

運動スキルを言語表出することによる運動学習効果

川崎 翼, 兎澤 良輔, 荒巻 英文
了徳寺大学・健康科学部理学療法学科

要旨

本研究の目的は、得た運動スキルの言語化が運動学習を促進するかどうかを明らかにすることであった。参加者は大学生18名であり、言語化群とコントロール群に割りつけられた。2つの球を非利き手で回す課題を運動学習課題とした。言語化群が4分間球回しを練習した後、得た運動スキルについて、ビデオカメラに向かって話をさせた。その直後、2分後、1日後の1分間の球回し回数と落下回数を測定した。コントロール群は、4分間の練習後の2分間科学雑誌を音読した。言語化群が話をしている時間はビデオを見返すことで確認した。分析は、言語化群とコントロール群のパフォーマンスに対して分散分析、球回し回数と話をした時間の相関分析を実施した。その結果、球回しの改善回数は、コントロール群に比べて言語化群の方が有意に多かった。また、言語化群が話をしていた時間と鉄球回しの改善回数に有意な相関を認めた。本研究結果から、運動スキルを言語化することによって運動学習が促進されることが示され、リハビリテーション効果を高める介入になることが期待される。

キーワード：言語化、運動学習、手指巧緻運動

The beneficial effects of verbalizing of acquired motor skills on motor learning

Tsubasa Kawasaki, Ryosuke Tozawa, Hidefumi Aramaki
Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University

Abstract

The purpose of this study is to investigate the beneficial effects of verbalizing acquired motor skill on motor learning. Eighteen young adults participated in this study. The participants were randomly assigned to two groups (the verbalizing group and the control group). First, the participants practiced two balls rotation task on the left hand for four minutes to familiarize themselves with the ball rotation task. Next, the participants' ball rotation performance (the times of ball rotation and times of dropping it) was measured for one minute (Pre). Then, the verbalizing group talked about the motor skills acquired by the ball rotation practice. On the other hand, the control group read scientific magazine aloud for the same length of time as talking in the verbalizing group (i.e., two minutes). After the interventions, the participants' rotation performance was measured immediately, after two minutes and one day after (Post 1, Post 2 and Post 3, respectively). The method of measurement was the same as in Pre measurement. Results showed that, the number of ball rotation was significantly increased in the verbalizing group, but not control group. Also, the improvement frequency of ball rotation in verbalizing group was significantly higher than that in the control group. Additionally, there was a significant relationship between the time for talking and the improvement frequency of ball rotation. On the other hand, frequency of ball drops was not obtained these effects. These results suggest that verbalizing of acquired motor skill has an advantage in terms of frequency of ball rotation which expresses motor

smoothness, but not in terms of the frequency of dropping the ball which expresses motor error. And, the relationship also suggests that time length is important to lead the beneficial effects.

Keywords : verbalizing, motor learning, finger coordination task

I. 背景と目的

リハビリテーション科学領域において、動作を新たに獲得するために、より効果的に運動学習を促す方略を検証することは、中心的テーマの一つである。運動学習を促すための手続きの一つとして、自身が運動や動作を行うイメージを想起する運動イメージトレーニングがある。運動イメージトレーニングは、身体的に負担をかけることなく運動パフォーマンスを向上させることが可能であり¹⁴⁾、そのエビデンスが確立されつつある⁵⁾。このような背景に基づき、リハビリテーション現場においては、運動イメージトレーニングの利用が急速に広まっている。

しかしながら、自身の運動や動作を行うイメージを単純にイメージ想起するような介入は難易度が高いと指摘されている^{6,7)}。特に、リハビリテーション従事者が対応する機会の多い高齢者や脳卒中片麻痺患者は、自身の運動をイメージする能力が低下していることが報告されており⁸⁻¹⁰⁾、運動イメージトレーニング治療の困難性が存在すると考えられる。そこで我々は、こういった困難性における解決方法を見出すために、単純な運動イメージ想起ではなく、他の活動を通じて運動イメージの想起を促す手続きとして、学習者が得た運動スキルを言語化することに着目した。

学習者が得た運動スキルを言語化するためには、第一に自身の運動を省みることが必要となるため^{11,12)}、運動をイメージ想起しなければならないと考えられる。これは、言語化するという目的のために想起する文脈的に沿った運動イメージ想起であり、運動イメージ介入に準じた効果が期待される。実際に、行為を言語的に表出することは、運動制御を正確にすることが報告されている¹³⁾。また、言語生成にはブローカ野を含む下前頭回の活動を認める¹⁴⁾。ブローカ野は、運動をプログラムする際にも活動する領域であり¹⁵⁾、運動の言語表出と運動プログラミングの両方に密接に関係する脳部位である。実際に、ヒトの動作について言語化する領域と、実行する領域には、左下前頭回（左腹側運動前野、弁蓋部、三角部）、下頭頂小葉、後側頭皮質といった共通する領域の存在が明らかになっている¹⁶⁾。運動の実行に関する領域を言語的に表出することで、同等の脳領域を働かせ、運動スキルの向上につながる可能性がある。実際に、得た運動スキルを教授することによる短期的な効果が認められることが報告されている¹⁷⁾。本研究では、球回し課題を用いて、有効に運動学習効果が得られる方略の提案を目指し、得た運動スキルの言語化（話すこと）が運動学習を促進するかどうかについて検証した。

II. 方法

1. 対象

参加者は整形外科疾患および神経疾患の既往を有さない、健常成人18名であった（平均年齢20.7 ± 0.5歳）。参加者は全員エディンバラの利き手テスト¹⁸⁾にて、右利きであるということを確認している。全員参加者には、実験を行う前にヘルシンキ宣言に基づき、インフォームドコンセントを行った。その後、書面にて同意を得て実施した。なお本研究は、了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認を得ている（承認番号：2825）。

2. 手続き

参加者をランダムに言語化群とコントロール群に割りつけた（言語化群9名，コントロール群9名，表1）．運動学習課題には，直径5cm，重量37gの2つの球を左手（非利き手）で時計回りに回す課題を用いた．言語化群は，4分間球回しを練習した後，1分間の球回し回数と落下回数を計測した（Pre）．参加者への指示は，「できるだけ早く正確に回してください」とした．この計測には，時間を刻んでいるストップウォッチと参加者の球回しをビデオカメラで撮影し，見返すことによって1分間で行った球回し回数と落下回数を算出することで正確性を確保した（図1）．この球回し回数と落下回数を計測後，「どのようにして球を回したか」をビデオカメラに向かって話をさせた（最大2分間）．その後は，直後（Post 1），2分後（Post 2），1日後（Post 3）の合計3回，1分間の球回し回数と落下回数を測定した．コントロール群は，言語化群と同様に4分間の練習を行うが，言語化群がビデオカメラに向かって2分間言語表出している間，科学雑誌を音読した（図2）．言語化群が話をしている時間はビデオを見返すことで確認した．

表1. 参加者情報

	言語化群 (N =9)	コントロール群 (N =9)	p値
年齢(歳)	21.4 ± 0.5	21.1 ± 0.3	0.13
母指から小指の距離(cm)	18.8. ± 1.5	19.5 ± 1.2	0.33
エディンバラの 利き手指数	91.7 ± 6.5	94.0 ± 4.9	0.43



図1. 球回し計測の様子

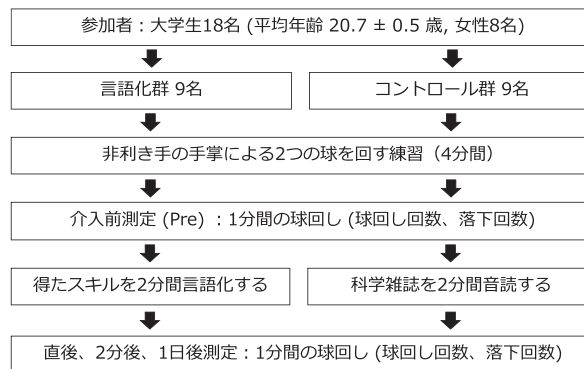


図2. 実験手続き

3. 従属変数と統計分析

従属変数は、1分間に球回しした回数と時間経過に伴う改善回数および落下回数とした。それぞれの従属変数において、二要因の混合計画による分散分析（参加者間要因：群 [言語化群, コントロール群] × 参加者内要因：セッション [Pre, Post 1, Post 2, Post 3]）を行った（改善回数におけるセッションの水準は、Post 1, Post 2, Post 3のみ）。また、球回し回数と話をした時間の相関分析を実施した。なお、すべての統計における有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

1分間の球回し回数においては、セッションの主効果 ($F(3, 48) = 10.41, p < 0.0001$) および群とセッションの有意な交互作用を認めた ($F(3, 48) = 3.49, p = 0.02$)。その一方で、群間の主効果は認めなかった。セッションの主効果に対する多重比較検定の結果、Preに比して、Post 1, Post 2, Post 3の球回し回数が増加した ($t(48) = 2.94, p = 0.005, t(48) = 4.61, p < 0.0001, t(48) = 5.02, p < 0.0001, \text{ respectively}$)。群とセッションの有意な交互作用に対する単純主効果検定の結果、言語化群において有意な単純主効果を認めた ($F(3, 48) = 12.33, p < 0.0001$)。この言語化群の単純主効果に対する多重比較の結果、Preに比べて、Post 1, Post 2, Post 3において、有意に球回し回数が増加していた ($t(48) = 3.83, p = 0.0003, t(48) = 4.64, p < 0.0001, t(48) = 5.70, p < 0.0001, \text{ respectively}$)。以上の結果は図3にまとめて示した。

球回しの改善回数においては、群間の主効果を認め、コントロールに比べて言語化群の方が有意に多かった ($F(1, 16) = 9.84, p = 0.006$)。その一方で、セッションの主効果および交互作用は認めなかった。また、落下回数においては、主効果および交互作用を認めなかった。

言語化していた時間と、Post 1~3の球回し改善回数間に有意な正の相関を認めた ($r = 0.77, p = 0.02$)。

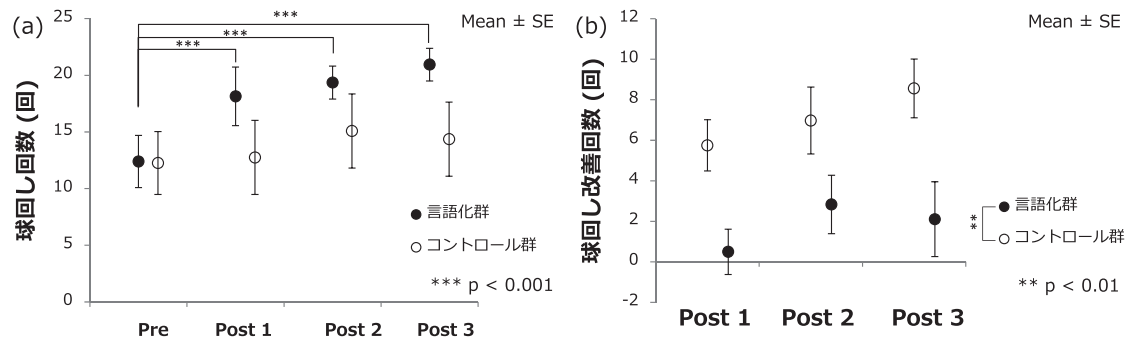


図3. 各セッションにおける球回し回数および球回し改善回数

IV. 考察

練習によって得た運動スキルの言語化は、球回し回数や球回し改善回数を増加させることが示された。このような効果は、球回し回数や、球回し改善回数に表される運動速度という側面の運動学習の向上に有効となることが示唆される。得た運動スキルを言語的に表出するためには、Suwa^{12,13)}が指摘しているように自身の運動を振り返る機会が必要となると考えられる。言語化のために、自身の運動を思い出すということは、運動時の関節運動、運動によって得られた感覚および運動によってもたらされた結果をイメージすることが必要となる。こういった活動は運動イメージの想起に準ずると考えられる。これまでの先行研究から、運動イメージを想起させることによって運動学習が促進されることが頑健であること^{19,20)}を考慮すると、言語化することが運動イメージの想起の促進を通じて運動学習効果を導いたと推察される。

言語化することの効果をもっと示す結果として、言語化した時間と、改善回数の相関関係が挙げられる。これは、言語化していた時間は、自身の運動を振り返るといった運動イメージ想起時間であると考えられることができる。つまり、言語化するという活動を通じて運動のイメージを想起していた長さが運動イメージ介入の長さに繋がり、その効果に反映したということが示唆される。

以上の結果は、運動スキルを言語化する事によってもたらされる正の効果および言語化した時間の重要性が示唆される。これらの結果は、臨床的に有意義な情報となりうると考えられる。運動スキルを言語的に表出するという事は間接的に運動イメージ想起を促し、結果的に運動学習を促進させていると示唆される。これは、単純に動きのイメージを想起させる従来の運動イメージ介入について指摘されていた困難性という問題の解決のきっかけになることが期待される。言語化という目的に創発される運動イメージ活動は、単純な運動イメージ想起より目的が明示的であるということから、運動イメージ想起能力が低下した患者^{8,11)}に対して有効な手段となる可能性を有している。また、運動スキルの言語的表出自体は、ほぼ身体的に負担を強いることなく行える介入であるということを考えて、身体的負担をかけることが困難な患者などに幅広く利用できる介入となることが想定される。つまり、この言語化は、これまでの運動イメージ介入の問題を解決に導く可能性を有する認知的介入としての有用な手続きであると考えられる。

落下回数に関しては、運動スキルを言語化することによる効果を認めなかった。言語化することの効果は、落下回数に表されるような運動スキルにおける失敗の改善に効果がないことが示唆される。一方、このような結果は、球回しの課題特性によってもたらされた可能性もある。具体的には、そもそも落下回数自体が少ないという床効果が生じていた可能性が存在する。参加者には、落とさないように回すというような正確性だけを求める教示はしていないが、球を落下させること自体が、回転回数を減少させることに直結するため、参加者は意識的に正確性を重視していた可能性がある。つまり、落下回数を最小限に抑え

るということが優先された状況下で球回しを行っていた可能性がある。落下回数このような傾向については、我々の以前の研究においても観察されており²¹⁻²³⁾、床効果について言及している²³⁾。以上のことを考慮すると、一部で、言語化することは運動スキルの失敗を低減することの効果認めないと考察される一方で、球回しという課題の持つ特性が影響している可能性も高いと考えられる。

本研究によって、得た運動スキルを言語的に表出することの効果は球回し回数や球回し改善回数に示されるような運動の円滑性に効果を示すことが明らかとなった。しかしながら、落下回数に効果が認められなかったことについての考察は複数の可能性を含んでおり更なる検討の余地を残した。また、本研究では、言語化していた内容の吟味はできていないため、その内容と効果との関連性については不明である。今後は、課題を変えて同様の検証を行うことや、言語的に表出された内容を検証することによって、運動スキルを言語的に表出することの効果について更なる詳細を明らかにする必要がある。

V. まとめ

運動スキルを言語化することによって球回し回数に関する増加が認められ、運動学習の促進が確認された。これは、個別のリハビリテーションで得た動作を言語化するだけで、学習が強化されることを示していることから、リハビリテーションの効果を一層高める介入方法となることが期待される。

引用文献

- 1) Page SJ (2000) Imagery improves upper extremity motor function in chronic stroke patients: a pilot study. OTJR: Occupation, Participation and Health. 20, 200-215.
- 2) Page SJ, Levine P, Sisto S et al (2001) A randomized efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke. Clin Rehabil. 15, 233-40.
- 3) Page SJ, Levine P Leonard AC (2005) Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. Arch Phys Med Rehabil. 86, 399-402.
- 4) Butler AJ, Page SJ (2006) Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. Arch Phys Med Rehabil. 87, S2-11.
- 5) Langhorne P, Coupar F, Pollock A (2009) Motor recovery after stroke: a systematic review. The Lancet Neurology. 8, 741-754.
- 6) Binder E, Hagelweide K, Wang LE et al (2014) Sensory-guided motor tasks benefit from mental training based on serial prediction. Neuropsychologia. 54, 18-27.
- 7) Braun SM, van Haastregt JC, Beurskens AJ et al (2010) Feasibility of a mental practice intervention in stroke patients in nursing homes; a process evaluation. BMC neurology. 10, 1.
- 8) Mulder T, Hochstenbach JB, van Heuvelen MJ et al (2007) Motor imagery: the relation between age and imagery capacity. Hum Mov Sci. 26, 203-11.
- 9) Personnier P, Kubicki A, Laroche D et al (2010) Temporal features of imagined locomotion in normal aging. Neurosci Lett. 476, 146-9.
- 10) Kalicinski M, Kempe M, Bock O (2015) Motor imagery: effects of age, task complexity, and task setting. Experimental aging research. 41, 25-38.

- 11) Suwa M (2008) A cognitive model of acquiring embodied expertise through meta-cognitive verbalization. *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*. 23, 141-150.
- 12) Suwa M (2009) Meta-cognition as a Tool for Storytelling and Questioning What Design Is. *Bulletin of Japan Society for the Science of Design*. 16, 21-26.
- 13) Fargier R, Ménoret M, Boulenger V et al (2012) Grasp it loudly! Supporting actions with semantically congruent spoken action words. *PLoS One*. 7, e30663.
- 14) Duffau H, Capelle L, Denvil D et al (2003) The role of dominant premotor cortex in language: a study using intraoperative functional mapping in awake patients. *Neuroimage*. 20, 1903-1914.
- 15) Rizzolatti G, Camarda R, Fogassi L et al (1988) Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. *Experimental brain research*. 71, 491-507.
- 16) Stout D, Chaminade T (2012) Stone tools, language and the brain in human evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 367, 75-87.
- 17) 川崎翼, 河野正志, 兎澤良輔 (2017) 他者に運動技術を教授することによる即時的な運動学習効果. *理学療法学*. 印刷中.
- 18) Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 9, 97-113.
- 19) Pascual-Leone A, Nguyet D, Cohen LG et al (1995) Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol*. 74, 1037-1045.
- 20) Malouin F, Richards CL, Durand A et al (2008) Clinical Assessment of Motor Imagery After Stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*. 22, 330-340.
- 21) Kawasaki T, Aramaki H, Tozawa R (2015) An effective model for observational learning to improve novel motor performance. *Journal of Physical Therapy Science*. 27, 3829-3832.
- 22) 川崎翼, 荒巻英文 (2015) 観察学習を促す手本の習熟度の検討. *了徳寺大学研究紀要*. 9, 165-170.
- 23) 川崎翼, 荒巻英文, 兎澤良輔, 他 (2015) 短期的な観察学習効果とその基盤となりうるワーキング・メモリの影響の検討. *理学療法学*. 42, 569-574.

(平成28年11月29日稿)

査読終了日 平成28年12月6日