利き手と非利き手作業時における脳循環動態の比較

Changes of Cerebral Oxygenation as Measured by Near-Infrared Spectroscopy in Healthy Adults: a Comparison of the Activities of the Dominant and Non-Dominant Hands

村山 菜都弥¹⁾ 村田 伸¹⁾

NATSUMI MURAYAMA, PTS¹⁾, SHIN MURATA, PT, PhD¹⁾

¹⁾ Faculty of Rehabilitation Science, Nishikyushu University: 4490-9 Ozaki, Kanzaki-cho, Kanzaki-shi, Saga, 842-8585, Japan.
TEL+81 952-52-4191 E-mail: muratas@nisikyu-u.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 27(2): 195-198, 2012. Submitted Nov. 9, 2011. Accepted Dec. 8, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] We examined and compared cerebral oxygenation in the frontal lobe when healthy adult subjects used their dominant and non-dominant hands. [Subjects and Method] The subjects were 12 healthy right-handed persons (9 males and 3 females, average age 20.3±0.5 years). They were asked to draw a coil, like a mosquito coil and of the same diameter, in 10 s. They were then asked to draw as quickly as possible a line within the coil without touching the walls of the coil. During performance of these tasks, we measured changes in oxy-hemoglobin (HbO₂) using NIRS and task times for both the dominant and non-dominant hands. [Results] A significant difference was found between HbO₂ during task performance by the dominant hand and the non-dominant hand, and HbO₂ was significantly higher when the non-dominant hand performed the task. [Conclusion] The results suggest that cerebral oxygenation in the frontal lobe increases more when the non-dominant hand is used rather than the dominant hand.

Key words: dominant hand, non-dominant hand, cerebral oxygenation

要旨:〔目的〕健康成人を対象に利き手と、非利き手を使用した際の前頭葉の脳血流量を比較検討した。〔対象と方法〕健康な男女12名（男性9名、女性3名、年齢20.3±0.5歳、対象者のすべてが右利き）を対象に、蚊取り線香をかたどった渦巻きと同じ大きさの円を10秒間書いてもらい、次に渦巻きの壁に当たらないようにできるだけ早く線を書いてもらった。この渦巻き課題を利き手、非利き手で行った際の各所要時間と施行中の酸素化ヘモグロビン（HbO₂）の変化をNIRSを用いて測定した。〔結果〕利き手と非利き手を用いた作業時のHbO₂に有意な差が認められ、非利き手使用時に有意にHbO₂が高まった。〔結語〕利き手よりも非利き手を使用したほうが、前頭葉の脳血流量が増加することが示唆された。

キーワード: 利き手、非利き手、脳血流量

¹⁾ 西九州大学リハビリテーション学部: 佐賀県神埼市神埼町尾崎4490-9 (〒842-8585) TEL 0952-52-4191

I. 緒 言

利き手と脳は、よく知られているように優位半球は右利きの95%以上、左利きの70～80%が左半球にあるとされている¹⁾。実際に、手掌面でのゴルフボール回しや健のグライディングエクササイズを行い利き手の違いが脳活動に及ぼす影響について検討した結果、右利き者では左運動野、左利き者では左右運動野での脳賦活化が起こることが報告^{2,3)}されている。運動領域は前頭葉にあり、前頭前野（前頭連合野）と区別される。前頭前野は思考、記銘、想起、ワーキングメモリー課題などの遂行の際に活性化される。これらの機能は人として生活していくために不可欠であるが、この機能障害が記憶障害などとともに現れた状態が認知症と捉えられている⁴⁾。

認知症の初期には昔の記憶や計算力などは保たれており、まず最初に侵されるのは発想、推理、注意集中、意欲、感動などの前頭前野に関わる機能群である^{5,6)}。また、注意は様々な認知機能の基本的要素⁷⁾とされている。このことから、認知症高齢者の前頭前野を活性化することは、認知機能の低下の防止につながると考えられており、実際に高齢者に対する介入研究で検証されている⁸⁻¹⁰⁾。これらの研究は、単純な計算や音読活動が前頭葉機能の活性化に繋がるとされており、認知機能の基本的要素となる注意機能においては、ワーキングメモリーや注意分配あるいは変換を必要とする注意制御課題を選択することで効果的に賦活化されることが示唆されている¹¹⁾。

近藤ら¹²⁾は、利き手と非利き手で「ハサミで紙を切り抜く」という運動課題に対して、前頭葉がどのような影響を受けるのかについて健常者を対象に検討した。その結果、利き手での作業と非利き手での作業に伴う脳活動には有意な違いがなかったと報告している。しかし、この実験では非利き手での運動であっても、利き手で用紙を持ち回転させるという動作が含まれており、純粋な非利き手・利き手作業とは言えず、そのために有意な差が生じなかった可能性がある。

そこで本研究では、健常者を対象に利き手または非利き手のみを用いた作業時の前頭葉、とくに前頭前野の活動について、近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy; NIRS)による脳内血液酸素動態を測定し検討した。

なお、本研究で用いたNIRSは、局所の脳内血液酸素動態が長時間にわたり、身体に影響を及ぼすことなく測定できるため、課題遂行前後を含めた連続的なモニタリングが可能である。また、近年非侵襲的脳機能モニターとして臨床応用されているmagneto encephalography (MEG)、positron emission tomography (PET)、functional magnetic resonance imaging (f-MRI) などのように大規模な装置を必要とせず、被験者が座位で両手を自由に動かせるという利点があるため本研究で採用した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、某大学に通う学生であり、健常な男女12名(男性9名、女性3名、年齢 20.3 ± 0.5 歳)を対象とした。また、対象者の利き手は全て右利きであった。なお対象者には研究の趣旨と内容について説明し口答で同意を得て研究を開始した。

2. 方法

脳内血液酸素動態の測定には、浜松ホトニクス社製のNIRO200®を用いた。この測定装置から得られる測定値の信頼性と妥当性については既に確認されている¹³⁾。測定は、2つのプローブ（照射プローブと検出プローブの間隔は3 cm）を前頭部の両眉の直上にそれぞれ固定した。

課題内容として、まず、蚊取り線香をかたどった渦巻きと同じ大きさの円を10秒間書いてもらい、次に渦巻きの壁に当たらないようにできるだけ早く線を書いてもらった(図1)。この渦巻き課題を利き手、非利き手で行った際の各所要時間と施行中の酸素化ヘモグロビン(HbO₂)の変化を測定した。なお、利き手と非利き手における作業の順番は、サイコロを用いて偶数が利き手、奇数が非利き手としランダムとした。また、先行研究¹⁴⁾に従い、課題と課題の間に15秒間の休息をとった。課題開始および終了の記録用マーカーには電気スイッチを用いた。HbO₂および電気スイッチのアナログ信号は、アナログ/デジタル変換器(UAS-AI®・ユニークメディカル社製)を介してパーソナルコンピュータにサンプリング周波数500 Hzで同時記憶・保存された。記録したデータは実験終了後off-line下で解析した。

データ処理として、得られたHbO₂のデータは1秒間隔で平均化した。また、円の課題施行中におけるHbO₂の平均変化量を基準(100%)として、渦巻き課題施行中の利き手と非利き手それぞれのHbO₂変化率($\Delta\%$)を算出した。統計処理について、利き手と非利き手のすべての比較には対応のあるt検定を行った。解析にはSAS社statView5.0を用い、有意水準は5%未満とした。

図1 渦巻き課題の実施方法

蚊取り線香状の渦巻きの壁に触れない
ようにできるだけ早く線を引く

III. 結 果

各測定値について、10秒間の円を書く課題施行中の脳血流量を基準(100%)として、渦巻き課題の利き手と非利き手を使用した際の変化率(平均値±標準偏差)は、利き手では $121.4 \pm 13.0 \Delta\%$ 、非利き手では $207.0 \pm 13.7 \Delta\%$ であり、利き手より非利き手での作業の方が有意($p<0.05$)に血流の変化が大きかった。(表1)

また、渦巻き課題の所要時間(平均値±標準偏差)は、利き手が 12.4 ± 4.5 秒、非利き手が 15.6 ± 7.8 秒であり、利き手より非利き手の方が作業時間が有意($p<0.05$)に長かった。(表1)。

IV. 考 察

NIRSは、近赤外線生体透過性とヘモグロビンによる吸収を受けるという性質を利用することにより、脳血流および組織内の酸素状態が非侵襲的に測定できる。脳の活動が促進されると、血液量と脳内酸素濃度の増加が生じる¹⁵⁾ため、HbO₂の変化量を測定することは脳の活動状態を把握しうるものと考えられている。

そこで本研究では、健康者を対象に利き手、非利き手使用中の前頭葉の活動についてNIRSによるHbO₂の変化を検討した。その結果、利き手と非利き手使用時のHbO₂に有意な差が認められ、非利き手を使用する方が前頭葉が有意に活動することが確認された。近藤ら¹²⁾の研究では利き手での作業と非利き手での作業に伴う脳活動には有意な差がなかったと報告しており、本研究結果とは矛盾した結果であるが、本研究は利き手または非利き手のみで渦巻きを書くという、純粋に利き手、非利き手のみをそれぞれ使用した運動課題であったことが考えられる。

また、利き手と非利き手使用時の所要時間においても有意な差が認められ、非利き手を使用するほうが作業時間が長くなることが確認された。坂本ら¹⁶⁾は高齢者17名を対象に利き手と非利き手の作業時間についてペグボードを用いて測定し、非利き手のほうが作業時間が長くなることを報告しており、本研究と矛盾しない。このことから、利き手のほうが非利き手より巧緻性が高いことが示される。よって、利き手より作業効率の悪い非利き手で難しい課題を行うことにより注意力が必要となり、脳血流量が増加したと考えられる。また、Kimら¹⁷⁾やLiら¹⁸⁾は、右利き者が左手で作業した場合には右脳のみならず左脳も活動することを報告している。本研究の対象例はすべて右利き者であったことが前頭葉の脳血流量に有意差を与えたのかもしれない。

以上の結果から、利き手より非利き手を使用したほうが前頭葉の脳血流が増加することが明らかとなり、前頭葉の活性化には非利き手を使用したほうがよいことが示

表1 渦巻き課題におけるHbO₂変化率と所要時間の比較

	利き手	非利き手
HbO ₂ 変化率	121.4 ± 13.0	$207.0 \pm 13.7^*$
所要時間	12.4 ± 4.5	$15.6 \pm 7.8^*$

平均±標準偏差   * $p<0.05$

唆された。ただし、本研究で対象者としたのは健康若年成人である。加齢により手指の巧緻性は低下するので、若年成人よりも高齢者の方がより注意力が増し脳血流量が増加するのではないかと考えられる。また、前頭葉の活性化が認知機能の低下防止になると考えられているため、今後は、高齢者や認知機能が低下した高齢者を対象に利き手と非利き手を使用したときのHbO₂の変化を測定し、今回と同様の結果が得られるのか否かについて検討する必要がある。

引用文献

- 1) 大畑光司：片麻痺の原因，脳血管障害とは，細田多穂，植松光俊，江西一成・他（編）：中枢神経障害理学療法学テキスト，南江堂，東京，2008，pp15-24.
- 2) 遠藤加菜，吉岡亜耶，吉田彬人・他：利き手の違いが手運動時の脳活動に及ぼす影響．作業療法学，2011，45：18011.
- 3) 吉岡亜耶，吉田彬人，Hadoush Hikmat・他：利き手および非利き手による健のグライディングエクササイズが脳ヘモグロビン動態に及ぼす影響．作業療法学，2011，45：24065.
- 4) 山口晴保：第1部認知症の基礎知識，認知症とは，山口晴保（編）：認知症の正しい理解と包括的医療・ケアのポイント一快一徹！ 脳活性化リハビリテーションで進行を防ごう一，協同医書出版社，東京，2006，pp2-10.
- 5) 金子満雄：痴呆と前頭葉機能．失語症研究，1990，10(2)：127-131.
- 6) 福居顯二：前頭前皮質—前頭葉の解剖学，生理学，神経心理学一，第3版．新興医学出版社，東京，2006，pp188-233.
- 7) 鹿島晴雄，半田貴士，加藤元一朗・他：注意障害と前頭葉損傷．神経進歩，1986，30(5)：847-858.
- 8) Kawashima R, Okita K, Yamazaki R, et al.: Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 2005, 60(3): 380-384.
- 9) 吉田 甫，川島隆太，杉本幸司・他：学習課題の遂行が老年期痴呆患者の認知機能に及ぼす効果．老年精神医学，2004，15(3)：319-325.
- 10) 吉田 甫，片桐惇志，大川一郎・他：高齢者に対する計算と音読活動の介入が前頭葉機能の活性化におよぼす影響：NIRSによる検討．立命館人間科学研究，2008，16：117-125.
- 11) 酒井 浩，加藤寿宏：注意制御課題実施時の前頭前野領域における血中ヘモグロビン濃度の変化—仮名拾いテストを

- 用いた検討一. 京都大学医学部保健学科紀要, 健康科学, 2006, 3: 7-15.
- 12) 近藤 誠, 近江政雄: 単調作業の前頭部脳活動への影響. 電子情報通信学会, 信学技報, 2007: 149-154.
- 13) 鈴木 進, 高崎住男, 尾崎健夫・他: 近赤外線酸素モニター装置の開発. *Therapeutic Research*, 1996, 17: 15-18.
- 14) 畠山英子, 菊池吉晃, 宮崎良文・他: 嗜好飲料飲用による味覚刺激・嗅覚刺激がヒトの中樞神経活動・自律神経活動に与える影響. 食に関する助成研究調査報告書, すかいらくフードサイエンス研究所, 2001, 14: 79-87.
- 15) 日下 隆: 近赤外線分光法はどのように利用されているかー脳内酸素化・循環動態の観察. 体育の科学, 2001, 51(7): 522-526.
- 16) 坂本洋子, 谷口照六, 長尾哲男・他: 難易度差を有する作業における利き手と非利き手の作業時間についてー利き手と非利き手の能力についてー. 長崎大学学術研究成果リポジトリ, 1995: 93-95.
- 17) Kim SG, Ashe J, Hendrich K, et al.: Functional magnetic resonance imaging of motor cortex: hemispheric asymmetry and handedness. *Science*, 1993, 261: 615-617.
- 18) Li A, Yetkin FZ, Cox R, et al.: Ipsilateral hemisphere activation during motor and sensory tasks. *Am J Neuroradiol.*, 1996, 17: 651-655.