

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月23日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700536

研究課題名（和文） 脳卒中後筋受容器反射の変化及び運動トレーニングによる効果

研究課題名（英文） Changes in muscle reflex after stroke and the effects of exercise training

研究代表者

梁 楠 (LIANG NAN)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・助教

研究者番号：70512515

研究成果の概要（和文）：本研究は、脳卒中などの中枢神経系疾患に伴い中枢性循環調節や末梢筋受容器反射がどのように変化するかについて高血圧に注目して検討した。健常のラットに比べ、高血圧ラットでは中枢性および末梢性の循環調節による昇圧反応が有意に大きかった。さらに、健常の場合では末梢筋受容器の刺激による反射性の入力では中枢性循環調節による昇圧反応を抑制するが、高血圧では抑制効果がみられなかった。これら調節機構の異常が高血圧をもたらす可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed to explore the central and peripheral modulations of the cardiovascular response to exercise in hypertension, which is a key factor in central nervous system disorders. The pressor responses to activation of the central command and peripheral muscle reflex were greater in spontaneously hypertensive rats in comparison with those in normotensive rats. Furthermore, by stimulating the peripheral sensory afferents the pressor response to central command was attenuated in normotensive but not hypertensive rats. These findings suggest that the interactive relationship between central command and the muscle reflex is altered in hypertension and thereby mediates, in part, the exaggerated cardiovascular response to exercise in this disease.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：運動生理学，神経生理学，循環生理学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：中枢運動指令，運動昇圧反射，脳血管疾患，循環器疾患，高血圧，神経科学，生理学，リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

随意運動に伴う血圧や心拍数の上昇は中枢性と末梢性の影響が考えられ、前者は高次脳中枢からの信号（セントラルコマンド）、後者は末梢筋受容器反射によって調節される。

脳卒中などの中枢神経系疾患ではしばしば高血圧を発症し、また高血圧自体は脳卒中発症の危険因子である。高血圧のリハビリテーション戦略として運動療法が有効とされる一方、安静時だけではなく随意運動時におい

でも健常者と比べ循環応答が過常であることも知られている。そのメカニズムについて明らかではないが、中枢性あるいは末梢性調節の役割が変化したことが予測される。

そこで、本研究はヒト本態性高血圧モデルである自然発症高血圧ラット (spontaneously hypertensive rat, SHR) と対照ラット (Wistar-Kyoto Rat, WKY) を用いて、自発運動中の中枢性と末梢性循環調節の異同およびそれらの相互作用について調べた。中枢性の循環応答は中脳歩行誘発野 (mesencephalic locomotor region; MLR) の電気刺激時、末梢性の循環応答は末梢神経電気刺激時に観察した。実験結果は、中枢神経系疾患に対するリハビリテーションを展開する時に、運動療法プログラムの立案、内容に関する基準およびその科学的根拠の提示につながると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は SHR および WKY を用いて無麻酔除脳下の条件で以下の目的で実験を行なった。

- (1) 高血圧および血圧正常の状態において、中枢性循環調節に違いがあるかどうかを明らかにする。
- (2) 高血圧および血圧正常の状態において、末梢性循環調節、とりわけ筋機械受容器反射の違いと、中枢性循環調節との相互作用について明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 実験動物

13-15 週齢の雄ラット。実験プロトコル I では WKY 31 匹, SHR 31 匹, 実験プロトコル II では WKY 17 匹, SHR 16 匹を用いた(基礎情報は表 1, 2 参照)。本研究は Institutional Animal Care and Use Committee of the University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas および広島大学動物実験委員会の承認を得て実施した。

(2) 実験準備と手順

ラットをイソフルラン麻酔下(4%, 術中は 1.5-2.0%)で気管切開し、人工呼吸下で総頸動脈と頸静脈カニューレを挿入し、動脈血圧 (arterial blood pressure, ABP) の計測および試薬の投与に用いた(図 1 参照)。ニードル電極を用いて心電図 (electrocardiogram, ECG) を記録し、心拍数 (heart rate, HR) を計測した。また直腸温を計測し、実験中は 36.5-38 °C に維持できるように加熱パッドとランプを使用した。

プロトコル I において、一對のステンレス鋼線電極 (Bioflex wire AS633; Cooner Wire) を用いて左腎交感神経活動 (renal sympathetic nerve activity, RSNA) を記録した。また、脛骨神経を剖出し、神経活動を記録することでセン

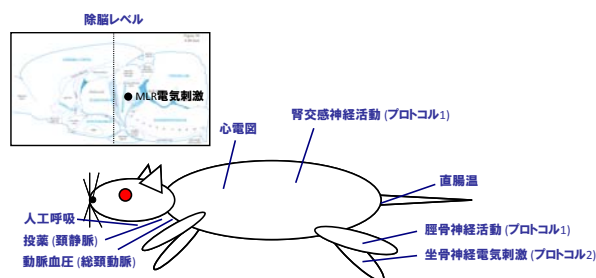


図 1. 実験セットアップの模式図

トラルコマンドを確認した。さらに、圧受容器反射の影響を調べるため、一部のラット (WKY 7 匹, SHR 8 匹) において圧受容器除神経 (sinoaortic baroreceptor denervation, SAD) を行なった。プロトコル II において、坐骨神経を剖出し、双極電極を用いて神経を電気刺激することで求心性入力を行なった。

次に、小動物用脳定位固定装置 (Kopf Instruments) を用いて中脳上丘前縁で除脳した。脳浮腫を防止するために Dexamethasone (0.2 mg) を静注した。その後麻酔を止め、電気刺激装置 (Grass S88, Grass Instrument Co.) と双極電極 (外径 200 μm , 内径 50 μm , FHC Inc.) を用いて MLR を同定した。電極先端の座標は先行研究を参考し、左右脳中心より外側 1.7-2.0 mm, 上丘と下丘の接合部より前方 0.3-0.8 mm, 深さ 3.5-4.5 mm であった。MLR 同定後、筋弛緩薬 (pancuronium bromide) を静注し、約 1 時間後に実験プロトコルを開始した。

(3) 実験プロトコル

プロトコル I において、MLR 電気刺激の設定についてはパルス幅 1 ms, 周波数 60 Hz, 強度は 20, 30, 40, 50 μA を用いた。30 秒間電気刺激を行ない、その時の循環応答および神経活動を観察した。

プロトコル II において、MLR 電気刺激に加え坐骨神経の電気刺激を行ない、パルス幅 0.75 ms, 周波数 20 Hz, 強度は運動閾値の 3, 5, 10 倍を用いた。MLR 電気刺激ありとなしでそれぞれ 30 秒間坐骨神経の電気刺激を行ない、その時の循環応答を観察した。

(4) データ記録と解析

AP, 平均血圧 (mean arterial blood pressure, MAP), ECG, HR, RSNA, 脛骨神経活動のデータは A-D 変換器 (Powerlab8/30, ADInstruments) を用いてパソコンに入力し (sampling rate 1 kHz, 脛骨神経のみ 4 kHz), 記録・保存した (LabChart, ADInstruments)。RSNA について、交感神経節後神経線維の活動を確認するため、実験終了直前に hexamethonium bromide (60 mg kg^{-1}) を静注した。基準値は電気刺激前の 30 秒間の平均値で算出し、全てのデータについて経時的変化 (1 秒毎) および刺激中の最大変化を算出した。統計処理について、対応のない t 検

定, 二元配置分散分析, 一元配置分散分析, **post-hoc test** は逐次棄却型多重比較法を用いた. 統計的有意水準は $P < 0.05$ とし, 結果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

実験ラットの基礎情報を表 1 に示す. SHR は WKY よりも安静時血圧が高く, 心拍数が低く, 心臓の重量が重かった. MLR 刺激の運動閾値や RSNA の信号ノイズ比は 2 群で有意な差がみられなかった.

図 2 に典型例と全体の平均値の結果を示す. MLR 刺激の増加に伴い, 2 群において MAP, HR, RSNA の増加がみられた. 特に, MAP と RSNA の増加は WKY に比べ SHR では有意に増加した. 脛骨神経活動に 2 群で有意な差がみられなかった(図 3). WKY と SHR でみられた違いは SAD ラットにおいても同様であった.

表 1 プロトコル I 実験動物の基礎情報

	WKY	SHR
Number	31	31
Body weight (g)	331 ± 3	335 ± 4
Heart rate (beats min ⁻¹)	465 ± 6	434 ± 7 *
Mean arterial pressure (mmHg)	80 ± 3	107 ± 4 *
Heart weight/ body weight (mg g ⁻¹)	2.9 ± 0.1	3.3 ± 0.1 *
Heart weight/ tibial length (mg mm ⁻¹)	24.3 ± 0.7	28.7 ± 0.6 *
Lung weight/ body weight (mg g ⁻¹)	5.3 ± 0.1	5.6 ± 0.2
MLR stimulation motor threshold (μA)	26 ± 2	24 ± 1
RSNA signal-to-noise ratio	3.30 ± 0.49	2.66 ± 0.38

Values are means ± S.E.M.

WKY, Wistar-Kyoto rats; SHR, spontaneously hypertensive rats.

*Significantly different from WKY ($P < 0.05$).

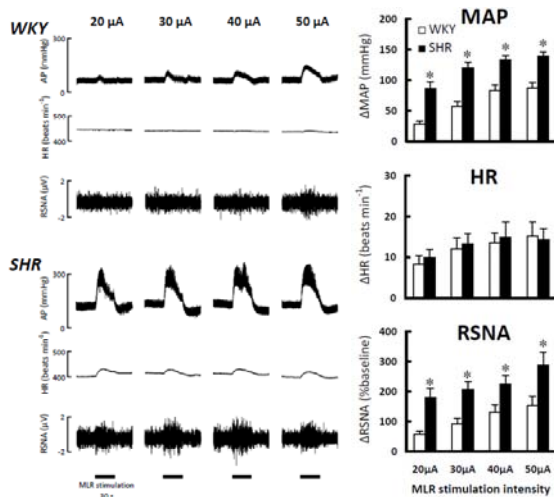


図 2. WKY と SHR における MLR 電気刺激時の循環応答および腎交感神経活動の変化.

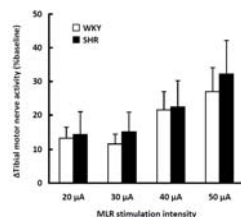


図 3. WKY と SHR における MLR 電気刺激時の脛骨神経活動の変化.

(2) プロトコル II

実験ラットの基礎情報を表 2 に示し, プロトコル I と同様の結果であった.

図 4 に MLR と坐骨神経の電気刺激をした場合の典型例と全体の平均値の結果を示す. MLR 電気刺激強度はプロトコル I と同様に 20-50 μA に変え, また坐骨神経の電気刺激強度を運動閾値の 3 倍に固定した結果を図 4A に示す. MLR 刺激のみの場合はプロトコル I と同様の結果が得られた. 一方, 坐骨神経の電気刺激を同時に行なうと, MLR 刺激のみの場合と比べ昇圧反応に有意な差がなく, WKY と SHR では同様の結果であった(図 4A).

次に, MLR 電気刺激強度を 40 μA に固定し, 坐骨神経の電気刺激強度を運動閾値の 3, 5, 10 倍に変えた場合の結果を図 4B に示す. 坐骨神経刺激のみの場合は電気刺激強度が高くなるにつれ WKY よりも SHR での昇圧反応が大きかった. 一方, MLR の電気刺激を同時に行なうと, 2 群において昇圧反応がさらに大きくなった. 興味深いことに, 坐骨神経の電気刺激強度を上げると WKY では MLR 電気刺激のみ(40 μA)の場合と比べ昇圧反応が有意に減少したが, SHR では有意な変化がみられなかった. この抑制効果は坐骨神経の電気刺激強度が運動閾値の 3 倍の場合ではみられず, 5 倍と 10 倍の場合に顕著であった.

表 2 プロトコル II 実験動物の基礎情報

	WKY	SHR
Number	17	16
Body weight (g)	327 ± 4	328 ± 4
Heart rate (beats min ⁻¹)	460 ± 10	432 ± 12
Mean arterial pressure (MAP; mmHg)	76 ± 4	105 ± 6 *
Heart weight/ body weight (mg g ⁻¹)	2.9 ± 0.1	3.2 ± 0.0 *
Heart weight/ tibial length (mg mm ⁻¹)	24.0 ± 1.1	27.4 ± 0.4 *
Lung weight/ body weight (mg g ⁻¹)	5.3 ± 0.3	5.8 ± 0.2
MLR stimulation motor threshold (μA)	24 ± 2	22 ± 2
Sciatic nerve stimulation motor threshold (μA)	55 ± 5	48 ± 4

Values are means ± S.E.M.

WKY, Wistar-Kyoto rats; SHR, spontaneously hypertensive rats.

*Significantly different from WKY ($P < 0.05$).

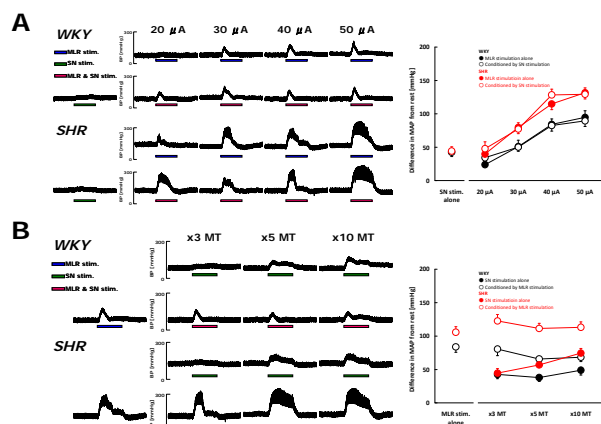


図 4. WKY と SHR における MLR と坐骨神経を同時に電気刺激した場合の循環応答.

(3) まとめ

本研究は、WKY と SHR を用いて、中枢性循環調節(セントラルコマンド)と末梢性循環調節(筋受容器反射)の異同ならびにその相互作用について検討した。プロトコル I では中枢性の循環調節を明らかにし、MLR 電気刺激の強度が同様であるにもかかわらず昇圧反応および腎交感神経活動は WKY よりも SHR のほうが大きかった。この場合、筋弛緩薬を使用しており筋収縮は起きていないため末梢筋受容器反射の影響がないこと、また圧受容器除神経術の有無にかかわらず同様の傾向がみられたことから、高血圧ではセントラルコマンドによる神経性の循環調節は亢進していることが分かった。プロトコル II では坐骨神経の電気刺激強度の増加に伴い WKY よりも SHR における昇圧反応が大きかったことから、筋受容器反射による循環調節は高血圧では亢進していることが確認された。反射性の昇圧反応は中枢性の循環調節の修飾を受けて WKY と SHR では同様にいつも増加する傾向にあるが、逆の場合は 2 群間で異なっていた。すなわち、WKY では末梢筋受容器の刺激による入力によって中枢性の昇圧反応は減少した。坐骨神経の電気刺激強度が運動閾値の 3 倍の場合ではみられず、運動閾値の 5 倍と 10 倍の時にみられたことから、筋の I, II 群求心性線維ではなく、III 群求心性線維の発火(筋機械受容器反射)による抑制効果であることが示唆された。一方、SHR では坐骨神経の電気刺激によって中枢性の昇圧反応に変化がみられなかったことから、末梢筋受容器による求心性の入力は中枢性の昇圧反応に影響を与えないことが示唆された。

本研究結果より、脳卒中などの中枢神経疾患による高血圧では、中枢性と末梢性の循環調節が亢進していることが分かった。また、通常では末梢性の入力、とりわけ筋機械受容器の刺激による反射性の入力は中枢性の昇圧反応を抑制するが、高血圧ではみられなかった。高血圧の中枢性と末梢性の循環調節およびこれらの相互作用にみられる異常は、高血圧の状態を悪化し、また運動時の過常な昇圧反応をもたらす可能性が示唆された。したがって、リハビリテーションで運動トレーニングを行なう時は、中枢性の循環調節機構も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 11 件)

1. Kana Endo, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Chie Nakatsuka, Hirotsugu Tsuchimochi, Hitoshi Okamura, Takafumi Hamaoka. Dynamic exercise improves cognitive function in association with increased

- prefrontal oxygenation. The Journal of Physiological Sciences, 査読有, 印刷中.
2. Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Nan Liang, Kana Endo. Have we missed that neural vasodilator mechanisms may contribute to exercise hyperemia at onset of voluntary exercise? Frontiers in Exercise Physiology, 査読有, 4: 23, 2013.
3. Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kei Ishii. Central command: feedforward control of the sympathoadrenal system during exercise. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 査読有, 1: 573-577, 2012.
4. Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Akito Kadowaki, Nan Liang, Tomoko Ishida. Differential effect of central command on aortic and carotid sinus baroreceptor-heart rate reflexes at the onset of spontaneous, fictive motor activity. American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology, 査読有, 303: H464-474, 2012.
5. Kei Ishii, Nan Liang, Anna Oue, Ai Hirasawa, Kohei Sato, Tomoko Sadamoto, Kanji Matsukawa. Central command contributes to increased blood flow in the non-contracting muscle at the start of one-legged dynamic exercise in humans. Journal of Applied Physiology, 査読有, 112: 1961-1974, 2012.
6. Kanji Matsukawa, Tomoko Nakamoto, Nan Liang. Electrical stimulation of the mesencephalic ventral tegmental area evokes skeletal muscle vasodilation in the cat and rat. The Journal of Physiological Sciences, 査読有, 61: 293-301, 2011.
7. Tomoko Nakamoto, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Rie Wakasugi, L Britt Wilson, Jouji Horiuchi. Coactivation of renal sympathetic neurons and somatic motor neurons by chemical stimulation of the midbrain ventral tegmental area. Journal of Applied Physiology, 査読有, 110: 1342-1353, 2011.
8. Akito Kadowaki, Kanji Matsukawa, Rie Wakasugi, Tomoko Nakamoto, Nan Liang. Central command does not decrease cardiac parasympathetic efferent nerve activity during spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats. American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology, 査読有, 300: H1373-1385, 2011.
9. Nan Liang, Tomoko Nakamoto, Seina Mochizuki, Kanji Matsukawa. Differential contribution of central command to the cardiovascular responses during static exercise of ankle dorsal and plantar flexion in humans. Journal of Applied Physiology, 査読有, 110: 670-680, 2011.

10. Nan Liang, Kozo Funase, Tomohiro Narita, Makoto Takahashi, Kanji Matsukawa, Tatsuya Kasai. Effects of unilateral voluntary movement on motor imagery of the contralateral limb. *Clinical Neurophysiology*, 査読有, 122: 550-557, 2011.
11. 梁 楠. 運動イメージのリハビリテーションへの応用(総説). *作業療法ジャーナル*, 査読無, 45: 688-695, 2011.

〔学会発表〕(計28件)

国際(計8件)

1. Nan Liang, Kanji Matsukawa, Kei Ishii, Kana Endo. Regional blood flow of the mesencephalic ventral tegmental area increases during spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats and rats. *Experimental Biology* 2013, 20-24 April 2013, Boston, MA, USA.
2. Nan Liang, Masaki Mizuno, Ryan Downey, Gary A Iwamoto, Jere H Mitchell, Scott A Smith. The pressor response to activation of the central command pathway is attenuated by stimulation of peripheral sensory afferents in normotensive but not hypertensive rats. *Experimental Biology* 2013, 20-24 April 2013, Boston, MA, USA.
3. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kana Endo, Mitsuhiro Idesako, Tsuyoshi Kataoka, Kazumi Ueno, Hironobu Hamada. Evidence of centrally-induced cholinergic vasodilatation in skeletal muscle during voluntary one-legged cycling and motor imagery. *Experimental Biology* 2013, 20-24 April 2013, Boston, MA, USA.
4. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Anna Oue, Ai Hirasawa, Kohei Sato, Tomoko Sadamoto. Central command contributes to increasing blood flow to non-contracting muscle during motor imagery and voluntary one-legged exercise. 2012 APS Intersociety Meeting: The Integrative Biology of Exercise VI, 10-13 October 2012, Westminster, Colorado, USA.
5. Nan Liang, Masaki Mizuno, Ryan Downey, Jere H Mitchell, Scott A Smith. A role for central command in the generation of the exaggerated cardiovascular response to exercise in hypertension. *Experimental Biology* 2012, 21-25 April 2012, San Diego, CA, USA.
6. Makoto Takahashi, Natsumi Uchida, Mami Yoshida, Nan Liang, Kimitaka Nakazawa, Kiyokazu Sekikawa, Tsutomu Inamizu. Phase dependent modulation of corticospinal excitability during observation of walking. The 29th International Congress of Clinical

Neurophysiology, 28 October- 1 November 2010, Kobe, Japan.

7. Nan Liang, Makoto Takahashi, Kenichi Yoshida, Kanji Matsukawa. Surround inhibition during motor imagery. The 29th International Congress of Clinical Neurophysiology, 28 October- 1 November 2010, Kobe, Japan.
8. Akito Kadowaki, Kanji Matsukawa, Rie Wakasugi, Tomoko Nakamoto, Nan Liang. Cardiac vagal efferent discharge does not decrease during spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats. *Integrative Physiology of Exercise (ACSM)*, 22-25 September 2010, Miami Beach, Florida, USA.

国内(計20件)

1. 梁 楠. 運動イメージに伴うヒト一次運動野の興奮性の変化およびその臨床的意義について. 第90回日本生理学会大会シンポジウム 21: リハビリテーションと運動機能回復, 2013年3月27-29日, 東京。
2. 松川 寛二, 梁 楠, 石井 圭, 遠藤 加菜. Spontaneous fictive motor activity 時の中脳腹側被蓋野の局所血流変化について. 第90回日本生理学会大会, 2013年3月27-29日, 東京。
3. 遠藤 加菜, 山根 結, 石井 圭, 井手迫 光弘, 梁 楠, 松川 寛二. 片脚運動時の対側非活動肢における筋血流応答. 第90回日本生理学会大会, 2013年3月27-29日, 東京。
4. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 遠藤 加菜, 井手迫 光弘. 自発運動時の骨格筋における高次中枢性コリン作動性血管拡張の証明. 第90回日本生理学会大会, 2013年3月27-29日, 東京。
5. 井手迫 光弘, 松川 寛二, 石井 圭, 石田知子, 遠藤 加菜, 梁 楠. セントラルコマンドは自発運動時に大動脈血圧受容器反射の心臓成分を選択的に抑制する. 第90回日本生理学会大会, 2013年3月27-29日, 東京。
6. 梁 楠. 運動イメージに伴うヒト一次運動野の興奮性の変化について. 第1回リハビリテーションのための応用運動生理研究会, 2013年3月21日, 広島。
7. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 遠藤 加菜, 井手迫 光弘. セントラルコマンドは自発運動開始期に活動筋血流量を増加させる. 第64回日本生理学会中国四国地方会, 2012年10月27-28日, 高知。
8. 井手迫 光弘, 松川 寛二, 石井 圭, 梁 楠, 遠藤 加菜. 自発運動開始時の心拍応答に対する頸動脈洞血圧受容器反射および大動脈血圧受容器反射の役割は異なる. 第

- 64 回日本生理学会中国四国地方会, 2012 年 10 月 27-28 日, 高知。
9. Nan Liang, Masaki Mizuno, Ryan Downey, Jere H Mitchell, Scott A Smith. 高血圧における運動時の中枢性循環調節。循環生理機能と病態に関する Hiroshima シンポジウム, 2012 年 8 月 25 日, 広島。
 10. Kei Ishi, Nan Liang, Anna Oue, Ai Hirasawa, Kohei Sato, Tomoko Sadamoto, Kanji Matsukawa. Central command contributes to increased blood flow in the non-contracting muscle at the start of one-legged dynamic exercise in humans. 循環生理機能と病態に関する Hiroshima シンポジウム, 2012 年 8 月 25 日, 広島。
 11. 高橋 真, 吉田 真美, 内田 奈津子, 梁 楠, 関川 清一, 稲水 惇, 濱田 泰伸。不安定板上での立位姿勢観察中の一次運動野の興奮性の変化。第 47 回日本理学療法学会大会, 2012 年 5 月 25-27 日, 神戸。
 12. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 大上 安奈, 平澤 愛, 佐藤 耕平, 定本 朋子。セントラルコマンドは下肢筋血流増加を両側に引き起こす。第 89 回日本生理学会, 2012 年 3 月 29-31 日, 松本。
 13. 松川 寛二, 石井 圭, 門脇 章人, 梁 楠, 石田 知子。Spontaneous fictive motor activity 時にみられる動脈血圧受容器反射の変化とセントラルコマンド。第 89 回日本生理学会, 2012 年 3 月 29-31 日, 松本。
 14. 渡邊 佳奈, 高橋 真, 梁 楠, 小西 華奈, 関川 清一, 濱田 泰伸。歩行観察中と歩行イメージ中の一次運動野の興奮性変化。第 46 回日本理学療法学会大会, 2011 年 5 月 25-27 日, 宮崎。
 15. Nan Liang, Makoto Takahashi, Kanji Matsukawa. Motor imagery, but not action observation, modulates the corticospinal excitability in a phase-dependent manner. 第 88 回日本生理学会/第 116 回日本解剖学会総会・学術集合同大会, 2011 年 3 月 28-30 日, 横浜(震災のため中止), 誌上開催。
 16. Kanji Matsukawa, Akito Kadowaki, Kei Ishii, Sachika Myoi, Tsubasa Takakuwa, Akiyoshi Inoue, Nan Liang. The differential effects of central command on the aortic and carotid sinus baroreflex at the onset of fictive motor activity. 第 88 回日本生理学会/第 116 回日本解剖学会総会・学術集合同大会, 2011 年 3 月 28-30 日, 横浜(震災のため中止), 誌上開催。
 17. Kei Ishii, Kanji Matsukawa, Nan Liang. Increased cerebral blood flow in the prefrontal cortex preceding the onset of voluntary arm cranking and leg cycling

- exercise in humans. 第 88 回日本生理学会/第 116 回日本解剖学会総会・学術集合同大会, 2011 年 3 月 28-30 日, 横浜(震災のため中止), 誌上開催。
18. 石井 圭, 松川 寛二, 梁 楠, 佐藤 耕平, 大上 安奈, 平澤 愛, 定本 朋子。セントラルコマンドは運動開始期に非活動筋血流量を増加させる。第 62 回日本生理学会中国四国地方会, 2010 年 11 月 20-21 日, 出雲。
 19. Akito Kadowaki, Kanji Matsukawa, Nan Liang, Kei Ishii, Sachika Myoi, Tsubasa Takakuwa, Akiyoshi Inoue. Differential effects of carotid sinus and aortic depressor nerve stimulation on heart rate at the onset of spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats. 第 62 回日本生理学会中国四国地方会, 2010 年 11 月 20-21 日, 出雲。
 20. 梁 楠, 高橋 真, 吉田 健一, 松川 寛二。大脳皮質内回路が運動イメージ遂行時の周辺抑制に関与する。第 40 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2010 年 11 月 1-2 日, 神戸。

〔図書〕(計 2 件)

1. 梁 楠。脳卒中リハビリテーション(仮), Stroke rehabilitation: a function-based approach, Third edition. GlenGillen (著), 分担翻訳, 印刷中。
2. 梁 楠。スタンダード生理学第 3 版, 文光堂。二宮 石雄, 安藤 啓司, 彼末 一之, 松川 寛二編集, 分担執筆, 印刷中。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梁 楠 (LIANG NAN)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・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: