

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10日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22300213

研究課題名（和文）

反射性循環調節の複合作用—個人差とトレーニング効果—

研究課題名（英文）

Interaction in peripheral reflexes -Individual difference and training effects

研究代表者

西保 岳 (NISHIYASU TAKESHI)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：90237751

研究成果の概要（和文）：

筋代謝受容器反射や動脈圧受容器反射はともに運動時の循環調節に関与し、両反射がともに働く場合には相互作用を持つことが示唆されている。これら二つの末梢反射の相互作用に関して、筋代謝受容器への刺激強度の影響、異なる筋群での反応性の違いや、このような循環調節がトレーニングで変化するかを検討した。得られた結果は、1) 筋代謝受容器反射による心臓副交感神経活動および動脈圧受容器反射感受性（BRS）の増加には刺激閾値が存在し、2) 前腕筋群と下腿三頭筋において、上記反応が異なり、3) バドミントントレーニングによって、利き腕における筋代謝受容器反射の機能に変化は起こらないこと、が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

It was hypothesized that both muscle metaboreflex and arterial baroreflex contribute to regulate the heart rate and blood pressure during exercise and then the two reflexes were interplayed. This study investigated how the interplays changes in the different stimulus levels in muscle metaboreflex and in the different muscles activated (forearm and calf). Further, it was investigated whether the interplays change by the specific exercise training.

- 1) The increases in heart parasympathetic activity and the sensitivity of the arterial baroreflex on heart rate change (BRS) do not occur with the weak activation of muscle metaboreflex and do occur the above the threshold activation. Above the threshold, there is no gradual increase in heart parasympathetic activity and BRS.
- 2) The responses in heart parasympathetic activity and BRS during activation of the muscle metaboreflex are different between the different muscles activated.
- 3) The function of the muscle metaboreflex induced by handgrip exercise is not changed by the specific exercise training in competitive Badminton players.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2012年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：筋代謝受容器、動脈圧反射、ハンドグリップ運動

1. 研究開始当初の背景

近年我々は、運動後阻血による筋代謝受容器反射活性時には、動脈圧受容器反射の心拍(HR)調節の感受性および末梢血管抵抗の自発性変動が増加することを報告した。しかし、筋代謝受容器反射の活性レベルが異なる場合で、また上肢・下肢などの筋群が異なる場合で、さらに運動トレーニングによって反応が変化するかどうか、は明らかではない。

2. 研究の目的

(1) 異なるレベルの筋代謝受容器刺激時における動脈圧受容器反射による HR・心拍出量(CO)調節機能および末梢血管抵抗の反応を検討すること

(2) 上肢・下肢運動時及び筋代謝受容器刺激時における種々の部位での循環反応の違いを明らかにすること

(3) 筋代謝受容器刺激時においてその刺激強度の違いによる、動脈圧受容器反射感度(BRS)と動脈圧受容器反射による血管抵抗調節の感受性との関係を調べることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 最大発揮張力(MVC)の 50%で異なる持続時間(15 秒, 30 秒, 45 秒, 60 秒および疲労困憊まで)の静的ハンドグリップ運動後にそれぞれ前腕阻血を 4 分間行った。周波数伝達関数解析により動脈圧受容器反射による HR・CO 調節機能を評価し、スペクトル解析により末梢血管抵抗の自発性変動を定量化した。

(2) 90 秒間の静的運動後に 5 分間の前腕阻血(PEMI)を行った。運動は同じ相対強度の条件として 30% MVC での静的ハンドグリップ運動(前腕 30%条件)および 30% MVC での静的足底屈運動(下腿 30%条件)を行った。さらに筋代謝受容器反射による血圧上昇が F 条件と同程度となる条件として 70% MVC での静的足底屈運動(下腿 70%条件)を行った。

(3) 大学バドミントン競技選手 12 名を被験者とし、50% MVC での 60 秒間の静的ハンドグリップ運動後に 4 分間の前腕阻血を行うことで筋代謝受容器を刺激し、その時の心拍数、動脈血圧、心一回拍出量、心拍出量、総末梢血管抵抗などの循環パラメーターを評価した。

4. 研究成果

(1) 活動筋阻血時の動脈血圧および総末梢

血管抵抗は、運動時間が 45 秒を超える条件において運動時間の増大に対し直線的に増加したが、阻血時の CO はいずれの条件においても安静との差はみられなかった。阻血時の HR は疲労困憊まで運動する条件でのみ安静より高い値を示し、他の条件においては安静との差はみられなかった。筋代謝受容器反射による心臓副交感神経活動および BRS の増加には閾値が存在すること、また、その閾値は血圧上昇などの循環反応が起こる閾値と同水準にあることが示唆された。さらに、閾値以上の刺激が加わった場合には、心臓副交感神経活動および BRS はほぼ一定となり、刺激強度依存的な変化は起こらないことが示唆された。

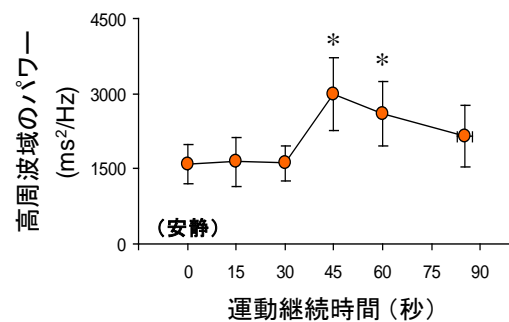


図1 安静時および運動後阻血時における心臓自律神経活動(高周波域のパワー)(平均値±SE)筋代謝受容器反射による心臓副交感神経活動の充進には閾値が存在し、閾値以上ではほぼ一定レベルとなり、刺激強度依存的には変化しない。

(2) 前腕 30%条件の PEMI においては、心臓副交感神経活動および BRS は安静時から増加した。一方、前腕 30%条件と同じ相対強度で運動を行った下腿 30%条件の PEMI では、前腕 30%条件の PEMI と比べて血圧上昇などの循環反応は小さく、また、心臓副交感神経活動と BRS は安静時から変化しなかった。さらに、血圧上昇の程度が前腕 30%条件の PEMI と同程度となる下腿 70%条件の PEMI においても心臓副交感神経活動および BRS は安静時から変化しなかった(図1)。以上の結果から、前腕筋群と下腿三頭筋において、筋代謝受容器刺激時の心臓副交感神経活動や BRS 反応が異なることが明らかとなった。

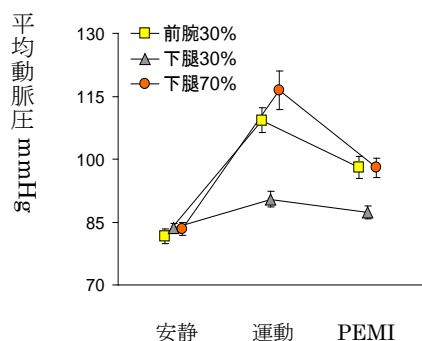


図2 安静時、運動時および運動後阻血時(PEMI)における動脈血圧(平均値 ± SE) 運動後阻血時における平均動脈圧は、前腕 30%より下腿 30%のほうが低くなり、前腕 30%と下腿 70%には差はみられなかった。

(3) 利き腕と非利き腕の両条件において、静的ハンドグリップ運動時に心拍数および平均動脈圧は安静から増加し、運動後阻血時には心拍数は安静レベルに戻り、平均動脈圧は安静より高い状態に維持された。運動後阻血時の心拍数、平均動脈圧、心一回拍出量、心拍出量、総末梢血管抵抗は、利き腕と非利き腕の両条件間で差はみられなかった。運動後阻血時の循環反応は筋代謝受容器反射によるものと考えられることから、バドミントンのトレーニングを長期間行っても、利き腕における筋代謝受容器反射の機能に変化は起こらないことが示唆される。

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 12 件)

- Fujii N, Ichinose M, Honda Y, Tsuji B, Watanabe K, Kondo N, Nishiyasu T. Changes in arterial blood pressure elicited by severe passive heating at rest is associated with hyperthermia-induced hyperventilation in humans *Eur J Appl Physiol*, 113(1):51-62. 2013 (査読有り)
- Ichinose M, Nishiyasu T. Arterial baroreflex control of muscle sympathetic nerve activity under orthostatic stress in humans. *Front Physiol*. 3:314, doi: 10.3389/fphys.2012.00314. 2012 (査読有り)
- Ichinose M, Watanabe K, Fujii N, Nishiyasu T. Cardiovascular regulation during exercise - contribution of peripheral reflexes,

J Phys Fitness Sports Med,

1(2):437-445, 2012

(査読有り)

- Tsuji B, Honda Y, Fujii N, Kondo N, Nishiyasu T. Effect of initial core temperature on hyperthermic hyperventilation during prolonged submaximal exercise in the heat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 302(1):R94-R102, 2012 (査読有り)
- Nishiyasu T, Tsukamoto R, Kawai K, Hayashi K, Koga S, Ichinose M. Relationships between the extent of apnea-induced bradycardia and the vascular response in the arm and leg during dynamic two-legged knee extension exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 302(3):H864-71, 2012 (査読有り)
- Ichinose M, Delliaux S, Watanabe K, Fujii N, Nishiyasu T. Evaluation of muscle metaboreflex function through graded reduction in forearm blood flow during rhythmic handgrip exercise in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 301(2):H609-16. 2011 (査読有り)
- Watanabe K, Ichinose M, Fujii N, Matsumoto M, Nishiyasu T. Individual differences in the heart rate response to activation of the muscle metaboreflex in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 299(5): H1708-14, 2010 (査読有り)

[学会発表] (計 20 件)

- Nishiyasu T. シンポジスト, Thermal, respiratory, and cardiovascular integration during prolonged exercise in the heat, The Systems Biology of Exercise: Cardio-respiratory and Metabolic Integration, University of Leeds, Leeds, UK, 8.16.2012
- 一之瀬真志、一之瀬智子、西保 岳、動的足底屈運動時における下腿陰圧負荷が活動肢血流量および中心循環反応に及ぼす影響、9.15.2012 第67回日本体力医学会、岐阜
- 田原 麗衣、渡邊 和仁、一之瀬 真志、吹田 真士、前田 清司、西保 岳、バドミントン競技選手における血管内皮機能および反射性循環調節に関する研究—利き腕と非利き腕に着目して

- 9.16.2012 第 67 回日本体力医学会,
岐阜
4. 橋本 峻、辻 文、藤井 直人、渡辺 和
仁、西保 岳、自発的過換気による動脈
血二酸化炭素分圧低下が高強度間欠的
運動時のパフォーマンス及び呼吸代謝
応答に及ぼす影響、9.15.2012 第 67 回
日本体力医学会, 岐阜
5. Ichinose M, Watanabe K, Tsuji B,
Nishiyasu T, Muscle Metaboreflex
Modulates Dynamic Cardiovascular and
Cerebrovascular Responses to Acute
Hypotension in Humans. ACSM, San
Francisco USA, 6.2.2012
6. Watanabe K, Ichinose M, Fujii N,
Tsuji B, Sugihara A, Niwa T, Nishiyasu
T, “Spontaneous baroreflex control
of heart rate during activation of the
muscle metaboreflex in the forearm
and calf in humans” 16th Annual
Congress of the European College of
Sport Science (ECSS), 7.7.2011,
Liverpool, UK
7. Watanabe K, Ichinose M, Delliaux S,
Fujii N, Nishiyasu T, “Spontaneous
baroreflex control of heart rate
during graded activation of the
muscle metaboreflex in humans” BBSRC
Japanese Partnership Symposium (at
University of Leeds), 7.8.2011, Leeds,
UK
8. Watanabe K, Ichinose M, Delliaux S,
Fujii N, Nishiyasu T, “Spontaneous
baroreflex control of heart rate
during graded activation of the
muscle metaboreflex in humans” 14th
International Conference on
Environmental Ergonomics (ICEE),
7.13.2011, Nafplio, Greece
9. 西保 岳、シンポジスト 運動と環境適
応とアロスタシス、脳・神経・内分泌か
ら運動の意義を考える会、下関、
9.15.2011
10. 西保 岳、シンポジスト 運動時の循環
調節—末梢性反射調節の複合作用—、自
律神経と循環～トレーニングで循環調
節は変わるか～、第 19 回日本運動生理
学会、徳島、8.25.2011
11. 渡邊 和仁、一之瀬 真志、藤井 直人、西
保 岳、筋代謝受容器反射活性時におけ
る動脈圧受容器反射による心拍調節機
能：活動部位の違いに着目して、第 19
回日本運動生理学会、徳島、8.25.2011
12. Watanabe K, Ichinose M, Fujii N,
Nishiyasu T, Cardiac autonomic
function and baroreflex control of
heart rate during graded activation
of muscle metaboreflex in humans. 6th
BAMIS Seminar, 9.27.2010. Tsukuba,
Japan
6. 研究組織
(1) 研究代表者
西保 岳 (NISHIYASU TAKESHI)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号：90237751
- (2) 研究分担者
本田 靖 (HONDA YASUSHI)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号：20165616