系列反応時間課題を用いた学習様式の比較

A Comparison of Learning Modes Using a Serial Reaction Time Task

柴崎 耀都^{1,2)} 久保 晃³⁾

AKITO SHIBAZAKI, RPT, MS^{1,2)}, AKIRA KUBO, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, International University of Health and Welfare Mita Hospital: 1-4-3 Mita, Minato-ku, Tokyo 108-8329, Japan TEL +81 3-3451-8121 E-mail: ashibazaki@iuhw.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

³⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, International University of health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 36(6): 837-840, 2021. Submitted May 27, 2021. Accepted Jul. 14, 2021.

ABSTRACT: [Purpose] This study investigated the differences in performance during the practice and retention phases of implicit and explicit learning, using sequence reaction time tasks. We also examined the effect of instruction on task performance. [Participants and Methods] Thirty-two participants (11 males and 21 females) were divided into implicit and explicit learning groups. The sequence reaction time task comprised 12 trials per block. Each group performed five blocks in the practice phase and two blocks in the retention phase. Furthermore, participants in the explicit learning group were given instructions about the fixed sequences in a trial before practice. [Results] The only significant difference between the two groups was in reaction times in the fixed sequence in the task. [Conclusion] The instruction in the sequence reaction time task effectively reduced the reaction time in fixed sequences, with no adverse effect on random sequences.

Key words: serial reaction time task, implicit learning, explicit learning

要旨:〔目的〕系列反応時間課題を用いて潜在学習と顕在学習のパフォーマンスの変化とその保持の差を比較すること、教示によって課題の一部に意識した場合に意識をしていないその前後のパフォーマンスが受ける影響を検討した。〔対象と方法〕32名（男性11名、女性21名）を対象とした。対象を潜在学習群と固定配列を事前に教示される顕在学習群に分け、1ブロック12試行からなる系列反応時間課題を行った。5ブロックの練習相と2ブロックの保持相を通して、2群の固定配列とランダムな配列の反応時間を比較した。〔結果〕固定配列の反応時間のみ群間に有意差がみられた。〔結論〕系列学習における固定配列の教示は、他の配列に影響を与えることなく、パフォーマンスを向上させると考える。

キーワード: 系列反応時間課題, 潜在学習, 顕在学習

¹⁾ 国際医療福祉大学三田病院 リハビリテーション科: 東京都港区三田1-4-3 (〒108-8329) TEL 03-3451-8121

²⁾ 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 理学療法学分野

³⁾ 国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療学科

I. はじめに

ほとんどの複雑な運動技能は、運動のシーケンスによって構成されている¹⁻³⁾。さらに、運動学習はその獲得形態によって、無意識の学習（以下、潜在学習）と意識的な学習（以下、顕在学習）に分けることができる。顕在学習は、“運動パフォーマンスに関する言語的知識（例えば、事実やルール）を生成し、運動学習の過程のなかで認知段階⁴⁾を伴い、ワーキングメモリの関与に依存する学習”と定義されている⁵⁾。一方で、潜在学習は、“運動パフォーマンスに関する言語的な知識（例えば、事実やルール）が最小限で、意識せずに行われる学習”と定義されている⁵⁾。顕在学習のパフォーマンスの向上は早期から出現し、潜在学習のパフォーマンスは、ゆっくりと出現するが持続性があるという利点があるとされている⁶⁾。さらに、教示により顕在的に課題を行うことで、パフォーマンスが低下するという研究も存在する⁷⁾。また、疾患としては内側側頭葉損傷後や認知症患者では、顕在学習の障害があるが、潜在学習能力は残存しているとされている⁸⁻¹⁰⁾。しかし、パーキンソン病患者は、潜在的なシーケンス学習の能力が低下しているといわれている^{11,12)}。このように、リハビリテーションにおいて顕在学習と潜在学習を区別することは重要である。

本研究の目的は、一般的にシーケンスの顕在学習と顕在学習を評価する課題として使用される系列反応時間課題（serial reaction time task：以下、SRTT）^{13,14)}を修正し用いて、潜在学習と顕在学習のパフォーマンスの変化とその保持の差を比較すること、教示によって課題の一部に意識した場合に、意識をしていないその前後のパフォーマンスが受ける影響を検証することである。仮説として、教示によって早期からパフォーマンスを向上させることができるが、意識している課題の前後のパフォーマンスは低下する可能性があると考え、このような教示の影響を検証することで、理学療法士が患者に有効な学習方法や教示方法を立案する一助となると考える。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は右利きの32名（男性11名、女性21名）、年齢は 23.7 ± 2.6 （平均 $\pm$ 標準偏差）歳とした。視力・認知機能・上肢に整形外科疾患、他の中枢神経疾患の既往のある者、SRTTの経験のある者はあらかじめ除外した。測定に先立ち、対象者には研究の概要説明を行い同意を得た。なお、本研究は国際医療福祉大学倫理審査委員会の承認を得て行った（承認番号：18-Ig-5）。

2. 方法

測定機器として、椅子座位をとる対象者の前の机に、

ボタンが配置された反应用パッド（RB-740, Cedrus 社製）とそれに接続したノート型パーソナルコンピュータ（CF-XZ, Panasonic 社製：以下、PC）を置いた。反应用パッドは左から3番目のボタン、その後ろに配置するPCは、画面の中心が対象者の正中の位置に来るように調整した。PCにインストールされた心理学実験用ソフトウェア（SuperLab5.0, Cedrus 社製）で作成したプログラムによって、測定全体の刺激の統制とデータ収集を行った。

対象者にはPCの画面に水平に5つのグレーの四角の刺激が表示されており、その1つが赤く変化し、変化した刺激に対応した反応パッドのボタンを、右手食指で早く正確に押すことを要求した。PC内ではこの刺激提示からボタンを押すまでの反応時間が記録され、反応と同時に次の刺激が提示された。反応選択肢となるボタンの数は5個で、15個連続する刺激を1試行として定義した。1試行（15個）の刺激は、5セットずつ3つのセグメントに分けられる。1つのセグメントは、試行が繰り返されても刺激の提示順序が変わらない固定配列（以下、Fix）で、1試行内の中央に配置する。残る2つのセグメント（以下、RD1, RD2）は試行ごとに刺激の提示順序が異なるランダム配列で、Fixの前後に配置した（図1）。

セグメント間を5セットの反応時間の総計で比較するため、5つのボタン（左から1, 2, 3, 4, 5とした）を押す120通りの配列のなかから、ボタン間の総移動距離が同じになる32の配列を取りだし、「1-3-2-5-4」をFix、残りをRD1, RD2として採用した。RD1, RD2には、試行ごとにFixを除く31個の配列からランダムに配置されるようプログラムを組んだ。

課題は試行ごとに2秒間の間隔を挿入し、12試行を1ブロックとして、練習相で5ブロック、パフォーマンスの保持を評価するため保持相の5分後と24時間後に1ブロックずつ行うこととした（図1）。

対象者は潜在学習群（男性7名、女性12名）、顕在学習群（男性4名、女性9名）に無作為に分けられた。両群とも課題の説明を受け、刺激に対してできるだけ速く、かつ正確に反応するよう教示された。顕在学習群には課題を開始する前に1試行内のFixの配列内容とタイミングが開示されたのに対し、潜在学習群にはその情報はまったく与えられなかった。なお、潜在学習群に対しては、すべての測定終了後に「刺激の配列に規則性があったが、それに気がついたか」を質問した。

1試行内の各セグメント（RD1, Fix, RD2）の反応時間は1ms単位で測定した。ここからブロック1（12試行）を基準として、それ以降の各ブロックの反応時間の差を各セグメントで算出した。これを従属変数とし、各群の練習相、保持相それぞれについて、群 $\times$ セグメント $\times$ ブロックの三元配置分散分析を行った。事後検

図1 課題のスケジュールと使用した系列の構造

表1 練習相1を基準にした反応時間の差の平均値と標準偏差

		練習相2	練習相3	練習相4	練習相5	保持相1	保持相2
顕在学習群	RD1	186 ± 195	197 ± 224	208 ± 236	202 ± 282	264 ± 178	170 ± 457
	Fix	283 ± 252	396 ± 205	512 ± 248	541 ± 231	553 ± 245	613 ± 261
	RD2	114 ± 187	139 ± 194	148 ± 187	223 ± 200	246 ± 179	309 ± 118
潜在学習群	RD1	167 ± 156	188 ± 191	228 ± 206	206 ± 230	262 ± 252	263 ± 228
	Fix	215 ± 192	184 ± 233	286 ± 295	339 ± 247	385 ± 232	435 ± 222
	RD2	150 ± 191	138 ± 197	180 ± 169	171 ± 145	224 ± 216	295 ± 214

単位：ms. 平均値 ± 標準偏差.

定には Bonferroni 法を用いた。また、両群の反応時間課題の遂行能力に差がないことを確かめるために、練習相の最初の試行の RD1 から平均選択反応時間を算出し、対応のない t 検定で比較を行った。統計解析には SPSS Statistics 26 (IBM 社製) を用い、いずれの解析も有意水準を 5% とした。

III. 結果

練習相の最初の試行の RD1 から求めた平均選択時間は、潜在学習群で 284 ± 29 ms, 顕在学習群で 288 ± 33 ms であった。対応のない t 検定の結果、2 群間に有意な差は認められなかったことから、群間の能力に差がないと判断した。また、潜在学習群で Fix の配列に対する知識を有する対象者はいなかった。

表1の反応時間の結果から、練習相の Fix の反応時間

は RD1 と RD2 に比べ短縮した。三元配置分散分析の結果、ブロックの主効果 ($F=2.05$, $p<0.001$) とセグメントの主効果 ($F=2.00$, $p<0.001$)、ブロックとセグメントの交互作用がみられ ($F=6.00$, $p<0.01$)、事後検定では、Fix と RD1, RD2 の間に有意差がみられ ($p<0.01$)、RD1 と RD2 の間にはみられなかった。

表1の反応時間の結果、練習相の顕在学習群の Fix の反応時間は、潜在学習群の Fix の反応時間に比べ短縮した。三元配置分散分析の結果から、セグメントと群の交互作用がみられ ($F=2.00$, $p<0.01$)、事後検定では、Fix のみ有意差がみられ ($p<0.05$)、RD1 と RD2 の間にはみられなかった。

反応時間の表1から、保持相の Fix の反応時間は RD1 と RD2 に比べ短縮した。三元配置分散分析の結果、保持相のセグメントの主効果がみられた ($F=2.00$, $p<0.01$)、事後検定では、Fix と RD1, RD2 の間に有意差が

みられ ($p < 0.01$), RD1 と RD2 の間にはみられなかった。

反応時間の表 1 から、保持相の顕在学習群の Fix の反応時間は、潜在学習群の Fix の反応時間に比べ短縮した。三元配置分散分析の結果、セグメントと群の交互作用がみられ ($F = 2.00$, $p < 0.05$), 事後検定では、Fix のみ有意差がみられ ($p < 0.05$), RD1 と RD2 の間にはみられなかった。

IV. 考 察

問診の結果から、潜在学習群の対象者は課題に対する言語的な知識を表出することはなく、潜在的に課題を遂行したといえる¹⁵⁾。また、練習相・保持相ともに Fix の反応時間は RD1 と RD2 に比べ有意に短縮した。このことから、本研究の SRTT のデザインにおいて、先行研究と同様に両群とも系列学習が行われたといえる^{16,17)}。

これは、顕在学習群の Fix の反応時間は、潜在学習群の反応時間より有意に速かったためである。このことから、系列学習において、顕在学習として系列を意識し課題を遂行していくことは、潜在学習に比べ有利であるといえる。系列学習において顕在的に学習することは、潜在的に学習を行うよりも早期からパフォーマンスが向上させることを示唆し、先行研究と同様であった^{3,18,19)}。さらに、Fix の前後に位置する RD1, RD2 での群間差はみられなかった。このことから、Fix 前後のパフォーマンスに教示による不利益の生じる可能性が少ないことが考えられる。また、これらの所見は保持相でも同様であり、顕在学習が潜在学習に比べ学習の保持においても有利であることを示している。

本研究は、SRTT を用いて潜在学習と顕在学習のパフォーマンスの変化とその保持の差を比較すること、教示によって課題の一部に意識した場合に意識をしていないその前後のパフォーマンスが受ける影響を検証した。結果として、顕在学習のパフォーマンスは潜在学習よりも早くみられ、24 時間後の保持も同様であった。さらに、教示によってその前後のパフォーマンスに負の影響は与えなかった。このことから、系列学習において教示を行い顕在的に課題を遂行していくことは、有効であると考えられる。しかし、系列をすべて開示せず、系列が存在するといった教示の内容によるパフォーマンスの影響は異なると考えられるため、教示の質を変更し再検討しなければならないと考える。

利益相反 本研究に開示すべき利益相反はない。

引用文献

1) Diedrichsen J, Kornysheva K: Motor skill learning between selection and execution. *Trends Cogn Sci*, 2015, 19: 227-233.

2) Hikosaka O, Nakamura K, Sakai K, et al.: Central mechanisms of motor skill learning. *Curr Opin Neurobiol*, 2002, 12: 217-222.

3) Willingham DB: A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychol Rev*, 1998, 105: 558-584.

4) 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, 第2版. 医歯薬出版, 東京, 2016, p33.

5) Kleynen M, Braun SM, Bleijlevens MH, et al.: Using a Delphi technique to seek consensus regarding definitions, descriptions and classification of terms related to implicit and explicit forms of motor learning. *PLoS One*, 2014, 9: e100227.

6) Malone LA, Bastian AJ: Thinking about walking: effects of conscious correction versus distraction on locomotor adaptation. *J Neurophysiol*, 2010, 103: 1954-1962.

7) Mak TC, Young WR, Chan DC, et al.: Gait stability in older adults during level-ground walking: the attentional focus approach. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 2020, 75: 274-281.

8) White L, Ford MP, Brown CJ, et al.: Facilitating the use of implicit memory and learning in the physical therapy management of individuals with Alzheimer disease: a case series. *J Geriatr Phys Ther*, 2014, 37: 35-44.

9) Reber R, Winkielman P, Schwarz N: Effects of perceptual fluency on affective judgments. *Psychol Sci*, 1998, 9: 45-48.

10) Shadmehr R, Brandt J, Corkin S: Time-dependent motor memory processes in amnesic subjects. *J Neurophysiol*, 1998, 80: 1590-1597.

11) Dan X, King BR, Doyon J, et al.: Motor sequence learning and consolidation in unilateral de novo patients with Parkinson's disease. *PLoS One*, 2015, 10: e0134291.

12) Olson M, Lockhart TE, Lieberman A: motor learning deficits in Parkinson's disease (PD) and their effect on training response in gait and balance: a narrative review. *Front Neurol*, 2019, 10: 62.

13) Nissen MJ, Bullemer P: Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognit Psychol*, 1987, 19: 1-32.

14) Martini M, Furtner MR, Sachse P: Working memory and its relation to deterministic sequence learning. *PLoS One*, 2013, 8: e56166.

15) Howard DV, Howard JH Jr, Japikse K, et al.: Implicit sequence learning: effects of level of structure, adult age, and extended practice. *Psychol Aging*, 2004, 19: 79-92.

16) Sánchez-Mora J, Tamayo RM: From incidental learning to explicit memory: the role of sleep after exposure to a serial reaction time task. *Acta Psychol (Amst)*, 2021, 217: 103325.

17) Du Y, Prashad S, Schoenbrun I, et al.: Probabilistic motor sequence yields greater offline and less online learning than fixed sequence. *Front Hum Neurosci*, 2016, 10: 87.

18) Sami S, Robertson EM, Miall RC: The time course of task-specific memory consolidation effects in resting state networks. *J Neurosci*, 2014, 34: 3982-3992.

19) Hirano M, Kubota S, Furuya S, et al.: Acquisition of skilled finger movements is accompanied by reorganization of the corticospinal system. *J Neurophysiol*, 2018, 119: 573-584.