

<原 著>

Summary KR が部分荷重課題の学習に与える影響

谷 浩 明*

要 旨

運動課題の練習中、結果のフィードバックを数試行ごとにまとめて与える Summary KR (Knowledge of Results) が学習に効果的かどうかについて調べた。健常成人21名を対象とし、練習の1試行ごとに結果を与える群 (I 群) と5試行まとめて結果を与える群 (S 群) に分け、右下肢で体重の80%を維持する課題を行わせた。KR には CE (constant error) を用いた。練習は、各群の条件にしたがって KR が付与される30試行からなり、練習終了5分後、1日後に KR なしの想起テストを行った。パフォーマンスの評価には RMSE (root mean squared error) を用いた。練習により RMSE は減少したが、群間の差は練習、想起テストのいずれにおいても認められなかった。Summary KR の優位性がみられなかった原因としては Summary の回数、および KR 付与条件による先行情報の影響が示唆された。

キーワード：学習、Summary KR、運動技能

I. はじめに

運動技能の学習において、フィードバック (Feedback) は重要な役割を果たしている。例えば、ダーツのような競技では、あらかじめ運動プログラムとして組み込み、実行した動作を、筋運動感覚や投擲されたダーツの得点といったフィードバック情報で修正することによって、より正確な運動プログラムを獲得することが出来る。一般に、こうしたフィードバックは図1にみるように、運動後に結果として与えられる感覚情報として定義されており、筋運動感覚のように、動作の遂行によって必然的にもたらされる内部フィードバック (Intrinsic Feedback) と、遂行者自身ではわからないであろう情報で、外部から与えられる外部フィードバック (Extrinsic Feedback) の二つに分けられる¹⁾。外部フィードバックは、付加的フィードバック (Augmented Feedback) と呼ばれ、スポーツの場合であればコーチ、治療場面であれば治療者から、競技者や患者に与えられる情報である。いずれのフィードバックも自ら行った運動を修正するための情報として重要であるが、運動を指導する立場からは、特に、結果の知識 (KR : Knowledge of Results) に代表される外部フィードバックの与え方が学習の程度にどのような影響を与えるのかについての関心は高い。

Lavery²⁾ は、斜面上の目標に対して小さなボールをハンマーで打って進めるという課題を練習させる際、被験者を練習の1試行ごとに KR を与える Immediate KR と数試行分まとめて結果を与える Summary KR の2群に分けて、パフォーマンスの差異をみている。彼らはこの実験から、練習期間中のパフォーマンスは Immediate KR 群が優れているにもかかわらず、休止期間において行われる想起テストにおいては Summary KR 群の方が優れているという結果を得ている。

Salmoni³⁾ は過去の研究を概観し、練習試行中の過剰な KR が、想起テスト中のパフォーマンスの低

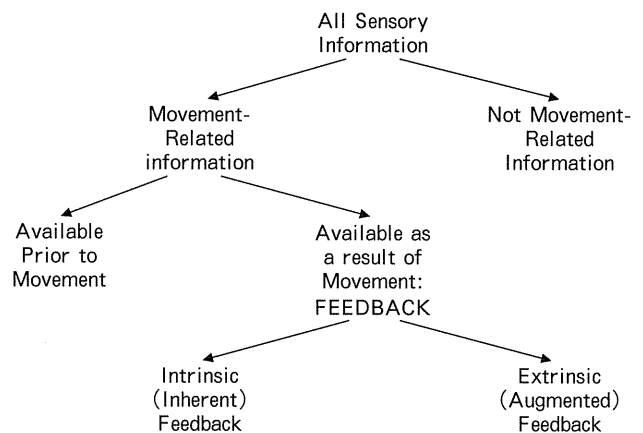


図1 感覚情報の分類 (文献1) より)

所 属：*国際医療福祉大学 保健学部 (理学療法学科)

受 付：1998年1月19日

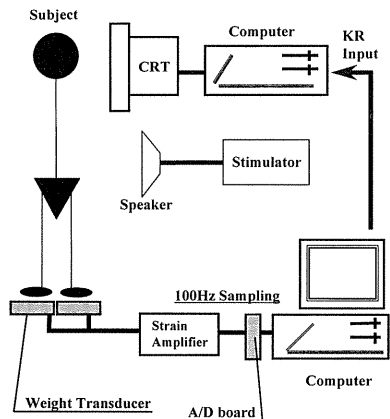


図2 実験機器構成図

下を招くという実験結果から、学習における KR のガイダンスとしての役割を強調している (ガイダンス仮説)。この仮説では、練習中、KR が高い頻度で与えられると、正確なパフォーマンスを生み出そうとする被験者の注意は、内部フィードバックより外部フィードバックである KR に集中してしまうと仮定している。そして、この KR への過剰な依存が、KR が除かれた想起テストでのパフォーマンスの低下を引き起こすと主張する。Summary KR の方が学習には効果的であるという Lavery²⁾ の実験結果も、Summary KR が与えられるまでの No-KR 試行の存在が内部フィードバックへの注意を促しているという観点から、ガイダンス仮説を支持する知見として解釈されている。

しかし、Lavery の用いた課題は単純な実験室課題であり、確かめられた Summary KR の効果が、どういった性質の課題にまで応用できるかは明らかでない。

そこで今回、我々は、より粗大な運動課題として、リハビリテーションの治療において用いられる体重の部分荷重を選択し、この課題での Summary KR の効果を確かめることによって、ガイダンス仮説の検証を試みた。

II. 方法

1. 対象

被験者は、過去に下肢に関する疾患の既往のない健康成人21名 (23.7±6.34歳: 男性11名、女性10名) であった。この被験者を、Immediate KR 群 (以下 I 群) に11名、Summary KR 群 (以下 S 群) に10名にランダムに分けて配置した。

2. 装置

実験装置は、体重移動による荷重変化の取り込みと被験者への KR 付与の部分からなる (図2)。立位をとった被験者の右下肢を乗せた検出器 (共和電業: 体荷重分布検出器) からの荷重変化の信号は、ストレイ

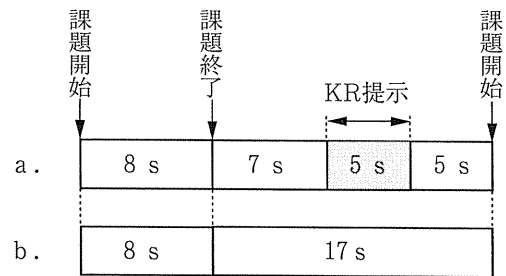


図3 1 試行の時間推移

a: KRが提示される試行の場合 b: KRが提示されない試行の場合

ンアンプ (共和電業: DPM-713B) で増幅後、体重の55%を越えた時点から6秒間について、A/D変換 (100Hz sampling) され、コンピュータ (日本電気: PC9801CV) に取り込まれた。

取り込まれたデータをもとに算出された KR のデータは、もう一台のコンピュータ (日本電気: PC9801VX) に験者の手で入力された。これにより、遂行した課題の KR が被験者の前面におかれた CRT (日本電気: PCKD551K) に表示された。

3. 課題および手順

被験者は、2枚の検出器に下肢を振り分けて静止立位をとった (開始立位)。この後、刺激装置 (日本光電: SEN-3301) からの音刺激を合図に、なるべく早く体重の80%を右下肢に移動し、その位置を8秒間維持する課題を行なった。課題遂行中、コンピュータには、体重の55%を越えた時点から6秒間に関する荷重変化のデータが取り込まれた。このとき、取り込まれる荷重変化のデータは同時に CRT 上でモニターされるが、最初の2秒で体重の55%を越えなかった場合は、試行をやり直した。取り込まれたデータの後半4秒間から、目標値 (体重80%) と被験者の生み出した値のずれとして、CE (Constant Error)、RMSE (Root Mean Squared Error) の2種類のエラーを算出した。Xi を i 番目のデータ、T を目標値、n をデータ数とするとこの2つのエラーは以下のような式で表される。

$$CE = \frac{\sum(x_i - T)}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(x_i - T)^2}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

このうち、CE は被験者の生み出した荷重の平均が、目標値より大きい小さいかの情報をその符号に含んでいるので、これを、被験者に提示する KR として用いた。

図3に、課題1 試行分の時間推移を示す。課題開始

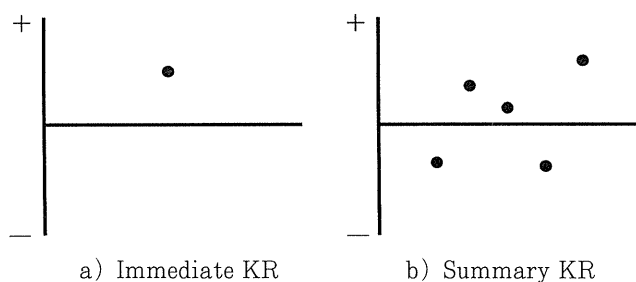


図4 CRT上のKRの提示

	I群	S群
練習相	Immediate KR 30試行	Summary KR 30試行
想起テスト	KRなしでの5試行(5分後)	
	KRなしでの5試行(1日後)	

表1 練習相と想起テストの構成

から8秒後の課題終了の音刺激により、被験者は開始立位に戻り、その7秒後に、CEに基づくKRが、CRTに5秒間、被験者に提示された。提示方法は群によって異なり、I群は、試行が終わるたびにKRが与えられるが、S群は過去5回分のKRを5試行ごとにまとめて与えられた(図4)。このKR提示終了5秒後に次の試行が開始された。したがって、S群の場合、5試行中4試行についてはKRのない状態で、課題終了17秒後に次の試行を開始することとなった(図3b)。

実験全体は表1に示すように練習相と想起テストからなる。練習相はそれぞれのKR条件での30回試行である。疲労を考慮し、15試行終了時点で1分間の休息を設けた。想起テストはKR提示なしでの5回試行であり、練習相終了5分後と1日後に行った。

なお、実験に先立ち、被験者には30回の練習試行の後、KRなしでの想起テストを行うというスケジュール、およびKRが毎試行後与えられるのか、5試行ごとに与えられるのかについて説明した。また、CRTにKRがどのように提示されるかについても、開始前に、デモンストレーションを行った。

4. パフォーマンスの評価と解析

パフォーマンスの良否を評価するための指標としてRMSEを選択したが、被験者による体重の違いを考

		I群	S群
練習相	ブロック1	8.25±4.33	10.42±5.42
	ブロック2	5.86±4.92	6.49±2.45
	ブロック3	5.73±4.02	7.02±3.15
	ブロック4	4.33±1.69	5.73±2.77
	ブロック5	3.56±0.97	5.84±3.86
	ブロック6	4.34±1.16	5.51±3.64
想起テスト	5分後	5.40±2.33	5.58±3.42
	1日後	7.76±5.25	7.12±3.43

表2 練習相、想起テストにおけるNRMSE(%)の平均値と標準偏差(SD)

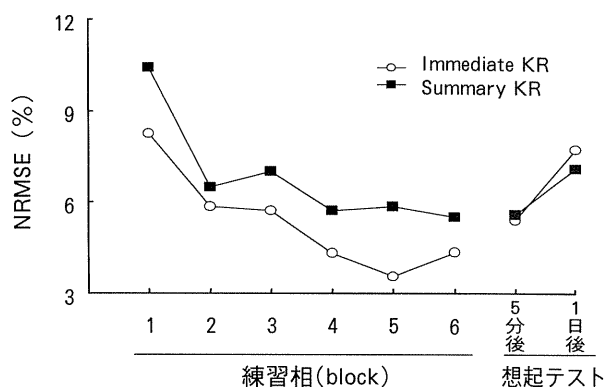


図5 練習相、想起テストでのNRMSE(%)の変化

慮し、RMSEを各被験者の目標値で除したNRMSE(Normalized Root Mean Squared Error)を用いた。これにより、その試行が平均して目標値の何%程度ずれていたかを評価することができる。解析では、5試行分を1ブロックとした被験者ごとのNRMSEの平均値を用い、反復測定分散分析による群間、ブロック間の比較を行った。

Ⅲ. 結果

試行全体におけるブロックごとのI群、S群のNRMSEの値を表2に示す。図5は練習相および想起相でのNRMSEの変化である。

1. 練習相

両群とも練習相の最初の2ブロックめ(6~10試行)でかなりエラーが減少、それ以降のブロックでもゆるやかな変化は見られたが、4ブロック以降(15試行~)は目立った変化はなかった。また、練習の早い時期のブロックから、S群に比較して、I群の方がパフォーマンスの正確性が高いように見えるが、分散分析の結果、ブロック間に有意な差は認められた($F=6.173$; $df=5,95$; $p<0.01$)ものの、群間に有意な差は認められなかった($F=3.197$; $df=1,19$; $p=0.09$)。また、

群とブロックの交互作用も認められなかった ($F=0.203$; $df=5,95$; $p=0.96$)。

2. 想起テスト

両群とも時間の経過とともに練習中に改善されたパフォーマンスの正確さが徐々に低下していく傾向がみられるが、群による違いはほとんど認められなかった。分散分析の結果、ブロック間、群間とも有意な差が認められなかった (ブロック: $F=2.913$; $df=1,19$; $p=0.10$, 群: $F=0.038$; $df=1,19$; $p=0.85$)。同様に、交互作用についても有意とならなかった ($F=0.128$; $df=1,19$; $p=0.72$)。

IV. 考察

今回、我々の研究では Lavery²⁾とは異なり、Immediate KR 群と Summary KR 群の間で差は認められず、結果としてガイダンス仮説は支持されなかった。Summary KR の優越性がみられなかった理由のひとつに、Summary の回数の不適切さが考えられる。Schmidtら⁴⁾は、バッティングを模したタイミング課題で Summary の回数 (1~15試行) と学習効果には逆U字型の関係があり、5試行が最適であったことを報告している。この Summary の最適回数は課題の複雑さに依存するとされているため、今回の実験で選択した5試行という回数が部分荷重課題の最適回数とずれていた可能性がある。

その他の理由として、「被験者の内部フィードバックへの注意」の影響が考えられる。

Wrisberg と Wulf⁵⁾は、KR 頻度の減少による学習効果の促進が KR の数そのものの影響か、KR 提示に関する先行情報によるものなのか明らかにするため、先行情報を変化させる実験を行っている。彼らは、タイミング課題を用いて、全試行 KR が与えられる群 (100%KR)、全試行の67%についてランダムに KR が提示される群 (67%KR)、同じく67%だけランダムに KR が提示されるが、その試行で KR が提示されるかどうか、各試行前に提示される群 (67%AKR) の3群間での学習効果を比較した。この結果、1日後の転移テストでは67%KR群が他の2群よりエラーが小さかったと報告されている。ガイダンス仮説では、KR の頻度を少なくした際の高い学習効果の理由を、外部フィードバックが与えられない練習試行における内部フィードバックの主観的強化に求めている。このことから、Wrisberg と Wulf は、67%AKR群の被験者は来るべき KR 情報を期待して No-KR 練習試行の内部フィードバックを無視していたため、同じ KR 提示回数の67%KR群の被験者よりもその学習に

おいて劣る結果を示したのではないかと考察している。

また、Swinnenら⁶⁾は、KR を付与しての練習試行中、運動のエラーに注意を向けるよう指示した被験者の方が、そうでない者より、想起テストの運動の正確さにおいて高い結果を得たと報告しており、練習中の内部フィードバックが、その学習に大きな影響を与えることが示されている。

Summary KR の効果も、KR が与えられない試行での内部フィードバックへの注意を促すことに深く関係していると考えられる。しかし、KR がランダムに提示される実験とは異なり、Summary KR は、5試行終了した段階で KR が提示されることを被験者は知っている。したがって、Summary KR 実験の被験者も、Wrisbergらの67%AKR群の被験者同様、その注意を KR が与えられるだろう試行にのみ向け、残りの4試行の内部フィードバックを無視した場合は、その学習における優越性を失ってしまう可能性をもっていると考えられる。KR のランダム提示によって、内部フィードバックへの注意を制御する方法は、Summary KR の実験にそのままの形では導入できない。今後、この問題を解決するための適切な実験的制御法を考案することが課題であると示唆された。

謝辞

本論文を作成するにあたりご指導を賜りました理学療法学科丸山仁司教授に心より深謝いたします。

【注】

- 1) Schmidt, R.A. Motor Control and Learning: A behavioral emphasis. 2nd ed. Champaign, Ill, Human Kinetics Publishers Inc, 423-427 (1988).
- 2) Lavery, J.J. Retention of simple motor skills as a function of type of knowledge of results. Canadian Journal of Psychology, 16, 300-311 (1962).
- 3) Salmoni, A.W., Schmidt, R.A., and Walter, C.B. Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. Psychological Bulletin, 95, 355-386 (1984).
- 4) Schmidt, R.A., Lange, C.A., and Young, D.E. Optimizing summary knowledge of results for skill learning. Human Movement Science, 9, 325-348 (1990).
- 5) Wrisberg, C.A. and Wulf, G. Diminishing the effects of reduced frequency of knowledge of results on generalized motor program

learning. Journal of Motor Behavior, 29, 17-26 (1997).

- 6) Swinnen, S.P., Schmidt, R.A., Nicholson, D.E. et al. Information feedback for skill acquisition: Instantaneous knowledge of results degrades skill learning. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16, 706-716 (1990).

Effect of Summary KR on Learning a Partial-Weight-Bearing Task

Hiroaki TANI*

*Department of Physical Therapy, International University of Health and Welfare

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of summary knowledge of results (KR) about a set of trials on the learning of a partial-weight-bearing task. The task required subjects to support 80% of their body weight on their right lower limb. All subjects (N=21) practiced for 30 trials with either immediate KR or summary KR. KR was graphically provided (1) after every trial (immediate KR), (2) after every fifth trial (summary KR), by displaying the constant error score. Immediate (after 5 min) and delayed (after 1 day) retention tests were performed without KR.

A difference was found during practice trial blocks. In the immediate and delayed retention test, there was a difference across blocks for normalized RMSE (root mean squared error). However, no group differences during practice and no-KR retention. These results suggest that we must take into account the effects on summary KR with either summary length and/or advance information.

Key Words : learning, summary KR, motor skill