한국전문물리치료학회지 제7권 제1호
KAUTPT Vol. 7 No. 1 2000.

체중이동 과제 학습시 효과적인 운동학적 되먹임 유형과 상대적 빈도

차승규
연세대학교 원주의과대학 생리학교실
박소연
연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 재활의학과
정진호, 김영호
연세대학교 보건과학대학 의공학과 및 의공학연구소

Abstract

Kinetic Feedback Frequency Effects on Learning Weight Shifting Skills in Nondisabled Subjects

Cha Seung-kyu, B.H.Sc., P.T.
Dept. of Physiology, Wonju College of Medicine, Yonsei University
Park So-yeon, B.H.Sc., P.T.
Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Christian Hospital,
Wonju College of Medicine, Yonsei University
Chung Jin-ho, B.H.Sc., Kim Young-ho, Ph.D.
Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University
Institute of Biomedical Engineering, Yonsei University

Physical therapists have been using balance and weight shifting training to induce improvements in standing and walking. This study compared the effects of kinetic feedback frequency and concurrent kinetic feedback on the performance and learning of a weight shifting skill in young, nondisabled adults. Sixteen young adults without known impairment of the neuromusculoskeletal system volunteered for the study. Subjects in each of three kinetic feedback groups performed a weight shifting task in an attempt to minimize error between their effort and a center of pressure (COP) template for a 12 second period. Feedback was provided: 1) concurrently (concurrent feedback), 2) after each trial (100% feedback), 3) after every other trial (50% feedback). Immediate and delayed (24 hour) retention tests were performed without feedback. During acquisition phase, the concurrent feedback group exhibited less error than either of the post response feedback group. For the immediate retention test, the 50% feedback group exhibited less error than did the 100% feedback and concurrent feedback. During the delayed retention, 50% feedback group displayed less error than did the other groups. But no significant differences were found between groups. These results

suggest that practice with concurrent feedback is beneficial for the immediate performance, but not for the learning of this weight shifting skill. Lower frequency of feedback resulted in more permanent changes in the subject's ability to complete the task.

Key Words: Feedback; Knowledge of performance; Learning; Motor skill; Balance.

Ⅰ. 서론

부분적인 체중 부하와 이동(partial weight bearing and shifting)은 물리치료사가 환자에게 학습시키는 기술(skill)중 하나이다. 이러한 감각운동 기술(sensorimotor skill)은 임상에서 많이 사용하고 있지만, 임상적 환경에 초점을 맞추어 효과적인 방법을 밝힌 연구는 매우 부족하다(Winstein 등, 1996). 임상에서 체중이동 과제를 연습시킬 때 대부분의 경우에는 동시 되먹임(concurrent feedback) 형태를 사용하나, 이러한 되먹임은 훈련효과가 상대적으로 낮았다(Wannstedt와 Herman, 1978; Winstein 등, 1996). Wannstedt와 Herman (1978)은 지속적인 청각 되먹임이 편마비 환자의 체중부하를 대칭적으로 수행하도록 재학습시키는데 효과가 적었다고 보고했다. 하지만, 이러한 선행의 연구결과에도 불구하고 체중이동 훈련시킬 때 실제 임상에서는 동시 되먹임(concurrent feedback)을 사용하고 있다(Vander Linden 등, 1993; Winstein 등, 1996). 최근 연구에서는 동시 되먹임을 이용한 연구에 반하여 반응 후에 제공되는 보강적 되먹임(postresponse augmented feedback)을 사용한 연구에서 부분적인 체중부하 기술을 연습하는데 좋은 학습효과를 보였다(Vander Linden 등, 1993; Winstein 등, 1993; Winstein 등, 1996).

환자가 올바르게 운동수행을 하도록 하는 되먹임(feedback)은 운동손상을 지닌 환자들의 재활에 사용되는 중요한 치료도구이다 (Bobath, 1970; Carr와 Shepherd, 1987; Winstein, 1987). 되먹임은 구두(verbal cue)나, 치료사의 손에 의한 접촉(tactile cue), 시각(visual cue)으로 제공된다. 이런 되먹임은 환자의 움직임 능력을 증가시키기 위해 주어지며, 대부분은 물리치료시 환자가 움직임을 수행하는 동안 치료사에 의해 지속적으로 제공된다(Vander Linden 등, 1993). 하지만, 정상인을 대상으로 한 최근의 연구에서는 되먹임 빈도가 너무 잦을 경우에는 운동기술 학습에 오히려 유해한 것으로 보고되었다(Winstein, 1991).

최근 운동학습 영역은 물리치료와 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 인식되기 시작하여, 운동치료를 실시할 때 운동학습의 개념을 구체적으로 적용하게 되었다(김대균 등, 1997; Schmidt, 1991; Winstein, 1991). 그러나 물리치료에 적합한 되먹임과 운동학습에 관한 이전의 연구에서는 충분히 다루어지지 못한 부분들이 있다. 첫째, 되먹임의 빈도의 효과는 결과지식(knowledge of results; KR)[1] 분야(paradigm)에서는 많은 연구들이 진행되어왔다. 그러나 물리치료에서는 결과지식보다는

1) 결과지식은 반응 결과에 관한 정보로서(Weeks와 Kordus, 1998; Winstein, 1987), 구두화할 수 있거나(verbalizable), 반응 후에 제공되는 반응결과에 대한 보강된(augmented) 되먹임이라고 정의 내릴 수 있다(Schmidt, 1991; Vander Linden 등, 1993; Winstein 1987).

수행지식(knowledge of performance; KP)[2]

형태의 되먹임을 많이 제공함에도 불구하고 (Schmidt와 Young, 1991; Winstein 1987), 운동학적 되먹임(kinetic/kinematic feedback)과 수행지식을 얼마만큼, 어떻게 제공할 것인가에 관한 연구는 적었다(Salmoni 등, 1984; Schmidt, 1991; Vander Linden 등, 1993; Weeks와 Kordus, 1998). 물리치료의 경우 어떠한 과제를 수행하도록 환자를 치료할 경우에는 결과지식 형태의 되먹임이 사용되기도 하나, 실제 임상에서는 치료사의 도움 없이는 과제를 완전하게 수행하지 못하는 환자들을 치료하는 경우가 많다. 따라서 물리치료시에는 수행하고자 하는 운동의 동역학적(kinetic), 운동학적(kinematic) 요소에 초점을 맞추는 경우가 많다(Vander Linden 등, 1993; Winstein, 1987). 즉, 물리치료사는 결과지식보다는 수행지식 형태의 되먹임을 더 자주 사용한다.

둘째, 대부분의 운동학습 연구들에서는 외적 되먹임의 효과를 평가할 때 과제가 끝난 후에 피험자에게 되먹임을 제공하였다. 그러나 임상에서는 환자가 운동수행을 할 때 치료사에 의해 동시에 되먹임을 제공하는 경우가 많으며, 운동과제를 습득, 재습득 하는 과정 동안 수행(performance)에 대한 동시 되먹임의 효과와 동시 되먹임의 파지검사 (retention test)및 전이검사(transfer test)에서의 효과에 관한 연구들은 환자뿐만 아니라 정상인을 대상으로 한 연구조차 미흡한 실정이다(Vander Linden 등, 1993; Winstein 등, 1996).

초기의 운동학습에 대한 연구들은 수행과 학습 (learning)을 구분하는데 실패하였다. 운동수행은 수행에 관한 증가된 되먹임(augmented feedback)이 제공될 때 연습기간동안 주어지는 반응들을 생성할 수 있는 능력이라 할 수 있고, 운동학습(motor learning)은 반응하는 능력에 있어서, 상대적으로 영구적인 변화로 이끄는 연습이나 경험과 관련된 일련의 과정이다(Schmidt, 1991; Vander Linden 등, 1993). 학습-수행 구분은 학습을 연습기간 동안보다는 파지나 전이검사에서 평가해야 한다는 개념으로 발전되었다(Salmoni 등, 1984; Schmidt, 1988; Schmidt, 1991; Vander Linden 등, 1993). Schmidt(1991)는 학습에 대한 초기의 시각이 학습의 다양한 기준을 고려하지 않았다고 지적하고, 연습기간 동안의 효과적인 수행에 덧붙여, 연습으로부터의 수행 향상이 측정될 수 있는 몇 가지 학습의 기준이 있다고 했다. 그 하나는 연습기간 동안의 수행정도인데, 연습기간 동안 수행의 향상을 보이는 어떤 변수들은 실제적으로 파지검사나 전이검사에서 더 나쁜 수행정도를 보였다(Sparrow와 Summers, 1992; Winstein과 Schmidt, 1990). 따라서 이 기준은 학습을 위해서는 특별히 유용한 기준은 아니다. 연습의 중요한 목표는 학습된 것을 계속 유지하는 능력이며, 파지는 학습의 매우 중요한 기준이다. 또한 실생활에서 연습된 기준들은 학습의 실질적 목표인 유사한 다른 행동들로 전이 혹은 일반화되어야한다. 이러한 일반화하는 능력(generalizability) 역시 학습의 중요한 기준이다. 몇몇 새로운 과제로 가장 효과적인 전이를 유발하는 조건은 가장 잘 일반화 된 조건이라 할 수 있다. 학습의 또 다른 기준으로 변경된 환경(altered context), 그리고 매우 장기간의 파지능력(very long-term retention) 등이 있다(Schmidt, 1991).

수행지식의 상대적 빈도(relative frequency

2) 수행지식은 반응 후에 제공되는 구두화할 수 있는 정보라는 점에서는 결과지식과 동일하지만 수행지식은 반응결과 보다는 움직임 패턴에 관한 정보이다(Salmoni 등, 1984; Schmidt, 1988; Schmidt, 1991; Vander Linden 등, 1993; Weeks와 Kordus, 1998).

with KP feedback)에 관한 연구는 결과지식에 비해 많이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 체중부하 및 이동 과제의 수행과 학습능력에 있어 운동학적 되먹임과 동시 되먹임 유형에 따른 차이와 상대적 빈도의 효과에 대하여 알아보았다.

본 연구의 가설은 다음과 같다.

1) 습득단계에서는 동시 되먹임을 받은 그룹이 100%와 50%의 수행지식을 받은 그룹보다 수행능력이 좋을 것이다.

2) 단기 및 장기 파지검사에서는 동시 되먹임보다는 100% 및 50%의 수행지식 그룹이 더 적은 오차 값을 가질 것이다.

3) 파지단계에서는 100% 보다는 50%의 상대적 빈도의 수행지식 되먹임을 제공받은 그룹이 파지능력이 더 좋을 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 근골격계 손상이 없는 22∼32세(평균: 24.7세)의 건강한 성인 남녀 22명을 대상으로 실시하였다. 이 중 이튿날의 장기 파지단계에 불참한 6명의 대상자는 탈락하였다. 16명의 연구대상자 중 남자는 10명, 여자는 6명이었으며, 대상자의 몸무게의 평균은 67.2 ㎏이었다. 모든 대상자들은 실험의 특수한 목적에 대하여 훈련이나 검사를 받은 적이 없고, 실험 장치에 대한 사전경험이 없는 자로 하였다. 대상자들의 연습 및 실험조건은 무작위로 지정하였다.

2. 실험기구 및 장치

압력중심(center of pressure: COP) 이동을 이용한 체중이동을 측정하기 위하여 상품화된 힘측정판(force plate, 휴먼테크, 원주)을 사용하였다. 이 힘측정판은 좌・우 2개의 100 ㎏ load cell (BCA-100L, 카스, 서울)로 구성되고 이는 힘 변환기(force transducer)와 연결되었다. 체중 이동시 기계적 자극은 힘 변환기로부터 전기적인 신호로 변환되어 AD converter와 증폭기(amplifier)를 거쳐 컴퓨터 화면에 제시되었고, 동시에 컴퓨터에 내장된 프로그램으로 입력시켜 자료를 분석하였다. 되먹임은 컴퓨터 화면을 통해 제공되었다(그림 1).

3. 실험절차 및 설계

피험자는 기립자세(하지의 무릎 및 고관절이 0°가 된 상태에서 팔, 다리, 체간, 머리의 움직임이 없는 상태)에서 힘측정판 위에 선다. 운동과제는 좌우로 체중을 부분적으로 이동시켜 미리 정해진 COP 궤적(COP template)을 따라가는 것이다. COP의 궤적은 미리 프로그램 되어 컴퓨터 화면에 제시되도록 하였다. 원형 궤적은 첫 번째 시도(trial)때부터 보여주었다. 되먹임 군간의 편위(bias)를 최대한 제거하기 위하여 습득 및 파지단계의 시도횟수와 파지검사 시 되먹임을 제공하지 않는다는 정보를 피험자에게 제공하지 않았다. 피험자는 본 실험에 들어가기 전에 좌우로 체중이동시 컴퓨터 화면상에서 변화하는 것을 연습하였다. 시도하는 기간은 1회에 12초로, 5번의 연습을 실시하였다. 연습기간 동안은 피험자가 수행해야할 과제인 COP 궤적은 보여주지 않고 우측에 제시되는 시간에 대한 정보만을 제공하였다.

습득단계 동안 운동학적 되먹임은 컴퓨터 화면상에 제시되고, 상대적 빈도는 모니터의 시작/멈춤(on/off) 아이콘을 클릭함으로 조절하였다(그림 1). 피험자가 체중이동 과제를 실시한 결과를 보여주는 시기 및 빈도에 따라 세 개의 군으로 나누었다. 1) 100% 동시 되먹임 군: 과제수행동안 지속적인 운동학적 되먹임을 제공하였다. 2) 100% 상대적 빈도 군: 각 습득 시도(acquisition trial) 후에 시각적인 운동학적 되먹임(visual kinematic feed back)을 제공하였다. 3) 50% 상대적 빈도 군: 시각적 운동학적 되먹임을 2번에 한번 꼴로 제공하였다.

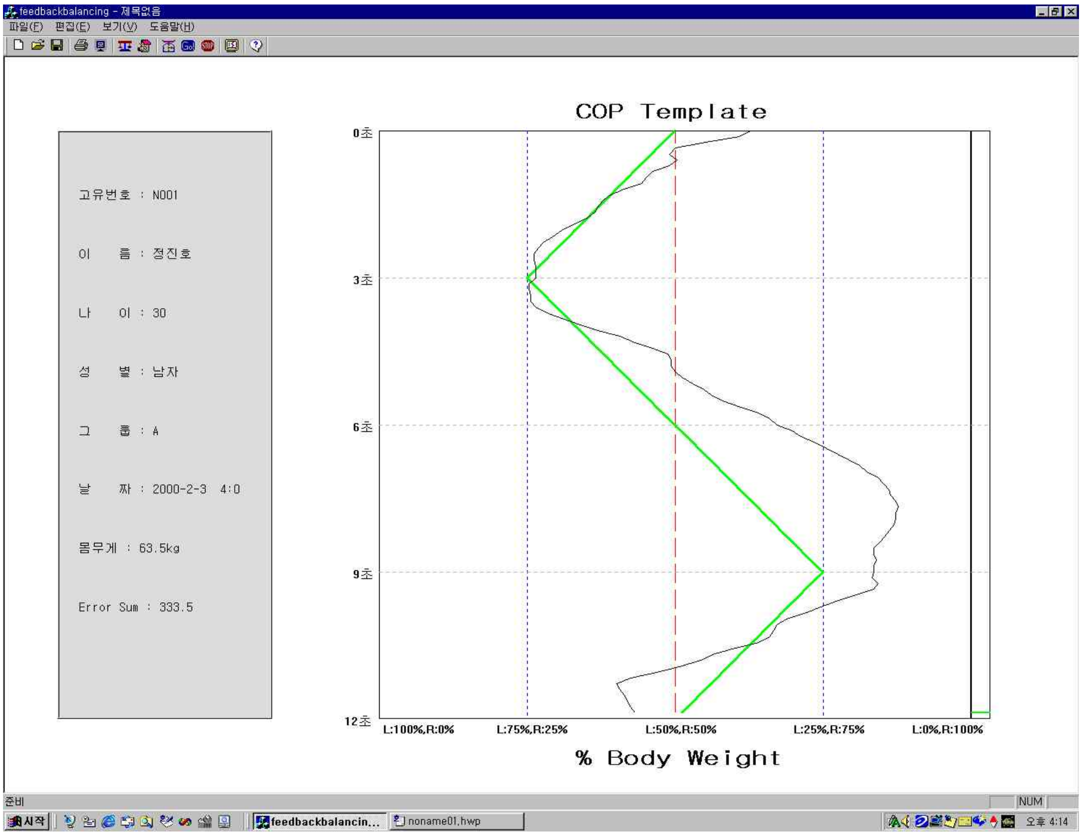

그림 1. 습득단계 및 파지단계에서 압력중심 이동이 제시되는 화면.
왼쪽에는 연구대상자의 기본적인 정보들이 입력되고, 오른쪽에는 체중이동에 대한 시간적 정보를 제공하는 막대가 제시되었다.

먼저 기립자세에서 '시작'이라는 명령에 의해 각 과제를 시작하고, 각 시도가 끝난 후에 8초 동안 목표 궤적(target template)을 피험자 자신이 수행한 체중이동 궤적(tracking)과 비교하도록 화면에 제시하였다. 수행지식 제공 후 다음 시도까지의 지연간격은 5초로 하였다. 동시 되먹임 군은 시도(trial) 동안 자기의 수행과 비교하도록 목표 궤적과 함께 제공하였다.

습득단계에서는 한 블록에 10번의 시도를 하여, 총 6 블록을 수행하였다. 각 블록간에는 1분간 휴식하였고, 3번째와 4번째 블록 사이에는 5분 동안 휴식하였다. 1분간의 휴식시간은 정신적인 피로(mental fatigue)의 효과를 감소시키고 실험자가 자료를 컴퓨터에 저장시키는 시간으로 사용되었다. 3번째와 4번째 블록 사이 5분 동안의 휴식시간 역시 정신적인 피로를 최소화하기 위하여 긴장을 풀기 위한 스트레칭, 일어서기, 간단한 체조 등을 하도록 하였다.

습득단계 후 10분간의 휴식을 취하고 단기 파지검사(immediate retention test)를 실시하였다. 파지검사는 모든 피험자가 되먹임이 제공되지 않는 동일한 환경에서 측정하였다. 파지검사는 10번 시도의 2개 블록으로 구성되었다. 두 번째 장기 파지검사(delayed retention test)는 단기 파지검사 후 24시간이 지난 후 단기 파지검사와 동일한 조건하에서 검사하였다. 파지 검사 시에도 각 블록간에는 1분간 휴식하였다.

4. 자료분석

습득단계를 위해서는 마지막 요인에 대해 반복 측정한 3×6(되먹임 군×시도블럭) ANOVA를 시행하였다. 체중이동 궤적과 원형 궤적 사이의 정확도를 결정하기 위해 오차합(error sum)을 종속변수로 사용하였다. 오차합은 각 12초간의 시도에서 대상자가 움직임 궤적과 미리 정해진 궤적간의 체중 이동시 나타나는 차이로 10회 시도의 평균을 그 블록의 오차합으로 하였다. 오차의 합을 구하는 공식은 아래와 같다. 아래 식에서 모니터 화면의 한 pixel에 해당하는 무게값(pixel weight)은 대상자의 몸무게(body weight: BW)를 모니터 화면의 폭(Window.Width)으로 나눈 값이다(1). Error[i]는 체중이동 궤적과 원형 사이의 정확도를 결정하기 위해 미리 정해진 좌표에서 실시간으로 얻어진 좌우 균형 좌표를 빼고, 몸무게에 대한 비례 상수를 곱한 값이다(2). 이 Error[i] 값의 총합 즉 정해진 궤적에서 벗어난 무게의 총합(error sum)을 종속변수로 사용하였다(3).

각각의 파지검사에서는 마지막 요인에 대해 반복 측정한 3×2(되먹임 군×시도블럭) ANOVA를 습득단계와 동일하게 시행하였다. 파지검사의 두 단계는 단기간의 효과와 장기간의 효과를 구분하기 위해 분리하여 분석하였다. 모든 F 검정을 위해 유의수준 α는 .05로 하고, $p \leq .05$인 경우를 유의한 차이가 있다고 간주하였다. Greenhouse-Geisser에 의한 방법으로 자유도(degree of freedom; DF)를 좀더 작게 수정한 F 검정으로 일변량 분산분석을 실시하였다. 반복요인의 전체 효과간에 차이를 단순히 검정하기보다 가설을 대비의 형태로 검정하기 위하여 전체 검정의 유의수준이 α가 되도록 조정해주는 다중비교법을 적용하였다. 본 실험에서는 Bonferroni 방법을 적용하여 사후검정하였다.

(1)

$$Pixelweight = \frac{BW}{Window.Width()}$$

(2)

$$Error[i] = (x_s[i] - x[i]) \times Pixelweight$$

x_s[i]; 원형 좌표, x[i]는 실재 얻어진 좌우 균형좌표

(3)

$$ErrorSum = \sum_{i=0}^{n-1} Error[i]$$

Ⅲ. 결과

1. 습득단계

습득단계는 마지막 요인(last factor)에 대해 반복 측정한 3×6(되먹임 군×시도블럭) ANOVA를 실시하였다. 그림 2에서 시도 블럭 간에 운동학적 되먹임군의 오차합의 변화를 볼수 있다. 표 1에서 되먹임 군에 따른 체중이동 능력의 차이는 없었으며(p=.0508), Greenhouse-Geisser 방법으로 자유도를 수정한 결과에서 시도 블록간에는 유의한 차이가 있었지만, 되먹임 군과 시도블럭간의 교호작용은 통계적으로 유의하지 않았다(표 1). Bonferroni 방법으로 유의확률을 수정하였을 때 첫 번째와 두 번째 블록간에 오차합(error sum)의 차이는 있었으나(p=.00185×5), 이러한 차이는 되먹임 군에 따라서는 차이가 없었다(p=.05058×5). 또한 나머지 블록간의 대비에서는 유의한 차이가 없었다. 그림 2의 그래프에서 동시적 되먹임(concurrent feedback) 군이 반응후에 운동학적 되먹임을 제공한 군보다 오차의 합이 적음을 볼수 있었다. 또한 블록이 진행될수록 오차합이 적어짐을 보였다.

표 1. 습득단계의 반복측정 분산분석표

변동요인	자유도	Type Ⅲ 제곱합	평균제곱	F	Pr> F	G-G
되먹임군	2	120738.83	60369.41	3.78	.0508	
오차	13	207674.47	15974.95			
시도블럭	5	20317.48	20317.48	11.75	.0001	.0003
되먹임군×블럭	10	1063.37	1063.38	.62	.7954	.6466
오차	65	1728.54	1728.54			

2. 단기 파지검사

모든 대상자들은 되먹임이 제공되지 않는 2개의 블록을 수행하였다. 대상자들은 습득단계에서 보다 좀 더 큰 오차합을 보였다. 블록간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 동시에 되먹임을 제공받은 군이 가장 큰 오차의 합을 나타내었으며, 100%, 50% 운동학적 되먹임 군 순으로 오차 합이 적음을 보였다. 이러한 오차합의 차이는 되먹임 군간에 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 되먹임 군의 평균간 대비에 대한 사후검정 결과 동시에 되먹임을 제공한 군과 50%의 운동학적 되먹임을 제공받은 군간의 차이가 통계적으로 유의하였다($p < .05$).

3. 장기 기억검사

모든 대상자들은 단기 기억검사와 동일한 방법으로 24 시간 후에 장기 기억검사를 실시하였다. 장기 기억검사 두 블록간에는 차이가 있었으며($p < .05$), 이러한 차이가 되먹임 군에 따라서는 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$). 그러나 그래프에서 보듯 50% 운동학적 되먹임군이 가장 적은 오차의 양을 보임을 알 수 있다(그림 2).

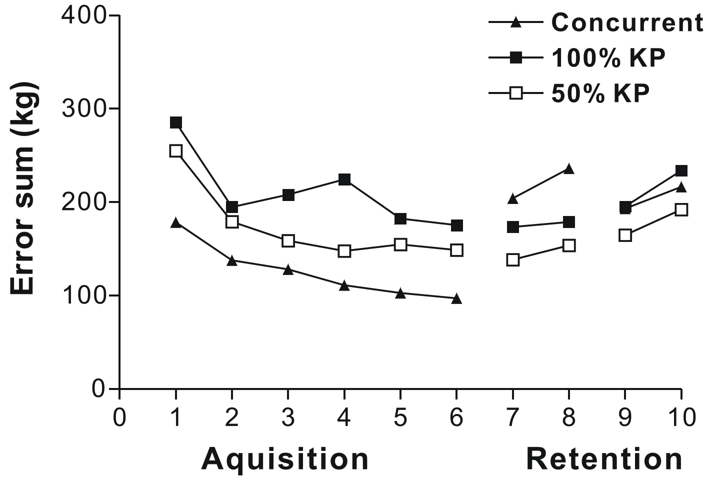

그림 2. 습득단계(aquisition) 및 파지단계(retention; 7, 8=immediate, 9, 10=delayed retention phase)에서 운동학적 되먹임을 위한 Error Sum 값(kg).

Ⅳ. 고찰

운동과제를 학습하는데 있어서 결과지식 형태의 되먹임에 관한 연구들은 많이 진행되었지만 수행지식과 같은 운동학적 되먹임의 상대적 빈도에 대한 연구보고는 매우 적었다(Vander Linden 등, 1993). 본 연구는 근골격계 손상이 없는 건강한 성인에서 체중이동과제를 학습하는데 있어서 수행지식의 형태 및 상대적 빈도의 효과를 알아보고자 하였다.

수행지식의 상대적 빈도(relative frequency with KP feedback)에 관한 선행연구에서 Weeks와 Kordus(1998)는 축구의 던져넣기(throw-in) 기술을 학습하는데 100%와 33%의 수행지식을 비교하였다. 이때 33%의 수행지식을 제공받은 군이 습득단계, 파지검사 및 전이검사에서 높은 수행정도와 학습능력을 보였다. Vander Linden 등(1993)은 정상 성인의 팔굽관절 등척성 운동 학습에 있어서 수행지식의 100%, 50% 상대적 빈도와 100% 동시 되먹임을 비교하였다. 그들의 연구에서 습득단계에서는 동시에 수행지식을 제공받은 군이 수행정도가 월등했지만 파지검사에서는 수행지식을 제공한 그룹이 학습효과(learning effect)가 좋았다. 빈도에 있어서는 습득단계에서는 빈도에 따른 수행능력의 차이를 보이지 않았지만 파지단계에서는 100% 보다는 상대적으로 적은 빈도(50%)에서 파지능력이 좋은 결과를 보였다. 이상의 선행연구들에서 운동학적 되먹임의 제공시기 및 상대적 빈도는 운동기술(motor skill)에 따라 습득, 파지 그리고 전이단계에서 수행정도와 학습능력에 차이가 있었다(Vander Linden 등, 1993; Weeks와 Kordus, 1998).

따라서 선행연구들과 본 연구결과의 차이는 과제의 특성이 다름으로 인한 것으로 사료된다(Hartveld와 Hegalty, 1996). 본 연구의 습득단계에서는 수행지식이 제공되는 시기 및 빈도에 따른 세 군간에는 통계학으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나(p=.0508), Vander Linden 등(1993)의 연구결과처럼 동시에 운동학적 되먹임을 제공받은 군이 오차합이 가장 적었다(그림 2). 그러나 단기 파지단계에서는 Weeks와 Kordus(1998)의 연구와 같이 동시에 운동학적 되먹임을 제공받은 군과 비교하여 50%의 수행지식을 제공받은 군이 더 높은 학습능력을 보였다. 또한 동시에 제공된 되먹임군과 100% 수행지식 군간에는 유의한 차이가 없었는데 이는 선행의 연구와는 차이를 보였다(Vander Linden 등, 1993; Weeks와 Kordus, 1998; Winstein 등, 1996). 단기 파지 검사 후 24시간 후에 실시한 장기 파지검사에서는 세 군간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 50% 수행지식을 제공받은 군의 오차가 가장 적었다(그림 2). 이러한 결과는 운동기술을 습득하는 기간 동안 상대적으로 많은 되먹임을 제공 받을 경우에 되먹임에 의존하는 성향이 커져서 되먹임을 제거한 환경에서는 학습능력이 떨어진다는 유도가설(guidance hypothesis)을 지지한다(Schmidt, 1991; Winstein, 1991; Vander Linden 등, 1993; Winstein 등, 1996).

Ⅴ. 결론

운동학습의 선행 연구들에서 운동기술(motor skill)의 수행과 학습에 대하여 수행지식의 상대적 빈도에 대한 효과가 제대로 평가되지 않았다. 본 연구는 근골격계 손상이 없는 건강한 성인에서 체중이동 과제를 학습하는데 있어서 수행지식의 형태 및 상대적 빈도의 효과를 알아보고자 설계되었다. 본 연구결과는 운동학적 되먹임이 체중이동 과제 수행시에 사용될 때 유도가설을 따른다는 것을 보여준다. 근골격계 손상이 없는 건강한 성인에서 상대적으로 적은 운동학적 되먹임을 적게 제공할 때 파지단계와 같이 되먹임이 없는 환경에서 더 나은 학습능력을 보임을 알 수 있었다.

인용문헌

김대균, 차승규, 김범규 등. 결과에 대한 지식의 상대적 빈도와 지연간격 유형이 운동학습에 미치는 영향 비교. 한국전문물리치료학회지. 1997;4(1);48-62.

Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and Treatment. London, William Heineman n Medical Books Ltd., 1970.

Carr JH, Shepherd RB. A Motor Relearning Programme for Stroke. Rockville. Md., Aspen Publishers Inc., 1987.

Hartveld A, Hegarty JR. Augmented feedback and physiotherapy practice. Physiotherapy. 1996;82(8):480-490.

Salmoni AW, Schmidt RA, Walter CB. Know-edge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. Pschol Bull. 1984;31:355-386.

Schmidt RA. Motor learning principles for physical therapy. In: Lister MJ, ed. Contemporary Management of Motor Control Problems: Proceeding of the II STEP conference. Alexandria, VA: Foundation for Physical Therapy Inc., 1991:49-63.

Schmidt RA. Motor Control and Learning: A behavioral emphasis. 2nd ed. Cham-paign, Ill., Human Kinetics Publishers Inc., 1988.

Schmidt RA, Young DE. Methodology for motor learning: A paradigm for kinematic feedback. J Mot Behav. 1991;23:13-24.

Sparrow WA, Summers JJ. Performance on trials without knowledge of results (KR) in reduced relative frequency presentation of KR. J Mot Behav. 1992;24:197-209.

Vander Linden DW, Cauraugh JH, Greene TA. The effect of frequency of kinetic feedback on learning an isometric force production task in nondisabled subjects. Phys Ther. 1993;73(2):79-87.

Wannstedt GT, Herman RM. Use of aug-mented sensory feedback to achieve symmetrical standing. Phys Ther. 1978; 58:553-559.

Weeks DL, Kordus RN. Relative frequency of knowledge of performance and motor skill learning. Res Q Exerc Sport. 1998; 69(3):224-230.

Winstein CJ, Christensen S, Fitch N. Effects of summary knowledge of results on the acquisition and retention of partial weight bearing during gait. Physical Therapy Practice. 1993;2:40-51.

Winstein CJ. Designing practice for motor learning: Clinical implications. In: Lister MJ, ed. Contemporary Manage-ment of Motor Control Problems: Proceeding of the IISTEP conference. Alexandria, VA., Foundation for Physical Therapy Inc., 1991;65-76.

Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning: Implications for physical therapy. Phys Ther. 1991;74:140-149.

Winstein CJ. Motor learning considerations in stroke. In: Duncan PW, Badke MB, eds. Stroke Rehabilitation: The recovery of motor control. Chicago, Ill., Year Book Medical Publishers Inc., 1987:109-134.

Winstein CJ, Pohl PS, Cardinale C, et al. Learning a partial-weight-bearing skill: Effectiveness of two forms of feedback. Phys Ther. 1996;76(9):985-993.

Winstein CJ, Schmidt RA. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. J Exp Psychol. 1990;16: 677-698.