

機関番号：32671

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19300206

研究課題名 (和文) セントラルコマンドは運動時の脳血流量を制御するのか？

研究課題名 (英文) Does central command control the cerebral blood flow during exercise?

研究代表者 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

研究成果の概要 (和文)：随意運動の「予期・準備」および運動時における「努力感・疲労感」に関連する脳からの中枢指令(セントラルコマンド)が、運動時の脳血流量を制御していることを明らかにした。セントラルコマンドは、運動の開始前には、特に、脳幹、小脳などの下位脳へ血液を送る椎骨動脈経路における脳血流量を、また運動持続時には、椎骨動脈経路および大脳皮質等の上位脳への血液を運ぶ内頸動脈経路における血流増加をもたらすことが示された。

研究成果の概要 (英文)：Signals from higher brain centers (central command), which are thought to be related to the preparatory responses before the onset of voluntary contraction and the 'effort sense' of the exercising muscles, are important for the cardiovascular control during exercise. The present study found that the central command probably caused an instantaneous increase in the cerebral blood flow (CBF) in 'the vertebral root' before the onset of voluntary exercise and also increased the CBF in both 'the vertebral root' and 'the internal carotid root' during sustained exercise.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2008 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：複合領域

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：教育生理学

1. 研究開始当初の背景

随意運動発現のための運動指令が骨格筋へと下降する際、循環中枢にも運動の情報(efferent copy)が伝えられ、その情報に応じて循環変数が制御されるといわれる。この循環中枢に伝えられる運動に関する情報を「セントラルコマンド」と呼んでいる(Krogh, 1913; Mitchell, 1990)。運動想起(イメージ)時や運動開始前の準備期では、セントラルコマンドは重要な役割を担うと考えられてい

る(Gandevia, et al. 1993; Decety, et al. 1993)。またセントラルコマンドは、運動持続時における筋疲労感覚や努力感にも関係するともいわれている(Williamson et al. 2006)。

心臓(Sadamoto & Matsukawa, 1997; Matsukawa, et al. 1998)、皮膚(Vissing, et al. 1991; Shibasaki, et al. 2005)、副腎および腎(Matsukawa, et al. 1990; 1998;

2001; Tsuchimochi, et al. 2002), 消化器官 (Sadamoto, et al. 2005), および骨格筋 (Mark, et al. 1985; Saito, et al. 1990; Hansen, et al. 1994) の循環調節に対するセントラルコマンドの働きについては, 検討が既に進んでいる. しかし, これまでのところ, 脳循環に対するセントラルコマンドに関する研究はなされていない.

脳は, 大脳皮質のように高次機能をもつ部位から生命維持に働く下位脳まで異なる機能を包含する組織である. そのため, 各部位に血液を送る脳血流調節に地域性が生じたとしても不思議なことではない. もしもセントラルコマンドが運動時の脳血流調節に働くとする, 脳部位の違いにより作用の仕方が異なるといった可能性も考えられる. 先行研究において, 申請者らは (定本ら, 2006) 同一の静的運動に対する内頸動脈経路 (大脳皮質の側頭葉, 前頭葉などの高位脳に血液を送る) と椎骨動脈経路 (脳幹, 小脳, 脊髄といった下位脳へ血液を送る) の血流動態を比較し, 2つの経路における血流動態に相違が見られることを示唆した. この成果を踏まえると, セントラルコマンドが脳血流量を制御するのであれば, 内頸動脈経路と椎骨動脈経路の脳血流調節におけるセントラルコマンドの働き方に相違がみられることも考えられる.

このような観点から, 本研究の主題として, セントラルコマンドが内頸動脈経路および椎骨動脈経路の脳血流量を調節するのかどうかについて検討することとした.

さらに, 脳内におけるセントラルコマンドの発生源 (origin) については, ヒトの運動想起時の MRI 研究から (Nowak, et al. 2005; Williamson, et al. 1996; 1997; 2006), 島皮質や前帯状回皮質がセントラルコマンドの発生源ではないかと報告されていた. 一方, 申請者らによる意識下動物の研究では (Sadamoto & Matsukawa, 1997, Matsukawa, et al. 1998; Tsuchimochi, et al. 2002), 下位にある視床下部や脳幹にその発生源があることが示唆されていた. またパーキンソン患者の心拍変動に関する症例研究 (Thornton et al. 2002) により, 中脳ドーパミン神経核群 (赤核後部核, 黒質, 腹側被蓋野) がセントラルコマンドの経路である可能性も示唆されていた. これらのことを考え合わせると,

セントラルコマンドは, 中脳ドーパミン神経核群が発現経路となることが考えられたが, 実験的な検証は未だおこなわれてはいない. このような現状を踏まえ, 前述した本研究の主題に加えて, セントラルコマンドの発現経路に関する動物実験による検証を行うこととした.

2. 研究の目的

3つの個別研究の具体的目的を記した.

(1) 随意運動開始前の準備期におけるセントラルコマンドの役割

随意運動準備期におけるセントラルコマンドが脳血流量を制御するのかどうかを明らかにするために, 通常の随意運動開始時 (セントラルコマンドが有る条件) と機械によって他動的に動かされる受動的運動開始時 (セントラルコマンドの無い条件) における内頸動脈経路および椎骨動脈経路の脳血流動態を比較検討した.

(2) 運動持続時におけるセントラルコマンドの役割

静的肘屈曲運動時に主働筋へのバイブレーションが与えられるセントラルコマンド低下条件とバイブレーション無しのコントロール条件において, 内頸動脈経路および椎骨動脈経路の脳血流動態を検討し, セントラルコマンド低下条件に対応した脳血流量の低下がみられるのかどうかを検討した. バイブレーション刺激は反射性張力発揮を誘発し, それにより高位からの運動指令を低下させ, ひいてはセントラルコマンドも低下させる条件として設定した.

(3) セントラルコマンドの発生源

ドーパミン産生細胞の一つである中脳腹側被蓋野 (VTA) ニューロンがセントラルコマンドの発現に関与するのかどうかについて無麻酔除脳ネコの自発運動開始時において検証した.

3. 研究の方法

(1) 随意運動開始前の準備期におけるセントラルコマンドの役割

① 被験者: 健康な成人女子 10 名 (日本女子体育大学倫理委員会からの承認後に実施した). ② 実験手続き: 被験者は頭部が楽に固定できる姿勢で椅子に座り, 肘関節伸展屈曲運動 (角度変化: 90~120°, 頻度: 45 回/分) による能動運動および受動運動を 2 分間

- ② 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)
- ③ 岩館雅子, 定本朋子: 運動準備期の脳皮質運動野周辺における酸素動態と循環応答の対応, *脈管学*, 48: 389-396, 2009. (査読有り)
- ④ Sato K, Hirasawa A and Sadamoto T: The effect of mode of ventilation on cerebral oxygenation during static exercise. *J. Exer. Sci.* 18: 9-17, 2008. (査読有り)
- ⑤ Sadamoto T, Moriyama M, Sato K: Cortical tissue oxygenation during static handgrip exercise and postexercise muscle ischemia. *J Exer Sci*, 17:1-11, 2007. (査読有り)

[学会発表] (計 11 件)

- ① r Sadamoto T, Sato K, Hirasawa A, Sasahara C, et al.: Role of central command in the renal arterial blood flow responses during static elbow flexion. The 14th Annual Congress of the European College of Sport Science. Oslo, June 26 2009.
- ② Sato K, Sasahara C, Shibuya K, Hirasawa A, Okuyama S, Osada S, Kamo M, Saito M, Kagaya A, and Sadamoto T: Role of central command in middle cerebral blood flow velocity during static exercise in humans. The 56th American College of Sports Medicine. Seattle, May 28, 2009.
- ③ Sato K, Sasahara C, Shibuya K, Hirasawa A, Okuyama S, Osada S, Kamo M, Saito M, Kagaya A, and Sadamoto T: Role of central command in cerebral blood flow regulation during static exercise. The 36th International Congress of Physiological Sciences. Kyoto, July 31, 2009.
- ④ Kadowaki A, Matsukawa K, Nakamoto T, Liang, N, et al.: Activation of cardiac sympathetic outflow, but not vagal withdrawal, during spontaneous motor activity in decerebrate cats. The 36th International Congress of Physiological Sciences. Kyoto, July 31, 2009.
- ⑤ 岩館雅子, 澁谷顕一, 定本朋子: 少数例における運動準備期および掌握運動時の心拍数増加と脳皮質運動野酸素化亢進の対応関係. 医用近赤外分光法研究会. 東京. 10月28日2008年.
- ⑥ Kashima E, Matsukawa K, Tsuchmochi H, Nakamoto T, Endo K, Sadamoto T: Modulation of muscle mechanosensitive reflex in humans: comparison of the cardiovascular responses to passive cycling between the awake and sleep conditions. 第 85 回日本生理学会大会. 東京. 3月27日2008年.
- ⑦ 齊藤 満, 定本朋子: 運動時の主観的運動強度と交感神経活動に対する活動筋量の影響. 第 63 回日本体力医学会. 大分. 9月19日2008年.
- ⑧ 佐藤耕平, 定本朋子: 最大下自転車運動時における内頸動脈と椎骨動脈の血流応答の特性. 第 16 回日本運動生理学会. 奈良. 8月2日2008年.
- ⑨ 佐藤耕平, 平澤 愛, 角田直也, 谷口有子, 定本朋子: 呼吸法が高強度運動時の中大脳動脈血流速度に及ぼす影響. 第 59 回日本体育学会. 東京. 9月12日2008年.
- ⑩ 定本朋子, 森山真由美, 佐藤耕平, 岩館雅子: 静的運動時および運動後筋虚血時の脳皮質酸素化動態の変化. 第 62 回日本体力医学会. 秋田. 9月16日2007年.
- ⑪ 岩館雅子, 定本朋子: 種々の強度の掌握運動に伴う脳皮質運動野周辺の酸素動態と循環応答の関係. 第 62 回日本体力医学会. 秋田. 9月16日2007年.

[図書] (計 1 件)

- ① 定本朋子, 佐藤耕平: 身体トレーニングの科学 Section 10 トレーニングと循環. トレーニングと血流量 (宮村実晴編), 真興交易医書出版部, 東京, 2008, pp. 295-300.

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

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

(3) 連携研究者

佐藤 耕平 (SATO KOHEI)
日本女子体育大学・体育学部・講師
研究者番号: 00409278

- ② 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)
- ③ 岩館雅子, 定本朋子: 運動準備期の脳皮質運動野周辺における酸素動態と循環応答の対応, *脈管学*, 48: 389-396, 2009. (査読有り)
- ④ Sato K, Hirasawa A and Sadamoto T: The effect of mode of ventilation on cerebral oxygenation during static exercise. *J. Exer. Sci.* 18: 9-17, 2008. (査読有り)
- ⑤ Sadamoto T, Moriyama M, Sato K: Cortical tissue oxygenation during static handgrip exercise and postexercise muscle ischemia. *J Exer Sci*, 17:1-11, 2007. (査読有り)

[学会発表] (計 11 件)

- ① Sadamoto T, Sato K, Hirasawa A, Sasahara C, et al.: Role of central command in the renal arterial blood flow responses during static elbow flexion. The 14th Annual Congress of the European College of Sport Science. Oslo, June 26 2009.
- ② Sato K, Sasahara C, Shibuya, K, Hirasawa A, Okuyama S, Osada S, Kamo M, Saito M, Kagaya A, and Sadamoto T: Role of central command in middle cerebral blood flow velocity during static exercise in humans. The 56th American College of Sports Medicine. Seattle, May 28, 2009.
- ③ Sato K, Sasahara C, Shibuya K, Hirasawa A, Okuyama S, Osada S, Kamo M, Saito M, Kagaya A, and Sadamoto T: Role of central command in cerebral blood flow regulation during static exercise. The 36th International Congress of Physiological Sciences. Kyoto, July 31, 2009.
- ④ Kadowaki A, Matsukawa K, Nakamoto T, Liang, N, et al.: Activation of cardiac sympathetic outflow, but not vagal withdrawal, during spontaneous motor activity in decerebrate cats. The 36th International Congress of Physiological Sciences. Kyoto, July 31, 2009.
- ⑤ 岩館雅子, 澁谷頭一, 定本朋子: 少数例における運動準備期および掌握運動時の心拍数増加と脳皮質運動野酸素化亢進の

対応関係. 医用近赤外分光法研究会. 東京. 10月28日2008年.

- ⑥ Kashima E, Matsukawa K, Tsuchmochi H, Nakamoto T, Endo K, Sadamoto T: Modulation of muscle mechanosensitive reflex in humans: comparison of the cardiovascular responses to passive cycling between the awake and sleep conditions. 第 85 回日本生理学会大会. 東京. 3月27日2008年.
- ⑦ 齊藤 満, 定本朋子: 運動時の主観的運動強度と交感神経活動に対する活動筋量の影響. 第 63 回日本体力医学会. 大分. 9月19日2008年.
- ⑧ 佐藤耕平, 定本朋子: 最大下自転車運動時における内頸動脈と椎骨動脈の血流応答の特性. 第 16 回日本運動生理学会. 奈良. 8月2日2008年.
- ⑨ 佐藤耕平, 平澤 愛, 角田直也, 谷口有子, 定本朋子: 呼吸法が高強度運動時の中大脳動脈血流速度に及ぼす影響. 第 59 回日本体育学会. 東京. 9月12日2008年.
- ⑩ 定本朋子, 森山真由美, 佐藤耕平, 岩館雅子: 静的運動時および運動後筋虚血時の脳皮質酸素化動態の変化. 第 62 回日本体力医学会. 秋田. 9月16日2007年.
- ⑪ 岩館雅子, 定本朋子: 種々の強度の掌握運動に伴う脳皮質運動野周辺の酸素動態と循環応答の関係. 第 62 回日本体力医学会. 秋田. 9月16日2007年.

[図書] (計 1 件)

- ① 定本朋子, 佐藤耕平: 身体トレーニングの科学 Section 10 トレーニングと循環. トレーニングと血流量 (宮村実晴編), 真興交易医書出版部, 東京, 2008, pp. 295-300.

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

松川 寛二 (MATSUKAWA KANJI)

広島大学・保健学研究科・教授

研究者番号: 90165788

(3) 連携研究者

佐藤 耕平 (SATO KOHEI)

日本女子体育大学・体育学部・講師

研究者番号: 00409278