

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 大脳皮質運動野酸素化亢進の対応関係

岩館 雅子¹ 澁谷 顕一² 定本 朋子²

要 旨：本研究は、運動準備期のセントラルコマンドに関連した心拍数増加と大脳皮質運動野の賦活が運動開始後にどのように変化するかについて、準備期における心拍数の増加が最大となった試行と最小となった試行を対象に、脳内ヘモグロビン酸素化動態および心拍数の変化の比較により検討した。その結果、運動開始後には両試行ともに対側運動野と両側体性感覚野のヘモグロビン酸素化亢進および心拍数増加がみられたが、試行間の差はみられなかった。このことから、運動開始後の運動野ヘモグロビン酸素化亢進および心拍数増加は、準備期のセントラルコマンドには影響されず、運動開始後のセントラルコマンドや筋収縮に伴う末梢性入力増加に影響されると推察された。

(J Jpn Coll Angiol, 2010, 50: 475-481)

Key words: near-infrared spectroscopy, heart rate, motor cortex, handgrip

緒 言

大脳皮質運動野は運動前野と共同して運動の計画や実行を担っているが、運動出力に関連するニューロンだけではなく運動準備や手掛かり刺激により活動するニューロンによって、運動準備期から賦活することが知られている¹⁾。また、運動野から出る錐体路ニューロンが接続する脊髄介在ニューロンにおいても、準備期から発火頻度の増加がみられる²⁾。さらに、準備期の運動野の賦活は循環調節に関連することが示唆されている^{3,4)}。われわれは先行研究において、ヒトを対象に筋収縮がない運動準備期に、運動野のヘモグロビン酸素化動態と種々の循環応答を同時記録した結果、運動野の酸素化ヘモグロビンの増加と同時に心拍数の増加および筋の酸素化ヘモグロビンの増加を観察し、運動準備期には運動野の賦活と同時に心拍数の増加および活動筋血流速度の増加を生じることを明らかにした⁵⁾。そして、このような運動準備期にみられる運動野の賦活と循環応答を同時に生起させる仕組みとして、高位中枢からの指令(セントラル

コマンド)⁶⁾の関与を示唆した。セントラルコマンドは、筋収縮を生じる運動指令が高位の運動中枢から脊髄α運動ニューロンへ下行する際、それと並行して延髄の心血管中枢に連絡をもち、循環調節を中枢性に行うコマンドであり⁶⁾、その中枢には、中脳や視床下部、また大脳皮質が示唆されてきた⁷⁻⁹⁾。しかしながら、セントラルコマンド機構の研究において、運動開始後には循環応答へ影響する筋収縮に伴う反射や内分泌系の変化などが生じるため、近年は筋収縮を伴わずに運動関連領域が賦活する運動準備期や運動想起時のセントラルコマンドについての検討がなされてきている¹⁰⁾。このようななかで、われわれは先行研究において、運動準備期にセントラルコマンドに関連した運動野の賦活や心拍数増加反応が同時に生じることを観察したが、運動におけるセントラルコマンドの働きを解明するうえで重要であると考えられる、準備期と運動開始後の関係については検討できていなかった。この課題を検討するにあたり、本研究では、先行研究の結果からセントラルコマンドの働きが反映されやすい心拍数を指標として、準備期において心拍数の増加が最大となった試行(セントラルコマンドが準備期に働い

¹日本大学生産工学部

²日本女子体育大学基礎体力研究所

2009年4月30日受付 2009年11月4日受理

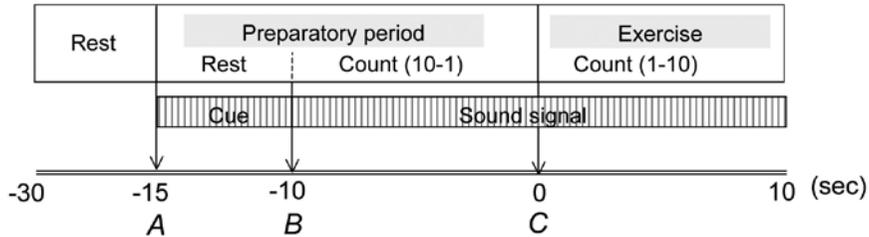


Figure 1 Experimental protocol.

(A) Participants prepared to count down upon hearing an oral cue, (B) started to count down for 10 seconds with an auditory signal, and then (C) started sustaining static handgrip contraction.

たとえられる試行)と心拍数の増加が最小となった試行(セントラルコマンドが準備期に働かなかった試行)を、同一被験者の中から選択し、準備期にみられたセントラルコマンドの働きが運動遂行によってどのように変化するののかについて検討することとした。

本研究では、同一被験者に対し運動準備の後に掌握運動を行う課題を10試行実施し、運動準備期の心拍数の増加が最大となった試行と最小となった試行の2試行を選択し、準備期および掌握運動開始後における脳内ヘモグロビン酸素化動態(運動野・体性感覚野)と心拍数変化の対応関係を検討した。

方 法

1. 対象

被験者は右利きの健康な成人女性6名とした[年齢 23 ± 6 歳(平均値 \pm 標準偏差), 身長 162 ± 4 cm, 体重 58 ± 3 kg, 右手掌握運動による最大随意収縮力(MVC) 23 ± 5 kg]。本研究では全ての被験者に対して予備実験を実施し、掌握運動に伴い、対側一次運動野の血流増加の同定が可能であることを確認したのちに本実験を実施した。また、予備実験には13名が参加したが、そのうち7名は運動時の血流増加の再現性が乏しかったため、本実験の対象から外した。本研究は、全ての被験者に対し実験の趣旨について文章および口頭にて説明し、実験参加の同意を得た後に実施した。

2. 実験条件と手続き

被験者は頭部を最も快適な位置に固定できる椅子に座り、右腕を握力計、左腕を血圧測定台に置いた。握力計および血圧測定台はいずれも心臓の高さに調節した。本研究は、**Fig. 1**に示すように、被験者は15秒の安静の後

に、検者の「15秒前、3、2、1」という音信号計数開始の合図(**Fig. 1A**)により、1 Hzの音信号を10秒間、10、9、8、と1まで声を出さずに音を数え(**Fig. 1B**)、その後続けて10秒間の静的な掌握運動を行った(**Fig. 1C**)。運動終了後は1分の休憩をはさみ、同じ試行を10回繰り返した。運動時の運動負荷は60% MVCに設定し、被験者には予めその負荷強度を確認させた。60% MVCは「比較的きつい」強度であるが、本研究ではこのように努力感を必要とする運動負荷を用いて、運動準備期のセントラルコマンドの働きを誘発しやすくした。

3. 測定項目

大脳皮質一次運動野における、酸素化ヘモグロビン(oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb)および総ヘモグロビン(totalHb)の変化を近赤外分光装置(OMM3000, 島津製作所)により計測した。測定用プローブは、左右半球運動野手領域に相当する部位(脳波国際10-20法に基づくC3およびC4)を中心として照射プローブを外側へ、受光プローブを内側へ置き、プローブ間隔を3 cmに設定して頭部に装着した。また、左右半球運動野手領域から3 cm後方部の体性感覚野手領域に対しても同様に照射・受光プローブを装着し、合計4カ所から脳内ヘモグロビン酸素化動態を計測した(**Fig. 2**)。脳内ヘモグロビン酸素化動態計測における信号のサンプリング間隔は装置の最小間隔である10 Hzとした。

循環応答の指標として、心拍数(HR)、平均血圧(MAP)を計測した。HRは胸部双極誘導法より導出した心電図波形のR-R間隔により測定した(R TRIG UNIT, メディセンス)。MAPは、フィノメータ血圧測定装置(フィノメータ, FMSフィナプレスメディカルシステム)を用いて連続指動脈波形を測定し、1心拍ごとの指動脈圧

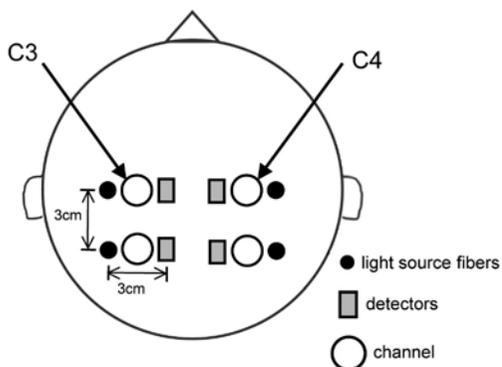


Figure 2 Schema for location of optical fibers. Measurements were obtained from contralateral motor cortex (C3), ipsilateral motor cortex (C4), contralateral sensory cortex (3 cm posterior from C3) and ipsilateral sensory cortex (3 cm posterior from C4).

波形の積分値の1/2の値とした。

4. データ処理と検定

各測定項目のデータは、安静開始後15秒間の平均値を基準値として、基準値からの変化量の平均値を1秒ごとに算出した。本研究では、運動準備期を検者の合図(**Fig. 1A**)から運動直前までの15秒間、運動時を被験者が運動を開始した時点(**Fig. 1C**)から10秒間とし、試行(HR最大変化・HR最小変化)×時間(準備期は15点の値、運動時は10点の値)を要因として対応のある2元配置分散分析を測定部位ごとに行った。なお、分散分析の結果、試行の主効果および交互作用が有意と認められた場合、時間ごとの2試行間の平均値の差を対応のあるt検定を用いて検定した。また、oxyHbの基準値からの変化については、多重比較法(ダネット法)を用いて検討した。なお、統計的有意水準は5%未満とし、データは平均値±標準偏差で示した。

結 果

Fig. 3および**Fig. 4**は、運動準備期におけるHR増加が最大となった試行(Largest HR; LHR試行)と最小となった試行(Smallest HR; SHR試行)について、運動準備期から運動時におけるHRおよびMAP、対側(左半球)および同側(右半球)運動野手領域および体性感覚野手領域のoxyHbの時系列的な変化を示している。本研究では、これらの反応の試行間の比較を、運動準備期と運動時に分けて行った。

(1) 運動準備期

LHR試行とSHR試行のHRの安静からの変化量のピークは、 6.7 ± 4.1 bpmおよび 1.6 ± 3.2 bpmであった。また、これらの出現は、LHR試行は 4.5 ± 2.6 試行目、SHR試行は 5.8 ± 2.8 試行目に観察された。

循環応答のHRについては、LHR試行はSHR試行に比較して準備期前半の音刺激開始後4秒目まで有意に高い値を示した。一方、MAPには試行間の差がみられなかった。

脳酸素化動態のoxyHb変化については、対側運動野において、LHR試行は音刺激開始後3秒目まで基準値から有意に増加し、また、SHR試行に比較して音刺激開始後6秒目まで有意に高い値を示した。また、同側運動野においては、LHR試行はSHR試行に比較して音刺激開始後4秒目まで高い値を示したが、基準値からの増加はみられなかった。一方、両側の体性感覚野においては、基準値からの増加および試行間の差はみられなかった。脳酸素化動態のdeoxyHbおよびtotalHbについては、基準値からの変化および試行間の差はみられなかった。

(2) 運動時

LHR試行とSHR試行のHRの安静からのピーク変化量は、LHR試行が 10.8 ± 6.6 bpm、SHR試行が 12.3 ± 2.1 bpmであった。また、分散分析の結果、HRおよびMAPの両パラメータにおいて、試行間の差はみられなかった。

脳酸素化動態のoxyHb変化については、対側運動野および両側体性感覚野において基準値からの有意な増加がみられたが、同側運動野では基準値からの増加はみられなかった。また、試行間の差については、循環応答と同様に、いずれの計測部位においても差はみられなかった。

考 察

本研究は、運動準備期のHRの増加が最大を示した試行と最小を示した試行の二試行の脳内ヘモグロビン酸素化動態と循環応答を比較し、運動準備期におけるセントラルコマンドに関連したHRの増加と運動野の賦活が、運動開始後にどのように変化するかについて検討した。

1. 運動準備期の循環応答と脳内ヘモグロビン酸素化動態

本研究結果において、運動準備に伴いセントラルコマンドが働いたと考えられるLHR試行においては、準備開始の手掛かりとなる音刺激の開始時から準備期前半まで、対側運動野においては、oxyHbが基準値からの有意な増加を示し、SHR試行との比較においても有意に高い値を

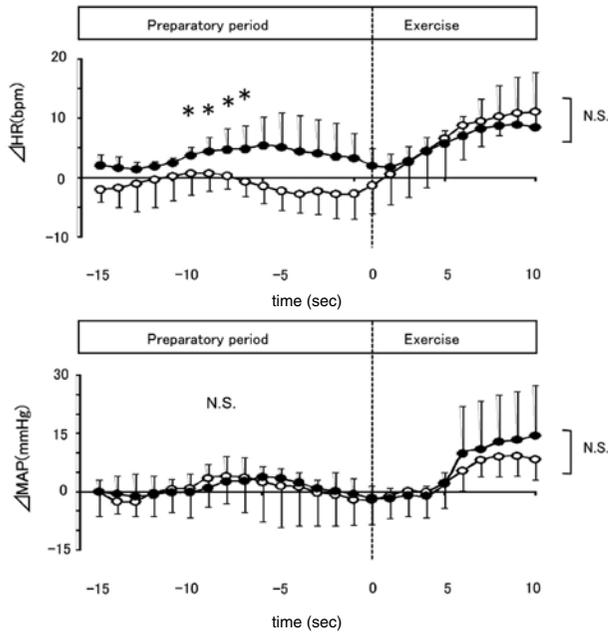
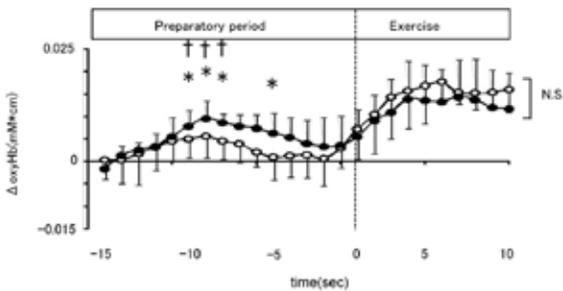
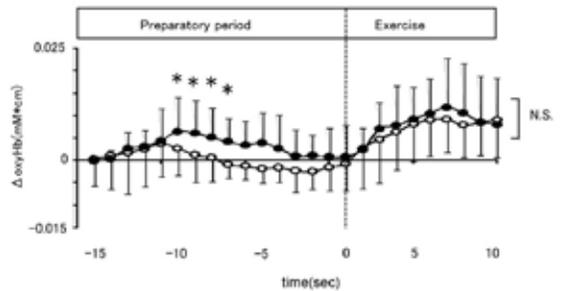


Figure 3 Changes in heart rate (HR) and mean arterial blood pressure (MAP) during preparation and subsequent voluntary exercise. Values are means \pm SD from six participants. ●, largest HR session; ○, smallest HR session; *, significant difference between largest and smallest HR sessions; $p < 0.05$.

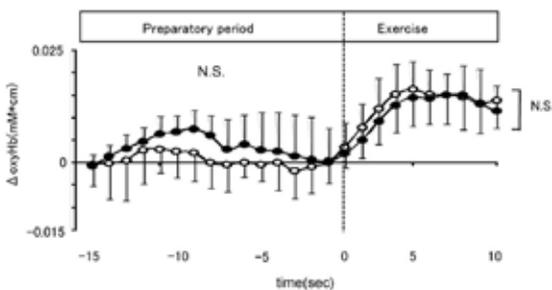
(1) contralateral MCx



(3) Ipsilateral MCx



(2) contralateral SCx



(4) Ipsilateral SCx

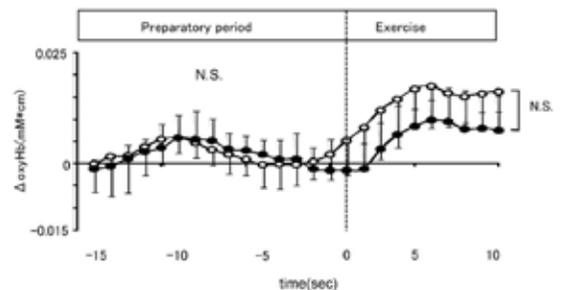


Figure 4 Changes in oxygenated hemoglobin (oxyHb) in contralateral motor cortex (1), contralateral sensory cortex (2), ipsilateral motor cortex (3) and ipsilateral sensory cortex (4) during preparation period and subsequent voluntary exercise. ●, largest HR session; ○, smallest HR session; *, significant difference between largest and smallest HR sessions; $p < 0.05$; †, significant increase from baseline.

示した。oxyHbが局所脳血流変化の最適指標であるという先行研究¹¹⁾を踏まえると、LHR試行では運動準備に関連した対側運動野の賦活に伴い脳血流が増加したと考えられる。一方、脳酸素消費率上昇を伴う脳血流増加が生じた場合には、oxyHbとtotalHbの増加が観察されるが¹¹⁾、本研究結果においてtotalHbの基準値からの有意な増加がみられなかったことは、脳酸素消費率の変化が小さく血流速度のみが変化した例が含まれていたためではないかと推察される。また、LHR試行における基準値からのoxyHbの有意な増加は、同時測定を実施した同側運動野や両側体性感覚野ではみられなかった。この結果は、対側運動野における脳血流増加が、呼吸性およびMayer波による循環応答の変動や、HR増加に伴った心拍出量の増加により広汎性に皮質全体において生じたものではなく、神経活動賦活に伴った局所脳血流の増加を反映しているのではないかと推察される。この結果は、われわれの先行研究⁵⁾において、運動を行わないコントロール課題に比較して運動を行う運動課題の準備期に、対側運動野のヘモグロビン酸素化亢進とHRの増加が同時にみられた結果と一致している。

それでは、準備期の対側運動野の賦活とHRの増加はどのようにして生じたのであろうか。近年、深部脳刺激法を用いた脳電位記録において運動準備期から中脳灰白質の活性化が示された研究¹²⁾や、防衛反応の誘発刺激による視床下部背内側核の活性化と循環反応の対応¹³⁾により、運動準備期のセントラルコマンドによる循環調節は視床下部や脳幹部から発せられたコマンドによって交感神経活動を介してなされるものと考えられている¹⁴⁾。また、視床下部や中脳は解剖学的に中枢神経系全域に至る投射があり、大脳皮質運動野に対しては直接投射するニューロンが多数存在している^{15, 16)}。これらの先行研究から本研究の対側運動野の賦活とHRの増加の対応を検討してみると、運動準備のための手掛かり刺激の提示により、セントラルコマンドが発現し、準備に関連する対側運動野の賦活と心臓交感神経活動亢進が生じたのではないかと推察される。

他方、本研究の同側運動野のoxyHbの結果は、LHR試行は基準値からの増加を示さなかったものの、SHR試行に比較して高い値を示した。これまで、ヒトの一次運動野には脳梁を介する左右半球間に線維連絡があり¹⁷⁾、それによって相互に抑制をかけることで、反対側からの干渉を防いでいると考えられている¹⁸⁾。本研究結果にお

いて、同側運動野が対側運動野と同時期に血流増加を示したことは、運動準備の手掛かり刺激に関連した対側運動野の賦活に対し、脳梁を介して同側運動野が抑制的活動を生じたものと推察される。また、運動野と皮質-皮質間の投射¹⁹⁾を持ち、運動指令のフィードバック調節に密接に関連している²⁰⁾両側体性感覚野でoxyHbの基準値からの増加および試行間の差がみられなかった結果は、準備期の運動野の賦活に対して活動筋からの末梢性入力に関与していないことを示していると考えられる。

2. 掌握運動時の循環応答と脳内ヘモグロビン酸素化動態

運動準備期に運動野のoxyHbおよびHRに差がみられたLHR試行とSHR試行について、運動時の脳内ヘモグロビン酸素化動態および循環応答を比較した結果、いずれの指標においても著しい試行間の差はみられなかった。その一方で、運動に伴うoxyHbの変化は運動準備期とは大きく異なっていた。運動準備期には対側運動野のみで著しい増加がみられていたが、運動時には対側運動野に加えて両側体性感覚野においても基準値からの増加がみられた。体性感覚野は運動に伴い皮膚および筋・関節からの末梢性入力を受け、その末梢からの感覚情報は運動野へフィードバックされることで運動出力の調節がなされている²⁰⁾。本研究の両試行において、運動指令を担う対側運動野の賦活に加え、体性感覚野の賦活が生じたことから、両試行において体性感覚野を介した出力調整がなされながら掌握運動が行われたものと推察される。また、準備期には試行間の差がみられたにもかかわらず運動時に差がみられないという結果は、準備期に生じた運動野の賦活に対して、運動開始後の運動野の賦活や筋収縮に伴った末梢性入力増加に関連した賦活による影響がより大きいために、準備期に生じた試行間の差が打ち消されたものと推察される。

運動時の循環調節には、高位中枢から下降するセントラルコマンドと、筋収縮に伴う活動筋の機械受容器や代謝受容器による反射の関与が示唆されている²¹⁾。本研究における運動開始後のHRは、安静時からの顕著な増加はみられたが試行間の差はみられなかった。この結果は、両試行において、循環中枢に連絡する高位中枢からの下行性指令が等しく、また、筋収縮に伴う活動筋の機械および代謝受容器による循環調節に差がなかったことを示していると考えられる。このように、運動時の運動野の賦活およびHRの増加は、運動準備期の反応にかかわらず、同一負荷の場合にはほぼ等しい反応を示すと考えられる。

他方、運動時の同側運動野は疲労を伴うような運動時において相補的に働くことが示唆されている²²⁾。本研究の同側運動野では、oxyHbの基準値からの増加がみられなかったことから、繰り返しの運動課題であったが、被験者は疲労を伴ってはいなかったと考えられる。

3. 本研究の制限

本研究では、ヒトにおいて運動準備期のセントラルコマンドと運動開始後の運動野の賦活との関わりを検討するため、NIRSによる非侵襲的手法を用い、被験者の心理的・生理的拘束が少ない状態で実験を行った。そして、NIRSによって得られる脳内ヘモグロビン動態の変化から、運動野および体性感覚野の神経活動変化を推察した。しかし、本研究で用いた連続光を用いたNIRSでは、ヘモグロビン濃度の定量化が困難であるため、部位の違いを検討したデータの解釈には制限を伴うといえる^{23,24)}。また、本研究では、準備期のセントラルコマンドを検討するため、カウントダウン課題におけるLHR試行とSHR試行のみについて検討を行った。このため、カウントダウンによる生体反応の特性については、先行研究との比較を困難にしたといえる。

結 論

本研究は、運動準備期のセントラルコマンドに関連したHRの増加と大脳皮質運動野の賦活が運動開始後にどのように変化するかについて、準備期におけるHRの増加が最大となった試行と最小となった試行を対象に、運動野および体性感覚野領域の酸素化動態とHRの変化の比較から検討した。その結果、運動準備期ではHRの増加が最大となった試行において対側運動野の酸素化亢進とHRの増加がみられた。一方、運動開始後は、両試行において対側運動野と両側体性感覚野において酸素化亢進およびHRの増加がみられたが、試行間の差はみられなかった。このことから、運動開始後の運動野の賦活およびHRの増加は、準備期のセントラルコマンドには関連せず、運動開始後に生じるセントラルコマンドや筋収縮に伴う末梢性入力増加に大きく影響されると推察された。

謝 辞

本研究は、日本女子体育大学における文部科学省学術フロンティア推進事業(平成16~20年度)および科学研究費補助金(課題番号21700595)による助成を受けて行われたものである。

文 献

- 1) Weinrich M, Wise SP, Mauritz KH: A neurophysiological study of the premotor cortex in the rhesus monkey. *Brain*, 1984, **107** (Pt 2): 385–414.
- 2) Perlmutter SI, Maier MA, Fetz EE: Activity of spinal interneurons and their effects on forearm muscles during voluntary wrist movements in the monkey. *J Neurophysiol*, 1998, **80**: 2475–2494.
- 3) Green HD, Hoff EC: Effects of faradic stimulation of the cerebral cortex on limb and renal volumes in cat and monkey. *Am J Physiol*, 1937, **118**: 641–658.
- 4) Clarke NP, Smith OA, Shearn DW: Topographical representation of vasculature of limb muscles in primate motor cortex. *Am J Physiol*, 1968, **214**: 122–129.
- 5) 岩館雅子, 定本朋子: 運動準備期の大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*, 2008, **48**: 389–396.
- 6) Waldrop TG, Eldridge FL, Iwamoto GA et al: Central neural control of respiration and circulation during exercise. In: *Handbook of Physiology, Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*, Rowell LB and Shepherd JT eds, American Physiological Society, Bethesda, MD, 1996, 333–380.
- 7) Sadamoto T, Matsukawa K: Cardiovascular responses during spontaneous overground locomotion in freely moving decerebrate cats. *J Appl Physiol*, 1997, **83**: 1454–1460.
- 8) Saper CB: Convergence of autonomic and limbic connections in the insular cortex of the rat. *J Comp Neurol*, 1982, **210**: 163–173.
- 9) Fryszak RJ, Neafsey EJ: The effect of medial frontal cortex lesions on cardiovascular conditioned emotional responses in the rat. *Brain Res*, 1994, **643**: 181–193.
- 10) Williamson JW, McColl R, Mathews D et al: Brain activation by central command during actual and imagined handgrip under hypnosis. *J Appl Physiol*, 2002, **92**: 1317–1324.
- 11) Hoshi Y, Kobayashi N, Tamura M: Interpretation of near-infrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model. *J Appl Physiol*, 2001, **90**: 1657–1662.
- 12) Green AL, Wang S, Purvis S et al: Identifying cardiorespiratory neurocircuitry involved in central command during exercise in humans. *J Physiol*, 2007, **15**: 605–612.
- 13) Stotz-Potter EH, Willis LR, DiMicco JA: Muscimol acts in dorsomedial but not paraventricular hypothalamic nucleus to suppress cardiovascular effects of stress. *J Neurosci*, 1996, **16**: 1173–1179.
- 14) McDowall LM, Horiuchi J, Dampney RA: Effects of disinhibition of neurons in the dorsomedial hypothalamus on central respiratory drive. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*,

- 2007, **293**: 1728–1735.
- 15) Saper CB: Hypothalamic connections with the cerebral cortex. *Prog Brain Res*, 2000, **126**: 39–48.
- 16) Krout KE, Mettenleiter TC, Loewy AD: Single CNS neurons link both central motor and cardiosympathetic systems: a double-virus tracing study. *Neuroscience*, 2003, **118**: 853–866.
- 17) Siebner HR, Peller M, Lee L: Applications of combined TMS-PET studies in clinical and basic research. *Suppl Clin Neurophysiol*, 2003, **56**: 63–72.
- 18) Mayston MJ, Harrison LM, Stephens JA: A neurophysiological study of mirror movements in adults and children. *Ann Neurol*, 1999, **45**: 583–594.
- 19) Waters RS, Favorov O, Mori A et al: Pattern of projection and physiological properties of cortico-cortical connections from the posterior bank of the ansate sulcus to the motor cortex, area 4 gamma, in the cat. *Exp Brain Res*, 1982, **48**: 335–344.
- 20) Pavlides C, Miyashita E, Asanuma H: Projection from the sensory to the motor cortex is important in learning motor skills in the monkey. *J Neurophysiol*, 1993, **70**: 733–741.
- 21) Mitchell JH: Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 1990, **22**: 141–154.
- 22) Shibuya K, Sadamoto T, Sato K et al: Quantification of delayed oxygenation in ipsilateral primary motor cortex compared with contralateral side during a unimanual dominant-hand motor task using near-infrared spectroscopy. *Brain Res*, 2008, **1210**: 142–147.
- 23) Hoshi Y, Shimada M, Sato C et al: Reevaluation of near-infrared light propagation in the adult human head: implications for functional near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt*, 2005, **10**: 064032.
- 24) Hoshi Y: Functional near-infrared spectroscopy: current status and future prospects. *J Biomed Opt*, 2007, **12**: 062106.

Relationship between Increased Heart Rate and Activities in Primary Motor and Sensory Cortices during Preparation for and after Starting Handgrip Exercise: A NIRS Study

Masako Iwadate,¹ Kenichi Shibuya,² and Tomoko Sadamoto²

¹College of Industrial Technology, Nihon University, Chiba, Japan

²Japan Women's College of Physical Education Research Institute of Physical Fitness, Tokyo, Japan

Key words: near-infrared spectroscopy, heart rate, motor cortex, handgrip

We compared cortical oxygenation in the motor cortex (MCx) and in the somatosensory cortex (SCx) with concomitant cardiovascular responses during preparation for and after starting right handgrip exercise. Two sessions comprised those with the largest and smallest increases in heart rate (HR) during preparation in six healthy individuals. We measured levels of oxygenated hemoglobin (oxyHb), deoxygenated hemoglobin (deoxyHb) and total hemoglobin (totalHb) in the bilateral MCx and SCx using near-infrared spectroscopy (NIRS) and simultaneously recorded HR and mean arterial blood pressure (MAP). Levels of oxyHb in the contralateral MCx were significantly higher in the largest HR session during preparation. Nevertheless, oxyHb in the bilateral MCx or in the SCx, HR and MAP significantly differed between the two sessions after starting exercise. These results indicate that motor cortex activities and sensory cortex responses after starting handgrip exercise are not affected by motor cortex activation or the increase in heart rate related to central command that develops during preparation for exercise. (J Jpn Coll Angiol, 2010, **50**: 475–481)