韓國心理學會誌 : 實驗 및 認知
Korean Journal of Experimental and Cognitive Psychology
1989. Vol. 1, No. 1, 1–10

계시적 순서학습에서의 양측성 학습전이

—내적 표상과 동작제어의 위계적 개념—

문 익 수 · 김 진 환

고려대학교 체육교육과

이 연구는 한 동작 순서로부터 다른 동작순서로의 양측성 학습전이에 대한 서로 다른 순서구조들의 효과를 검증하였다. 피험자들은 컴퓨터 화면에 제시된 4개의 수평선 상에서 특정한 순서들로 제시되는 "x"표시의 시각자극에 대해 엄지를 제외한 4개의 손가락으로 그와 일치하는 반응건반을 누르도록 지시받았다. 먼저 왼손으로 한 순서유형을 연습한 후에 오른손으로 두번째 순서유형을 연습하였다. 18명의 피험자들이 2개의 실험조건과 1개의 통제조건 중 하나에 무선적으로 배정되었다(위계적 전환조건=6명, 직렬적 전환조건=6명, 통제조건=6명). 반응시간(RT)이 종속변인으로 측정되었으며, 순서의 학습이 전이과제에 대한 수행향상도에 의해 평가되었다.

순서전환의 2가지 유형이 한 순서로부터 다른 순서학습의 양측성 전이연구에 사용되었다. (1) 위계적 : 위계집단의 전환유형은 연습유형의 동작요소들이 3개씩 군집화되어 재 배열되도록 고안되었다. 그러므로서, 전체적인 반응요소들의 순서는 재 배열되었지만 군집내의 반응요소들의 순서는 연습유형과 동일하다. (2) 직렬적 : 직렬집단의 전환유형은 반응의 첫번째 시작 위치만 바뀌고 연습유형과 동일하게 고안되었다. 이 조건에서 연습조건과 전이조건의 반응요소들의 배열이 매우 유사하지만 군집내의 동질성이 바뀌었다. 그리고 통제집단은 연습유형과는 완전히 새로운 전이유형을 제시받았다.

연구의 결과는 다음과 같다.

1. 초기 연습수행에 있어 세 집단간(위계, 직렬, 통제)에 반응속도의 차이는 없었다 [$F(2, 15)=0.359$, $p>.05$].
2. 그럼에도 불구하고, 세 집단 모두 연습시행이 증가함에 따라 동작순서 학습의 유의한 연습효과를 나타냈다 [$F(9, 135)=20.007$, $p<.001$].
3. 초기 연습단계에 있어, 학습조건과 반복 연습간의 상호작용 효과는 없었다 [$F(18, 135)=0.618$, $p>.05$].
4. 전이 단계에 있어, 위계집단이 직렬집단과 통제집단에 비해 월등한 수행향상을 나타냈다 [$F(2, 15)=28.95$, $p<.003$].

이와 같은 사실들은 순서에 대한 내적표상이 직렬적이기 보다는 위계적으로 조직되어지며, 동작순서의 실행이, 비록 다른 효과기(본 연구에서는 다른 팔)에 의할지라도, 위계적으로 제어된다는 관점을 지지한다. 덧붙여서, 결과들은 동작의 하위단위들이 피험자들에 의해 순서의 반응간 구조가 설정되었을 때, 상호 전환될 수 있다는 관점을 지지하는 강력한 증거를 제공하였다.

운동제어(motor control)에 있어 주요한 논제중 하나는 동작제어의 다양한 유형들에 관련된 기억구조들의 특성을 이해하는 것이다. 일반적으로 심리학자들은 "복잡한 운동반응들은 다양한 방식으로 기본 단위들을 조합함으로써 생성될 수 있다"고 가정한다(Gorden & Meyer, 1987; Mackay, 1982). 그러므로 순서적 행위들의 제어는 기본 반응 단위들의 조합을 서로 다르게 조합시킴으로서 달성되는 것이 가능하다. 예를 들어, 우리

는 다른 유형의 악기들을 연주할 수 있다. 한 악기로 배운 악보의 연주순서는 다른 악기에 상당한 정도 전이될 수 있다. 마찬가지로 언어구사에 있어 한 단어를 구사하는 기본 동작들이 다른 문장들에 있어서도 생성될 수 있다.

그러한 기본 단위들의 순서화(sequencing)를 제어하는 기제들에 관해 두가지 가설이 있다. 하나는 직렬적 연합 또는 요소 대 요소(element-to-element) 제어양식의 가설이다. 이 가설은 일반적으로 자극-반응 연쇄론(stimulus-response chaining theory)으로 일컬어져 왔다(Keele, 1981; Keele & Summers, 1976). 이 가설은 한 순서배열이 연속적인 동작요소들간의 연합에 의해 획득됨을 가정하였다. 이에 상대적인 것으로 위계적 가설은 동작요소들의 배열이 위계적 제어에 의한다고 주장한다(Sternberg, Monsell, Knoll, & Wright, 1978; Mackay, 1982; Povel & Collard, 1982; Keele, 1987; Gorden & Meyer, 1987). 운동행동이 위계적으로 조직된다는 생각은 체계의 상위 수준이 행위의 일반적인 계획을 선택함에 관여하고 보다 낮은 수준들이 결정의 세부 사항들을 수행하고 구체화하는 데 관여함을 의미한다.

따라서 직렬적 연합 모델과 달리, 위계적 제어가설은 운동반응요소들의 단순한 직렬적 조직을 가정하지 않는다. 대신에 추상적인 다단계 수준들에 있어 수많은 구성요소들을 포함한다. 다시말해, 하위 수준의 반응요소들에 대한 명령은 상위 수준의 제어요소들에 대해서만 표상되어지며, 다른 요소들과는 직접적으로 연결되지 않는다.

지난 십여년간 키보드 두드리기와 같은 운동과제들을 사용한 연구들의 연구결과에 의하면 반응의 순서화에 관한 표상과 제어가 위계적으로 이루어짐이 발견되었다(Restle & Burnside, 1972; Povel & Collard, 1982; Rosenbaum, Kenny, & Derr, 1983; Keele, 1982, 1986; Gallen & Wing, 1984; 문익수, 1987; 김진환, 1988). 이러한 연구결과들을 요약해 볼 때, 한 동작순서는 한 수준에 있어 몇개의 그룹들로 나누어지며, 다시 그룹은 다음 수준에서 하부 그룹들로 나누어 진다. 한 학습된 동작순서의 수행은 표상으로부터 항목들을 인출하는 것을 포함하며, 생성된 동작단위들 간의 간격(interval)은 위계적 표상의 상하 이동간격을 반영한다.

Mackay(1981)는 독일어와 영어를 함께 잘 구사하는 피험자들을 대상으로 하나의 문장을 빨리 읽는 발성속도학습이 위계적 표상과 제어에 의한 변환문장을 읽는 발성속도학습에 학습전이효과를 나타낸다는 사실을 발견하여 위계적 가설을 뒷받침하였다. Gordon과 Meyer(1987)는 4개의 음절(Bee-Bay-Bah-Boo)로 구성된 발성순서의 학습효과가 직렬적 전환순서(Bay-Bah-Boo-Bee)에 대해서 보다는 위계적 전환순서(Bah-Boo-Bee-Bay)에 대해 보다 효과적으로 전이됨을 발견하였다.

문익수(1987)는 처음으로 운동과제를 사용하여 운동학습의 측면에서 위계적 표상과 제어가설을 입증하였다. 그는 피험자들로 하여금 4개의 동작단위들로 구성된 반응순서(예, 116, 443, 662, 335)들을 외우게 하고 반복된 반응수행을 하게 한 후, 각각 위계적(662, 335, 116, 443) 직렬적(511, 644, 366, 233) 무선적(443, 335, 662, 116)으로 전환되는 집단간 동일한 다른 반응순서에 대해 전이학습케 한 결과, 전이학습단계에 있어 세 집단이 동일한 반응순서에 대해 반응수행을 하였음에도 불구하고 위계적 전이집단에서 가장 큰 학습전이효과를 나타냈음을 발견하였다.

그럼에도 불구하고 아직 일련의 동작들에 관한 운동제어에 있어 동작요소들의 위계적 표상과 제어에 대해 많은 실험적 증거들이 제시되지 않고 있는 문제가 있다. 즉, 우리가 일반적으로 경험적 연구들을 통해 익히 알고 있는 운동 학습의 양측성 전이효과이다. 예를 들어, 야구의 피칭을 생각해 보자. 양측성 전이가 근동작마디(muscle movement node)들의 체계내에서 일어날 수 없다는 것을 보이는 것은 비교적 간단하다. 한쪽 팔로 수행된 행위들은 다른쪽 팔로 수행된 행위들과는 동작들이 서로 다른 근육들과 형태를 포함한다. 즉, 왼쪽 팔로 야구공을 던질 때 오른 발의 내딛는 동작을 요구하고 왼발은 자세를 지지하도록 요구한다. 반면에 오른팔로 던질 때는 반대의 형태를 요구한다. 두 행위들은 근 운동계내에서 전이를 지지할 수 있는 공통요소들을 지니지 못한다. 오히려 "던지는 팔의 반대쪽 다리를 내딛는다."는 개념들이 이러한 종류의 양측성 전이의 기저를 제공하며 개념적 마디(conceptual nodes)들의 체계내에 반드시 부호화되어 진다. 그러므로 한 행위의 양측성 전이는 수행의 결과에서는 차이가 있을지라도 내용에 있어서는 차이가 없다.

이러한 개념을 지지하는 실험적 증거로서 김진환(1988)의 연구가 있다. 그의 연구에 있어 컴퓨터 화면에 연속적으로 제시되는 "X"표시의 계시적 빛 자극에 의한 반응순서 "123412312"를 세집단 동일하게 왼손 수행으로 반응 학습을 한 후, 한 집단은 위계적으로 전환된 반응순서 "121231234"에 대해, 또 한 집단은 직렬적으로 전환된 반응순서 "234123121"에 대해, 나머지 집단은 무선적으로 전환된 반응순서 "324113221"에 대해 각각 오른손 수행으로 양측성 반응전이 학습하게 한 결과 위계적 집단만이 유의한 학습전이 효과를 가져왔다.

본 연구에 있어서는 김진환(1988)의 연구결과에 따른 위계적 표상과 제어의 반응순서 학습에 관한 양측성 전이효과를 일반화하기 위해 실험조건별 반응순서의 유형과 난이도를 배가하여 다양하고 복잡한 반응순서학습에 대한 양측성 전이의 위계적가설을 검증하는데 그 목적이 있다.

방 법

피험자

본 연구의 피험자는 고려대학교에 재학중인 남자 대학생들로, 무작위 표집된 18명의 유급 지원자들이었다. 모든 피험자들은 피아노나 타이핑과 같은 건반 기술에 있어 훈련되지 않았을 뿐만 아니라 본 실험과제와 같은 유형의 과제에 대해 사전 경험이 없는 오른손잡이들 이었다. 피험자들의 평균연령은 23.8세였다.

실험기재

본 실험에 사용된 기재는 APPLE－Ⅱ 컴퓨터와 그에 연결된 반응건반(response keyboard)이었다. 반응건반(12×16cm)은 0.5cm간격으로 이어진 4개의 키로 이루어져 있으며, 왼손으로 수행하는 초기 학습과제에 대해서는 오른쪽으로부터 왼쪽으로 각각 1, 2, 3, 4의 숫자가 붙여졌으며, 오른손으로 수행하는 전이 학습과제에 대해서는 왼쪽으로부터 오른쪽으로 각각 1, 2, 3, 4의 숫자가 붙여졌다. 각 숫자는 반응시 양손에 동일하게 1=인지, 2=중지, 3=약지, 4=무명지와 일치 한다. 자극제시와 자료수집은 시간조절 및 1 msec까지의 시간측정장치가 내장된 APPLE－Ⅱ 컴퓨터에 의해 통제되었다(그림 1).

본 실험에서 사용된 과제는 계시적 건반누르기(serial key pressing)였다. 즉, 컴퓨터 화면위에 나타난 4개의 수평선 위에 "X"표시가 계시적으로 나타나면 해당 키

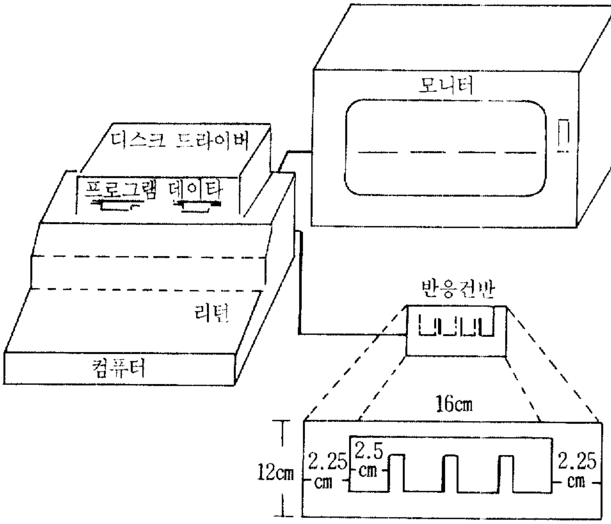

그림 1. 실험장치

표 1. 초기 및 양측성 전이 학습순서 (1=인지, 2=중지, 3=약지, 4=무명지)

집단(인원)	초기학습순서(왼손)	전이학습순서(오른손)	전이조건
위계(6)	334114224 433411422	224114334 422411433	위계적 전환
직렬(6)	422411433 224114334	224114334 422411433	직렬적 전환
통제(6)	433422411 114224334	224114334 422411433	무선적 전환

를 그에 일치하는 손가락으로 누르는 것이었다.

실험설계

본 실험은 왼손으로 초기 학습순서를 익히고 오른손으로 전이 학습순서를 수행토록 하는 양측성 전이학습 전형(bilateral transfer learning paradigm)에 의해 2요인 혼합설계(two-factor-mixed design)로 실시하였다.

독립변인으로는 세가지 전이조건(위계적 전환, 직렬적 전환, 무선적 전환)과 반복연습이 주어졌다. 위계적 전환은 왼손에서 학습된 반응순서가 반응단위(response unit)별로 순환되는 반응순서에 대해 오른손으로 반응 수행을 하는 것이고, 직렬적 전환은 왼손에서 학습된 반응순서가 반응요소(response elements)별로 순환되는 반응순서에 대해 오른손으로 반응 수행을 하는 것이며, 무선적 전환은 왼손에서 학습된 반응순서가 반응요소들은 같으나 완전히 다른 반응순서에 대해 오른손으로 반응수행을 하는 것이다(**표 1**).

종속변인은 각 집단간 반응순서에 대한 평균 반응시간(mean RT)이었으며, 각 연습단계간 RT차에 의해 학습이 평가되었다.

실험절차

초기 학습순서에 대한 반응수행은 왼손 네 손가락을 반응 건반의 해당 번호키에 올려놓은 후, 오른손으로 "return"키를 누르면 컴퓨터 화면에 4개의 수평선이 나오며 그 위에 "X"표시가 나타나면 그에 일치하는 손가락으로 해당 건반키를 누르면서 시작된다. 정확한 키가 눌려질때 "X"표시가 사라지며 그때의 반응시간(reaction time : RT)이 기록되고 다음 "X"표시가 나타난다. 이와같이 "X"표시가 18번 제시된 후, 1회 시행(one trial)이 끝난다. 피험자는 이와같은 시행을 40회 동안 반복한다. 18번 제시되는 "X"표시는 각 집단 학습순서의 9개 동작요소가 2번 반복되는 표시이다. 이를 40회 반복하는 동안 피험자들은 집단별로 자신의 학습순서를 깨닫고 점차 반응시간을 단축시켜 나간다.

초기 학습순서에 대한 반응 수행이 끝난 후, 피험자들은 오른손으로 전이학습순서에 대해 초기 학습단계 때와 같이 40회 반응 수행을 한다. 이때 반응건반과 컴퓨터 화면위 수평선 번호는 왼손수행과 대칭되어 바뀐다.

자료처리

각 학습단계에서 얻어진 반응시간은 1회 시행별로 18번의 반응 시간에 대한 평균 반응 시간으로 구해지고, 다시 4회 시행을 1분단(one block)으로 하여 총 10분단에 대한 평균 반응시간으로 분석되어 학습곡선(learning curves)을 이룬다.

각 학습단계에서 얻어진 세 집단간의 학습곡선에 대한 평균 분석에 의해 독립변인의 효과를 분석하였다.

결 과

초기 학습단계와 양측성 전이 학습 단계에 있어 연습 시행분단간 각 집단별 평균 반응시간(reaction time: RT)은 **표 2**와 같다.

표 2에 의하면, 초기 학습단계에 있어 각 시행분단간 평균 반응시간에 의한 학습곡선은 **그림 2**와 같다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 모든 집단들(위계, 직렬, 통제)에 있어 평균 반응시간이 연습의 함수로서 점진적으로 단축되었다. 첫번째 시행분단과 마지막 시행분

표 2. 초기 및 양측성 전이학습단계에서의 평균 반응시간 (msec)

시행분단	위계집단		직렬집단		통계집단	
	초 기	양측성전이	초 기	양측성전이	초 기	양측성전이
1	469.14	279.90	465.61	421.34	479.66	435.20
2	417.25	222.87	399.98	316.51	428.22	367.97
3	328.58	182.00	375.64	283.81	390.63	351.24
4	325.13	173.30	355.98	272.01	357.68	348.46
5	301.85	184.15	338.56	268.14	363.51	310.58
6	295.60	200.15	341.11	247.66	358.38	325.58
7	389.60	180.34	327.08	233.12	353.06	308.04
8	283.25	173.21	313.96	235.36	343.16	333.16
9	282.71	163.92	291.34	242.25	311.39	307.36
10	272.38	149.63	274.01	208.73	306.33	288.19
평균	326.55	191.49	348.32	272.89	369.19	337.40

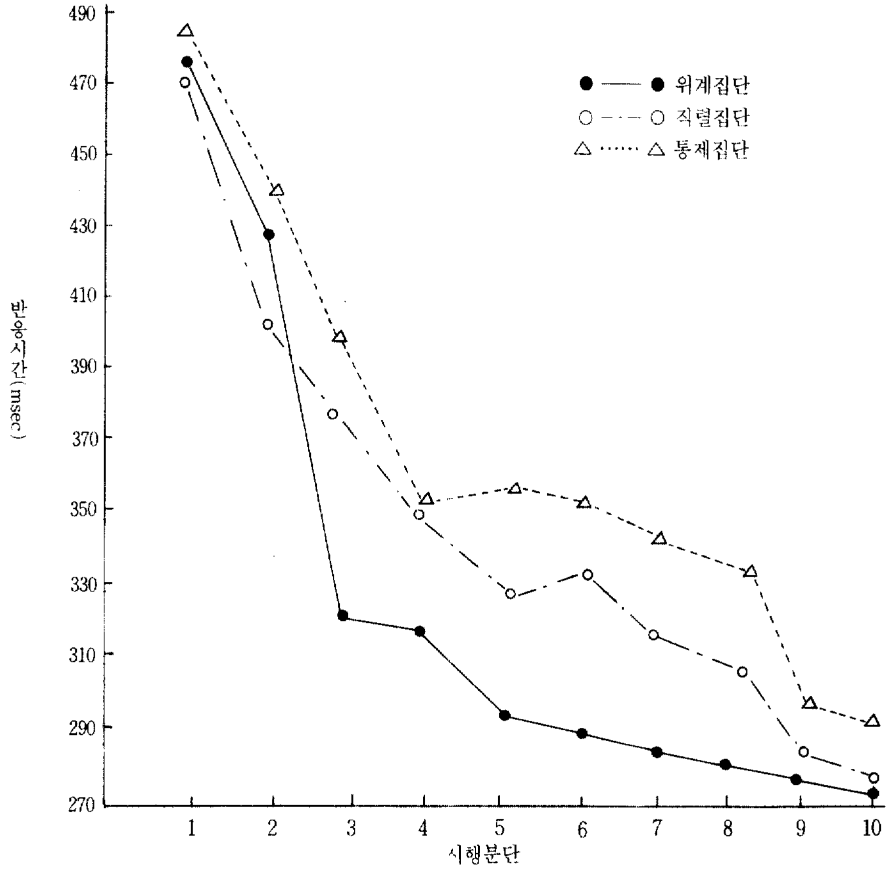

그림 2. 초기 학습단계에서의 학습곡선

단간의 평균 반응시간 차이에 의한 학습율은 위계집단이 42%, 직렬집단이 41%, 통제집단이 36%의 향상을 보였다. 2원 변량분석(two-way ANOVA)결과, 초기 학습단계에 있어 각기 다른 학습조건에 따른 세 집단간의 평균 반응시간에는 유의한 차이가 없었다[$F(2, 15)=0.359$, $p>.05$]. 그러나 반복연습에 따른 연습 시행분단간에 유의한 연습효과가 나타났다[$F(9, 135)=20.007$, $p<.001$]. 그리고 서로 다른 집단간 학습조건과 연습 시행분단간에 상호작용 효과는 없었다[$F(18, 135)=0.0618$, $p>.05$].

이러한 사실은 초기 학습단계에 있어 집단간 서로 다른 학습조건이 반응시간에 영향을 미치지 않았으며, 반복연습만이 반응시간에 영향을 미쳐 초기 학습단계에 있어 학습요인으로 작용하였고, 연습효과가 학습조건에 따라 달리 나타나거나, 학습조건에 따라 연습효과가 달라지지 않았음을 시사한다.

표 2에 의하면, 양측성 전이 학습단계에 있어 각 시행분단간 평균 반응시간에 의한 학습곡선은 그림 3과 같다.

그림 3은 왼손으로 반응수행을 한 초기 학습단계의 각 집단간 서로 다른 학습순서가 위계적, 직렬적, 무선적으로 전환되어 세 집단이 모두 동일한 학습순서에 대해 오른손으로 반응수행을 한 양측성 전이수행 결과를 나타낸다. 세 집단의 동일한 전이 학습순서에 대한

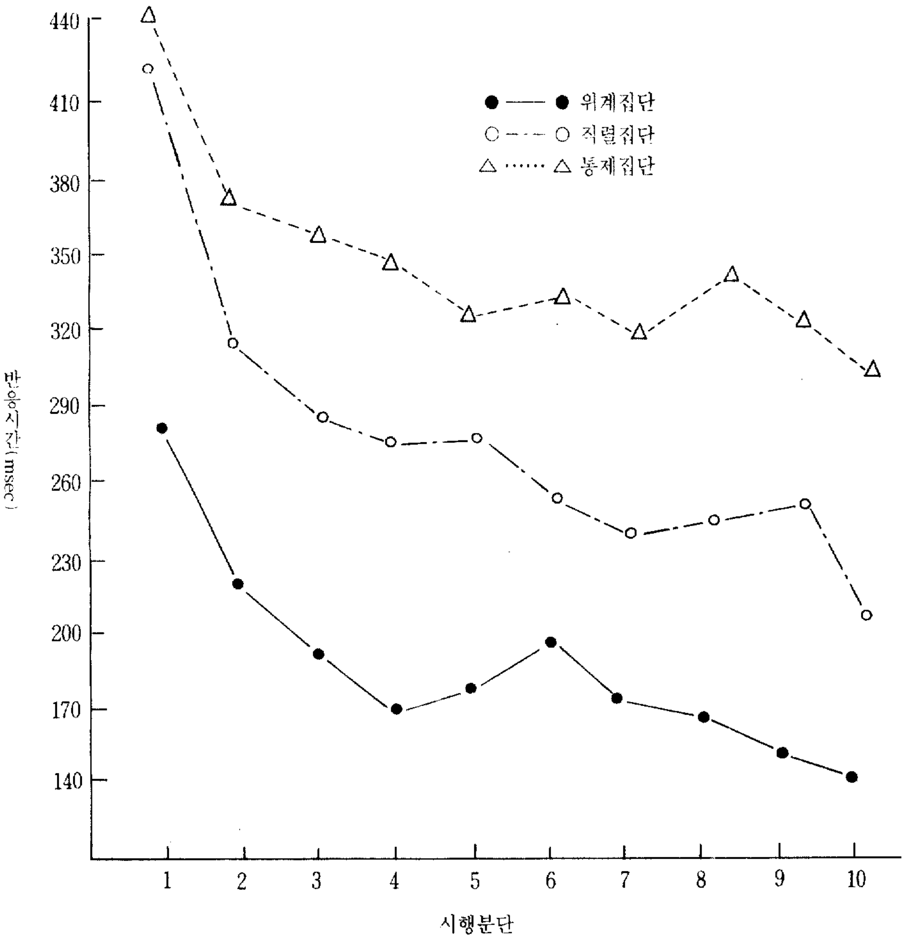

그림 2. 양측성 전이학습단계에서의 학습곡선

표3. 초기학습의 마지막 분단과 양측성 전이학습의 첫번째 분단의 평균 반응시간 (msec)

집 단	학습단계		t-값
	초기 10분단	전이 1분단	
위 계	272.38	279.90	0.127
직 렬	274.01	421.34	2.286*
통 제	306.33	435.20	2.825*

* $p<.05$,

반응수행동안 위계집단이 가장 빠른 반응수행을 보여주고 있다. 2원 변량분석 결과, 초기 학습단계에서 세 집단간 평균 반응시간에 유의한 차이가 없었던 것에 비해 양측성 전이 학습단계에서는 유의한 차이를 나타냈다[$F(2,15)=8.95$, $p<.003$]. 사후 분석(post-hoc analysis)결과, 위계집단이 직렬 집단과 통제 집단에 대해 각각 $t(18)=3.62$, $p<.002$와 $t(18)=8.25$, $p<.001$로 유의한 차이를 나타냈으며, 직렬집단이 통제집단에 대해 $t(18)=2.786$, $p<.01$으로 유의한 차이를 나타냈다. 그러나 양측성 전이 학습단계에 있어서도 세 집단 모두 반복 연습에 따른 유의한 연습효과를 나타냈다[$F(9,135)=20.37$, $p<.001$]. 반복연습과 집단간의 상호작용 효과는 없었다[$F(18,135)=1.056$, $p>.05$].

이러한 사실은 양측성 전이 학습단계에 있어 동일한 학습조건에 대한 세 집단간 반응수행이 초기 학습단계에서 학습한 순서유형에 의해 영향받았음을 시사한다. 즉, 초기 학습단계에서 학습된 순서유형이 위계적으로 양측성 전이된 위계 집단에서는 긍정적인 학습전이 효과를 나타냈으나, 직렬적, 무선적으로 각각 양측성 전이된 직렬 집단과 통제 집단에서는 학습전이 효과가 나타나지 않았다. 양측성 전이 학습단계의 첫번째 시행 분단과 초기 학습단계의 마지막 시행분단간의 집단간 평균 반응 시간 분석결과는 이를 방증한다(표 3).

표 3에 의하면 위계 집단은 왼손 반응수행의 초기 학습단계에 있어 마지막 시행분단의 평균 반응시간과 오른손 반응수행의 양측성 전이 학습단계에 있어 첫번째 시행분단의 평균 반응시간에 유의한 차이가 없다. 즉, 학습전이가 이루어졌다. 그러나 직렬 집단과 통제 집단은 큰 차이를 나타냈다. 표 2에 의하면, 직렬 집단과 통제 집단의 양측성 전이 학습단계에 있어 첫번째 시행분단의 평균 반응시간은 초기 학습단계에 있어 첫번째 시행분단의 평균 반응시간과 차이가 없다. 즉, 학습전이가 이루어지지 않았다.

논 의

동작요소의 위계적 표상과 제어에 대한 가정은 운동기술들이 운동수준(motor level)과 전운동수준(premotor level)의 두가지 수준으로 구분될 수 있음을 제시한다. 따라서 이 가정은 운동기술의 학습이 이 두가지 수준들에서 발생함을 시사한다.

의도된 운동기술을 적절히 실행하기 위해 학습자는 동작 순서화에 포함된 정확한 인지구조들(cognitive structures)을 설정해야만 할뿐 아니라 위계의 상위 수준들로부터 전해지는 명령들을 실행하기 위해 기본적인 운동기술들을 지녀야만 한다. 아동들에게 운동기술들을 가르침에 있어, 교사가 기억해야 할 첫번째 사실은 아동들이 걷기, 균형잡기, 던지기, 달리기, 차기, 뛰기 등과 같은 다양한 기본적인 운동기술들을 경험할 필요가 있다는 것이다. 이러한 기초 동작들이 차후에 학습될 기술들의 근간을 형성한다. 학습자들이 이러한 기본동작들에 익숙해 질 때, 그들의 운동적 수준은 의도된 행위들을 생성키 위한 상위수준의 명령들을 실행할 준비가 된다. 교사가 아동들에게 새로운 교과과정을 설정하길 또는 새로운 운동기술을 가르치길 원할 때, 새로운 기술은 흔히 아동들이 이미 과거에 경험한 기본 동작들에 기초될 수 있다.

이러한 관점에서, 본 연구에서는 학습자들에게 전혀 새로운 연속적 동작들을 학습시켰으며, 그러한 연속적 동작들의 기본 동작요소로서 3개의 동작요소들(movement elements)이 하나의 동작단위(movement unit)를 형성토록 조작하였다(예, 334, 114, 224). 전이 학습단

계에서는 각기 다른 순서 전환조건을 지니게 되는 위계, 직렬, 통제 집단이 초기 학습단계에서는 각기 다른 동작순서들이 지니는 동작요소와 동작단위의 형태는 모두 같도록 구성되어 있다(표 1참조). 따라서 초기 학습단계에 있어, 세 집단간의 연습조건에 차이는 없을 것이라고 가정하였다. 이러한 가정은 초기 학습단계의 수행결과에 대한 변량분석 결과 긍정되었다[$F(2, 15)=0.359$, $p>.05$].

그러나 위계적 가정은 그러한 연속적 동작순서들이 동작단위를 기초로 하여 동작단위 내의 동작요소들의 동질성을 유지하는 한, 다른 동작순서에 있어서도 활용될 수 있으며, 또한 인지적 수준에서의 그러한 동작단위에 대한 표상은 운동적 수준에서 실행될 근육군의 선택에 자유롭게 되어 있다는 것이다. 반면 직렬적 가정은 연속적 동작순서들이 동작요소들의 연계로서 표상되고 제어되며, 만약 한 동작순서 내의 동작요소들의 연계가 끊어지면 연속적 동작이 파괴된다는 것이다.

전이 학습 단계에서는 초기 학습단계에서의 각 집단별 동작순서들이 각 가정이 제안하는 방식대로 위계적, 직렬적, 무선적으로 전환된 그러나 각 집단이 동일한 동작순서에 대해 반응수행을 하였다. 만약, 왼손 초기 학습단계에서의 반응학습이 오른손 전이 학습단계에서의 반응학습에 영향을 미치지 않는다면 같은 반응순서를 학습하는 세 집단간의 반응시간에는 차이가 없을 것이다. 그러나 연속적 동작순서가 위계적 표상과 제어에 의해 이루어진다면, 왼손 수행의 초기 학습단계에서 학습된 동작순서의 동작단위들이 위계적으로 전환된 위계집단이 오른손 수행의 전이 학습단계에 있어 가장 빠른 반응시간을 나타낼 것으로 가정되었다. 왜냐하면, 위계집단은 오른손 반응수행의 양측성 전이 학습단계에 있어 동작순서들을 인지적 수준에서 새롭게 구조화시키지 않아도 되기 때문이다.

양측성 전이학습단계에 있어 세 집단은 동일한 동작순서에 대해 반응 수행을 하였음에도 불구하고 집단간에 유의한 반응 시간의 차이를 나타냈다[$F(2,15)=8.95$, $p<.003$]. 그리고 이러한 차이는 위계집단이 가장 빠른 반응 시간을 나타내며 직렬, 통제집단에 대해 각각 $t(18)=3.62$, $p<.002$와 $t(18)=8.25$, $p<.001$로 유의한 차를 보였다. 특히, 흥미로운 사실은 위계집단은 초기학습단계의 마지막 시행분단의 반응시간(272.38msec)과 양측성 전이학습단계의 첫번째 시행분단의 반응시간(279.90msec)간에 유의한 차이가 없었다. 이러한 사실은 위계 집단은 양측성 전이 학습단계의 동작순서들에 대해 전혀 새롭게 느끼지 않았으며, 같은 구조화를 지닌 동작순서들을 다른 효과기(effector system)즉, 오른손으로 수행함에 있어 전혀 새롭게 느끼지 않았음을 시사한다.

반면에 직렬 집단과 통제 집단은 초기 학습단계의 마지막 시행분단의 반응시간(각각, 274.01, 306.33msec)과 양측성 전이 학습단계의 첫번째 시행분단의 반응시간(각각, 421.34, 435.20msec)간에 큰 차이를 보였다[각각 $t(10)=2.268$, 2.825, $p<.05$]. 특히 흥미로운 사실은 두 집단 모두 양측성 전이 학습단계의 첫번째 시행분단의 반응시간이 초기 학습단계의 첫번째 시행분단의 반응시간(465.61, 479.66msec)과 유의한 차이가 없다는 것이다. 이러한 사실은 직렬과 통제 집단은 양측성 전이학습단계의 동작순서들을 완전히 새로운 동작순서들로 인식하고 새롭게 구조화해 나감으로써 반응을 계획함에 있어 보다 많은 시간을 소요하였음을 시사한다.

따라서 본 연구의 결과들에 의하면 연속적 동작과 관련된 운동학습들에 있어, 동작요소들이 위계적으로 기억에 표상되고 제어되며, 그러한 위계적 표상과 제어의 특성은 운동적 수준에 있어 각기 다른 효과기들에 의한 동작생성과 제어가 자유롭게 이루어지는 인간의 다양한 동작기술에 관한 융통성(flexibility)을 설명할 수 있음을 지지한다.

참고문헌

김진환 (1988). 운동프로그램의 기억구조 : 위계적 표상과 제어. 고려대학교 박사학위 청구논문.

문익수 (1987). Serial pattern learning in adults: A hierarchical model of internal representation and movement control. Ph.D. dissertation, the University of Oregon.

Gallen, G. V., & Wing, A. M. (1984). The sequencing of movements. In M. Smith & A. Wing (Eds.), *The*

psychology of human movement (pp. 153-180). New York: Academic.

Gordon, P., & Meyer, D. (1987). Hierarchical representation of spoken syllable order. In A. Allport & D. Mackay (Eds.), *Language perception and production* (pp. 445-462), New York: Academic.

Keele, S. W. (1981). *Behavioral analysis of motor of physiology* : Section 1: The nervous system Vol. II. Baltimore: American Psychological Society. Williams & Wilkins.

Keele, S. W. (1986). Motor control. In L. Kaufman, J. Thomas, & K. Boff (Eds.), *Handbook of perception and performance*(pp. 1-60), Vol. II of Cognitive processes and performance, New York: Academic.

Keele, S. W. (1987). Sequencing and timing in skilled perception and action: An overview. In A. Allport & D. Mackay (Eds.), *Language perception and production* (pp. 463-487). New York: Academic.

Keele, S. W., & Summers, J. J. (1976). The structure of motor programs. In G. E. Stelmach (Ed.), *Motor control: Issues and trends*(pp. 109-149). New York: Academic.

Mackay, D. G. (1982). The problem of flexibility and fluency in skilled behavior. *Psychological Review, 89*, 483-506.

Povel, D. J., & Collard, R. (1982). Structural factors in patterned finger tapping. *Acta Psychologica, 52*, 107-123.

Restle, F., & Burnside, B. L. (1972). Tracking of serial patterns. *Jorunal of Experimental Psychology, 95*, 299-307.

Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extend. *Journal of Experimental Psychology: General, 109*, 444-474.

Sternberg, S., Monsell, S., Knoll, R. L., & Wright, C. E., (1978). The latency and duration of rapid movement sequences: Comparisons of speech and typewriting. In G. E. Sfelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning*. New York: Academic.

원고 초본 접수 : 1989. 11. 8
원고 수정본 접수 : 1989. 11. 8

韓國心理學會誌 : 實驗 및 認知
Korean Journal of Experimental and Cognitive Psychology
1989. Vol. 1, No. 1, 1-10

A Study of Bilateral Transfer on Serial Pattern Learning : Hierarchical Concept of Internal Representation and Movement Control

Ik-Soo Moon and Jin-Hwan Kim

Korea University

This study investigated the effects of different sequence structures on the bilateral transfer of learning from one sequence to another. Subjects were asked to respond to visual stimulus of a "x" mark appeared in a particular sequence on the CRT at one of four locations arranged horizontally. They were instructed to respond to the visual signal by pressing the corresponding keys with their four fingers. After practicing one serial pattern for a substantial period of time with one hand, the subjects transferred to a second pattern with the other hand. 18 subjects were randomly assigned to one of two experimental conditions and a control condition [hierarchy(n=6), vs. linear(n=6), control(n=6)]. Reaction time constituted the dependent variable and learning of the sequence was evaluated by measuring the amount of facilitation of the performance on the transfer tasks.

Two types of sequence transformations were used to study the bilateral transfer of learning from one sequence to another (1) hieararchical : transfer patterns for a hieararchy group were designed in a way such that the three groups of elements of the practice pattern were rearranged. Thus, sub-group integrity was maintained even though the overall element orders was rearranged, (2) linear ; For a linear group, the transfer pattern was identical to the practice pattern except that the starting position was altered. In this condition, the order of elements in pattern was very similar in the initial and transfer condition, but sub-group identity was altered. A third group(control group) received an entirely new pattern.

The results were following :

(1) No statistical differences among the hieararchy, linear and control groups were found in initial training performance [$F(2, 15)=0.359$, $p>.05$].

(2) However, during the initial training phase the ANOVA revealed a significant main effect of practice trials which indicated all three groups learned the sequence significantly better as the practice trials progressed [$F(9, 135)=20.007$, $p<.001$].

(3) On the initial training phase, the ANOVA showed there was no interation between conditions and practice trials [$F(18, 135)=0.618$, $p>.05$].

(4) On the transfer phase, the hieararchy group was significantly superior to either the linear or control groups [$F(2, 15)=8.95$, $p<.003$].

The findings support the notion that the internal representation of a sequence is hieararchically, rather than linearly, organized and the execution of movement sequence is controlled hieararchically even though different effector(different hand in this study). In addition, the results provided strong evidence for the notion that the subunits of movement can be interchangeable once subjects establish interval structure of the sequence.