

研究論文

筋疲労課題中における大脳皮質感覚運動野領域の
ヘモグロビン濃度変化について*

—近赤外分光イメージング装置による検討—

岩部 達也^{1) #} 大西 秀明¹⁾ 久保 雅義¹⁾
古川 勝弥^{1) 2)} 桐本 光³⁾

要旨

【目的】筋疲労課題中における筋力、筋活動および大脳皮質感覚運動野領域の活動の時間的変化を明らかにすることである。【対象および方法】対象は健康男性成人7名とした。筋疲労課題は、最大収縮の50% (50% MVC) での右手指把持300秒間持続と、最大収縮 (100% MVC) での右手指把持120秒間持続の2条件とした。両条件において、120秒間の安静の後に課題を遂行し、課題終了後300秒間の安静時間を設けた。安静時および課題遂行中の大脳皮質酸素化ヘモグロビン変化量 (Δ oxyHb) を近赤外分光イメージング装置 (fNIRS) を用いて計測した。また、把持力および筋電図を併せて記録した。【結果】両条件下において、把持開始後直ちに Δ oxyHbの増加がみられたが、50% MVCでは把持力および筋活動の低下の後に時間をおいて Δ oxyHbの緩やかな減少が認められ、100% MVCでは、把持力および筋活動が低下しているにも関わらず課題終了間近まで Δ oxyHbの増加が認められた。両条件における Δ oxyHbの減衰率は、筋電図の減衰率に比べ少なかった。【結論】負荷量の異なる疲労課題において、筋活動が低下しているにも関わらず、感覚運動野領域の活動は最大収縮条件で増加し続け、最大下収縮条件では増加後に低下することが明らかとなった。

キーワード 筋疲労, 大脳皮質, 近赤外線分光法

はじめに

筋疲労とは、力を産生する能力の減少と定義され¹⁾、末梢性疲労と中枢性疲労に分類することができる。末梢性疲労は神経筋接合部より遠位の要因により引き起こされる力の産生の減少と言え、中枢性疲労は神経筋接合部より近位の要因による随意的な運動遂行に伴う筋出力の減少と言える²⁻⁴⁾。一般に、筋疲労はその両方の要因が

関連していることが示されている⁵⁾。中枢性疲労における皮質および皮質下の活動については、持続または間欠的な最大随意収縮課題および最大下随意収縮課題遂行中の脳活動領域を、機能的磁気共鳴画像 (Functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI) や陽電子放射断層撮影などのイメージング装置を用いて報告されている^{6) 7)}。また、課題遂行の時間経過に伴う一次運動野の興奮性の低下^{8) 9)} や運動関連領域神経活動の低下^{6) 10)} などの、中枢神経系活性化の不足 (central activation failure; CAF) の出現についても関心が向けられている^{6) 8-10)}。

随意収縮課題遂行により、筋力の低下に伴い一次運動野の神経活動は次第に増加することが報告されている^{6) 8-10)}。しかし、fMRIを用いた研究により、課題開始から一次運動野および運動関連領域の神経活動が増加した後、時間経過に伴い一定になるか、または低下することが報告されている^{6) 10)}。さらに、経頭蓋磁気刺激 (Transcranial Magnetic Stimulation; TMS) を用いて選択的に一次運動野から疲労筋への出力を評価した研究

* Oxygenation Changes in Sensorimotor Cortex during Exhaustive Handgrip Task —A Near-infrared Spectroscopy Study—

1) 新潟医療福祉大学大学院 保健学専攻 理学療法学分野
(〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町1398)

Tatsuya Iwabe, PT, Hideaki Onishi, PT, PhD, Masayoshi Kubo, PT, PhD, Katsuya Furukawa, PT: Field of Physical Therapy, Niigata University of health and welfare graduate school

2) 新潟リハビリテーション病院 リハビリテーション部
Katsuya Furukawa, PT: Department of Rehabilitation, Niigata Rehabilitation Hospital3) 新潟医療福祉大学 作業療法学科
Hikari Kirimoto, OT, MS: Department of Occupational Therapy, Niigata University of Health and Welfare

E-mail: hpm07001@nuhw.ac.jp

(受付日 2009年8月19日/受理日 2009年10月13日)

においても、大脳皮質の一次運動野の活動が低下することが研究で明らかになっている⁹⁾。また、脳波および筋電図 (Electromyogram; EMG) の周波数帯の一致性を調査した研究においても、筋疲労に伴い一致性が低下してくることが示されている¹¹⁾。中枢神経系の障害である、脳卒中¹²⁾ やパーキンソン病¹³⁾ 等の疾患や、振戦¹⁴⁾ 等の病態においても、脳波およびEMGの一致性の低下を引き起こしていることが報告されている。しかしながら、筋疲労に伴う皮質神経活動の低下やEMGとの一致性低下を引き起こす中枢神経系による筋活動調節のメカニズムについては未だ明確でなく、これらの解明は臨床において多く存在する疲労徴候に対する考察の一助となると考えられる。

筋持続収縮中における筋活動と大脳皮質神経活動の経時的变化について調査するために、本研究においては、大脳皮質神経活動の計測に近赤外分光イメージング装置 (Functional Near-Infrared Spectroscopy; fNIRS) を用いた。fNIRSは、神経血管相互作用に基づく神経活動に伴う局所脳血流変化を、ヘモグロビン濃度変化を検出することにより測定する装置である。TMSにより誘発される運動誘発電位では、大脳皮質神経細胞の活動状態と脊髄運動神経細胞の活動状態を併せて反映してしまうが、fNIRSやfMRIでは、大脳皮質神経細胞の活動状態のみを計測することが可能である。また、fNIRSはfMRIに比べて空間分解能に劣るものの、時間分解能に優れ、経時的な大脳皮質神経活動の変化をモニタリングすることが可能であるという利点がある。さらに、fMRIに比較して測定環境の制限が少なく、過負荷の課題を実行しやすいことも有利な点である。

本研究では、fNIRSの特徴を生かして筋疲労に関連した筋活動と大脳皮質運動感覚野領域の神経活動の経時的变化を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

右利き健常男性7名 (23.1 ± 2.1歳) を対象とし、実験への参加の前に実験内容について十分な説明を行い、文書にて同意を得た。本研究は、新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した (17035-08070)。

2. 把持力およびEMGの記録

被験者は、椅子に腰を掛けた座位姿勢で、両上肢とも下垂位とし、前腕回内外中間位を保持した。把持力は、握力計 (MLT003/D Grip Force Transducer, ADInstruments) により計測した。EMG計測は、導出筋を指伸筋、前腕屈筋群 (長掌筋直下)、尺側手根屈筋、腕橈骨筋の四筋とし、表面電極により記録した。また、各々約3cmの電極間隔とした。EMG信号を前増幅器 (DPA-10P, ダ

イヤメディカルシステム) および増幅器 (DPA-2008, ダイヤメディカルシステム) で増幅し、生体信号解析システム (Power Lab 8/30, ADInstruments) によりサンプリング周波数1kHzで抽出し、把持力信号とともにパーソナルコンピュータに取り込んだ。

3. NIRS計測

近赤外分光イメージング装置 (多チャンネル脳酸素モニタ OMM-3000/1, 島津製作所) により、大脳皮質ヘモグロビン濃度変化を計測した。送光プローブ10本 (T1からT10) および受光プローブ10本 (R1からR10) を3cm間隔で格子状に配置し、全31チャンネルの計測を行った (図1A)。本研究においては筋活動と皮質運動感覚野領域の神経活動との関係を調査するため、左半球運動関連領域直上の計測プローブを設置した (図1B)。なお、サンプリング間隔は160msecとした。

4. 実験手順

筋疲労課題は、最大随意収縮 (100% MVC) での右手指把持120秒間持続と、最大随意収縮の50% (50% MVC) での右手指把持300秒間持続の2条件とした。両条件とも120秒間の安静の後に課題を遂行し、課題終了後300秒間の安静時間を設けた。安静時および課題遂行時に、頭部、体幹、下肢および対側の上肢などの活動が起きないように十分に注意を促し、計測を開始した。課題開始前に、5秒間の100% MVC把持動作を行わせ、目標把持力を決定した。課題遂行時に把持力波形を、パーソナルコンピュータ上で視覚的にフィードバックし、目標把持力の維持に努めさせた。各条件は、1日以上をあけた別日に実施した。

5. データ解析

得られたEMG信号は、全波整流の後、1001ポイントでスムージング処理を行い、それぞれ最大随意収縮時の

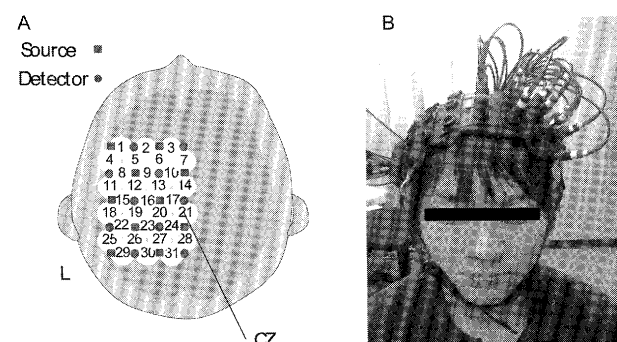


図1 NIRS照射・受光プローブの装着図とプローブ配置図

- A 照射プローブおよび受光プローブの配置図。国際10-20法に基づいたCZに21チャンネルを配置するようにプローブを設置した。
B プローブ固定用ホルダを装着した一例。

EMG信号にて正規化した(%EMG)。また、手指領域の皮質活動との比較をする為に四筋の平均%EMG(mean%EMG)求めた。NIRS信号は、3つのチャンネル(19, 22, 23チャンネル)を手指の運動感覚野領域とし、脳活動との関連が高い Δ oxyHb¹⁵⁾の平均値を求めた。

mean%EMGおよび Δ oxyHbの課題開始から最大値に至るまでの時間および最大値から課題終了までの減衰率を算出し、SPSSによる一元配置分散分析を用いて検定し、また事後検定にはTukey HSD法を用い、有意水準は5%とした。

結 果

1. Δ oxyHbと把持力および筋活動の時間的変化

100%MVC条件における典型的な Δ oxyHb、把持力、mean%EMGの変化パターンを図2に示す。課題開始後直ちに把持力およびmean%EMGは最大となり、その後、課題終了まで減少がみられた。対照的に、 Δ oxyHbは課題開始後から課題終了直前まで増加し続けた。この変化は、7人の被験者において共通であった

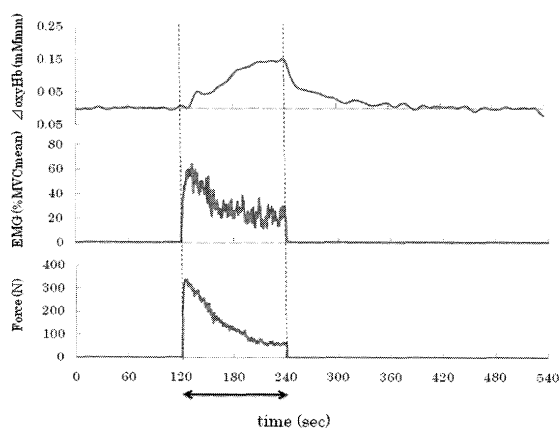


図2 100%MVC条件における課題中の Δ oxyHb、EMG、把持力の一例
矢印：課題期間

課題開始後直ちに把持力およびmean%EMGの低下がみられた。 Δ oxyHbは、徐々に増加し、把持力およびmean%EMGが低下しているにも関わらず課題終了間近まで Δ oxyHbの増加が認められた。

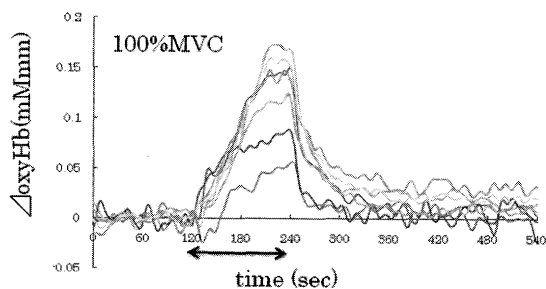


図3 100%MVC条件における課題中の Δ oxyHbの経時的変化(全被験者)
矢印：課題期間

(図3)。

50%MVC条件における典型的な Δ oxyHb、把持力、mean%EMGの変化パターンを図4に示す。課題開始後しばらく把持力は目標力を維持したが、mean%EMGは徐々に増大がみられた。また、把持力が目標力を維持できなくなる時に、mean%EMGが最大値を迎え、その後は把持力、mean%EMGともに徐々に減少した。一方で、 Δ oxyHbは課題開始後より徐々に増加し、把持力、mean%EMGの減少が起こった後に、しばらくして緩やかな減少がみられた。この変化は7人の被験者において共通であった(図5)。

2. 最大値までの時間および課題終了までの減衰率

それぞれの条件における、 Δ oxyHbおよびmean%EMGが課題開始後から最大値に達するまでの時間を表1に示す。100%MVC条件において、 Δ oxyHbは、全ての被験者において課題終了直前または直後に最大値に至った(112.5±10.3, 平均値±標準偏差)。しかしながら、mean%EMGは、課題開始初期(9.8±3.1秒)に最大

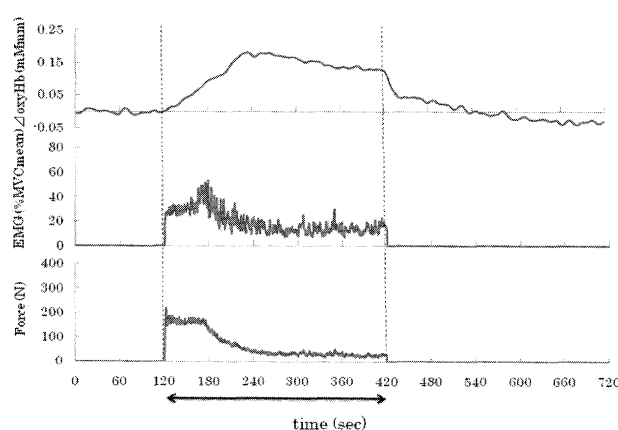


図4 50%MVC条件における課題中の Δ oxyHb、EMG、把持力の一例
矢印：課題期間

課題開始後、把持力は暫くの間50%MVCを維持し、その後徐々に低下した。mean%EMGは徐々に増加し、把持力の低下と同時に徐々に低下した。 Δ oxyHbは、課題開始後から増加がみられ、把持力およびmean%EMGの低下の後に Δ oxyHbの緩やかな減少が認められた。

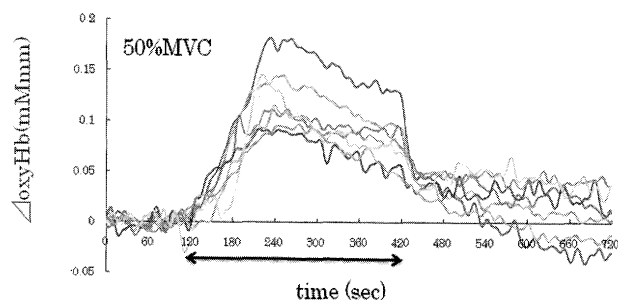


図5 50%MVC条件における課題中の Δ oxyHbの経時的変化(全被験者)
矢印：課題期間

表1 課題開始から最大値までの時間

		時間 (秒)
100% MVC 条件	Δ oxyHb	112.5 \pm 10.3 ^{*1}
	mean % EMG	9.8 \pm 3.1 ^{*2}
50% MVC 条件	Δ oxyHb	119.6 \pm 17.6 ^{*3}
	mean % EMG	58.1 \pm 16.4

(mean \pm SD)

*¹: 100% MVC 条件の Δ oxyHb と 100% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$). 100% MVC 条件の Δ oxyHb と 50% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$).

*²: 100% MVC 条件の mean % EMG と 50% MVC 条件の Δ oxyHb との間 ($p < 0.01$). 100% MVC 条件の mean % EMG と 50% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$).

*³: 50% MVC 条件の Δ oxyHb と 50% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$).

表2 最大値から課題終了直前までの減衰率

		減衰率 (%)
100% MVC 条件	Δ oxyHb	3.5 \pm 3.0 ^{*1}
	mean % EMG	79.4 \pm 7.6 ^{*2}
50% MVC 条件	Δ oxyHb	32.4 \pm 14.2 ^{*3}
	mean % EMG	84.1 \pm 5.4

(mean \pm SD)

*¹: 100% MVC 条件の Δ oxyHb と 100% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$). 100% MVC 条件の Δ oxyHb と 50% MVC 条件の Δ oxyHb との間 ($p < 0.01$). 100% MVC 条件の Δ oxyHb と 50% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$).

*²: 100% MVC 条件の mean % EMG と 50% MVC 条件の Δ oxyHb との間 ($p < 0.01$).

*³: 50% MVC 条件の Δ oxyHb と 50% MVC 条件の mean % EMG との間 ($p < 0.01$).

値に至り、 Δ oxyHb と比べ有意に短い時間であった ($p < 0.01$)。また、50% MVC において、 Δ oxyHb は 119.6 \pm 17.6 秒で、mean % EMG は 58.1 \pm 16.4 秒で最大値となり、 Δ oxyHb に比べ mean % EMG は有意に短い時間であった ($p < 0.01$)。条件間での mean % EMG の最大値までの時間は、50% MVC 条件に比べ 100% MVC 条件は有意に短い時間であったが ($p < 0.01$)、 Δ oxyHb に関しては条件間で有意な差はみられなかった。

それぞれの条件における、 Δ oxyHb と mean % EMG の最大値から課題終了直前までの減衰率を表2示す。100% MVC における Δ oxyHb の減衰率は 3.5 \pm 3.0% であり殆ど減少を見せなかったが、mean % EMG の減衰率は 79.4 \pm 7.6% であった。50% MVC においては、 Δ oxyHb の減衰率は 32.4 \pm 14.2% であったが、mean % EMG の減衰率は 84.1 \pm 5.4% であり、100% MVC 時とほぼ同様に 70% 以上の減衰率を示した。両条件において、 Δ oxyHb の減衰率は、mean % EMG の減衰率に比べ有意に少なかった ($p < 0.01$)。また条件間における Δ oxyHb の減衰率は、100% MVC 条件が 50% MVC 条件に比べ有意に少なかった ($p < 0.01$)。mean % EMG

の減衰率は、条件間で有意な差は認められなかった。

考 察

100% MVC 条件と 50% MVC 条件の双方において、mean % EMG が低下し始めたにも関わらず感覚運動野領域における Δ oxyHb は増加を続けた。持続収縮課題中に一次運動野の興奮性が増大することは、いくつかの先行研究により報告されており⁶⁾⁸⁻¹⁰⁾、本研究における感覚運動野領域の神経活動の増加も、同様の現象と考えられる。本研究においては、一次感覚運動野領域の神経活動が増加しているにもかかわらず、脊髄運動神経細胞の興奮性の低下を意味している mean % EMG は低下しており、求心性神経細胞および介在神経細胞から脊髄運動神経細胞への抑制性入力が増大、または興奮性入力の減少を反映しているのではないかと考えられる。

mean % EMG の減衰率は 100% MVC 条件と 50% MVC 条件の間で有意差がみられなかったが、 Δ oxyHb の減衰は 100% MVC 条件では殆ど減衰はみられず、50% MVC 条件では 30% 程度の減衰率を示した。50% MVC 条件において、mean % EMG が低下した後に時間において感覚運動野領域における Δ oxyHb の緩やかな低下が観察された。最大および最大下収縮中における一次運動野および運動関連野の神経活動が一定となるか、または低下することは、fMRI を用いた研究により報告されている⁶⁾¹⁰⁾。しかしながら、皮質神経活動の低下の原因については明確ではない。一つの可能性として、求心性神経細胞の活動による一次運動野神経細胞の抑制が考えられる。脳磁図を用いた研究により、筋疲労に伴い、運動感覚を反映していると言われる運動誘発磁界が増大することが報告されている¹⁶⁾。さらに、III および IV 求心性神経細胞の発火頻度の増大が一次運動野の興奮性を低下させる可能性が報告されている¹⁷⁾。III および IV 求心性神経細胞は、筋内の機械的または化学的な刺激に敏感であり、筋収縮による末梢血管の疎血や代謝産物の蓄積に伴い発火頻度が増加する¹⁸⁻²²⁾。これらのことから、本研究においては、100% MVC 条件では早期から筋活動や把持力が低下し続け、末梢血管の疎血や代謝産物の蓄積の程度が少なかったことに対し、50% MVC 条件では長時間一定の強度で収縮を維持したため、末梢血管の疎血や代謝産物の蓄積がより増大したのではないかと考えられる。すなわち 50% MVC 条件においては、III および IV 求心性神経細胞の発火頻度が 100% MVC 条件に比べより増大したため、一次運動野の神経活動の減少に至ったことが考えられる。

本研究の限界は、fNIRS が比較的優れた時間分解能に比べ、空間分解能に乏しいため、一次運動野および一次体性感覚野を分離して測定することが困難であったことがあげられる。さらに、神経血管相互作用に基づいた皮

質神経活動を測定しているため、抑制性入力および興奮性入力の双方を反映している可能性もある。また、NIRS信号が頭表部より近赤外光を照射、脳実質を通る拡散光を検出している信号の為、脳外組織血流の成分を多分に検出してしまふ可能性がある。それを裏付けるように、NIRS信号が心拍動、動脈圧変動および呼吸などの影響を受けることが報告されている²³⁾。本研究で使用した課題は、最大努力を伴うため体循環への影響を無視できないと考えられる。加えて、疲労課題も高負荷の2条件のみであり、100% MVC条件における課題遂行時間が、50% MVC条件の Δ oxyHbの低下とほぼ同時期に終了してしまうため、 Δ oxyHbの低下が、負荷強度に関連せず、課題遂行時間にのみ関連している可能性も考えられる。今後、アーチファクトの同定や、より低い負荷強度による課題設定、課題遂行時間の調整、他の皮質領域神経活動の解析を含めて検討を加えていく必要がある。

結 論

本研究において、筋疲労課題遂行中に筋活動が低下し始めたにも関わらず、運動感覚野領域の神経活動が増加し続けることが示された。これにより、持続収縮課題遂行中の筋活動の低下は一次運動野の神経活動低下ではなく、脊髄運動神経細胞の興奮性の低下によるものか大きいのではないかと推察された。

また、最大収縮条件と最大下収縮条件においては、筋活動の減少度合いが等しいにもかかわらず、最大下収縮条件では筋活動低下の後、しばらくして皮質神経活動の低下が認められた。これは、求心性神経細胞から大脳皮質神経細胞への感覚入力が両条件間で異なり、感覚運動野領域の活動の抑制が最大下収縮条件でより大きかったのではないかと考えられた。

文 献

- Bigland-Ritchie B, Jones DA, *et al.*: Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. *Clin Sci Mol Med.* 1978; 54: 609-614.
- Asmussen E: Muscle fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 1979; 11: 313-321.
- Bigland-Ritchie B: EMG/force relations and fatigue in human voluntary contractions. *Exerc Sports Sci Rev.* 1981; 9: 75-117.
- Gandevia SC: Neural control in human muscle fatigue: Changes in muscle afferents, moto neurons and moto cortical drive. *Acta Physiol Scand.* 1998; 162: 275-283.
- Gandevia SC: Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2001; 81: 1725-1789.
- Liu JZ, Shan ZY, *et al.*: Human brain activation during sustained and intermittent submaximal fatigue muscle contractions: an FMRI study. *J Neurophysiol.* 2003; 90: 300-312.
- Dettmers C, Lemon RN, *et al.*: Cerebral activation during the exertion of sustained static force in man. *Neuroreport.* 1996; 7: 2103-2110.
- Gandevia SC, Allen GM, *et al.*: Supraspinal factors in human muscle fatigue evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol.* 1996; 490: 529-536.
- Brasil-Neto JP, Johansson R, *et al.*: Central fatigue as revealed by postexercise decrement of motor evoked potentials. *Muscle Nerve.* 1994; 17: 713-719.
- Liu JZ, Dai TH, *et al.*: Nonlinear cortical modulation of muscle fatigue: a functional MRI study. *Brain Res.* 2002; 957: 320-329.
- Yang Q, Fang Y, *et al.*: Weakening of functional corticospinal coupling during muscle fatigue. *Brain Res.* 2008; 1250: 101-112.
- Mima T, Toma K, *et al.*: Coherence between cortical and muscular activities after subcortical stroke. *Stroke.* 2001; 32: 2597-2601.
- Salenius S, Avikainen S, *et al.*: Defective cortical drive to muscle in Parkinson's disease and its improvement with levodopa. *Brain.* 2002; 125: 491-500.
- Hellwig B, Haussler S, *et al.*: Tremor-correlated cortical activity detected by electroencephalography. *Clin Neurophysiol.* 2000; 111: 806-809.
- Hoshi Y, Kobayashi N, *et al.*: Interpretation of near-infrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model. *J Apply Physiol.* 2001; 90: 1657-1662.
- Jean-Claude J, Michel P, *et al.*: A dynamic network involving MI-SI, SII-Insular, medial insular, and cingulate cortices controls muscular activity during an isometric contraction reaction time task. *Hum Brain Mapp.* 2009; 30: 675-688.
- Martin PG, Weerakkody N, *et al.*: Group III and IV muscle afferents differentially affect the motor cortex and motoneurons in humans. *J Physiol.* 2008; 586: 1277-1289.
- Knifki KD, Schomburg ED, *et al.*: Synaptic responses of lumbar alpha-motoneurons to chemical algescic stimulation of skeletal muscle in spinal cats. *Brain Res.* 1979; 160: 549-552.
- Li J, Sinoway LI: ATP stimulates chemically sensitive and sensitizes mechanically sensitive afferents. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2002; 283: 2636-2643.
- Mense S: Nervous outflow from skeletal muscle following chemical noxious stimulation. *J Physiol.* 1977; 267: 75-88.
- Rotto DM, Kaufman MP: Effect of metabolic products of muscular contraction on discharge of group III and IV afferents. *J Appl Physiol.* 1988; 64: 2306-2313.
- Sinoway LI, Hill JM, *et al.*: Effects of contraction and lactic acid on the discharge of group III muscle afferents in cats. *J Neurophysiol.* 1993; 69: 1053-1059.
- Boas DA, Dale AM, *et al.*: Diffuse optical imaging of brain activation: approaches to optimizing image, sensitivity, resolution, and accuracy. *Neuroimage.* 2004; 23: 275-288.

〈Abstract〉

**Oxygenation Changes in Sensorimotor Cortex during Exhaustive Handgrip Task
— A Near-infrared Spectroscopy Study —**

Tatsuya Iwabe, PT, Hideaki Onishi, PT, PhD, Masayoshi Kubo, PT, PhD

Field of Physical Therapy, Niigata University of health and welfare graduate school

Katsuya Furukawa, PT

Department of Rehabilitation, Niigata Rehabilitation Hospital

Field of Physical Therapy, Niigata University of health and welfare graduate school

Hikari Kirimoto, OT, MS

Department of Occupational Therapy, Niigata University of Health and Welfare

Purpose: We investigated the relationships of changes among muscle forces, muscle activities and sensorimotor cortical activity during exhaustive task.

Subject and Method: Seven male healthy subjects participated in this experiment. Subjects performed handgrip task with maximal voluntary contraction (100% MVC) for 120 s and with 50% maximal contraction (50% MVC) for 300 s. The rest period was given before (120 s) and after (300 s) the task. The cerebral cortex oxy-hemoglobin concentration change (Δ oxyHb) was measured by Near-infrared spectroscopy (NIRS) from the beginning of the first rest period to end of the second rest period. Muscle force and electromyogram were also measured in the same period.

Result: In both conditions, Δ oxyHb in sensorimotor cortex exhibited steady increases in initial part of the handgrip task. In 50% MVC condition, the decrease of Δ oxyHb was preceded by the decrease in muscle force and muscle activity. However, in 100% MVC condition, the decrease of Δ oxyHb was observed only at the end of the hand grip task. In both conditions, reduction rates of Δ oxyHb were less than that of the muscle activities.

Conclusion: This study demonstrated that in 100% MVC condition, sensorimotor cortical activity keeps increasing even though muscle activity starts decreasing due to fatigue. However, in 50% MVC condition, decrease in sensorimotor cortical activity is observed significantly later than the occurrence of the in muscle activity.