

# 論文内容の要旨

専攻 医療リハビリテーション学専攻

専攻領域 リハビリテーション科学領域

専攻分野 生活支援補完学分野

学籍番号 9711102

氏 名 杉原勝美

## 論文題目

Effects of tasks involving different numbers of processes on working memory:  
Assessment by conducting cognitive function tests and using NIRS oxygen monitoring  
equipment

(工程数の異なる作業課題がワーキングメモリに及ぼす影響 - 認知機能検査と酸素モニタ  
装置 NIRS による検討 - )

ワーキングメモリ (WM) とは、目標志向性の高い課題遂行に必要となる情報を能動的に処理しつつ保持を並行しておこなう実行機能で特に前頭前野背外側部 (DLPFC) が中核的機能とされている。近年、運動が DLPFC の賦活に関与したとの報告が多くみられるようになった。また、認知課題が認知機能の改善や前頭前野の賦活に関与したという報告もある。軽度のアルツハイマー型認知症では単純な注意課題では障害を認めないが、WM 課題や注意の分配、転換を要する課題において障害を受けるといった報告もある。このように運動や認知課題が、前頭前野の脳血流を賦活し WM 機能に影響すると一定の知見が得られている。

一方で課題の工程数に着目し、工程数の違いが WM に及ぼす影響について検討した報告はない。WM は、目標志向性の高い課題遂行に必要となる情報を能動的に処理しつつ保持を並行しておこなう。したがって工程数が複数ある課題は、複数の工程の情報の保持と操作を能動的におこなう機会が拡大する。逆に工程数が 1 つの課題は、情報の保持と操作をおこなう機会が縮小する。このことから、課題の工程数の違いが WM を司る DLPFC の賦活に関与するのではないかと考えた。そこで本研究では、対象者に工程数が異なる 2 つの作業を実施し、認知機能検査と酸素モニタ装置 NIRS (NIRX200NX 浜松ホトニクス社、以下、NIRS) を用いて、工程数の違う作業課題が及ぼす WM の影響を明らかにすることを目的とした。

作業課題と方法は以下のとおりである。本研究での作業課題は、工程数が複数ある課題として 4 工程からなる箱の作製 (以下、箱づくり) と、1 工程からなる鏡映描写 (以下、描写) を実施した。

箱づくりは A4 サイズの工作用紙を用いて立体的な箱を製作する課題で、日本では作業療法士が問題解決能力の評価に用いて以来、多くの臨床場面で使用されている。身近にある道具や材料を用いて作製でき、作業療法では作業遂行能力、認知機能の評価や治療に導入しやすい。完成した箱も実用的に使用することができ治療的意味のある作業となりえる。

本実験での箱づくりは検者から完成された実物を提示し、作業手順の説明をおこなった。

作業中はアドバイスなしで展開図も付記した工程表を参照に完成された実物を見ながら箱づくりをおこなった。箱は工作用紙を用い、縦 4cm、横 4cm、高さ 3cm の桁形の箱を作製した。使用道具は鉛筆、定規、ハサミ、ホッチキスとした。箱づくりの工程表には 4 つの工程と箱の展開図の記載がある。箱づくりの工程表には次の指示がある。(1) 工作用紙に箱の展開図を書く、(2) 書き上げた展開図をハサミで切り取る、(3) 糊代部分の折り込む方向を確認しながら箱の形に折り込む、(4) 糊代部分を合わせホッチキスで留めて箱を仕上げるである。

描写は手指動作の巧緻性及び学習能力の検査等に利用される鏡映描写器（竹井機器工業）を用いた。工程は鏡に映った星型図形二線の内側をたどる 1 工程で、使用道具は鉛筆のみである。工程数や使用道具の種類は箱づくりと比較して減少するが、作業手順の説明や工程表の提示、道具の指定、作業中の対応は箱づくりと同様とした。描写の工程は「鏡に映った図形の内側をはみださないように鉛筆でたどる」の 1 工程のため箱づくりと比較して工程表の確認は少なくなる。

実験は、外的な刺激が遮断可能な実験室で対象者個別に実施した。研究手順は、以下のとおりである。(1) 課題前に認知機能検査（PASAT1 秒, 2 秒, SDMT, 順唱, 逆唱）を実施した。(2) 対象者に NIRS のプローブを固定し、波形が安定したことを確認した時点で課題中の測定を開始した。(3) 180 秒の作業課題を 4 回繰り返して実施し、その間に 30 秒の安静時間を設定した。安静時は、パソコン画面に注視点「+」を示し注目するように教示した。安静時の姿勢は、課題実施時と同一であった。(4) 課題終了後、対象者に固定したプローブを取り外した。(5) 課題後の認知機能検査（PASAT1 秒, 2 秒, SDMT, 順唱, 逆唱）を実施した。対象者が課題の実施に混乱することを防ぐために工程や道具を設定した。それは課題を効率良くおこない WM の働きである情報の保持と操作が能動的に働きやすくなると予測した。被験者が課題を効率良くおこなう方法は検者からアドバイスを与えなかった。課題を効率良くおこなう方法とは、例えば箱づくりを 4 回繰り返す中で「工作用紙に箱の展開図を書く」ときに折り込み線の記入の省略や、展開図を参照して寸法の確認をおこなう頻度や、工程表の確認が減少するなどである。このように工程順に課題をおこなう中で対象者独自に作業効率を操作することが WM に影響を及ぼすと予測した。

箱づくりを実施後、同じ対象者に 6 ヶ月以上の期間をあけて箱づくりと同じ手順で描写を実施した。

分析方法は以下のとおりである。NIRS のデータ分析は、加算平均により刺激に依存した応答のみを検出できるとされている。具体的には同様の刺激を複数回繰り返し、刺激のタイミングに合わせて加算し、平均することで刺激のタイミングとは無関係に変動する背景脳波は打ち消され刺激に依存した応答のみを検出することができる。本研究ではアーチファクトの混入したデータを取り除くため動作や姿勢を適切に制御すると共に、データの加算平均をおこなった。また各 1 回の課題時間 180 秒の内、課題時間最初の 10 秒を除いた各 170 秒間の加算平均値を算出しベースライン補正をおこなった。それを  $O_{xy}\text{-Hb}$  の賦活値とした。安静時間各 30 秒の加算平均値を算出し安静値（ベースライン値）とした。測定手順として、測定開始時は対象者に前方の壁にある絵を注視してリラックスするように指示し波形が安定した時点で安静時課題から実施した。

課題内の安静値と賦活値との比較は Wilcoxon 符号順位検定を用いて検討した。課題間の比較は賦活値から安静値の差を算出し、目的とする賦活値の相対値の比較を

Mann-Whitney の  $U$  検定を用いて検討した．統計学的有意水準は 5%未満とした．

認知機能検査の分析は，課題間における認知機能検査の学習効果を防ぐために 6 ヶ月以上の期間をあけて描写を実施した．各課題前の認知機能検査結果をベースライン値とした．課題内の認知機能検査前後の比較は対応のある  $t$  - 検定を用いて検討した．課題間のベースライン値の比較と課題前後の認知機能検査の差を算出した相対値の比較を Welch の検定を用いて検討した．統計学的有意水準は 5%未満とした．

その結果，箱つくりと描写における DLPFC の Oxy-Hb，認知機能検査のベースライン値の比較は，課題間において有意な差は認めなかった．各分析をおこなう前に DLPFC の Oxy-Hb と認知機能検査のベースラインが揃っていることを確認した．工程数が 4 工程ある箱つくりと 1 工程の描写の両課題実施後に DLPFC 領域の Oxy-Hb が安静値と比較して有意に賦活したが（箱つくりでは右側，描写では両側），箱つくりと描写との賦活値の相対値比較では有意な差は認めなかった．一方，認知機能検査の比較では箱つくり実施後に PASAT2 秒，SDMT の検査の平均点数が有意に増加した．課題間の認知機能検査の比較では箱つくり実施後の PASAT2 秒が描写と比較して有意に増加した．

以上の結果から，DLPFC 領域の Oxy-Hb が課題後に有意に賦活したのは，箱つくりでは右側が，描写では両側であった．右前頭前野領域の Oxy-Hb の増加は，対象物との位置関係，視空間情報の WM が関与する．左前頭前野領域の Oxy-Hb の増加は，対象物を視覚的に注視する眼球運動や，空間情報の処理に関わる WM の関与があると報告されている．箱つくりは視覚イメージを方略とした WM が最も関与したため右側の Oxy-Hb の有意な増加が推測される．描写は単純な描写ではなく，鏡を利用した描写である．鉛筆の動かし方など複雑な運動学習の確認に眼球運動や視覚から得られた情報処理が関与したと推察した．これらから，描写は両側の Oxy-Hb に有意な増加をもたらしたと考えた．しかし，課題間の賦活値の Oxy-Hb 相対値比較では有意な差を認めなかった．つまり工程数が異なる作業課題が WM に及ぼす影響は，DLPFC 領域の Oxy-Hb の増加だけでは捉えられないと示唆された．

課題後の認知機能検査で平均点数が有意に増加したのは，箱つくり実施後の PASAT2 秒，SDMT の検査である．描写の実施後では PASAT1 秒のみである．課題間において，工程数が複数ある箱つくりの実施後の PASAT2 秒が描写と比較して平均点数が有意に増加を認めた．WM の活性化は認知負荷が大き過ぎる時や小さい時には前頭前野領域の活性化は小さくなるが，適度な負荷により活性化が大きくなるとされている．工程や道具を指定したのは課題遂行に集中でき，WM の働きである情報の保持と操作を能動的に働きやすくするためである．

4 工程の箱つくりは，描写と比較して WM の内容を置き換える回数が多くなる．箱つくりを 4 回おこなう中で効率良く 4 工程を達成できるようになった事が，箱を作成するゴールマネジメントとなり WM 機能の活性化に影響したと推察した．描写は鏡に映る星型図形二線の内側をたどる課題内容で，鉛筆を正しく動かせるまでに間違いを繰り返す．間違いを繰り返しながら複雑な運動学習の獲得により正しく描写できるようになる．新しいことを記憶する場合は，誤りをさせない学習法であるエラーレス学習の効果が報告されている．箱つくりは工程表を参照におこない，完成したイメージも理解しやすいことからエラーレス学習が主体となった．今回の箱つくりと描写の比較では，目標志向性のある作業において DLPFC 領域の Oxy-Hb は賦活するが，特に 4 工程の箱つくりでは工程ごとに効率良く作成する事が WM の実行機能を能動的に働かせる適度な認知負荷となり，課題後の認知機能検査に影響したと推察された．

指導教員 中川昭夫

(註) 2,000～4,000 字でまとめること。