

運動感覚性ワーキングメモリに運動自由度 および加齢が及ぼす影響

[1] 組織

代表者：田中 尚文
(帝京大学ちば総合医療センター)

対応者：杉浦 元亮
(東北大学加齢医学研究所)

分担者：
柴田 大輔 (帝京大学ちば総合医療センター)
轟木 まみ (帝京大学ちば総合医療センター)
糟谷 昌志 (宮城大学事業構想学部)
王 尹容 (東北福祉大学健康科学部)

研究費：物件費 200,000 円，旅費 0 円

[2] 研究経過

日常生活動作のほとんどは、単関節の一つの運動だけで行うことはできず、複合動作や系列動作である。脳卒中片麻痺患者では、麻痺側上下肢が十分に使用できないため、起き上がり動作などの日常生活動作を自立して行うために、麻痺側上下肢の運動機能の回復だけでなく、非麻痺側上下肢を主に使用する日常生活動作を習得する必要がある、リハビリテーション治療では複合的な系列動作の運動学習が行われる。運動に関するワーキングメモリは、運動学習の成果を左右する主要な認知ドメインである。療法士は患者の運動学習を促すために言語情報や視覚情報だけでなく、運動感覚情報も用いて患者に教示やフィードバックを与えている。運動に関する感覚情報としては視覚情報と運動感覚情報が挙げられ、それぞれの感覚情報を扱うワーキングメモリが存在すると想定される。われわれは、運動感覚情報を扱うワーキングメモリを神経心理学的に評価する目的で、被験者が自らの身体を見ない状態で、つまり運動に関する視覚情報が遮断された状態で、運動感覚情報のみで教示された運動系列を教示後に再現する運動感覚性ワーキングメモリ課題を考案した。

運動学習においては、系列動作を構成する運動の学習する運動の自由度が高いと難易度が高くなることが知られているが、運動に関するワーキングメモリの神経基盤の運動自由度による変容や加齢が及ぼす影

響について検討した報告は見あたらない。本研究の目的は、運動感覚性ワーキングメモリにおける運動自由度による脳内機構の変容とその加齢変化を機能的MRI実験により明らかにすることである。

以下、研究活動状況の概要を記す。

機能的MRI実験では、遅延マッチング課題(delayed match-to-sample task)を被験者に課して運動に関するワーキングメモリを評価することとした。課題では、被験者が自らの手を見るできないように遮断した上で、運動課題をコマ撮り動画を被験者に見せて視覚的情報により提示する教示条件、あるいは被験者の手を検者が他動的に動かして運動感覚的情報により提示する教示条件のいずれかの条件で一連の運動を教示し、教示終了から4~8秒後に提示された運動が教示された運動と順番も一致しているかどうかを、被験者に左手でボタンを押して回答する課題を課した。本課題実施中に被験者が自分の右上肢を見ることができないように設定した。符号化時には、被験者には声を出さずに「あいうえお」を繰り返して想起する構音抑制を課すこととした。

この研究プロトコルについて議論するため、受け入れ教員と対面打ち合わせを2022年6月9日と7月14日に加齢医学研究所スマート・エイジング棟にて実施した。その際の議論をもとに、健常高齢者を対象とした実験プロトコル、とくに運動シークエンスを構成する運動数、すなわち、機能的MRI実験に用いる大小二つの記憶負荷(memory load)量を決定するために行動実験を行った。そして、健常高齢者を対象とした機能的MRI実験について、東北大学大学院医学系研究科倫理委員会の倫理委員会に倫理審査を申請し、承認を得た。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

健常高齢者8人(年齢76±3歳、女性4人、利き手は全員右)を対象として、運動に関するワーキングメモリ課題に構音抑制を課して記憶負荷量を検討した。Montreal Cognitive Assessment (MOCA) のスコア

は 22 ± 2 (19~24) であった。

被験者には教示された右上肢の運動を再認し、その正誤を回答する課題を課した。今回の課題は単関節運動のみで構成し、教示方法は被験者に動画を見せて視覚的に教示する方法と視覚遮断下の被験者の上肢を実験者が徒手で他動的に動かして教示する方法の2条件とし、再認方法は教示方法に一致させた。つまり、教示-再認方法は、視覚情報の教示-視覚情報の再認の視覚性条件と運動感覚情報の教示-運動感覚情報の再認の運動感覚性条件の2条件とした。

検討する記憶負荷量は1~5個とし、それぞれの記憶負荷量、つまり、運動シーケンスを構成する運動の個数毎に10題作成した。教示時と再認時に提示した運動シーケンスが一致する5題と一致しない5題をランダム順に出題し、被験者に再認課題が教示課題と一致あるいは不一致していたかを左手でボタンを押して回答するように指示した。その際、教示終了から再認開始までと回答から教示開始までの時間間隔をジッターリングさせた。視覚性および運動感覚性条件の施行順はカウンターバランスを取って被験者毎に設定し、順序効果を統制した。3~5個の記憶負荷量の課題正答数と2個の記憶負荷量の課題正答数との比較には、Wilcoxon 符号付き順位検定および Bonferroni 補正を用い、有意水準は0.05とした。

その結果、各被験者の正答率は、視覚性条件と運動感覚性条件のどちらにおいても記憶負荷量が1個であれば、ほぼ100%であった(図1)。したがって被験者の課題理解は良好であったと考えられる。

課題正答数は記憶負荷量が増えるといずれの条件でも徐々に低下する傾向は認められたが、視覚性条件では、2個の記憶負荷量の課題正答数は、3~5個の記憶負荷量のいずれとも有意差を認めなかった。運動感覚性条件では、5個の記憶負荷量との間に有意差を認められたが、3~4個の記憶負荷量との間には有意差を認めなかった。

実験後に被験者に対して実験中に言語符号化を利用したかについてアンケートを行ったところ、8人の被験者のうち3人は実験当初から言語符号化を使用していなかったと回答した。残りの5人は、課題の途中から最後まで言語符号化の利用し、そのうちすべての

運動に言語符号化を行っていたのは1人であった。

以上の行動実験の結果より、高齢者を対象とした機能的MRI実験における運動に関するワーキングメモリ課題の記憶負荷量の小さい課題と大きい課題は、軽度認知障害以上の認知障害を有していても、1題あたりの運動数をそれぞれ2個と3~4個とすることが妥当と考えられた。

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究により、運動感覚性ワーキングメモリに対する運動自由度の影響やその脳内機構の加齢による変化が神経科学的に明らかになれば、ワーキングメモリ概念モデルのより体系的な理解に寄与する。さらに運動感覚性ワーキングメモリの運動自由度に関わる神経基盤に対する加齢の影響を解明することにより、多くの高齢患者を対象とするリハビリテーション医療において、1) リハビリテーション医療において自由度が高い運動を学習するために運動感覚情報を治療に活用することの根拠となる学術的知見が得られること、2) 運動に関するワーキングメモリ障害による運動学習障害を有する脳損傷者に対して運動学習に併用する治療的非侵襲脳刺激を用いた新たな治療方略の開発につながることを期待される。

[4] 成果資料

学会発表1件。

- 田中尚文, 石橋遼, 田邊亜澄, 杉浦元亮. 上肢単関節運動の運動感覚情報と視覚情報を扱うワーキングメモリに関する脳部位の検討. 第6回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会. 岡山, 2022.

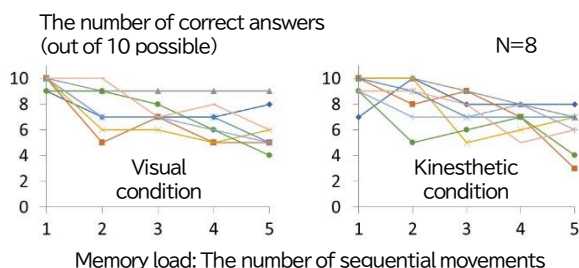


図1. 視覚性および運動感覚性ワーキングメモリ課題の記憶負荷量別の正答数