

学習モデルを観察するだけで タイミングをどのくらい学習できるか？

石 倉 忠 夫

《ABSTRACT》

The purpose of the study was aimed to examine the effects of observing a learning model which attempt acquisition of timing skill. In this study, the task consisted of five submovements: (1) press a starting button, (2) knock down from first to third barrier, and (3) press a stop (goal) button. The goal movement time for the subjects to complete the five submovements was 1200 ms. with a 300-ms fixed interval. The subjects were provided either physical practice condition (PP) or observational learning condition (OL). PP's subject practiced 30 trials with KR which provided total time and the time of each phase after every trial immediately on acquisition phase. OL's subject observed a PP subject's practice scene via VTR without physical practice on acquisition phase. The results indicated that both condition improved acquisition of timing skill through acquisition phase, and that OL's total time became be consistent and effective for acquisition of relative timing as well as PP. However, OL could not improve the accurate timing performance such as PP. It was considered from these results that the physical practice might be important for matching the learner's sense of time on real-time.

Keywords: Observational learning, Timing skill.

- I. 目 的
- II. 方 法

Ⅲ. 結	果
Ⅳ. 考	察
Ⅴ. 参 考 文 献	

I. 目 的

スポーツ・運動技能の教示場面において、生徒が他の生徒のパフォーマンスを観察したり、スキル修正のための教師の助言や教示を聞き取ったりする。このようにパフォーマンスの結果や教師からの助言など、パフォーマンス後に学習者が結果の知識 (**Knowledge of Results: KR**) を受け取り、これをもとにスキルを修正するという一連の学習状況にある学習モデルの観察は、スポーツ・運動技能の習得を促進する手段の一つであると言われている (Magill, 2006; McCullagh and Weiss, 2001 for review; Schmidt and Lee, 2005)。

技能を正しく遂行するデモンストレーションの観察が技能習得に影響する、いわゆるモデリング効果 (観察学習効果) は、学習者の認知的メカニズムとの関連性から検討されている。Sheffield (1961) やBandura (1977, 1986) は、メンタル・ブルー・プリント (Sheffield, 1961) あるいは認知的表象 (Bandura, 1977, 1986) と呼ばれる技能再生に利用される基準が、観察によって誤差の検出と修正のメカニズムと共に学習される (Carroll and Bandura, 1990) と仮定している。またAdams (1986) によると、学習モデルあるいは未熟練モデル (unskilled model) の習得過程の観察によって、観察者は運動学習を特徴づける一種の問題解決活動に直接的に関与し、モデルの受け取るKRが観察時に利用できる場合にその効力が増すとしている。つまり、学習モデルがパフォーマンス後に得られる誤差を次のパフォーマンスで修正しようと試みる過程の観察は、観察者にとって問題解決行動の代理学習であり、反応レポートリーの一つとして習得される。さらに、実際に観察者が行動するときには活動プランの細目になり、観察者はこれに従って行動するということになる。

McCullagh and Caird (1990) は決められた時間で板を倒していくタイミング課題 (以下、バリア・ノック・ダウン課題とする) を用い、身体練習 + KR

条件、学習モデル観察+モデルのKR有り条件、学習モデル観察-モデルのKRなし条件、そして正しく再生するモデルの観察条件の学習効果について比較検討した。その結果、学習モデル観察+モデルのKR有り条件は身体練習+KR条件と同じくらいの学習効果が得られたが、正しく再生するモデルの観察条件はそれほどの学習効果が得られなかった。また、モデルのKRが与えられなかった学習モデルの観察条件は最も悪いパフォーマンスを示したことを報告している。Lee and White (1990) も、テレビゲーム課題とバリア・ノック・ダウン課題を用いて2つのタイミング学習の実験を行い、学習モデル(モデルのKR有り)の観察学習効果を検討したところ、身体練習と同じくらいの学習効果が認められたことを報告している。Hebert and Landin (1994) はテニスのボレーを学習課題とし、学習モデルの観察と付加的言語フィードバックの効果について検討した。その結果、学習モデル観察あるいは付加的言語フィードバックのいずれか、あるいは両者を与えられた条件は、いずれも与えられなかった統制条件に比べて動作パターンとその結果が優れ、特に学習モデル観察とインストラクターからの付加的言語フィードバックを与えられた条件が優れていたという結果を報告している。これらの報告のように、KRを伴った学習モデルの観察は身体練習と同じくらいかそれ以上の学習効果を得ることが期待される。

ここで、観察者が観察しているモデルと同じような認知的過程を踏んでいると考えられるならば、KRを受け取っている学習モデル観察は観察者の技能習得に影響を及ぼすことが予想される。この仮説についてLee and White (1990) (第2実験) は、バリア・ノック・ダウン課題を用いて、未熟練モデルの身体練習スケジュール(ブロック練習スケジュール、ランダム練習スケジュール)がタイミング・パターンの観察学習に及ぼす影響について検討している。練習試行において身体練習スケジュールが及ぼす文脈干渉効果、つまりブロック練習スケジュールがランダム練習スケジュールに比べて技能習得が速やかに現れるという効果が観察学習効果としても同様に現れると予想された。分析の結果、観察学習は身体練習と同じくらいの学習効果が得られたものの、身体練習

スケジュールの影響は観察学習効果に有意に影響しなかったことを報告している。ランダム練習スケジュールは活動目標がランダムに変更され、その都度活動プランを作成していく必要がある。よって、練習試行ではブロック練習スケジュールの方で練習効果が速やかに現れるが、ランダム練習スケジュールの学習効果はブロック練習スケジュールに比べて保持されると考えられている(文脈干渉効果)。この実験の観察学習においては活動プラン作成の変更作業が欠乏したため、予想通りの結果が得られなかったと考察している。また、ブロック練習スケジュールは単調な練習になりやすいため学習を不十分にしてしまうという欠点を持つが、観察学習パラダイムはこれを克服することが可能であるとされている。

Blandinら(1999)はバリア・ノック・ダウン課題を用いて、正しい技能を提示するモデル観察と学習モデル観察がタイミング・パターンの学習に及ぼす影響について検討している。2つの実験から、正しい技能を提示するモデルの観察と学習モデル観察は、決められた時間間隔で板を倒す相対的タイミングの学習効果を示し、特に学習モデル観察で顕著であった(第2実験)。また、目標時間を変更して実施した転移課題においても同様に観察学習効果が認められ、パラメータ学習にも効果が得られた(第2実験)。さらにBlandin and Proteau(2000)は、正しい技能を提示するモデルの観察と学習モデル観察がタイミング・パターンの学習と誤差検出・修正のメカニズムに及ぼす影響について検討し、KRを受けているモデル(学習モデル)の観察は学習モデルと同様の誤差検出・修正のメカニズムを辿っていたことを明らかにしている。

これらの報告から、KRを伴った練習を行うモデルの観察は、観察者に技能再生の基準になる認知的表象を形成するのに役立ち、そして実際に身体練習することで誤差検出および誤差修正機能が確立されていくといえる。しかしながら、学習モデルの観察学習効果を検討した研究の殆どは観察学習後に身体練習を行うという実験手順を踏んでおり、観察学習のみでどれほどの学習効果が期待できるのか不明な点が残される。Blandinら(1999)の実験では、モデル観察のみの練習効果やパラメータ学習の効果が認められているが、保持テストを

用いた学習効果については検討されていない。また、Lee and White (1990)によると、学習モデル観察は動作系列の学習など観察者の記憶表象を発達させ、また、KRの性質やパフォーマンス向上のためのKRの利用法、そしてKRの利用はパフォーマンスを最大限に発揮するために重要であることを学習するとしている。よって、学習モデル観察のみの条件は、モデル観察による学習効果やパラメータ学習に有効であると考えられる。

Blackら (2005) はタイミング課題を用いて、学習モデルの学習場面の観察のみの学習効果を検討するために3つの実験を行った。その結果、練習期間終了から24時間後に実施された保持テストにおいて、相対的タイミング誤差とタイミング誤差検出で観察のみの条件は身体練習条件と同程度であったことが示され、観察練習は動作系列の習得に有効な方法であることを報告している。

そこで本研究ではバリア・ノック・ダウン課題を用い、タイミング習得を試みる学習モデルの観察のみで得られる観察学習効果について、保持テストと転移課題におけるパフォーマンス、そして誤差検出・修正の認知的メカニズムの両面より検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

被験者：本課題に対して経験のない右手利きの大学生24名（男性12名、女性12名）。平均年齢は $20.4 \pm .3$ 歳であった。

課題：本実験は、Fig. 1に示すバリアノックダウン課題を用いた。被験者には右手を使い、スタートボタンを押した後、300msec間隔で板を3枚倒し行き、1200msec後にゴールボタンを押すというタイミングの習得が求められた。スタートボタンからゴールボタンまでの距離は46cmあり、この線を中心に左右3枚ずつ木製の板を配置した。板の大きさは縦×横が10cm×8cmであった。

実験スケジュール：実験は被験者一人ずつ行われた。被験者は身体練習群 (PP: Physical Practice) と観察学習群 (O.L: Observational Learning) の2群に分けられた。実験の手順について説明した後、プレテストとして10試行が実施された。次に各練習条件に従った練習が30試行行われた。PPの被験者は30試行の

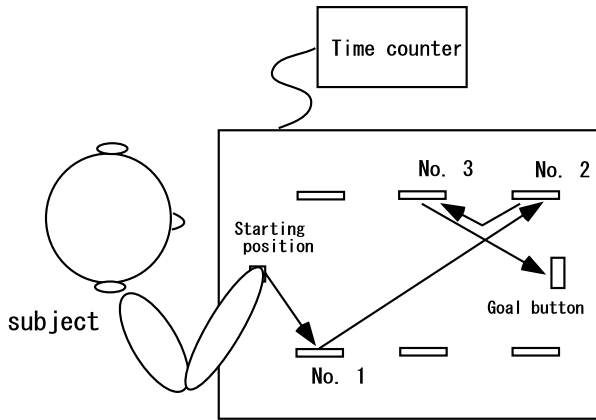


Fig 1. The barrier knock down task. The task required knocking down three barriers at 300 msec. intervals and press the goal button 1200 msec. after pressing the start button.

身体練習試行を行い、各試行直後にKRが与えられた。KRの内容は各板に触れた時間間隔と合計時間であった。この時の練習状況がVTRに収録され、O.Lの被験者に学習モデルとして提示された。VTRカメラはPPの被験者の右肩後方1m、高さ1.7mに設置され、PPの被験者の右肩越し後方の角度から上半身と右腕の動作がモニターに映し出されるように記録された。一方O.Lは、PPよりランダムに一人選ばれた学習モデルの30試行の身体練習の様子をVTRにて観察した。観察用モニターは24型カラーテレビを使用し、映像と共に実験者から学習モデル（PPの被験者）に与えられたフィードバック情報とボタンを押す音声や板の倒れる音声が提示された。学習モデル観察時においてO.Lの被験者の身体練習は一切行われなかった。30試行の練習試行の後、ポストテスト、その10分後と24時間後に保持テストを行った（それぞれ保持テスト10m、保持テスト24hとする）。転移課題として250msec毎に板を3枚倒す課題（合計目標時間1000msec）がポストテスト、保持テスト10mと保持テスト24h後に実施された。それぞれのテストはKRが与えられない条件で10試行実施された。

また、誤差検出と修正のメカニズムを検討するために、各テストの各試行後、

被験者に動作時間の自己評価が求められた。

依存変数：それぞれのテストにおいて10試行を1ブロックとした絶対恒常誤差(|CE|), 変動誤差(VE)を算出し、これを依存変数とした。|CE|はパフォーマンスの正確さ、VEはパフォーマンスの変動性を示す。また、相対的タイミングの学習効果を検討するために、Root mean square error (RMSE) が算出された。本実験では被験者に300msec毎に3枚の板とゴールボタンを押すという課題が求められたため、それぞれの操作が目標時間の中で25%間隔のタイミングで実施される必要がある。RMSEは相対的なタイミング操作を評価するための計算法で、
$$\sqrt{\{(x1\% - 25\%)^2 + (x2\% - 25\%)^2 + (x3\% - 25\%)^2 + (x4\% - 25\%)^2\}}/4$$
で求められる。x1 ~ x4はスタートボタン～1枚目板、1枚目板～2枚目板、2枚目板～3枚目板、3枚目板～ゴールボタンの{(それぞれに要した時間) / (合計時間)}である。

誤差検出と修正のメカニズムを検討するために、①第n試行における動作時間と時間推定との間の相関係数、②第n試行における時間推定と目標時間(1200msecまたは1000msec)の差と、第n+1試行と第n試行の動作時間の差との相関係数が計算された。前者において、正の高い相関係数は被験者の動作時間の評価が正しいことを示す。また、後者において、負の高い相関係数は、被験者が誤差修正を行っていることを示す(Blandin & Proteau, 2000)。相関係数はFisher's r to Z transformationで変換され、誤差検出と修正のメカニズムを検討するために取り上げられた。

データ分析：実験前のグループ間の等質性を検討するために、一要因繰り返しなしの分散分析を用いた。また、身体練習および観察学習効果を検討するために2要因一繰り返し分散分析を用いた。なお、有意水準は5%とし、多重比較にはTukey HSDを用いた。

Ⅲ. 結 果

プレテストの|CE|, VEとRMSEを取り上げ、グループ間の等質性を検討した。その結果、それぞれの依存変数においても主効果に5%水準で有意な差が認め

られなかった。よって、両グループは等質であると判断され、分析が進められた。

(1) 練習効果について

両条件の練習効果を検討するために、練習条件 (2:PP, O.L) × テスト (2:プレテスト, ポストテスト) の2要因一繰り返しの分散分析を行った。

|CE|において、繰り返し要因による主効果が有意であり ($df=1/22$, $F=20.04$, $p<.001$)、ポストテストはプレテストに比べ低かった。その他の主効果および交互作用は有意ではなかった (Fig 2)。

VEにおいても、繰り返し要因による主効果が有意であり ($df=1/22$, $F=35.96$, $p<.001$)、ポストテストはプレテストに比べ低かった。その他の主効果および交互作用は有意ではなかった (Fig 3)。

RMSEにおいても、繰り返し要因による主効果が有意であり ($df=1/22$, $F=18.56$, $p<.001$)、ポストテストはプレテストに比べ低かった。その他の主効果および交互作用は有意ではなかった (Fig 4)。

(2) 保持効果について

両条件の保持効果を検討するために、練習条件 (2:PP, O.L) × テスト (3:ポストテスト, 保持テスト10m, 保持テスト24h) の2要因一繰り返しの分散分析を行った。

|CE|において交互作用が有意であった ($df=2/44$, $F=3.20$, $p<.05$)。多重比較の結果, ポストテストにおいてPPがO.Lに比べて低い傾向にあった (Fig 2)。

VEにおいて主効果および交互作用に有意差は認められなかった。

RMSEにおいては、交互作用が有意であり ($df=2/44$, $F=3.21$, $p<.05$)、多重比較の結果, ポストテストにおいてPPがO.Lに比べて低いという結果にあった (Fig 4)。

(3) 転移課題について

パラメータ学習の効果を検討するために、練習条件 (2:PP, O.L) × 転移テスト (3:ポストテスト, 保持テスト10m, 保持テスト24h) の2要因一繰り返しの分散分析を行った。

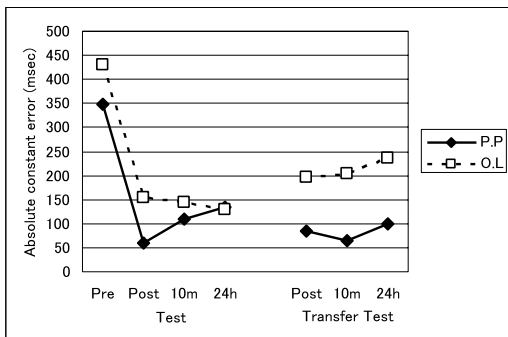


Fig 2. Absolute constant error ($|CE|$) of the physical practice condition and the observational learning condition.

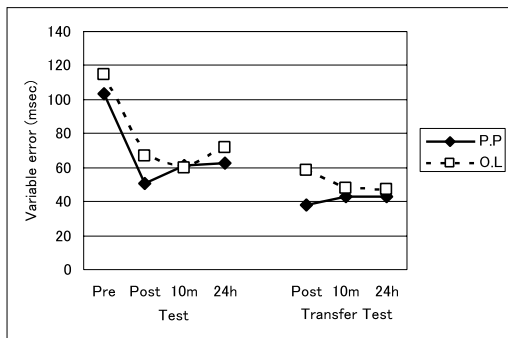


Fig 3. Variable error (VE) of the physical practice condition and the observational learning condition.

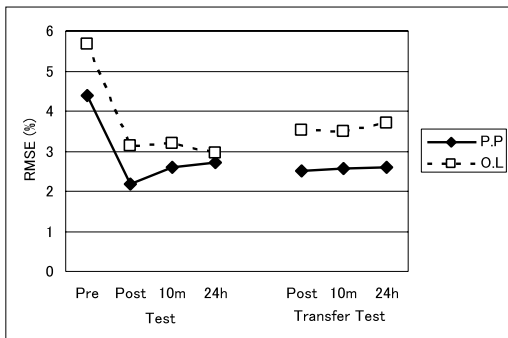


Fig 4. Root mean squared error (RMSE) of the physical practice condition and the observational learning condition.

|CE|において練習条件要因による主効果が有意であり ($df=1/22$, $F=8.24$, $p<.05$), PPがO.Lに比べて低いという結果が示された (Fig 2)。

VEにおいて, 主効果および交互作用に有意な差は認められなかった。

RMSEにおいては練習条件要因による主効果に有意傾向が示され ($df=1/22$, $F=3.17$, $p<.1$), PPがO.Lに比べて低い傾向にあるという結果が得られた (Fig 4)。

(4) 誤差検出と修正について

被験者の誤差検出と修正における練習効果を検討するために, 練習条件 (2 : PP, O.L) × テスト (2 : プレテスト, ポストテスト) の2要因一繰り返しの分散分析を行った。誤差検出においてテストによる主効果が有意であり ($df=1/22$, $F=4.85$, $p<.05$), ポストテストはプレテストに比べて得点が低いという結果が得られた (Table 1)。誤差修正に関しては有意な差は認められなかった (Table 2)。

誤差検出と修正の保持効果を検討するために, 練習条件 (2 : PP, O.L) × テスト (3 : ポストテスト, 保持テスト10m, 保持テスト24h) の2要因一繰り返しの分散分析を行った。その結果, 誤差検出と修正の保持効果において主効果および交互作用に有意な差は認められなかった。

転移効果を検討するために, 練習条件 (2 : PP, O.L) × 転移テスト (3 : ポストテスト, 保持テスト10m, 保持テスト24h) の2要因一繰り返しの分散分析を行った結果, いずれの主効果および交互作用に有意な差は認められなかった。

Table 1. Mean coefficient of correlation (standard deviation) between estimated and objective error in movement parameterization

Practice condition	Experimental phase													
	Pre test		Post test		Retention test				Transfer test					
					10m		24h		Post test		Retention test 10m		Retention test 24h	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
P.P	.25	.20	.15	.19	.17	.14	.26	.17	1.04	.60	1.56	1.37	1.30	.90
O.P	.27	.24	.14	.20	.18	.14	.19	.24	2.58	4.96	1.57	2.66	1.50	1.89

Score: After r to Z' transformation

Table 2. Mean coefficient of correction (standard deviation) between estimated error and effective correction of movement parameterization on the following trial

Practice condition	Experimental phase													
	Pre test		Post test		Retention test 10m		Retention test 24h		Transfer test					
									Post test		Retention test 10m		Retention test 24h	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
P.P	-.21	.26	-.09	.16	-.11	.19	-.19	.22	.47	.30	.39	.33	.38	.40
O.P	-.19	.25	-.12	.14	-.14	.17	-.04	.21	.32	.25	.23	.22	.32	.25

Score: After *r* to *Z'* transformation

IV. 考 察

本研究はバリア・ノック・ダウン課題を用いて、タイミング習得における学習モデル観察のみの学習効果について検討した。実験に先立ち、学習モデルの観察は誤差検出・修正機能を確立させ、タイミング習得やパラメータ学習にも有効に働くと予想された。分析の結果、①身体練習と学習モデル観察ともに練習試行を通じてタイミングの習得が認められた。②学習モデル観察条件は、タイミングの正確性が身体練習条件ほど学習されなかったが、身体練習条件と同程度にパフォーマンスが安定した。③学習モデル観察は身体練習と同程度に相対的タイミングを学習することができた。④転移課題において身体練習が学習モデル観察に比べて正確で、相対的タイミングも正確であったため、学習モデル観察は身体練習ほどパラメータ学習を促進することはできなかった。⑤誤差検出は練習試行を通じて向上し、学習モデル観察は身体練習と同程度の誤差検出・修正の処理を行っていた。

学習モデル観察の結果、練習試行を通じてタイミングや相対的タイミングの習得が認められ、誤差検出・修正の処理も身体練習条件（学習モデル）と同様のプロセスを踏んでいたという結果が得られたことは、Blandinら（1999）や Blandin and Proteau（2000）の結果を支持するものである。しかしながら、保持効果を検討した結果、学習モデル観察ではパフォーマンスの安定性は学習さ

れたものの、正確性に関しては身体練習（学習モデル）ほど学習されなかったこと、そしてパラメータ学習を促進することができなかつたことが示された。モデル観察の学習効果は、観察練習にて観察者は誤差検出あるいは誤差再認を発達させ、その後、KRを伴った身体練習にて絶対的動作時間を正確に対応させることで身体練習と同程度かそれ以上の効果が得られると考えられる(Blackら, 2005)。本実験における学習モデルの観察条件は、実験期間中においては一切身体練習を行っておらず、また各テストにおいてはKRが一切与えられなかつたため、絶対的動作時間を正確に対応させることができなかつた。よって学習モデル観察のみではパフォーマンスの正確性とパラメータ学習に有意な観察学習効果が得られなかつたと推察できる。学習モデルの観察者は観察によって作成された活動プランに基づいてタイミング動作を遂行していると考えられるため(Adams, 1986; Lee and White, 1990)、本研究の結果から、系列的なタイミング動作における学習モデルの観察学習効果はタイミングの安定性と誤差検出・修正の処理過程の発達に期待できると言えよう。

学習モデル観察においてKRを伴った身体練習の機会が与えられたとしたら、身体練習（学習モデル）と同程度あるいはそれ以上の学習効果を得ることが期待できるが、本研究ではそこまで明らかにすることはできなかつた。

V. 参 考 文 献

- Adams, J.A. (1986) Use of the model's knowledge of results to increase the observer's performance. *Journal of Human Movement Studies*, 12, 89-98.
- Bandura, A. (1977) *Social learning theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1986) *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Black, C.B., Wright, D.L., Magnuson, C.E., & Brueckner, S. (2005) Learning to detect error in movement timing using physical and observational practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 28-41.
- Blandin, Y., Lhuisset, L., & Proteau, L. (1999) Cognitive processes underlying observational learning of motor skills. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 957-979.
- Blandin, Y., & Proteau, L. (2000) On the cognitive basis of observational learning:

development of mechanisms for the detection and correction of errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53, 846-867.

- Carroll, W.R., & Bandura, A. (1990) Representational guidance of action production in observational learning: a causal analysis. *Journal of Motor Behavior*, 22, 85-97.
- Hebert, E.P., & Landin, D. (1994) Effects of a learning model and augmented feedback on tennis skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 250-257.
- Lee, D.T., & White, M.A. (1990) Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. *Human Movement Science*, 9, 349-367.
- Magill, R. A. (2006) *Motor learning and control: concepts and applications* (8th ed). New York, NY: McGraw-Hill.
- McCullagh, P., & Caird, J.K. (1990) Correct and learning models and the use of model knowledge of results in the acquisition and retention of a motor skill. *Journal of Human Movement Studies*, 18, 107-116.
- McCullagh, P., & Weiss, M.R. (2001) Modeling: Considerations for motor skill performance and psychological responses. In R.N. Singer, H.A. Hausenblas, & C.M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (2nd ed.) (pp. 205-238). New York: Wiley.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005) *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sheffield, F.D. (1961) Theoretical consideration in the learning of complex sequential task from demonstration and practice. In A.A. Lumsdaine (Ed.), *Student response in programmed instruction* (pp. 13-32). Washington, DC: National Academy of Sciences-National Research Council.