

地域在住高齢者における日本語Reading Span Test 施行時の脳循環動態

Changes of Cerebral Oxygenation by Near-Infrared Spectroscopy during the Reading Span Test in Community-Dwelling Elderly

兒玉 隆之¹⁾ 村田 伸²⁾ 村田 潤³⁾ 田中 真一¹⁾

TAKAYUKI KODAMA¹⁾, SHIN MURATA²⁾, JUN MURATA³⁾, SHINICHI TANAKA¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Fukuoka Wajiro Rehabilitation College: 2-1-13 Wajirogaoka, Higashiku, Fukuoka-city, Fukuoka 811-0213, Japan. TEL +81 92-608-8600

²⁾ Faculty of Rehabilitation Sciences, Faculty of Health and Social Welfare Science, Nishikyusyu University

³⁾ Department of Health Sciences, Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University

Rigakuryoho Kagaku 24(1): 21-24, 2009. Submitted Apr. 25, 2008. Accepted Jul. 30, 2008.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to measure the verbal working memory capacity of elderly subjects in the community by a reading span test (RST) of Japanese. [Subjects] The subjects were 11 elderly females aged 72.2 ± 5.8 years. [Method] Frontal lobe activity was evaluated during this test on the basis of changes in oxygenated hemoglobin (HbO₂) measured by near-infrared spectroscopy. [Results] Significant increases in HbO₂ were observed during 2-sentence tasks from task 1, immediately after initiation of the RST, to task 5. The increases were maintained until the end of the RST. [Conclusion] These results show that activity in the frontal lobe increases during the RST in the elderly, and working memory participates in the cognitive function of the frontal lobe.

Key words: reading span test, near-infrared spectroscopy, community-dwelling elderly

要旨: [目的] 本研究の目的は、高齢者における前頭葉機能の評価とされるワーキングメモリ容量を測定する日本語Reading Span Test(RST)の妥当性を検討し、RST施行時の脳機能局在性を近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy)により検討することである。[対象] 認知障害のない地域在住高齢者11名(平均年齢 82.8 ± 5.5 歳)。[方法] RSTを実施し得点と試行正答率の評価を行い、RST施行中の前頭葉の活動について、酸素化ヘモグロビン(HbO₂)の変化を測定し検討した。[結果] RST開始直後の2文条件課題①から最終の課題⑤までHbO₂の変化率に有意な上昇が認められ、その上昇は終了時まで維持されることが確認された。[結語] 高齢者がRSTを施行する際には前頭葉の活動が促進され、ワーキングメモリに前頭葉機能が関与している可能性を示唆した。

キーワード: 日本語Reading Span Test, 近赤外線分光法, 地域在住高齢者

¹⁾福岡和白リハビリテーション学院 理学療法学科: 福岡県福岡市東区和白丘2丁目1-13 (〒811-0213) TEL 092-608-8600

²⁾西九州大学 リハビリテーション学部リハビリテーション学科

³⁾長崎大学大学院 医歯薬学研究科

受付日 2008年4月25日 受理日 2008年7月30日

I. 緒 言

日常生活において、会話や計算などといった様々な認知機能を用いる際、文字などの言語情報を一時的に保持しながら並行してその処理をすることが多い。とくに高齢者においては、物事にうまく段取りをつけ、物忘れのない円滑な日常生活を送るにはワーキングメモリのはたらきが重要な役割を果たす¹⁾。

ワーキングメモリとは、一時的な情報の保持と処理を支える機構であり、思考や注意などの認知機能を担っている²⁾。中でも言語情報の処理におけるワーキングメモリのはたらきは、ヒトの情報処理のなかでも重要な機能をもつ³⁾とされる。高齢者におけるワーキングメモリのはたらきについては、加齢の影響を受けそのはたらきが低下する⁴⁾とされ、情報を処理する能力が低下すること、加えて方略を選択することが困難になることなど⁵⁾が特徴として挙げられる。とくに注意の制御機能は、ワーキングメモリの中でも特に加齢の影響で衰退しやすい¹⁾ことが知られており、これら注意制御の低下が転倒を引き起こす重大な要因であることも報告されている⁶⁾。

これらワーキングメモリの評価については、容量を測定するテストとしてReading Span Test⁷⁾が広く知られており⁸⁻¹⁰⁾、認知機能活動を検討する有効な指標とされている。また、最近の高次脳機能のイメージング研究の発展により、ワーキングメモリが前頭葉機能を中心とした機能と関わる¹¹⁾ことが明らかとなってきた。しかし、functional magnetic resonance imaging (fMRI) や positron emission tomography (PET) などのように大規模な装置を用いた研究が多く¹²⁾、測定場所や対象者が限られていた。

そこで本研究では、地域在住高齢者を対象とし、荳阪ら¹³⁾により作成された「日本語 Reading Span Test」(RST) を施行し、大規模な装置を必要とせず局所の脳内血液酸素動態が長時間にわたり非侵襲的に測定できる近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy ; NIRS) により脳内血液酸素動態を測定し前頭葉、とくに前頭前野の活動について検討した。

II. 対象および方法

1. 対象

F 町に居住し、G 集会所で実施した高齢者ミニデイサービス事業に、2007年12月に参加した11名の地域在住高齢者を対象とした。対象者11名はすべて女性であり、平均年齢は82.8 ± 5.5歳、年齢範囲は74 ~ 91歳であった。対象者のMini-Mental State Examination¹⁴⁾は平均

表1 日本語Reading Span Testの文例

2 文条件

- ・彼等は毎日歌の練習をしています。
- ・この町には小さな公園がいくつもある。

ターゲット語：練習 公園

29.2 ± 1.7点、得点範囲は24 ~ 30点であり認知症を疑う者はいなかった。また、対象者の要介護度は要支援1から要介護1であった。

なお、対象者には研究の趣旨と内容、得られたデータは研究の目的以外には使用しないこと、および個人情報情報の漏洩に注意することについて説明し、理解を得た上で協力を求めた。研究への参加は自由意志であり、被験者にならなくても不利益にならないことを口答と書面で説明し、同意を得て研究を開始した。

2. 方法

日本語版のRSTは、課題となる文の読みをおこないつつ単語の保持がどの程度できるかを口頭で再生させることにより、ワーキングメモリの測定をおこなうものである³⁾。1条件は難易度の同じ¹³⁾課題①から課題⑤の5つの課題から成り、2文条件から5文条件まで5試行ずつの4セットで、それぞれ10文、15文、20文、25文の合計70文で構成されていた。文は、PC画面上に縦15 cm、横21 cmの白背景に1行に収まるように黒文字で書いた。被験者には、書かれた文を声に出して5秒以内で読みながら、文中の単語の下に下線を引いて示したターゲット語を暗記するよう指示した。次に、例えば2文条件(表1)では、2つの文を読んだ後に「暗記した言葉を言って下さい」と指示した。ターゲット語の再生順序は自由であったが、新規性効果を避けるために最後の文のターゲット語を最初に再生することだけは禁止した。再生の制限時間は、1文が5秒とされているため、2文条件は10秒、3文条件は15秒、4文条件は20秒、5文条件は25秒とした。2文条件から始めて、5つの課題中3試行をパスしたものが3文条件へ進み、同じようにパスしたものが4文条件、そして5文条件へと進んでいく。点数評価は、3試行正解でその文条件をパスしたものと1点、2試行正解の時は0.5点とした。なお、提示した文、提示時間および再生時間はすべて荳阪ら¹³⁾の方法に従った。提示はすべてPCで行い、読み時間と再生時間の制御はストップウォッチで計測した。また、再生するターゲット語は条件内では意味的に関連しないものとした³⁾。

脳内血液酸素動態の測定はRST施行中の左前頭前野

表2 2文条件の試行正答率 (%)

課題①	課題②	課題③	課題④	課題⑤
54.55 ± 26.97	68.18 ± 33.70	36.37 ± 30.31	36.37 ± 30.31	59.09 ± 32.54

データは平均値±標準偏差で示した。

表3 RSTにおけるHbO₂の変化 (Δ%)

	課題①	課題②	課題③	課題④	課題⑤
read 条件	100.0 ± 60.3				
課題 記録	162.7 ± 87.7	171.3 ± 66.8	156.6 ± 61.7	180.7 ± 76.5	204.4 ± 81.4
再生	232.4 ± 53.2*	240.6 ± 29.6*	235.8 ± 66.5*	211.3 ± 55.1	270.3 ± 65.7**

**p<0.01, *p<0.05, read 条件との差。

領域にみられる脳内血液酸素動態の変動を評価した。脳内血液酸素動態の測定には、局所の脳内血液酸素動態が長時間にわたり非侵襲的に測定でき、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 NIRO 200 (浜松ホトニクス社製) を用いた。測定は、被験者に椅子へ腰掛けてもらいプローブ (照射プローブと検出プローブの間隔は 3 cm) を 1 チャンネル左前頭部に固定し、RST 施行中の酸素化ヘモグロビン (HbO₂) 量の変化を測定した。また RST 開始および終了の記録用マーカーとして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-A1, ユニークメディカル社製) を介して PC にサンプリング周波数 500 Hz で同時に記録・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。解析ソフトには Unique Acquisition 2.11.0.10 (ユニークメディカル社製) を使用した。

最初に、コントロール課題として練習問題の 2 文条件を 4 文、「暗記せずにただ読んで下さい」と指示し、その際の脳内血液酸素動態の測定を測定した (read 条件)。次に 2 文条件から課題を開始し、これら課題施行中における HbO₂ の変化量を測定した。

データ処理として、得られた HbO₂ を 1 秒間隔で平均化した。また、read 条件における HbO₂ の平均変化量を基準として、RST 施行中の HbO₂ 変化率 (Δ%) を算出し比較検討した。なお、それぞれの被験者で RST 遂行時間が異なるため、電気スイッチにより開始マーカーおよび終了マーカーを read 条件および課題毎に記し、HbO₂ 変化率の分析に用いた。また、被験者毎の RST 得点および文条件毎の各課題の試行正答率を算出し、試行正答率と HbO₂ 変化率を比較検討した。統計処理は、HbO₂ 変化率の比較には反復測定分散分析ならびに Fisher

の PLSD による多重比較検定を行った。試行正答率と HbO₂ 変化率の関係についてはピアソンの相関係数を用いて比較を行った。解析には StatView 5.0 を用い、統計的有意水準を 5% とした。

III. 結果

RST 得点の平均値は 0.45 ± 0.72 であり、3 文条件まで試行したものは 11 人中 1 人であった。最高得点は 2.5、最低得点は 0 であった。表 2 に RST の 2 文条件における試行正答率を示した。

RST の結果から、3 文条件まで試行した者が 1 名のため、2 文条件のみで比較検討を行った。read 条件と比較したところ、課題①開始後から HbO₂ の上昇傾向が認められ、課題①のターゲット語の再生時には有意な HbO₂ の上昇が認められた。さらに、課題②と課題③の再生時、および HbO₂ のピーク (270.3 ± 451.8 Δ%) となった課題⑤の再生時には有意な HbO₂ の上昇が認められた。表 3 に read 条件を 100% としたときの HbO₂ 変化率を示した。

HbO₂ 変化率と試行正答率の間に有意な相関関係は認められなかった (r=0.59)。

IV. 考察

近年、脳のイメージング研究は、ワーキングメモリが前頭葉機能を中心とした高次脳機能と関わる¹¹⁾ことを明らかにしてきた。これらの研究は言語性ワーキングメモリ容量の測定法である reading span test が開発されたことにより検討が可能となった¹⁵⁾。そこで本研究では、地域在住の高齢者に対し RST を試行したところ、

RST得点の平均値は 0.45 ± 0.72 であった。目黒ら¹⁶⁾は、本研究と同様のRSTを用いて、20歳代から30歳代の若年グループ67名、40歳代から50歳代の中年グループ29名および60歳代から73歳代の高齢グループ29名に対してRSTを試行した結果、平均得点が若年グループ 3.58 ± 0.89 、中年グループ 2.55 ± 0.91 、高齢グループ 1.91 ± 0.41 であったことを報告している。本研究の結果はそれらの得点を下回るものとなった。さらに、Siegel¹⁷⁾は6歳から49歳までの年齢層を対象として実施しており、ワーキングメモリ機能が加齢とともに顕著に低下していることを報告している。本研究では、若年グループや中年グループとの比較は行っておらず、比較して平均得点が低得点かどうか言及はできないが、先行研究の結果と比較し、本研究結果の平均得点が低かったことから、先行研究の結果同様に高齢者はワーキングメモリの機能が加齢の影響を受ける可能性が示唆された。

また、左前頭前野におけるHbO₂変化率について、コントロールであるread条件と比較し、課題①、課題②、課題③および課題⑤に有意なHbO₂の上昇が認められた。課題遂行時におけるワーキングメモリの注意制御機能は、その実行に神経ネットワークをもつことが解明されてきており、近年のRSTを用いたfMRI研究から、前頭葉、中でも左前頭前野を中心としたネットワークが報告されている¹⁸⁾。今回の結果では、課題④に有意な上昇が認められなかったことで、现阶段ではRSTが前頭葉の活動を促進させるとの断定はできないが、本研究もRSTにおける課題再生時にHbO₂が上昇したことから、先行研究を支持する結果と考えられる。HbO₂変化率と試行正答率との間に相関関係が認められなかったことについては、ターゲット語を正しく記銘・再生すること自体が前頭前野の活動を高めたわけではなく、RST施行中にワーキングメモリ機能を用いたため試行正答率によらず活動性が高まったのではないかと推測された。しかしながら、本研究の時点では対象者数が少なかつたため、試行正答率と前頭前野の活動性の関係については対象者を増やし検討することが今後の課題である。

以上より、高齢者がRSTを施行する際には前頭葉の活動が促進され、ワーキングメモリに前頭葉機能が関与している可能性が示唆された。同時に、高齢者のワーキングメモリにおける注意の制御機能などの認知機能と前頭葉機能の関連性を検討する一手段として、HbO₂変化率をもちいた脳内血液酸素動態の比較検討が有用である可能性が示唆された。近年、高齢者におけるニューロイメージング研究が、前頭葉の中でも前頭前野における加齢の影響が大きいことを報告している。さらに、

高齢者の認知機能低下の一因に、ワーキングメモリ容量や効率の低下が密接に関わる¹⁹⁾ことも示唆されている。今後、脳機能の側性やネットワーク、認知機能を担う局在機能に関する解明については今後さらなる検討が必要と考えられる。

謝辞 本研究に快く協力していただきました方城地域ミニデイサービス事業利用者の皆様に深謝致します。

引用文献

- 1) 荻阪直行：ワーキングメモリと実行系機能の個人差—Functional MRIによる検討。Cognition and Dementia, 2005, 4(2): 95-100.
- 2) Baddeley A: The episodic buffer; A new component of working memory? Trends Cogn Sci, 2000, 4: 417-423.
- 3) 荻阪満里子：脳のメモ帳ワーキングメモリ。新曜社、東京、2005.
- 4) Craik F, Jennings J: Human memory. The handbook of aging and cognition. Hillsdale, New Jersey, 1992.
- 5) Baddeley A: Working memory. Oxford University Press, New York, 1986.
- 6) 村田 伸：在宅障害高齢者の転倒に影響を及ぼす身体及び認知的要因。理学療法学, 2005, 32(2): 88-95.
- 7) Daneman M, Carpenter PA: Individual differences in working memory and reading. J Verbal Learning and Verbal Behav, 1980, 19: 450-466.
- 8) Baddeley AD, Logie R, Nimmo-Smith I, et al.: Components of fluent reading. J Memory and Language, 1985, 24: 119-131.
- 9) Masson MEJ, Miller JA: Working memory and individual differences in comprehension and memory of text. J Educ Psychol, 1983, 75: 314-318.
- 10) 荻阪満里子：ワーキングメモリ(1)。臨床脳波, 2006, 48(11): 691-696.
- 11) 荻阪直行：脳とワーキングメモリ。京都大学学術出版会、京都、2000.
- 12) Reuter-Lorenz PA: New visions of the aging mind and brain. Trends Cogn Sci, 2002, 6: 394-400.
- 13) 荻阪満里子, 荻阪直行：読みとワーキングメモリ容量：リーディングスパンテストによる検討。心理学研究, 1994, 65: 339-345.
- 14) Folstein MF: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiat Res, 1975, 12: 189.
- 15) 荻阪直行：心と脳の科学。岩波書店、東京、1998.
- 16) Meguro Y, Fujii T, Yamadori A, et al.: The nature of age-related decline on the reading span task. J Clin Expl Neuropsychol, 2000, 22: 391-398.
- 17) Siegel LS: Working memory and reading: a life-span perspective. Intl J Behav Develop, 1994, 17: 109-124.
- 18) Osaka N, Osaka M, Morishita M, et al.: The neural basis of executive function in working memory; an fMRI study based on individual differences. Neuroimage, 2004, 21: 623-631.