

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—

酒井 浩, 加藤 寿宏

A Change of the Blood Hemoglobin Density in a Prefrontal Area
at the Time of Attention Control Task Enforcement
—Eximination with “Kanahiroi” Multi-Cancellation Test—

Hiroshi SAKAI and Toshihiro KATO

Abstract: We examined using NIRS (near-infrared spectroscopy) imaging, the activation of the prefrontal lobe while accomplishing an task requiring attention control. ‘Kanahiroi’ multi cancellation test was chosen as the task requiring attention control, and we analyzed the activation pattern of the prefrontal lobe during accomplishing the task. We also examined the effect of the instruction to review the task. The subjects were eight volunteers without disability (3 males, 5 females), whose average age was 22.75 ± 4.40 . The NIRS device used was the multichannel device OMM300, manufactured by Shimazu Corporation. The group who made no errors in ‘kanahiroi’ test, and also correctly reviewed the task, showed two phases of changes during accomplishing and reviewing the task. Both basal domain (OFC, OrbitoFrontal cortex), and DLPFC (DorsoLateral PreFrontal Cortex) domain were activated. In the group who made errors while accomplishing the task, but could correct them by reviewing, no activation was seen when accomplishing the task, but after the instruction to review the task, OFC and DLPFC were activated. On the other hand, in the group who made errors and could not correct them by reviewing, OFC was activated, but the activation of DLPFC was not seen. From this study, we conclude that in order to activate the Dorsolateral Prefrontal Cortex, we need to choose tasks which requires apportioning of attention, and also to frequently give instructions requiring accuracy during the task. Also, it can be said that pointing out errors after the task helps to activate the Orbitofrontal Cortex.

Key words: 注意機能, 仮名拾いテスト, fNIRS, 光脳機能イメージング

はじめに

注意には少なくとも以下の3つのコンポーネントが存在する。つまり、①注意の選択機能 (selection), ②覚醒 (覚度, 覚識) を調節し, 注意を維持する機能 (vigilance, alertness, sustained attention), ③注意制御機能 (control, capacity) であり, 複数の脳部位が一方, 注意機能制御機構の中で特に能動的注意制御 (トップダウン制御) を行っている最も重要な脳部位は前頭前野であると考えられている。前頭前野は, 領域これらの機能に関与している¹⁾。

ごとに担う役割が異なり, 背外側 (DLPFC) は実行機能のコントロール, 内側は意欲づけや自発性, 眼窩面は刺激に対する反応抑制 (覚醒や注意の選択機能) 機能を担っていると考えられている。

この中でも DLPFC にはワーキングメモリーの中央実行系が存在するとされ, Shallice ら²⁾の提唱する能動的注意制御システム (Supervisory Attention System, SAS) におけるコントロール部分が存在すると考えられている。

注意障害に対する認知リハビリテーションは大きく2つの方法で行われてきた。ひとつは日常生活動作に際して直接的に行動を改善させるための訓練を繰り返す方法, もうひとつはすべての行動の基盤をなす注意機能に焦点を当て, 重点的な訓練を繰り返し, これによって日常生活における行動を改善させようとする方法である¹⁾。

京都大学医学部保健学科作業療法学専攻
〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町53
Department of Occupational Therapy, Faculty of Health
Sciences, Kyoto University
受稿日 2006年9月29日
受理日 2006年10月30日

後者は直接刺激法といい、もっとも広く使用される組織的訓練として APT (Attention Process Training) が挙げられるが、訓練効果が他の要素を含む注意機能、あるいは日常生活に汎化しないのではないかという疑問を持たれている。我々は、訓練効果を汎化させるためにはアウェアネス、修正行為といった注意のトップダウン制御機構を改善することが重要であると考えている。そのためには前頭前野、特に背外側部を訓練によってどれだけ活性化できるかが課題であり、この部位を活性化するためにどのような訓練の方法、どのような訓練指示や刺激が有用であるのかを探ることが課題であると考えている。

また、近年、非侵襲的脳機能イメージング技法が急速に実用化されつつあり、PET をはじめとして脳磁場計測装置 (MEG) や fMRI などが開発され臨床的な応用もなされている。

近赤外光脳機能イメージング法 (NIRS) は近赤外線を頭蓋外から照射して、直下にある大脳皮質中のヘモグロビン濃度の経時変化を捉える方法で、ヘモグロビン濃度の増減はそのまま血液量の増減を意味している。解析変数には様々なバリエーションが存在するが、酸素化ヘモグロビン (oxHb) と脱酸素化ヘモグロビン (deoxHb) の変化を相対的に観察した上で oxHb を変数とする方法が最も異論が少ない指標と考えられている³⁾。

今回、我々は注意の分配、ワーキングメモリーといった注意制御課題遂行時の前頭前野領域の活動変化について、機能的近赤外光脳機能イメージング法 (fNIRS) を用いて調べた。注意制御課題としては仮名拾いテストを用い、課題遂行時および見直し修正時における同部位の活動変化についてトレンドグラフを用いた波形分析をもとに分析した。

方 法

(対象) 健常者 8 名を対象とした。年齢は平均 22.75 ± 4.40 歳、性別は男性 3 名、女性 5 名であった。被験者へ十分な検査説明をし、同意書を得た。

(測定準備) NIRS は島津製作所の協力によりマルチチャンネル式装置 OMM3000 を用いた。本装置は最大 52 チャンネルまでの設定が可能であり、結果をトレンドグラフ、マップの 2 種類で表示できる。今回の測定では前頭部に 22 チャンネル (プローブ数: 横 5 列 × 縦 3 列)、つまり、眉直上部の左右方向にプローブが 5 列並び、そのうち 1 つは左右中間部 (脳溝部) に配置した。上下方向には眉直上部から 3 列のプローブを配置した。脳内の当該領域における賦活変数には酸素化ヘモグロビン濃度 (oxHb)、参考指標として脱酸素化ヘモグロビン (deoxHb) を用いた³⁾。

前頭前野領域と前頭部プローブ配置の関係について

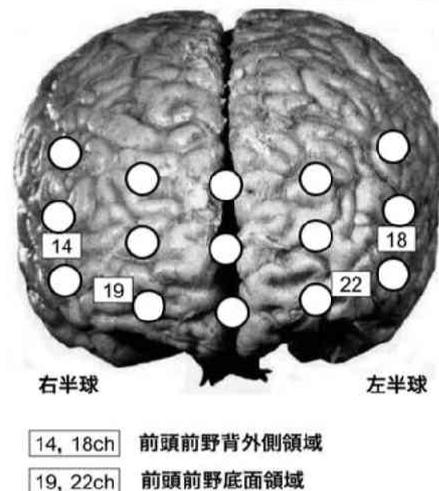


図 1 脳部位とプローブの配置関係

は、Okamoto ら⁴⁾の文献を参考に予測した。また、プローブを装着したのち、serial7、数字の逆唱、word fluence 課題、暗算課題を行い、前頭前野背外側領域 (Dolgi Lateral Pre-Frontal Cortex, DLPFC) の活動を確認し、DLPFC に相当するプローブの左右同列の 1 つ下方における半球中央部を前頭前野眼窩領域 (Orbito-Frontal Cortex, OFC) とした。

図 1 にプローブの配列と推測した OFC, DLPFC と配置したプローブの関係を示した。

(測定課題) 注意制御課題には、ワーキングメモリーの課題として一般的に使用されている⁵⁾仮名拾いテスト (図 2) を用いた。仮名拾いテストは、物語を読み進み、内容を把握しながら「あいうえお」の 5 文字を文中に見つけたら○を入れてチェックするという課題であり、通常は 120 秒間を制限時間としている。成績は読み進んだ箇所までに存在する「あいうえお」の総数で、チェックした数を除して、正答率を算出し、同時に文の内容を理解できたかどうかを質問で確認する。課題実施に際しては、練習問題を被験者と一緒に行いながら、「あいうえお」の抹消を行うだけではなく、文章の内容を同時に記憶するように指示した。測定は、十分に安定した波形が得られたのちに、安静波形を記録し、次いで仮名拾いテストを 120 秒間行い、その直後に「間違いがあるので見直して下さい。見直しが完了したら鉛筆をおいてください。」という指示を与えて見直し修正を促した。見直しに要する時間は特に指定しておらず、結果は見直し前の到達行、正答数、誤答数および見直し後には新たな正答数、誤答数を記録した。仮名拾い課題の成績は、正答数/全標の数 × 100 (%) で算出した (図 3-A)。

測定に際して、安静時または課題実施時に、頭位変化の影響を受ける波形、課題とは関係なく感情変化や苦痛、眠気などによる影響が認められた場合には測定を直ちに中止し、しばらく時間をおいて再度測定を

◆ かなひろいテスト

(氏名 _____ 歳 男・女 _____)

次のかな文の意味を読みとりながら、同時に「あ、い、う、え、お」をひろいあげて、○をつけてください。(制限時間2分間)

練習問題 ももたろうは、きじといぬとさるをけらいにして、おにがしまへ、おにたいじにいきました。

本題

むかし あるところに、ひとりぐらしのおばあさんがいて、としをとって、びんぼうでしたが、いつも ほがらかに くらしていました。ちいさなこやに すんでいて、きんじょの ひとの つかいはしりを やっては、こちらで ひとくち、あちらで ひとのみ、おれいに たべさせてもらって、やっと そのひぐらしを たてていましたが、それでも いつも げんきで ようきで、なにひとつ ふそくはないと いうふうでした。

ところが あるばん、おばあさんが いつものように にこにこしながら、いそいそと うちへ かえるとちゅう、みちばたのみぞのなかに、くろい おおきなつぼを見つけました。「おや、つぼだね。いれるものさえあれば べんりなものさ。わたしにや なにもないが。だれが、このみぞへ おとしてったのかねえ」と、おばあさんは もちぬしが いないかと あたりを みまわしましたが、だれも いません。「おおかた あなが あいたんで、すてたんだらう。そんなら ここに、はなでも いけて、まどにおこう。ちよっくら もっていこうかね」こういって おばあさんは つぼのふたを とって、なかをのぞきました。

正(_____ 点) 誤(_____ 点) 意味把握: 可, 不充分, 不可

施行 年 月 日 (検者: _____)

出典(イギリス民話「いたざらおばけ」 瀬田貞二再話
「こどものとも」1977年2月号 福音館書店刊
(転載許諾済み, 1988年)

図2 仮名拾いテスト

行った。

(測定方法) fNIRS におけるサンプリング間隔は 130 msec, 血中ヘモグロビン濃度のトレンドグラフ表示における最大最小値の範囲は0.40~0.40 (mMol. mm) 範囲で設定した。測定開始から終了までの期間は、以下の3期に分けた。

I期(準備・安静期): 測定開始からある程度、波形が安定した時点でゼロ補正を行い、ついで安静波形の計測を行った。ゼロ補正の回数は対象者によって異なる。

II期(課題遂行期): 続いて、マーキングしたのちに120秒間、課題を遂行した。

III期(見直し修正期): 見直し指示を与えて被験者が鉛筆を置くまでの期間を測定した。測定は1~3回行い、そのうちの波形の安定した信頼できるデータを解析対象とした。

(解析方法) 仮名拾いテストの成績とその特徴をも

とにA~Cの3群に分けて分析した。

A) II期において見落としがなく、かつIII期においても見落としがないことに気づいた群。

B) II期においてわずかな見落としを認めたが、III期で完全に修正できた群。

C) II期において見落としがあり、かつIII期においても完全な修正が困難であった群。

安定した3期の波形について、A~C各群における左右のOFC, DLPCFを対象に、トレンドグラフによる波形分析を用いて変化の特徴を捉えた。

結 果

(仮名拾いテストの成績) 仮名拾いテストの成績は、A・B群は各3例、C群は2例であった。A群では達成行が平均19.0±0.0行、見直し前後の正答率はともに100±0.0%であった。B群では達成行が17.67±1.53行、見直し前の正答率は96.7±0.0%であったが、

A) 測定課題の設定

• 測定手順

- ① 安静 (安定した波形が得られるまで)
- ② 120秒間仮名拾い課題を行い、その後に
「見落としがあるの、最初から見直して下さい」
「見直しが終わったら鉛筆を置いて下さい」と指示
- ③ 見直しの実施 (鉛筆を置いた時点で測定終了)

• 記録変数

- (見直し前) 達成行, 正答数, 誤答数
- (見直し後) 正答数, 後答数

• 成績の算出方法

- 1) 見直し前・後 正答率: $\frac{\text{正答数}}{\text{正答数} + \text{誤答数}} \times 100 (\%)$

• 特徴分類

A群: 最初から見落としなく、見直しでも「ありません」と気づけた人

成績: (平均) 達成行 19.0 ± 0.0 見直し前100%, 後100%

B群: 最初から見落としあり、見直しで修正可能

成績: 達成行 17.67 ± 1.53 見直し前96.7%, 後100%

C群: 最初から見落としあり、見直しで修正困難

成績: 達成行 16.67 ± 1.53 見直し前 $90.7 \pm 0.55\%$, 後 $92.4 \pm 1.35\%$

B) 見直し前後の正答率

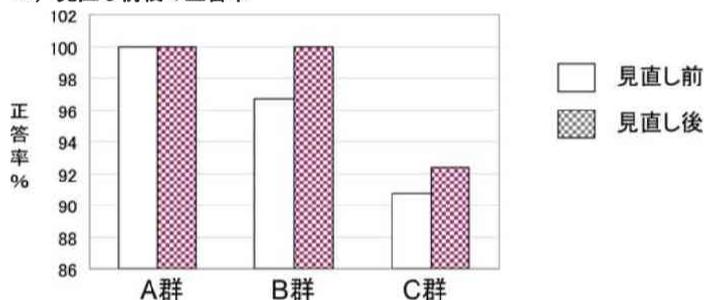
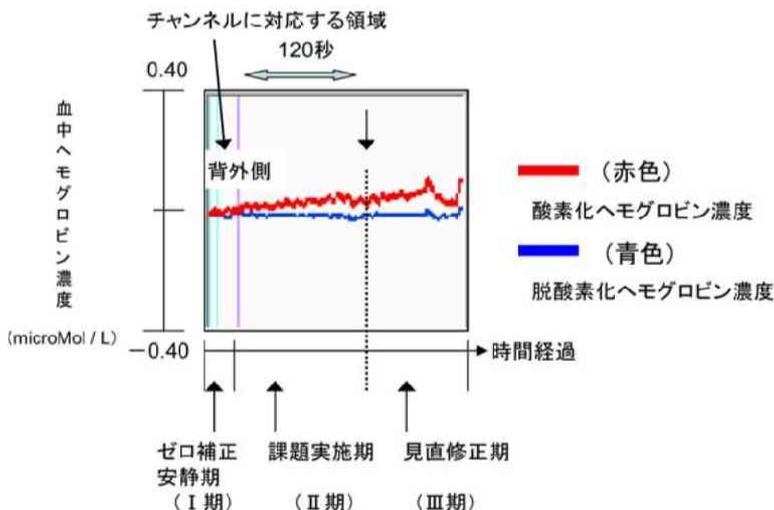


図3 仮名拾い課題実施方法と成績



- * 酸素化ヘモグロビン濃度 (oxHb) の増加は局所神経活動の賦活, oxHb の減少は局所神経活動の抑制を表す。
- * 脱酸素化ヘモグロビン濃度 (deoxHb) は通常, oxHb の変化に関連して生じ、認知賦活の場合, oxHb が増加する一方で deoxHb のわずかな減少が生じる場合には、局所神経活動の賦活が生じていることが多い。
- * (I期) では安定波形が得られた後にゼロ補正を行い、安静時波形を測定しているが、ゼロ補正後に波形が不安定な場合には複数回ゼロ補正を行っている。
- * (III期) は見直し指示後、被験者が鉛筆を置くまで測定を継続しており、その時間は被験者によって異なる。
- * トレンドグラフによる oxHb の増減は、ベースライン (安静期) に対して顕著な濃度上昇 (右上がり波形) が認められた場合のみに、増加と判定した。

図4~6 図説 トレンドグラフ波形の読み方

見直し後は100%となった。C群では達成率は 16.67 ± 1.53 行, 見直し前の正答率は $90.7 \pm 0.55\%$, 見直し後でも $92.4 \pm 1.35\%$ であった (図 3-A, B)。

(Ⅱ期における波形の特徴) 図 4～6 にA群からC群のトレンドグラフを示す。A-1, A-2, A-3 はA群に分類した3例それぞれのトレンドグラフを示し, 背外側領域 (DLPFC) に対応したチャンネルと, 底面,

つまり眼窩領域 (OFC) に対応したチャンネルのトレンドグラフを左右別に表示した。また, 図説にトレンドグラフの解読方法を示した。図の縦軸は血中ヘモグロビン濃度変化 (microMol/L), 横軸は時間経過を示し, 図中の赤線波形が oxHb, 青線波形が deoxHb を表す。また, 図中において, 最終のマーキングライン (グラフ内の縦線) とその直前のゼロ補正 (グラフ内

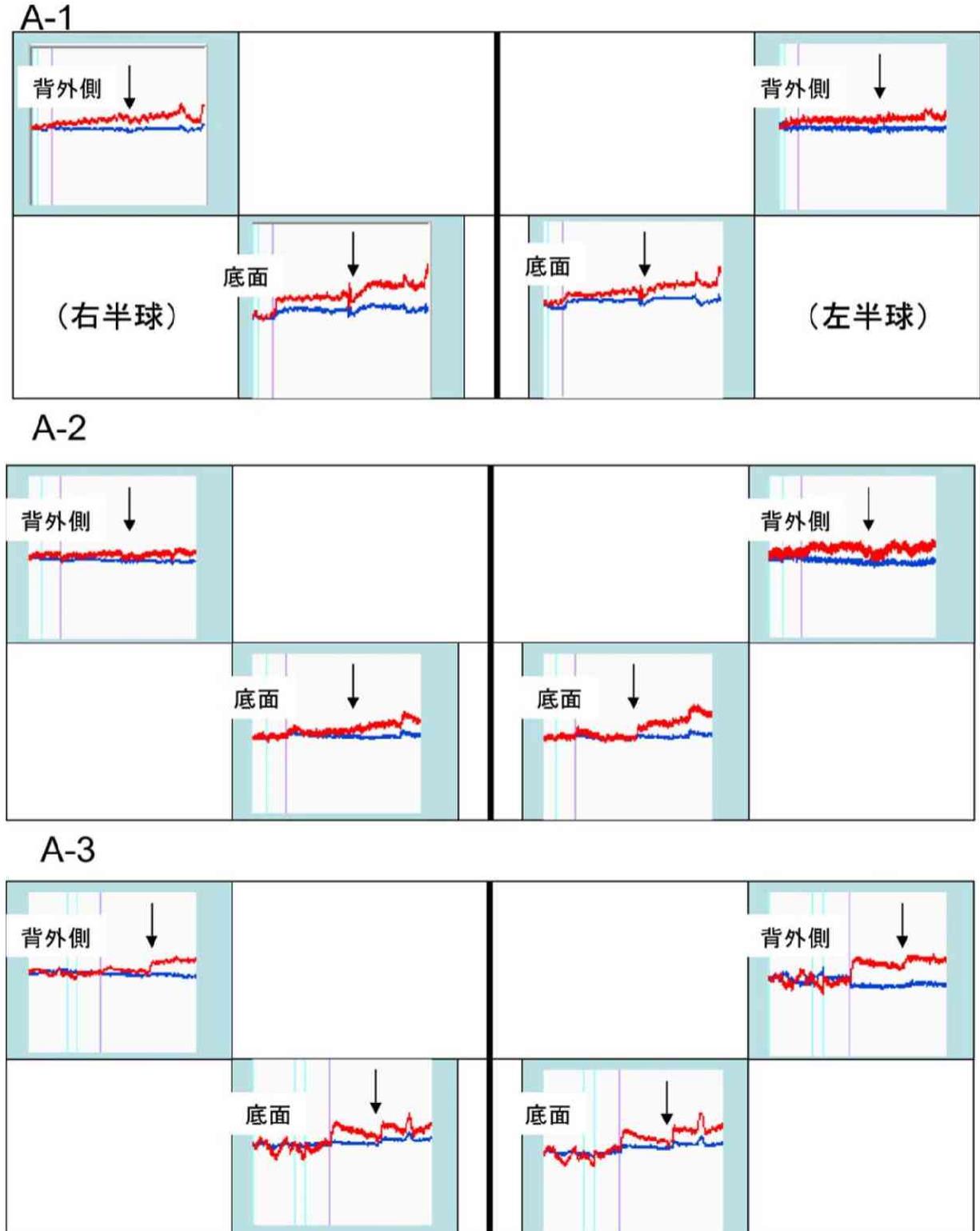
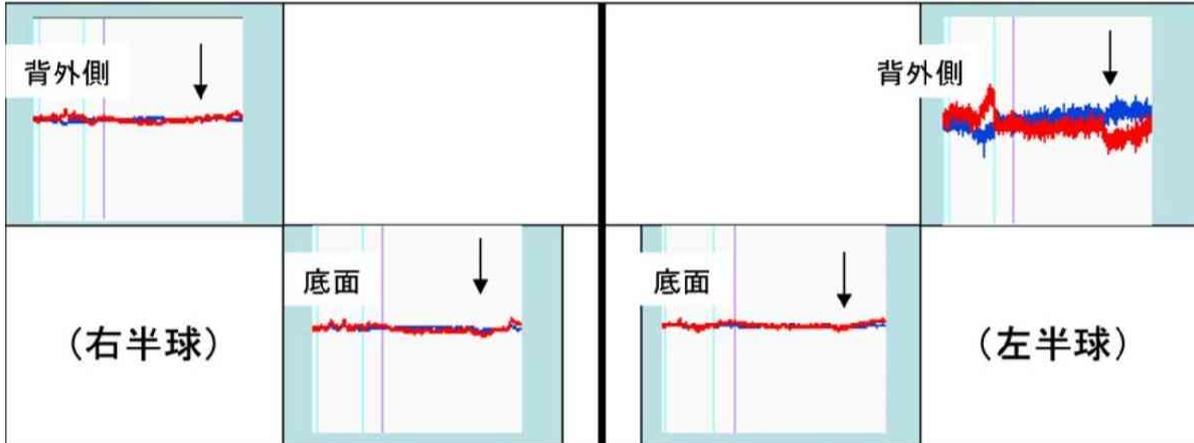


図 4 A群における前頭前野賦活の特徴

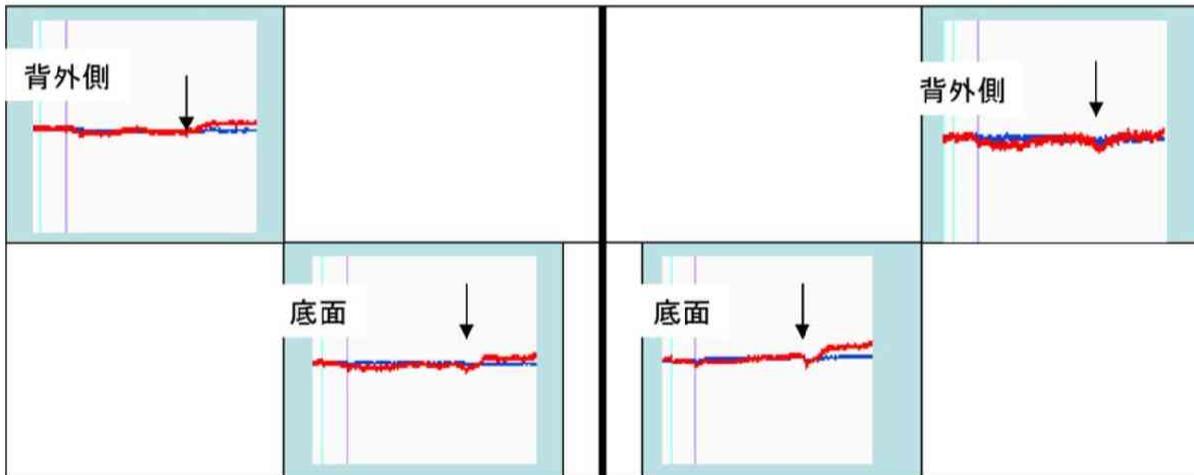
の縦線)の間がⅠ期, 最終マーキングラインから矢印までがⅡ期, 矢印から最後までがⅢ期となっている。Ⅱ期(課題実施)においては, A群では, OFC, DLPFC がともに賦活されていたのに対して, B群とC群では両領域における明かな賦活が認められなかった(図4~6)。

(A群における賦活の特徴: 二段階の変化) 図4にA群(3例; A-1, 2, 3)のトレンドグラフを示す。全体的な特徴としては, Ⅱ期とⅢ期においてそれぞれに α Hb の右上がりの変化が, OFC・DLPFC に認められた。課題実施時の観察では, A群は3例ともがⅡ期から真剣な取り組みを見せ, Ⅲ期でも同様の真剣さ

B-1



B-2



B-3

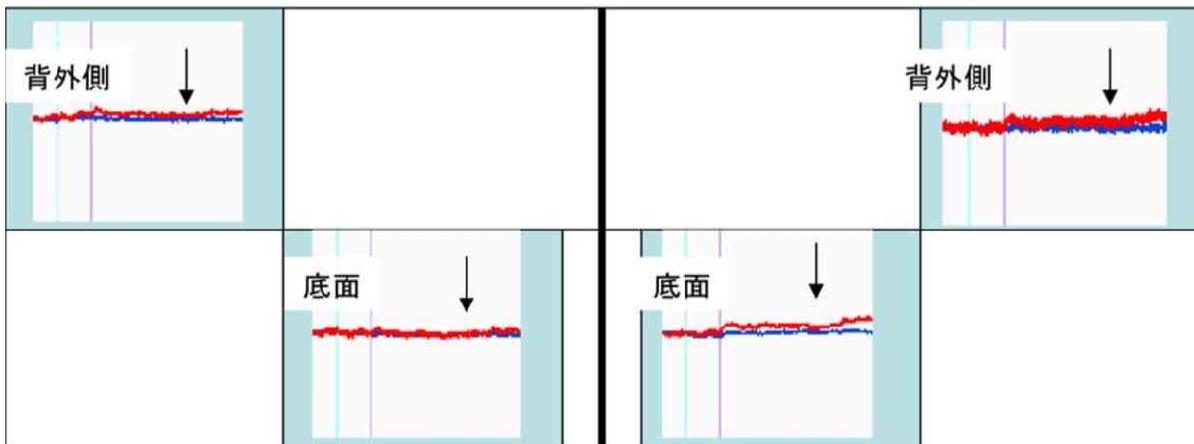


図5 B群における前頭前野賦活の特徴

が認められた。OFC においては, II 期では oxHb が開始時にもっとも上昇し, A-2, A-3 ではその後徐々に低下する傾向が認められ, A-1 においても開始後の変化以上に上昇することはなかった。III 期では A-1, A-2 ともに見直し開始から徐々に oxHb が上昇して, 右上がりの変化を認めた。A-3 では右上がりの変化が一度減少するが, その後, 再び上昇した。いずれのケースも左右差は認められなかった。

一方, DLPFC においては OFC よりは変化が緩やかであり, 左右差が認められた。A-3 では II 期の開始時にもっとも上昇し, その後に減少する波形が認められたが, A-1, A-2 では右上がりの波形を認めた。III 期においては A-1 では右半球, A-2, A-3 では左半球の変化が比較的顕著であり, いずれも右あがりの波形を認めた。

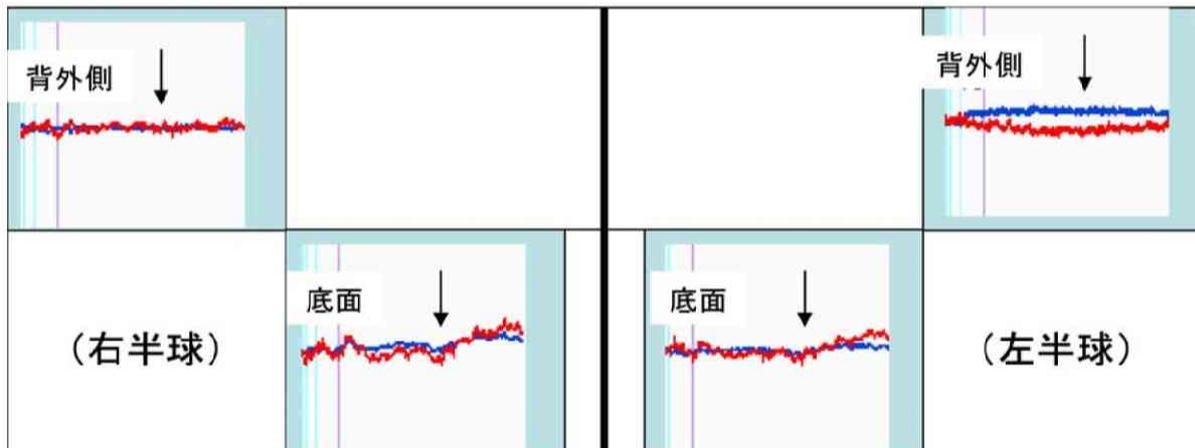
また, II, III 期を通して, OFC では oxHb と deoxHb が平行した波形を示しているのに対して, DLPFC では oxHb のみが上昇し, deoxHb にはあまり変化がないという波形の特徴 (波形コントラスト)

が認められた。さらに, A-1, A-3 については OFC で, II 相の開始直後に deoxHb の上昇が認められた。

(B 群における賦活の特徴: III 期のみの変化) 図 5 に B 群 (3 例; B-1, 2, 3) のトレンドグラフを示す。II 期においては, いずれのケースにおいても明かな賦活は認められず, むしろ oxHb の減少傾向がわずかに認められた。B-1 では開始当初より減少を認め, B-2 は開始当初に oxHb が減少し, 徐々に安静時レベルまで上昇, B-3 は開始当初にやや上昇するが, すぐに減少を認めた。このような変化は OFC, DLPFC に共通する波形の特徴であった。また, 明瞭な左右差は認められなかった。

一方, III 期については, どのケースにおいても, OFC, DLPFC ともに総じて右上がりの波形を示し, 左右差は B-1, B-3 においてわずかに認められ, 左半球で上昇がより顕著であった。また, A 群に認められたような oxHb と deoxHb の波形コントラストの領域差は認められなかった。観察においては, II 期では淡々と課題を行い, 間違いと見直しの指摘を受けて,

C-1



C-2

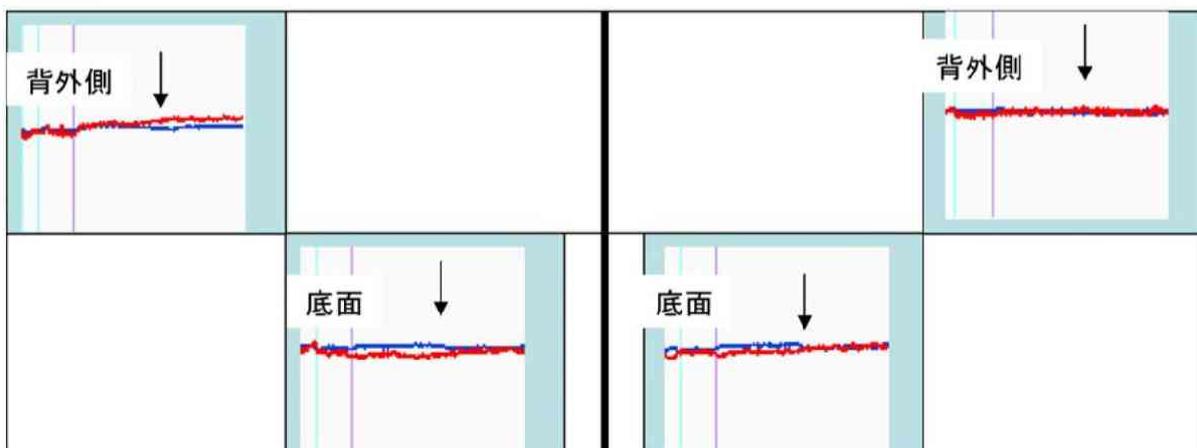


図 6 C 群における前頭前野賦活の特徴

初めて真剣に取り組む様子が認められた。

また、B-2、B-3についてはOFCでⅡ期開始直後にdeoxHbの上昇が認められた。

(C群における賦活の特徴：DLPFCの明瞭な変化)
 (一) C群(2例；C-1, 2)のトレンドグラフを図6に示す。OFCはC-1においてはⅡ期開始時に上昇が認められるがただちに減少し、その後は不安定な波形となったが、Ⅲ期では顕著に右上がりの変化を認めた。C-2ではⅡ期では減少傾向が認められ、Ⅲ期でも指示後わずかに上昇するが、その後は不変であった。一方、DLPFCはC-1, 2ともに明瞭な変化が認められなかった。

観察では、C-1, C-2ともにⅡ期では淡々と課題をこなし、Ⅲ期では、見直し指示後に過度にあわてている様子がうかがえたが、見落とし部分をほとんど見いだすことができず、あきらめるような状況で課題を終了していた。C群ではOFCにおけるⅡ期開始直後のdeoxHbの上昇がC-1, C-2ともに認められた。

考 察

本課題における注意機能の要素は、課題遂行期(Ⅱ期)には覚醒、意欲、注意の集中と変換、注意制御(分配)が想定され、見直し期(Ⅲ期)にはこれらに内言語を伴うトップダウン型の注意制御機能、つまり実行機能であり、ここではモニタリングと修正箇所の同定が行われるものと考えられた。課題遂行に関わる脱抑制や覚醒制御(つまり、注意の集中)はOFC、注意の変換・分配と見直し修正における実行機能はDLPFCの領域が担う働きであると考えられる⁵⁾。DLPFCの実行機能を高めるためにはOFCの賦活による注意の集中が必要であり、逆にDLPFCの賦活がなければ課題遂行時のエラー増加、見直し修正時におけるエラーが生じると考えられる。また、見直し指示は、「どこかに見逃しがある」ことを気づかせる手がかり刺激と考えられ、直接的には覚醒を上げ、注意の集中を促すことに関与することが予測された。

今回の研究結果から、課題遂行に際して、エラーが全く無かったのはA群のみであり、B・C群ではエラーが出現した。波形分析からはOFC、DLPFCの賦活がA群のみに認められた点が他とは異なる点である。このことから、A群では特に指示を出さなくとも、慎重に課題を遂行するために適度な注意集中が行え、エラーの有無に関するモニタリングがなされていたものと考えられ、この注意配分と実行機能にOFCとDLPFCが関与していることが推察された。また、観察におけるA群の“真剣さ”とB群の“淡々と行う”という表面的差違は注意コントロールをA群がより効率的に行っていたことを示すものと考えられた。また、A群B群では見直し修正が行え、C群では行え

なかった。A・B群とC群のトレンドグラフにおける相違はDLPFCの賦活の有無である。このことから、見直し時に適切な修正を行えるためには、DLPFCの賦活が必要であると考えられた。また、見直しが行えなかったC群の中に、OFCの賦活が認められた例があったことから、OFCではDLPFCとは異なる働きをしていることが確認された。

観察場面でC群では間違いの指摘に応じて、見逃し部を探索するために過度な興奮が出現したにもかかわらず、実際には修正が行えなかったことから、OFCのみの賦活では、抑制と覚醒のコントロールが不安定であり、覚醒の高まりすぎと関係のない刺激の遮断が不十分なために、効果的な修正行為が出来なかったと考えられた。

一方、DLPFCでは課題遂行時における実行機能、つまり意識的な注意制御の働きを担い、ワーキングメモリーや注意分配、あるいは注意変換課題を効率的に行うという働きを担っていると考えられる。また、Ⅲ期では間違い部分を探し出し、その部分に気づき、修正する。つまり、すでに行った結果をⅡ期よりも高い正確性をもって、あらためて意識的・能動的にやり直すための働き(実行機能)を担っていると考えられる。この働きを効果的に行えたのはA群のみであり、A群のトレンドグラフで認められたような二段階の賦活波形はこのような働きを反映するものと考えられた。そしてA群のDLPFCのみに認められたoxHbのみが上昇する波形コントラストは、意識的・能動的な注意制御機能、あるいは実行機能を効果的に用いる際の特徴的な活動ではないかと考えられた。

次に、見直し指示によって適切な修正が行えたA、B群の背外側領域の賦活が主に左半球で生じていたことは、見直し指示後、対象者が「どこが間違っているのだろう」と内言語を用いて、見直しを開始し、「ここが抜けていたのか」あるいは「どこにも見落としはない」などと内言語を通した意識的な制御を用いた課題遂行を行うものと考えられる。

つまり、言語的要素を伴う、実行機能、あるいは意識的・能動的注意制御を行っていると考えられるので、このような制御には左半球のDLPFCが関与しているものと考えられる。C群では、両ケースともにDLPFCにおけるⅢ期の、とりわけ左半球における賦活が認められず、DLPFCにおけるこのような働きも得られなかったと考えられた。

Posnerら⁶⁾は注意が、前方、後方、覚醒の3つのネットワークから構成され、制御されていることを提唱している。一般に選択性注意課題ではこれらのネットワークが機能すると考えられている⁷⁾。また、注意は受動的注意(ボトムアップ型)と能動的注意(トップダウン型)に分けられ、前頭葉では主に能動的注

意, つまり意識的に行われるトップダウン制御に関与している。

その中でも前頭前野は注意制御における重要な役割を担っていると考えられている。

前頭前野は, 大きく, 眼窩面, 内側面, 外側面に分けられ, Kertesz⁸⁾ はこれらを踏まえて前頭葉の症候学を損傷部位別に以下の3型に分類している。1) 背外側前頭葉損傷: 問題解決, 立案, 認知的柔軟性, 短期記憶・ワーキングメモリー, 判断と注意での困難をもたらす, つまり“実行機能 executive function”の障害が生じる, 2) 背側正中損傷: 無感情, 無為の状態をもたらす, 3) 眼窩前頭損傷: 人格変化, 情動不安定, 不注意, 衝動抑制低下, 社会的統合の不良, 不適切なふざけ症, 易怒性, 判断力の欠如, その他の反社会的行動などが生じる。

また, Cummings⁹⁾ によって1) 背外側前頭前野症候群: “実行機能”障害と運動プログラムの異常によって特徴づけられ, 言語-非言語流暢性の特異的障害, 問題解決とセット転移の低下, 学習と想起の障害, 2) 眼窩前頭症候群: 脱抑制, 被刺激性, 多幸症を特徴とし, 人格の著明な変化をきたす, 3) 前部帯状回症候群 (前頭葉内側症候群): 両側性損傷では無動無言, 無感情, 自発性低下をきたす。

このように前頭前野は領域ごとに担う役割が異なり, 背外側領域は実行機能のコントロール, 内側領域は意欲や自発性, 眼窩面領域は刺激に対する反応抑制という役割を担っていると考えられている。

小池ら¹⁰⁾, Hoshiら¹¹⁾ はfNIRSを用いて, D'Espositoら¹²⁾ はfMRIを用いて, ワーキングメモリー課題を行い, 前頭前野腹外側領域と背外側部領域で活動が高まったと報告しており, これらの領域が課題のモニタリングと操作に関わる実行機能を担っていると述べている。また, 言語性課題における左半球前頭前野の優位性について, プローカ領域との関連を示唆している。加えて, 右前頭前野では手の動作課題時に特徴的な波形, つまり開始直後に deoxHb がわずかに上昇し, 少し時間が遅れて oxHb が上昇し, deoxHb を上回る賦活が生じることを指摘し, これは局所脳活動の活発さを意味するものであると述べている。

今回の研究から, 前頭前野背外側領域の働きを効果的に賦活させるためには, 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あり, 課題遂行に際して, より正確に行うための指示をこまめに与えることであると考えられた。

また, 課題遂行後, 間違いを指摘することによって, 前頭前野眼窩領域の賦活が得られやすくなり, これによって覚醒が高まり, 注意を集中しやすくなることが期待でき, 一方, 間違い部分に気づかせ, 修正を促すことによって背外側領域の賦活がよりいっそう期待できるものと考えられた。今回の研究からは課題における言語性と視覚性の差違, APT などのような単なる抹消課題と二重課題の差違, 動作性課題と非動作性課題との差違は明かにできず, 対象者数も多くなかった。今後はより多くの対象者を用いて, 本研究を追試するとともに以上のような命題についても明らかにしていきたい。

文 献

- 1) 矢崎 章, 加藤元一郎: 注意障害, 江藤文夫, 武田克彦・原 寛美・板東充秋・渡邊 修編, 高次脳機能障害のリハビリテーション. *Clinical rehabilitation* 別冊, 2004; 20-25
- 2) Shallice T: Specific impairments of planning. *Phil Trans R Soc Lond B*, 1982; 298: 199-209
- 3) 渡辺英寿: NIRS (近赤外線トポグラフィー). *Medical Rehabilitation*, 2004; 40: 44-50
- 4) Okamoto M, Dan H, Sakamoto K, Takao K, Shimizu K, et al: Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial function brain mapping. *NeuroImage*, 2004; 21: 99-111
- 5) 渡邊 修: 前頭葉障害. *Clinical Rehabilitation*, 2004; 13: 421-429
- 6) Posner MI: The attention system of the human brain. *Annu Rev Neuroscience*, 1990; 13: 25-42
- 7) 石合純夫: 注意の神経機構, 濱中淑彦・倉知正佳 編, 脳と行動. 臨床精神医学講座, 2004; 21: 103-114
- 8) Kertesz A: Frontal lesions and function. *Localization and Neuroimaging in Neuropsychology*, Kertesz A. Academic Press, San Diego, 1994; 567-598
- 9) Cummings JL: Frontal-subcortical circuit and human behavior. *Arch Neurol*, 1993; 50: 873-880
- 10) 小池敏英, 雲井未歎, 前迫孝憲, 市川祝善, 藤原倫行, 加藤俊徳: 機能的ベクトル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: 765-772
- 11) Hoshi Y, Tsou B, Billok V: Spatiotemporal characteristics of hemodynamic change in the human lateral prefrontal cortex during working memory tasks. *Human Brain Mapping. Abstracts*, 2002; 542
- 12) D'Esposito M, Postle BR, Ballard D, Lease J: Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain & Cognition*, 1999; 41: 66-86