

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24年 5月 23日現在

機関番号：33111

研究種目：挑戦的萌芽

研究期間：2009～2011

課題番号：21650144

研究課題名（和文） 運動遂行時における脳血液量と体循環との関係

研究課題名（英文） Intra- and extra-cranial oxygenation and systemic circulation during dynamic exercise

研究代表者

大西 秀明 (ONISHI HIDEAKI)

新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：90339953

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は粗大運動時における体循環と脳循環との関係を明らかにすることである。脳血液量の計測には近赤外線分光イメージング装置（NIRS）を利用し、送・受光プローブ間隔を3種類（1.5cm, 3.0cm, 4.5cm）設定し頭表から浅層、中間層、深層の循環動態を計測することを試みた。実験の結果、運動負荷量の増大に伴い下肢筋活動、心拍数、血圧、頭皮血流量は増加するものの、頭部酸素化ヘモグロビンはプローブ間距離に影響されず高負荷強度の途中から減少することと、下肢筋活動に同期した頭部血液量の変動は認められないことが示された。このことから、（1）高運動負荷時には体循環の変動と脳循環の変動は異なり、NIRSを利用してその違いを明らかにすることができることと、（2）下肢粗大運動時には大脳皮質の神経活動をNIRSで計測することは困難であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to clarify the relationship between intra- and extra-cranial oxygenation and systemic circulation during dynamic exercise. We used the near-infrared spectroscopy (NIRS) to measurement the intra- and extra-cranial oxygenation with the inter-optode distance of 1.5 cm, 3.0 cm and 4.5 cm. As a result, the muscle activity, heart rate, blood pressure, and skin blood flow were increased with the increase in amount of the exercise. The NIRS signals of all the optode, however, were decreased under the high-intensity exercise. And, we could not confirm the synchronization with the muscle activity and the NIRS signals during dynamic exercise. These results suggest that the changes in intra-cranial oxygenation are different from that in systemic circulation under the high-level exercise, and the oxygenation detected by using the NIRS system were not reflect the cortical activity under the dynamic exercise.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
21年度	1,100,000	0	1,100,000
22年度	500,000	0	500,000
23年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	150,000	2,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：近赤外線分光法、脳血液量、体循環、脳活動、リハビリテーション、血圧

1. 研究開始当初の背景

近年の医工学技術の発展に伴い、機能的核磁気共鳴断層撮影装置 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) や、陽電子放射断層撮影装置 (Positron Emission Tomography, PET)、脳磁界計測装置、近赤外線分光イメージング装置 (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS) などが普及し、ヒトの脳機能を可視化できるようになってきた。それぞれの機器は時間分解能や空間分解能などで特徴があるが、NIRS は粗大運動中の脳活動を計測できるというのが最も大きな特徴である。

NIRS は、近赤外線光を頭表から照射し、脳を通過して頭蓋外に出てきた近赤外光を測定することにより大脳皮質の酸素化ヘモグロビン (OxyHb) および脱酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測できる装置である。fMRI や PET と同様に脳神経細胞の電気活動を計測するものではなく、神経細胞の活動に伴う血液量の変動を検出して脳活動として捉えるものである。fMRI や PET と異なり計測時の身体拘束が少なく、日常生活に近い環境で脳活動を計測できるため、リハビリテーション領域では急速に普及し、臨床研究も多く報告されている。しかし、一方では NIRS を用いて検出された頭部 OxyHb データは、頭蓋外組織の血液動態にも強く影響されることが明らかになりつつある。そのため、粗大運動遂行時に頭部から検出された OxyHb のデータを解釈するためには、皮質以外の循環動態の変動も考慮する必要がある。

2. 研究の目的

脳活動計測用の近赤外線プローブの距離を3種類設定し、頭表浅層部から深層部にかけての OxyHb を同時に計測するとともに体循環および筋活動も同時に計測し、粗大運動時における脳循環と体循環との関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

対象は健康成人であり、実験実施前に被験者には実験内容を十分に説明して文書にて同意を得た。また、本実験計画は当大学の倫理審査で承認を得た。

使用機器は、近赤外線分光イメージング装置 (FOIRE-3000, 島津製作所)、連続血圧血行動態測定装置 (Finometer, Finapres Medical Systems)、レーザー組織血流計 (OMEGAFLOW FLO-CI, OMEGAWAVE)、筋電計 (FA-DL-720・140, フォーアシスト)、AD 変換システム (PowerLab 16/30, AD Instruments)、自転車エルゴメーター (Aerobike 75XL, COMBI) である。

運動課題は自転車駆動動作課題とし、安静



図1. 実験風景

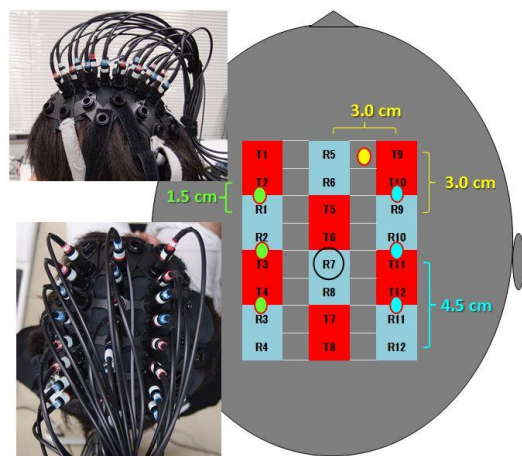


図2. NIRS計測用プローブ配置

3.0 cm間隔×34チャンネル, 1.5 cm間隔×9チャンネル
4.5 cm間隔×9チャンネル

4分間、ウォーミングアップ4分間、最大酸素摂取量の30%強度 (30%VO₂max) 5分間、50%VO₂max5分間、70%VO₂max5分間、クーリングダウン4分間、安静4分間とし、安静時および自転車駆動時の頭部 OxyHb、前頭部皮膚血流量、血圧、心拍数、大腿四頭筋の筋電図を計測した。

連続血圧測定用のプローブは左示指先端に装着して一拍ごとの血圧を計測し、組織血流計測用のレーザープローブは前頭部に装着して皮膚血流量を計測した (図1)。頭部近赤外線分光イメージング用の光ファイバ

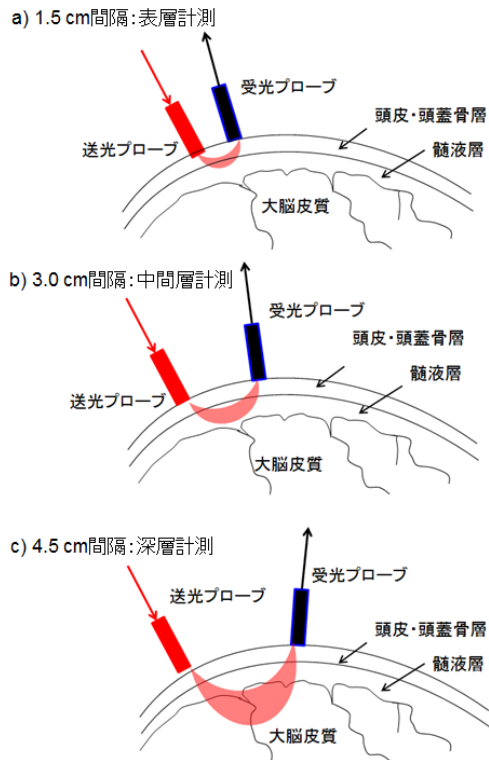


図3. NIRSプローブ間距離と計測範囲のイメージ図

プローブは頭頂部を中心に左右対称に、12本の照射プローブと12本の受光プローブがそれぞれ1.5 cm, 3.0 cm, 4.5 cmになるように格子状に固定した。測定チャンネル数は、3.0 cm 間隔の測定が34チャンネル、1.5 cm 間隔の測定が9チャンネル、4.5 cm 間隔の測定が9チャンネルであった(図1, 図2)。一般的にはプローブ間距離を3.0 cmに設定して利用されることが多く、大脳皮質の活動を最も反映するとされている。プローブ間距離を1.5 cmにすると大脳皮質の血液量の変動よりも頭皮や筋肉などの頭蓋外組織の血液動態の変動を反映すると言われている(図3)。

4. 研究成果

課題中の血圧(収縮期, 平均), 心拍数, 皮膚血流量および外側広筋の筋電図を図4に, OxyHbの変化量を図5に示す。図4・5は被験者1名のデータを示しており, OxyHbのデータは各プローブ間距離での全てのチャンネルから検出された値の平均値を示している。この被験者は, 70%VO₂maxを4分間継続した後, 継続困難となり駆動を中断してクーリングダウンを開始している。運動負荷量の増加と共に筋活動量が段階的に増大していく様相が示された(図3・EMG)。また, 血圧, 心拍数および前頭部皮膚血流量

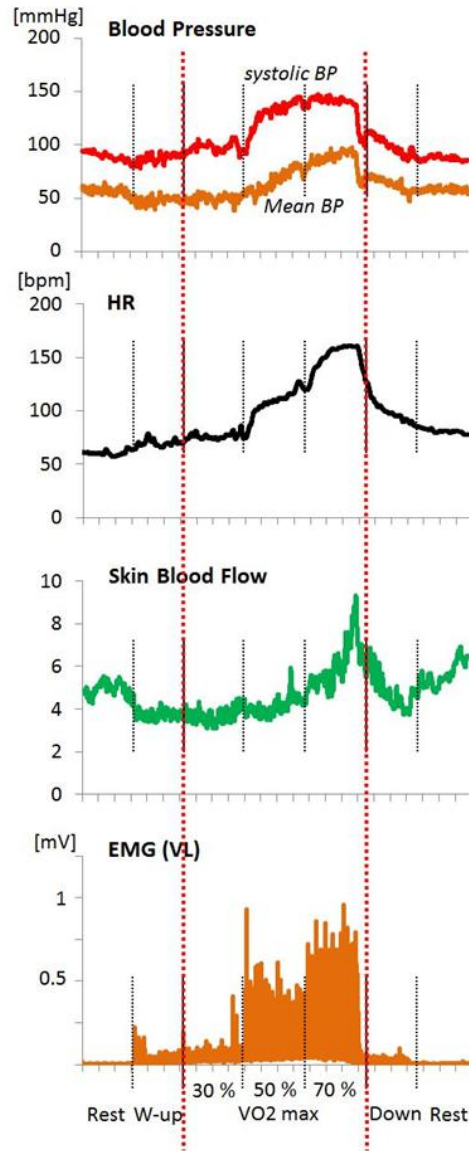


図4. 自転車駆動中の血圧, 心拍数, 頭皮血流量, 下肢筋活動の変動

は50%VO₂maxでの駆動開始時点から急激に増大していく様相を示した(図4)。頭部OxyHbの変化量をみると, ウォーミングアップ開始とともに一旦減少し, 30%VO₂maxでの駆動開始から徐々に増大し, 70%VO₂maxの駆動中に減少を開始した(図5)。異なるプローブ間距離のデータを比較すると, 変化量は異なるものの変動パターンは似通っていた。この傾向は全ての被験者において同様の傾向であった。頭部OxyHbの変化と体循環との変動を比べると, 近似したパターンを示すものの, 増大または減少のタイミングが異なっていることが明らかになった。

また, 自転車駆動に必要な下肢筋活動と頭部OxyHbの変動には同期性が認められなかった。

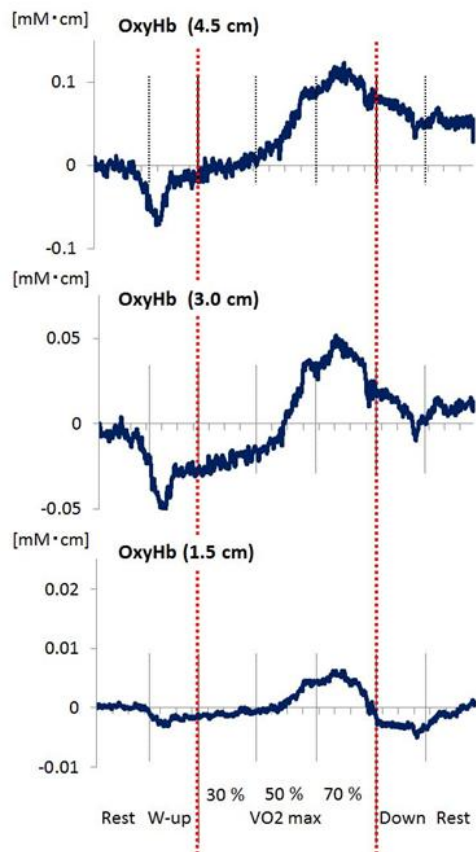


図5. 自転車駆動中における頭部OxyHbの変動(プローブ間距離4.5 cm, 3.0 cm, 1.5 cm)

これらのことから、血圧や心拍数が大きく変動するような粗大運動時において頭部から検出された OxyHb の変化量は体循環の影響を受けている可能性があるものの、体循環以外の要因も含まれており、頭蓋内組織における血液動態を捉えている可能性が伺えた。この変動は、大脳皮質の神経細胞の活動を反映した皮質毛細血管の血液動態ではなく、頭蓋内の動静脈系を含んだ血液動態を反映していると考えられた。これらの結果から、(1) 高運動負荷時には体循環の変動と脳循環の変動は異なり、NIRS を利用してその違いを明らかにすることができることと、(2) 下肢粗大運動時には大脳皮質の神経活動を NIRS で計測することは困難であると考えられた。

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4件)

- 1) 大関麻帆, 大西秀明, 椿淳裕, 小島翔: 運動学習過程における大脳皮質運動関連領域の酸素化ヘモグロビン濃度変化について—近赤外分光法(NIRS)による検討—. 日本基礎理学療法学雑誌(2012) 15 (In-press)

- 2) Sato D, Onishi H, Yamashiro K, Iwabe T, Shimoyama Y, Maruyama A: Water immersion to the femur level affects cerebral cortical activity in human: functional near-infrared spectroscopy. *Brain Topography* (2012) 25:220-227
- 3) 中林美代子, 大西秀明, 古沢アドリアネ明美: 自転車エルゴメーター駆動時における大脳皮質活動—近赤外線分光法による検討—. 理学療法科学(2011) 26: 239-245
- 4) 岩部達也, 大西秀明, 久保雅義, 古川勝弥, 桐本光: 筋疲労課題中における大脳皮質感覚運動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—. 理学療法学(2010) 37: 35-40

[学会発表] (計6件)

- 1) 大西秀明, 椿淳裕, 小島翔, 古沢アドリアネ明美: 粗大運動遂行時における体循環および脳循環の変動. 第13回日本電気生理運動学会. 2012年3月4日(大阪)
- 2) 椿淳裕, 岩部達也, 古沢アドリアネ明美, 松本香好美, 菅原和広, 田巻弘之, 大西秀明: 息こらえによる体循環変動が近赤外分光法での脳活動計測信号に及ぼす影響. 第41回日本臨床神経生理学会学術大会. 2011年11月11-12日(静岡)
- 3) 松本香好美, 椿淳裕, 古沢アドリアネ明美, 菅原和広, 大西秀明: 頸部の角度変化が近赤外分光法により得られた OxyHb データに及ぼす影響. 第46回日本理学療法学術大会(宮崎)
- 4) Sato D, Onishi H, Iwabe T, Maruyama A. Does the immersion affect cortical activation in human? -functional Near Infrared Spectroscopy study. XIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. 2010.6.16-19 (Oslo/Norway)
- 5) Sato D, Onishi H, Iwabe T, Maruyama A. The pouring water to legs change cortical activation in human: functional Near Infrared Spectroscopy study. The 15th annual European College of Sports Science. 2010.6.23-26 (Antalya/Turkey)
- 6) 岩部達也, 大西秀明, 椿淳裕, 久保雅義, 桐本光. 手指把持動作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と血圧との関係(第二報). 第45回日本理学療法学術大会. 2010.5.27-29日(岐阜)

〔図書〕（計1件）

- 1) 大西秀明, 久保雅義：運動機能解析テクニック（2010）pp291-316. 協同医書出版（東京）；細田多恵・他編集：理学療法ハンドブック第4版.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 秀明 (ONISHI HIDEKAI)
新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授
研究者番号：90339953

(2) 研究分担者

久保 雅義 (KUBO MASAYOSHI)
新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授
研究者番号：50460332

椿 淳裕
新潟医療福祉大学・医療技術学部・講師
研究者番号：50410262

菅原 和広
新潟医療福祉大学・医療技術学部・助教
研究者番号：10571664

古沢アリアネ 明美
新潟医療福祉大学・医療技術学部・助手
研究者番号：20410269

松本 香好美
新潟医療福祉大学・医療技術学部・講師
研究者番号：20586200