

機関番号： 15401
 研究種目： 基盤研究 (B)
 研究期間： 2008～2010
 課題番号： 20300202
 研究課題名 (和文) 高位中枢活動は運動筋受容器反射を修飾するか？－
 覚醒・睡眠サイクルの応用
 研究課題名 (英文) Can higher brain activity modify exercise pressor reflex? –
 application of awake-sleep cycle to changing brain activity
 研究代表者
 松川 寛二 (MATSUKAWA KANJI)
 広島大学・大学院保健学研究科・教授
 研究者番号： 90165788

研究成果の概要 (和文)：

日常生活で行う軽度～中程度の随意運動でみられる心循環調節にとって、運動筋受容器反射よりも高次中枢から発するセントラルコマンド(central command)による feedforward 制御が重要である。特に、屈曲運動において、この central command による心循環調節は強く現れる。一方、覚醒状態のヒトや動物では、筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射は抑制されている。睡眠あるいは麻酔に伴って生じる高次中枢活動の低下は筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射を促進し、この筋機械受容器反射の修飾には脳内 5-HT_{1A} 受容体が関わる。

研究成果の概要 (英文)：

The present study has revealed that central command, originating from higher brain centers, plays an important role in controlling the cardiovascular system during voluntary exercise in daily life. In particular, the cardiovascular control by central command is prominent during flexion than extension movement. On the other hand, exercise pressor reflex originating from contacting skeletal muscles are suppressed in the conscious condition. However, muscle mechano- and metaboreflex become evident during sleep or anesthesia, suggesting that an inhibition of higher brain activity facilitates exercise pressor reflex. The brain serotonergic receptor system (especially, 5-HT_{1A} receptors) may be involved in the facilitation of the exercise pressor reflex.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 8,900,000 | 2,670,000 | 11,570,000 |
| 2009年度 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |
| 2010年度 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 15,100,000 | 4,530,000 | 19,630,000 |

研究分野： 運動生理学, 循環生理学, 自律神経生理学

科研費の分科・細目： 健康・スポーツ科学 ・ 身体教育学

キーワード： 1. 筋受容器反射 2. 心循環調節 3. 筋機械受容器
 4. 筋代謝受容器 5. セントラルコマンド 6. 覚醒状態
 7. 睡眠状態

1. 研究開始当初の背景

随意運動の開始と同時に、脳・自律神経系は心臓に作用して心拍出量を迅速に増加させる。また活動筋でみられる代謝性血管拡張と並行して、脳・自律神経系は内臓器官や非活動筋の抵抗血管を収縮させ、心拍出量の活動筋への再配分および動脈血圧の維持を行う。運動時にみられる自律神経調節の神経機構として、高次脳中枢から発するセントラルコマンド(central command)による feedforward 制御と運動筋に在る機械受容器や代謝受容器の興奮が引き起す feedback 制御(運動筋反射, exercise pressor reflex)がある。従来、この2つの神経機構は並列的かつ redundant に働くと考えられている。

しかし、我々は central command が運動開始時に動脈血圧反射のゲインを低下させ心拍数を増加させることを報告した(Komine et al. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 258: H516-H526, 2003; Matsukawa et al. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 290: H200-H208, 2006)。この研究成果から、central command は血圧反射のみならず運動筋反射の特性を修飾する可能性が期待された。

2. 研究の目的

central command の発現機構や下降経路は不明であり残された重要な研究課題である。central command の発現回路は間脳および上位脳幹に存在し、大脳帯状回皮質や島皮質の出力はその発現回路をトリガして central command を発生させる。central command は下位脳幹において血圧反射や運動筋反射と干渉するという仮説を考えた。

この研究疑問を解明するために、ヒトを用いて、1) 他動的肢運動、2) 電気刺激による誘発筋収縮そして3) 随意的筋収縮を実施し、各実験操作に対する心循環応答を計測した。他動的肢運動は筋機械受容器を刺激し筋機械受容器反射を誘発する。誘発筋収縮は筋機械受容器および筋代謝受容器を刺激し運動筋反射(筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射)を誘発する。随意筋収縮では、この運動筋反射に加えて central command が働く。これら3種類の運動モードに対する心循環応答を比較することで、central command、筋機械受容器反射ならびに筋代謝受容器反射の役割を明確化した。更に、覚醒-睡眠サイクルを利用して高次中枢活動を変化させた状態で筋機械受容器反射ならびに運動筋反射を誘発し、高次中枢活動がそれらの反射性心循環応答の及ぼす影響を明らかにした。

ヒトの研究に加えて、実験動物を用いた基礎研究も実施した。実験動物では、高次中枢

活動へ変化させるために麻酔薬を使用した。麻酔薬による高次中枢抑制が覚醒動物で見られる筋機械受容器反射をどのように修飾するかを明らかにした。更に、睡眠時にはセロトニン(5-HT)などモノアミン系の神経伝達物質機能が変化することが知られているので、筋機械受容器反射と脳内セロトニン系との関係について明らかにした。

3. 研究の方法

【ヒトを用いた研究】

a) 運動時心循環応答の自律神経性調節

被験者を仰臥位あるいは座位にして特注型エルゴメータ(strength-Ergo)のペダルに足を固定した。胸部に心電図電極を、非利き手に指尖連続血圧計(finometer)を、両側大腿四頭筋および下腿三頭筋に筋電図用電極を装着した。他動的 cycling として、脚回転(50-60 rpm)を30秒間与えた。また、他動的 stretch として、足関節の背屈を徒手的に最大可動域最大まで与えた。誘発筋収縮を与えるため、前脛骨筋および下腿三頭筋に電気刺激電極を装着し、最大筋力の20%レベルで干渉電流型低周波刺激装置を用いて1-2分間電気刺激した。

これら他動的肢運動(cycling および stretch)、電気刺激による等尺性誘発筋収縮ならびに随意的筋収縮に対する心循環応答(心拍数・毎分心拍出量・毎分心拍出量・動脈血圧・末梢血管抵抗)を計測した。これら3種類の運動モードに対する心循環応答を比較することで、central command、筋機械受容器反射ならびに筋代謝受容器反射の役割を明確化できると考えた。また屈筋群(前脛骨筋など)は大脳運動皮質錐体路細胞から促通作用を強く受けるので、前脛骨筋の運動は central command の影響を強く受けることが考えられ、その可能性を検討した。

b) 睡眠に伴う運動筋受容器反射の変化

被験者を仰臥位にして特注型エルゴメータ(Strength-Ergo)のペダルに足を固定した。胸部に心電図電極を、非利き手に指尖連続血圧計(finometer)を、そして前額部と頸部に脳波・眼球運動用記録電極および筋電図用電極を装着した。また催眠深度計測器(BIS モニタ)を使用して覚醒-睡眠サイクルを定量化した。BIS モニタに示された催眠深度(0~100の数値)・脳波・眼球運動・筋電図から睡眠深度をリアルタイムで判定した(図1)。

他動的 cycling として脚回転(50-60 rpm)を30秒間与えた。他動的 stretch として足関節の背屈を最大可動域最大まで与えた。誘発筋収

縮として、下腿三頭筋を最大筋力の20%レベルで干渉電流型低周波刺激装置を用いて1-2分間電気刺激した。被験者は昼寝または夜間睡眠をとった。覚醒～睡眠深度の各段階で、他動的肢運動(cycling)ならびに下腿三頭筋のstretchおよび電気刺激による等尺性筋収縮を繰り返し与えた。各実験操作に対する心循環応答(心拍数・動脈血圧・毎分心拍出量・末梢血管抵抗など)を計測した。

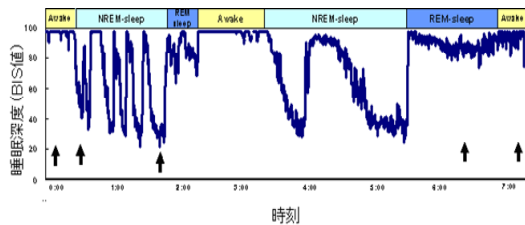


図1 BIS催眠深度変化の1例(矢印の時刻で他動的肢運動を与えた)。

【動物を用いた研究】

a) 麻酔と筋機械受容器反射

覚醒ネコの安静状態で後肢に対する徒手的stretchを行うため、動物をトレーニングした。その後、清潔手術を実施し頸動脈にカテーテルを埋め込んだ。手術から回復後、数週間にわたって実験を行った。覚醒状態において、30秒間の後肢徒手的stretchに対する心拍数・動脈血圧の応答を計測した後、麻酔薬(propofolまたはpentobarbital)を静脈内投与した。各々の麻酔薬による高次中枢抑制が筋機械受容器反射性応答をどのように修飾するかを調べた。

b) 脳内セロトニンと筋機械受容器反射

睡眠時にはセロトニンなどモノアミン系の神経伝達物質機能が変化する。そこで、筋機械受容器反射と脳内セロトニン系との関係について調べた。麻酔薬の場合と同様に、覚醒状態において、30秒間の後肢徒手的stretchに対する心拍数・動脈血圧の応答を計測した後、セロトニン受容体の作動薬あるいは拮抗薬を静脈内投与した。これらの薬剤は脳血液関門を透過し中枢神経系に作用することが知られている。各々のセロトニン受容体作動薬あるいは拮抗薬が筋機械受容器反射性応答をどのように修飾するかを調べた。

4. 研究成果

central commandの発現回路は間脳および上位脳幹に存在し、大脳帯状回皮質や島皮質の出力はその発現回路をトリガしてcentral commandを発生させる。更にcentral commandは下位脳幹において運動筋反射と干渉するという仮説を検証した(図1)。

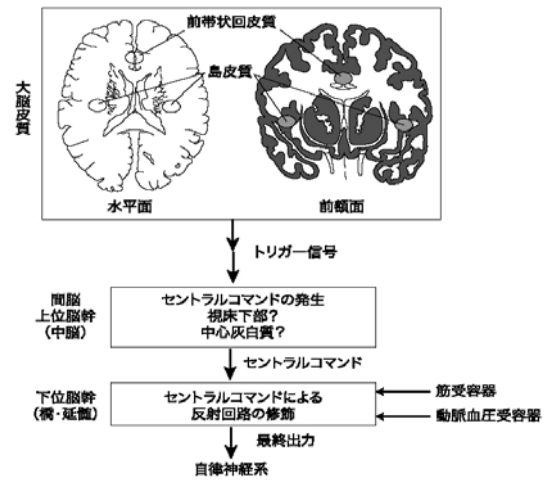


図1 central commandの発現と運動筋受容器反射との干渉仮説

【ヒトを用いた研究】

電気刺激による誘発筋収縮および随意的筋収縮に対する心循環応答(心拍数・毎分心拍出量・毎分心拍出量・動脈血圧・末梢血管抵抗)を比較した。電気刺激には、リハビリテーション臨床で使用されている干渉電流型低周波刺激装置を用いて、できる限り痛みを与えぬように配慮した。前脛骨筋および下腿三頭筋に対して最大筋力の20%レベルで筋収縮を誘発した場合には、従来の知見とは異なり、有意な心循環応答を起さなかった。対照的に、同じ運動強度で随意収縮を行った場合には、大きな心循環応答が得られた[[発表論文\(#4\) Liang et al. J Appl Physiol 110: 670-680, 2011](#); [学会発表\(#13, #20\) Liang et al. 2009](#)]。この所見は、静的運動時にみられる循環動態の制御機構として、運動筋受容器反射よりもcentral commandが重要な役割を果たすことを示唆した。このcentral commandの作用は下腿三頭筋の収縮よりも前脛骨筋の収縮に対して強く現れることを明らかにした[[発表論文\(#4\) Liang et al. J Appl Physiol 110: 670-680, 2011](#)]。この結果は、屈筋群が大脳運動皮質錐体路細胞から促通作用を強く受けることと良く対応した。他動的肢運動(cyclingおよびstretch)を与えた場合にも、有意な心循環応答は観察されなかった。麻酔した動物とは異なり、覚醒状態のヒトでは筋機械受容器反射は抑制されていることが示唆された[[学会発表\(#25\) Matsukawa et al. 2008](#)]。

次に、被験者に昼寝または夜間睡眠をとらせて覚醒～睡眠深度の各段階で、他動的肢運動(cycling)ならびに下腿三頭筋のstretchおよび電気刺激による等尺性筋収縮を繰り返し与えた。覚醒時に実施した他動的肢運動、stretchおよび誘発筋収縮は筋機械受容器反射や筋代謝受容器反射を賦活しなかったが、睡眠時に実施した同一の実験操作は心拍数、毎

分心拍血量そして動脈血圧を有意に増加させた[学会発表(#12) Matsukawa 2009; 学会発表(#25) Matsukawa et al. 2008]。この所見は、覚醒-睡眠サイクルに伴う高次中枢活動の変化が筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射の特性を変調することを初めて明らかにした。

【動物を用いた研究】

ヒトの研究結果と同様に、覚醒ネコの後肢 stretch は心拍数・動脈血圧を軽度上昇させた。propofol または pentobarbital を静脈内投与し動物を麻酔したところ、何れの麻酔下においても後肢 stretch に対する心拍数・動脈血圧応答は大きく増加した[発表論文(#12) Matsukawa & Nakamoto *J Appl Physiol* 104: 82-87, 2008; 発表論文(#9) Matsukawa et al. *Auton Neurosci* 151: 111-116, 2009]。セロトニン受容体拮抗薬も後肢 stretch に対する心拍数・動脈血圧応答は亢進させたが、逆にセロトニン受容体作動薬は心循環応答を低下させた。またセロトニン受容体には多数のサブタイプが存在することが判明しているが、この筋機械受容器反射の修飾には5-HT_{1A}受容体が関わることを明らかにした[学会発表(#18) Matsukawa et al. 2009]。

【結語】

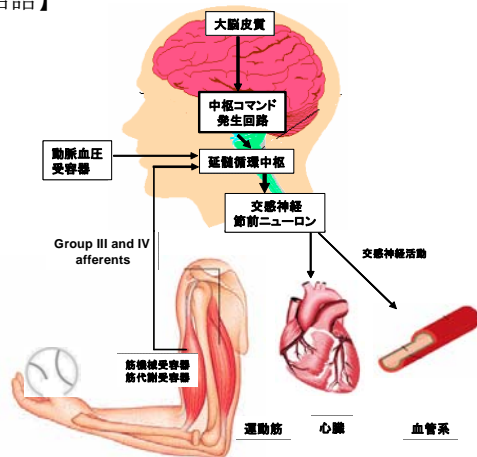


図3 central commandによる心臓血管系生理機能の調節

日常生活で行う軽度～中程度の随意運動でみられる心循環調節にとって、運動筋受容器反射よりも高次中枢から発する central command による feedforward 制御が重要である(図3)。特に、屈曲運動において central command による循環調節は強く現れる。一方、覚醒状態のヒトや動物では、筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射は抑制されている。睡眠あるいは麻酔に伴い生じる高次中枢活動の低下は筋機械受容器反射および筋代謝受容器反射を促通し、この筋機械受容器反射の修飾には脳内5-HT_{1A}受容体が関わる。

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 17 件)

研究代表者

1. **Matsukawa K, Nakamoto T and Liang N.** Electrical stimulation of the mesencephalic ventral tegmental area evokes skeletal muscle vasodilation in the cat and rat. *J Physiol Sci*, in press (2011) 査読有り
2. **Nakamoto T, Matsukawa K, Liang N, Wakasugi R, Wilson LB and Horiuchi J.** Coactivation of renal sympathetic neurons and somatic motor neurons by chemical stimulation of the midbrain ventral tegmental area. *J Appl Physiol* 110: 1342-1353 (2011) 査読有り
3. **Kadowaki A, Matsukawa K, Wakasugi R, Nakamoto T and Liang N.** Central command does not decrease cardiac parasympathetic efferent nerve activity during spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 300: H1373-H1385 (2011) 査読有り
4. **Liang N, Nakamoto T, Mochizuki S and Matsukawa K.** Differential contribution of central command to the cardiovascular responses during static exercise of ankle dorsal and plantar flexion in humans. *J Appl Physiol* 110: 670-680 (2011) 査読有り
5. **Liang N, Funase K, Narita T, Takahashi M, Matsukawa K and Kasai T.** Effects of unilateral voluntary movement on motor imagery of the contralateral limb. *Clin Neurophysiol* 122: 550-557 (2011) 査読有り
6. **Miyazato K and Matsukawa K.** Decreased cardiac parasympathetic nerve activity during footbath in pregnant women. *Jpn J Nurs Sci* 7: 65-75 (2010) 査読有り
7. **Wakasugi R, Nakamoto T and Matsukawa K.** The effects of adrenalectomy and autonomic blockades on the exercise tachycardia in conscious rats. *Auton Neurosci* 155: 59-67 (2010) 査読有り
8. **Tsuchimochi H, Nakamoto T and Matsukawa K.** The centrally-evoked increase in preganglionic adrenal sympathetic nerve activity during hypothalamic stimulation elicits immediate adrenaline secretion from the adrenal medulla. *Exp Physiol* 95: 93-106 (2010) 査読有り
9. **Matsukawa K, Nakamoto T, Kadowaki A, Shimizu M, Liang N and Endo K.** The enhancing effect of propofol anesthesia on skeletal muscle mechanoreflex in conscious cats. *Auton Neurosci* 151: 111-116 (2009) 査読有り

10. **Komine H, Matsukawa K, Tsuchimochi H, Nakamoto T and Murata J.** Sympathetic cholinergic nerve contributes to increased muscle blood flow at the onset of voluntary static exercise in conscious cats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 295: R1251-R1262 (2008) 査読有り

11. **Nakamoto T and Matsukawa K.** Muscle receptors close to the myotendinous junction play a role in eliciting exercise pressor reflex during contraction. *Auton Neurosci* 138: 99-107 (2008) 査読有り

12. **Matsukawa K and Nakamoto T.** Muscle mechanosensitive reflex is suppressed in the conscious condition: effect of anesthesia. *J Appl Physiol* 104: 82-87 (2008) 査読有り

研究分担者

13. **Sato K, Ogoh S, Hirasawa A, Oue A and Sadamoto T.** The distribution of blood flow in the carotid and vertebral arteries during dynamic exercise in humans. *J Physiol*, in press (2011) 査読有り

14. **Sato K and Sadamoto T.** Different blood flow responses to dynamic exercise between internal carotid and vertebral arteries in women. *J Appl Physiol* 109: 864-869 (2010) 査読有り

15. **Ogoh S, Sato K, Akimoto T, Oue A, Hirasawa A and Sadamoto T.** Dynamic cerebral autoregulation during and after handgrip exercise in humans. *J Appl Physiol* 108: 1701-1705 (2010) 査読有り

16. **Sato K, Sadamoto T, Ueda-Sasahara C, Shibuya K, Shimizu-Okuyama S, Osada T, Kamo M, Saito M and Kagaya A.** Central command and the increase in middle cerebral artery blood flow velocity during static arm exercise in women. *Exp Physiol* 94: 1132-1138 (2009) 査読有り

17. **Sato K, Moriyama M and Sadamoto T.** Influence of central command on cerebral blood flow at the onset of exercise in women. *Exp Physiol* 94: 1139-1146 (2009) 査読有り

[学会発表] (計 43 件)

1. **Matsukawa K, Kadowaki A, Ishii K, Myoi S, Takakuwa T, Inoue A and Liang N.** 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, 2011 年 3 月 29 日, 横浜市

2. **Ishii K, Matsukawa K and Liang N.** 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, 2011 年 3 月 29 日, 横浜市

3. **Liang N, Takahashi M and Matsukawa K.** Motor imagery, but not action observation, modulates the corticospinal excitability in a phase-dependent

manner. 第 88 回日本生理学会, 2011 年 3 月 29 日, 横浜市

4. **松川 寛二** 体位変化試験. 第 63 回日本自律神経学会総会, 教育セミナー “ゼロからわかる自律神経機能検査”, 2010 年 10 月 22 日, 横浜市

5. **Kadowaki A, Matsukawa K, Wakasugi R, Nakamoto T, Liang N.** Cardiac vagal efferent discharge does not decrease during spontaneous fictive motor activity in decerebrate cats. ACSM Conference on Integrative Physiology of Exercise. 2010 年 9 月 23 日, Miami, Florida, USA

6. **Matsukawa K, Ohtani R and Ishii K.** Increased blood flow in the cerebral prefrontal cortex preceding the onset of voluntary exercise. 第 87 回日本生理学会, 2010 年 5 月 20 日, 盛岡市

7. **Ishii K, Ohtani R and Matsukawa K.** Central command contributes to increasing blood flow to non-exercising muscle at onset of voluntary exercise. 第 87 回日本生理学会, 2010 年 5 月 20 日, 盛岡市

8. **Kadowaki A, Wakasugi R, Asahi R, Myoi S and Matsukawa K.** Effect of ischemic heart failure on the muscle mechanosensitive reflex in conscious cats. 第 87 回日本生理学会, 2010 年 5 月 20 日, 盛岡市

9. **Komine H and Matsukawa K.** Short- and longterm effects of exercise on the arterial baroreflexes. 第 87 回日本生理学会 Symposium “Recent insight into cardiovascular regulation during exercise: central command and baroreflex”, 2010 年 5 月 20 日, 盛岡市

10. **Matsukawa K, Wakasugi R, Kadowaki A, Asahi R and Myoi S.** Effect of ischemic heart failure on the muscle mechanosensitive reflex in conscious cats. *Experimental Biology*, 2010 年 4 月 25 日, Anaheim, California, USA

11. **松川 寛二.** 循環調節による Feedforward 制御. 第 32 回日本生体医工学会中国四国支部大会, 特別講演, 2009 年 11 月 28 日, 広島市

12. **Matsukawa K.** A hypothesis for generation of central command signal during exercise. *International Sports Science Network Forum in Nagano*, 2009 年 8 月 3 日, 軽井沢町

13. **Liang N, Matsukawa K, Nakamoto T, Mochizuki S and Oda K.** The differential cardiovascular responses to voluntary and electrically-evoked involuntary static contraction between ankle extensor and flexor muscles in humans. *International Sports Science Network Forum in Nagano*, 2009 年 8 月 3 日, 軽井沢町

14. **Kadowaki A, Matsukawa K, Nakamoto N, Liang N and Wakasugi R.** Activation of cardiac sympathetic outflow, but not vagal withdrawal, during spontaneous motor activity in decerebrate cats.

International Sports Science Network Forum in Nagano, 2009年8月3日, 軽井沢町

15. **Wakasugi R, Nakamoto N and Matsukawa K.** The effects of adrenalectomy and autonomic blockades on the tachycardia at the beginning of dynamic exercise in conscious rats. International Sports Science Network Forum in Nagano, 2009年8月3日, 軽井沢町

16. **Wakasugi R, Nakamoto T and Matsukawa K.** The effects of adrenalectomy and autonomic blockades on the exercise induced tachycardia in conscious rats. 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences, 2009年7月30日, 京都市

17. **Nakamoto N, Matsukawa K, Wakasugi R, Liang N, Wilson LB and Horiuchi J.** Autonomic and cardiovascular responses to stimulation of midbrain dopaminergic neurons in anesthetized rats. 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences, 2009年7月30日, 京都市

18. **Matsukawa K, Shimizu M, Kadowaki A, Nakamoto T, Liang N and Wakasugi R.** Endogenous activation of 5-HT_{1A} receptors suppresses muscle mechanosensitive reflex in the conscious condition. 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences, 2009年7月30日, 京都市

19. **Kadowaki A, Matsukawa K, Nakamoto N, Liang N, Wakasugi R and Shimizu M.** Activation of cardiac sympathetic outflow, but not vagal withdrawal, during spontaneous motor activity in decerebrate cats. 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences, 2009年7月30日, 京都市

20. **Liang N, Mochizuki S, Oda K, Nakamoto T and Matsukawa K.** The Cardiovascular responses to voluntary and electrically-evoked involuntary static exercise of ankle plantar and dorsal flexion in humans. 36th Congress of the International Union of Physiological Sciences, 2009年7月30日, 京都市

21. **松川 寛二, 中本 智子, 梁 楠.** 心拍変動と自律神経活動. 第47回日本生気象学会大会「自律神経の基礎と最前線」シンポジウム, 2008年11月23日, 奈良市

22. **松川 寛二, 中本 智子, 加島 絵理, 土持 裕胤, 遠藤 加菜, 若杉 理恵, 梁 楠.** 慢性覚醒動物を用いた循環調節研究: 運動時に働くセントラルコマンドと筋機械受容器反射について. 第9回 Neurocardiology Workshop, 2008年7月30日, 東京都

23. **Nakamoto T, Matsukawa K and Tsuchimochi H.** Muscle mechanosensitive reflex is suppressed in the conscious condition: effect of anesthesia. Experimental Biology, 2008年4月6日, San Diego, California, USA

24. **Endo K, Tsuchimochi H, Nakamoto T, Kashima E, Matsukawa K, Okamura H and Hamaoka T.** Does acute dynamic exercise improve brain cognitive function in humans? Experimental Biology, 2008年4月6日, San Diego, California, USA

25. **Matsukawa K, Kashima E, Tsuchimochi H, Nakamoto T, Endo K and Sadamoto T.** Modulation of muscle mechanosensitive reflex in humans: comparison of the cardiovascular response to passive cycling between the awake and sleep conditions. Experimental Biology, 2008年4月6日, San Diego, California, USA

〔図書〕(計 1 件)

松川 寛二. 真興交易(株)医書出版部, 「運動生理学からみた身体機能の維持・向上」第10章. トレーニングと循環 1. 心拍応答, 2009年, 280-287

〔その他〕

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/matsulab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松川 寛二 (MATSUKAWA KANJI)
広島大学・大学院保健学研究科・教授
研究者番号: 90165788

(2) 研究分担者

定本 朋子 (SADAMOTO TOMOKO)
日本女子体育大学・体育学部・教授
研究者番号: 30201528

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

梁 楠 (Liang Nang)
広島大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号: 70512515

中本 智子 (NAKAMOTO TOMOKO)
広島大学・大学院保健学研究科・大学院生

加島 絵里 (KASHIMA ERI)
広島大学・大学院保健学研究科・大学院生