

平成22年5月11日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19370105

研究課題名（和文） 運動準備期の構え姿勢に伴う自律神経支援機構

研究課題名（英文） Autonomic nervous system for preparation of exercise while neck flexion posture

研究代表者

渡辺 一志（WATANABE HITOSHI）

大阪市立大学・都市健康・スポーツ研究センター・教授

研究者番号：501671602

研究成果の概要（和文）：頸部前屈姿勢（構え姿勢）保持に伴う脳の賦活作用が、体性神経系への影響のみならず、自律神経系へも影響を及ぼし四肢の筋血流の増加を惹起させる。この現象は、上肢群では上肢筋の下肢群では下肢筋の筋血流が選択的に増加することが明らかにされ、運動経験によって修飾される自律神経の支援機構であることが示唆された。また、運動の遂行課題を付加した場合に、脳賦活作用が上肢血流に認められた被験者では、局所性の筋血流増加に有意な課題依存性の影響は認められなかった。しかしながら、脳賦活作用の認められなかった一部の被験者において、課題依存性に伴う血流増加が認められ、その可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）： Neck flexion posture has caused the influence to not only the somatic nervous system but also the autonomic nervous system and cause increase of the blood flow in the peripheral extremity muscles. Sports experience will be effective in change of peripheral circulatory dynamics while maintaining neck flexion posture. Peripheral blood flow selectively increases during neck flexion posture in the upper extremity muscles for the upper extremity group and in the lower extremity muscles for the lower extremity group. These findings indicate that sports experience will be effective in change of peripheral circulatory dynamics while maintaining neck flexion posture. Although an increase of peripheral blood flow is independent of the problem task during neck flexion posture, some subjects who did not indicate brain activation cause to increase of peripheral blood flow depended on the problem task during neck flexion posture.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	10,500,000	3,150,000	13,650,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	12,700,000	3,810,000	16,510,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：人類学・生理人類学

キーワード：運動準備・構え姿勢・脳賦活・末梢循環・自律神経・運動経験

1. 研究開始当初の背景

ヒトは種々の環境において身体運動を行っているが、目的を達成するため、全身の協働を保って合目的に身体を適応させている。スポーツにおいて早く反応することが要求されたり、日常生活の中で車を運転する時など、外界の状況が刻々と変化する場面では、動く視対象の視覚情報を正確かつ迅速に知覚し、対応することが重要になる。

我々は、動物が獲物を狙う時に示す身構えの姿勢や、上述のような状況下において、ヒトが構えるということに着目した。これまで、ヒトの基本的動的姿勢 (Howarth 1946) の一部である頸部前屈姿勢 (構え姿勢) を保持した場合に、運動系に影響が及ぶことを示唆する知見を得てきており、その一つとして、頸部前屈姿勢を保持すると眼球運動の反応時間が短縮することを報告した (Fujiwara et al. 2000)。また、上肢帯の挙上動作でも頸背部筋が活動するがそれらの筋の中等度の収縮において眼球運動反応時間が短縮することを明らかにした (Fujiwara et al. 2003)。さらに、頸背部筋へ振動刺激を加え筋感覚情報量を増加させた場合に、眼球運動反応時間は、その筋の随意収縮時と同程度に短縮した (Fujiwara et al. 2001)。この結果より、眼球運動反応時間短縮の生理学的要因の一つとして、頸背部筋の筋感覚情報による網様体賦活系を介しての脳賦活作用が示唆された。さらに、頸部前屈姿勢保持時の眼球運動反応時間の短縮は、卓球やテニスなどの高速ボール追従を必要とする競技経験に依存して認められるとの知見を得た (Fujiwara et al. 2005, Fujiwara et al. 2006)。

上述したように、頸部前屈姿勢保持における体性神経系への影響について詳細に検討を行ってきている。動作遂行の際、それを補佐する働きの一つに循環調節が挙げられるが、その調節は自律神経系による活動によってなされていることが知られている。延髄の血管運動中枢が骨格筋内の循環動態の主な制御中枢であること、およびその中枢は上位中枢からの下行性経路および末梢からの上行性経路による影響を受けることが報告されている (Mitchell 1990; Rowell 1992, Laughlin et al. 1996, Delp and Laughlin 1998)。我々は、頸部前屈姿勢を保持した場合に、全身的協働をもって身体の変化が生じているのではないかと考え、体性神経系への影響のみならず、自律神経系への影響があるのではないかと仮説を立て検討したところ、上肢筋の筋血流増加が認められるとの知見

を得た。この増加の要因として、頸部前屈姿勢保持に伴う脳賦活作用の延髄血管運動中枢への影響が推察された (渡辺他 2005)。これは、動作遂行のための自律神経支援機構であると考えられる。種々のスポーツ動作は立位姿勢を保持した状態で多く行われている。このことから、上肢のみならず下肢においても脳賦活作用の影響が生じている可能性が推察される。我々は、頸部前屈姿勢を保持した場合に下肢 (前脛骨筋) の筋血流が増加するとの知見を得た (Watanabe et al. 2006)。

このような自律神経支援機構については、ヒトが進化の過程の中で構え姿勢を保持することによって身につけたものであり、機能的潜在性を持って全身性に発現するものなのか、運動経験などに伴って合目的、選択的に発現するののかはいまだ不明である。またさらに、身体運動を行う課題を設定した場合に、合目的にその筋の血流変化がさらに高まるものと予想されるが、運動の課題依存性の影響についても、国内・外で検討されていない。

2. 研究の目的

本研究では、頸部前屈姿勢 (構え姿勢) を保持した場合に認められる上肢および下肢筋の血流の増加が、これまでの運動経験によって修飾されるのかどうかについて検討し、筋血流の変化と対象とした筋に対応した筋交感神経活動を導出し、血流変化の生理学的機序を明らかにすること。またさらに、運動の遂行課題を付加した場合に、その筋の筋血流増加に課題依存性の影響が局所性に生じるのかどうかを明らかにすることである。

3. 研究の方法

(1) 頸部前屈姿勢 (構え姿勢) 保持に伴う上肢・下肢循環動態の変化における運動経験による差異について検討した。

被験者; 上肢競技 (卓球、テニス) 経験群 10 名、下肢競技 (サッカー) 経験群 10 名、運動未経験群 10 名を対象とした。実験手順; 被験者は、フレーム付きの椅子に座り、垂直な背もたれに胸をさらして、腰をアクリルベルトで固定するとともに、両足を約 90 度に屈曲し、フットレストの上に置く。頸部前屈角は、右側の耳珠点と肩峰点を結ぶ線と重力線とのなす角度とし、安静時を基準角度 (0 度) とした。頸部前屈角度は、角度検出器を用いて設定した。前庭器からの感覚情報が一定となるように、頭部回転角を安静時と同じものとした。そのために、半径 5cm の分

度器の中心点を右側の耳珠転に合わせて装着し、その中心点から 10 g の重りを糸を介して垂らし、これと耳珠点と外眼角点を結ぶ線とのなす角度で把握した。衝動性眼球運動を誘発させるために、視覚刺激装置（日本光電、SLE-5100）を用いた。視覚刺激は、D/A 変換器（I/O-DATA, PI09035）を内蔵するコンピュータ（NEC, PC9801CV21）によって 2 個の LED を 2~4 秒の任意の時間間隔で交互に点灯して行った。2 個の LED は、被験者の 50cm 前の鼻根の高さで、鼻根から左右それぞれ 10 度の視角になるように設置した。左右の外眼角部表面電極を装着し、電気眼球図を双極導出した。眼球運動反応時間は、視標の移動開始点と電気眼振図の変極点の時間差とした。循環変量として、心電図、瞬時血圧、インピーダンス法による心拍出量（バイオテックス BCC-9）、末梢の循環変量として、近赤外分光法による筋内酸素動態の変化（浜松ホトニクス, NIRO300 および NIRO2002 台とレーザー Doppler 法による皮膚血流量の変化（ユニークメディカル TBF-LN1）を 3 台用いて、右側上肢の上腕二頭筋、上腕三頭筋、右側下肢の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋およびヒラメ筋について測定した。また、筋活動の状況を把握するために、それらの筋の筋電図（日本電気三栄, EEG1A94）を測定した。全てのデータは、一旦コンピュータに取り込み分析した。

上述の測定準備を整えた後、安静状態から頸部前屈角度を 20 度に設定し、1 試行 30 秒間ずつ 3 試行を行った。試行間には 3 分の休憩をとった。また、同様のプロトコルにおいて安静時と頸部前屈時の代謝を酸素モニター（ミナト AE300S, イーストメディックガス分析プログラム GASBTKP01）を用いて測定した。

(2) 頸部前屈姿勢（構え姿勢）保持に伴う脳賦活の影響が下肢（前脛骨筋）にも認められた被験者について、頸部前屈姿勢保持に伴う血流変化と対応した筋交感神経活動の変化について検討した。

被験者；実験 1 において、頸部前屈姿勢保持に伴う脳賦活の影響が下肢（前脛骨筋）にも認められた被験者 6 名とした。実験手順；被験者は、フレーム付きの椅子に座り、垂直な背もたれに胸をさらして、腰をアクリルベルトで固定するとともに、左側片足を約 90 度に屈曲し、フットレストの上に置いた。一方の右側下肢は、台の上に伸ばし筋交感神経活動の導出に供する。頸部前屈角の検出および循環変量、筋電図の測定は、実験 1 と同様

の順序にて行った。筋交感神経活動は、微小神経電図法により、腓骨神経より導出記録した。タングステン微小電極（軸直径約 0.1mm、インピーダンス 3~5M Ω ）を経皮的に刺入し、プリアンプ（日本光電, MEG-1251）で約 10 万倍に増幅し、500~3kHz のバンドパスフィルター（NF 回路, E-3201B）を通して導出した。導出した活動は、全波整流し、時定数 0.1 秒で積分（日本光電, EI-601G）し記録した。同時にサウンドをモニターした。導出した神経活動を脈拍同期性の自発性、律動性活動を示す、Valsalva による血圧低下時に著名に亢進する、音刺激など精神性刺激による賦活が認められないなど、Wallin らの基準によって同定した。筋交感神経活動は、バースト数と総活動量（バースト数 \times 平均振幅）を算出、評価した。上述の測定準備を整えた後、安静状態から頸部前屈角度を 20 度に設定し、1 試行 30 秒間ずつ 3 試行を行う。試行間には 3 分の休憩をとった。

(3) 頸部前屈姿勢（構え姿勢）保持時の上肢循環動態に及ぼす動作課題依存性の影響について検討した。

被験者；頸部前屈姿勢保持に伴う脳賦活作用の影響が上肢において、認められた 10 名を対象とした。実験手順；被験者は、(1) と同様のフレーム付きの椅子に頸部前屈姿勢が測定できるように座った。循環変量として、心電図、瞬時血圧、末梢の循環変量として、近赤外分光法による筋内酸素動態の変化とレーザー Doppler 法による皮膚血流量の変化を右側上肢の上腕二頭筋、上腕三頭筋 2 部位について測定を行った。また、筋活動の状況を把握するために、筋電図を測定した。全てのデータは、一旦コンピュータに取り込み分析した。①頸部前屈角度 20 度、②頸部前屈角度 20 度で肘屈曲動作課題の 2 条件を設定する。①の条件については、実験(1)と同様に行った。②の条件については、その課題の負荷強度を最大随意収縮(MVC)の 20% に設定し、頸部前屈角 20 度を保持して、予備刺激から 30 秒以内に本刺激を提示し課題を行わせた。予備刺激から本刺激までの時間はランダムとした。指標の点灯に対してできる限り素早く 20%MVC の力発揮を行い、力発揮の大きさは、オシロスコープによって被検者に視覚フィードバックさせた。その後、その力を数秒間維持させた。力発揮の大きさは、オシロスコープ（岩通, DS-8812）によって被検者に視覚フィードバックさせた。十分な休憩をとって（安静状態の確認）、3 試行を行った。

4. 研究成果

(1) 頸部前屈姿勢（構え姿勢）を保持した場合に認められる上肢および下肢筋の血流の増加が、これまでの運動経験によって修飾されるのかどうかについて、上肢競技（卓球、テニス）経験群、下肢競技（サッカー）経験群、運動未経験群を対象に、筋内の酸素動態、皮膚血流、心拍数、血圧、心拍出量、筋電図、代謝についてさらに詳細に検討した。その結果、各筋の酸素化ヘモグロビンの濃度変化における群間による有意な差異は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋において認められ、上肢群および下肢群のそれは非運動群のそれより有意に大きかった。上肢群と下肢群を比較すると、上腕二頭筋および上腕三頭筋の頸部前屈姿勢に伴う酸素化ヘモグロビン濃度の増加は、上肢群が下肢群より有意に大きかった。さらに、前脛骨筋の酸素化ヘモグロビン濃度の増加は、下肢群が上肢群より有意に大きかった。他の循環諸変数である心拍数および血圧については、有意な主効果が姿勢条件およびグループ条件のいずれも認められなかった。さらに、心拍出量、四肢筋上の皮膚血流量や、四肢筋の筋電積分値および代謝量には姿勢条件間の有意な違いが認められなかった。これらのことから、頸部前屈保持中の脳賦活に伴う末梢循環動態には、運動経験による差異が認められ、上肢群では上肢筋の、下肢群では下肢筋の筋血流が選択的に増加することが示唆された。

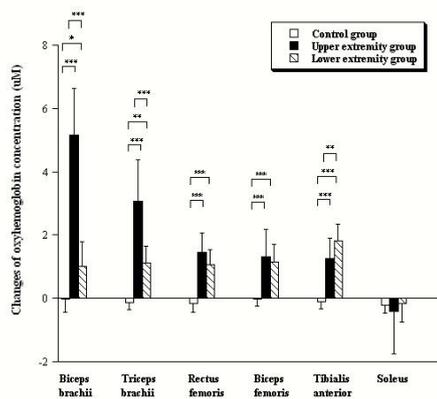


図1 各群における上肢・下肢酸素化ヘモグロビン濃度の変化

(2) 頸部前屈姿勢保持に伴う血流変化と対応した筋交感神経活動の変化について検討した。その結果、頸部前屈姿勢保持によって

眼球運動反応時間短縮の認められ、前脛骨筋の酸素化ヘモグロビン濃度の増加を示した被験者について筋交感神経活動を測定した。前脛骨筋の酸素化ヘモグロビン濃度の増加は、筋の血流量が増加したことを示している。また、筋交感神経活動は、その前屈姿勢を保持すると筋内酸素化ヘモグロビン濃度の増加に対応して減少した。一方、皮膚血流量、心拍数、血圧および心拍出量は、頸部前屈姿勢保持による変化が認められなかった。以上のことから、頸部伸展筋活動に関連した汎在性の脳賦活が延髄の血管運動中枢に影響を及ぼし、筋内の血管拡張を惹起している可能性が推察された。

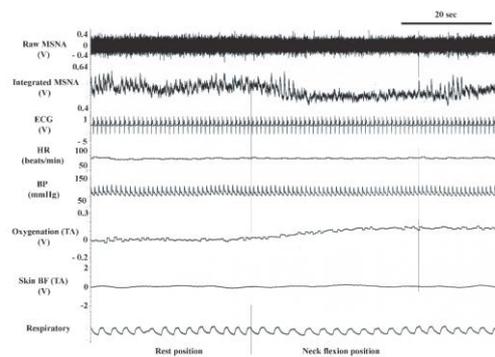


図2 酸素化ヘモグロビン濃度の変化と筋交感神経活動（測定例）

(3) 頸部前屈姿勢（構え姿勢）保持時の上肢循環動態に及ぼす動作課題依存性の影響について検討した。その結果、頸部前屈による脳賦活作用が上肢血流に認められた被験者では、局所性の筋血流に課題依存性の有意な影響は認められなかった。しかしながら、脳賦活作用の認められなかった一部の被験者において、課題依存性に伴う局所末梢血流の増加が認められ、その可能性が示唆されたが今後課題である。

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1件）

- ① 国田賢治, 片山睦基, 藤原勝夫, 中川満, 渡辺一志、大学生およびその親におけるスポーツ活動歴とそれらの関連性について. *Health and Behavior Science*, 6(2), 2008 (2月28日), 63-68.

〔学会発表〕（計9件）

- ① 渡辺一志：筋機能変化の評価に役立つ運動時の循環調節, (財)大阪市都市型産業振興センター 介助・リハビリ機器シーズ・ニーズ発表会 (大阪) 2009 (9月2日).

- ② Kunita K, Fujiwara K, Katayama M, Watanabe H, Sports exercise effect on shortening of saccadic reaction time and decrease of spontaneous blink frequency during neck flexion. Society for Neuroscience 38th Annual Meeting (Washington, DC), Program (Sunday): (Abstract in CD), 2008 (11月16日).
- ③ 渡辺一志, 森井はるか, 藤原勝夫, 国田賢治, 片山睦基: 頸部前屈保持時の循環動態の運動経験による差異. 日本健康行動科学会第7回学術大会(東京), 抄録集:81, 2008(10月5日).
- ④ 片山睦基, 国田賢治, 藤原勝夫, 中川 満, 渡辺一志: 大学生およびその親におけるスポーツ活動歴とそれらの関連性. 日本健康行動科学会第7回学術大会(東京), 抄録集:65, 2008(10月4日).
- ⑤ 渡辺一志, 藤原勝夫, 国田賢治, 森井はるか, 片山睦基: 自律神経機構の構え姿勢保持に伴う変化. 日本生理人類学会 姿勢研究部会第1回研究会(大阪), 抄録集:9, 2008(6月6日).
- ⑥ Watanabe H, Fujiwara K, Kunita K, Changes in blood flow of lower extremity muscle and muscle sympathetic nerve activity while maintaining neck flexion position. Society for Neuroscience 37th Annual Meeting (San Diego), Program (Monday): (Abstract in CD), 2007 (11月5日).
- ⑦ Kunita K, Fujiwara K, Watanabe H, Training effect of saccade with neck flexion on prosaccade reaction time. Society for Neuroscience 37th Annual Meeting (San Diego), Program (Monday): (Abstract in CD), 2007 (11月5日).
- ⑧ 国田賢治, 藤原勝夫, 渡辺一志, 片山睦基: 頸部前屈を伴うサッケード反応トレーニングによるプロサッケード反応時間への影響. 第37回日本臨床神経生理学会学術大会(宇都宮), 2007(11月22日).
- ⑨ 国田賢治, 藤原勝夫, 川添友和, 渡辺一志, 片山睦基: 頸部前屈保持に伴うプロサッケード反応時間短縮効果の持続性. 日本健康行動科学会第6回学術大会(山形), 抄録集:42, 2007(11月24日).
- [図書] (計1件)
- ① 渡辺一志, 藤原勝夫, 市村出版, 運動における交感神経活動に関連した末梢循環調節, 運動・認知機能改善へのアプロー

チ~子どもと高齢者の健康・体力・脳科学~, 藤原勝夫 (編著), 2008(4月19日), 130-141.

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡辺 一志 (WATANABE HITOSHI)
 大阪市立大学・都市健康・スポーツ研究センター・教授
 研究者番号: 50167160

(2)研究分担者

藤原 勝夫 (FUJIWARA KATSUO)
 金沢大学・医薬保健研究域医学系・教授
 研究者番号: 60190089

国田 賢治 (KUNITA KENJI)
 札幌国際大学・スポーツ人間学部・教授
 研究者番号: 20316003

(3)連携研究者

なし