

## 정상인에서 흔들림 균형 훈련시 간헐적인 방법과 지속적 방법에 의한 시각적 되먹임의 효과 비교

박준영, 오신영, 장진호  
연세대학교 보건과학대학 재활학과

### Abstract

#### Comparison between the Effect of Intermittent and Continuous Visual Feedback in Sway Balance Training with Normal Subjects

Park Joon-young, B.H.Sc., R.P.T.

Oh Shin-young, B.H.Sc., R.P.T.

Jang Jin-ho, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, College of Health Science, Yonsei University

To improve the effect of balance training, visual feedback is usually used. During the training process there are some factors which decrease the effect. Neurophysiologically, the main negative factor is thought to be synaptic fatigue which decreases the sensitivity of synapses. The purpose of this study was to find a more effective balance training method. In this study, a total of 60 normal subjects-19~30 years old young males and females(M=30, F=30)- participated, and they were randomized as A, B, and C group, each group containing 20 subjects. First, all groups had a pre-test of sway balance. One minute later, A group was trained in sway balance by continuous visual feedback for 2 minutes, B group by intermittent visual feedback which had 4 sessions of 30 seconds each and a one minute rest break. C group was not trained at all. All groups had a post-test. Only B group had improved balance compared with C group by ANOVA. On the other hand, intermittent visual feedback was more effective than continuous visual feedback in sway balance training with normal subjects. .

**Key Words:** Sway balance; Balance training; Visual feedback.

## I. 서론

균형(balance)은 똑바로 선 자세의 목적을 달성하기 위한 인식과 감각정보의 구조화, 그리고 운동계획과 수행을 포함하는 복잡한 과정으로 주어진 감각환경에서 체중지지 기반(BOS: base of support) 위로 무게중심(COG: center of gravity)을 조절하는 능력이다(Umphred, 1995). 자세 재활치료에서 사용되는 감각 되먹임(sensory feedback)은 몸의 중심동요(body sway)를 측정하는 방법으로 간주되는 정보를 연결하는 시각, 청각, 체감각 되먹임을 사용하는 기술이다.

몇몇 연구에서 이러한 감각 입력의 세 가지 방법을 자세 재활치료에 적용했을 때 다양한 정도의 효과가 있었다고 보고한다(Hamman 등, 1992; Wannstedt 등, 1978). 특히, 뇌손상에 의해 평형감각에 장애가 있는 환자의 경우에 감각적 되먹임이 효과적임이 알려져왔다. 그리고 정상인 집단에 있어서도 안정성의 한계(LOS: limit of stability) 안에서 몸을 움직이면서(swaying) 균형을 잡게 하는 동적인 균형 훈련에서 시각적 되먹임이 효과가 있었다(Barona 등, 1994).

이 연구의 목적은 시각적 되먹임을 이용한 균형훈련시 더 효과적인 치료방법을 찾는 것이다. 여기에서 제시될 방법은 한 단위의 치료에서 지속적으로 치료하는 방법과 사이 사이에 휴식시간을 주어 간헐적으로 치료를 하는 두가지 방법이다. Hamman 등(1994)의 연구에서는 균형에 문제가 없는 정상인을 대상으로 두 집단으로 나누어 총 5번의 치료를, 한 집단은 매일 매일 5일 동안 실시했고, 다른 집단은 일주일에 한번씩 5주 동안 동일한 균형훈련을 실시했다. 결과는 매일 할 때와 주 단위로 할 때 차이가 없었다고 했다. Wannstedt 등(1978)의 연구에 의하면 정상인의 경우에 균등체중지지(equal weight bearing)를 실시할 때 거의 30초 정도면 균형에 큰 동요를 보였다고 했다. 30초 정도가 지나

사람들에게 중심동요가 나타난 이유는 신경 회로에서의 피로(fatigue)로 인한 신경의 민감도가 감소하는 결과로 추정하고 사이사이에 휴식시간을 갖는다면 지속적으로 치료를 진행하는 것보다 더 좋은 치료효과가 있으리라 추측된다.

그래서 본 연구를 통해 한 시간단위(session)의 흔들림 균형훈련에서 시각적 되먹임을 지속적인 방법으로 적용했을 때와 간헐적인 방법으로 적용했을 때, 둘 사이의 치료 효과에 차이가 있는지를 정상인을 대상으로 알아보고자 했다.

다음과 같은 가설을 세웠다.

가설 1. 시각적 되먹임을 주면서 균형훈련을 시킬 때에 시각적 되먹임을 주지 않았을 때 보다 균형능력이 증가가 없다.

가설 2. 시각적 되먹임을 지속적으로 주는 경우와 간헐적으로 주는 경우 사이에 균형훈련의 효과에 차이가 없다.

## II. 연구방법

### 1. 실험대상

19세에서 30세 사이의 평형감각에 문제가 없는 건강한 성인 남녀를 대상으로 했다. 사지가 모두 있어야 하고 눈감고 외발로 서 있기를 30초 이상 할 수 있어야 했다. 남자가 30명, 여자가 30명으로 총 60명의 대상자로 실험을 했는데 남자 한 명은 실험에 대한 이해가 낮아서 결과 해석에서는 제외시켰다.

### 2. 실험기구

일본의 Rehabilitation SAKAI에서 제작한 Limloader(LLD-2000·LLD-2001)기계로 시각적 되먹임을 주었다. 메트로놈을 이용해서 율동적 체중 이동 평가(rhythmic weight shift test)가 되도록 했다.

### 3. 실험방법

대상자로 부터 실험에 동의한다는 동의서를 받고 실험 내용에 대해 소개했다. 주의 사항을 알려주고 평형감각이 정상인지 검사했다(Romberg test).

전체 실험 대상자를 무작위로 3집단으로 나누었다. 'A', 'B', 'C' 라고 쓰인 제비를 표본의 수만큼 만들었다. 각각을 반으로 나누어 2개의 불투명한 상자에 나누어 담고 흔들었다. 한 상자는 남자용으로 하고 다른 상자는 여자용으로 했다. 남자는 남자용 상자에서 여자는 여자용 상자에서 제비를 뽑도록 했다. 그래서 A, B, C 집단의 남녀 비율이 동일하게 했다. A, B, C 집단은 각각 실험 1, 실험 2, 실험 3을 실시했다.

실험 1은 지속적 시각 되먹임을 주었다. 전-평가로서 실험에 대한 간단한 소개를 하고 메트로놈의 속도(60/min)에 맞춰 몸을 앞으로 흔들는 연습을 속도에 맞을 때까지 연습시켰다. 그리고 Limloader 위에 올라가서 양쪽 다리에 같은 힘을 주고 서 있으라고 했다. 이제 20초간 눈을 가리고 균형을 잃지 않는 최대의 범위(LOG)까지 몸을 앞으로 흔들도록 했다(sway). 이때 Limloader 기계의 'balance training mode 4'를 선택했다. 범위는 +/- 15%로 하고 속도는 20 mm/sec로 했다. 결과를 프린터로 출력했다. 1분 동안 휴식시간을 가졌다. 이제 치료방법으로서 Limloader 위에 올라가서 눈을 뜨고 기계의 화

면을 보면서 전-평가에서와 동일한 앞뒤 흔들기를 하면서 양쪽 발의 체중지지를 같이 유지하도록 훈련시켰다. 이 훈련은 2분 동안 지속적으로 실시했다. 다시 1분 동안 휴식 시간을 가졌다. 휴식시간이 끝나면 후-평가로서 Limloader 위에 올라가서 눈을 가리고 전-평가와 같은 과정을 실시했다. 역시 결과를 프린터로 출력했다.

실험 2는 간헐적 시각 되먹임을 주었다. 전-평가와 후-평가는 실험 1과 동일하게 실시하면서 치료방법에서만 훈련 시간을 30초 동안 훈련하고 1분 휴식하는 과정을 모두 4번 반복했다.

실험3은 대조군으로서 치료시간 없이 전-평가와 후-평가만 하면서 중간에 1분간 휴식을 취했다.

### 4. 분석방법

균형 능력의 기준으로는 Limloader의 균형 훈련 모드 4에서 출력된 그래프에서 15%범위를 벗어난 시간이 얼마나 되는지로 했다. 훈련전의 각 집단의 동일성을 알기 위해 분산분석을 이용했다. 각 집단 사이의 효과를 비교하기 위해 분산분석을 이용했다.

## III. 결과

### 1. 각 집단에 속한 남녀의 수(표1)

표1. 각 집단에 속한 남녀의 수

	A 집단	B집단	C 집단
남성	10	10	10
여성	10	10	10

(연령: 19세 ~ 30세)

**2. 연구결과**

60명의 건강한 성인 남녀를 대상으로 간헐적 방법과 지속적 방법의 시각적 피로감을 통해 흔들림 균형훈련을 시킨 결과는 다음과 같다(표2, 표3, 표4, 표5).

**표2. 집단간 오차 시간의 비교**

	평균	표준 편차	최소값	최대값
TIME 1	3.42	3.54	0.00	14.96
TIME 2	1.38	1.68	0.00	7.22
TIME 3	2.04	3.64	-2.53	14.94

TIME 1: 치료전 평가에서 +/- 15% 범위를 벗어난 시간(단위; 초),  
TIME 2: 치료후 평가에서 +/-15% 범위를 벗어난 시간,  
TIME 3: TIME 1-TIME 2

**표3. TIME 1과 집단 사이의 분산분석 결과**

	자유도	평방합	불편분산	F	Prob.
표본간	2	8.1220	4.0610	0.3166	0.7299
표본내	56	718.3701	12.8280		
합계	58	726.4921			

**표4. TIME 3과 집단 사이의 분산분석 결과**

	자유도	평방합	불편분산	F	Prob.
표본간	2	62.5706	31.2853	2.4861	0.0924
표본내	56	704.7218	12.5843		
합계	58	767.2924			

**표5. Duncan(0.10)으로 multiple comparision을 한 결과**

	집단 1	집단 2	집단 3
집단 1			
집단 2			*
집단 3			

(\*표가 차이를 보이는 곳을 알려준다.)

## IV. 고찰

### 1. 실험도구와 실험방법에 대한 고찰

실험 기구면에서 Limloader는 1차원적인 자료만 얻을 수 있기 때문에 타당도가 낮다. 선행 연구에서는 Balance Master system, force plate와 같은 기구들을 사용했다. 그러나 우리가 구할 수 있는 기구는 Limloader가 있었기 때문에 이 기구를 사용했다. Limloader를 이용해서 균형훈련을 시키는 연구 결과를 새롭게 제시할 수 있다고 생각된다. Limloader라는 기구로는 정확한 측정이 어려웠다. 그리고 Limloader로 흔들림 균형 훈련을 시켜준 선행 연구가 없다. 하지만 Limloader의 기능중 중심이동계수의 그래프를 이용하기 위해 앞뒤 흔들림에서 좌우의 균형변화를 보았다.

중심이동계수의 그래프에서 수치적인 자료를 얻어내는 방법은 좌우 한계를 15%로 보고서 평가하는 20초 가운데 한계범위를 벗어나는 총 시간을 구했다. 이는 Schmidt 등(1991)의 되먹임에서 팔 움직임의 수행의 에러 시간을 알아본 실험에서 착안했다.

본 연구에서는 1회의 치료결과를 보았는데 장기적으로 반복되는 훈련을 한다면 좋은 결과를 기대할 수 있을 것이다. 단 한 번의 실험으로는 학습에 관련된 engram이 형성되었는지 알 수 없다. Engram이 형성되어 운동 학습이 되었는지 알아보기 위해 장기간의 실험이 필요할 것이다.

간헐적인 적응방법에서 30초를 정한 이유는 Wannstedt 등(1978)의 균등 체중지지실험에서 30초에 균형의 가장 큰 동요를 일으켰다는 데서 착안을 했다. 이는 신경생리학적으로 신경연접피로(synaptic fatigue)와 관계가 있다고 본다. 신경연접피로의 주된 기전은 연접 말단의 신경전달물질의 고갈이다. 흥분시키는 축삭의 말단에서 전달물질을 단지 10,000정도 저장할 수 있기 때문에 빠른 자극에 의해서 수 초 내지 수 분이내에 이 전

달물질들은 고갈 될 수 있다. 다른 기전으로는 계속되는 자극으로 인한 연접후 막의 수용체들의 점진적인 비활성과 연접후 신경 세포 내에서 칼슘이온의 느린 형성이 있다 (Guyton, 1991).

Guyton(1991)의 연구에서 어느 동물의 발에 통증을 야기시켜 굴곡반사(flexor reflex)를 유발시켜 굽힘근 수축력(flexor muscle contraction force)을 관찰한 결과를 보면 점진적으로 굽힘근의 긴장(flexor tone)이 약해짐을 볼 수가 있다. 이러한 결과는 굴곡반사 회로(flexor reflex circuit)에서의 피로때문으로 여겨진다.

운동학습은 초기의 모델에서 볼 때는 단기간의 수행능력 향상도 포함했으나 현대의 모델은 어떠한 상황에서도 적응이 가능한 engram의 획득을 말한다(Schmidt 등, 1991). 훈련은 학습을 위한 하나의 방법으로 종류에 있어서는 적응 훈련(adaptive training), 부분 과제훈련(part-task training)이 있다(Winstein, 1991). 본 실험에서 사용한 시각적 되먹임은 적응 훈련에 속했다. 그러므로 본 실험은 engram의 형성을 확인할 수 없으므로 학습이 아닌 훈련이었다.

실험대상들의 마음가짐도 어느 정도 실험 결과에 영향을 미쳤을 것으로 본다. 동기와 참여도, 각성수준에 따라 균형 능력 자체에도 많은 차이를 보인다. 그러나 연구에서는 최대한 객관적인 조건을 만들어주기 위해서 무작위 추출을 하였고, 앞뒤 흔들림의 폭을 일정하게 유지하도록 최대한의 주의를 기울였다.

### 2. 실험결과에 대한 고찰

훈련전에 실시한 평가의 분산분석 결과를 보면 P값이 0.73으로 유의수준 0.1보다 크므로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 집단 사이에 균형훈련 전에는 균형능력에 차이가 없었다는 의미가 될 것이다. 실험방법에서 집단의 추출을 무작위적으로 실시한 결과

로 생각된다.

치료를 하기전의 Limloader의 균형훈련 mode 4에서 흔들림 균형 평가를 했을 때 결과를 표 3에서 볼 수 있다. 표본간의 P값이 0.7299이므로 치료전에는 집단 사이에 차이가 없었음을 알 수 있다. TIME 3과 집단 사이의 분산분석 결과를 보면 P값이 0.0924로 유의 수준 0.1보다 작으므로 통계학적으로 유의한 차이가 있다. Multiple comparison을 Duncan(0.10)으로 했을 때 집단 2와 3 사이에서만 차이가 있었다. 이 결과를 볼 때 간헐적인 방법으로 시각적 되먹임을 주었을 때에 대조군에 비해 뚜렷한 증가가 있었다. 지속적인 방법으로 시각적 되먹임을 주었을 때는 대조군과 차이가 없었다. 그러므로 지속적인 방법과 간헐적인 방법에 의한 시각적 되먹임이 흔들림 균형 훈련에 미치는 효과에 차이가 있었다.

실험의 결과를 볼 때, 유의수준 0.1에서 첫 번째의 영가설은 기각되고 두 번째 영가설은 받아들여지게 된다. 즉, 정상인을 대상으로 실시한 균형훈련에서 시각적 되먹임을 적용했을 때 시각적 되먹임을 주지 않은 대조군에서보다 더 효과가 있었다. 시각적 되먹임을 적용하는 방법으로 두 가지를 사용했는데 지속적 적용방법과 간헐적 적용방법 사이에는 균형훈련에 있어서 유의한 차이를 발견하지 못했다. 그러나 TIME 3에서의 평균을 비교해 보면 A집단과 B집단 사이에도 차이가 발견된다.

TIME 1, TIME 2, TIME 3의 표준편차는 3.54, 1.68, 3.64를 각각 나타내고 있다. 이것은 개인별로 균형에 있어서 큰 차이를 가지고 있다는 단적인 증거이다. 집단B에 적용한 훈련만이 대조군에 비해 효과를 보였다는 것은 이 실험에서의 두 번째 가설이 기각되어지며 지속적인 적용방법보다는 간헐적으로 시각적 되먹임을 주는 것이 효과적이라는 것을 말해주었다. 그러나 첫 번째 가설인 시각적 되먹임이 균형훈련에 미치는 영향을 입증하지

는 못했는데 지속적 시각 되먹임에서 대조군에 비해 유의한 증가를 하지 않았기 때문이다. 물론 균형감각에 이상이 있지는 않았다

다양한 환자를 대상으로 실험을 해보아겠지만 본실험의 결과만을 가지고 볼때, 임상에서 균형훈련을 시킬 때는 간헐적인 적용방법이 지속적인 시각적 되먹임의 적용방법보다 더 효과적일 수 있다. 그리고 선행 실험에서 집중도가 흐트러지는 한계시간을 30초로 보고 있지만, 환자들에게 적용할 경우에 다소 차이가 나타날 수 있으리라고 본다. 그러므로 이점에 관한 추가 연구가 필요하다.

### 3. 제한점 및 제안점

이 연구에는 몇가지 제한점이 있었다. 앞으로의 연구에서 다음과 같은 부분을 개선시킨다면 더 효과적인 결과를 얻을 수 있으리라 생각되어 몇가지 제안했다.

가. 실험기구가 이차원적이거나 삼차원적으로 흔들림 균형의 변화를 추적할 수 있는 기구이어야했다.

나. 실험 적용기간을 장기간으로 늘려서 해 보아야 훈련이 학습되어지는가를 알 수 있다.

다. 실험대상을 정상군에서 환자군으로 바꿔서 실시해 보아야 했다.

라. 각 실험 집단의 대상 수를 늘리는 것이 좋다.

마. 집중도와 신경연접의 피로도의 상관관계에 관한 관련연구가 필요하다.

## V. 결론

시각적 되먹임을 이용해서 균형훈련을 시킬 때, 훈련 시간을 2분 동안 지속적으로 적용한 것과 30초 훈련하고 1분 쉬면서 총 2분을 훈련한 경우를 비교한 이 연구에서 균형훈련을 지속적으로 시키는 것보다는 간헐적으로 중간에 휴식시간을 주어야 더 효과적

이라는 결론을 내릴 수 있다.

1. 시각적 되먹임을 주면서 균형훈련을 시킬 때에 시각적 되먹임을 주지 않았을 때 보다 균형능력이 더 나아지는지에 대해서는 알 수 없었다.

2. 시각적 되먹임을 지속적으로 주는 경우와 간헐적으로 주는 경우 사이에 균형 훈련의 효과에 차이가 있었다. 간헐적인 방법이 지속적인 방법보다 효과적이었다.

### 인용문헌

- Anacker SL, Di Fabio RP. Influence of sensory inputs on standing balance in community dwelling elders with a recent history of falling. *Phys Ther.* 1992;72(8):575-81
- Armengot M, Barona R, Basterra J, et al. The effect of visual feedback exercises on balance in normal subjects. *Acta Otor Espa.* 1994;76(10):961-5.
- Bahannon RW, Cook AC, Gear J, et al. Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys Ther.* 1984;1067-70.
- Collins JJ, Deluca CJ. The effect of visual input in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Exp Brain Res.* 1995;103(1):151-63.
- Dickinson J, Hamman RG, Longridge NS, Mekjavic I. Effect of age and training schedules on balance improvement exercises using visual biofeedback. *J Otolaryng.* 1995;24(4):221-9.
- Glenn TM, Hutchinson KJ, Nichols DS. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther.* 1995;7(8):699-706.
- Guyton AC. *Textbook of Medical Physiology.* 8th ed. W.B. Saunders Company. 1991;45:493-505.
- Hamman RG, Longridge NS, Mekjavic I, Mallinson AI. Trainin effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(8):738-44.
- Herman RM, Wannstedt GT. Use of augmented sensory feedback to achieve symmetrical standing. *Phys Ther.* 1978; 58(5):553-9.
- Murray MP, Peterson RM. Weight distribution and weight-shifting activity during normal standing posture. *Phys Ther.* 1973;53(7):741-8.
- Potter CN, Silverman LN. Characteristics of vestibular function and static balance skills in deaf children. *Phys Ther.* 1984;64(7):1071-5.
- Allison L. Balance disorders. In: Umphred DA, eds. *Neurological Rehabilitation.* ed 3. Mosby 1995;16:803-27.
- Schmidt RA, Winstein CJ, Horak FB, et al. *Contemporary Management of Motor Control Problems-Proceedings of the II STEP Conference.* Foundation for Physical Therapy. Virginia. USA. 1991: 49-77.