255-R1261.
doi: 10.1152/ajpregu.00325.2016.
 18. Ai Hirasawa, Kohei Sato, Marina Yoneya, Tomoko Sadamoto, Damian M. Bailey, Shigehiko Ogoh. Heterogeneous Regulation of Brain Blood Flow during Low-Intensity Resistance Exercise. 査読有 *Medicine and Science in Sports and Exercise* Sep; 48 (9):1829-34, 2016.
doi: 10.1249/MSS.0000000000000948.
 19. Ogoh S, Sørensen H, Hirasawa A, Sasaki H, Washio T, Hashimoto T, Bailey DM, Secher NH. Dynamic cerebral autoregulation is unrelated to decrease in external carotid artery blood flow during acute hypotension in healthy young men. 査読有 *Experimental Physiology* 101(8):1040-9, 2016.
doi: 10.1113/EP085772.
 20. Hayato Tsukamoto, Tadashi Suga, Saki Takenaka, Daichi Tanaka, Tatsuya Takeuchi, Takafumi Hamaoka, Tadao Isaka, Shigehiko Ogoh, Takeshi Hashimoto. Repeated high-intensity interval exercise shortens the positive effect on executive function during post-exercise recovery in healthy young males. *Physiology & Behavior* 査読有 Volume 160, 1 June 2016, Pages 26–34
doi: 10.1016/j.physbeh.2016.03.029.
 21. Hiroyuki Sasaki, Ai Hirasawa, Takuro Washio, Shigehiko Ogoh. Acute effect of coffee drinking on dynamic cerebral autoregulation. *European Journal of Applied Physiology* 査読有 May; 116(5):879-84, 2016.
doi: 10.1007/s00421-016-3345-7.
 22. Kohei Sato, Anna Oue, Marina Yoneya, Tomoko Sadamoto, Shigehiko Ogoh. Heat stress redistributes blood flow in the arteries of the brain during dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology* 査読有 Apr 1; 120(7): 766-73, 2016.
doi: 10.1152/jappphysiol.00353.2015.
 23. 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.
 24. A. 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: 10.3109/00365513.2015.1101485.
25. **Shiegehiko Ogoh**, Ai Hirasawa, Peter B. Raven, Thomas Rebuffat, Pierre Denise, Romain Lericollais, Jun Sugawara, and Hervé Normand. Effect of an acute increase in central blood volume on cerebral hemodynamics. *American Journal of Physiology-Regul Integr Comp Physiol* 査読有 2015 Oct 15; 309(8): R902-11. doi: 10.1113/EP086507.
26. **Shiegehiko Ogoh**, Ai Hirasawa, Jun Sugawara, Hidehiro Nakahara, Shinya Ueda, J. Kevin Shoemaker, Tadayoshi Miyamoto. The effect of an acute increase in central blood volume on the response of cerebral blood flow to acute hypotension. *Journal of Applied Physiology* 査読有 2015 Sep 1; 119(5):527-33. doi: 10.1152/jappphysiol.00277.2015.
27. Ai Hirasawa, Shintaro Yanagisawa, Naoki Tanaka, Tsukasa Funane, Masashi Kiguchi, Henrik Sørensen, Niels H. Secher, **Shiegehiko 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.
28. Henrik Sørensen, Peter Rasmussen, Christoph Siebenmann, Morten Zaar, Morten Hvidtfeldt, **Shiegehiko 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.
29. **Shiegehiko Ogoh**, Kohei Sato, Kazunobu Okazaki, Tadayoshi Miyamoto, Ai Hirasawa, Tomoko Sadamoto, Manabu Shibasaki. Internal carotid and vertebral arteries blood flow during graded lower body negative pressure in humans. *Experimental Physiology* 査読有 2015 Mar; 100(3): 259-66. doi: 10.1113/EP086507.
30. **Shiegehiko Ogoh** (Invitation article). Cerebral blood flow regulation during hypoxia. *Experimental Physiology* 査読有 2015 Feb 1; 100(2):109-10.
2. **Shiegehiko Ogoh**. Cerebrovascular Control in Response to Changes in Blood Gases. Symposium (Physiologic Mechanisms of Human Cerebrovascular Regulation in Health and Disease: An Integrated Perspective) International society of autonomic neuroscience (ISAN) 2017. Aug 30-Sep 2. (Nagoya, Japan).
3. **Shiegehiko Ogoh**. Anterior vs. posterior cerebral blood flow. Invited Lecture. The Danish Cardiovascular Research Academy (DaCRA) Summer Meeting 2017 June 16 (Sandbjergvej, Denmark)
4. **Shiegehiko Ogoh**, Hiroaki Nakata, Tadayoshi Miyamoto and Manabu Shibasaki. Cognitive task impairs dynamic cerebral autoregulation during normoxia and hypoxia. American College of Medicine Science (ACSM). 2017. 05 (Denver, USA).
5. **Shiegehiko Ogoh**, Takuro Washio, Hiroyuki Sasaki, Lonnie G. Petersen, Niles H. Secher and Kohei Sato. Coupling between internal carotid artery and vertebral venous flow during orthostatic stress in humans. Physiology Society meeting 7.28.2006 (Dublin, Ireland).
6. **Ogoh, S.**, Hirasawa, A., Washio, T., Sasaki, H., Bailey, D.M., Sato, K. INTERNAL AND EXTERNAL CAROTID ARTERY BLOOD FLOW DURING RESISTANCE EXERCISE. ECSS meeting. 7.10.2016 (Vienna, Austria)
7. **Shiegehiko Ogoh**, Ai Hirasawa, Jun Sugawara, Hidehiro Nakahara, Shinya Ueda, Kevin Shoemaker, Tadayoshi Miyamoto. The effect of an acute increase in central blood volume on dynamic cerebral autoregulation. American College of Medicine Science (ACSM). 2015. 05 (San Diego, USA).
8. **Shiegehiko Ogoh**, Ai Hirasawa, Jun Sugawara, Hidehiro Nakahara, Shinya Ueda, J. Kevin Shoemaker, Tadayoshi Miyamoto. The effect of an acute increase in central blood volume on hypercapnia-induced attenuation in dynamic cerebral autoregulation. Experimental Biology 3.29.2015 (Boston, USA)
- 〔図書〕(計0件)
- 〔産業財産権〕
出願状況(計0件)
取得状況(計0件)
- 〔その他〕
ホームページ等
6. 研究組織
(1)研究代表者
小河 繁彦(OGOH, Shiegehiko)
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)
東京学芸大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00409278
- 〔学会発表〕(計54件)
1. **Shiegehiko Ogoh**, Ai Hirasawa, Kohei Sato. Effect of muscle metaboreflex on anterior and posterior cerebral blood flow. American College of Medicine Science (ACSM). 2018. 05 (Minneapolis, USA).