

学習課題の組織化の観点から捉えた 全体法・部分法の運動学習効果の差異

鈴木 博人¹⁾ 鈴木 誠¹⁾ 藤澤 宏幸¹⁾

1) 東北文化学園大学医療福祉学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

要旨

【目的】本研究では、Naylor と Briggs の仮説における組織化の観点から全体法と部分法の学習効果の差異を明らかにすることとした。【対象と方法】本研究では、組織化の高い条件（課題1）と低い条件（課題2）に設定可能な装置を用いて実験を行った。健康若年者46名を対象とし、課題毎に全体法群と部分法群の2群へ無作為に割り付けた。実験は3日間（1日目：プレテスト、2日目：練習、3日目：保持・転移テスト）とした。解析パラメータには所要時間およびそのプレテストからの変化量を用いた。統計解析には混合計画による二元配置分散分析と、事後検定として Shaffer の方法による多重比較検定を使用した。【結果】両課題ともにテスト間の主効果のみ認められた。また、練習期間におけるプレテストからの変化量について、課題2の練習初期に群間に有意差が認められた。【結語】課題2の練習初期に全体法群よりも部分法群で練習効果が認められたことから、組織化が低い課題で部分法が適した方法であることが示唆された。

【キーワード】運動学習、全体法、部分法、組織化

I. はじめに

理学療法士の役割の一つに、対象者の残存機能を最大限に引き出し、運動・動作を再獲得させることがある。その際には、運動学習理論に基づいたアプローチが重要であり、理学療法における運動療法の基盤となる概念とされている¹⁾。運動学習研究の関心事に練習方法の違いによる学習効果の差異があり、その一つとして全体法と部分法がある。全体法とは、課題のはじめから終わりまでを行い、それを反復する方法を指す。この練習方法は、課題全体が把握できるため学習効果が高いとされている。一方、部分法は、あらかじめ課題内容を部分に分けて順次実施していく方法である。部分法は、構成要素に分けて学習するため、すでに学習された運

動を構成要素とする他の運動への転移が可能なことから難易度の高い運動に有用であるとされている。その一方で、獲得から転移の過程を経るため時間を要するとも言われている²⁾。全体法と部分法の運動学習効果に関する研究は様々な課題で多くなされているが、その適用方法については明示されていない。

そのような中、Naylor と Briggs は全体法と部分法の効果的な適用方法について、学習課題の特徴を組織化と複雑性の観点から分類する仮説を紹介している³⁾。組織化とは、技能の要素間の関連性を指し、一連の運動パターンで動作が構成されている場合に組織化の高い技能であるとされる。一方、複雑性とは、技能の要素数と情報処理過程の量によって決定される。すな

わち、より要素が多くより情報処理過程が多い技能が複雑性の高い技能であることを意味する⁴⁾。我々は、この仮説に基づき理学療場面における学習課題を整理することにより、効果的な練習方法の選択に寄与できると考えている。

Fabioらは、NaylorとBriggの仮説の観点から全体法と部分法の効果に関するメタアナリシスを行った⁵⁾。その結果、様々な課題を組織化が高いものと複雑性が高いものに分類し、複雑性が高いものは部分法が有用であるという傾向は認められたものの、明確な結果は示されなかった。さらに、NaylorとBriggの仮説を直接的に検証している先行研究は見当たらない。

以上のより、本研究の目的はNaylorとBriggsの仮説における組織化の観点から全体法と部分法の学習効果の差異を明らかにすることとした。

II. 対象と方法

1. 対象

神経学的及び整形外科的疾患の既往がない健康若年者46名を無作為に課題1～23名（年齢：21.0±1.0歳，身長：166.3±11.1cm，体

重：58.9±11.2kgw），課題2～23名（年齢：21.4±1.2歳，身長：162.2±7.2cm，体重：54.5±5.8kgw）に割り付けた。さらに、各課題で全体法群と部分法群の2群へ無作為に割り付けた。（表1）。

2. 倫理的配慮

対象者には「練習方法の違いによる効果の差異に関する研究であること」、「測定は非侵襲的であること」などを書面および口頭にて説明した後、書面にて参加の同意を得た。なお、本研究は東北文化学園大学研究倫理委員会の承諾を得て実施した（承認番号：文大倫第15-12号）。

3. 研究デザイン

本研究は3日間連続で行った。1日目には、対象者の体格にあった実験環境の設定するために、全被験者に対して形態計測を行った。その後、練習前のパフォーマンスを確認するためにプレテストを実施した。また、2日目は練習日とし、3日目には保持テストと転移テストを行った（図1）。

表1：被験者情報

郡	n	利き手 右/左	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kgw)	前腕長 (cm)	腓骨頭-床 (cm)	臍-床 (cm)	
課題1	全体法群	11	10/1	21.0 ± 1.0	166.3 ± 11.1	58.9 ± 11.2	25.6 ± 2.5	43.1 ± 2.5	67.1 ± 4.8
	部分法群	12	12/0	21.0 ± 1.1	164.3 ± 6.1	55.5 ± 7.8	24.5 ± 1.5	42.2 ± 1.8	66.7 ± 2.7
課題2	全体法群	12	12/0	21.3 ± 1.1	163.5 ± 8.7	55.3 ± 7.2	24.2 ± 2.4	41.8 ± 2.8	70.1 ± 3.2
	部分法群	11	11/0	21.5 ± 1.3	160.8 ± 4.7	53.6 ± 3.4	24.2 ± 1.7	40.7 ± 1.5	66.1 ± 2.6

平均±標準偏差

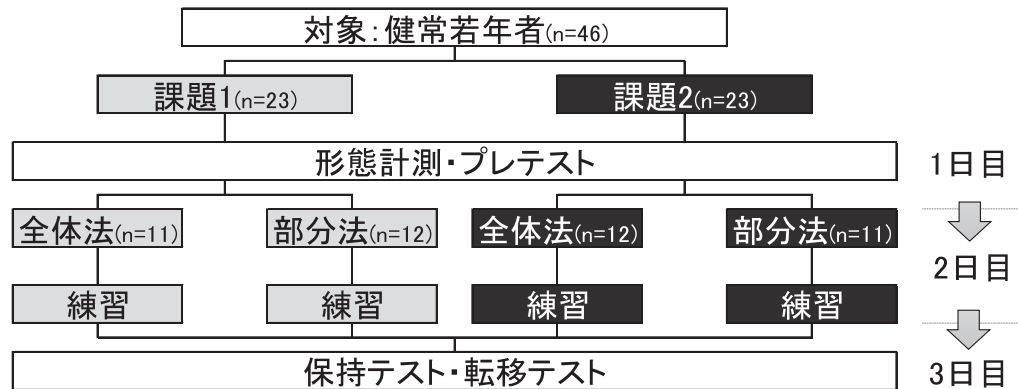


図1 研究デザイン

4. 課題設定および実験装置

我々は学習課題として釘を叩く課題を取り上げ、同じ課題の中で組織化の高い条件と低い条件に設定可能である実験装置を作製した。具体的に、組織化が高い設定を課題1とし、組織化が低い設定を課題2とした。課題は利き手で行うものとし、右利き用と左利き用の装置を用意した。なお、本学習課題は釘の頭部を叩くのみであり、いわゆる「釘打ち」のように木材などに釘を打ち込む課題ではない。

正方形 (8.8 cm 四方) の木材 (以下: ブロック) の四隅に釘を立てたものを6個用意し、課題の設定通りに並べた。さらに、開始時に金槌を載せて待機する台として利き手側に黄色いブロックを設置した。課題内容は、1つのブロックに打ってある4本の釘の内3本の釘を金槌で叩くというもので、1本には赤シール、他2本には緑シールを貼った。赤シールの釘から叩き始め、次はその隣の緑シールの釘、最後は残りの緑シールの釘の順番で叩かせた。同様のブロックが6個並んでおり、ブロック上面に記載された番号の順に叩き進め、合計18本の釘を叩く時間を測定した。前半3個のブロックは反時計回りに叩くように釘を並べ、後半3個のブロックは時計回りに並べた (左利き用は逆回り)。すべての釘を叩き終えたら、金槌は開始位置に

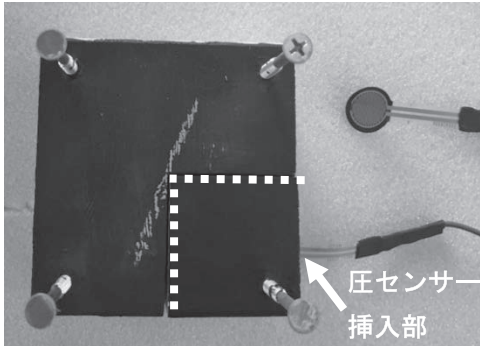
戻させた (図 2a, 2b)。

課題1では、金槌の軌道に連続性を持たせるために、各ブロックの最後に叩く釘と、次のブロックの最初に叩く釘が隣り合うように並べた (図 2c)。課題2では、非連続的な金槌の軌道となるように、ブロックの配置は各ブロックの最後の釘と、次のブロックの最初の釘が対角線上になるようにした (図 2d)。

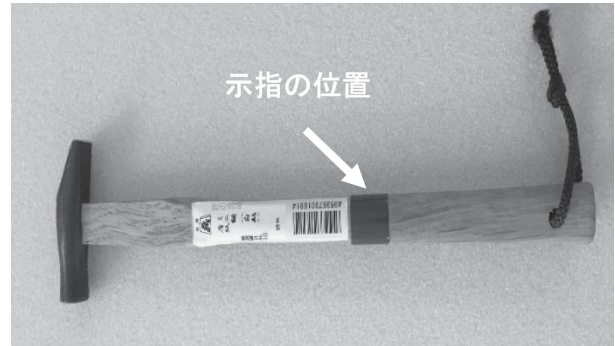
所要時間の測定には圧センサー (4CH FS アンプ, ディケイエイチ社製) を用いた。最初と最後の釘が打ってあるブロックの4分の1辺を切り取り、最初の釘の下に設置した圧センサーをセンサー1、最後の釘のものをセンサー2とした。AD変換器 (Power Lab/16SP, ADInstruments社製) の設定は、サンプリング周波数を1000 Hz, Rangeを0~5 Vとした。

5. 実験環境

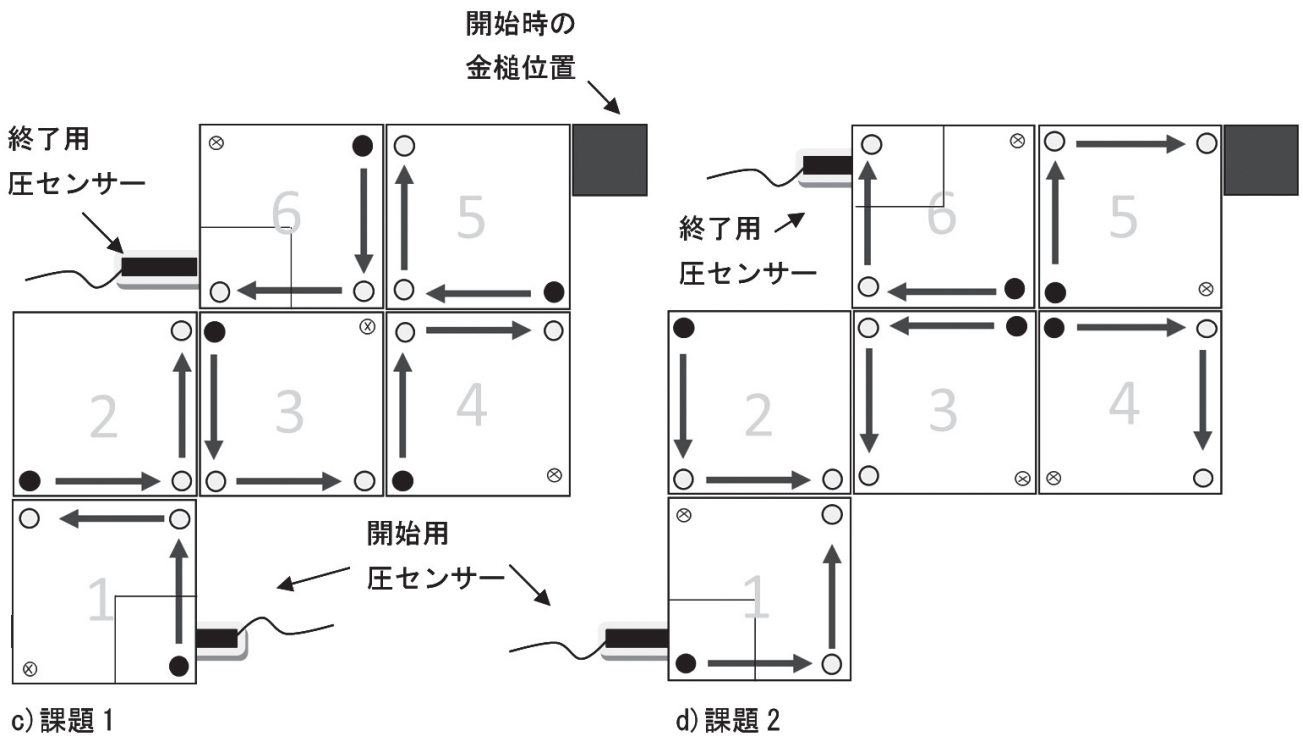
被験者と実験装置の距離を統一するために、以下の設定を行った (図 3)。座面高と机の高さを変えることができる物を使用し、座面の高さは腓骨頭一床との距離 (A)、机は座位時の臍一床との距離とした (B)。机までの距離は、肩関節屈伸 0° 、肘関節屈曲 90° にした際に尺骨茎状突起が机の端に接する距離に設定した (C)。体幹の前傾を防止するため、ベルトにて胸部を椅子背もたれへ固定した (D)。実験装置は、机



a) 圧センサーの挿入方法



b) 金槌のグリップ位置



c) 課題 1

d) 課題 2

図 2. 実験装置

a) 実験装置のブロック. 1つ目の開始と6つ目の終了の釘は切り取られており、その下に圧センサーを挿入. ブロックの上面にはブロックナンバーを記載. b) 金槌の握る位置を統一. c) 課題 1 の設定. d) 課題 2 の設定. c) および b) 共通で、黒塗りの丸 (●) が赤、白抜きの丸 (○) が緑のシールを表している. また、ブロックの上面は黒板のような黒塗りになっており、そこに叩くブロックの順番を示した数字をチョークで記載した. なお、矢印は叩く釘の順序を表しているが、実際の実験装置には記載していない.

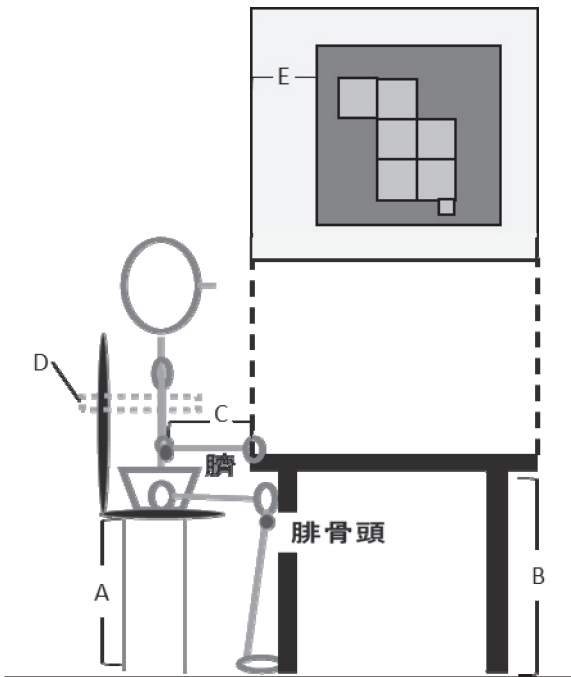


図3 実験環境

A) 座面高, B) 机の高さ, C) 机までの距離, D) 体幹固定用ベルト E) 実験装置の設置場所 (机を水平面情報から見た場合)。

の端から各被験者の前腕長 1/2 分前方離れた所に設置した (E)。金槌には持ち手の下端から 10cm 上に印を付け、その印の上に示指が位置するように金槌を把持させた。また、エラーの確認のため、前方よりビデオカメラ (HC-W870M, Panasonic 社製) にて撮影した。

6. プレテスト

プレテストの測定前に、全被験者に対して音声付きの映像内テロップにて概要を提示した。具体的には、①実験 3 日間の流れ、②釘の叩き方、③釘を叩く際には正確になるべく早く叩くこと、④釘を打ち損じた際には叩き直すことの 4 項目を指導した。なお、概要の提示には実際の課題とは異なる並べ方の実験装置を用いた。

プレテストは 2 試行とし、試行間には 20 秒の休憩を設けた。なお、学習機会の統一を図るため、休憩中には実験装置が見えないように布

で隠した。注意点として釘を正確に叩くこと、その中でなるべく早く叩くように指導した。打ち損じた場合は、その釘を正確に叩き直してから次の釘へ進むように指示した。開始時の合図は、検者による「始めてください」の声がけに統一した。合図後、被験者は開始位置の黄色いブロックに置いてある金槌を握り、課題を実施した。なお、プレテストの試行中にはフィードバックを行わなかった。

7. 練習方法

1) 全体法

プレテストと同様の課題を 10 試行 1 セッションとし、合計 3 セッション実施した。3 つのセッションの練習方法は共通とし、実施する順序に従い 1st セッション、2nd セッション、3rd セッションとした。試行間には 20 秒、セッション間には 3 分間の休憩を設けた。

フィードバックについては、最初の釘を叩いてから、最後の釘を叩くまでの所要時間を用いた。また、フィードバック頻度は 2 試行毎とし、各セッション中で 4 回、合計 12 回行った。

2) 部分法

今回、複数ある部分法の種類の中から、各部分を逐次完成してから、最後にそれらを一つの全体にまとめる純部分法を採用した。そのため、課題を前半 3 個のブロック (1st セッション) と後半 3 個のブロック (2nd セッション) に分けて、20 試行を 1 セッションとし各々 1 セッションずつ行った。最後に課題の前半と後半を通して 10 試行を行った (3rd セッション)。試行間には 20 秒、セッション間には 3 分間の休憩を設けた。

1st セッションと 2nd セッションでは、2 試行を 1 セットと捉え、2 セット置きにフィードバックを与え、前半ブロックで合計 4 回、後半ブロックで合計 4 回行った。3rd セッションには 2 試行毎、合計 4 回のフィードバックを与え、

部分法全体として合計 12 回行った。

8. 保持テスト・転移テスト

保持テストではプレテストと同様の設定にて 2 試行実施した。また、転移テストでは、保持テストで行った課題と対称的に配置された装置にて 2 試行を行った。なお、試行間には 20 秒、テスト間には 3 分間の休憩を設け、教示とフィードバックは行わなかった。

9. データ解析

所要時間の計測には、2 本の圧センサーのデータを用いた。具体的には、センサー 1 の立ち上がりからセンサー 2 の立ち上がりまでの時間を計測し、それを所要時間とした。また、解析パラメータについて、テスト時の比較には 2 試行の所要時間の平均値を用いた。練習期間においては、各セッションの所要時間の平均値を求め、さらにプレテストからの変化量を算出し、解析パラメータとした。なお、解析には演算ソフト MATLAB (2015a, MathWorks 社製) によるオリジナルプログラムを用いた。

10. 統計解析

テスト時については、所要時間を従属変数とし、練習方法 (2 水準: 全体法・部分法) とテスト (3 水準: プレテスト・保持テスト・転移テスト) を独立変数とした混合計画による二元配置分散分析を用いた。また、事後検定として Shaffer の方法による多重比較検定を実施した。また、練習時については、所要時間のプレテストからの変化量を従属変数とし、練習方法 (2 水準: 全体法・部分法) とセッション (3 水準: 1st~3rd セッション) を独立変数とした混合計画による二元配置分散分析を用いた。また、事後検定として Shaffer の方法による多重比較検定を実施した有意水準は危険率 5%未満とした。解析には統計ソフト R (version 3.2.1) を使用した。

III. 結果

1. 課題 1

両練習方法において、練習を経て保持テストの所要時間がプレテストより約 2 秒減少した。全体法では練習効果が保持テストでも保たれていたが、部分法では保持テストで保持されず所要時間が増加する傾向があった (図 4)。

テスト時について、分散分析を行った結果、要因「練習方法」に主効果がなかったが、要因「テスト」には主効果が認められた ($F(2,42)=76.6868, p<.001$)。また、交互作用は認められなかった (図 5)。

練習期間において、分散分析を行った結果、要因「練習方法」に主効果がなかったが、要因「セッション」には主効果が認められた ($F(2,42)=14.0503, p<.001$)。また、交互作用は認められなかった (図 6)。

2. 課題 2

両練習方法において、練習を経て保持テストの所要時間がプレテストより 2~3 秒減少した。練習効果は、両群共に保持テストでも保たれていた (図 7)。

テスト時について、分散分析を行った結果、要因「練習方法」に主効果がなかったが、要因「テスト」には主効果が認められた ($F(2,42)=70.7846, p<.001$)。また、交互作用は認められなかった (図 8)。

練習期間において、分散分析を行った結果、要因「練習方法」($F(1,42)=4.7064, p<.05$) および要因「セッション」($F(2,42)=7.5626, p<.01$) に主効果がみられ、交互作用も認められた (図 9)。また、単純主効果を確認したところ、1st セッションにおいて全体法群と部分法群に有意差が認められた ($p<.01$)。また、全体法群において要因「セッション」に単純主効果が認められた ($p<.001$)。そこで、多重比較検定を行ったところ、各セッション間に有意な差が認められ、練習が進むにつれてプレテスト時

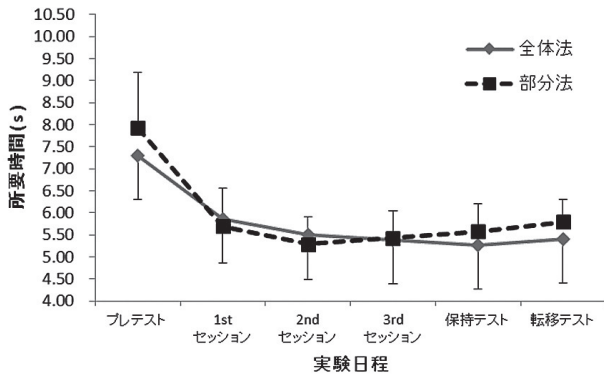


図4 所要時間の経時的変化（課題1）

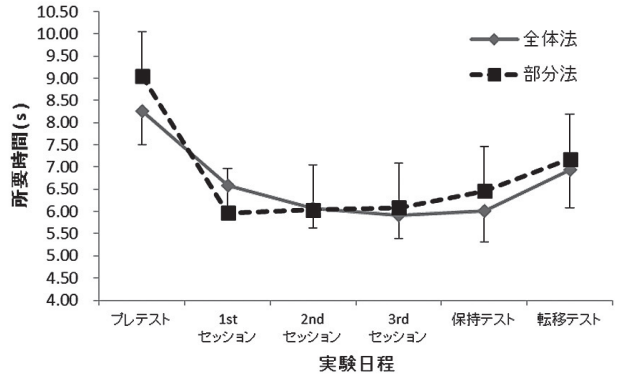


図7 所要時間の経時的変化（課題2）

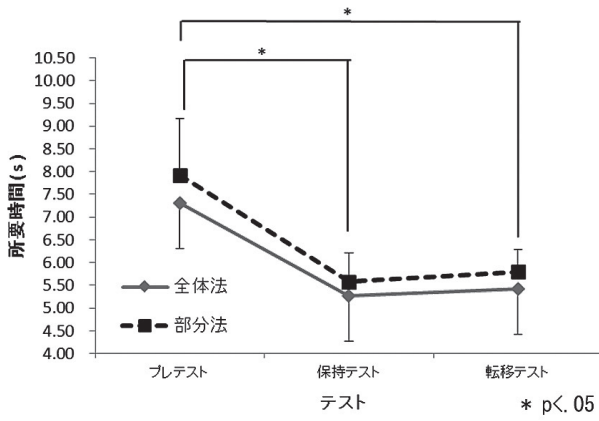


図5 テスト時の所要時間の変化（課題1）

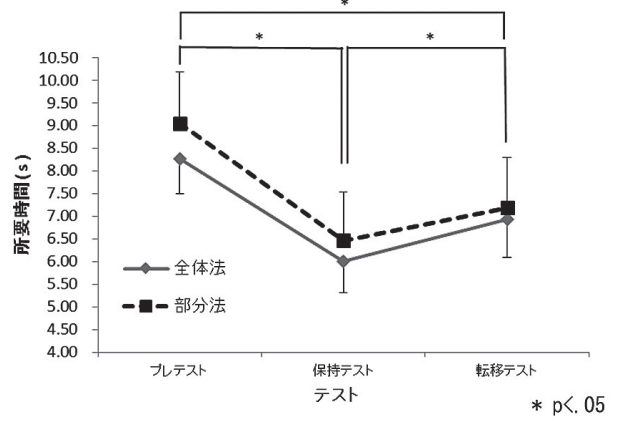


図8 テスト時の所要時間の変化（課題2）

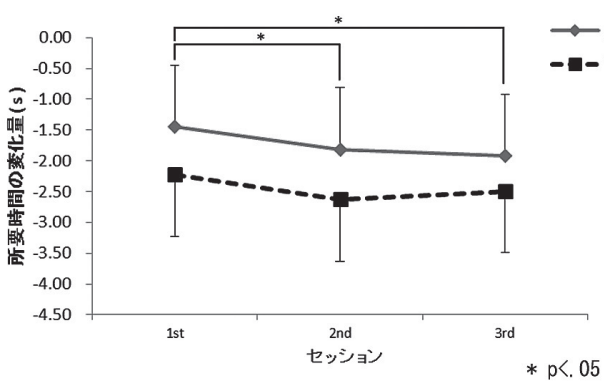


図6 練習期間におけるプレテストからの変化量（課題1）

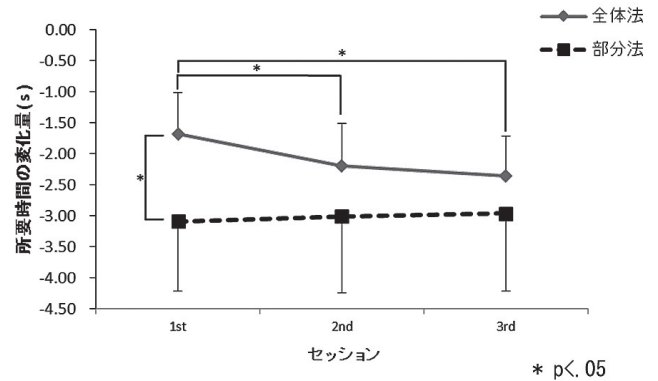


図9 練習期間におけるプレテストからの変化量（課題2）

より所要時間が短縮した ($p<.05$).

IV. 考察

本研究では、組織化の観点から組織化の高い課題と低い課題を設定し、運動学習における全体法と部分法の学習効果の差異を検証した。結果より、両実験において全体法群・部分法群ともにプレテストと比較して保持テスト・転移テストでは所要時間に有意に減少しており、学習効果がみられた。しかし、両群の間には有意な差がみられなかった。Jin-Hoon ら⁶⁾も同様に全体法・部分法について練習効果の差異を研究し有意差がなかったと報告している。彼らの研究で行った練習課題というのは、肘関節の屈伸運動にてコントローラーを操作し、指示された的にカーソルを当てるというもので、全体法ではこの課題を 16 回、部分法では前半の 8 回と全て通しての 16 回に分けて練習を行うものであった。この練習内容は、全体法と部分法で練習回数は異なるものの、学習する動作自体は両群とも同様のものであったため群間に差が生じなかったと考察している。彼らは、全体法・部分法それぞれの練習内容に運動や構成の差があれば練習効果にも差が生じると示唆している。

これを受け、本研究では部分法での練習にて前半と後半に課題の構成内容を変え、練習内容に差が生じるように設定したが、それでも群間に有意差がみられなかった。一方、練習期間の所要時間の変化量を見ると、課題 2 のみ 1 セッション目には群間に有意差がみられたものの、2 セッション目以降には有意差がみられなかった。これは、部分法だけでなく全体法の学習も進んだため、有意差が見られなかったのではないかと考える。

また、実験 2 において所要時間の変化量が 1 セッション目のみ部分法で有意に大きかった。部分法はあらかじめ課題内容を部分に分けて順次実施していく練習方法である⁷⁾ため、課題の一部分を集中的に練習することが出来る。これよ

り、1 セッション目において全体法群に比べ学習する要素が少ない部分法群で早期に練習効果がみられたと考える。

以上より、今回の課題では部分法群で練習中に変化量が有意に大きかったことから、組織化の低い課題において練習初期には部分法が優れている可能性が示唆された。

V. 本研究の限界

本研究では、「課題」を分散分析の要因に含めず、課題毎に解析を行った。「課題」を解析の要因に含めることで組織性の差異による各練習方法の特徴を明らかにできる可能性がある。しかし、本研究で用いた課題 1 と 2 では、叩く釘を最短距離で結んだ軌跡の長さが異なっており、これが所要時間に影響を与えることが予測された。そのため、今回は課題毎の結果を解釈することとした。

練習期間中の変化量を見ると、課題 2 の 1 セッション目のみに群間に有意差がみられ、それ以外では有意差がみられなかったことから、課題の難易度が低く設定されていた可能性が考えられた。よって、課題の難易度を高く設定することで全体法・部分法の練習効果の差を大きくすることが出来るのではないかと考える。難易度を高くする方法として、①非利き手で課題を行う、②要素（ブロック・釘）の数を増やす、③釘の叩き方の統一、④各ブロックの始めに叩く釘の位置をランダムにする、ということ考えた。同様に、今回の課題の難易度に対して練習回数が適切ではなかったとも考えられ、群間の差異を明確にできなかった可能性がある。したがって、課題の難易度に合わせた練習回数設定が必要になると考えた。さらに、本研究では組織化を釘の配置という空間的な要因にて定義した。しかし、本実験のようなシークエンシャルな課題では、叩くリズムや速度など時間的な要因が含まれており、この観点からも課題の難易度設定が可能であると考えている。

東京：医歯薬出版；2003.

VI. 謝辞

本研究は東北文化学園大学平成 27 年度研究費追加配分（支援費）を受けて実施したものである。本研究を進めるにあたりご協力いただいた被験者の皆様，研究スタッフとしてご尽力いただいた本学理学療法学専攻基礎理学療法研究グループ身体運動学班の羽田美咲さん，佐々木良平さん，清野大地さん，瀬尾麗奈さん，千葉衣織さん，原響さん，丸岡侑さん，八代啓夢さんに感謝申し上げます。

VII. 文献

- 1) 平井達也，牧迫飛雄馬：運動学習に対する主観的判断の正確性. 理学療法学 第 40 巻第 6 号：421-428, 2013.
- 2) 米田浩久，鈴木俊明：全習法と異なる二種の分習法での運動学習効果の検討-単位時間軌跡長による評価-. 理学療法学 第 29 巻 5 号：809-813, 2014.
- 3) Naylor G.et .al. : Effects of task complexity and task organization on the relative efficiency of part and whole training methods . J Exp Psychol 1963; 65: 217-224, 1963.
- 4) 田上義之，鈴木博人：第 6 章 運動学習. 藤澤宏幸 編.日常生活活動の分析 身体運動学的アプローチ. 医歯薬出版：2012. p.69-83.
- 5) Fabio E.Fontana, Oldemaer Mazzardo, et al: Whole and part practice: a meta-analysis. Percept Mot Skills 2009; 109 : 517-530.
- 6) Jin-Hoon Park, Heather White, et al: Part-Whole Practice of Movement Sequences. Journal of Behavior 2004; 36(1): 51-61.
- 7) 中村隆一,齋藤宏・他:基礎運動学. 第 6 版.

Differences in motor learning effects of whole and part methods for skill organization

Hiroto Suzuki¹⁾, Makoto Suzuki¹⁾, Hiroyuki Fujisawa¹⁾

1) Faculty of Medical Science and Welfare, Tohoku Bunka Gakuen University

Abstract

[Purpose] This study specifically examined differences in motor learning effects of whole and partial methods in terms of skill organization. **[Methods]** First, we designed two tasks to assess skills having high or low organization for each level: Task 1 and Task 2. Then we randomly assigned 46 young healthy participants to whole or part method groups. Each participant was asked to tap 18 targets one-by-one with a hammer, accurately and quickly, on each of 3 consecutive days as the pre-test phase, practice phase, retention and transfer test phase. Motion time data and the variation of motion time from the pre-test phase to the practice phase were conducted using mixed-design two-way ANOVA (Group \times Test and Block; 3×7) and Shaffer's multiple comparison test as a post-hoc test with alpha as $p < .05$. **[Results]** Motion time was significantly lower in all groups and both tasks. Furthermore, variations of motion time in the part method group were greater than those in the other group for Task 2. **[Conclusion]** Results suggest that the partial method had a stronger practice effect than the whole method for skills of low organization, just as those in this study task, during the initial practice phase.

【Key words】 motor learning, whole method, part method, organization