

시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련이 불완전 척수손상환자의 균형에 미치는 효과

Effect of Visual Biofeedback Simulation Training for Balance in Patients with Incomplete Spinal Cord Injury

박창식*, 강권영**

호원대학교 작업치료학과*, 서남대학교 물리치료학과**

Chang-Sik Park(1629917@hanmail.net)*, Kwon-Young Kang(k2y1125@hotmail.com)**

요약

불완전 척수손상환자에게 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련의 적용을 통해 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 불완전 척수손상환자 중 기능향상을 기대할 수 있는 ASIA장애척도 C, D환자 15명을 실험군 7명, 대조군 8명으로 무작위 분류하였다. 균형진단과 바이오피드백 훈련이 가능한 Tetrax Interactive Balance System을 이용하여 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련을 6주간 일주에 3회씩, 1회에 15분간 총 18회를 실시하였다. 분석방법은 집단 내 전과 후의 차이는 대응표본 t검정을 시행하였고, 두 집단 사이 전후 변화량의 차이는 독립표본 t검정을 사용하였다. 실험군은 자세 흔들림을 측정하는 안정성 지수와 낙상의 위험정도를 나타내는 낙상지수 및 각각의 체중 변화를 감지하는 체중분포도(A, C, D, LEFT, HEEL)와 체중분포지수에서 유의하게 향상되었고, 자세조절능력을 나타내는 동조화에서는 좌우뒤꿈치(AC)간과 좌우앞꿈치(BD)간을 제외하고 모두 유의하게 향상되었다(p<.05). 대조군은 체중분포도(A, C, LEFT)에서만 유의하게 향상되었다(p<.05). 실험군과 대조군간의 변화량에서 체중분포도(A, B, C, HEEL)와 안정성지수 및 낙상지수, 그리고 동조화 AD에서만 유의한 향상을 보였다(p<.05). 이 연구의 결과로 볼 때 불완전 척수손상환자에게 부가적으로 균형증진을 위한 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련은 균형능력향상에 있어서 유용할 것이며 추후 더 많은 연구들이 시행되어야 할 것이다.

■ 중심어 : | 균형 | 바이오피드백 | 불완전 척수손상 |

Abstract

This study investigated the effectiveness of visual biofeedback simulation training for patients with incomplete spinal cord injuries. Fifteen people with an ASIA impairment scale of C and D, according to the intervention method, were studied. They were randomly divided into two groups, seven people in the experimental group and eight people in the control group. They were studied three times a week for six weeks using a Tetrax Interactive Balance System, for a total of eighteen times, and each test took fifteen minutes. Paired t-tests were used to evaluate the changes before and after intervention. The difference between the groups was compared using an independent t-test. The experimental group showed significantly increased general stability, fall risk index, weight distribution (A, C, D, LEFT, HEEL) and weight distribution index, except for synchronization AC, BD. However, the control group only showed significantly increased weight distribution (A, C, LEFT). In a variation, experimental and control groups showed significantly increased weight distribution (A, B, C, HEEL), general stability, fall risk index and synchronization AD. Consequently, it was found that visual biofeedback simulation training was effective for the balance ability of incomplete spinal cord injury patients, and further studies are required.

■ keyword : | Balance | Biofeedback | Incomplete Spinal Cord Injury |

* 이 연구는 호원대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

접수번호 : #110708-004

접수일자 : 2011년 07월 08일

심사완료일 : 2011년 10월 12일

교신저자 : 강권영, e-mail : k2y1125@hotmail.com

1. 서론

경제발전에 따른 각종 재해와 사고로 인해 척수손상의 발생률이 증가하고 있고, 의학의 발달로 생존율이 높아지면서 척수손상환자의 재활에 대한 관심이 높아지고 있다[1]. 척수손상은 손상 수준이하에서 감각과 운동의 심각한 기능소실과 삶의 질에 갑작스런 변화를 가져온다. 가정과 사회에서의 역할 변화, 영구적인 기능장애로 사회적 고립과 역할 상실, 가족과 사회에 경제적 부담, 수치심과 우울증 등을 갖게 된다. 그러므로 의료적인 재활과 가정 및 사회로의 복귀를 위한 적극적인 개입이 질병 발생 초기부터 필요하다[2].

척수손상환자의 궁극적인 재활 목적은 제한된 활동 안에서 최대한 독립적인 생활을 영위하는 것이다[3]. 이러한 목표를 이루기 위해 재활과정의 중요한 부분은 운동손상과 감각손상을 개선하는 것으로 균형감각의 손상은 정상적인 자세유지를 어렵게 만든다. 균형 감각이 소실된 환자는 상체 유지를 위해 손을 사용하기 때문에 기능적인 동작 수행에 불리하고[4], 완전 흉추손상환자는 앉은 자세를 유지하기 위해 넓은등근과 같은 비자세 유지근을 보상전략으로 사용한다[5]. 운동과 감각이 소실된 척수손상환자들은 휠체어 추진을 위해 상체 근력 운동과 앉은 자세유지를 위해 손을 사용한 균형반응 훈련만이 임상에서 시행되는 재활운동 프로그램이다[6].

완전손상이라도 흉추이하의 손상은 보조도구를 사용해서 서기가 가능하고 재활운동 프로그램에 따라 독립적인 일상생활의 가능성이 커질 수 있다[7]. 그러나 완전 척수손상의 경우 독립적인 보행은 기대하기 힘들지만, 불완전 척수손상은 기능향상을 기대할 수 있다. Burns, Golding, Roll, Graziani와 Ditunno[8]의 연구에서도 불완전 척수손상환자의 86%가 보행능력을 회복하였고 걸을 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 했다. 척수손상환자에게 적용되는 운동 프로그램이 보행을 증진시킬 수 있다는 연구는 최근에 이루어지기 시작했다. 현재 임상에서는 불완전 척수손상환자들을 대상으로 체중지지를 통한 트레드밀 훈련과[9] 가상현실을 통한 균형훈련이[6] 새로운 운동 프로그램으로 시도되고 있다. 척수손상환자의 근력강화운동으로는 등속성운동

프로그램이 일반화되고 있으나 균형증진을 위한 운동 프로그램은 많이 소개되지 못한 것이 현실이고, 균형능력에 대한 평가자료 또한 부족한 실정이다. 따라서 불완전 척수손상환자의 효과적인 균형평가 방법과 균형증진을 위한 운동 프로그램 및 의료장비의 개발이 시급한 상황이다.

균형증진운동은 척수손상환자의 기능을 향상시키고, 독립적인 생활을 영위하는데 도움을 준다[10][11]. 더 나아가 균형기능향상으로 보행능력이 향상되면 사회복귀를 앞당길 수 있고, 삶의 질의 향상을 가져올 수 있다. Bromley[12]에 의하면, 전통적인 재활치료에서 균형증진 운동 프로그램은 환자 스스로 거울 앞에 서서 균형을 잡고, 치료사는 환자 뒤에서 구두지시나 신체적 도움으로 균형증진을 지도하는 것이 전부였으나, 최근에는 다양한 멀티미디어를 통한 시뮬레이션 상황에서 시각과 청각, 촉각과 후각을 자극하여 피드백을 유도하는 가상 현실시스템의 활용도가 높아지고 있다[13]. 가상현실 기술을 이용하여 재활의학적 평가와 치료방법으로 사용하기 시작했고[14], 운동용 고정자전거에 앉아 시뮬레이션을 통한 감각자극으로 실제 균형과 속도가 향상되었다고 한다[15]. 척수손상환자의 이동훈련에 관한 사례연구에서도 효과적이라 보고되며[16], 운전모의 훈련 장치를 통한 평가에서도 척수손상환자의 운전기술이 향상되었다고 한다[17]. 재활의학적 관점에서 시뮬레이션 기술을 균형 장애의 진단과 평가에 활용하게 되면 균형에 영향을 미치는 시각자극을 다양하게 제공할 수 있으며 나아가 평형감각에 밀접하게 관련이 있는 체성감각과 전정기관의 복합 평형감각을 통합적으로 자극할 수 있다[18].

지금까지 척수손상환자를 대상으로 한 연구는 대부분이 상지 근력향상에 관한 운동 프로그램과 보상작용을 이용한 기능증진이 전부였고, 기능향상의 한계를 극복하기위한 연구와 노력이 부족했던 것이 사실이다. 이 연구의 목적은 불완전 척수손상환자에게 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련을 통해 자세 균형에 미치는 영향을 알아보고 임상에서 효과적인 균형능력 증진을 위한 재활치료의 방향을 제시하기 위함이다. 더 나아가 균형운동을 체계화시키는데 자료를 제공하고, 불완전

척수손상환자의 보행기능 향상에 도움이 되고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

연구의 대상은 경기도에 위치한 종합병원 재활의학과에서 치료 받는 척수손상환자 중 ASIA장애척도 C 6명과 ASIA장애척도 D 9명으로 각각의 대상자는 일상생활 수행능력과 기능적 가동성에 초점을 둔 평가도구인 수정 바텔지수(Modified Barthel Index: MBI)가 75점 이상으로 보행과 일상생활동작을 약간의 도움만으로 수행할 수 있는 자로 선정하였다. ASIA장애척도(American spinal injury association impairment scale)는 미국척수손상학회에서 개발한 척수손상의 신경학적 분류척도로 주로 척수손상자의 기능적 독립성을 측정하는데 초점을 두고 있다. ASIA C는 불완전 손상 중 손상 부위 하부의 척수절 중 3도 미만의 근력이 있는 척수절이 50% 이하인 경우이고, ASIA D는 3도를 포함한 근력의 척수절이 50%이상인 경우이다. 연구기간은 2011년 1월부터 5월까지로 6주간 진행하였다. 대상자의 선정조건으로는 1) 척수손상으로 인하여 불완전 마비(ASIA C, D)로 진단받고, 발병 후 6개월이 경과 한 환자, 2)시각, 청각 및 인지기능에 이상이 없는 환자, 3) 보조기 유무에 관계없이 15분 이상 서 있을 수 있고, 하지의 경직이 Modified Ashworth Scale(MAS)로 평가하여 Grade 1이하로 관절가동범위 끝 부분에서 약간의 저항이 감지되는 환자, 4)하위운동신경 병변이 없고, 정형외과적 질환이 없는 환자, 5)하지관절 범위에 제한이 없고, 바이오피드백 훈련을 경험해 보지 못한 환자를 대상으로 하였다. 대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후 연구에 동의한 환자만을 대상으로 하였다. 집단의 구분은 선정 편견(selection bias)을 최소화하기 위해 대상자를 두 개의 실험군과 대조군에 무작위로 배치하였다.

2. 실험방법

두 군에 적용한 일반적 운동치료는 체중지지와 체중

이동을 학습시키는 것과 근력운동 및 관절가동범위를 확보하기위해 관절운동을 실시하는 것이었다. 시각적 바이오피드백 훈련은 Tetrax를 이용하여 일주일에 3회씩, 1회에 15분간 총 18회를 실시하였다. 독립적인 시기가 불안정한 환자는 무릎지지보조기를 사용하였고, 검사시간은 32초였다. 손은 차렷 자세를 취하게 하고 균형유지를 위한 약간의 움직임은 허용하였다. 검사 전 자세를 취할 수 있는 시간을 주고 안정이 되면 검사를 시작하였고, 검사 중 손잡이를 잡았을 경우 재평가를 하였다. Tetrax의 시뮬레이션 프로그램은 앞뒤, 좌우 및 대각선 이동을 연습하는 프로그램과 움직이는 불을 잡거나 길을 따라가며 체중이동을 연습하는 프로그램 등 총 11개의 운동프로그램이 있다. 이 연구에서는 [그림 1]과 같이 붉은색 불을 움직여 녹색 불을 잡는 것으로 균형 판에서 환자 앞, 뒤꿈치의 변화되는 압력에 의해 붉은색 불이 움직이게 되는 것과 타원 안에 붉은색 불을 넣는 것으로 환자가 서있는 발판의 압력에 의해 불이 움직이고, 자세가 안정적이면 원안에 불이 유지되는 두 가지 프로그램을 교대로 사용하였다. 6주간 운동을 실시하였고, 효과를 검증하기 위해 1)안정성지수(general stability), 2)체중분포도(weight distribution)와 체중분포지수(weight distribution index), 3)지면반력 장치 간의 동조화(synchronization), 4)낙상지수(fall risk index)를 실험 전과 6주 후에 평가하였다.

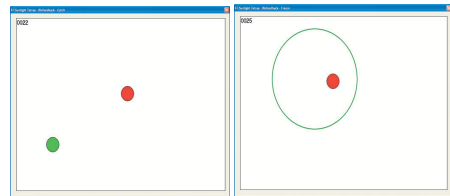


그림 1. Tetrax Balance Program

3. 평가도구

3.1 Tetrax Interactive Balance System

체중지지와 균형검사를 위해 이스라엘의 SUNLIGHT사에서 개발한 균형 진단과 바이오피드백 훈련 시스템인 Tetrax를 사용하였다[그림 2]. Tetrax는 낙상의 위

협정도나 몸의 균형 상태를 측정하기 위해 고안된 장비로서 좌·우측과 발 앞꿈치와 뒤꿈치 부분에 각각 4개의 지면반력 장치(force plate)가 설치되어 압력변화를 측정할 수 있다. 4개의 지면반력 장치에 실리는 체중의 변화로 자세동요(postural sway)를 평가하기 때문에 보통의 안정성과 다른 별도의 자세변인(postural parameters)들을 산출할 수 있고, 대각선 동요(diagonal sway)와 체중이동패턴(weight displacement patterns)을 검사할 수도 있다. 이 변수들 사이의 상호작용을 분석하면 자세조절에 관여하는 신경-생리학적 과정들을 반영시킬 수 있다. 균형은 4개의 지면반력 장치에서 자세의 흔들림을 측정하는 것으로 흔들림의 영역, 길이, 속도와 중력 중심의 이동 양상을 포괄적으로 측정하여 환자의 전체적 안정성을 나타내며 점수가 작을수록 향상된 값을 가진다[19].



그림 2. Tetrax Interactive Balance System (Sunlight Inc., Ramat Gan, ISRAEL)

측정변수들의 설명은 다음과 같다.

1)안정성지수(general stability)는 안정성이 높으면 A, B, C, D의 지면반력 장치(force plate)에 실리는 무게의 변화가 적을 것이라는 개념으로 계산된 값이다. 지면반력장치에서 자세 흔들림의 정도를 측정하여 전반적인 안정성을 나타내는 지수로, 안정성지수가 클수록 불안정하다고 판단하고, 숫자가 크게 나오면 지면반력 장치에 실리는 체중의 %가 자주 또는 많이 변했다는 것을 의미한다.

2)체중분포도(weight distribution)는 한 개의 지면반력 장치에서 1024개의 데이터를 측정하며, $A=(2nd\ data-1st\ data)^2+(3rd\ data-2nd\ data)^2+\dots+(1024th\ data-1023th\ data)^2$, B, C, D 각각의 지면반력 장치에서

도 같은 식으로 계산된다. 그리고 왼발과 오른발, 앞꿈치와 뒤꿈치에 각각의 체중분포로 대칭성을 나타내고, 체중분포지수(weight distribution index)는 체중분포 정도를 나타내는 것으로 지수가 클수록 체중분포가 자주 또는 많이 변한다는 것으로 병적상태를 의미한다.

3)동조화(synchronization)는 4개의 지면반력 장치에서 2개를 선택하여 상관관계를 계산할 수 있다. 즉 A와 B, C와D, A와C, B와D, A와D, B와C에서 측정된 진동의 파형을 서로 비교한 것으로, 총 6가지 값의 분포는 -1000에서 1000으로 정상인은 보통 절대 값이 700이상이며, 그 보다 절대 값이 낮은 경우에는 섬세한 자세조절능력이 떨어짐을 나타낸다.

4)낙상지수(fall risk index)은 안정성지수의 표준편차 점수+전정기관측정의 표준편차점수+체감각측정의 표준편차점수+동조화의 표준편차점수를 합한 숫자를 낙상지수라고 한다. 낙상지수는 3등급으로 분류하는데, 0~35는 낮은 위험도(low risk of falling), 36~57은 중등도(moderate risk of falling), 58~100은 높은 위험도(high risk of falling)로 값이 클수록 낙상 위험도가 높다[20].

4. 분석방법

이 연구에서는 SPSS V. 12.0을 사용하여 대상자들의 일반적 특성은 빈도분석을 시행하였고, Kolmogorov-Smirnov 검정을 통한 정규성 검정을 실시한 후 모수검정을 실시하였다. Tetrax를 이용한 시각적 바이오피드백 훈련을 부가한 실험군과 일반적 운동치료를 한 대조군의 차이점을 알아보기 위하여 실험 전·후의 차이는 대응 t검정을 이용하여 분석하였고, 실험 후 실험군과 대조군의 변화 차이를 비교하기 위해 독립 t검정을 이용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군의 일반적 특성에 대한 동질성을 t-test로 분석한 결과는 [표 1]과 같다. 평균연령은 실험

군이 51.87세이고, 대조군이 53.47세였다($p=.243$). 성별은 실험군이 남성4명, 여성 3명이고 대조군은 각각 4명씩이다($p=.800$). 타입은 실험군이 ASIA C가 3명, ASIA D가 4명이고, 대조군은 각각 3명과 5명 이었다($p=.847$).

표 1. 연구대상의 일반적 특성

단위: 명(%)

변수		실험군 ($n_1 = 7$)	대조군 ($n_2 = 8$)	P
나이		51.87±3.12 ^o	53.47±6.78	.243
성별	남성	4	4	.800
	여성	3	4	
타입	ASIA C	3	3	.847
	ASIA D	4	5	

^oMean±SD

2. 실험군의 전·후 변화량

안정성지수와 체중분포지수, 체중분포도(A, C, D, LEFT, HEEL)과 동조화(AB, CD, AD, BC) 그리고 낙상지수에서 통계학적 유의성이 있었고($p<.05$), 체중분포도 B와 동조화 AC, BD에서는 유의한 차이는 없었으나 향상 정도는 있었다($p>.05$)[표 2].

표 2. 실험군의 실험전후 비교

N=7

변수(%)		실험 전	실험 후	t	P
안정성지수		17.97±5.27 ^o	10.29±2.14	-3.167	.019*
체중분포도	A	17.91±4.96	24.55±5.55	-2.667	.037*
	B	20.38±4.18	25.18±4.84	-2.161	.074
	C	29.09±6.65	35.79±1.85	-3.038	.023*
	D	24.31±2.02	29.37±3.89	-3.006	.024*
	LEFT	45.44±4.25	51.20±5.68	-2.800	.031*
	HEEL	43.30±10.31	50.11±4.61	-2.543	.044*
체중분포지수		6.89±2.06	4.14±1.90	-3.764	.009*
동조화	AB	-311.00±507.30	-789.42±118.22	2.513	.046*
	CD	-528.57±213.47	-844.14±44.37	2.893	.028*
	AC	415.85±94.14	501.57±140.62	-2.083	.082
	BD	541.00±215.02	746.71±95.41	-2.205	.070
	AD	-437.14±228.11	-784.71±66.05	3.072	.022*
	BC	-606.42±338.53	-718.71±347.75	2.993	.024*
낙상지수		55.57±18.45	32.71±10.45	3.462	.013*

* $p<.05$

^oMean±SD

3. 대조군의 전·후 변화량

체중분포도(A, C, LEFT)에서만 유의한 차이를 보였고($p<.05$), 안정성지수, 체중분포지수, 체중분포도(B,

D, HEEL), 동조화(AB, CD, AC, BD, AD, BC)와 낙상지수에서 통계적으로 유의성이 없었다($p>.05$)[표 3].

표 3. 대조군의 실험전후 비교

N=8

변수(%)		실험 전	실험 후	t	P
안정성지수		14.62±5.57 ^o	17.66±8.37	-2.226	.827
체중분포도	A	21.36±6.21	25.75±11.53	-2.433	.045*
	B	27.85±4.35	23.87±5.89	1.872	.103
	C	34.66±4.97	29.75±3.99	2.491	.042*
	D	22.20±5.23	23.75±6.54	-1.355	.217
	LEFT	39.00±5.07	43.75±3.60	3.379	.012*
	HEEL	50.02±8.08	40.62±11.69	1.887	.101
체중분포지수		7.19±2.82	6.00±2.61	1.374	.212
동조화	AB	-547.87±429.96	-212.87±644.32	-9.15	.390
	CD	-563.62±646.56	-547.50±457.24	-.050	.962
	AC	341.37±631.05	137.75±587.06	.511	.625
	BD	589.87±325.22	577.25±252.62	.070	.946
	AD	-879.37±74.16	-762.50±228.10	-1.560	.163
	BC	-831.00±65.95	-820.00±245.95	-.108	.917
낙상지수		64.25±8.08	61.00±4.24	-1.393	.206

* $p<.05$

^oMean±SD

4. 실험군과 대조군의 전·후 변화량 비교

안정성지수와 체중분포도(A, B, C, HEEL), 동조화 AD와 낙상지수에서 유의한 차이를 보였고($p<.05$), 체중분포도(D, LEFT), 체중분포지수와 동조화(AB, CD, AC, BD, BC)에서는 통계적 유의성이 없었다($p>.05$)[표 4].

표 4. 실험군과 대조군 비교

N=15

변수(%)		실험군 ($n_1 = 7$)	대조군 ($n_2 = 8$)	t	P
안정성지수		-7.68±6.41 ^o	3.03±8.43	2.736	.017*
체중분포도	A	6.63±6.58	3.61±9.16	-2.452	.029*
	B	4.79±5.87	-4.79±5.87	-2.331	.037*
	C	6.69±5.82	-4.91±7.78	-3.225	.007*
	D	5.05±4.45	1.54±7.31	-1.101	.291
	LEFT	5.76±5.44	4.24±4.28	-1.799	.095
	HEEL	6.81±7.11	-9.40±14.09	-2.745	.017*
체중분포지수		-2.75±1.93	-1.19±4.86	-2.005	.066
동조화	AB	-478.42±398.84	-335.00±135.02	-1.887	.082
	CD	-315.57±176.36	16.12±514.97	-.768	.456
	AC	85.71±151.32	-203.62±126.91	.763	.469
	BD	205.71±212.61	-12.62±507.30	.918	.375
	AD	-347.57±193.89	116.87±211.90	-3.221	.007*
	BC	-112.28±84.32	11.00±288.00	-.842	.415
낙상지수		-22.85±17.46	-3.25±10.66	3.821	.002*

* $p<.05$

^oMean±SD

IV. 고 찰

현재 임상에서 가장 주목 되는 것이 만성중추신경계 환자들의 기능향상이다. Brown, Marino, Herbison과 Ditunno[21]은 불완전 척수손상의 경우 빠른 회복을 보였고, 손상이후 대부분의 기능적 회복은 6~9개월 내에 일어나고 이후에는 변화가 적음을 보고 하였다. 자발적 기능향상의 기간이 경과한 환자는 치료 참여도와 의욕의 저하로 지속적인 기능향상을 위한 철저한 관리가 필요하다. 척수손상발생 후 마비나 감각이상 뿐만 아니라 배뇨, 배변장애, 신경인성 통증을 비롯한 여러 증상 또는 합병증이 나타날 수 있으나 환자의 주된 관심은 보행능력의 회복이라 할 수 있다[22]. 이와 같이 보행능력의 회복을 위해서 균형조절이 필요하고 균형조절을 위한 자극은 시각, 전정감각, 체성감각, 고유수용감각, 근피와 관절의 수용기를 통해 대뇌와 소뇌로 전달되고, 중추신경은 이를 통합하여 관절과 근육을 조절하여 균형을 유지하게 한다[23]. 그러나 척수손상환자의 경우에는 체성감각기관의 연결통로이며, 사지운동을 조절하는 기관인 척수의 손상으로 인해 신체적 균형을 유지하는데 큰 어려움이 생긴다[22]. 또한 동일한 손상부위라 하더라도 보행수준이나 안정성에 차이가 나는 경우가 흔히 관찰되며, 이에 균형능력이 일정부분 영향을 미칠 것으로 추정되나 척수손상환자의 균형능력 평가에 대한 자료는 많지 않은 실정이다[24]. 균형은 감각기관과 중추신경계의 연합작용에 의해서 일어나는 복잡한 반사반응들이 포함되어 있어서 전정기관과 시각, 시각과 운동사이의 작용을 정확하게 측정하면 자세유지, 정적균형과 동적균형의 메커니즘을 어느 정도는 밝힐 수 있어 Tetrax로 측정된 값들은 균형에 대한 평가를 치료사에게 제공하기 때문에 치료프로그램을 결정하는데 도움을 줄 수 있다[19].

실험군에서는 감각자극의 정도를 증가시켜 대칭적이고 균등한 체중분포도를 보여주었고, 각각의 지점에서 자세 흔들림을 정량적으로 평가하는 안정성지수의 향상이 있었다. 부가적인 감각자극치료 없이 현재 시행되는 운동치료만으로도 대조군에서 체중분포도A, C, LEFT에 유의한 향상을 보인 것은 임상에서 재활치료

시스템으로 근력과 지구력증진 및 협응운동 등 기본적인 운동프로그램이 적용되기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 동적인 흔들림을 측정하는 동조화에서 유의한 향상을 보이지 못한 것은 현재 일반적 운동치료에 속하는 체중이동과 체중지지 훈련만으로 균형기능을 향상 시키기에는 감각자극 정도가 다소 부족했기 때문이라 생각한다. Dorman, Fernie와 Holliday[25]의 연구에 의하면 시·지각 능력은 정적인 상태에서 자세와 균형유지에 영향을 미친다고 보고하여 이 연구의 결과를 뒷받침해준다. 그러나 두 지점 간에 자세 흔들림의 상관관계를 측정하는 대부분의 동조화 지수에서는 향상된 값을 보였지만 좌우측 앞꿈치(BD)간과 좌우측 뒤꿈치(AC)간의 값은 족부 자세조절을 증가 시킬 수 있는 다양하고 섬세한 운동프로그램이 제공되어야 했으나 이 연구에서는 11가지 프로그램 중 가장 단순하고 낮은 수준의 1, 2단계의 프로그램이 시도되었고, 다양한 방향의 빈도와 정도의 자극이 부족하여 유의한 차이가 없었다고 생각된다.

실험군과 대조군의 동조화는 Tetrax훈련이 지속적으로 자세를 변화시켜 체중을 앞뒤 좌우 그리고 대각선으로 유도시킴으로서 상하지, 몸통 근육들의 민첩성과 정확성을 요구하기 때문에 운동과 감각기능이 저하된 척수손상환자들은 수행 능력이 떨어져 동조화 지수의 향상도가 낮았다고 할 수 있겠다. 이것은 시각과 고유수용감각의 기능이 좋지 않을 경우 자세조절과 기립 균형을 유지하는데 큰 역할을 기대하기가 어렵다[26]보고로 뒷받침 될 수 있다. 이 연구의 동조화지수는 실험군에서 유의한 값을 보였고 대조군에서는 유의하지 않았으나, 민감도가 높은 측정도구로 인해 두 군간 동조화 지수를 뒷받침 해 줄 수 있는 AD만이 유의한 차이를 보인 것은 상대적으로 큰 표준편차 때문에 균형능력과의 상관성을 이끌어 내기에 다소 어려운 점이 있었고, 독립적 서기가 불안정한 환자는 무릎지지보조기 착용으로 동적 흔들림을 조절하는 무릎전략 사용이 제한되어 동조화 지수에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 자세 움직임의 강도를 분석한 퓨리에 지수는 전정기관과 자세 바이오피드백 시스템의 기능을 주파수의 범위로 나누어 판단하고 신경계 문제를 반영하는 지수로 결과

를 설명할 수 있었으나, 이 연구에서는 고유수용감각을 자극시키는 여러 상황이 주어지지 않았고 눈을 뜨고 바로 선 자세에서 정적인 균형만을 측정할 값으로 균형진체를 평가하기에는 부족한 면이 있었다. 그리고 전정기능의 저하가 균형과 상관성이 없었다는 연구결과도 있고[27], Geiger, Allen, O'Keefe와 Hicks[28]는 운동치료에 부가적으로 시각적 되먹임과 힘 판을 이용한 치료를 시행하였을 때 균형능력과 움직임의 개선이 부족하다고 하였으며, Barclay-Goddard, Stevenson, Poluha, Moffatt와 Taback[29]은 힘 판으로부터 제공된 되먹임이 서 있을 때 대칭성은 개선되나 기능적인 활동 동안 균형능력을 증진시키지는 못했다는 기존의 연구들과 상충하는 결과도 있어 감각자극치료에 대한 의견이 분분한 상황이다.

균형에 영향을 미치는 요소[30]는 신경전달물질의 불균형과 감각운동 통합의 결여 및 전정기관 이외에도 다리와 척추의 근골격계 등 여러 가지 원인으로 알려져 있다. 이 연구에서는 감각자극에만 중점을 두어 결과에 대한 폭넓은 해석이 어려우나 감각과 운동기능이 잔존하고 인지기능과 동기부여가 높은 불완전 척수손상환자를 대상으로 하여 균형에 미치는 요소를 제한하였다. Tetrax의 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련은 전통적인 균형훈련 방법과 감각자극을 이용해 가상의 환경에서 과제를 수행해 나가는 것으로서 앞서 언급한 가상 현실 시스템과 같은 의미로 척수손상 재활에서의 부가적인 치료방법으로 가능성이 연구되고 있다[6]. 가상환경은 현실과 동떨어지지 않은 치료적 과제수행에 초점을 맞추어 치료가 있어서 동기부여를 높여주고, 척수손상환자의 이동훈련에 사용되기도 한다[31]. 균형 조절에 있어서 중요한 것이 목적 있는 과제수행이다[3]. Lott, Bisson, Lajoie, McComas와 Sveistrup[32]의 연구에 의하면 단순히 균형을 잡기위한 행동보다는 가상의 물건을 잡기위한 행동이 보다 더 효과적이라고 보고한다. 전통적인 균형훈련은 치료사가 환자를 지지해줌으로서 자극의 전달이 느리거나 자극의 정도가 단순했다면 시각적 바이오피드백 훈련을 통한 균형훈련은 동시에 여러 방향과 다양한 자극의 정도를 통해 과제수행을 촉진시켰다고 하겠다[12]. Tetrax를 통한 낙상지수는

파킨슨병 환자의 낙상유무에 따라 임상증상과 균형검사에서 자세변인들이나 임상 균형검사상의 점수들의 차이를 비교한 선행연구에서 일반인과의 상관성을 증명하였다[33]. 이러한 이유로 이 실험에서도 불완전 척수손상환자에게 Tetrax를 사용하여 평가하였다. 실험군의 낙상지수가 55.57±18.45에서 32.71±10.45로 중등도의 낙상 위험군에서 낮은 낙상 위험군으로 유의한 향상을 보였고, 이를 보강하기 위해 다양한 움직임은 자극을 증가시켜 균형상실을 개선할 수 있다는 연구가 더 필요할 것이다.

Tetrax의 시각적 바이오피드백 훈련은 임상에서 사용되고 있는 운동치료방법에 게임이라는 요소를 부가하여 치료 참여도를 높이기 위한 하나의 방법으로 사용하고 있다. Rizzo, Schultheis, Kerns와 Mateer[31]는 컴퓨터 게임을 통한 상호작용의 중요성과 재활 치료과정에서 동기부여를 높이는데 게임을 사용할 수 있다고 보고한다. 스포츠 게임을 이용한 운동 프로그램은 척수손상환자들이 가지고 있는 심혈관계 질환과 비만을 감소시키고, 기능적인 독립성 향상에 효과적이라고 논의되고 있다[34]. 그리고 요즘 출시되고 있는 시뮬레이션 게임기는 3D의 기능으로 보다 현실감 있게 만들어지고 있으며, 운동 기능까지 포함시켜 시간적 공간적 제약을 최소화하여 누구나, 언제 어디서나 할 수 있는 다양한 운동프로그램으로 게임의 기능을 넘어 건강기능을 부각시키고 있다. 이처럼 보건의료기기분야에서도 운동 프로그램에 흥미를 유발시킬 수 있는 콘텐츠개발이 활발히 이루어진다면 척수손상환자의 균형기능향상에 보탬이 될 것으로 생각된다.

이 연구의 제한점은 먼저 대상자의 수가 적어서 결과값을 일반화하기 어렵다는 점이 있고, 대상자를 ASIA C와 D로 분류하였으나 각각을 평가하지 못한 아쉬움이 있다. 또한 균형기능을 측정함에 있어서 연령이라는 변수를 나누지 못해서 결과 값에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 그리고 다양한 자세변인을 포함하지 못해 연구의 완성도를 높이지 못했다. 따라서 향후 이와 같은 점들을 보완하여 더 깊이 있는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

이 연구는 시각적 바이오피드백 훈련이 불완전 척수손상환자의 균형증진에 미치는 효과를 알아보려고 하였다. 연구대상자는 경기도에 위치한 종합병원에 내원하는 불완전 척수손상환자로 실험군 7명, 대조군 8명으로 나누어 6주간 운동을 실시하였다. Tetrax를 이용한 균형 검사를 통해 실험 전, 6주 후에 각각 평가하여 결과를 비교 분석하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 실험군은 운동전보다 6주 후에 안정성지수와 체중분포지수, 체중분포도(A, C, D, LEFT, HEEL)와 동조화(AB, CD, AD, BC) 그리고 낙상지수에서 통계학적 유의성이 있었고($p < .05$), 체중분포도 B와 동조화 AC, BD에서는 유의한 차이가 없었다($p > .05$)[표 2]. 대조군은 체중분포도(A, C, LEFT)에서만 유의한 차이를 보였고($p < .05$), 안정성지수, 체중분포지수, 체중분포도(B, D, HEEL), 동조화(AB, CD, AC, BD, AD, BC)와 낙상지수에서 통계적으로 유의성이 없었다($p > .05$)[표 3].

둘째, 운동 적용 6주 후, 실험군과 대조군간의 변화량에서 안정성지수와 체중분포도(A, B, C, HEEL), 동조화 AD와 낙상지수에서 유의한 차이를 보였고($p < .05$), 체중분포도(D, LEFT), 체중분포지수와 동조화(AB, CD, AC, BD, BC)에서는 통계적 유의성이 없었다($p > .05$)[표 4].

이상의 결과로 볼 때, 시각적 바이오피드백 훈련이 불완전 척수손상환자의 자세 흔들림의 정도를 측정하여 안정성을 나타내는 안정성지수의 변화량과 지면반력장치에 실리는 체중의 비율이 정상인 25%에서 자주 또는 많이 변했다는 것을 의미하는 체중분포도와 체중분포지수가 클수록 체중분포가 잘못되었다고 판단할 수 있는 체중분포지수의 변화량이 작아 안정적이었음을 알 수 있었다. 그리고 2개의 힘판에서 측정된 진동의 파형을 비교한 6개의 동조화 중 4개가 향상을 보였고, 낙상의 위험도가 한 단계 낮아진 것으로 보아 전반적인 균형기능이 향상됨을 알 수 있었다. 이 후의 연구에서는 다양한 척수손상수준에서 균형능력향상에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 한주랑, “척수손상환자의 우울과 신체상과의 관계 연구”, 연세대학교 석사학위논문, 1986.
- [2] 김선옥, 임난영, “척수손상환자의 사회적 지지와 재활동기”, 근관절건강학회지, 제16권, 제1호, pp.66-79, 2009.
- [3] L. D. Hollar, *Spinal cord injury*. In: Trombly CA, editor. *Occupational therapy for physical dysfunction*, 4th edition. Baltimore(MD): Williams & Wilkins, 1995.
- [4] J. W. Middleton, P. J. Sinclair, R. M. Smith, and G. M. Davis, “Postural control during stance in paraplegia: effects of medially linked versus unlinked knee-ankle-foot orthoses,” *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.80, No.12, pp.1558-1565, 1999.
- [5] Y. J. Potten, H. A. Seelen, J. Drukker, J. P. Reulen, and M. R. Drost, “Postural muscles responses in the spinal cord injured persons during forward reaching,” *Ergonomics*, Vol.42, No.9, pp.1200-1215, 1999.
- [6] R. Kizony, L. Raz, N. Katz, H. Weingarden, and P. L. Weiss, “Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury,” *J Rehabil Res Dev*, Vol.42, No.5, pp.595-608, 2005.
- [7] H. A. Seelen, Y. J. Potten, J. J. Adam, J. Drukker, F. Spaans, and A. Huson, “Postural motor programming in paraplegic patients during rehabilitation,” *Ergonomics*, Vol.41, No.3, pp.302-316, 1998.
- [8] S. P. Burns, D. G. Golding, W. A. Rolle Jr, V. Graziani, and J. F. Ditunno Jr., “Recovery of ambulation in motor-in-complete tetraplegia,” *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.78, No.11, pp.1169-1172, 1997.
- [9] 김태운, 신영일, 이형수, “트레드밀을 이용한 불완전 척수손상자 보행훈련의 사전 연구”, 대한물리

- 치료학회지, 제15권, 제4호, pp.869-880, 2003.
- [10] Y. J. Jassen-Potten, H. A. Seelen, J. Drukker, T. Huson, and M. R. Drost, "The effect of seat tilting in pelvic position, balance control, and compensatory postural muscle use in paraplegic subjects," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, No.10, pp.1393-1402, 2001.
- [11] Y. J. Jassen-Potten, H. A. Seelen, J. Drukker, F. Spaans, and M. R. Drost, "The effect of footrests on sitting balance in paraplegic subjects," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.83, No.5, pp.642-648, 2002.
- [12] I. Bromley, *Tetraplegia and paraplegia: A guide for physiotherapists*, 5th edition. Edinburgh (Scotland): Churchill Livingstone, 1998.
- [13] P. L. Weiss, and N. Katz, "The potential of virtual reality for rehabilitation," *J Rehabil Res Dev*, Vol.41, No.5, pp.vii-x, 2004.
- [14] M. T. Schultheis, and A. A. Rizzo, "The application of virtual reality technology in rehabilitation," *Rehabil Psych*, Vol.46, No.3, pp.296-311, 2001.
- [15] C. G. Song, J. Y. Kim, and N. G. Kim, "A new postural balance control system for rehabilitation training based on virtual cycling," *IEEE Trans Inf Technol in Biomed*, Vol.8, No.2, pp.200-207, 2004.
- [16] G. Riva, "virtual reality in rehabilitation of spinal cord injuries: a case report," *Rehabil Psych*, Vol.45, No.1, pp.1-8, 2000.
- [17] J. H. Ku, D. P. Jang, B. S. Lee, J. H. Lee, I. Y. Kim, and S. I. Kim, "Development and validation of virtual driving simulator for the spinal injury patient," *Cyberpsychol Behav* Vol.5, No.2, pp.151-156, 2002.
- [18] T. Tossavainen, M. Juhola, I. Pyykkö, H. Aalto, and E. Toppila, "Development of virtual reality stimuli for force platform posturography," *Int J Med Inform*, Vol.70, No.2-3, pp.277-283, 2003.
- [19] [http://www.sunlightmedical.com/international/html/product Tetrax. html](http://www.sunlightmedical.com/international/html/product/Tetrax.html)
- [20] 장기연, 우희순, "여성노인에게 적용한 낙상예방 작업치료가 균형 능력에 미치는 영향", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제3호, pp.233-240, 2010.
- [21] P. J. Brown, R. J. Marino, G. J. Herbison, and J. F. Ditunno Jr, "The 72-hour examination as a predictor of recovery in motor complete quadriplegia," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.72, No.8, pp.546-548, 1991.
- [22] B. Morganti, G. Scivoletto, P. Ditunno, J. F. Ditunno, and M. Molinari, "Walking index for spinal cord injury(WISCI): criterion validation," *Spinal Cord*, Vol.43, No.1, pp.27-33, 2005.
- [23] M. Lacour, L. Bernard-Demanze, and M. Dumitrescu, "Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods," *Neurophysiol Clin*, Vol.38, No.6, pp.411-421, 2008.
- [24] 김명옥, 정한영, 이재준, 이준호, 정형준, 좌경림, "급성기후 척수손상환자에서 보행척도로 Berg균형검사의 의의", 대한재활의학회지, 제34권, 제5호, pp.513-517, 2010.
- [25] J. Dornan, G. R. Fernie, and P. J. Holliday, "Visual input: its importance in the control of postural sway," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.59, No.12, pp.586-591, 1978.
- [26] L. M. Nashner and J. F. Peters, "Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders," *Neurol Clin*, Vol.8, No.2, pp.331-349, 1990.
- [27] M. A. Pastor, B. L. Day, and C. D. Marsden, "Vestibular induced postural responses in Parkinson's disease," *Brain*, Vol.116, No.5, pp.1177-1190, 1993.
- [28] R. A. Geiger, J. B. Allen, J. O'Keefe, and R. R. Hicks, "Balance and mobility following stroke:

effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training," *Phys Ther*, Vol.81, No.4, pp.995-1005, 2001.

[29] R. E. Barclay-Goddard, T. J. Stevenson, W. Poluha, M. Moffatt, and S. P. Taback, "Force platform feedback for standing balance training after stroke," *Cochrane Database Syst Rev*, Vol.18, No.4, CD004129, 2004.

[30] 김현호, 황보각, 유병국, 김명권, "전정중심의 감각통합치료가 발달장애아동의 안구진탕, 시지각, 균형능력에 미치는 영향", *한국콘텐츠학회논문지*, 제11권, 제4호, pp.290-302, 2011.

[31] A. A. Rizzo, M. T. Schultheis, K. A. Kerns, and C. Mateer, "Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology," *Neuropsychol Rehabil*, Vol.14, No.1/2, pp.207-239, 2004.

[32] A. Lott, E. Bisson, Y. Lajoie, J. McComas, and H. Sveistrup, "The effect of two types of virtual reality on voluntary center of pressure displacement," *Cyberpsychol Behav*, Vol.6, No.5, pp.477-485, 2003.

[33] 김보련, 최경효, 전민호, 이명중, 정신주, 장기우, "파킨슨병 환자에서 Textrax를 이용한 균형 능력의 평가", *대한재활의학회지*, 제33권, 제5호, pp.539-546, 2009.

[34] F. S. Durán, L. Lugo, L. Ramírez, and E. Eusse, "Effects of an exercise program on the rehabilitation of patients with spinal cord injury," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, No.10, pp.1349-1354, 2001.

저 자 소 개

박 창 식(Chang-Sik Park)

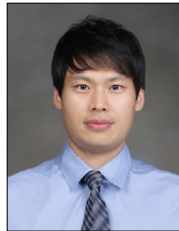
정회원



- 2007년 8월 : 단국대학교 특수교육대학원 특수교육학과(교육학 석사)
- 2011년 8월 : 단국대학교 일반대학원 특수교육학과(박사수료)
- 2001년 3월 ~ 2006년 2월 : 국립 재활병원 작업치료사
- 2006년 3월 ~ 2009년 2월 : 서남대학교 작업치료학과 교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 호원대학교 작업치료학과 교수
<관심분야> : 신경계작업치료, 근골격계작업치료

강 권 영(Kwon-Young Kang)

정회원



- 2006년 2월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과(이학석사)
- 2009년 2월 : 단국대학교 일반대학원 특수교육학과(박사수료)
- 2000년 3월 ~ 2001년 8월 : 차의과대학교 분당차병원 물리치료사
- 2001년 9월 ~ 2011년 3월 : 대진의료재단 분당제생병원 물리치료사
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서남대학교 물리치료학과 교수
<관심분야> : 신경계물리치료, 정형도수치료