

近赤外分光法を用いた書字課題における 脳血液動態の検討

森川孝子 OT 篠原英記 PT
 松尾善美 PT, PhD 中前智通 OT, MS
 山本大誠 PT, PhD 大瀧誠 OT
 梶田博之 OT, MS
 神戸学院大学 総合リハビリテーション学部
 医療リハビリテーション学科

[要約] わが国の精神疾患受療者総数は厚生労働省の平成14年度の患者調査によると約260万人、そのうち入院患者数は約33万人といわれている。精神科領域の作業療法においては、統合失調症の認知機能障害に対するアプローチの重要性が取り上げられ、脳機能画像研究による報告も聞かれるようになった。近年の脳機能画像研究は、ポジトロン断層法、機能的磁気共鳴画像法、脳磁図、近赤外分光法（near-infrared spectroscopy 以下NIRS）など様々な計測手法が用いられ、発展している領域である。精神科疾患に対してもNIRSを用いた脳機能画像研究が行われ、統合失調症患者の前頭前野の機能低下が報告されている。

しかし、これまで作業療法において用いる作業活動が脳血液動態に及ぼす影響を研究した報告は散見される程度である。本研究ではNIRS計測機である光トポグラフィーを用いて、作業療法の治療手段の一つとして用いられる「硬筆書写（写し書き）」課題遂行中の前頭葉における脳血液動態を検討した。

この結果、対照課題である「図形描画」課題遂行中の酸化ヘモグロビン（以下oxy-Hb）の変化量との間に有意な差はみられなかったが、どちらの課題遂行中においても前頭前野のoxy-Hb量が増加した対象者は18名中12名であった。このことから硬筆書写（写し書き）活動と図形描画において前頭前野が賦活された可能性が示唆された。

キーワード：近赤外分光法、認知機能、硬筆書写（写し書き）、作業療法

I はじめに

わが国の精神疾患受療者総数は厚生労働省の平成14年度の患者調査によると約260万人、そのうち入院患者数は約33万人といわれている。その中で、統合失調症を持つ患者は入院患者の約60%、通院患者数の約27%を占めている。統合失調症はその多くが主として青年期という社会的役割学習の時期に発症し、人口比は0.7~0.8%といわれている。治療・援助方法として薬物療法や精神療法をはじめ、心理療法、作業療法を含む様々なリハ

ビリテーションが行われている。作業療法においては統合失調症の認知機能障害に対するアプローチの重要性が取り上げられており、脳機能画像研究による報告もされはじめています。

近年の脳機能画像研究は、ポジトロン断層法（positron emission tomography）、機能的磁気共鳴画像法（functional magnetic resonance imaging）、脳磁図（magneto encephalography）、近赤外分光法（near-infrared spectroscopy 以下NIRS）など様々な計測手法が開発され、発展している領域である。近赤外分光法（near-infrared spectroscopy, NIRS）

とは近赤外線 (近赤外光) を用いて生体のヘモグロビン濃度を測定し、それを利用して非侵襲的に血液量を推定する方法である [1]。この方法を用いた脳機能画像計測機である光トポグラフィーは、2種類の近赤外光を用いることにより、各波長による吸収係数の差を利用して脳表から約2 cm ~ 3 cmの深さの血液中の酸化ヘモグロビン (oxy-Hb) と還元ヘモグロビン (deoxy-Hb) の量をそれぞれ求め、画像表示することができる [2]。そして、oxy-Hbとdeoxy-Hbの和が総ヘモグロビン (total-Hb) である。NIRSの限界の一つとして、脳表付近のみの測定で、空間分解能が低いことが挙げられており、脳深部も含めて脳機能の局在を細かく決定することは不可能であるといわれている [3]。無拘束・非侵襲という利点に加え、リアルタイム計測 (時間分解能0.1sec) が可能なため、作業活動遂行中における脳血液動態をモニタリングするのに適している。統合失調症をはじめとする精神疾患においても神経心理学的検査や認知課題を用いて様々な脳機能画像研究がなされるようになった。

統合失調症患者を対象としたNIRSを用いた脳機能画像研究において、Sutoらはうつ病、統合失調症患者らを対象に語想起課題、手指タッピング課題遂行中の前頭葉、側頭葉における脳血液動態を計測している [4]。また、ShinbらはRNG (random number generation) 課題、RC (ruler catching) 課題遂行中の前頭葉における脳血液動態を計測している [5]。それぞれの研究から、対照群に比べ、統合失調症患者は前頭葉の中でも特に前頭前野の機能低下が報告されている。そして、統合失調症患者では前頭葉低活性 (hypofrontality) が認められ、これは安静時よりも前頭葉賦活課題においてより顕著であることが知られている [3]。統合失調症患者の認知機能障害は言語性記憶の障害、実行機能の障害、持続性注意の生涯、視覚-運動処理機能の障害など日常生活上の生活障害と

して現れており、作業療法においても統合失調症を持つ患者のこれらの障害と関連のある前頭前野を賦活する必要性が伺われる。

作業療法において書字は、分野を問わず広く対象者の評価や治療の手段として用いられている。書字は、ヒトが行う行為のひとつであり、鉛筆、ボールペンなど道具を使用するため、物品使用行為のひとつとも考えることもできる。加えて、話す、聞く、読むとともに言葉でのコミュニケーションの重要な要素であり、言語機能の一つとして捉えることも可能である [6]。様々な脳機能画像研究において、前頭葉のブローカ野、側頭葉、視覚領域である後頭葉の活性が語流暢性課題や写字課題において認められ、これらの部位が言語機能に関する脳機能領域として報告されている。しかし、これまで作業療法において用いる作業活動が脳血液動態に及ぼす影響を研究した報告は散見される程度である。

本研究の目的は、NIRS計測機である光トポグラフィーを用いて作業療法の治療・援助手段の一つである、硬筆書写 (写し書き) 活動と単一図形の描画課題遂行中における前頭葉の脳血液動態を比較・検討することである。

II 方法と対象

A 対象

対象者は、研究への参加に同意が得られた大学生19名 (男性7名平均年齢 19.0 ± 0.82 歳・女性12名、 18.75 ± 0.62 歳) であり、そのうち、左利きは1名であった。書面によるインフォームド・コンセントを行い、全対象者の同意を得た。なお、本研究は2006年3月に行われた神戸学院大学生命倫理審査会において審査、承認されている。対象者は以下の方法により、硬筆書写課題および対照課題を行った。

B NIRS測定

22チャンネルの近赤外分光法計測機（光トポグラフィ-ETG-4000 日立メディコ）のプロープを図1のように3×5列に配置し、中央のプロープを国際10-20電極配置法（図2）によるFzにセットした。計測においては、どちらの課題も課題（60秒）を3回繰り返し、それぞれの課題間に課

題遂行時と同一姿勢を保つレスト（30秒）期間を設け、両者を比較する方法にて行った（図3）。対象者へ課題と課題の間のレスト中も書字を行う姿勢を必ず保つように指示し、体幹及び頸部の動きがアーチファクトとならないように配慮した。なお、光トポグラフィ-の時間分解能は0.1secであった。

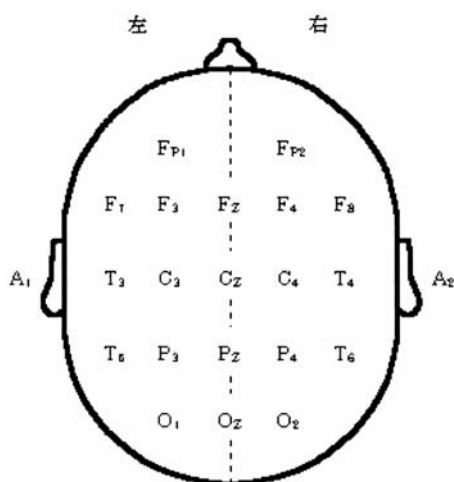


図1 国際10-20電極配置法



○：照射プロープ， △：検出プロープ， 番号：chの番号

図2 プロープの配置（中央を国際10-20電極配置法のFzに装着）



図3 測定デザイン

C 方法

課題を行う環境は、書字活動の可能な明るさの部屋にて行った。対象者の健康状態の確認のため、血圧及び体温測定を光トポグラフィー測定の前に行った。測定時の対象者の姿勢は椅子坐位とし、正面に机を置き、その机上で書字が行える姿勢を保つよう指示した。機器の動作音や周囲の環境音などによる対象者の課題への集中困難を防ぐため、自然環境音（小川のせせらぎなど）をBGMとして流した（図4）。

硬筆書写課題は、文部科学省認定、硬筆書写検定4級の問題集の中から漢字仮名交じりの縦書き文章（13～14文字／1行、3行）の写し書きを60秒間行った。対象者には字数を多く書くというよりもなるべくお手本通りに書き写すように指示した。書かれた文字の評価は行わないこととした。

対照課題は硬筆書写に伴う手指の運動との比較のため、意味を持たない単なる手指運動として、10×10マスの用紙に続けて単一の図形である「○」を60秒間自己ペースで描く図形描画課題とした。指示は見本の大きさは提示したが、形は対象者が円と分かるようにという程度にとどめた。

硬筆書写課題、対照課題の開始順序はカウンターバランスをとるため、ランダム提示により行



図4 課題遂行中の写真

った。また、計測終了後に書道の経験の有無、期間などのアンケートを行った。

III 分析

測定したプローブのうち、前頭前野における脳血液動態を検討するため、前方のチャンネル（以下ch）である1ch（左方）及び4ch（右前方）におけるoxy-Hbの変化パターンを比較した。また、対象者が行った硬筆書写、図形描画それぞれ3回分を加算平均し、対象者すべてのデータを加算平均したものをグラフに表した。課題の違いによるoxy-Hb変化量の差を比較するため、硬筆書写時と図形描画時の同一chにおける差分t検定を行った。今回は右利き対象者18名の分析を行った。解析ソフトはMATLAB[®] R2006a、Topo Signal Processing type-G（TSP-G）にて行った。

IV 結果

対象者のうち、書道経験者（習い事としての「書道」）は12名（男性4、女性8名）、経験年数は5.67±2.53年であった。図5、6、7、8に硬筆書写及び図形描画課題遂行中のoxy-Hb変化量の加算平均グラフを示す。二つの課題遂行中、どちらのchにおいてもoxy-Hbが増加した対象者は19名中13名（男性5名、女性8名）、4chのみ減少した対象者は3名（男性1名、女性2名）であった。どの課題においても二つのchでoxy-Hbが減少した対象者は1名（女性）、その他2名であった。

また、二つの課題遂行中におけるoxy-Hb変化量の差分t検定（図9）においての有意差はみられなかった。しかし、図10のように、わずかであるが、図形描画課題遂行中よりも硬筆書写課題中のoxy-Hb増加量の方が大きい傾向がみられた。

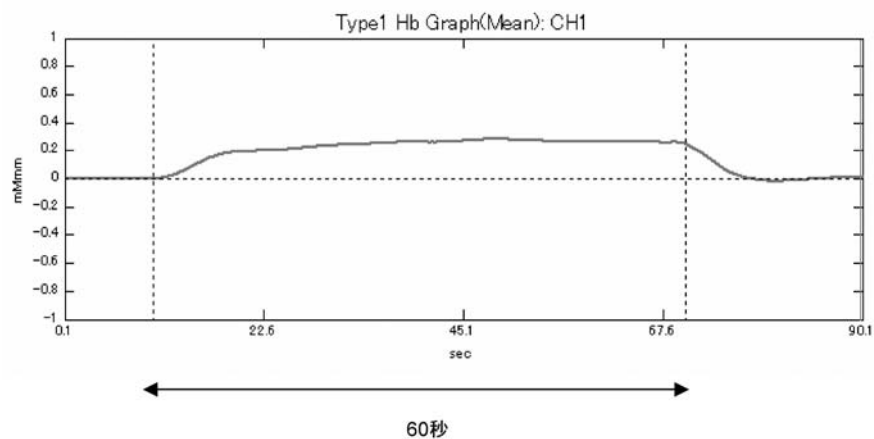


図5 oxy-Hb変化量 ch 1 (硬筆書写 左前頭前野)

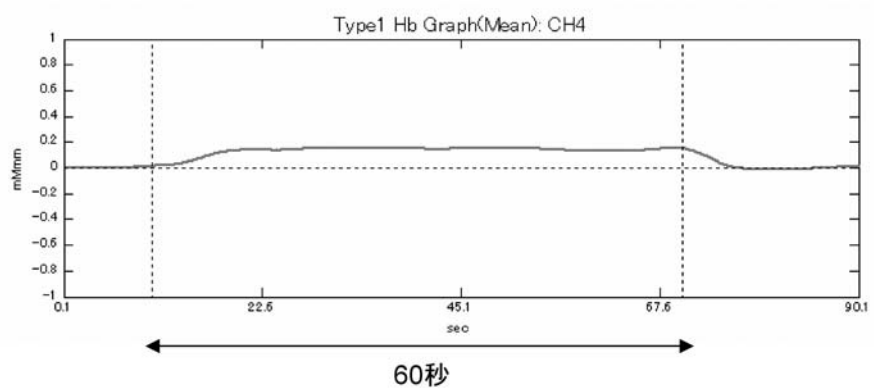


図6 oxy-Hb変化量 ch 4 (硬筆書写 右前頭前野)

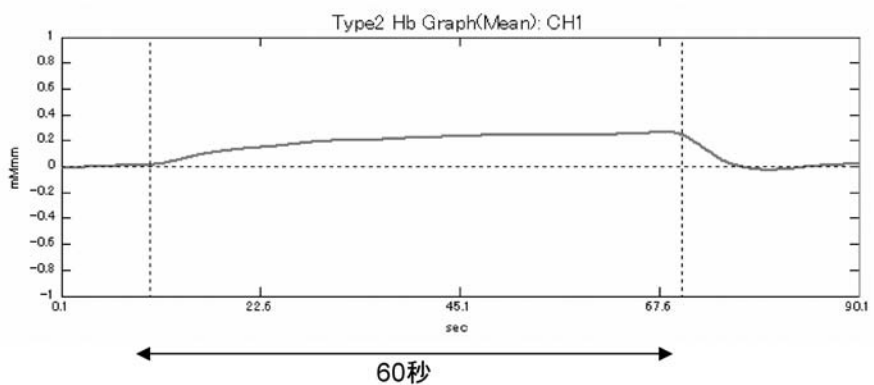


図7 oxv-Hb変化量 ch 1 (図形描画 左前頭前野)

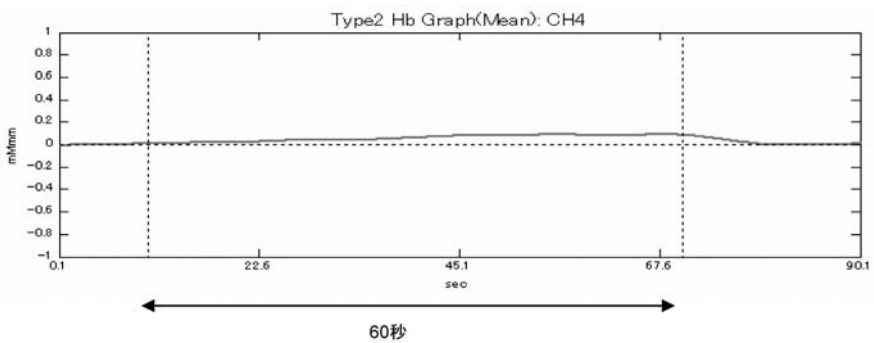
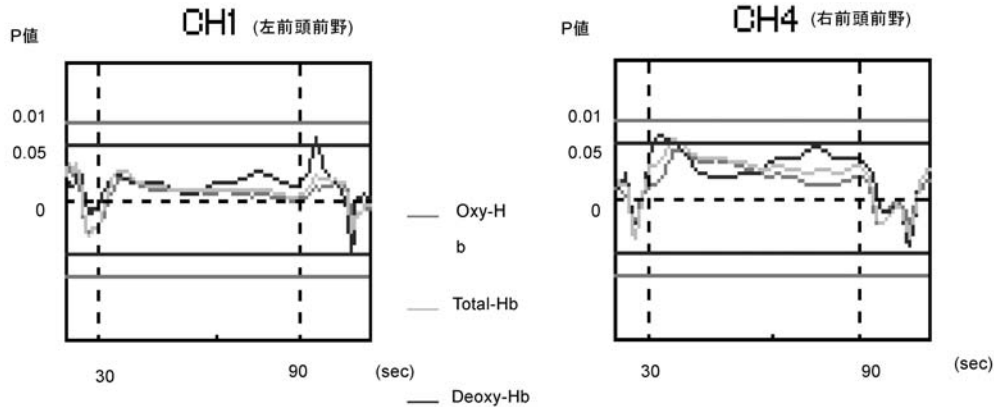
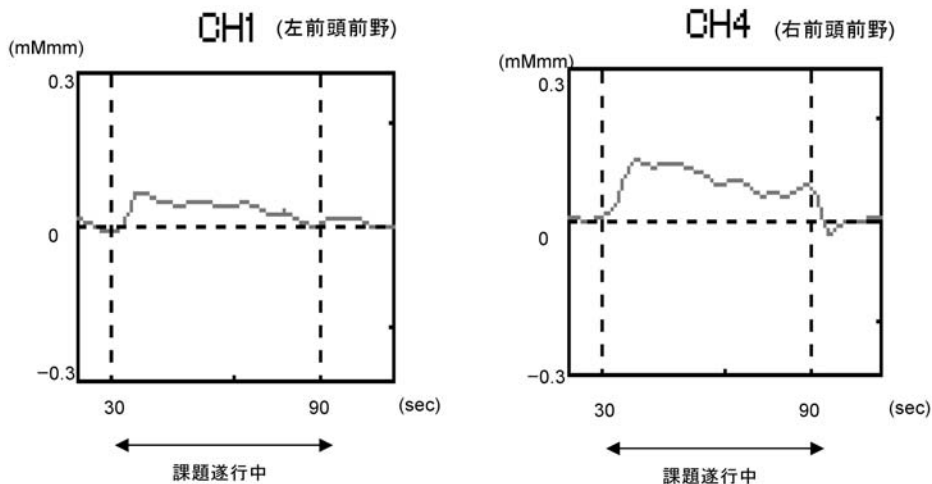


図8 oxv-Hb変化量 ch 4 (図形描画 右前頭前野)



p値が5%を超えると有意差があると認められるが、どちらのchもoxy-Hbは5%を超えておらず、有意差はみられない。

図9 硬筆書写課題と図形描画課題遂行中のoxy-Hb変化量差分検定 (p値)



硬筆書写課題から図形描画課題遂行中のoxy-Hb平均変化量の差
課題遂行中の変化量がプラスにでている。わずかであるが、oxy-Hbの増加量の方が大きい傾向がみられた。

図10 硬筆書写課題中から図形描画課題遂行中のoxy-Hb変化量を引いたもの

V 考察

NIRSにて硬筆書写及び図形描画遂行中の前頭前野の脳血液動態を計測し、検討した。19名中13名の対象者はどちらの課題においても開始後からoxy-Hbが増加し、課題期間中はその増加が保たれ、課題終了後に減少した。この結果は語流暢課題により前頭葉が賦活され、それに応じて前頭葉の脳血液量が増加したことを反映している、という福田ら[7]の結果と一致している。また、脳の神経細胞が活動するとその脳局所の血流量や血

液量が増加する[8]。そして、oxy-Hbが最も敏感であり、信頼し得るパラメーターである[9]といわれている。今回の課題においても硬筆書写及び図形描画課題により前頭前野が賦活されたことを示していると考えられる。ヒトの前頭前野は最大の連合皮質であり、ほとんどすべての脳領域との線維連絡を有している[10]。また、認知機能のなかでも実行機能に関連し、プランニング、意志決定、目標選択、遂行中のモニタリングを含み、実行機能課題で賦活する部位は、前頭前野の比較的広い領域である[11]といわれている。本

研究で行った課題においても、この前頭前野を賦活する可能性が示唆されたと考えられる。

今回の課題においては硬筆書写と図形描画の課題の違いによるoxy-Hb変化量の有意差はみられなかった。しかし、図形描画課題遂行中よりも硬筆書写課題遂行中のoxy-Hb変化量がわずかな違いながら差があったということは、同じ動作を繰り返す図形描画課題と比較し硬筆書写は、お手本を見て文字を認識し、字形をまねて書くという点において違いがあるのではないかとすることも考えられる。また、性別、経験の有無、課題達成度との相関などについての解析を今回は行っておらず、今後解析を進めていく必要があると考える。そして、今回はアンケートに含んでいなかったが、課題終了後に「硬筆書写は苦手」、「うまく書けなかった」などの感想も聞かれたため、作業療法を実施する上で活動選択の際に考慮すべき興味や習熟、対象者の主観的な評価尺度との脳血液動態との相関などの検討も必要であると考えられる。

結論として、本研究において硬筆書写課題中の脳血液動態の検討により、課題遂行中の前頭前野の脳活動が確認できた。今後は他の作業活動との比較なども行い、硬筆書写が統合失調症の前頭葉低活性改善のアプローチ方法の一つとなりえるか、さらなる検討が必要と考える。

本研究は2006年度神戸学院大学健康科学助成を受けて実施した。

【引用文献】

- [1] 福田正人、伊藤誠、須藤友博ら. 新しい脳画像診断法の神経疾患への臨床応用－近赤外線スペクトロスコピー-NIRS－ 精神科 2003；3（5）：478－487.
- [2] 渡辺英寿. 脳機能イメージング 近赤外脳機能マッピング（光トポグラフィー）による脳機能の診断. 新医療 2003；30（3）：59－63.
- [3] 福田正人、亀山正樹、山岸裕ら. 統合失調症の脳機能と近赤外線スペクトロスコピー. 脳と精神の医学 2004；15（4）：401－410.
- [4] Suto T, Fukuda M, Ito M et al. Multichannel Near-Infrared Spectroscopy in Depression and Schizophrenia：Cognitive Activation. BIOL PSYCHIATRY 2004；55：501－511.
- [5] Shinba T, Nagano M, Kariya N. Near-Infrared Spectroscopy Analysis of Frontal Lobe Dysfunction in Schizophrenia. BIOL PSYCHIATRY 2004；55：154－164.
- [6] 河村満、毛東真知子. 書字の脳内メカニズム. 神経進歩 2003；47（5）：755－762.
- [7] 福田正人、伊藤誠、須藤友博 他. 精神医学における近赤外線スペクトロスコピー-NIRS測定の意義－精神疾患の臨床検査としての可能性－. 脳と精神の医学 2003；14（2）：155－171.
- [8] 福田正人、伊藤誠、須藤友博ら. 新しい脳画像診断法の神経疾患への臨床応用－近赤外スペクトロスコピー-NIRS－ 精神科 2003；3（5）：478－487.
- [9] 田村守. 入門講座 光を用いた脳機能イメージング（1）. 臨床脳波 2002；44（6）：389－397.
- [10] 鹿島晴雄：前頭葉機能障害の臨床－症状と神経心理学的検査法. 医学のあゆみ 2004；210（12）：984－987.
- [11] 小池敏英、雲井未歎、前迫孝憲ら. 機能的ベッドサイド近赤外線トポグラフィー法による前頭前野のヘモグロビン濃度変化の検討－実行機能課題の遂行中の特性－. 臨床脳波 2002；44（12）：765－772.

A study of brain hemodynamics in the writing task using near infrared spectroscopy

Morikawa T, OT **Shinohara. H**, PT
Matsuo Y, PT, PhD **Nakamae T**, OT, MS
Yamamoto T, PT, PhD **Ohtaki M**, OT
Kajita H, OT, MS
Kobegakuin University, Faculty of Rehabilitation
Department of Medical Rehabilitation

According to the 2002 patient survey of Ministry of Health, Labour and Welfare, the total number of a person of mental disorder in our country is about 2,600,000, and the number of inpatient about 330,000. In occupational therapy, it is important to approach for a cognitive disfunction of schizophrenia, and it is reported in brain functional imaging study. As for the recent brain functional imaging study is a developing field, various measurement technique do it, such as positron emission tomography (PET), functional magnetic resonance imaging (fMRI), magneto encephalography (MEG), near-infrared spectroscopy (NIRS). The optical topography which is the brain functional imaging measurement machine that NIRS was used for is superior in the point where there are unconstraint, non-invasive, and real time measurement. Therefore it is suitable to monitor brain hemodynamics during the tasks. However, there are few reports that studied the influence that occupational activity to use by occupational therapy gives to brain hemodynamics till now. A purpose of this study is to examine brain hemodynamics of a frontal lobe during pen handwriting (it is copied, and it is written) activity using the optical topography which is NIRS measurement machine, that is used as one of the therapeutic approaches of occupational therapy. And figure drawing was performed as a control problem. The significant difference was absent in quantity of change of oxidized hemoglobin (oxy-Hb) during two tasks, but quantity of prefrontal oxy-Hb increased which tasks in 13 of 19 subjects. The possibility that prefrontal area was activated in these tasks was suggested.

Key Words : near-infrared spectroscopy(NIRS), cognitive function, handwriting, occupational therapy