

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750187

研究課題名(和文) リズミクな下肢他動運動が中枢運動指令に与える影響 - 効果的な運動療法を目指して -

研究課題名(英文) The effects of rhythmic passive exercise of the lower limbs on the central command activity-Aspiring for the effective exercise therapy

研究代表者

梁楠(Liang, Nan)

広島大学・医歯薬保健学研究院(保)・助教

研究者番号：70512515

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)：本研究は、他動運動が中枢運動指令に与える影響について調べた。健康者を対象に、1)下腿筋に伸張刺激と振動刺激を与えた時、表面筋電図で誘発されるH反射を用いて脊髄レベルの興奮性の変化と、2)自転車エルゴメーターの他動運動中に運動のイメージを行い、その時の心電図、血圧、呼吸、大脳皮質および主動筋の血流動態について調べた。その結果、同側及び対側下肢筋の振動刺激は脊髄の興奮性を低下させることが示された。また、運動イメージに伴う呼吸循環応答は他動運動により増加したが、大脳関連領域の活動が低下したのに対し主動筋の血流量が増加し、他動運動が中枢神経系と末梢神経系に異なる影響を与えることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The current study aimed to explore the effects of passive movement of the lower limbs on the central nervous system or central command activity. We using healthy humans performed two experiments to clarify that 1) the effects of muscle stretching or vibration on the H-reflex, a common index to assess the spinal excitability, and that 2) the effects of passive ergometer exercise on the cardiorespiratory responses and on the cortical and muscle oxygenation during motor imagery. The results showed that, the muscle vibration in the ipsilateral and contralateral lower limb reduced the spinal excitability. The cardiorespiratory responses during motor imagery were enhanced by passive ergometer exercise. However, the oxygenation in the related cerebral cortical areas was reduced, while that in the peripheral agonist muscle was enhanced. These findings suggest that the passive lower limb exercise affects differently the central and peripheral nervous system.

研究分野：運動生理学、神経生理学、循環生理学、リハビリテーション

キーワード：末梢求心性感覚入力 中枢運動指令 両側下肢運動 呼吸循環応答 大脳血流動態 末梢筋血流動態

1. 研究開始当初の背景

(1) 中枢神経系損傷者に対するリハビリテーションの中で、脳および脊髄内神経ネットワークの再構築を促すことで運動機能回復を図ることが重要である。特に、末梢求心性感覚入力が中枢運動指令に影響を及ぼし、運動学習を促すことが示唆されている。

(2) どのような求心性感覚入力がより効果的で、中枢神経系の興奮性を変化させるかについて詳細なデータはない。また、リズム的な下肢運動についての研究は少なく、さらに同側肢および対側肢のリズミック運動に注目した研究はない。

2. 研究の目的

本研究は健常成人を対象に、下肢の他動運動を用いて以下の目的で実験を行なった。

(1) 同側及び対側下肢筋に伸張刺激あるいは振動刺激を与えた時、中枢神経系の興奮性にどのような影響を与えるかについて、電気生理学的手法を用いて明らかにする。

(2) 運動イメージに伴う中枢運動指令は呼吸循環系を賦活し、大脳の興奮性や末梢主動筋の酸素供給を変化させるが、エルゴメーターを用いたリズム的な下肢他動運動が呼吸循環応答及び大脳や筋の血流量に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象者

被験者は、整形外科的疾患、神経系疾患、呼吸器系疾患や循環器疾患を持たない健常成人とした。プロトコル I では 8 名(男性 4 名、女性 4 名、平均年齢 23 歳)、プロトコル II では 14 名(男性 9 名、女性 5 名、平均年齢 23 歳)であった。研究の主旨、目的と方法を十分理解し研究の協力を承諾したものを被験者とした。

(2) 実験準備と手順

プロトコル I

被験者は腹臥位とった状態で、右ヒラメ筋から H 波・M 波を記録した。筋伸張刺激において、力の測定はトランスデューサーとインディケーター(TES32-03, TD-250T: TEAC 社)を用いた。被験者の左右下肢の足裏に約 10 cm×6 cm の木片をバンドで固定し、検者がフォースセンサーを足裏の木片に当てストレッチをかけた。ストレッチは検者が徒手で行い、足関節背屈最終可動域で固定した。強度を 2 段階に設定し、同側ストレッチは最終可動域までの強度(40 N)のみで H 波が抑制されることを確認した。対側ストレッチは同側ストレッチと同じ強度と、さらに強い強度での H 波の変化を確認するため「強」(80 N)の両方行った。筋振動刺激について、バイブレーター(MD-011: スライヴ社)を用いて 100 Hz の振動刺激を同側、対側のアキレス腱に与えた。

ヒラメ筋 H 波の導出は、右脛骨神経を膝窩

部にて持続時間 0.3 ms の矩形波で 3~5 秒毎に電気刺激(スティミュレーター SEN-7103, アイソレーター SS-102J: 日本光電)、右ヒラメ筋筋腹に添付した表面電極より周波数帯域 20 Hz~2 kHz で筋電位を増幅し、H 波を記録した。電気刺激強度は M 波閾値の 0.8 倍から 2.0 倍まで調節し、刺激を与えるタイミングは筋伸張刺激あるいは振動刺激を与えてから 3 秒以上経った後であった。

プロトコル II

被験者はエルゴメータ(Strength Ergo 240, 三菱エンジニアリング社)上で座位(座面高さ 45cm)をとる、他動運動課題は両側下肢のサイクリング運動とし、回転速度は 60 回転/分、メトロノーム(60beats /分)に合わせ 1 分間であった。サイクリング運動の向きは正回転と逆回転の 2 条件とした。

運動イメージの形成をより具体化するため、視覚的な入力として 2 つの視点からの映像を Visual Support(以下 VS)として用いた。一人称動画は、まるで自分自身が自転車をこいでいるかのような、ハンドルを操作する手が映っている一人称の視点での動画であった。三人称動画は、他者が自転車をこいでいる様子を側面から撮影した三人称の視点での動画であった。被験者には動画を見ながら、自分がペダルを漕ぐ運動をイメージするよう指示した。

(3) データ記録と解析

プロトコル I

PowerLab (ADInstruments 社) Scope を用いて、サンプリングレート 2 kHz にて、H 波、M 波、電気刺激直前 100 ms の背景筋電図、各条件下における M 波最大値(Mmax)を記録した。リクルートメントカーブは M 波の閾値を 1.0、Mmax を 100 % として相対値で示した。M 波の最大値に対する H 波の最大値(Hmax/Mmax)、リクルートメントカーブから M 波の増加率に対する H 波の増加率の比(Hslp/Mslp)を算出した。統計処理については一元および二元配置分散分析を行い、Dunnett または Bonferroni による多重比較を実施した。

プロトコル II

PowerLab (ADInstruments 社) LabChart を用いて、サンプリングレート 1 kHz にて全てのデータをコンピュータで記録した。近赤外分光法(NIRS)を用いて局所脳あるいは筋血流動態を評価した。近赤外分光計(NIRO200, 浜松ホトニクス社)を用いて、両前頭前野、運動野、両外側広筋における酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)および脱酸素化ヘモグロビン(Deoxy-Hb)の相対的な濃度変化を検出した。運動野に関しては経頭蓋磁気刺激(Magstim200, Magstim 社)を用いて場所の同定を行なった。測定プローブは国際 10-20 法に基づき Fp1 と F3 の中点および Fp2 とに設置した。呼吸応答を計測するため、呼気ガス分析装置(AERO MONITOR AE-310S, ミナト医

科学社)を用いて分時換気量(VE),一回換気量(TV),呼吸回数(RR),酸素消費量(VO₂),二酸化炭素排出量(VCO₂),呼気終末炭酸ガス濃度(ETCO₂)を breath-by-breath 法で測定した。循環応答を計測するため,テレメータ心電計(DS-3140 型,フクダ電子)を用いて心電図を記録し,指尖連続血圧計(Finometer, Finapres Medical Systems 社)を左手第3指または第4指に装着し,平均動脈血圧(MAP),心拍数(HR),1回心拍出量(SV),毎分心拍出量(CO),総末梢血管抵抗(TPR)を測定した。筋電計(Banoli-2 EMG System, Delsys)を用いて,自転車運動時の主動筋である外側広筋の筋電図を測定した。各課題終了30秒後,主観的運動強度(Borg scale)を6~20の15段階で評価し,また運動イメージに伴う課題では主観的イメージ鮮明度(Visual analogue scale)を0~10の11段階で評価した。

各条件開始直前の30秒のデータをベースラインとして,課題中のデータ変化量を算出した。NIRSで得られるパラメータの内,最も脳・筋活動を反映するOxy-Hb濃度について分析した。統計処理については一元および二元配置分散分析を行い,また対応のあるt検定を用いた。有意水準はいずれも5%未満とし,すべてのデータは平均値と標準誤差で示した。

4. 研究成果

(1) プロトコル I

筋伸張刺激

全実験条件下で背景筋電図に有意な差はみられなかった。図1にリクルートメントカーブの典型例(図1A)と全員の結果(図1B, C)を示す。安静時に比べ,同側筋ストレッチではHmax/Mmaxが有意に減少したが,Hslope/Mslopeでは有意差がみられなかった。

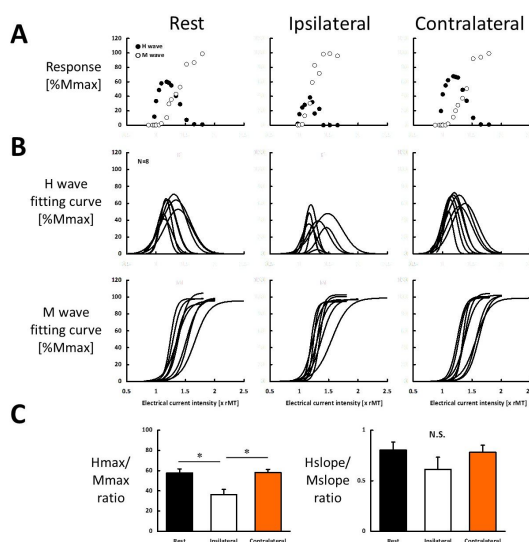


図1. H/M リクルートメントカーブの1例(A), 全被験者のカーブフィッティング(B), Hmax/Mmax と Hslope/Mslope の平均値(C). *P<0.05

筋振動刺激

図2に安静(Rest),同側(Ipsilateral)および対側筋振動刺激(Contralateral)における表面筋電図の典型例(図2A)と全員のH波とM波の平均値(図2B)を示す。各条件間でM波の振幅値は同等で差がみられなかったが,H波の振幅値に有意差が認められ(F=77.9, P<0.0001),安静時に比べ同側および対側筋振動刺激時ではH波の振幅値が有意に減少し(それぞれP<0.05),特に同側刺激時では減少がより顕著であった。

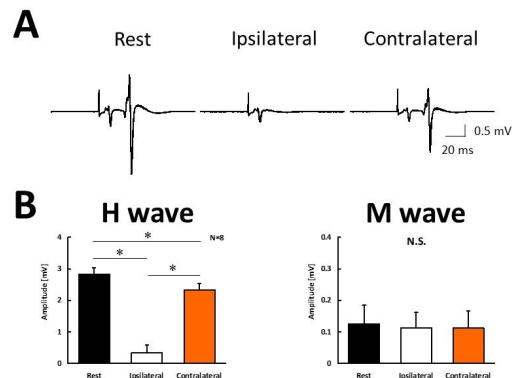


図2. 表面筋電図の1例(A)と全被験者のH波とM波の振幅値の平均値(B). *P<0.05

(2) プロトコル II

大脳および大腿筋の酸素化動態

図3Aに一人称と三人称イメージを行う時の大脳前頭前野および大腿外側広筋のOxy-Hbの経時的変化を示し,図3Bに平均変化を示す。大脳皮質レベルでは,Oxy-Hb濃度が減少したものの課題間で有意な差がみとめられなかった。一方,主動筋の外側広筋ではOxy-Hb濃度が増加し,一人称イメージでは他条件と比較的有意に高かった。

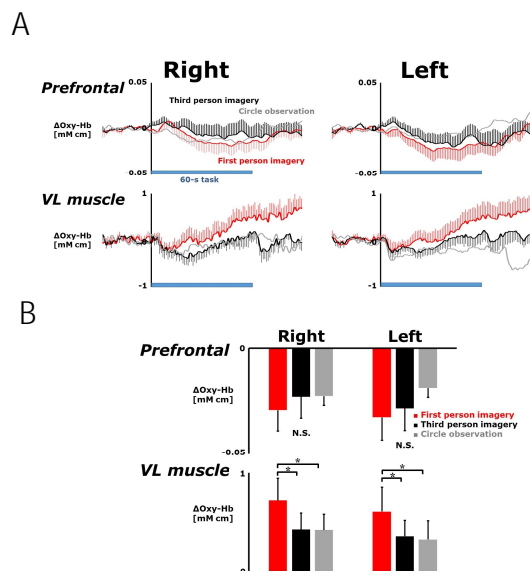


図3. 一人称および三人称イメージ時の大脳皮質および大腿主動筋の酸素化動態. *P<0.05

運動イメージの鮮明度について、一人称と三人称イメージで有意な差が認められなかった(図4)。

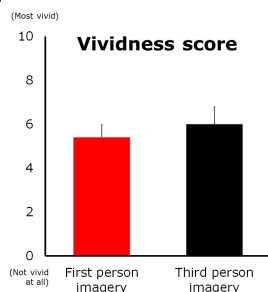


図4.運動イメージ鮮明度に関する主観的評価

呼吸循環応答
運動イメージ時の循環動態は各条件において有意な変化認められなかった(表1)。

Table 1. Cardiovascular responses during first and third person imagery

	1st person imagery	3rd person imagery	Circle observation
ΔHR (beats/min)	2 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
ΔMAP (mmHg)	2 ± 2	4 ± 2	0 ± 1
ΔSV (ml)	1.8 ± 1.3	3.9 ± 1.8	0.7 ± 2.2
ΔCO (l/min)	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.2
ΔTPR (mmHg/l/min)	-0.5 ± 0.4	-0.6 ± 0.6	-0.6 ± 0.4

他動正回転運動(Passive forward cycling)と逆回転運動(Passive reverse cycling)では呼吸応答に違いがみられなかった(図5.青色)。一方、運動イメージのみでは呼吸数と分時換気量が有意に増加し、他動運動を行うとさらに増加したが、正回転と逆回転運動間で有意差がみとめられなかった(図5.赤色)。

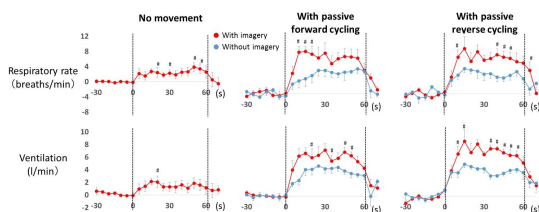


図5.運動イメージおよび他動運動時に伴う呼吸応答。 P<0.05

(3)まとめ

本研究は、他動運動による下肢由来の求心性感覚入力が中枢神経系の興奮性および中枢運動指令に与える影響について検討した。プロトコルIでは末梢筋伸張刺激と振動刺激が脊髄レベルの興奮性に与える影響を明らかにし、同側筋刺激では両条件ともに脊髄運動ニューロンの興奮性を減少させるが、対側筋刺激では伸張刺激ではH反射が変化しない一方、振動刺激では有意に減少した。本研究結果は、同側だけではなく対側下肢の求心性感覚入力によっても中枢神経系の興奮性に変化が生じることを示した。また、振動刺激によるH反射にはIa求心性入力に対するシナプス前抑制が増加している可能性が

あった。

プロトコルIIでは運動イメージに伴う呼吸循環応答、大脳皮質や大腿主動筋の酸素化動態、さらに下肢他動運動がそれらの応答に与える影響を明らかにした。三人称イメージに比べ、一人称イメージでは大腿主動筋のOxy-Hb濃度の増加がより高かったが、大脳皮質のOxy-Hb濃度は逆減少し、イメージ条件間で有意差がみられなかった。つまり、運動イメージという中枢運動指令を評価するのに末梢主動筋の酸素化動態に注目する必要があることが示唆された。また、他動運動では呼吸循環応答をもたらし、それが運動イメージと同時に行なうことによって、運動イメージのみの時よりも大きな応答を引き出すことが示された。一方、他動正回転と逆回転運動では主観的イメージ鮮明度で差がみられたにも関わらず、呼吸循環応答に有意な差がみられなかった。つまり、運動イメージに関する主観的評価と客観的評価の結果に乖離があり、臨床や研究において慎重に扱う必要があると同時に、その生理学的意義について考慮する必要があることが示唆された。

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8件)

1. Kanji Matsukawa, Kana Endo, Kei Ishii, Momoka Ito, Nan Liang. Facial skin blood flow responses during exposures to emotionally charged movies. Journal of Physiological Sciences, 査読有, 印刷中.
2. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Ryota Asahara, Nan Liang, Kana Endo, Mitsuhiro Idesako, Kensuke Michioka, Yu Sasaki, Hironobu Hamada, Kaori Yamashita, Tae Watanabe, Tsuyoshi Kataoka, Makoto Takahashi. Central command increases muscular oxygenation of the non-exercising arm at the early period of voluntary one-armed cranking. Physiological Reports, 査読有, 5: e13237, 2017.
3. Ryota Asahara, Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Nan Liang, Kana Endo. The prefrontal oxygenation and ventilatory responses at start of one-legged cycling exercise have relation to central command. Journal of Applied Physiology, 査読有, 121: 1115-1126, 2016.
4. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kana Endo, Mitsuhiro Idesako, Ryota Asahara, Akito Kadowaki, Rie Wakasugi, Makoto Takahashi. Central command generated prior to arbitrary motor execution induces muscle vasodilatation at the beginning of dynamic exercise. Journal of Applied Physiology, 査読有, 120: 1424-1433, 2016.
5. Nan Liang, Jere H Mitchell, Scott A Smith,

- Masaki Mizuno. Exaggerated sympathetic and cardiovascular responses to stimulation of the mesencephalic locomotor region in spontaneously hypertensive rats. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 査読有, 310: H123-131, 2016.
6. Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Nan Liang, Kana Endo, Ryo Ohtani, Tomoko Nakamoto, Rie Wakasugi, Akito Kadowaki, Hidehiko Komine. Increased oxygenation of the cerebral prefrontal cortex prior to the onset of voluntary exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 査読有, 119: 452-462, 2015.
 7. Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Tomoko Ishida, Atsushi Nagai, Nan Liang. Stimulation of the mesencephalic ventral tegmental area blunts the sensitivity of cardiac baroreflex in decerebrate cats. *Autonomic Neuroscience*, 査読有, 189: 16-24, 2015.
 8. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kana Endo, Mitsuhiro Idesako, Hironobu Hamada, Tsuyoshi Kataoka, Kazumi Ueno, Tae Watanabe, Makoto Takahashi. Differential contribution of Ach-muscarinic and beta-adrenergic receptors to vasodilatation in noncontracting muscle during voluntary one-legged exercise. *Physiological Reports*, 査読有, 2: e12202, 2014.

〔学会発表〕(計 2 7 件)

国際 (計 5 件)

1. Ryota Asahara, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kana Endo, Kei Ishii. The prefrontal oxygenation at the onset of unrestrained overground walking in humans. The 6th International Sports Science Network Forum in Nagano 2016, 9-11 November, 2016, Matsumoto, Japan.
2. Kei Ishii, Momoka Ito, Kana Endo, Nan Liang, Mitsuhiro Idesako, Kanji Matsukawa. Facial skin blood flow response during exposure to emotionally-charged movie. *Experimental Biology 2015*, 28 March- 1 April, 2015, Boston, MA, USA.
3. Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Mitsuhiro Idesako, Nan Liang, Kana Endo. The sensitivity of cardiac baroreflex is decreased at the onset of and during the later period of treadmill exercise at a higher intensity in conscious cats. *International Symposium on Human Adaptation to Environment and Whole-body Coordination*, 14-16 March, 2015, Kobe, Japan.
4. Nan Liang, Aiko Takezawa, Ayumi Tsubota, Makoto Takahashi, Kanji Matsukawa. Inhibition of soleus H-reflex by afferent inputs from the contralateral homonymous

muscle. The 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists, 18-21 June, 2014, Yokohama, Japan.

5. Kana Endo, Nan Liang, Kei Ishii, Mitsuhiro Idesako, Kanji Matsukawa. Effect of acute dynamic exercise on cognitive function in elderly subjects. The 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists, 18-21 June, 2014, Yokohama, Japan.

国内 (計 2 2 件)

1. 梁 楠, 有川 未紗, 佐武 慶彦, 遠藤 加菜, 浅原 亮太, 松川 寛二. サイクリング運動の第一人称および第三人称イメージに伴う前頭前野の酸素化動態. 第 94 回日本生理学会大会 2017 年 3 月 28-30 日, 浜松.
2. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠. 自発的片腕クランキング運動開始前にみられる背外側前頭前野の酸素化. 第 94 回日本生理学会大会, 2017 年 3 月 28-30 日, 浜松.
3. 遠藤 加菜, 石井 圭, 浅原 亮太, 土井 詩織, 梁 楠, 松川 寛二. 高齢者における下肢運動イメージに対する筋血流応答. 第 94 回日本生理学会大会, 2017 年 3 月 28-30 日, 浜松.
4. 松川 寛二, 石井 圭, 浅原 亮太, 遠藤 加菜, 梁 楠. 運動開始前にみられる前頭前野酸素化ヘモグロビン濃度の増加とセントラルコマンド. 第 94 回日本生理学会大会 シンポジウム 9: リハビリテーションと脳機能計測, 2017 年 3 月 28-30 日, 浜松.
5. 浅原 亮太, 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. 自発運動開始時における前頭前野酸素化ヘモグロビン濃度の増加と換気応答の関連. 第 71 回日本体力医学会大会, 2016 年 9 月 23-25 日, 盛岡.
6. 梁 楠, 浅原 亮太, 石井 圭, 遠藤 加菜, 松川 寛二. 平地とトレッドミル歩行時の大脳皮質興奮性の変化について-ポータブル fNIRS を用いた解析. 第 93 回日本生理学会大会, 2016 年 3 月 22-24 日, 札幌.
7. 浅原 亮太, 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. ヒトの随意運動開始時における前頭前野酸化 Hb 濃度と呼気終末炭酸ガス濃度の関連. 第 93 回日本生理学会大会, 2016 年 3 月 22-24 日, 札幌.
8. 遠藤 加菜, 伊藤 百花, 川原 舞, 小畑 菜央, 石井 圭, 梁 楠, 浅原 亮太, 松川 寛二. 視覚刺激による快・不快の情動変化が顔面皮膚血流量に与える影響. 第 93 回日本生理学会大会 2016 年 3 月 22-24 日, 札幌.
9. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 遠藤 加菜, 浅原 亮太, 井出 迫 光弘. 運動イメージによる呼吸循環系の活性化. 第 93 回日本

- 生理学会大会 シンポジウム 22: 生理学はリハビリテーションにどのように貢献できるか? 2016年3月22-24日 札幌.
10. 浅原 亮太, 石井 圭, 遠藤 加菜, 梁 楠, 松川 寛二. 無拘束状態での床歩行時とトレッドミル歩行時にみられる大脳皮質運動野活動. 第67回日本生理学会中国四国地方会, 2015年10月24-25日, 米子.
 11. 石井 圭, 浅原 亮太, 梁 楠, 松川 寛二. 除脳ラットを用いた中枢性循環調節機構の探索. 第67回日本生理学会中国四国地方会, 2015年10月24-25日, 米子.
 12. 遠藤 加菜, 伊藤 百花, 石井 圭, 梁 楠, 松川 寛二. 視聴覚刺激による快・不快の情動反応が顔面皮膚血流量に及ぼす影響. 第67回日本生理学会中国四国地方会, 2015年10月24-25日, 米子.
 13. 梁 楠, 有澤 利顕, 橘高 照人, 高橋 真, 石井 圭, 遠藤 加菜, 松川 寛二. 手指筋力発揮速度の違いは同側運動野の興奮性に異なる影響を及ぼす. 第70回日本体力医学会大会, 2015年9月18-20日, 和歌山.
 14. 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜, 小峰 秀彦. 随意運動に先行する前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度増加: Central commandとの関連. 第70回日本体力医学会大会, 2015年9月18-20日, 和歌山.
 15. 梁 楠, 松川 寛二, 石井 圭, 井手迫 光弘, 遠藤 加菜. 麻酔下ラットにおける島皮質の電気刺激は中脳腹側被蓋野の局所血流量を増加させる. 第92回日本生理学会大会合同大会, 2015年3月21-23日, 神戸.
 16. 井手迫 光弘, 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. 動脈血圧反射の心拍数調節感度はトレッドミル運動の強度と継続時間に依存して低下する. 第92回日本生理学会大会合同大会, 2015年3月21-23日, 神戸.
 17. 遠藤 加菜, 梁 楠, 石井 圭, 井手迫 光弘, 松川 寛二. ストループ課題における前頭前野の酸素動態に加齢が与える影響. 第92回日本生理学会大会合同大会, 2015年3月21-23日, 神戸.
 18. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 遠藤 加菜, 井手迫 光弘, 濱田 泰伸, 片岡 健, 山下 かつお, 渡邊 多恵. ヒト片腕運動時にみられる骨格筋コリンおよび β アドレナリン作動性血管拡張. 第92回日本生理学会大会合同大会, 2015年3月21-23日, 神戸.
 19. 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. 随意運動時にみられる非活動筋血流量の増加と神経調節メカニズム. 第92回日本生理学会大会合同大会 シンポジウム 8: 血管運動の神経性調節: 解剖学的および生理学的知見の統合, 2015年3月21-23日, 神戸.
 20. 井手迫 光弘, 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. 大動脈弓血圧受容器反射による心拍数調節ゲインはトレッドミル運動の強度に依存して低下する. 第66回日本生理学会・中国四国地方会, 2014年11月1-2日, 香川.
 21. 松川 寛二, 石井 圭, 遠藤 加菜, 梁 楠, 井手迫 光弘, 土井 詩織, 崎田 有紀. 心拍数・動脈血圧よりも筋組織血流量の変化は運動イメージの抽出に有効である. 第69回日本体力医学会大会, 2014年9月19-21日, 長崎.
 22. 石井 圭, 松川 寛二, 井手迫 光弘, 梁 楠. センtral コマンドは aortic baroreceptor-heart rate 反射を孤束核内で抑制する. 運動と循環研究会, 2014年7月18日, 倉敷.
- 〔図書〕(計2件)
1. 梁 楠. 脳卒中のリハビリテーション, 生活機能に基づくアプローチ (Stroke Rehabilitation), 第3版, 分担翻訳, 第1章, 脳卒中患者の病態生理, 医学的管理と急性期リハビリテーション, pp 1-54, 2015, 三輪書店.
 2. 梁 楠. 脳卒中のリハビリテーション, 生活機能に基づくアプローチ (Stroke Rehabilitation), 第3版, 分担翻訳, 第2章, 脳卒中リハビリテーションの心理的側面, pp 55-72, 2015, 三輪書店.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
梁 楠 (LIANG NAN)
広島大学・医歯薬保健学研究院(保)・助教
研究者番号: 70512515
- (2) 研究分担者
()
研究者番号:
- (3) 連携研究者
()
研究者番号:
- (4) 研究協力者
松川 寛二 (MATSUKAWA KANJI)
高橋 真 (TAKAHASHI MAKOTO)
石井 圭 (ISHII KEI)