

原 著

作業教示が作業遂行時のワーキングメモリに及ぼす影響

杉原勝美 西田齊二 田丸佳希

四條畷学園大学 リハビリテーション学部

キーワード

ワーキングメモリ・作業遂行・作業教示

要 旨

注意の制御能力の低下の一因に、ワーキングメモリを要する機能の不活発が関与しているのではないかと推察した。注意障害に関する認知リハビリテーションにおいて、繰り返して練習した作業の処理スピードは速くなるといった効果が報告されている。繰り返しておこなう作業遂行で、教示方法の違いがワーキングメモリの活性に影響すると推察した。

本研究では、2種類の教示方法を用いて箱づくりをおこなった。教示方法によるワーキングメモリの活性化について酸素モニタ装置 NIRS と認知機能検査を用いて比較検討した。視覚教示は、同寸法の箱を作製するため効率よく自身のペースで箱を作製でき、繰り返しておこなう事でワーキングメモリよりも短期記憶の要素が強くなったと考えた。箱づくりが DLDFC の脳血流量の変化に影響を与えたと推察したが、ワーキングメモリの活性化には、対象者のワーキングメモリの容量や作業課題の選択、認知負荷の容量などを考慮する必要がある。

はじめに

高齢者の作業療法の目的の中の1つとして、日常生活課題の遂行と環境整備への援助がある¹⁾世界保健機関 (WHO) の国際生活機能分類 (ICF) の概念から、参加の方法は高齢者個人で異なっても、出来る限り社会の中で生活できることを作業療法士として治療したい。高齢者の作業療法実施で、日常生活課題の遂行を目的とした作業課題の持続が困難な高齢者がいる。それは疾病や障害による予備力の低下、活動性の低下、回復力の低下、注意の制御能力の低下など様々な原因が伴う。注意の制御能力の低下に対し作業療法では、直接的治療介入として正確性や持続性に着目した作業活動の一部の工程の反復練習をおこない、作業の工程の持続性や正確性に着目することもある。

作業活動の遂行には認知機能は必要となるが、認知機能面の中でも作業遂行に一時的に必要な作業記憶 (working memory: 以下ワーキングメモリ) の側面も強調されている²⁾。Baddeley と Hitch³⁾によれば作業記憶とは、言語理解、学習、推論などの複雑な認知作業をおこなうときに、必要な情報を一時的に保持し、その情報に操作を加えるシステムと定義されている。またこの

システムには3つの構成要素があり、2つの補助システムとして音韻メモ (phonological loop) と視空間メモ (visuospatial sketch pad) と、1つの中央制御システム (central executive) からなると仮定している⁴⁾。ワーキングメモリは行動やプランのための記憶でもあり、認知と行動との時間的統合にかかわり、バインディングや自己認識に必要な不可欠な基盤をあたえていると考えられている⁵⁾。このワーキングメモリは、加齢による影響が顕著である⁶⁾といった報告もある。

注意の制御能力の低下の一因に、ワーキングメモリに関与する機能の不活性が影響していると推察した。注意障害に関する認知リハビリテーションにおいて、繰り返して練習した作業の処理スピードは速くなるといった効果が報告されている⁶⁾。繰り返しておこなう作業遂行において、教示方法の違いによりワーキングメモリの活性に影響すると推察した。しかし教示方法によるワーキングメモリに関与する機能への影響についての報告は少ない。

今回、2種類の教示方法を用いて箱づくりをおこなった。教示方法によってワーキングメモリの活性化について酸素モニタ装置 NIRS (NIRO200NX 浜松ホトニクス

社,以下 NIRS)と認知機能検査を用いて比較検討した.

対象と方法

1. 対象

研究目的と方法について説明をおこない,文書にて十分な同意と協力が得られた15名(男性6名,女性9名,平均年齢 20.4 ± 0.6 歳)を対象者とした.対象者にはエジンバラ利き手テストをおこない,右利きであることを確認した.なお本研究は四條啜学園大学倫理委員会の承認を受けて実施した(承認番号26-5).

2. 方法と手順

1) 作業と教示方法

4工程に細分化した桁形の箱を作製する作業課題(以下,箱づくり)をおこなった.箱づくりの教示方法は,手順と展開図を記載した工程表を参考に作業遂行する(以下視覚教示)と,検者から作業手順の説明を聞きとりながら作業遂行する(以下言語教示)の2種類の教示方法を用いて箱づくりをおこなった.

2) 手順

1. 作業課題前の以下の①から③の認知機能検査の実施

- ① Paced Auditory Serial Addition Test (以下, PASAT) 1秒と2秒
- ② Symbol Digit Modalities Test (以下, SDMT)
- ③ Digit Span (以下, 数唱)

2. 対象者に酸素モニタ装置 NIRS の設定

測定部位は,ワーキングメモリに関与する前頭前野背外側(DLPFC)に左右に各1チャンネルのプロープを固定した.測定の手順は,測定開始後しばらく安静にして波形が安定した時点で,NIRSの測定を開始した.

3. 作業課題

箱づくりは,前述のように2つの作業教示でおこなった.視覚教示から開始する対象者と,言語教示から開始する対象者をランダムに分けクロスオーバーにて実施した.対象者は,2つの作業教示を2週間以上の期間をあけた.両作業課題教示は,作業環境を統一した.箱づくりの作業遂行時間は安静時間を含み14分30秒とした.

4. 対象者の酸素モニタ装置 NIRS の取り外し

5. 作業課題後の認知機能検査の実施(PASAT1秒,2秒,SDMT,数唱検査)

3) 箱づくりの工程

酸素モニタ装置 NIRS の測定で,刺激に応じた脳波の検出目的のため以下のブロックデザインで箱づくりをおこなった.30秒の安静後,以下の(1)から(4)の作業を順番に180秒でおこない,30秒の安静を挟んで箱づくりを4施行繰り返すブロックデザインとした.安静時は,パソコン画面に注視点「+」を示し注目するように指示をした.安静時は,作業遂行時と同一姿勢での安静とした.対象者には180秒でおこなえるように,集中して出来る限り丁寧に早くおこなうことを教示した.以下の(1)から(4)の作業の目的は,「工作用紙を用いて桁形の箱を作製する」こととした.作業の意味は,工程は既に決まっているが,時間内に対象者が効率よく丁寧に桁形箱を作製することとした.視覚教示と言語教示共に(1)から(4)の工程で箱づくりをおこなったが,箱の寸法は各教示で異なる寸法とした.

- (1) 工作用紙に桁形箱の見取り図を引く.
- (2) 見取り図をハサミで切りとる.
- (3) 箱の形に折り込む.
- (4) ホッチキスで留めて箱を仕上げる.

4) 認知機能検査

(1) PASAT1秒と2秒

Gronwalらによって開発された検査である⁷⁾⁸⁾.CDで連続的に聴覚呈示される1桁の数字について,前後の数字を順次暗算で足していく.1つの数字を呈示し終わってから次の数字の呈示開始までの間隔が1秒と2秒の課題があり,はじめに2秒条件から始め,次に1秒条件をおこなう.ワーキングメモリの関与が大きい検査で,難易度が高い課題である.

(2) SDMT

Smithによって開発された検査である⁷⁾⁸⁾.9つの記号と数字が記載された対応法をもとに,記号に対応する数字を記入していく検査である.問題総数は110個であり,制限時間90秒以内にできるだけ多く反応することが求められる.ワーキングメモリ機能が反映されると考えられる.

(3) 数唱

Lezakによって開発された検査である⁷⁾⁸⁾.聴覚的な記憶範囲を求める検査で,検者が読み上げた数系列をただちに複唱する課題(以下順唱)と,読み上げた数系列を逆から言う課題(以下逆唱)から成る.それぞれ2桁から

9桁まであり、第1系列、第2系列が設けてある。先ず第1系列の数字を読み上げ反応を求め、正答したら次の桁へ進む。誤答の場合は第2系列を実施する。同一桁の両系列とも誤った場合は中止とする。

7) 研究環境

研究が円滑におこなわれ静かで集中できる環境として、四條畷学園大学の高次脳機能研究室で対象者を個別に実施した。

分析方法

1. 脳内の賦活の解析

脳内の賦活の解析に、NIRSを用いて前頭前野の賦活の解析をおこなった。前頭前野はワーキングメモリ課題を司る代表的な皮質とされる⁹⁾。また思考や認知などの高次認知の基盤を担うとともに、行為やプランの記憶という目標志向的な性質を帯びている¹⁰⁾。

本研究のNIRSの測定部位のターゲットは、前頭前野背外側(Dorsolateral Prefrontal Cortex: 以下DLPFC)とした。Markら¹¹⁾の方法を準用し、国際10-20法でC3とC4から矢状方向に5cm前方の位置に左右に各1チャンネルのプロープを固定した。

分析はNIRSで得られたデータで、酸素化ヘモグロビン濃度(Δ [Oxy - Hb])が脳血流量の変化を最も反映するとされている。NIRSデータ分析に加算平均といった分析方法が刺激に依存した応答のみを検出することができる。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¹²⁾。

本研究は以下のように解析した。箱つくりの作業課題時間は、180秒を4施行おこなうが、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。それを酸素化ヘモグロビン濃度(Δ [Oxy - Hb])の賦活値とした。安静時間各30秒間の加算平均値を算出し、ベースライン値とした。

作業課題前のベースライン値と作業課題遂行時の賦活値との比較はWilcoxon符号順位和検定を用いて検討した。

賦活値からベースライン値を差分した差分平均値を算出した。差分平均値の比較を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。

2. 認知機能検査の解析

本研究ではPASAT1秒、2秒、SDMT、数唱の認知機能検査の結果を以下のように解析した。作業課題前後の認知機能検査結果の比較は対応のあるt-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。

結果

1. DLPFCの酸素化ヘモグロビン濃度賦活の解析結果(表1)

ベースライン値より酸素化ヘモグロビン濃度が有意に賦活したのは以下の通りである。視覚教示の右脳(ベースライン値 0.48 ± 1.6 , 賦活値 $1.13 \pm 1.8 \mu\text{mol/L}$, $p < 0.05$)、言語教示の左脳(ベースライン値 -0.07 ± 1.6 , 賦活値 $1.07 \pm 1.8 \mu\text{mol/L}$, $p < 0.05$)、右脳(ベースラ

教示	左右	ベースライン値 ($\mu\text{mol/L}$)		賦活値 ($\mu\text{mol/L}$)		p 値
		平均	SD	平均	SD	
視覚教示	左脳	0.38	1.2	0.82	1.9	0.19
	右脳	0.48	1.6	1.13	1.8	0.04 *
言語教示	左脳	-0.07	1.6	0.48	1.6	0.04 *
	右脳	0.25	1.8	1.07	1.8	0.03 *

* : $p < 0.05$ n = 15

表1 DLPFCのベースライン値と賦活値の比較

イン値 0.25 ± 1.8 , 賦活値 $1.07 \pm 1.8 \mu\text{mol/L}$, $p < 0.05$).

2. 賦活値からベースライン値の差分平均値の比較(表2)

視覚教示と言語教示との比較では左右ともに有意な差は認められなかった。

3. 箱づくり前後の認知機能検査の解析結果(表3)

箱づくり前後の認知機能検査で、課題後に有意に向上したのは以下の通りである。視覚教示の PASAT1 秒(前 62.7 ± 18.6 , 後 69.3 ± 17.5 点, $p < 0.05$), PASAT2 秒

(前 84.6 ± 13.7 , 後 90.8 ± 9.3 点, $p < 0.01$), SDMT (前 66.8 ± 9.8 , 後 74.1 ± 13.5 点, $p < 0.01$), 順唱(前 6.9 ± 0.9 , 後 7.2 ± 0.9 点, $p < 0.05$)において課題後に有意に向上した。

言語教示は、PASAT1 秒(前 59.4 ± 16.2 , 後 64.9 ± 14.5 点, $p < 0.05$), SDMT (前 63.4 ± 13.2 , 後 72.4 ± 13.8 点, $p < 0.01$)が課題後に有意に向上した。他の課題後の認知機能検査には有意な差は認められなかった。

左右	教示	差分平均値 ($\mu\text{mol/L}$)		p 値	
		平均	SD		
左脳	視覚教示	0.56	1.1	0.41	NS
	言語教示	0.75	0.1		
右脳	視覚教示	0.62	0.9	0.3	NS
	言語教示	0.96	1.0		

NS: not significant n=15

表2 賦活値からベースライン値の差分平均値の比較

表3 箱づくり前後の認知機能検査の比較

	視覚教示					言語教示				
	前		後		p 値	前		後		p 値
	平均点	SD	平均点	SD		平均点	SD	平均点	SD	
PASAT1 秒	62.7	18.6	69.3	17.5	0.02 *	59.4	16.2	64.9	14.5	0.01 *
PASAT2 秒	84.6	13.7	90.8	9.3	0.0075 **	85.1	13.3	89.9	9.3	0.06 NS
SDMT	66.8	9.8	74.1	13.5	0.002 **	63.4	13.1	72.4	13.7	0.001 **
順唱	6.9	0.9	7.2	0.9	0.02 *	7.0	1.2	6.9	1.3	0.81 NS
逆唱	5.0	1.0	5.2	0.9	0.18 NS	4.9	1.0	5.1	1.0	0.49 NS

* *: $p < 0.01$ * : $p < 0.05$ NS: not significant n = 15

表3 箱づくり前後の認知機能検査の比較

考察

作業課題の持続が困難で注意の制御能力の低下の一因に、ワーキングメモリに関与する機能の不活発が関与していると推察した。そこで作業遂行時の教示方法によりワーキングメモリの活性化に影響を与えるのではないかと検討した。今回、道具を使用して工程通りに箱を繰り返し作成し段階的に修正を加えることができる箱づくりを、視覚教示と言語教示の2種類の教示方法を認知機能検査と NIRS を用いて比較検討した。

箱づくりは、作業時間を設定し4施行繰り返すことから時間内に効率の良い方法に修正を加えることができ

る。また作品を作製するといった作業はゴールの設定が明確となりやすい。目標行動を設定する上で前頭葉は多くの機能と関与し、ゴールの形成にはアイデアが関与する¹³⁾。これらの行為は前頭前野背外側領域で関与することが示されている。この領域は目標達成のために内的あるいは外的な情報を統合し行動をコントロールする役割を果たしワーキングメモリの中核的機能である。ワーキングメモリは目標志向性の高い課題の遂行に必要な情報を能動的に処理しつつ保持を並行しておこなう¹⁴⁾ため、各教示による箱づくりの作業遂行でワーキングメモリを使用することになる。

酸素化ヘモグロビン濃度のベースライン値と賦活値の比較では、言語教示は左右両側においてベースライン値より有意に賦活した。視覚教示は右側のみにベースライン値より有意に賦活した。谷口¹⁵⁾やSmithら¹⁶⁾によると、右前頭前野領域の酸素化ヘモグロビン濃度の増加は、視空間情報のワーキングメモリが関与し、左前頭前野領域の酸素化ヘモグロビン濃度の増加は、色や物体の情報、内言語を方略とするワーキングメモリの関与があると報告されている。言語教示は視覚イメージと内言語を方略としたワーキングメモリの関与が考えられる。

箱づくりの酸素化ヘモグロビン濃度の賦活値からベースライン値の差分平均値の比較において、視覚教示と言語教示ともに有意な差は認めなかった。作業遂行で酸素化ヘモグロビン濃度の増加は期待できるが、ワーキングメモリの活性化につながったと単純には認められないことが推察できた。実施した作業内容により、心理的ストレス、緊張感、楽しさ、満足感など情動面が心身機能面に影響すると考えられる。今回の箱づくりのように作業を繰り返しておこなうことで対象者の感情の変化が個人によって異なる。情動を一時的に保持しながら積極的に処理をおこなう記憶システムがワーキングメモリであり、前部帯状回皮質(anterior cingulate cortex: 以下ACC)との働きが密接にかかわると考えられている¹⁷⁾。今回は、DLPFC領域をターゲットと設定し、情動に対して調査が出来ていないがACCも同様に解析する事で教示方法や課題による比較検討も出来たと考えた。

箱づくり後の認知機能検査の比較では、有意に成績が向上したのは言語教示後より視覚教示後に多かった。視覚教示は、同寸法の箱の作製により4施行繰り返すことで効率よく自身のペースで箱を作製できる。言語教示は言語を介することから自身のペースで作業遂行することに制限が生じた。また視覚教示は今回の作業遂行でワーキングメモリよりも短期記憶の要素が強くなったと推察した。しかし認知機能検査では有意に成績が向上していても、酸素化ヘモグロビン濃度の賦活は視覚教示では右脳のみ、言語教示において両側で賦活していた。

Josephら¹⁸⁾によるとワーキングメモリ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報告されている。今回の箱づくりは道具を使用して同じ寸法の箱を工程通りに繰り返し作製するため、今回の対象者にはワーキングメモリの負荷が小さくな

りワーキングメモリの活性化につながらなかった。

今回の箱づくりはDLPFCの脳血流量の変化に影響を与えたと推察したが、ワーキングメモリの活性化や教示方法の比較について確認は明確に出来なかった。ワーキングメモリの活性化は、対象者のワーキングメモリの容量や作業課題の選択、認知負荷の容量などを考慮する必要がある。作業療法の目標によって教示方法も異なってくるため単純に比較検討することは困難であるが、教示方法に着目して訓練内容に変化をつけることが出来るかもしれない。

結語

1. 箱づくりを視覚教示と言語教示の2種類の教示方法でおこない、ワーキングメモリの活性化について酸素モニタ装置NIRSと認知機能検査を用いて検討した。
2. 2種類の教示方法による箱づくりはDLPFCの脳血流量の変化に影響を与えたと推察し、認知機能面では視覚教示後において有意に検査の成績が向上するものが多かった。
3. 視覚教示は、同寸法の箱のため効率よく自身のペースで箱を作製でき、ワーキングメモリよりも短期記憶の要素が強くなったと考えた。
4. 箱づくりがDLPFCの脳血流量の変化に影響を与えたと推察したが、ワーキングメモリの活性化や教示方法による比較について確認は明確に出来なかった。
5. ワーキングメモリの活性化には、対象者のワーキングメモリの容量や作業課題の選択、認知負荷の容量などを考慮する必要がある。

謝辞

本研究にご協力いただきました15名の皆様に心から感謝を申し上げます。

文献

- 1) 松房利憲：標準作業療法学 専門分野 高齢期作業療法学：医学書院, pp43, 2010.
- 2) 酒田英夫, 外山敬介編：岩波講座現代医学の基礎 7 脳神経の科学II - 脳の高次脳機能. 岩波書店, pp228 - 239, 1999.
- 3) Baddeley A, Hitch G: Working memory In: The Psychology of Learning and Motivation (ed Bower GA), Vol 8, Academic Press, New York, 1974, pp47-89
- 4) 深津玲子, 藤井俊勝：遂行機能障害の画像診断.

- Journal of CLINICAL REHABILITATION 17 (1) :
26 - 31, 2008.
- 5) 酒田英夫, 外山敬介編: 岩波講座現代医学の基礎
7 脳神経の科学Ⅱ - 脳の高次脳機能. 岩波書店,
pp235 - 236, 1999.
 - 6) 横山和正, 長谷川千洋: 知覚・注意障害の発生の原理. 古川 宏編, 図解作業療法技術ガイド第2版. 文光堂, pp 402 - 404, 2005.
 - 7) 日本高次脳機能障害学会: 標準注意検査法・標準意欲評価法. 新興医学出版社, pp19 - 23, 2008.
 - 8) 日本高次脳機能障害学会: 標準注意検査法・標準意欲評価法. 新興医学出版社, pp65 - 81, 2008.
 - 9) 長谷公隆: 運動学習理論に基づくリハビリテーションの実践. 医歯薬出版, pp23, 2008.
 - 10) 苅阪直行: ワーキングメモリと前部帯状回皮質 - 実行機能の個人差の fMRI による検討, CLINICAL NEUROSCIENCE. 23 (11) pp1241 - 1244, 2005.
 - 11) Mark S. George, Sarah H. Lisaby, Harold A. Sackeim, Transcranial Magnetic Stimulation: applications in Neuropsychiatry. Arch gen Psychiatry 56 (4) :300-311, 1999.
 - 12) 武田湖太郎: 近赤外脳機能計測のリハビリテーション領域への応用における信号処理, 国際医療福祉大学紀要. 12 (2) : pp72 - 78, 2007.
 - 13) 種村純: 遂行機能の臨床, 高次脳機能研究. 28 (3) pp68 - 75, 2008.
 - 14) 山口修平: 遂行機能障害と前頭葉ネットワーク, 認知神経科学. 10 (3・4) pp284 - 289, 2008.
 - 15) 谷口博, 河村民平: ニューロリハビリテーションと脳の機能的イメージング 注意とワーキングメモリ, 理学療法. 27 (8) pp931 - 937, 2010.
 - 16) Smith EE, Jonides J, Koppe RA et al : PET investigations. J Cog Neurosci:337-356, 1995.
 - 17) 坂村雄: 高齢者におけるワーキングメモリの障害, 老年精神医学雑誌. 15 (6) 719 - 724, 2004.
 - 18) Joseph H. Callicott, Venkata S Mattay, Alessandro Bertolino, Kimberly Finn: Physiological Characteristics of Capacity Constraints in Working Memory as Revealed by Functional MRI. Cerebral Cortex Journal. 9 (1) , pp20-26, 1999.

The influence that working instruction gives to working memory at the time of working accomplishment

Katsumi Sugihara Saiji Nishida Yoshiki Tamaru
Shijonawate Gakuen University Faculty of Rehabilitation

Key words

Working memory , Working accomplishment, Working instruction

Abstract

Contribute to the reduction of the control capability of attention, inactivity of functions that require working memory I have assumed or not you're involved. In cognitive rehabilitation on attention disorders, the treatment speed of the work has been practiced repeatedly effect have been reported, such as faster. In the work performed to repeated, the difference of the teaching methods were presumed to affect the activity of the working memory. In this study, it was subjected to a box made by using the two methods of instruction. And were compared using the oxygen monitoring device NIRS cognitive function testing for the activation of the working memory by instruction method. Visual instruction, it can be produced a box at a rate of efficiency itself for producing a box of the same dimensions, thought of short-term storage than the working memory by repeating became strongly. Boxes make it was presumed to have influenced the change in cerebral blood flow in DLPFC, but the activation of the working memory, the selection of capacity and working issues working memory of the subject, it is necessary to consider such as capacitance cognitive load is there.

