

손가락 운동 연쇄를 위한 운동 프로그램 구성에서 손과 손가락 정보가 할당 과정

조 양 석 · 이 만 영

고려대학교 심리학과

위계적 편집자 모형에 따르면, 선택 반응 시간은 운동 프로그램의 구조, 불명확한 하위 운동 프로그램의 위치, 그리고 운동 연쇄의 길이에 의해서 결정된다. 본 연구에서는 두개의 손가락 운동 연쇄상 중에서 하나를 빠르게 선택하여 반응하는 상황에서 손과 손가락에 대한 정보가 어떻게 결정되는 지에 대해서 알아보았다. 그 결과 불확실한 하위 운동 프로그램의 위치에 따라 반응 개시 시간이 달랐으며, 편집해야 하는 속성이 손가락에 대한 정보일 조건에서 손과 손가락에 대한 정보를 모두 결정해야 하는 조건에서 보다 반응 개시 시간이 빠르게 나타났다. 그러나 손에 대한 정보를 결정해야 하는 조건에서는 Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과와 마찬가지로 손과 손가락을 모두 결정하는 조건보다 반응 개시 시간이 빠르지 않았다. 이러한 결과는 손에 대한 정보와 손가락에 대한 정보를 구별하여 결정하며, 손에 대한 정보가 손가락에 대한 정보 거보다 먼저 결정됨을 의미한다. 한편 편집 속성이 반응간 시간에는 영향을 주지 못하였다.

사람은 스스로 움직이거나 말하기 전에 신체 움직임에 대한 표상을 형성한다. 이러한 표상을 정신적 표상과 구별하여 운동 프로그램(motor program)이라 한다. Keele(1960)은 운동 프로그램을 운동을 시작하기 전에 구성하는 근육 명령의 집합으로 말초적 피드백 없이 운동 연쇄를 수행하게 하는 것으로 정의내렸다. 또한 Shaffer(1982)는 운동을 산출하는 추상적 위계구조로, 통제 체계에 의해 수행되는 의도한 행동의 문법적 표상 집합으로 정의내렸다. 그리고 최근 연구자들은 근육 활성화의 타이밍과 순서를 명령하는 작동기 체계에 보내는 의도한 운동 명령의 인지적 집합이라고 운동 프로그램을 정의내렸다(Inhoff, 1991; Keele, 1980; Rosenbaum, Inhoff, & Gordon 1984; Rosenbaum, 1985). 이러한 운동 프로그램은 추상적인 반응 연쇄의 산출과 관련이 있는 것으로 자극 연쇄이기 보다는 말초적 반응 연쇄를 실행하는 동안에 참조하는 것이다(Inhoff, 1991).

또한 사람은 어떤 의도나 목적을 가지고 자의적인 운동을 준비하는 데, 이러한 의도는 운동 프로그램과 구별된다. 즉 운동 프로그램은 운동을 하기 위한 운동 정보에 관한 표상으로 한정한다(Wright, 1991).

운동 프로그램에 대한 가장 결정적인 증거는 '반응 복잡성의 효과(response-complexity effect)'이다. 반응 복잡성의 효과는 운동 연쇄가 길거나 복잡할 수록 운동을 개시하는 데 걸리는 시간이 더 오래 걸리는 현상을 말하는 데(Henry & Rogers, 1960), 이러한 현상은 운동 연쇄가 길거나 복잡할수록 복잡한 운동 프로그램을 구성하고, 실행해야 하며, 이를 위해서는 더 많은 시간과 처리자원이 필요로 하기 때문에 나타난다(Sternberg, Monsell, Knoll, & Wright, 1978; Osman, Kornblum, & Meyer, 1990).

1. 운동 프로그램에 대한 이론

인간은 자발적으로 거의 쉬지않고 움직인다. 자발적인 움직임은 특정한 목적을 가지며, 그 목적을 이룰 수 있도록 움직임을 통제한다. 즉 목적이 달성될 수 있도록 운동을 계획하고, 실행하며, 통제한다. 운동 프로그램은 운동의 계획 과정과 통제 과정을 서로 연결하는 표상으로 생각할 수 있다(Wright, 1990). 운동 프로그램은 상위 수준의 의도나 목적을 포함하지 않는 단순한 운동 정보의 집합으로 개방형 회로(open loop)를 통해 운동을 통제한다. 즉 피드백에 의한 운동 통제는 운동 프로그램 범위에 포함되지 않는다(Inhoff, 1991; Keele, 1960; Shaffer, 1982; Wright, 1990). 이러한 운동 프로그램은 구체적인 운동을 하는 데 필요한 여러 수준, 또는 여러 차원의 정보를 포함한다.

여러 이론가들은 운동 프로그램이 위계적으로 구성되어 있다는 주장하였다(MacKay, 1982; Pew, 1966; Schmidt, 1975). Mackay(1982)는 운동 프로그램이 정신 체계 단위(mental system node)와 근육 운동 체계 단위(muscle movement system node)가 위계적으로 연결되어 구성되어 있다고 주장하였다. 또한 Rosenbaum, Kenny 및 Derr(1983)는 운동 프로그램이 위계적으로 구성되어 있으며, 위계적으로 실행된다는 증거를 제시하였다. Rosenbaum 등(1983)에 따르면, 운동 프로그램은 node, 또는 상징적 단위들이 상호 연결된 집합으로 구성되어 있다. 상징적 단위는 근육에 직접 활성화를 일으키는 운동 단위(movement element)와 다른 단위의 활성화를 일으키는 통제 단위(control element)가 있다. 이들 단위들은 서로 위계를 이루며 연결되어 있고, 운동 단위는 종말 단위를 이루고 있으며, 종말 단위를 제한 모든 단위는 통제 단위이다. 각각의 통제 단위는 적어도 한개 이상의 통제 단위나 운동 단위를 통제하며, 최상위 통제 단위만을 제외한 모든 운동 단위와 통제 단위는 한개의 통제 단위의 지배를 받는다.

Rosenbaum 등(1983)은 위계적으로 구성되어 있는 운동 프로그램이 tree-traversal 방법을 통해 실행됨을 보여주었다. tree-traversal 방법은 순서에 관련된 정보를 산출할 때 위계적으로 구조화된 표상에서 연쇄의 구성 요소를 순차적으로 풀어 실행시키는 방법이다(Collard & Povel, 1982). tree-

traversal 방법은 수직적인 활성화를 기초로 한다. 위계적 구조에서 최상위 단위가 활성화되면, 이 활성화는 수직적으로 하위 단위로 전달되어 최하위에 위치한 종말 단위에 도달한다. 종말 단위인 운동 단위가 활성화되면, 운동을 산출하고, 활성화는 반전되어 상위 단위인 통제 단위로 다시 전달된다. 이 활성화는 다시 다음 종말 단위로 전달되고, 다시 반전되어 통제 단위로 전달된다. 이러한 과정을 통해 운동 연쇄를 순차적으로 산출할 수 있다.

따라서 운동 연쇄에서 운동간 반응 시간은 그 운동의 실행을 담당하는 운동 단위에 활성화가 도달하기 위해 거쳐야 하는 단위의 수에 의해 결정된다. 즉 운동 단위를 활성화하기 위해 거쳐야 하는 통제 단위의 수가 많으면 반응 시간은 길어지고, 그렇지 않다면 반응 시간은 짧을 것이다. 또한 오류율과 오류 양상도 거쳐야 하는 통제 단위의 수에 의해서 많은 영향을 받을 것이다. Rosenbaum, Kenny 및 Derr(1983)는 운동 프로그램이 위계적인 구조를 따라 실행됨을 확인하였다. 즉 그들의 실험에서 일련의 손가락 운동 연쇄를 실행함에 있어서 운동 반응 위치에 따라 반응 시간과 오류율, 그리고 오류 유형이 다르게 나타났는데, 이는 운동 프로그램의 실행이 위계적으로 실행됨을 보여주는 것이다.

운동 프로그램이 일렬로 구성되어 있다면, 운동 연쇄의 위치에 따라 반응간 시간이 일관성있게 다르지 않을 것이다. 운동 연쇄를 반응할 때 위치에 따라 반응간 시간이 다르게 나타나는 현상은 운동 프로그램이 위계적 구조를 가정하는 tree-traversal 방법으로 실행됨을 보여준다. 그러나 Rosenbaum, Kenny 및 Derr(1983)의 연구는 운동 프로그램의 실행과정은 보여주었지만, 운동 프로그램의 구성과정에 대해서는 말해주지 못한다.

Sternberg, Monsell, Wright 및 Knoll(1978)은 손가락 연쇄 운동의 단순 반응 실험을 통해 운동 프로그램에 대한 모형을 제안하였다. 그들은 피험자에게 신호가 제시되면 짧은 글자 묶음을 가능한 한 빠르게 치도록 하였다. 이때 반응 개시 시간과 반응간 시간을 측정하였는데, 글자 묶음이 길수록 반응 개시 시간이 길어졌으며, 반응간 시간도 길어졌다. 즉 준비된 운동 연쇄의 길이가 길수록 반응 개시 시간과 반응간 시간이 길어졌다. 이러한 결과는 운동 연쇄를 실행하기 전에 일정한 시간을 소비하는 처리 과정이 있음을 나타내는 것이다. 이러한 일정 시간을

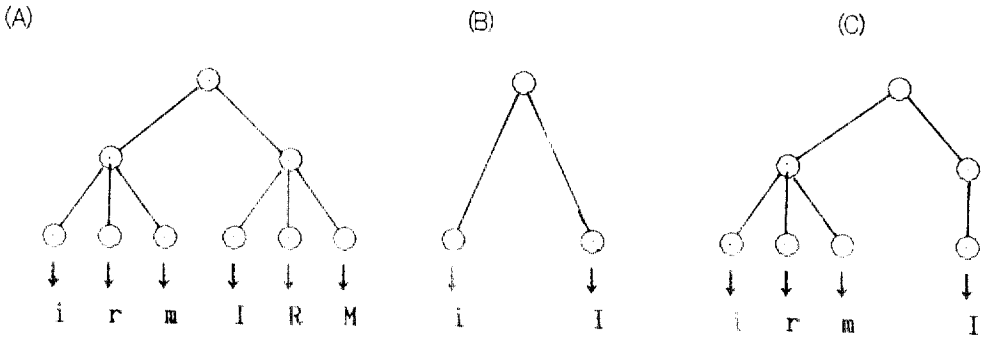


그림 1. 위계적 선택 모형(Rosenbaum, Saltzman, & Kingman 1984)

소요하는 처리 과정을 설명하기 위해 Sternberg, Monsell, Wright 및 Knoll(1978)은 버퍼 탐색 모형(buffer searching model)을 제안하였다.

버퍼 탐색 모형에 따르면, 운동 프로그램은 운동 정보를 포함하고 있으며, 여러개의 하위 운동 프로그램들로 구성되어 있다. 그리고 이러한 하위 운동 프로그램은 서로 위계적인 형태로 연결되어 있다. 타자 치기나 말하기 전에 운동 연쇄의 운동 속성값이 지정되어 있는 하위 운동 프로그램으로 이루어진 운동 프로그램을 구성하여 단계 기억, 또는 작업기억 장치와 구별되는 운동 프로그램 버퍼에 저장한다. 운동 연쇄를 실행하기 위해서는 인출 과정과 명령과정을 거쳐야 한다. 버퍼에 저장되어 있는 하위 운동 프로그램들을 연쇄적으로, 그리고 자기 종결적으로 탐색하여 적절한 하위 운동 프로그램을 인출하고, 명령 과정을 통해 인출한 하위 운동 프로그램을 실행시켜 운동을 산출하게 한다. 인출 단계에서 소요되는 시간은 운동 프로그램을 구성하는 하위 운동 프로그램의 수에 의해 결정된다. 준비해야 하는 하위 운동 프로그램의 수가 많을수록 각각의 하위 프로그램을 활성화하고, 인출하고, 선택하는 시간이 더 걸리므로 운동을 개시하는 시간이 길어지게 된다. 따라서 인출 단계에서는 준비한 하위 운동 프로그램의 수가 많을수록 소요 시간이 부가적으로 길어진다. 그러나 처리하는 하위 프로그램의 구성 상태에 따라 인출 과정이 영향을 받지 않는다. 다만 하위 프로그램의 구성 상태는 명령 과정의 소요 시간에 영향을 준다. 그리고 명령 단계

에서는 버퍼에 저장되어 있는 하위 운동 프로그램의 수에 의해서 영향을 받지 않는다.

버퍼 탐색 모형은 반응 복잡성의 효과를 설명해 줄 수 있다. 즉 운동 연쇄가 길면 준비해야 하는 하위 운동 프로그램의 수가 많아야 하므로 첫번째 하위 프로그램을 인출하는 데 걸리는 시간이 길어지게 된다. 또한 운동 연쇄가 복잡하면 개개의 하위 프로그램의 구성 상태도 복잡해지므로 명령 단계에서의 소요시간에 영향을 미칠 것이다. 따라서 복잡한 운동을 실행할 때 운동 개시 시간이 길어짐을 설명할 수 있다. 그러나 버퍼 탐색 모형은 운동 프로그램의 구조에 대해서는 설명해줄 수 못한다.

Rosenbaum, Saltzman 및 Kingman(1984)은 선택 반응시간 실험 패러다임을 이용하여 버퍼 탐색 모형을 확장한 위계적 선택 모형(hierarchical decision model)을 제안하였다. 위계적 선택 모형은 초기에 운동 프로그램을 어떻게 구성하고, 사용하는 지에 대한 이론으로 두개의 운동 연쇄중 하나를 선택하도록 하는 선택 상황에서 반응 시간과 반응간 시간을 측정할 실험을 이용하여 운동 프로그램에 대한 이론을 구성하였다.

위계적 선택 모형에 따르면, 두개의 가능한 운동 연쇄에 대한 운동 프로그램은 위계적으로 구성되어 있고, 두가지 선택에 근거하여 두 운동 프로그램 중 하나를 선택하여 실행한다. 즉 두 연쇄 중 하나를 선택하라는 신호가 제시되면 신호가 요구한 운동 연쇄에 상응하는 최상위 통제 단위를 선택하는 과정과 선

택한 운동 연쇄 내의 각 계열 위치에서 수행해야 하는 반응을 선택하는 과정을 거쳐 완벽한 운동 연쇄를 실행한다.

이때 선택은 항상 동일한 기능적 수준에서 일어나며, 가능한 한 최상위 수준에서 일어난다. 따라서 I와 Irm에서 I를 선택하는 경우는 i와 I에서 I를 반응하는 경우와 다르게 <그림 1>의 (C)와 같이 dummy 단위를 거쳐야 하므로 운동 개시 시간이 길어진다.

위계적 선택 모형은 운동 연쇄가 길수록 반응 개시 시간과 반응간 시간이 길어짐을 설명할 수 있다. 연쇄가 길수록 반응 사이에서 일어나는 선택이 많아지며, 따라서 반응을 개시하는 시간과 반응간 시간도 길어진다. 또한 선택 맥락에 따라 반응 시간이 달라짐을 설명해 줄 수 있다. 그러나 위계적 선택 모형은 두 반응 연쇄가 비슷할수록 반응 개시 시간이 빨라짐(Rosenbaum, 1980; Heuer, 1982)을 설명하지 못한다.

이러한 현상을 설명하기 위해, Rosenbaum과 Saltzman(1984)은 운동 프로그램 편집자 모형(Motor-Program Editor Model)을 제안하였다. 운동 프로그램 편집자 모형에 따르면, 두 반응 연쇄 중 하나를 선택하는 상황에서 피험자는 두 연쇄의 공유 속성을 근거로 한개의 불완전한 일반화된 프로그램을 구성한다. 그리고 반응 선택 신호가 제시되면 불완전한 운동 프로그램에 요구한 운동 연쇄를 실행하기 위해 필요한 속성 값을 채움으로써 완전한 운동 프로그램을 구성하고 운동 연쇄를 실행한다. 따라서 한 연쇄를 선택하여 반응을 개시하는 데까지 걸리는 시간은 선택 신호가 제시된 후에 편집해야 하는 운동 프로그램 속성 수에 의해 결정된다. 위계적 선택 모형은 가장 하위수준의 선택 단위가 완전한 반응에 상응하는 하위 프로그램인데 반해, 운동 프로그램 편집자 모형은 좀 더 요소적인 수준에서의 선택을 가정한다(Rosenbaum, 1987). 즉 완전한 운동 프로그램을 구성하기 위한 속성값을 선택해야 한다.

운동 프로그램 편집자 모형은 일반화된 운동 프로그램(generalized program)을 가정한다. 이러한 일반화된 운동 프로그램은 수없이 많은 형태로 산출되는 운동을 위해 개개의 운동을 위한 개개의 운동 프로그램을 상정해야 하는 필요성을 제거해 준다. 즉 운동 프로그램은 무수한 형태로 나타나는 운동에 대한 개개의 운동 프로그램을 가정함으로써 야기되는 저장의 문제(storage problem)나 참신성의 문제

(novelty problem)등을 해결해 준다(Schmidt, 1975). 다른 지식 구조와 마찬가지로 운동에 관련된 지식도 schemata나 일반화된 운동 프로그램으로 학습하고 기억하며, 이는 우리가 기억해야 하는 운동 프로그램의 수를 줄여준다(Rosenbaum, 1991; Schmidt, 1975).

2. 위계적 편집자 모형 (Hierarchical Editor Model)

Rosenbaum, Inhoff 및 Gordon(1984)은 일련의 실험을 통해 위계적 선택 모형과 운동 프로그램 편집자 모형을 결합하여 위계적 편집자 모형을 제안하였다. 위계적 편집자 모형에 따르면, 두 운동 연쇄 중 하나를 선택하는 상황에서 두 운동 연쇄의 공유 속성을 근거로 한개의 일반화된 운동 프로그램을 구성한다. 이러한 운동 프로그램은 위계적으로 구성되어 있다. 즉 운동 프로그램은 나무 구조(tree structure)나 구 구조(phrase structure)로 표상되어 있다.

반응 신호를 탐지하면, 운동 프로그램의 최상위에서부터 작은 단위로 계속적으로 푸는(unpacking) 과정이 일어나는데, 더 이상 작은 단위로 분해될 수 없을 때 한 단위의 실행이 일어난다. 이러한 풀기 과정을 실행 통과(execution pass)라고 한다. 또한 실행 통과가 일어나기 전에 외현적인 반응없이 운동 프로그램을 푸는 과정이 있는데 이를 편집 통과(edit pass)라고 한다. 반응 신호가 제시된 후에 가능한 한 빨리 운동을 개시하기 위해 반응 신호가 제시되기 전에 첫번째 불명확한 위치까지 편집 통과가 일어난다. 그리고 반응 신호가 제시되면 나머지 부분의 편집 통과가 수행되고, 편집 통과가 모두 끝난 후에 실행 통과가 일어난다. 이러한 풀기 과정은 각각 제한적이고 측정 가능한 시간동안 일어난다.

편집 통과와 목적은 상위 단위의 부호를 하위 단위로 풀면서 이미 구성되어 있는 일반화된 운동 프로그램의 각 단위에 적절한 정보를 할당하는 과정이다(Inhoff, Rosenbaum, Gordon, & Campbell, 1984; Rosenbaum, 1990). 이러한 편집 통과와 실행 통과는 각각 운동 프로그램의 위계적 구조를 따라 온라인 방식으로 일어난다(Inhoff, Rosenbaum, Gordon, & Campbell, 1984).

Rosenbaum, Inhoff 및 Gordon(1984)은 피험

자에게 각각 <1>irm과 lrm, <2>irm과 Mrm, <3>irm과 iRm, <4>irm과 ilm, <5>irm과 irM, 그리고 <6>irm과 irI에서 한개를 선택하여 가능한 한 빠르고 정확하게 반응하도록 하였다. 불명확한 위치가 <1>조건과 <2>조건은 첫번째 위치이며, <3>조건과 <4>조건은 두번째 위치이고, <5>조건과 <6>조건은 3번째 위치가 불명확한 위치이다. 그리고 <1>조건과 <3>조건, 그리고 <5>조건은 손에 대한 정보가 틀리며, 나머지 조건은 손과 손가락에 대한 정보가 모두 틀리다.

실험의 결과는 불명확한 곳이 뒤에 있을수록 운동을 개시하는 시간은 빨랐다. 그리고 불명확한 곳의 반응 시간은 그렇지 않은 조건보다 길었다. 그러나 편집해야 하는 속성의 수에 따라 반응 시간은 다르지 않았다. 이러한 결과는 위계적 선택 모형이나 운동 프로그램 편집자 모형으로는 설명할 수 없다. 연쇄의 길이가 모든 조건에서 같으며, 선택이 일어나는 수도 같다. 또한 반응 신호가 제시된 후에 편집해야 하는 하위 운동 프로그램의 수가 같으면, 운동 개시 시간이 같아야 하지만 실험 결과는 불명확한 곳의 위치에 따라 반응 개시 시간이 달랐다.

이러한 결과를 위계적 편집자 모형으로 설명할 수 있다. 반응 신호를 탐지하기 전에 편집 통과가 불명확한 곳까지 일어나기 때문에 불명확한 곳의 위치가 뒤로 갈수록 편집 통과가 더 많이 일어났으며, 따라서 반응 신호가 제시된 후에 편집 통과가 풀어야 하는 단위의 수는 적어지고, 빨리 운동을 개시할 수 있다. 일반화된 운동 프로그램에서 불명확한 단위에 적절한 정보를 할당하는 편집 통과는 온라인 방식으로 일어나며, 반응 신호가 제시되기 전에 첫번째 불명확한 곳까지 편집 통과가 일어난다. 그리고 반응 신호가 제시된 후에 불명확한 곳으로부터 편집 통과가 순차적으로 일어나고 편집 통과가 끝난 후에 실행 통과가 일어나 반응을 시작한다.

또한 Inhoff, Rosenbaum, Gordon 및 Campbell(1984)은 자극-반응 합치도(stimulus-response compatibility) 현상을 통해 선택해야 하는 두 손가락 운동 연쇄가 거울상일때 손에 대한 정보가 배분 할당 방식(distributive parameter assignment process)으로 결정됨을 보여주었다. 배분 할당 방식은 한개의 운동 속성으로 구별되는 두개의 운동 연쇄 중 하나를 선택해야 하는 경우에 구별되는 속성을 선택함으로써 운동 연쇄를 선택하는 방

법이다.

자극-반응 합치도는 반응과 선택 신호가 어떻게 짜지워지는가에 따라 반응 개시 시간이 달라짐을 말한다. 오른손 반응에 대한 선택 신호를 오른쪽에 제시하는 것은 반응 시간을 촉진시킨다. 그러나 오른손 반응에 대한 선택 신호를 왼쪽에 제시하면 반응 개시 시간은 늦어진다(Craft & Simon, 1970).

두 운동 연쇄가 거울상일 때에는 반응 신호를 탐지한 후에 편집 통과 과정을 통해 상위 수준에서 손에 대한 정보를 한번 결정한다(Inhoff, Rosenbaum, Gordon, & Campbell, 1984; Rosenbaum, 1987; Rosenbaum, 1990). 그리고 운동 연쇄의 각 계열 위치에 상응하는 하위 단위에서 이미 결정되어 있는 손가락에 대한 정보와 조합과정을 통해 완전한 운동 프로그램을 구성하고, 실행 통과를 거치면서 반응을 실행하게 된다.

위계적 편집자 모형에 따르면, 운동 연쇄를 실행시키기 위해서 편집 통과를 거쳐 완벽한 운동 프로그램을 구성한 후에 실행 통과가 진행돼야 하므로 운동 연쇄의 길이가 길어질수록 운동을 개시하는 시간은 길어져야 한다. 그러나 매우 긴 운동 연쇄를 실행할 때 운동 개시 시간은 길어지지 않으며 오히려 연쇄의 길이가 길수록 반응 개시 시간이 짧아진다. 이러한 현상을 반길이 효과(inverse length effect)라고 한다(Rosenbaum, Hindorff, & Munro, 1987). 이러한 반길이 효과를 위계적 편집자 모형은 설명해줄 수 없다.

Rosenbaum, Hindorff 및 Munro(1987)는 이러한 반길이 효과를 설명하기 위해 위계적 편집자 모형에 '예정하기(scheduling)'라는 개념을 포함시켰다. '예정하기' 개념이 포함된 위계적 편집자 모형에 따르면, 긴 운동 연쇄를 빨리 반응하기 위해 운동 프로그램의 뒷부분을 편집하는 동안에 운동 연쇄의 앞부분을 실행한다. 즉 편집 통과와 실행 통과가 각기 운동 프로그램의 다른 부분에서 동시에 진행된다. 그러나 실행 통과보다 편집 통과가 더 오래 걸린다면, 불확실한 반응이 실행되기 전에 멈춤이 발생할 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해 운동 연쇄 초기의 확실한 반응의 실행을 잠시 지연시켜야 한다. 즉 멈춤을 방지하기 위해 두개의 긴 운동 연쇄 중 하나를 반응하기 위해 운동 프로그램의 앞부분이 첫번째 불확실한 위치에서부터 거꾸로 편집 통과가 일어난다. 그리고 편집한 곳을 실행하는 데 걸리는 시간과 불확

실한 하위 운동 프로그램을 편집하는 데 걸리는 시간을 예측한다. 이러한 예측을 통해 반응간 시간을 최소화하고 어떠한 멈춤도 일어나지 않도록 실행 통과 개시 시간을 예정한다.

반응 신호가 제시되면, 피험자는 예정 시간에 따라 실행 통과를 지연시키고, 첫번째 불확실한 위치에서부터 편집 통과가 계속해서 일어난다. 예정 시간이 지나면 편집 통과가 끝나 완벽한 운동 프로그램을 구성하기 전에 실행 통과를 진행시켜 손가락 운동 연쇄를 반응하기 시작한다. 따라서 반응 신호가 제시된 후에 편집해야 하는 하위 운동 프로그램이 많을수록 반응 개시 시간은 길어지게 된다(Rosenbaum, Hindorff, & Munro, 1987).

일련의 실험을 통해 손가락 운동에 대한 강력한 모형이 구성되었다. 그러나 위계적 편집자 모형은 운동 프로그램을 구성하는 정보가 구체적으로 어떻게 결정이 일어나는지에 대해서는 설명해주지 못한다. 단지 손과 손가락에 대한 결정이 일어나는 단위 수준에서의 설명만을 하고 있다.

위계적 편집자 모형은 손가락 운동에서 연쇄 쌍이 거울상일 경우에는 손에 대한 정보가 배분 할당 방식으로 상위 수준에서 결정되고(Inhoff, Rosenbaum, Gordon, & Campbell, 1984; Rosenbaum, 1987; Rosenbaum, 1990), 그렇지 않은 운동 쌍일 경우에는 손과 손가락에 대한 정보가 같은 통제 단위에서 구별없이 결정된다고 설명한다(Rosenbaum, Inhoff, & Gordon, 1984). 그러나 배분 할당 방식에서 볼 수 있듯이 손에 대한 정보와 손가락에 대한 정보가 구별되며, 따라서 손가락 운동 쌍이 거울상이 아닐 경우에도 손과 손가락에 대한 정보가 구분되어 결정될 것이라고 예상할 수 있다. 본 연구에서는 빠른 손가락 운동 연쇄를 위한 운동 프로그램에서 손과 손가락에 대한 정보가 어떻게 결정되는 지에 대해서 알아보려고 한다.

실 험

두 운동 연쇄가 거울상일 때 손에 대한 정보가 배분 할당 방식으로 결정됨은 손과 손가락에 대한 정보가 서로 구별되어 결정됨을 시사해준다. 한편 두 운동 연쇄 중 하나를 선택하여 반응하는 상황에서 반응 개시 시간은 반응을 하기 위해 결정해야 하는 속

성값에 의해 영향을 받는다(Klapp & Wyatt 1976). 그러나 위계적 편집자 모형에 따르면, 편집해야 하는 속성 수는 운동을 개시하는 시간에 영향을 주지 못한다(Rosenbaum, Inhoff, & Gordon, 1984).

Rosenbaum, Inhoff 및 Gordon(1984)은 온라인 가설과 편집해야 하는 속성의 수가 운동 개시 시간에 영향을 주는지의 여부를 확인하는 그들의 실험(3)에서 편집해야 하는 속성의 수가 운동을 개시하는 시간에 영향을 주지 않음을 보여주었다. 즉 한 하위 운동 프로그램 내에서 편집해야 하는 속성 수는 운동을 개시하는 시간에 영향을 주지 못한다. 손과 손가락에 대한 정보가 다름에도 불구하고 편집해야 하는 속성수가 운동 개시 시간에 영향을 주지 못한 결과로 Rosenbaum 등(1984)은 손과 손가락 정보가 동일한 단위에서 결정된다고 주장하였다. 그러나 손과 손가락에 대한 정보가 서로 다른 단위에서 결정이 이루어진다 하여도 반응 개시 시간이 편집 속성의 수에 따라 다르지 않을 수 있다.

Rosenbaum 등(1984)이 실시한 실험에서는 편집해야 하는 속성 수를 손조건과 손+손가락 조건으로 나누었다. 만약 손에 대한 정보가 먼저 결정되고 손가락에 대한 정보가 그 후에 결정된다면, 손 조건과 손가락 조건간에 운동을 개시하는 시간에 차이가 나타나지 않을 수도 있다. Rosenbaum 등(1984)의 실험에서도 운동 연쇄에서 불명확한 곳의 위치가 마지막에 위치하는 경우에 손 조건에서의 반응 개시 시간이 손+손가락 조건의 개시 시간보다 빠르게 나타나는 경향을 보여준다. 그러나 통계적으로 유의미한 결과는 나오지 않았다.

이를 토대로 손과 손가락에 대한 정보가 구분되어 결정됨을 예상할 수 있다. 다시 말해, 손에 대한 정보를 먼저 결정한 후에 손가락에 대한 정보를 선택하는 과정이 일어날 수 있다. 손에 대한 정보가 먼저 결정된다면, 두 운동 연쇄가 손에 대한 정보가 같은 운동 연쇄 쌍이 그렇지 않은 연쇄 쌍보다 운동을 개시하는 시간이 빠를 것이다. 이를 검증하기 위해서 본 연구에서는 표1에 나타난 운동 연쇄 쌍을 사용하여 반응 개시 시간과 반응간 시간을 측정하였다.

실험에서 사용할 연쇄쌍은 3개의 손가락 운동으로 구성되어 있으며, 3개의 하위 운동 프로그램 중 1개가 불명확하다. 위치 변인은 운동 연쇄의 계열 위치

표 1. 실험 조건과 연쇄쌍

불확정위치	1		3	
	손가락	iRm : mRm	IrM : MrM	iRm : iRi
손	iRm : IRm	IrM : i rM	iRm : iRM	IrM : Irm
손+손가락	iRm : MRm	IrM : mrM	iRm : iRI	IrM : Iri

에서 불명확한 곳이 첫번째인 조건과 세번째인 조건으로 나누었으며, 편집해야 하는 속성 변인은 손가락 정보가 불명확한 손가락 조건과 손 정보가 불명확한 손 조건, 그리고 손과 손가락이 모두 불명확한 손+손가락 조건으로 나누었다. 손가락 조건에서 손에 대한 정보가 배분할당 방식으로 결정되는 것을 방지하기 위해 기준 운동 연쇄는 양손 교타가 이루어지도록 구성하였다. 기준 운동 연쇄는 IrM과 iRm으로 모든 조건에서 같았다.

손과 손가락에 관한 정보가 각각 따로 결정이 된다면, 편집해야 하는 속성 조건에 따라 운동을 개시하는 시간은 달라질 것이다. 즉 손에 관한 정보가 먼저 결정이 되고 그 후에 손가락에 관한 정보가 결정된다면, 손가락 조건에서의 운동 개시 시간이 그 밖의 조건에서의 운동 개시시간보다 빠를 것이다.

그러나 Rosenbaum 등(1984)의 주장대로 편집해야 하는 속성의 수가 운동 연쇄를 개시하는 시간에 영향을 주지 못한다면 새조건의 운동 개시 시간에는 차이가 없을 것이다. 또한 편집해야 하는 운동 속성에 따라 하위 운동 프로그램의 단위 갯수가 달라진다면, 실행 통과가 영향을 받아 속성 조건에 따라 반응간 시간이 달라지겠지만, 그렇지 않다면 운동 속성이 반응간 시간에 영향을 주지 못할 것이다.

방법 및 절차

실험 도구. IBM-AT 호환기종 컴퓨터를 사용하였으며, 14인치 단색 모니터를 사용하였다. 손가락 운동 반응은 자판의 키를 누르도록 하였다. 왼손 약지는 자판 왼쪽 하단에 있는 'Z' 건반을 왼손 중지는 'X' 건반을 왼손 검지는 'C' 건반을 누르도록 하였으

며, 오른쪽 검지는 '/' 건반을 오른쪽 중지는 ']' 건반을 그리고 오른쪽 약지는 '/' 건반을 누르도록 하였다.

피험자. 고려대학교 심리학과와 이화여대 생활미술학과에 재학중인 학부생이 참가하였다. 피험자는 모두 72명으로 각 조건에 12명씩 무선 할당되었다. 각 조건에 배정된 피험자 중 반은 오른손 기준 반응 조건(IrM)에 할당하였으며, 나머지 반은 왼손 기준 반응 조건(iRm)에 할당하였다. 오른손 조건과 왼손 조건 각각의 집단에서 받은 자극 X를 기준 반응에, 나머지 받은 자극 O를 기준 반응에 연합시켰다.

실험 절차. 피험자에게 지시문을 읽도록 한 후에 각 운동 연쇄와 기준 자극을 연합하여 손가락 운동 연쇄를 연습하도록 하였다. 두 운동 연쇄 쌍을 충분히 익혀서 자극에 따라 손가락 운동을 주저없이 수행할 때까지 학습을 시켰다. 그 후에 실험 도구를 이용하여 20회의 연습시행을 실시하였다. 가능한 한 빠르고 정확하게 그리고 운동간의 시간 간격이 가능한 한 일정하게 반응하도록 요구하였다.

각 시행은 경고음과 함께 화면 중앙에 주의 응시점이 약 1초간 제시된다. 주의 응시점이 사라진 후 0.75초 후에 O 또는 X가 무선적으로 제시하였고, 피험자는 O나 X와 상응하는 운동 연쇄를 반응하였다. 자극 O와 X는 피험자의 반응이 끝날 때까지 계속 제시되었다.

반응이 끝난 후 그 연쇄가 맞았는지의 여부를 소리로 피드백을 주었다. 잘못된 순서로 반응하였거나, 필요한 반응이 끝나고 1초내에 다른 반응이 있거나, 또는 반응 신호가 제시되고 0.1초내에 반응을 한 경

우, 그리고 반응간 간격이 20msec 이하이거나 1초 이상일 때에는 부정확한 반응으로 간주하여 저음을 제시하였으며, 반응이 정확했으면 고음을 제시하였다. 피험자에게 피드백을 주고 2초 후에 다음 시행을 시작했다.

연습 시행 20회가 끝나고 가능한 한 빠르고 정확하게 반응할 것을 다시 강조한 후에 본 시행으로 들어갔다. 실험은 2블럭으로 구성하였으며, 한 블럭은 20개 시행으로 이루어졌다. 종속 변인으로는 운동을 개시하는 시간과 반응간 시간을 측정하였다.

결 과

분석 방법. 기준 반응 즉 IrM, 또는 iRm 반응에서 오반응은 제거하고 정반응만을 분석하였다. 따라서 분석한 운동 연쇄는 모든 조건에서 같다. 각 피험자의 오류율은 모두 10% 미만이었으며, 최대 사례수는 20회이었다. 그리고 분석한 총 사례는 1364개였으며 총 오류율은 5.3%였다. 피험자 변인에 위치 변인과 편집 속성 변인, 그리고 통계 변인인 손, 자극 변인이 충수되어 있으며 종속 변인은 T1, T2, 그리고 T3이었다. 통계 분석은 SAS를 사용하여 GLM 절차를 통해 변량분석하였다.

결과. 위치 변인과 편집 속성변인에 따른 평균 운동 개시 시간과 표준편차가 표 5에 제시되어 있다. 표 2에서 볼 수 있듯이 운동 연쇄 내에서 불확실한 곳의 위치가 세번째 하위 프로그램일 때가 첫번째 하

위 프로그램일 때보다 운동 개시 시간이 빨랐다. 또한 편집 속성 변인에서도 손가락 조건에서 반응 개시 시간이 가장 빨랐다.

HED 모형에 따르면, 불명확한 곳의 위치가 뒤로 갈수록 운동을 개시하는 시간은 빠르다. 즉 반응 신호가 제시되기 전에 불명확한 곳까지 편집 통과가 이루어졌기 때문에 반응 신호 제시 후 처리해야 하는 과정이 적다. 본 실험 결과에서도 이러한 점을 확인시켜주었다. 위치 변인은 $F(1, 48) = 45.60$, $p < .0001$ 로 조건간에 매우 유의미한 차이를 보여준다. 즉 불명확한 곳의 위치가 첫번째일 때가 3번째일 때보다 운동을 개시하는 시간이 더 느렸다. 이러한 결과는 HED 모형의 온라인 가설을 입증한다. 또한 편집해야 하는 속성 변인도 $F(2, 48) = 4.63$, $p < .05$ 로 속성에 따라 반응 개시 시간이 유의미하게 다른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과와는 다른 것이다. Rosenbaum 등(1984)은 편집해야 하는 운동 속성 수가 편집 통과에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 손가락 조건이 손+손가락 조건보다 반응 개시 시간이 빠른 것으로 나타났다. 보다 정확히 말하면, 편집해야 하는 속성의 수보다는 편집해야 하는 정보의 종류에 따라 운동을 개시하는 시간이 영향을 받는다. 편집 속성 변인을 Scheffe 방식으로 사후검정한 결과는 손가락 조건과 손+손가락 조건의 평균이 서로 다른 것으로 나타났다.

첫번째 반응을 한 후 두번째 반응을 할 때까지의 평균 반응간 시간과 표준편차를 조건별로 표 3에 제

표 2. 조건별 반응 개시 시간 평균과 표준편차

위치	편집 속성	사례수	평균 T1	표준편차
1	손가락	230	494.01	117.79
	손	224	582.22	144.68
	손+손가락	221	575.80	146.69
3	손가락	237	396.21	107.84
	손	230	402.37	114.07
	손+손가락	222	457.59	104.68

표 3. 조건별 반응간 시간(T2) 평균과 표준편차

위치	편집 속성	사례수	평균 T1	표준편차
1	손가락	230	113.79	43.63
	손	224	162.58	51.23
	손+손가락	221	181.73	73.24
3	손가락	237	166.84	43.97
	손	230	168.00	59.28
	손+손가락	222	168.65	76.33

시하였다.

HED모델에 따르면, 반응간 시간(T2)은 실행 통과가 풀어야 하는 두번째 하위 프로그램의 단위 수에 의해 결정된다(Rosenbaum, Inhoff, & Gordon, 1984). 그러나 본 연구에서 사용한 각 조건의 두번째 하위 프로그램은 어떠한 조작도 하지 않았으므로 조건에 따라 두번째 하위 운동 프로그램의 구조가 다르지 않다. 따라서 어떠한 변인에 의해서도 반응간 시간이 영향을 받지 않아야 한다.

실험 결과도 이러한 예측을 입증해 주었다. 피험자간 변인의 오차항인 개인차만이 $F(48, 1292)=65.97$ $p<.0001$ 으로 유의미할 뿐 다른 모든 주효과 변인과 상호작용 효과 변인의 F값은 유의도 수준이 $p>.08$ 으로 반응간 시간에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

HED 모형은 불확실한 하위 운동 프로그램을 실행

하기 위한 실행 통과의 풀기 과정은 추가의 과정이 필요하기 때문에 완벽한 하위 프로그램을 푸는 것보다 더 오래 걸린다고 예측한다. 즉 두 운동 연쇄에서 불확실한 계열 위치에서의 반응간 시간이 더 길어야 한다. 따라서 본 실험에서는 세번째 하위 운동 프로그램이 불확실한 조건이 첫번째 하위 운동 프로그램이 불확실한 조건보다 반응간 시간(T3)이 더 길어야 한다.

표 4는 두번째 반응을 한 후에 세번째 반응을 할 때까지의 조건별 평균 반응간 시간과 반응간 시간의 표준편차를 나타낸 것이다.

그러나 불확실한 하위 운동 프로그램이 첫번째인 조건과 세번째인 조건의 반응간 시간이 다르지 않았다($F(1, 48)=1.02$ $p>.31$). 이러한 결과는 위계적 편집자 모형의 설명과 일치하지 않은 것이다. 그리고 편집속성 변인도 $F(2, 48)=1.47$ $p<.23$ 으로 편집 속

표 4. 조건별 반응간 시간(T3) 평균과 표준편차

위치	편집 속성	사례수	평균 T1	표준편차
1	손가락	230	147.49	54.20
	손	224	163.36	58.62
	손+손가락	221	193.67	69.89
3	손가락	237	173.49	59.89
	손	230	186.72	51.14
	손+손가락	222	182.30	70.76

성 조건에 따라 반응간 시간이 다르지 않았다. 이러한 결과는 편집 속성에 따라 실행 통과에 영향을 주는 운동 프로그램의 단위의 수에 영향을 주지 못함을 나타낸다. 즉 결정과정이 두번 있어야 하는 손+손가락 조건과 결정과정이 한번만 있는 손가락 조건과 손 조건간에 운동 프로그램의 구조가 다르지 않음을 의미한다. 그리고 나머지 통제 변인인 자극과 손 변인에 대한 주효과도 각각 $F(1, 48) = 2.1$ p>.64과 $F(1, 48) = 1.47$ p>.23으로 조건에 따라 반응간 시간이 다르지 않은 것으로 나타났으며, 모든 상호 작용 효과도 없었다.

논 의

본 연구에서는 두개의 손가락 운동 연쇄 중 신호에 따라 하나를 선택하여 빠르게 반응하는 상황에서 손과 손가락에 대한 정보가 어떻게 결정되는가를 살펴보았다. 실험 결과는 Rosenbaum, Inhoff 및 Gordon(1984)의 결과와 유사하다. 본 실험의 조건간 평균 반응 개시 시간을 그림 2에 제시하였으며, Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과를 그림 3에 제시하였다. 그림에서 볼 수 있듯이, 손가락 조건만을 제외하면 본 실험 결과와 Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과는 매우 유사하다. 다만 본 실험에서는 Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과와 달리 손가락

조건이 손+손가락 조건보다 운동을 개시하는 시간이 빨랐다.

실험 결과는 편집해야 하는 속성에 따라 반응 개시 시간이 다를 것이라는 가설을 지지하였다. 즉 편집해야 하는 속성이 손가락에 관한 정보기일 때가 손과 손가락을 편집해야 하는 경우보다 반응 개시 시간이 빨랐다. 그러나 반응 신호를 재인한 후에 편집해야 하는 속성이 실행 통과에서 보다는 편집 통과에서 영향을 준다. T3은 편집 속성 조건에 따라 영향을 받지 않았는데 이러한 결과는 반응간 시간을 결정하는 실행 통과가 풀어야 하는 하위 운동 프로그램의 단위 수가 손가락에 대한 정보를 결정해야 하는 손가락 조건과 손과 손가락에 대한 정보를 모두 결정해야 하는 손+손가락 조건 사이에 차이가 없음을 의미한다. 다시 말해, 편집 속성에 따라 운동 프로그램의 구조에 차이가 없다.

편집 속성에 따라 편집 통과가 일어나는 시간에서 차이가 나는 이유에 대해서는 두가지 해석이 가능하다. 한가지 해석은 손과 손가락에 대한 정보를 서로 구별하여 결정되며, 손에 대한 정보를 손가락에 대한 정보보다 더 먼저 결정한다라고 설명하는 것이다. 손에 대한 정보가 먼저 결정하고 후속적으로 손가락에 대한 정보가 결정한다면, 손가락 조건이 손+손가락 조건보다 반응을 개시하는 시간이 빠를 것이다. 이러한 관점은 손과 손가락에 대한 정보가 각각 다른 단위에서 결정된다는 것으로 Rosenbaum

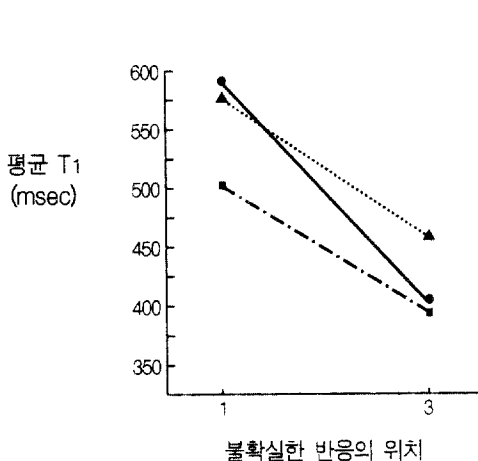


그림 2. 조건간 평균 운동 개시 시간

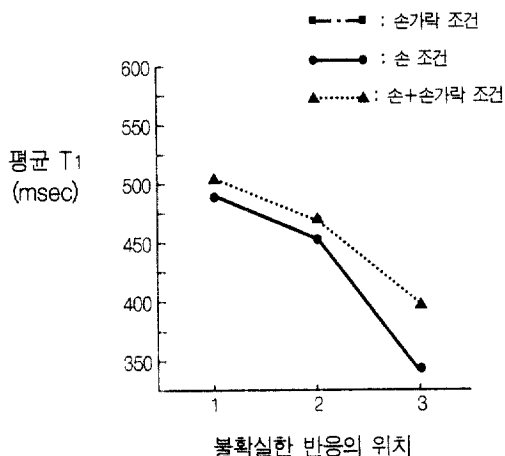


그림 3. Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과

등(1984)의 입장과는 다르다.

또 다른 해석 방법은 범위의 문제로 해석하는 것이다. 편집해야 하는 속성이 손가락일 경우는 손에 대한 정보가 이미 결정되어 있다. 따라서 손에 대한 정보는 완전한 하위 프로그램을 구성하기 위한 결정에서 선택의 범위를 축소시킬 수 있는 점화자로 작용한다. 그러나 손+손가락 조건에서는 완전한 하위 프로그램을 구성하기 위한 아무런 점화자가 없기 때문에 결정을 하는 데 손가락 조건에서보다 많은 부담이 있다. 따라서 손가락 조건이 손+손가락 조건에서보다 편집 통과를 하는 데 상대적으로 적은 시간이 걸린다. 범위의 문제로 해석하는 것은 기본적으로 손과 손가락에 대한 정보가 같은 단위에서 결정된다는 Rosenbaum 등(1984)의 입장과 같다.

그러나 실험 결과를 범위의 문제로 설명하기 위해서는 손 조건에서 손가락에 대한 정보가 점화자로서의 기능을 하여야 하지만, 본 실험과 Rosenbaum 등(1984)의 실험 결과에서 손 조건과 손+손가락 조건간에 반응 개시 시간이 다르지 않았다. 손가락에 대한 정보가 손에 대한 정보보다 점화자로서의 기능이 약하다고 설명할 수도 있으나 이러한 설명을 하기 위해서는 또 다른 설명 체계를 필요로 한다. 따라서 편집 속성에 따라 반응 개시 시간이 달라짐을 범위의 문제로 해석하기 보다는 정보가 결정되는 순서로 설명하는 것이 더 설득적이다. 즉 손에 대한 정보가 먼저 결정되고 손가락에 대한 정보가 후속적으로 결정된다.

위계적 편집자 모형에 따르면, 불확실한 곳에서의 반응 시간은 그렇지 않은 곳보다 반응 시간이 늦어야 한다(Rosenbaum, Inhoff, & Gordon, 1984). 그러나 불명확한 곳이 세번째 하위 프로그램일 때가 첫번째 하위 프로그램이 불확실할 때 보다 두번째 반응간 시간이 늦었지만 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과가 나온 이유는 Rosenbaum 등(1984)의 실험과 달리 운동 연쇄를 양손 교타를 사용하였기 때문인 것으로 추측할 수 있다. 다시 말해, 양손 교타는 한 손 연타나 한 손가락을 연속해서 치는 연타보다 반응간 시간이 빠르다(Ostry, 1983; Wright, 1990). 이러한 현상을 coarticulation이라 하는 데, coarticulation을 일으키는 기제로 인하여 반응간 시간에 미치는 위치 조건의 영향이 나타나지 않았던 것으로 볼 수 있다.

실험 결과를 종합해 보면, 손과 손가락에 대한 정

보는 서로 구별되며, 손에 대한 정보가 손가락에 대한 정보보다 먼저 결정된다. 손에 대한 정보가 먼저 결정되기 때문에 두 운동 연쇄가 손에 대한 정보가 같은 조건에서 그렇지 않은 조건보다 반응 개시 시간이 빠르게 나타난다. 그러나 편집해야 하는 속성에 따라 운동 프로그램의 구조가 다르지 않다.

본 실험에서 첫번째 하위 프로그램이 불확실한 경우에는 손 조건과 손+손가락 조건에서 운동을 개시하는 시간이 다르지 않았으나 세번째 하위 프로그램이 불확실한 경우에는 손조건이 손가락 조건보다 운동 개시 시간이 빠른 경향이 나타났다. 물론 통계적으로 유의미하지는 않았지만, 이러한 경향성은 Rosenbaum, Inhoff 및 Gordon(1984)의 실험 (3)에서도 유사하게 나타났다. 두 실험에서 일관적으로 나타난 이러한 경향성으로 운동 프로그램을 실행하는 기제가 완벽하게 순차적인 방식이 아닐 가능성을 시사한다. 또한 운동 연쇄를 실행하는 데 일반적으로 나타나는 coarticulation 현상은 운동 연쇄에서 연속적인 하위 운동들에 대한 명령, 또는 통제 과정이 어느정도 중첩되어 있음을 나타낸다(Wright, 1990). 조건에 따라 반응 시간이 일관되게 나타나지 않은 현상은 처리과정의 중첩을 의미하고, 이러한 점은 위계적 편집자 모형이 주장하는 순차적인 처리 방식과 모순된다. 그리고 위계적 편집자 모형이 긴 운동 연쇄를 위한 운동 프로그램을 구성하는 과정에서 병렬적인 처리 과정을 가정하듯이, 운동 프로그램 구성과정이 완전히 계열적이지는 않을 것이다. 따라서 본 실험과 Rosenbaum 등(1984)의 실험에서 나타난 일관된 현상을 설명하기 위해서 운동 프로그램에 대한 병렬적인 설명이 가능할 수 있을 것이다.

위계적 편집자 모형은 빠른 손가락 운동 뿐만 아니라 여러가지 형태의 운동 연쇄를 설명해 줄 수 있는 도구이다. 그러나 위계적 편집자 모형이 운동 프로그램의 구조와 처리 과정에 대해서 많은 것을 설명해주지만, 인간이 행하는 운동의 기체에 대한 전체적인 이해를 위해 좀 더 구체적인 설명이 필요하다. 지각적인 요인이나 정신적인 요인에 의해서 운동 실행이 영향을 받는다. 위계적 편집자 모형은 운동 프로그램이 이러한 요인과 어떠한 관계를 갖고 연결되어 있는지에 대한 설명이 부족하다. 그리고 일반화된 운동 프로그램을 구성하는 과정이나, 운동 프로그램의 구조가 어떻게 결정되는지, 그리고 위계적 편집자 모형이 보여주는 융통성이 어떠한 과정으로 결정되는 지

에 대해서 추후 연구가 필요하다.

그리고 위계적 편집자 모형은 운동 프로그램을 위한 상당히 큰 단기 운동 출력 기억 저장소(motor output buffer)를 가정한다. 그러나 종단 범위는 운동 출력 기억 저장소가 매우 제한된 정보를 포함할 수 있음을 보여준다(윤성준, 1991; Logan, 1982; Shaffer, 1976). 또한 이러한 견해와 더불어 운동을 실행하는 데 운동 프로그램의 구성과정이 필요없다는 의견이 제시되었다(Osman, Kornblum, & Meyer, 1990). Osman, Kornblum 및 Meyer (1990)는 반응을 실행하기 위해 운동을 계획하는 과정이 정보 처리 과정에서 매우 마지막 단계에서 이루어진다고 주장하였다. 이러한 견해는 운동 출력 저장소가 제한되어 있다는 주장과 일치한다. 실제로 운동 프로그램이 운동 실행을 위해 어느 시기에 구성되는지에 대해서 구체적인 연구가 필요하다.

한편 인간이 수행하는 대부분의 행동이 위 실험에서와 같이 매우 준비된 상태에서 일어나는 것이 아니다. 대부분의 행동이 순간적으로 이루어진다. 일상적인 상황에서 나타나는 이러한 행동의 기저에 어떤 처리 과정이 있는지에 대해서 많은 연구가 필요하다. 특히 전사 타자 행동을 설명하기 위해서는 일반화된 운동 프로그램을 가정해야 하는 데 이러한 일반화된 운동 프로그램을 알 수 있다면, 한글 자판에 관련된 많은 문제를 해결할 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구의 문제점을 들면, 우선 개인차를 들 수 있다. 특히 반응 개시 시간보다 반응간 시간에서 피험자 간에 많은 개인차를 보였다. 반응간 시간에서 개인차가 심해서 편집 속성과 위치 변인이 반응간 시간에 영향을 주지 못한 것으로 결과가 나왔을 가능성도 있다. 그러므로 이러한 가능성에 대해서 추후 연구가 필요하다. 반응간 시간에서 개인차가 심하게 나타난 이유는 운동 연쇄를 능숙하게 하는 반응하는 능력이 반응의 개시보다는 손가락 운동의 조합 능력의 증가로 나타나기 때문이다. 개인차를 해결하기 위해 실험을 반복 측정하여 모든 조건에서의 수행 차이를 살필 수 있었으나, 준비 조사(pilot test)에서 학습 효과와 피로 효과가 피험자마다 매우 달랐다. 앞으로의 실험을 위해 이러한 이월 효과를 해결할 수 있는 실험 절차에 대한 고려가 필요하다.

참고 문헌

- 윤성준(1991). 한글타자에서의 눈-손간 범위와 중단 범위. 석사 학위 논문, 고려대학교 대학원.
- Collard, R., & Povel, D.-J. (1982). Theory of serial pattern production: Tree traversals. *Psychological Review*, 89, 693-707.
- Craft, J. L., & Simon, J. R. (1970). Processing symbolic information from a visual display: Interference from an irrelevant direction cue. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 415-420.
- Henry, F. M., & Rogers, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- Heuer, H. (1982). Binary choice reaction time as a criterion of motor equivalence. *Acta Psychologica*, 50, 35-47.
- Inhoff, A. W. (1991). Word frequency during copytyping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 478-487.
- Inhoff, A. W., Rosenbaum, D. A., Gordon, A. M., & Campbell, J. A. (1984). Stimulus-response compatibility and motor programming of manual response sequence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 724-733.
- Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387-403.
- Keele, S. W. (1980). Behavioral analysis of movement. In V. B. Brooks (Ed.), *Handbook of physiology*, 3: *Motor control* (pp. 1391-1414). Bethesda, MD: American Physiological Society.
- Klapp, S. T., & Wyatt, E. P. (1976). Motor programming within a sequence of

- responses. *Journal of Motor Behavior*, 8, 19-26.
- Logan, G. D. (1982). On the ability to inhibit complex movement: A stop-signal study of typewriting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 778-792.
- MacKay, D. G. (1982). The problems of flexibility, fluency, and speed-accuracy trade-off in skilled behavior. *Psychological Review*, 89, 483-506.
- Osman, A., Kornblum, S., & Meyer, D. E. (1990). Does motor programming necessitate response execution? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 183-198.
- Ostry, D. J. (1983). Determinants of interkey times in typing. In W. E. Cooper (Ed.), *Cognitive aspects of skilled typewriting* (pp. 247-257). New York: Springer-Verlag.
- Pew, R. W. (1966). A acquisition of hierarchical control over the temporal organization of a skill. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 764-771.
- Rosenbaum, D. A. (1985). Motor programming: A review and scheduling theory. In H. Heuer, U. Kleinbeck, & K. M. Schmidt (Eds.), *Motor behavior: Programming, control, and acquisition* (pp. 1-33). Berlin: Springer-Verlag.
- Rosenbaum, D. A. (1987). Successive approximations to a model of human motor programming. In G. H. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation: Vol. 21* (pp. 153-182). Orlando, FL: Academic Press.
- Rosenbaum, D. A. (1990). On choosing between movement sequence: Comments on Rose(1988). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 439-444.
- Rosenbaum, D. A. (1991). Keyboarding. In D. A. Rosenbaum, *Human motor control* (pp.253-291). San Diego: Academic Press.
- Rosenbaum, D. A., & Saltzman, E. (1984). A motor-program editor. In W. Prinz, & A. F. Sanders (Eds.), *Cognition and motor processes*(pp. 51-61). Berlin: Springer-Verlag.
- Rosenbaum, D. A., Gordon, A. M., Stillings, N. A., & Feinstein, M. H. (1986). Stimulus-response compatibility in the programming of speech. *Memory & Cognition*, 15, 217-224.
- Rosenbaum, D. A., Hindorff, V., & Munro, E. M. (1987). Scheduling and programming of rapid finger sequence: Tests and elaborations of the hierarchical editor model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 193-203.
- Rosenbaum, D. A., Inhoff, A. W., & Gordon, A. M. (1984). Choosing between movement sequences: A hierarchical editor model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 372-393.
- Rosenbaum, D. A., Kenny, S., & Derr, M. A. (1983). Hierarchical control of rapid movement sequences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 86-102.
- Rosenbaum, D. A., Saltzman, E., & Kingman, A. (1984). Choosing between movement sequences. In S. Kornblum, & J. Requin (Eds.), *Preparatory state and processes*(pp. 119-134). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1982). Simulating a skilled typist: A study of skilled cognitive-motor performance. *Cognitive Science*, 6, 1-36.
- Schmidt, A. R. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*. 82, 225-260.

- Shaffer, L. H. (1976). Intention and performance. *Psychological Review*, 83, 375-393.
- Shaffer, L. H. (1982). Rhythm and timing in skill. *Psychological Review*, 89, 109-122.
- 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. Stelmach (Ed.), *Information processing in motor control and learning* (pp. 117-152). New York: Academic Press.
- Wright, C. E. (1990). Controlling sequential motor activity. In D. A. Osherson (Ed.), *Visual Cognition and Action: An Invitation to Cognitive Science Vol. 2* (pp. 285-315). London: The MIT Press.

Assignment Process of Hand and Finger Parameters in the Programming of Rapid Manual Response Sequence

Yang-Seok Cho and Mahn-Young Lee

Department of Psychology, Korea University

According to Hierarchical editor, or HED model, choice reaction time depends on structure of motor program, position of uncertain response, and length of movement sequence.

The present study investigated the assignment processing of hand and finger parameters under the condition in which subjects performed one of two memorized finger sequence. The position of uncertain response affected on response initiating time(T1).

However Rosenbaum, Inhoff, and Gordon(1984) claimed that the number of feature to be edited does not affect on crossing time, but in the present study, T1 was shorter when hand parameter had been set and finger parameter had been uncertain than when hand and finger parameter had been uncertain. But T1 was not shorter when finger parameter had been set and hand parameter had been uncertain than when hand and finger parameter had been uncertain. This result is consistent with Rosenbaum et. al. (1984)'s result.

These results suggest that hand parameter is independently edited with finger parameter and is determined before finger parameter is. In other words, hand parameter decision is occurred on higher element than finger parameter decision.

On the one hand, to-be-edited feature did not affect on interresponse time. This result derived from the fact to-be-edited feature did not change the number of element for subprogram.